



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Δ.Π.Μ.Σ. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΕΡΓΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ-ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ

Εκτεταμένα Κατολισθητικά Φαινόμενα σε Εργο Οδοποιΐας της Αλβανίας. Περίπτωση Αυτοκινητόδρομου Τίρανα – Ελμπασάν.

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



Ίνα Γκίνη
Πολιτικός Μηχανικός ΑΠΘ

Επιβλέπων: Λουπασάκης Κωνσταντίνος

Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούνιος 2017



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Δ.Π.Μ.Σ. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΕΡΓΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ-ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ

Εκτεταμένα Κατολισθητικά Φαινόμενα σε Έργο Οδοποιΐας της Αλβανίας. Περίπτωση Αυτοκινητόδρομου Τίρανα – Ελμπασάν.

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ίνα Γκίνη
Πολιτικός Μηχανικός ΑΠΘ

Επιβλέπων: Λουπασάκης Κωνσταντίνος,
Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή επιτροπή στις:

Λουπασάκης Κωνσταντίνος, Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.,

Νομικός Παύλος, Αναπλ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.,

Μπενάρδος Ανδρέας, Επικ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.,

Αθήνα, Ιούνιος 2017

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το αντικείμενο της παρούσας Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας αποτέλεσε η περιγραφή και η ανάλυση των κατολισθητικών φαινομένων ή φαινομένων αστάθειας κατά την διάρκεια της κατασκευής ενός έργου οδοποιΐας και συγκεκριμένα του αυτοκινητόδρομου Τιράνα – Ελμπάσαν, στην Κεντρική Αλβανία. Η κατασκευή του αυτοκινητοδρόμου αυτού παρουσιάζει ειδικό ενδιαφέρον ως προς τις κατολισθήσεις που εμφάνισε τόσο για την συχνότητα εμφάνισης τους όσο και για το μέγεθός τους καθώς και τις οικονομικές και χρονικές επιπτώσεις που επέφεραν.

Το τμήμα του έργου που μελετάται είναι τα πρώτα 13 χιλιόμετρα του έργου που παρουσίασαν και την μεγαλύτερη κατολισθητική επιδεκτικότητα. Συγκεκριμένα στο τμήμα αυτό εκδηλώθηκαν κατά την διάρκεια της κατασκευής πέντε σημαντικά φαινόμενα. Τα φαινόμενα περιγράφονται και επεξηγούνται η μορφολογία, η γεωλογία και η εξέλιξη τους. Αναλύονται οι συνθήκες εμφάνισής τους και ο μηχανισμός αστοχίας. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα μέτρα αναχαίτισης στα διάφορα στάδια εμφάνισης των φαινομένων και επεξηγείται η εξέλιξη τους ανάλογα με της επικρατούσες συνθήκες.

Τα αίτια των κατολισθήσεων φαίνεται να είναι άμεσα συνδεδεμένα με την γεωλογία της εκάστοτε περιοχής αστάθειας, τη έντονη και βαθιά αποσάθρωση των σχηματισμών, την κλίση των στρωμάτων, την διήθηση των επιφανειακών υδάτων στις ενδότερες στρώσεις χαμηλής αντοχής και την επανενεργοποίηση παλαιών κατολισθήσεων.

Τα στοιχεία και δεδομένα για την περιγραφή και ανάλυση των φαινομένων λήφθηκαν από τις βιβλιογραφικές πηγές, από επιτόπια έρευνα της υπό εξέτασης περιοχής και από την επισκόπηση δορυφορικών εικόνων.

Τέλος εκφράζονται τα συμπεράσματα και οι προβληματισμοί σχετικά με τη περιοχή έρευνας. Τι οδήγησε στην εμφάνιση τόσο συχνών και ποικίλων κατολισθητικών φαινομένων και υπογραμμίζεται η αναγκαιότητα ενδεδειγμένης και διαρκούς γεωτεχνικής έρευνας στην φάση κατασκευής ενός έργου.

Λέξεις-Κλειδιά: Κατολισθητικά φαινόμενα, Έργο Οδοποιΐας, Κεντρική Αλβανία, Μέτρα Ανάσχεσης

ABSTRACT

The present postgraduate thesis is dealing with the description and analysis of landslide and slope instability events manifested through the construction works of a road Project, namely Tirana – Elbasan Road Project, in central Albania. The landslide phenomena in this highway are of special interest due to the frequency of instability occurrences, of their magnitude, as well as of their economical and time impact over the project.

The segment under study is the first 13 kilometers of the project in which resulted to be the most landslide prone region of the project. Specifically, 5 major events of instability and massive landslide events have occurred through one year construction works over the project. Hereby the phenomena are described and concisely explained the morphology and geology to which they are linked to along with their chronological and dynamic evolution. The grounds of the occurrences and the failure mechanism are also dealt. Additionally, the mitigation measures applied in each stage of landslide manifestation are going to be analyzed with their efficiency in time and associated regional dominant conditions.

The causes of the events are closely related to the geology of each sliding area, the deep phenomena of erosion, the dip slip of the molasses' layers, the water infiltration within the deeper weak layers and the reactivation of old landslides.

The data and sources for this research is mostly originated from project data, bibliographic sources, walk over surveys and satellite images.

Finally, the outcomes and concerns regarding the extended region are presented. The causes and grounds of such a small area exhibiting so frequent and various phenomena is assessed and is underlined the necessity for compendious and continuous geotechnical research throughout a project duration.

Keywords: Landslide phenomena, Road Project, Central Albania, Mitigation Measures

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Σχεδιασμός και Κατασκευή Υπογείων Έργων» του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Για την συγκέντρωση και επεξεργασία των απαραίτητων πληροφοριών και στοιχείων είχα την αμέριστη βοήθεια και απευθύνω ένα θερμό ευχαριστώ σε όλους τους συναδέλφους και καθηγητές με στήριξαν τόσο ηθικά όσο και υλικά.

Ευχαριστώ θερμά τον Δρ. Λουπασάκη Κωνσταντίνο, Επίκουρο Καθηγητή του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, επιβλέποντα της διπλωματικής μου εργασίας, για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με ένα θέμα εξαιρετικού ενδιαφέροντος και καίριας σημασίας σε ένα αντικείμενο που ήδη ασχολούμαι ενεργά. Θα ήθελα επίσης να τον ευχαριστήσω ιδιαίτερα για την καθοδήγησή του και τη βοήθειά του για την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας, καθώς και για την εμπιστοσύνη και υπομονή που μου έδειξε συνεχώς κατά την διάρκεια της εκπόνησής της.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Δρ. Παρασκευά Τσαγγαράτο, Ε.ΔΙ.Π του εργαστηρίου Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας, για την βοήθεια, την υπομονή και την διάθεσή του να μοιραστεί μαζί μου τις γνώσεις και τον χρόνο του. Τον ευχαριστώ επίσης για την συνεχή διαθεσιμότητα του και την συνεχή υποστήριξή του όλο αυτό το διάστημα.

Επίσης, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμότερες ευχαριστίες για όλους τους συναδέλφους της κατασκευαστικής εταιρείας Άκτωρ, για την εμπιστοσύνη του όσον αφορά τη διάθεση των απαραίτητων στοιχείων και πληροφοριών για την εργασία αυτή, καθώς επίσης και για τον πολύτιμο χρόνο του που αφιέρωσαν παρά το πιεστικό τους πρόγραμμα.

Ένα θερμό ευχαριστώ οφείλω και στην οικογένεια μου για την στήριξη καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών και ένα ευχαριστώ και συγνώμη ιδιαίτερος στο παιδί μου που τόσες ώρες στερήθηκε την παρουσία της μητέρας του.

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	i
ABSTRACT	ii
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	iii
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1°	1
<i>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</i>	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2°	4
<i>ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΚΑΙ ΕΙΔΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ</i>	4
2.1 ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΕΡΓΑ ΥΠΟΔΟΜΗΣ	4
2.2 ΟΔΙΚΟ ΕΡΓΟ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΟΥ ΤΙΡΑΝΑ-ΕΛΜΠΑΣΑΝ	7
2.3 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	11
2.4 ΓΕΩΛΟΓΙΑ.....	17
2.5 Υδρολογία.....	26
2.6 Σεισμικότητα	31
2.7 Κλιματολογικές Συνθήκες.....	37
2.7.1 Γενικά.....	37
2.7.2 Θερμοκρασίες.....	39
2.7.3 Βροχοπτώσεις.....	40
2.7.4 Αέρας.....	42
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3°	44
<i>ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ</i>	44
3.1 Ζώνες Αστάθειας και Κατολισθήσεις εντός Περιοχής Μελέτης	44
3.2 Φαινόμενο στο Όρυγμα του Μουλλέτ (ΧΘ 4+068 – 4+925)	47
3.2.1 Μορφολογία.....	47
3.2.2 Γεωλογία.....	47
3.2.3 Εμφάνιση και εξέλιξη φαινομένου αστάθειας	49
3.2.4 Μέτρα Ανάσχεσης	54
3.3 Κατολισθητικό Φαινόμενο στη ΧΘ 11+000	56
3.3.1 Μορφολογία.....	56
3.3.2 ΓΕΩΛΟΓΙΑ	57
3.3.3 Εμφάνιση και Εξέλιξη Φαινομένου Αστοχίας.....	59
3.3.4 Μέτρα Ανάσχεσης	63
3.4 Φαινόμενο Αστάθειας ΧΘ 12+000	66
3.4.1 Μορφολογία.....	66
3.4.2 Γεωλογία.....	67
3.4.3 Εμφάνιση και Εξέλιξη Φαινομένου Αστάθειας	70
3.4.4 Μέτρα Ανάσχεσης	75
3.5 Κατολισθητικό Φαινόμενο ΧΘ 13+150.....	78
3.5.1 Μορφολογία.....	78
3.5.2 Γεωλογία.....	79
3.5.3 Εμφάνιση και Εξέλιξη Φαινομένου Αστάθειας	81

3.5.4 Μέτρα Ανάσχεσης	89
3.6 Κατολισθητικό Φαινόμενο ΧΘ 14+150.....	93
3.6.1 Μορφολογία.....	93
3.6.2 Γεωλογία.....	94
3.6.3 Εμφάνιση και Εξέλιξη Φαινόμενου Αστάθειας	96
3.6.4 Μέτρα Αναχαίτισης	99
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4°	106
<i>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ</i>	<i>106</i>
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	109

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1.1: Τμήμα χάρτη γεωλογικής επικινδυνότητας στην περιοχή αναφοράς με κυκλωμένες τα επιδεκτά σε κατολισθήσεις σημεία κατά μήκος του δρόμου (The geohazard map of Albania 1:200.000)	2
Εικόνα 2.1: Παγκόσμιος Χάρτης Κατολισθητικής Επιδεκτικότητας (Nasa,2017)	6
Εικόνα 2.2: Χάρτης κατολισθητικού κινδύνου Αλβανίας (World Health Organization, 2010)	6
Εικόνα 2.3: Χάρτες απόστασης σημαντικότερων πόλεων από πρωτεύουσα και στρατηγικής συγκοινωνιακής ανάπτυξης Αλβανίας (Νομαρχεία Τιράνων, 2017)	7
Εικόνα 2.4: Χάρτης με τα Τμήματα της χάραξης (Google Earth ,2017).....	8
Εικόνα 2.5: Χάρτης με πρώτο τμήμα χάραξης αυτοκινητοδρόμου Τίρανα – Ελμπασάν (ΣΥΣΤΑΣ ,2012)	8
Εικόνα 2.6: Χάραξη Τμήματος 1 Αυτοκινητόδρομου Τίρανα – Ελμπασάν με αναπαράσταση των γύρω χωριών και οικισμών	10
Εικόνα 2.7: Χάρτης με χιλιομετρικές θέσεις επί της χάραξης του αυτοκινητοδρόμου(Google Earth, 2017).....	11
Εικόνα 2.8 Χάρτης μορφολογικών κλίσεων στην περιοχή γύρω από την χάραξη του αυτοκινητόδρομου Τίρανα-Ελμπασάν, Τμήμα 1, ΧΘ 5+000 – 15+000.....	13
Εικόνα 2.9: Χάρτης υψομέτρου στην περιοχή γύρω από την χάραξη του αυτοκινητόδρομου Τίρανα-Ελμπασάν, Τμήμα 1, ΧΘ 5+000 – 15+000.....	14
Εικόνα 2.10: Χάρτης διεύθυνσης κλίσεων πρανών (0-45° : Β- ΒΑ, 45° – 90° : ΒΑ – Α, 90° – 135°: Α – ΝΑ, 135° -180°: ΝΑ - Ν, 180°- 225° : Ν - ΝΔ , 225°- 270° : ΝΔ – Δ, 270°- 315° : Δ – ΒΔ, 315°- 360° : ΒΔ– Β) στην περιοχή γύρω από την χάραξη του αυτοκινητόδρομου Τίρανα-Ελμπασάν, Τμήμα 1, ΧΘ 5+000 – 15+000	15
Εικόνα 2.11: τρισδιάστατη απεικόνιση με τις υψομετρικές διαβαθμίσεις στην περιοχή γύρω από την χάραξη του αυτοκινητόδρομου Τίρανα-Ελμπασάν, Τμήμα 1, ΧΘ 5+000 – 15+000	16
Εικόνα 2.12: Σχηματικός χάρτης Γεωτεκτονικών Ζωνών Αλβανίας.....	17
Εικόνα 2.13:Τομή κατά μήκος του Αλβανικού ορογενούς (Kilias et al.,2001)	18
Εικόνα 2.14:Σχηματικός Χάρτης συνέχειας Αλβανίδων και Ελληνίδων	20
Εικόνα 2.15:Σχηματικός Διαχωρισμός Τεκτονικών Ζωνών εντός της Περιοχής Μελέτης	21
Εικόνα 2.16: Στρωματογραφική Στήλη Ιόνιου ζώνης (Zelilidis et al 2003).....	22
Εικόνα 2.17: Γεωλογικός Χάρτης στη περιοχή της Χάραξης του αυτοκινητόδρομου Τίρανα-Ελμπασάν,	23
Εικόνα 2.18:Απλοποιημένος Υδρογεωλογικός Χάρτης Αλβανίας (Inst. Hydromet. 1984).....	26

Εικόνα 2.19: Υδρολογικές Λεκάνες Απορροής Αλβανιάς (Peci, 2012)	28
Εικόνα 2.20:Κάτοψη με αρχικές χιλιομετρικές θέσεις και τις θέσεις των ρεμάτων της περιοχής(ΣΥΣΤΑΣ, 2014)	29
Εικόνα 2.21 : Υδρογραφικό δίκτυο περιοχής μελέτης	30
Εικόνα 2.22: Σεισμοτεκτονικός χάρτης Αλβανιάς (Aliaj Sh., Sulstarova E., Mucò B., Kociu S. , 2000)	31
Εικόνα 2.23: Χάρτης ενεργών ρηγμάτων Αλβανιάς (Aliaj Sh 2003).....	32
Εικόνα 2.24: Χάρτης σεισμικής επικινδυνότητας Αλβανιάς σύμφωνα με ΚΡΤ – Νο. 2 – 89 Η γραμμοσκιασμένη περιοχή εκπροσωπεί την περιοχή μελέτης στη παρούσα ΜΔΕ.....	33
Εικόνα 2.25: Χάρτης μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης, κατά Sabetta & Pugliese (1996)	34
<i>Εικόνα 2.26:Χάρτης Μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης (PGA) σε βράχους για πιθανότητα 10%/50 χρόνια (%g) (Aliaj Sh., Adams J., Halchuk S., Sulstarova E., Peci V., Mucò B., 2004).Η γραμμοσκιασμένη περιοχή εκπροσωπεί την περιοχή μελέτης στη παρούσα ΜΔΕ.</i>	<i>35</i>
Εικόνα 2.28: Κλιματική Κατάταξη Αλβανιάς βάσει κλίμακας Köppen (WorldClim.org)	37
Εικόνα 2.29:Χάρτης 24ωρών αναμενόμενων βροχοπτώσεων με περίοδο επανάληψης 50 χρόνια (Μετεωρολογική Υπηρεσία Αλβανιάς, 2015).....	40
Εικόνα 3.1:Ορθοφωτογραφία ορύγματος Μουλλέτ (geoport.al.asig.gov.al,2017)	44
Εικόνα 3.2:Ορθοφωτογραφία ορύγματος Κράμπας ΧΘ 13+150 και ορύγματος στη ΧΘ 11+00 (geoport.al.asig.gov.al,2017)	45
Εικόνα 3.3: Ορθοφωτογραφία αναμενόμενης ενεργοποίησης της παλιάς κατολίσθησης στη ΧΘ 14+150 (πηγή geoport.al.asig.gov.al,2017)	46
Εικόνα 3.4 Ορθοφωτογραφία του αριστερού κόμβου της Ίμπας, ΧΘ 12+000 (πηγή geoport.al.asig.gov.al,2017)	46
Εικόνα 3.5: Ενδεικτική Γεωλογική τομή με τις θέσεις και τις κλίσεις των εμφανιζόμενων σχηματισμών (Ο&Κ, 2015)	48
Εικόνα 3.6:Ενδεικτική τομή αρχικής μελέτης για το Όρυγμα του Μουλλέτ (ICE&GEOSAT GROUP, 2011)	49
Εικόνα 3.7: Ενδεικτική τομή Ορύγματος Μουλλέτ και μέτρων υποστήριξης μετά την πρώτη γεωτεχνική έρευνα της περιοχής(Ο&Κ, 2012)	50
Εικόνα 3.8:Θέσεις και βάθη εγκατεστημένων κλισιόμετρων στο Όρυγμα του Μουλλέτ (Ο&Κ,2012)	50
Εικόνα 3.9: Διαγράμματα συνολικής μετακίνησης για τα κλισιόμετρα από το διάστημα 12/03/2013 έως 1/11/2014	51

Εικόνα 3.10: Φωτογραφίες από αστάθεια στη ΧΘ 4+550 τον Απρίλιο 2014 στο Νοτιοδυτικό πρηνές του Ορύγματος του Μουλλέτ	52
Εικόνα 3.11: Φωτογραφίες από αστάθεια στη ΧΘ 4+775 τον Απρίλιο 2014 στο Βορειοανατολικό πρηνές του Ορύγματος του Μουλλέτ	53
Εικόνα 3.12: Φωτογραφίες από αστάθεια στη ΧΘ 4+500 τον Μάρτιο 2015 στο Βορειοανατολικό πρηνές του Ορύγματος του Μουλλέτ	54
Εικόνα 3.13: Ενδεικτική τομή λύσης ανοιχτού ορύγματος για Όρυγμα Μουλλέτ (O&K, 2015).....	55
Εικόνα 3.14: Ενδεικτική τομή λύσης Cover and Cut για Όρυγμα Μουλλέτ (Η τομή αφορά την λύση με εφαρμογή ηπιότερων κλίσεων αντί για ενίσχυση των πρηνών εκσκαφής για την διατήρηση των κλίσεων τελικής μελέτης) (O&K, 2015)	55
Εικόνα 3.15: Οριζοντιογραφία ΧΘ 10+950 – 11+242(O&K, 2012)	56
Εικόνα 3.16: Χάρτες Μορφολογικών κλίσεων, διεύθυνσης κλίσεων και υψομέτρου φυσικών πρηνών και τρισδιάστατη απεικόνιση στο κατολισθητικό φαινόμενο της ΧΘ 11+000	57
Εικόνα 3.17: Ενδεικτική γεωλογική τομή για την κατολίσθηση στη ΧΘ 11+000 (GEOGNOSI,2016)	58
Εικόνα 3.18: Περίγραμμα και έκταση κατολίσθησης στη ΧΘ 11+000.....	59
Εικόνα 3.19: Ενδεικτική τομή που αντιπαραβάλλει την πρώτη τελική μελέτη με την εκτελεσμένη στην περιοχή μελέτη (ΧΘ 11+000)	60
Εικόνα 3.20: Σχηματική απεικόνιση της γεωμετρίας της κατολίσθησης (Golder Associates Ltd., Feb. 2015).....	61
Εικόνα 3.21: Σχηματική απεικόνιση της γεωμετρίας της κατολίσθησης (GEOGNOSI, 2016)	61
Εικόνα 3.22: Νοτιοανατολική όψη μετά το κατολισθητικό φαινόμενο στη ΧΘ 11+000.....	61
Εικόνα 3.23: Βορειοδυτική όψη μετά το κατολισθητικό φαινόμενο στη ΧΘ 11+000.....	62
Εικόνα 3.24:Φωτογραφία από σχηματισμό μετά την κατολίσθηση (αριστερά) και της ροής νερού στο αποστραγγιστικό παρειανά του πρηνούς ακριβώς μετά την κατολίσθηση (δεξιά)	62
Εικόνα 3.25: Εμφανιζόμενη πιθανή επιφάνεια ολίσθησης (ΧΘ 11+000)	63
Εικόνα 3.26:Ενδεικτική οριζοντιογραφία και τμήμα τομής για την πρόταση της ολικής αναδιαμόρφωσης (Golder Associates (UK) Ltd, March 2015)	64
Εικόνα 3.27:Ενδεικτική τομή τελικής μελέτης αναχαίτισης της κατολίσθησης στη ΧΘ 11+000 (GEOGNOSI, 2016).....	64
Εικόνα 3.288:Οριζοντιογραφία τελικής μελέτης αναχαίτισης της κατολίσθησης στη ΧΘ 11+000 (GEOGNOSI, 2016)	65
Εικόνα 3.29:Οριζοντιογραφία αρχικής τελικής μελέτης αριστερού κόμβου Ίμπας (ΟΜΙΚΡΟΝ ΚΑΡΡΑ Consulting, 2012)	66

Εικόνα 3.30 : Χάρτες Μορφολογικών κλίσεων, διεύθυνσης κλίσεων και υψομέτρου φυσικών πρηνών και τρισδιάστατη απεικόνιση στο φαινόμενο αστάθειας της ΧΘ 12+000	67
Εικόνα 3.31: Ενδεικτική γεωλογική τομή της ΧΘ 12+000 (GEOGNOSI, 2016)	69
Εικόνα 3.32: Οριζοντιογραφία με διακριτές τις ειδικές θέσεις υπόγειου νερού	69
Εικόνα 3.33:Φωτογραφία της εμφανούς διαφορικής μετατόπισης των τμημάτων του οχετού στη ΧΘ 11+982	70
Εικόνα 3.344:Φωτογραφία της ρωγμής επί της επιφάνειας εργασίας του επιχώματος στη ΧΘ 12+000.....	70
Εικόνα 3.35: Γεωλογική τομή με επιφάνεια αστοχίας όπως προκύπτει από τα γεγονότα Νοέμβριος 2012-Μάρτιος 2013 (ΟΜΙΚΡΟΝ ΚΑΡΡΑ Consulting, May 2013).....	71
Εικόνα 3.36: Επικρατούσα κατάσταση Μάιος 2013(ΟΜΙΚΡΟΝ ΚΑΡΡΑ Consulting, May 2013)	71
Εικόνα 3.37: Συστήματα παρακολούθησης για τον συνεχή έλεγχο του επιχώματος στη ΧΘ 12+000 εγκατεστημένα μέχρι τον Μάιο 2013 (ΟΜΙΚΡΟΝ ΚΑΡΡΑ Consulting, May 2013)	72
Εικόνα 3.38: Επικρατούσα κατάσταση και ερμηνεία αστοχίας τον Ιανουάριο 2014(ΟΜΙΚΡΟΝ ΚΑΡΡΑ Consulting, January 2014).....	73
Εικόνα 3.39: Οριζοντιογραφία με τελική εικόνα εγκατεστημένων οργάνων παρακολούθησης και τελικής πιθανολογούμενης επιφάνειας αστοχίας. (GEOGNOSI, 2016)	74
Εικόνα 3.40: Κάτοψη με καταγραφές κλισιομέτρων – ο αριθμός που συνοδεύει το διάνυσμα δείχνει το βάθος της κίνησης ενώ το διάνυσμα το μέγεθος και την φορά κίνησης (Golder Associates Ltd, March 2015).....	74
Εικόνα 3.41: Πρώτο σχέδιο δράσης για τον περιορισμό του φαινομένου και συνέχιση των εργασιών στη ΧΘ 12+000 (ΟΜΙΚΡΟΝ ΚΑΡΡΑ Consulting, May 2013).....	75
Εικόνα 3.42: Ενδεικτική τομή για την τεχνική λύση της εκτροπής του ποταμού στην περιοχή της κατολίσθησης ΧΘ 12+000 (SYSTAS , 2016)	76
Εικόνα 3.43: Ενδεικτική τομή της τεχνικής λύσης επίχωσης κοιλάδας για την αναχαίτιση του φαινομένου στη ΧΘ 12+000 (GEOGNOS , 2016).....	76
Εικόνα 3.44: Κάτοψη της τεχνικής λύσης επίχωσης κοιλάδας για την αναχαίτιση του φαινομένου στη ΧΘ 12+000 (GEOGNOSI,2016).....	77
Εικόνα 3.45:Ορθοφωτογραφία από περιοχή κατολίσθησης ΧΘ 13+150 μετά την επανεργοποίηση της τον Δεκέμβριο του 2014	78
Εικόνα 3.46: Χάρτες Μορφολογικών κλίσεων, διεύθυνσης κλίσεων και υψομέτρου φυσικών πρηνών και τρισδιάστατη απεικόνιση στο κατολισθητικό φαινόμενο της ΧΘ 13+150	79
Εικόνα 3.47: Ενδεικτική γεωλογική τομή ΧΘ 13+150 (ΟΜΙΚΡΟΝ ΚΑΡΡΑ Consulting, May 2013) ...	80
Εικόνα 3.48:Γεωλογική τομή ΧΘ 13+375 (Golder Associates Ltd, March 2015).....	81

Εικόνα 3.49: Φωτογραφίες από ρωγμές τον Ιούλιο του 2012 (πρώτη εμφάνιση φαινομένου) μετά από εργασίες για οδό πρόσβασης ΧΘ 13+300-13+450	82
Εικόνα 3.50:Φωτογραφίες από την κατολίσθηση της 9 Δεκεμβρίου 2012 (ΟΜΙΚΡΟΝ ΚΑΡΡΑ Consulting, December 2012).....	83
Εικόνα 3.51: Φωτογραφία από περιοχή άνωθεν της εμφανισθείσας κατολίσθησης στη ΧΘ 13+150 (ΟΜΙΚΡΟΝ ΚΑΡΡΑ Consulting, December 2012).....	84
Εικόνα 3.52:Σχηματική κάτοψη συστήματος παρακολούθησης κατολίσθησης ΧΘ 13+150 (ΟΜΙΚΡΟΝ ΚΑΡΡΑ Consulting, May 2013)	84
Εικόνα 3.53: Φωτογραφίες από τοπικά φαινόμενα Σεπτέμβριος – Δεκέμβριος 2014.....	85
Εικόνα 3.54: Κάτοψη με εκσκαφές από Σεπτέμβριο 2014 μέχρι Δεκέμβριο 2014- Το βάθος των μετακινήσεων εκφράζεται από τον αριθμό ενώ το διανυσμα εκφράζει την διεύθυνση της κίνησης (Golder Associates Ltd, March 2015).....	86
Εικόνα 3.55: Φωτογραφίες μετά από συμβάν 02/12/2014 στην κατολίσθηση της ΧΘ 13+150	86
Εικόνα 3.56: Φωτογραφίες μετά από συμβάν 02/12/2014 στην κατολίσθηση της ΧΘ 13+150	87
Εικόνα 3.57: Νέα έκταση κατολίσθησης όπως διαμορφώθηκε μετά το φαινόμενο στις 2/12/2014 (GEOGNOSI, 2016).....	88
Εικόνα 3.58:Διανυσματική απεικόνιση κίνησης κατολισθαίνοντων μαζών 9/12/2012(ΟΜΙΚΡΟΝ ΚΑΡΡΑ Consulting, December 2012)	88
Εικόνα 3.59:Σχηματική απεικόνιση των προτεινόμενων μέτρων βαθειάς αποστράγγισης για την κατολίσθηση ΧΘ 13+150, Μάιος 2013 - πηγάδια δεξιά, τάφροι αριστερά (ΟΜΙΚΡΟΝ ΚΑΡΡΑ Consulting, May 2013)	89
Εικόνα 3.60:Κάτοψη με τον συνδυασμό όλων των μέτρων που προτάθηκαν σε στάδιο προμελέτης για την αναχαίτιση της κατολίσθησης μετά την εκδήλωση της τον Δεκέμβριο του 2012 (ΟΜΙΚΡΟΝ ΚΑΡΡΑ Consulting, May 2013)	90
Εικόνα 3.61: Κάτοψη τελικής λύσης μετά από φαινόμενο 9 / 12 / 2012 (ΟΜΙΚΡΟΝ ΚΑΡΡΑ Consulting, May 2014)	91
Εικόνα 3.62: Τομές από ενδεικτικές λεπτομέρειες για τελική λύση αναχαίτισης της κατολίσθησης στη ΧΘ 13+150 μετά από φαινόμενο 9 / 12 / 2012 (ΟΜΙΚΡΟΝ ΚΑΡΡΑ Consulting, May 2014).....	91
Εικόνα 3.63: Κάτοψη τελικής λύσης μετά από φαινόμενο 2 / 12 / 2014(GEOGNOSI, 2016)	92
Εικόνα 3.64: Τομές από ενδεικτικές λεπτομέρειες για τελική λύση αναχαίτισης της κατολίσθησης στη ΧΘ 13+150 μετά από φαινόμενο 2 / 12 / 2014 (GEOGNOSI, 2016)	92
Εικόνα 3.65:Ορθοφωτογραφία περιοχής κατολίσθησης στη ΧΘ 14+150.....	93
Εικόνα 3.66: Πρώτη ερμηνεία Γεωλογικής τομής κατολίσθησης στη θέση 14+150 (ΟΜΙΚΡΟΝ ΚΑΡΡΑ Consulting, May 2013)	95

Εικόνα 3.67: Δεύτερη ερμηνεία Γεωλογικής τομής κατολίσθησης στη θέση 14+150 (Golder Associates Ltd, March 2015).....	95
Εικόνα 3.68: Τελική ερμηνεία Γεωλογικής τομής κατολίσθησης στη θέση 14+150 (GEOGNOSI, 2016)	96
Εικόνα 3.69: Φωτογραφία από αρδευτικό δίκτυο που εκτεινόταν σε όλη την περιοχή της κατολίσθησης.....	96
Εικόνα 3.70:Φωτογραφίες από περιοχή κατολίσθησης στη ΧΘ 14+150 πριν την αρχή των εργασιών (GEOSAT GROUP & ICE, 2011).....	97
Εικόνα 3.71: Φωτογραφία κατολισθητικό φαινόμενο όπως εξελίχθηκε μετά τον Δεκέμβριο 2012	97
Εικόνα 3.72: Βασικά χαρακτηριστικά όπως προέκυψαν μετά τις 15 Δεκεμβρίου 2012 στη ΧΘ 14+150.....	98
Εικόνα 3.73:Κάτοψη με αναμενόμενο και εμφανισθέν όριο κατολίσθησης στη ΧΘ 14+150 (ΟΜΙΚΡΟΝ ΚΑΡΡΑ Consulting, May 2013)	98
Εικόνα 3.74: Κάτοψη με κινήσεις κλισιομέτρων – Διάνυσμα για φορά κίνησης και αριθμός που συνοδεύει το διάνυσμα για βάθος κίνησης (Golder Associates Ltd, March 2015)	99
Εικόνα 3.75:Προβλεπόμενα μέτρα αναχαίτισης κατολίσθησης στη ΧΘ 14+150 στη φάση του διαγωνισμού (GEOSAT GROUP & ICE, 2011)	100
Εικόνα 3.76:Κάτοψη με τον συνδυασμό όλων των μέτρων που προτάθηκαν σε στάδιο προμελέτης για την αναχαίτιση της κατολίσθησης μετά την εκδήλωση της τον Δεκέμβριο του 2012 (ΟΜΙΚΡΟΝ ΚΑΡΡΑ Consulting, May 2013)	101
Εικόνα 3.77: Κάτοψη τελικής λύσης για κατολίσθηση στη ΧΘ 14+150 όπως διαμορφώθηκε σε πρώτη φάση (ΟΜΙΚΡΟΝ ΚΑΡΡΑ Consulting, 2013).....	102
Εικόνα 3.78: Ενδεικτική τομή για τελική λύση αναχαίτισης της κατολίσθησης στη ΧΘ 14+150 μετά την τελική αναθεώρηση (GEOGNOSI, 2016)	103
Εικόνα 3.79 : Κάτοψη για τελική λύση αναχαίτισης της κατολίσθησης στη ΧΘ 14+150 μετά την τελική αναθεώρηση (GEOGNOSI, 2016)	104
Εικόνα 4.1: Ορθοφωτογραφία και τρισδιάστατη απεικόνιση της ευρύτερης περιοχής γύρω από την θέση 11+000 (Google earth, 2015).....	107

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2.1 : Έκθεση εκτάσεων και πληθυσμού σε κατολισθητικά φαινόμενα παγκοσμίως (Dilley et al., 2005).....	4
Πίνακας 2.2 : Μέσο ετήσιο κόστος σε USD από κατολισθήσεις σε διάφορα έθνη (Sidle & Ochiai 2006)	5
Πίνακας 2.3:Αντιστοιχία γεωτεκτονικών ζωνών Αλβανίας – Ελλάδας (FRASHERI A., BUSHATI S., BARE V.,2002)	19
Πίνακας 2.4: Συνοπτικός Πίνακας με Υδραυλικές παραμέτρους των κύριων υδροφόρων της Αλβανίας (M-Μέγιστο πάχος; K-Διαπερατότητα, T-Αγωγιμότητα, S-Συντελεστής αποθήκευσης, α-Ειδική παροχή πηγών, Q-Συνολική παροχή πηγών)	27
Πίνακας 2.5 : Μέγιστη Εδαφική Επιτάχυνση (PGA) κατά τον αντισεισμικό κανονισμό Αλβανίας KPT – No. 2 – 89	35
Πίνακας 2.6: Κίνδυνος σεισμού σε επιλεγμένες πόλεις της Αλβανίας με πιθανότητα 10%/50 χρόνια (%g).(Πηγή Aliaj Sh., Adams J., Halchuk S., Sulstarova E., Peci V., Mucic B., 2004).....	36
Πίνακας 2.7: Συνοπτικός πίνακας κλιματολογικών συνθηκών στις εγγύς πόλεις με την περιοχή έρευνας.	38
Πίνακας 2.8: Ένταση βροχοπτώσεων κατά την διάρκεια 24 ωρών μέχρι και 10 λεπτών με διαφορετικούς χρόνους επανάληψης, Σταθμός Τιράνων	41
Πίνακας 2.9: Ένταση βροχοπτώσεων κατά την διάρκεια 24 ωρών μέχρι και 10 λεπτών με διαφορετικούς χρόνους επανάληψης, Σταθμός Πετρέλας, 2011.....	41
Πίνακας 3.1: Παράμετροι σχεδιασμού Σχηματισμού I περιοχή Μουλλέτ	48
Πίνακας 3.2: Παράμετροι σχεδιασμού Σχηματισμού II περιοχή Μουλλέτ	48
Πίνακας 3.3: Παράμετροι σχεδιασμού Σχηματισμού III περιοχή Μουλλέτ	49
Πίνακας 3.4: Παράμετροι σχεδιασμού Ψαμμιτικής Μολάσσας στη ΧΘ 10+950 – 11+242	58
Πίνακας 3.5: Παράμετροι σχεδιασμού της στρώσεως αποσαθρωμένου μανδύα στη ΧΘ 12+000	68
Πίνακας 3.6: Παράμετροι σχεδιασμού της στρώσεως Υπολειμματικού εδάφους στη ΧΘ 12+000	68
Πίνακας 3.7: Παράμετροι σχεδιασμού της στρώσεως Μολασσικού Υποβάθρου στη ΧΘ 12+000 (Το GSI εξάχθει από Hoek Μαρίνος 2007 για μολάσσα, κατηγορία M6).....	68
Πίνακας 3.8: Βασικά χαρακτηριστικά που είχα υποδειχθεί για την κατολίθηση στη ΧΘ 14+150 στη φάση του διαγωνισμού	96

Κατάλογος Σχημάτων

Σεικόνα 1.1: Χάρτης με χάραξη δρόμου όπου καταδεικνύονται οι πληγήςσες περιοχές (Google Earth).....	3
Σχήμα 2.1: Διάγραμμα μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας από εγγύς Μετεωρολογικούς Σταθμούς ..	39
Σχήμα 2.2:Διάγραμμα μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης για τρεις διακριτές περιοχές της χάραξης (Τίρανα, Ελμπασάν και Κράμπα) (τοπικοί Μετεωρολογικοί σταθμοί, 2011)	41
Σχήμα 2.3: Ροδοδιάγραμμα Ανέμων, Σταθμός Τιράνων,2011.....	42
Σχήμα 2.4: Ροδοδιάγραμμα Ανέμων, Σταθμός Ελμπασάν,2011.....	43
Σχήμα 3.1: Κριτήριο για μολασσικούς σχηματισμούς Hoek –Marinos, 2007	59

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1°

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

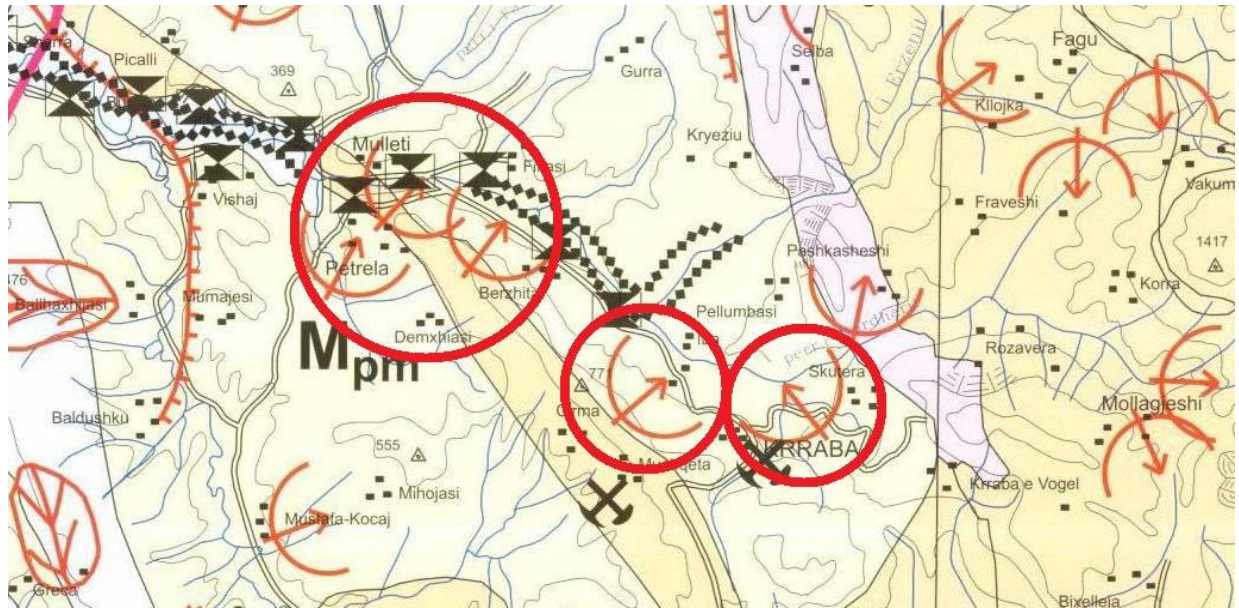
Αντικείμενο Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας (Μ.Δ.Ε.)

Στο πλαίσιο της παρούσας Μ.Δ.Ε. περιγράφονται τα κατολισθητικά φαινόμενα που εμφανίστηκαν κατά την κατασκευή του αυτοκινητοδρόμου Τίρανα –Ελμπασάν στην Αλβανία και μελετώνται και περιγράφονται οι γεωτεχνικά τρωτές θέσεις κατά μήκος αυτού του δρόμου όπως προκύπτουν από την επεξεργασία των επικρατουσών συνθηκών στη περιοχή μελέτης.

Οι μεγάλης έκτασης κατολισθήσεις που εμφανίστηκαν στην περιοχή μελέτης όχι μόνο έπληξαν την έγκαιρη παράδοση του έργου που σχεδιαζόταν τον Ιούνιο του 2013 αλλά και επέφεραν μεγάλες οικονομικές ζημίες και επιβαρύνσεις για το έργο. Τόσο οι χρονικές και οικονομικές αυτές συνέπειες είναι ενδεικτικές για το πόσο σοβαρή και ουσιώδης είναι η εις βάθος προκαταρκτική διερεύνηση και πρόβλεψη των φαινομένων αυτών κατά μήκος ενός έργου πριν την τελική χάραξη.

Το τμήμα του οδικού δικτύου που μελετάται βρίσκεται στην κεντρική Αλβανία και ανήκει διοικητικά στην περιφέρεια των Τιράνων στην παρούσα φάση. Σύμφωνα με τον διοικητικό διαχωρισμό στη φάση της μελέτης ο δρόμος διερχόταν από τις κοινότητες της Φάρκας, της Μπερζίτας και της Κράμπας. Ο αυτοκινητόδρομος αποτελεί στρατηγικό έργο της χώρας που επιχειρεί να συνδέσει την πρωτεύουσα με την βιομηχανική πόλη του Ελμπασάν και κατ' επέκταση, με την συνδρομή των υπόλοιπων οδικών έργων της κεντρικό-ανατολικής Αλβανίας όπως Qukes – Qafe Plloce, να εξασφαλίσει την εύκολη πρόσβαση της πρωτεύουσας από τις ανατολικές περιοχές της Αλβανίας (Κορυτσά, Πόγραδετς, ... κτλ). Πρέπει να σημειωθεί ότι στα Τίρανα διαμένει πάνω από το εν τρίτο του πληθυσμού της χώρας ενώ το αλβανικό κράτος δείχνει μια τάση προς την κατασκευή ενός ανατολοδυτικού άξονα που θα συμπληρώνει τον βορειοανατολικό οδικό άξονα της χώρας (Κοσυφοπέδαιο-Κακαβιά). Μέρος του άξονα αυτού είναι και ο εν λόγω δρόμος. Το τμήμα υπό μελέτη αποτελεί το πρώτο τμήμα του αυτοκινητοδρόμου από τον κυκλικό κόμβο του Σαούκ έως την είσοδο της σήραγγας στη Κράμπα. Το τμήμα ουσιαστικά που αντιμετώπισε και τις περισσότερες γεωτεχνικές προκλήσεις τόσο λόγω των διαβρωτικών φαινομένων στις περιοχές κοντά στο ποτάμι του Ερζέν όσο και των κατολισθητικών φαινομένων που θα μελετηθούν στην παρούσα εργασία.

Η ευρύτερη περιοχή είναι μια από τις αναγνωρισμένες περιοχές με κατολισθητική επιδεκτικότητα σύμφωνα με τους χάρτες κινδύνων της χώρας:



Εικόνα 1.1: Τμήμα χάρτη γεωλογικής επικινδυνότητας στην περιοχή αναφοράς με κυκλωμένες τα επιδεκτά σε κατολισθήσεις σημεία κατά μήκος του δρόμου (The geohazard map of Albania 1:200.000)

Ωστόσο τα φαινόμενα που προέκυψαν κατά την εκσκαφή των ορυγμάτων στον αυτοκινητόδρομο Τίρανα- Ελμπασάν ξεπέρασαν και ως προς τον αριθμό και ως προς το μέγεθος και ως προς τον ρυθμό όλα τα προβλεπόμενα κατολισθητικά φαινόμενα και αποτέλεσαν ένα σημαντικό αντικείμενο μελέτης για ελληνικές και διεθνής εταιρείες.

Στην παρούσα Μ.Δ.Ε. οι καταγεγραμμένες μετακινήσεις πρανών κατηγοριοποιήθηκαν βάσει της ταξινόμησης του Varnes (1978), αναγνωρίστηκαν οι προπαρασκευαστικοί παράγοντες καθώς και οι παράγοντες εναύσματος των μετακινήσεων γαιών.

Για την κατανόηση των φαινομένων αστάθειας, μελετήθηκαν όλες οι σχετικές γεωλογικές και γεωτεχνικές μελέτες της περιοχής έρευνας. Επίσης μελετήθηκε σε βάθος και η γεωλογική δομή της περιοχής, η γεωτεκτονική εξέλιξη η σεισμικότητα και οι υδρογεωλογικές και κλιματολογικές συνθήκες της ευρύτερης περιοχής μελέτης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Τα κατολισθητικά φαινόμενα και σημαντικές αστάθειες τεχνιτών πρανών που αναγνωρίστηκαν εντοπίζονται στις θέσεις:

Χ.Θ. 4+475 - 4+900 (Όρυγμα Μουλλέτ)

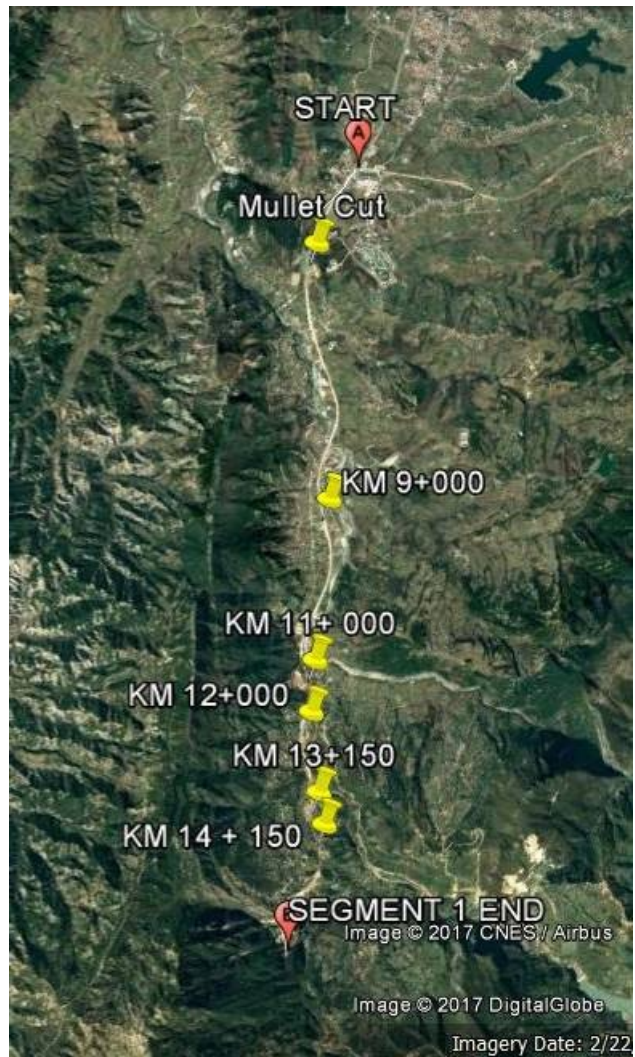
Χ.Θ. 10+970 – 11+250

Χ.Θ. 12+00 (Κόμβος Ίμπας)

Χ.Θ. 12+800 – 13+450

Χ.Θ. 14+100 – 14+435

Μικρότερης κλίμακας αστάθειες παρατηρήθηκαν και κοντά στη Χ.Θ. 9+000 που λόγω του περιορισμένου μεγέθους και έντασης θα αναφερθούν επιγραμματικά στην παρούσα εργασία.



Σεικόνα 1.1: Χάρτης με χάραξη δρόμου όπου καταδεικνύονται οι πληγήςες περιοχές (Google Earth)

Όλα τα παραπάνω φαινόμενα φαίνεται να έχουν διαφορετικό μηχανισμό αστοχίας και ρυθμό εκδήλωσης. Ωστόσο όλα φαίνεται να οφείλονται σε παρόμοιους συνδυαστικούς παράγοντες που δεν είναι άλλοι από:

-ασθενείς σχηματισμοί ή ασθενείς ενστρώσεις

-έντονες βροχοπτώσεις και

- ανθρωπογενείς επεμβάσεις (εκσκαφή, φορτία από μεγάλο ύψους επιχώματα)

Στόχος της παρούσας Δ.Μ.Ε είναι η παρουσίαση και εκτενής περιγραφή των εμφανισθέντων φαινομένων κατά μήκος του δρόμου εντός της ζώνης μελέτης και η κατάληξη σε συμπεράσματα και προτάσεις κατά περίπτωση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2°

ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΚΑΙ ΕΙΔΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

2.1 ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΕΡΓΑ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

Οι κατολισθήσεις είναι από τους πιο συχνούς γεω- κινδύνους του πλανήτη και αιτία χιλιάδων θανάτων και τραυματισμών και σίγουρα συνδυασμένες ως επί το πλείστον με σοβαρές οικονομικές ζημιές τον χρόνο. Τα φαινόμενα αυτά μαζί με τις πλημμύρες, τις φωτιές και τους σεισμούς αποτελούν τους βασικούς φυσικούς κινδύνους που διατρέχει το ανθρωπογενές περιβάλλον. Ιδιαίτερα όταν μιλάμε για έργα υποδομής και συγκεκριμένα δρόμους στους οποίους οι επενδύσεις είναι πολλές φορές δαπάνες στρατηγικής σημασίας για την χώρα στην οποία κατασκευάζονται, και έχοντας υπόψη τον αριθμό των ατόμων που εμπλέκονται άμεσα στην κατασκευή τους όσο και τον αριθμό των διερχόμενων κατά την λειτουργία τους, τα κατολισθητικά φαινόμενα απαιτούν ιδιαίτερα έρευνα για την πρόβλεψή τους και προσεκτική μελέτη για την αποτροπή ή την αναχαίτιση τους.

Ενδεικτικά για την κατανόηση των επιπτώσεων των κατολισθητικών φαινομένων, σύμφωνα με το Κέντρο Ερευνών του Επιδημιολογία Καταστροφής (CRED, <http://www.cred.be/>) έχει αποδειχθεί ότι το 17% των θανάτων από φυσικές καταστροφές, οφείλονται σε κατολισθήσεις. Ενδεικτικά, η «έκθεση» σε παγκόσμιο επίπεδο σε τέτοια φαινόμενα όπως καταδεικνύεται από την αναφορά τις Παγκόσμιας Τράπεζας (Dilley et al., 2005) είναι η παρακάτω:

Πίνακας 2.1 : Έκθεση εκτάσεων και πληθυσμού σε κατολισθητικά φαινόμενα παγκοσμίως (Dilley et al., 2005)

Έιδος	Έκθεση
Εμβαδό γης σε κατολισθένον έδαφος	3.5 εκατ. χλμ ²
Πληθυσμός εκτεθειμένος σε κατολισθήσεις	300 εκατ. (5% πληθυσμού γης)
Έκταση που θεωρείται σε μεγάλο κίνδυνο κατολίσησης	820.000 χλμ ²
Πληθυσμός σε περιοχές μεγάλου κατολισθητικού κινδύνου	66 εκατ. άνθρωποι

Όσον αφορά τις οικονομικές τους επιπτώσεις, έχει παρατηρηθεί ότι αυτές είναι τόσο άμεσες όσο και έμμεσες. Άμεσες είναι οι επιδιορθωτικές εργασίες, αντικαταστάσεις και η συντήρηση που συνεπάγεται μια κατολίσηση ή της οφειλόμενης σε αυτή πλημμύρα ενώ έμμεσες είναι οι συνέπειες εκείνες που μπορεί να μην είναι άμεσα αισθητές αλλά επιφέρουν χρηματικές ζημιές σε βάθος χρόνου (Oddvar Kjekstad & Lynn Highland, 2009), όπως είναι οι παρακάτω:

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

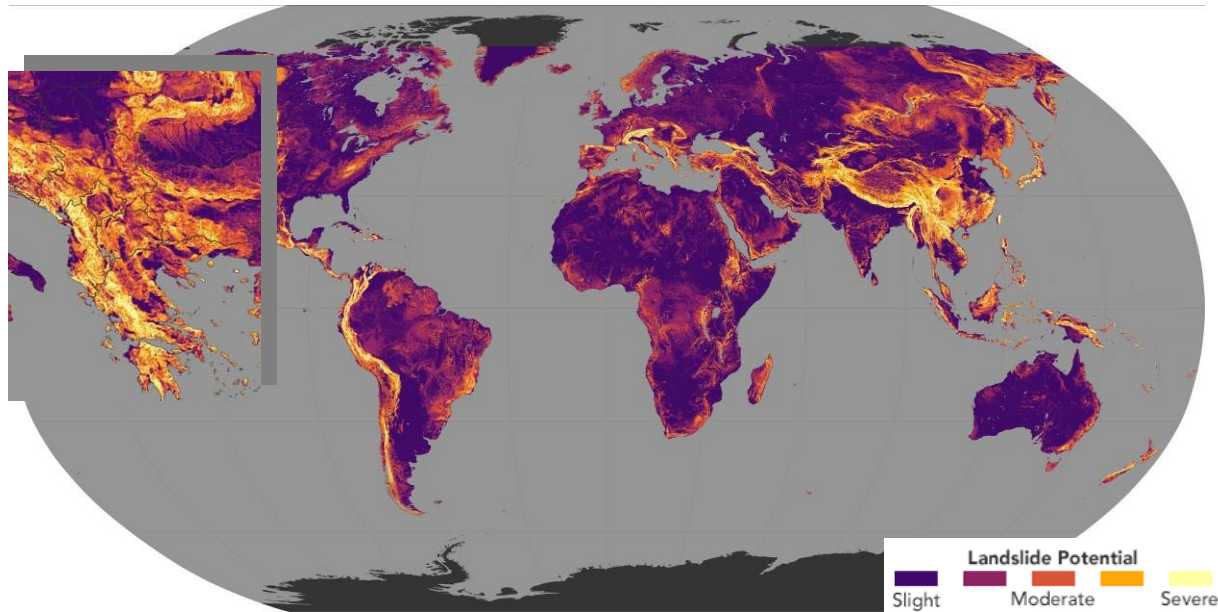
- Απώλεια βιομηχανικής, αγροτικής και δασικής παραγωγικότητας
- Μείωση των τουριστικών εσόδων στην περιοχή
- Μείωση των τιμών των ακινήτων στην περιοχή οπότε και των εσόδων που εισπράττονται από αυτά μέσω φόρων από το κράτος.
- Η μείωση της ποιότητας του νερού στην εγγύς περιοχή
- Αυξημένοι ρύποι για το περιβάλλον λόγω χρήσης του υπολειπόμενου οδικού δικτύου της περιοχής, κ.α.

Το επιφερόμενο κόστος για την καλύτερη κατανόηση των μεγεθών που δαπανώνται ετησίως μόνο για τις άμεσες συνέπειες των κατολισθήσεων σε διάφορα κράτη αντικατοπτρίζεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 2.2 : Μέσο ετήσιο κόστος σε USD από κατολισθήσεις σε διάφορα έθνη (Sidle & Ochiai 2006)

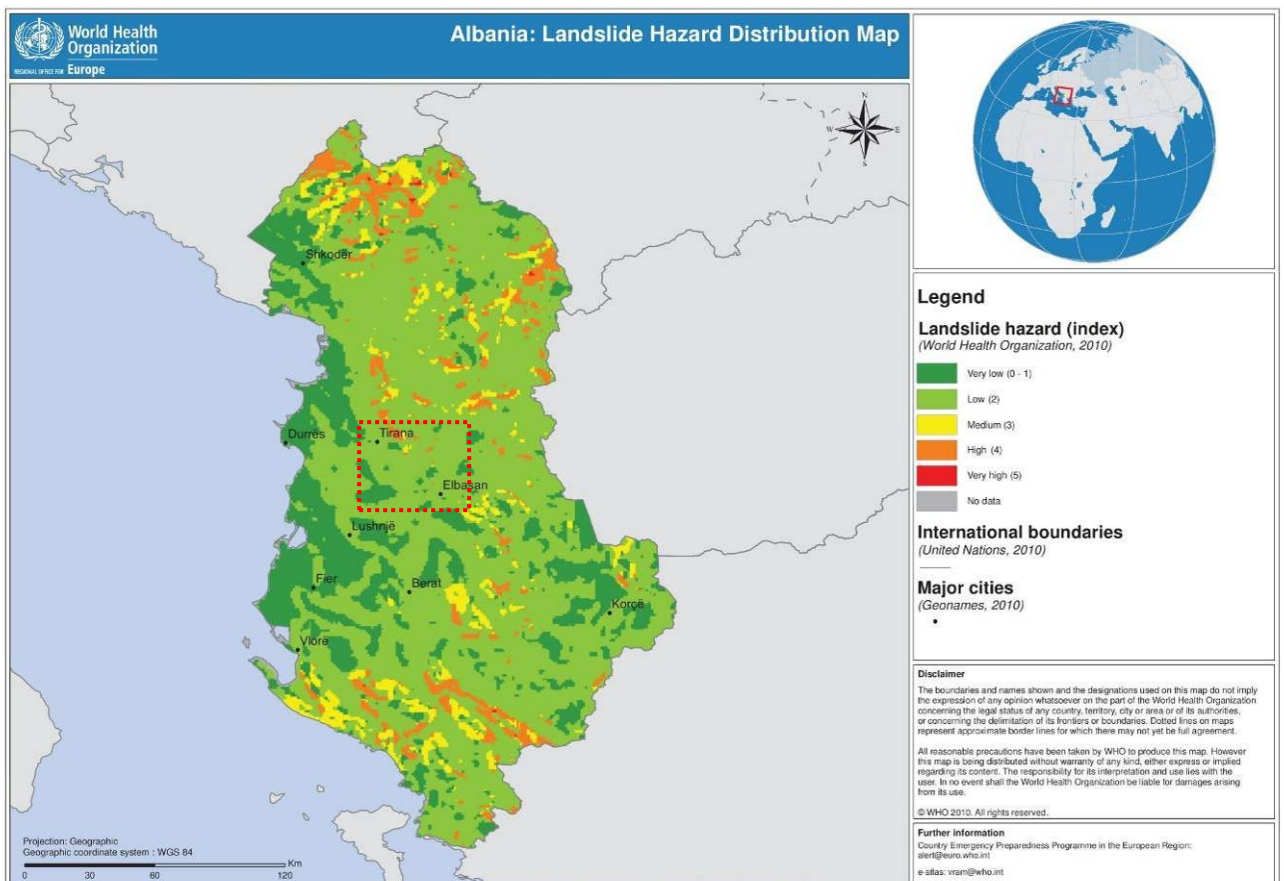
Χώρα	Μέσο Άμεσο Κόστος	Μέσο Συνολικό Κόστος	Σχόλια
Καναδάς		\$70 εκατομμύρια	Πρόσφατη έρευνα έδειξε ότι το συνολικό κόστος φτάνει τα \$1.4 δισεκατομμύρια ετησίως
Ιαπωνία	\$1.5 δισεκατομμύρια	\$4 δισεκατομμύρια	
Κορέα	\$60 εκατομμύρια	-	Βάση ισχών δεδομένων
Ιταλία	-	\$2.6-5 δισεκατομμύρια	
Σουηδία	\$10-20 εκατομμύρια		
Ισπανία	\$0.2 δισεκατομμύρια		
Πρώην Σοβιετική Ένωση	\$0.5 δισεκατομμύρια		
Κίνα	\$0.5 δισεκατομμύρια		Βάση αξιολόγησης που έλαβε χώρα το 1989
Ινδία	\$1.3 δισεκατομμύρια		
Νεπάλ	\$19.6 εκατομμύρια		Συμπεριλαμβανομένων της ζημίας απο πλημμύρες, αλλά σχετικά ημιτελής 90% του κόστους ήταν σε αγροτικές περιοχές
Νέα Ζηλανδία		\$26.3 εκατομμύρια	

Για την κατανόηση της κατολισθητικής διερεύνησης που χρήζει η περιοχή μελέτης είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η Αλβανία, όπως και η Ελλάδα, είναι μια από τις χώρες με μεγάλη κατολισθητική επιδεκτικότητα όπως φανερώνει ο Παγκόσμιος Χάρτης Κατολισθητικής Επιδεκτικότητας της Nasa.



Εικόνα 2.1: Παγκόσμιος Χάρτης Κατολισθητικής Επιδεκτικότητας (Nasa, 2017)

Ενώ η περιοχή μελέτης συγκαταλέγεται σύμφωνα με την World Health Organization σε περιοχή χαμηλού κατολισθητικού κινδύνου με σημειακές εκδηλώσεις κινδύνου.



Εικόνα 2.2: Χάρτης κατολισθητικού κινδύνου Αλβανίας (World Health Organization, 2010)

Πρέπει να συνοπολογιστεί ακόμα το γεγονός ότι για την γενική χάραξη της οδοποιίας οι παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη είναι:

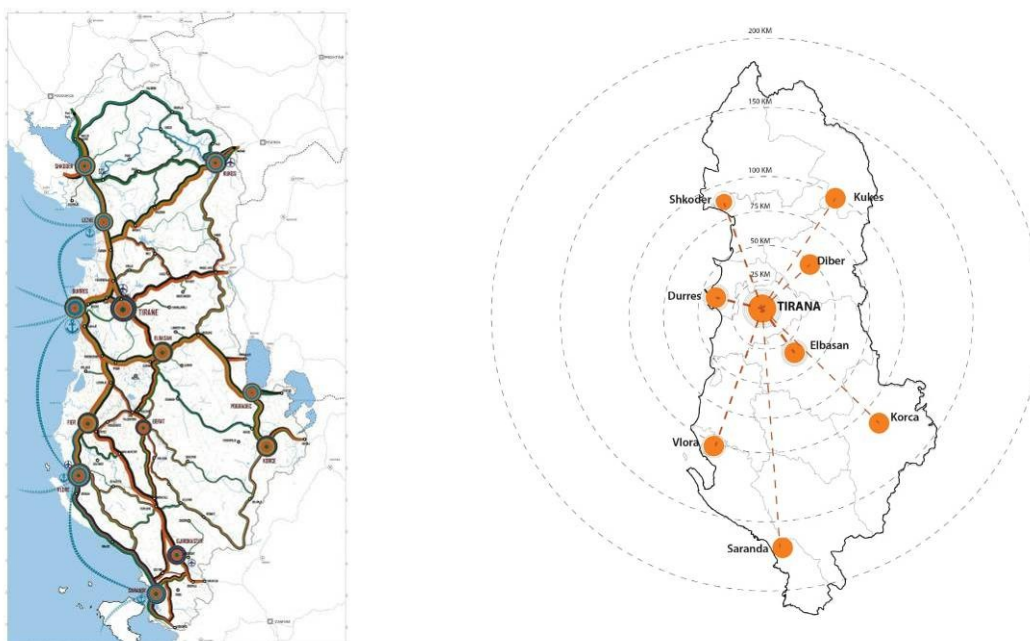
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

- Στρατηγικές περιφερειακής ανάπτυξης της χώρας (χωροταξικός και τον πολεοδομικός σχεδιασμός του δικτύου των μεταφορών), που ορίζουν τα σταθερά σημεία από τα οποία πρέπει να περάσει η χάραξη.
- Μορφολογία. Βάσει αυτής ορίζεται η γενική μορφή της χάραξης όπως και τα χαρακτηριστικά σημεία από τα οποία πρέπει να περάσει η χάραξη, όπως αυχένες, κατάλληλες θέσεις διέλευσης ποταμών κλπ., ενώ αντίθετα απότομες πλαγιές, λίμνες, βάλτοι, αρχαιολογικοί χώροι κλπ. συνιστούν περιοχές από τις οποίες δεν πρέπει να περάσει η οδός.
- Γεωλογία. Αποφυγή των κατολισθενόντων περιοχών.

Οι τρεις αυτοί παράγοντες συνδυαστικά διαμορφώνουν, ανάλογα με τις συνθήκες και τις αποφάσεις κατά περίπτωση, το κόστος κατασκευής, λειτουργίας και συντήρησης του έργου. Είναι αυτοί οι παράγοντες μαζί με τις γενικές συνθήκες που επικρατούν στην οριοθετημένη περιοχή μελέτης όσο και στην ευρύτερη περιοχή που θα επεξηγηθούν και αναλυθούν στην περίπτωση του έργου Τίρανα – Ελμπασαν στην συνέχεια της παρούσας Δ.Μ.Ε.

2.2 ΟΔΙΚΟ ΕΡΓΟ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΟΥ ΤΙΡΑΝΑ-ΕΛΜΠΑΣΑΝ

Η κατασκευή του οδικού έργου Τίρανα – Ελμπασάν είναι ένα έργο κορυφαίας σημασίας και προτεραιότητας για την Αλβανική κυβέρνηση ενώ αποτελεί τμήμα του νότιου οδικού άξονα της χώρας. Το ολικό μήκος του αυτοκινητοδρόμου είναι 27 χιλιόμετρα και σκοπεύει να εξυπηρετήσει την ένωση μεταξύ πρωτεύουσας και νότιων και νότιο-ανατολικών συνόρων. Ως κύρια αρτηρία της χώρας πρόκειται να δεχθεί ετησίως εναν από τους μεγαλύτερους κυκλοφοριακούς φόρτους της Αλβανίας. Πρόκειται για ένα έργο που θα εξυπηρετήσει τόσο τις εσωτερικές ανάγκες αλλά θα καταστεί τμήμα του ευρωπαϊκού οδικού δικτύου μεταξύ Αλβανίας και Ελλάδος ή Σκοπίων.

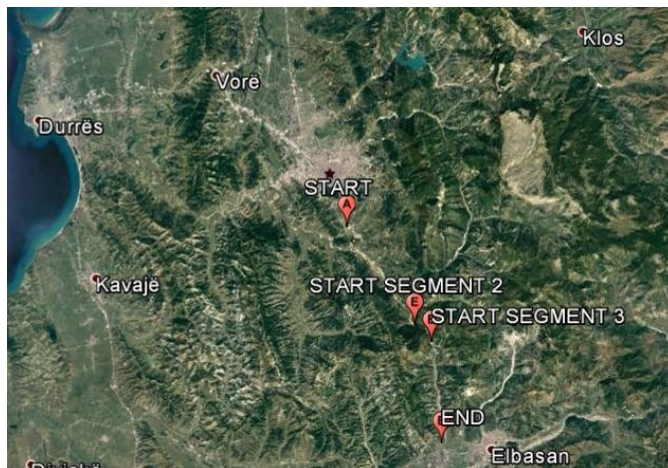


Εικόνα 2.3: Χάρτες απόστασης σημαντικότερων πόλεων από πρωτεύουσα και στρατηγικής συγκοινωνιακής ανάπτυξης Αλβανίας (Νομαρχεία Τιράνων, 2017)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Το υφιστάμενο δίκτυο της περιοχής χαρακτηρίζεται ως μέτριας ταχύτητας ενώ η διέλευση από τον λαιμό της Κράμπας αποτελούσε πάντα ένα από τα πιο επικίνδυνα σημεία διέλευσης της χώρας. Έχοντας υπόψη ότι στις δύο άκρες του νέου αυτοκινητοδρόμου βρίσκονται δύο από τις πιο βιομηχανικά ανεπτυγμένες περιοχές της Αλβανίας, και την εγγύτητα των δύο αυτών πόλεων, το έργο αντικατοπτρίζει εκτός από την οικονομική του σημασία και κατεύθυνση και μια σαφή επιλογή χωροταξικής ανάπτυξης της χώρας.

Αποτελεί την συνέχεια της περιφερειακής οδού των Τιράνων, με την λήξη αυτής να σηματοδοτεί και την αφετηρία του αυτοκινητοδρόμου στον κυκλικό κόμβο του Σαούκ. Το έργο θεωρείται κατηγορίας Α2 με λειτουργική ταχύτητα από 30 - 130 χιλιόμετρα την ώρα και χωρίζεται σε τρία τμήματα:



Εικόνα 2.4: Χάρτης με τα Τμήματα της χάραξης (Google Earth ,2017)

- Τμήμα 1 : ΧΘ 2+850 μέχρι την είσοδο της σήραγγας της Κράμπας ΧΘ 15+650
- Τμήμα 2 : Δίδυμη σήραγγα 2,55 χιλιομέτρων
- Τμήμα 3 : ΧΘ 18+200 που συμπίπτει με την έξοδο της σήραγγας μέχρι την πόλη του Ελμπασάν ΧΘ 29+275

Το πρώτο τμήμα, που αποτελεί και το αντικείμενο μελέτης της παρούσας ΔΜΕ, είναι αυτοκινητόδρομος 13,2 χιλιομέτρων αποτελούμενος από δύο κλάδους (ένας κλάδος ανά κατεύθυνση) με 2 λωρίδες ο καθένας των 3,75 μέτρων, ΛΕΑ των 3 μέτρων και έρεισμα 1,95 καταλαμβάνοντας έτσι μαζί με την κεντρική νησίδα των 4 μέτρων 28,9 μέτρα πλάτος στο σύνολο του (Εικόνα 2.5).



Εικόνα 2.5: Χάρτης με πρώτο τμήμα χάραξης αυτοκινητοδρόμου Τίρανα – Ελμπασάν (ΣΥΣΤΑΣ ,2012)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Η διαδρομή του έργου στα πρώτα 400 μέτρα είναι παράλληλο με την υπάρχουσα εθνική οδό αφήνοντας την στην δεξιά πλευρά του νέου δρόμου. Στη χιλιομετρική θέση 3+368 διασχίζει το ρέμα του Καμπίλι, ενώ στην χιλιομετρική θέση 3+850 το ρέμα της Φάρκας. Το υψόμετρό του αυξάνεται σταδιακά καθώς συναντά μια περιοχή πυκνής βλάστησης (ΧΘ 4+200 μέχρι ΧΘ 4+500) μέχρι να συναντήσει το μεγάλο όρυγμα του Μουλλέτ (ΧΘ 4+500-5+300) με μέγιστο ύψος ανοιχτού ορύγματος 60 μέτρα και απαίτηση περίπου 9800000 κυβικών μέτρων εκσκαφών για την κατασκευή του.

Στη χιλιομετρική θέση 5+800 διασχίζει το ρέμα του Κατσόνε (γέφυρα Κατσόνε) και αγροτική έκταση παράλληλα με τον ποταμό Ερζένι μέχρι τη χιλιομετρική θέση 7+100. Σε αυτή τη θέση ο αυτοκινητόδρομος περνάει δίπλα στην ροή του ποταμού και τον διασχίζει με την βοήθεια τεχνικού έργου. Η χάραξη σε αυτό το σημείο εκτείνεται στην δεξιά πλευρά της κοίτης του ποταμού Ερζέν, σε μια περιοχή τόσο αγροτική όσο και ζώνη επιχειρήσεων. Ο δρόμος συνεχίζει να περνάει παράλληλα στη ροή του ποταμού στις χιλιομετρικές θέσεις 9+470 μέχρι 9+680 και 10+300 μέχρι 10+930, όπου λόγω της εγγύτητας με την ροή ειδικά αντιδιαβρωτικά μέτρα με συρματοκυβώτια λαμβάνουν χώρα. Αντιθέτως, από την χιλιομετρική θέση 10+930 μέχρι την 11+375 ο αυτοκινητόδρομος συναντά την παλιά εθνική οδό και συνδέεται μαζί του μέσω του ισόπεδου μισού κόμβου της πάνω Ίμπας, ο οποίος συμπληρώνεται από τον κόμβο της κάτω Ίμπας για την εξυπηρέτηση και των δύο κατευθύνσεων (Εικόνα 2.5).

Κοντά στην θέση του δεύτερου κόμβου της Ίμπας ο δρόμος διέρχεται από το χωριό της Mihajas Cirme με εγκαταλελειμμένα κτίρια πάνω από το παλιό ανθρακωρυχείο της περιοχής, αφήνοντας την παλιά εθνική οδό στην δεξιά του πλευρά του δρόμου.

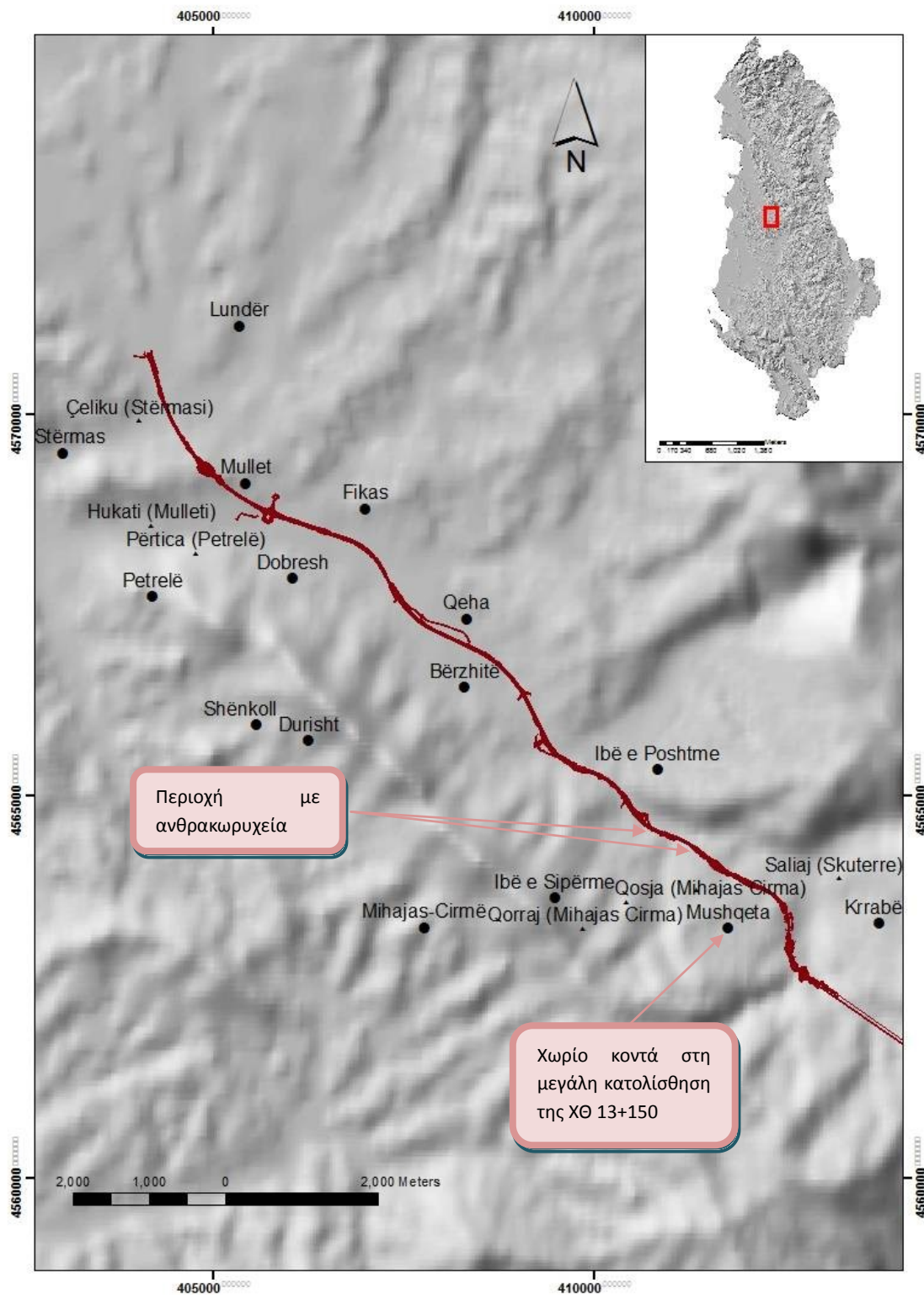
Η μορφολογία της περιοχής γίνεται πιο έντονη στην συνέχεια μέχρι το χλμ 12+650, ενώ ο αυτοκινητόδρομος διέρχεται από μία βαθειά κοιλάδα τη θέση 13+125.

Εδώ βρίσκεται το χωριό Μουσκετά (Χ.Θ. 12+800-14+825) όπου τα φυσικά πρηνή παρουσιάζουν σαφώς ηπιότερες κλίσεις, και αποτελεί ένα από τα βασικά σημεία ενεργούς μεγάλης κατολίσθησης. Η περιοχή στις παρειές του κατασκευαζόμενου δρόμου είναι αμιγώς αγροτική ενώ ψηλότερα έχουμε διάφορους οικισμούς και το χωριό της Μουσκετά .

Στο χλμ 14+100-14+300 έχουμε την θέση της δεύτερης ενεργούς κατολίσθησης, την μοναδική θέση που είχε αναγνωριστεί παλιό κατολισθητικό φαινόμενο από το στάδιο της αρχικής μελέτης. Οι κλίσεις των φυσικών πρηνών είναι εξίσου ήπιες όπως και στην άλλη θέση κατολίσθησης. Τεχνητή λίμνη που λειτουργεί ως δεξαμενή αποθήκευσης για αρδευτικές χρήσεις εντοπίζεται άνωθεν της χάραξης, σε απόσταση περίπου 200 μέτρα από αυτήν.

Ύστερα ο αυτοκινητόδρομος ανηφορίζει ώσπου να συναντήσει την είσοδο της σήραγγας στη θέση 15+774.743. Κατά μήκος αυτής της διαδρομής το μορφολογικά το τοπίο χαρακτηρίζεται από τα έντονα πρηνή του και την πλούσια θαμνώδη βλάστηση που δεν ξεπερνάει τα 2 με 3 μέτρα ύψος. Οι σχηματισμοί στη περιοχή αυτή είναι βραχώδης.

Η θέση των χωριών και οικισμών, οι οποίοι αναφέρονται στα παραπάνω, απεικονίζονται στον παρακάτω χάρτη (Εικόνα 2.6) για την κατανόηση της εγγύτητας τους με τον δρόμο.



Εικόνα 2.6: Χάρηξη Τμήματος 1 Αυτοκινητόδρομου Τίρανα – Ελμπασάν με αναπαράσταση των γύρω χωριών και οικισμών

2.3 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Στην περιοχή υπάρχουν σαφώς διακριτές γεωμορφολογικές ενότητες. Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους μπορούμε να τις διακρίνουμε στις παρακάτω ζώνες. Για την καλύτερη κατανόηση της ακριβής θέσης παρατίθεται η παρακάτω οριζοντιογραφία για τον εντοπισμό των χιλιομετρικών θέσεων (Εικόνα 2.8).



Εικόνα 2.7: Χάρτης με χιλιομετρικές θέσεις επί της χάραξης του αυτοκινητοδρόμου (Google Earth, 2017)

Στη ζώνη από το Σαούκ έως το Μουλλέτ, ΧΘ 0+000 μέχρι 5+250, όπου ο δρόμος είναι ανηφορικός καθώς συναντά τις πλαγιές του Σαούκ και της Λούντρας από Νεογενείς αποθέσεις. Οι πλαγιές χαρακτηρίζονται από ήπια παραμορφωμένα πρηνή, στα οποία εδράζονται και τα μικρά χωριά και οι οικισμοί της περιοχής. Μερικές από τις πλαγιές είναι φυτευμένες με οπωροφόρα δέντρα και άλλες αξιοποιούνται για αγροτικές χρήσεις. Ο καινούργιος δρόμος διασχίζει ένα σχετικά επίπεδο τοπίο στις αρχές του με την βοήθεια επιχωμάτων, στους πόδες των πλαγιών κοντά στα εποχικά ρέματα της περιοχής και τους παραπόταμους του Ερζέν (Ζάγια και Καμπίλι) ενώ στην περιοχή του Μουλλέτ διέρχεται με μεγάλο ανοιχτό όρυγμα ύψους 60 μέτρων τον λόφο του Μουλλέτ τον οποίο και «κόβει» στα δύο διαμέσου αυτού του τεχνικού έργου.

Από το χιλιόμετρο 5+250 έως 12+000, ο δρόμος διασχίζει την κοιλάδα του ποταμού Ερζέν ο οποίος διέρχεται στην αριστερή πλευρά του δρόμου μετά την γέφυρα του Ερζέν (ΧΘ 7+100) λίγα μόλις μέτρα από αυτόν. Οι πλαγιές της κοιλάδας έχουν μικρές κλίσεις που στην πλειονότητα τους δεν ξεπερνούν τις 14 μοίρες κατά μήκος του δρόμου ιδίως μέχρι τη ΧΘ 11+00. Ωστόσο σε αυτές τις χιλιομετρικές θέσεις είναι ιδιαίτερα έντονες οι φυσικογεωλογικές διεργασίες με έντονα διαβρωτικά κυρίως φαινόμενα να παρουσιάζονται στην περιοχή. Από άποψη βλάστησης τα φυσικά πρηνή χαρακτηρίζονται ως δασώδη με κατά τόπους αγροτικές εκτάσεις, στις θέσεις όπου συναντιόνται και τα πολλά χωριά και οικισμοί της περιοχής.

Από την χιλιομετρική θέση 12+000 και έπειτα, νότια της πρωτεύουσας των Τιράνων, η μορφολογία είναι άμεσα συνδεδεμένη με την λιθολογία της περιοχής. Αντιπροσωπεύει ένα λοφώδες σχετικά επίπεδο ανάγλυφο αποτελούμενο από αποθέσεις του Τεταρτογενούς, σχηματισμούς μολάσσας πάνω σε υπόβαθρο φλύσχη, που στις επίπεδες παραποτάμιες ζώνες κυμαίνονται σε ένα υψόμετρο 90 με 120 μέτρα πάνω από το επίπεδο της θάλασσας ενώ στη λοφώδη ζώνη φτάνει και τα 250 μέτρα υψόμετρο. Οι λόφοι εκτείνονται σε αλυσιδωτή μορφή από τα βορειοδυτικά προς τα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

νοτιοανατολικά και χωρίζονται από τον ποταμό και τα ρέματα της κοιλάδας. Με κατεύθυνση από τα νοτιοανατολικά προς τα βορειοδυτικά συναντάμε τον ποταμό Ερζέν καθώς τα ρέματα του Μουρδάρι και Ζάλλι Κόρες. Η διαβρωτική ικανότητα του ποταμού και των ρεμάτων που καταλήγουν σε αυτών είναι έντονη δίνοντας μια χαρακτηριστική μορφή σε όλη την κοιλάδα (σχήμα “U”), με απότομες κλίσεις και επομένως έντονο ανάγλυφο παρειικά της ροής. Όσον αφορά, το λιθολογικό κριτήριο, η περιοχή μελέτης είναι χωρισμένη σε πολλές υποζώνες με διαφορετικές λιθολογικές συστάσεις. Εμφανίζεται κατά τόπους το υπόβαθρο φλύσχη με επικρατούσα την ιλυολιθική-πηλιτική φάση με λεπτές ενστρώσεις ψαμμίτη και κροκαλοπαγών. Ομοίως η μολάσσα είναι και αυτή ιλυολιθικής-πηλιτικής σύνθεσης με φακούς από ψαμμίτη, συνεκτικά(αργίλους) και μη συνεκτικά(άμμους, χαλίκια) εδάφη.

Σε γενικές γραμμές θα μπορούσαμε να πούμε ότι η χάραξη του αυτοκινητοδρόμου περνάει από δύο βασικές μορφολογικές ενότητες:

Επίπεδη μορφολογία και

Λοφώδη μορφολογία

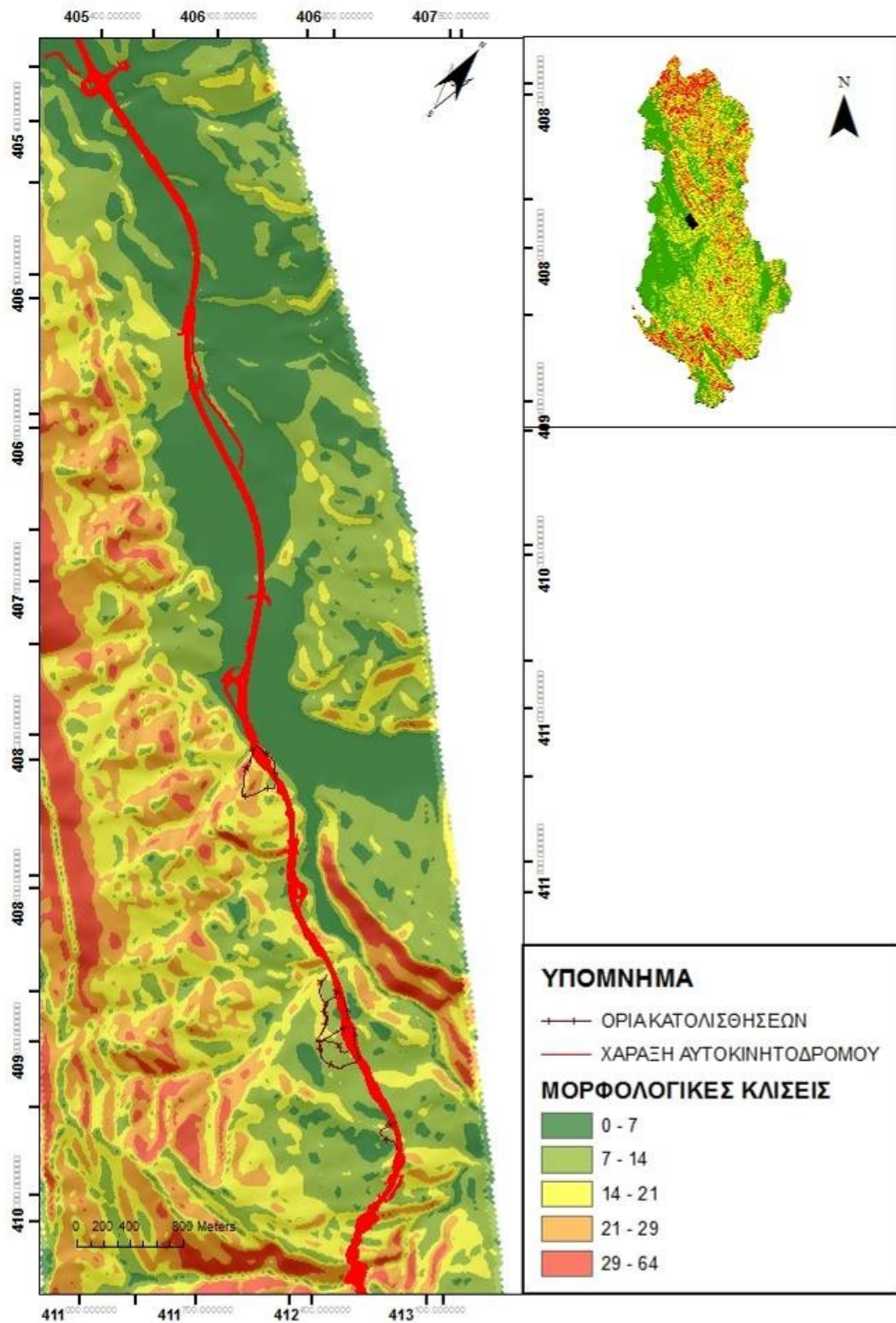
a. Επίπεδη μορφολογία

Η ενότητα αυτή συναντάτε στις ποτάμιες αναβαθμίδες και χαρακτηρίζεται από σχεδόν επίπεδες κλίσεις φυσικών πρανών, έως 7 μοίρες με βόρειο προσανατολισμό. Οι αναβαθμίδες αυτές καταλαμβάνουν μια έκταση με πλάτος από 30 μέχρι και 150 μέτρα κατά μήκος του ποταμού και των παραποτάμων.

b. Λοφώδης μορφολογία

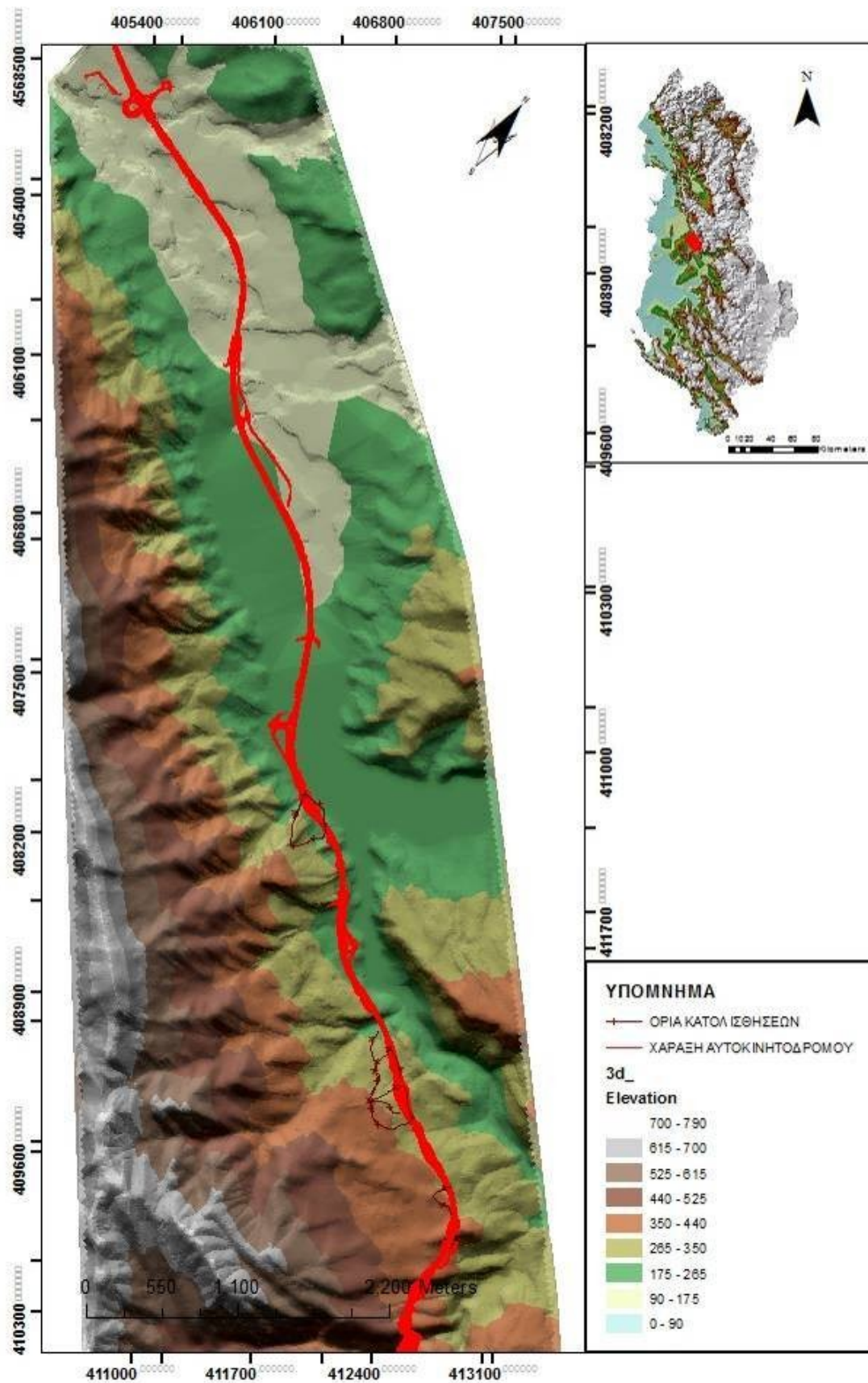
Σε αυτή την ενότητα συναντιόνται μια ποικιλία κλίσεων πρανών από 6ο - 15ο (ήπια), 16ο - 25ο (σχετικά ήπια), 26ο - 35ο (σχετικά απότομα), 36ο - 45ο (απότομα) και πολύ απότομα πρανή με κλίσεις μεγαλύτερες των 45ο μοιρών (Εικόνα 2.8). Έντονα διαβρωτικά φαινόμενα κάνουν την εμφάνιση τους και σε αυτή την ενότητα με τοπικές απώλειες του υλικού του κοιλάδας. Τα φαινόμενα αυτά συμβαίνουν κυρίως κατά την διάρκεια έντονων βροχοπτώσεων.

Στις παρακάτω εικόνες παρατίθενται οι μορφολογικές κλίσεις τα υψόμετρα και οι διευθύνσεις κλίσεων των πρανών της ευρύτερης περιοχής από την χιλιομετρική θέση 5+000 μέχρι 15+500 για την καλύτερη κατανόηση της μορφολογίας της περιοχής.



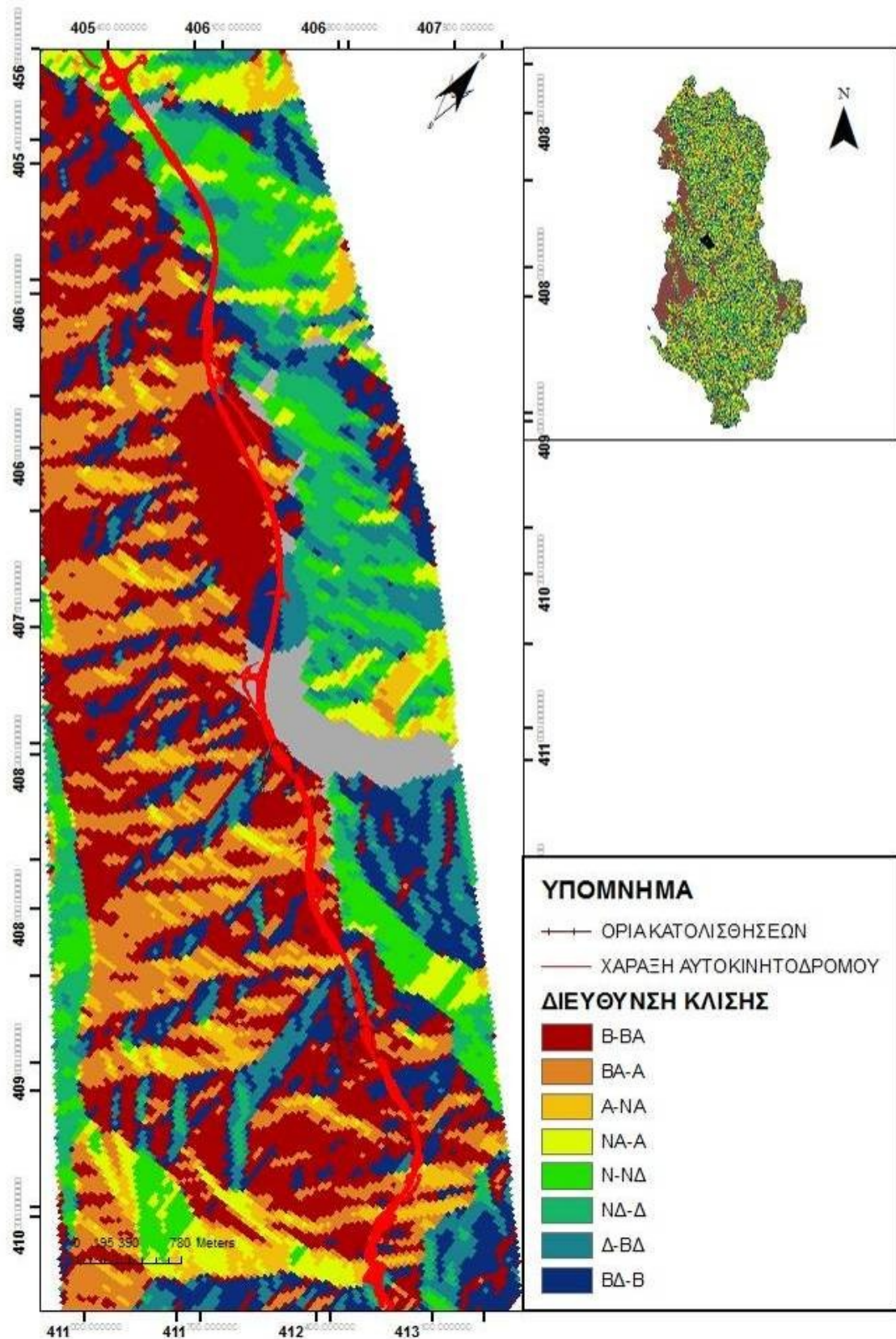
Εικόνα 2.8 Χάρτης μορφολογικών κλίσεων στην περιοχή γύρω από την χάραξη του αυτοκινητόδρομου Τίρανα-Ελμασάν, Τμήμα 1, ΧΘ 5+000 – 15+000

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

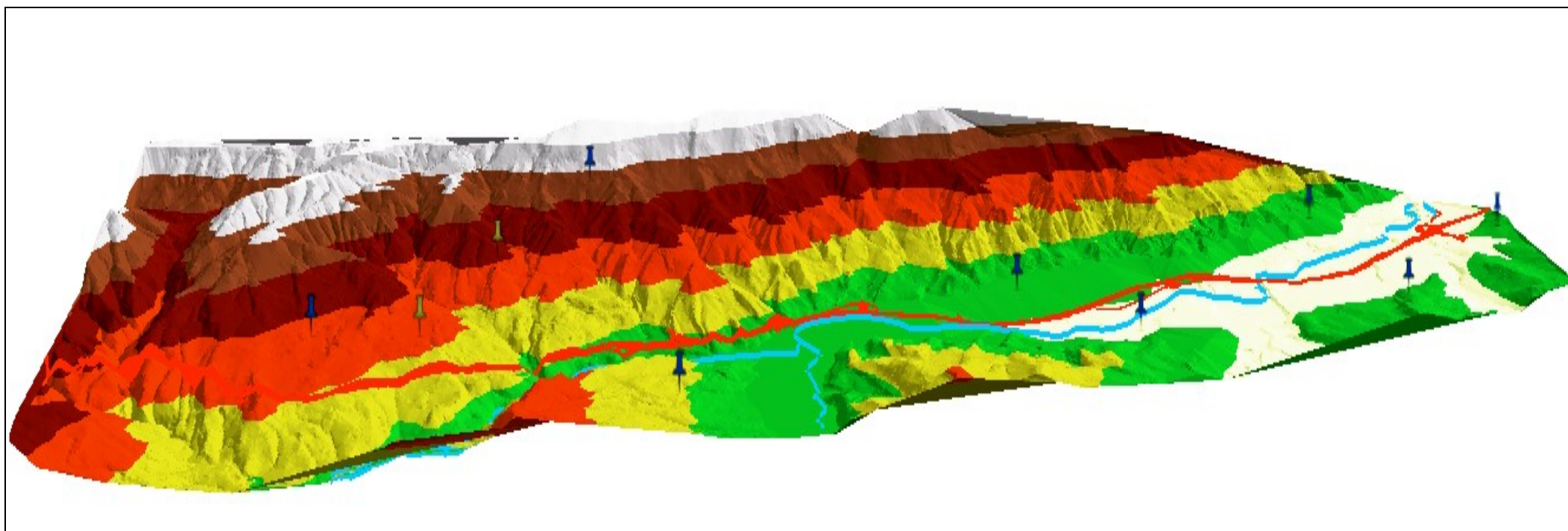


Εικόνα 2.9: Χάρτης υψομέτρου στην περιοχή γύρω από την χάραξη του αυτοκινητόδρομου Τίρανα-Ελμπασάν, Τμήμα 1, ΧΘ 5+000 – 15+000

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2



Εικόνα 2.10: Χάρτης διεύθυνσης κλίσεων πρανών ($0-45^\circ$: Β-ΒΑ, $45^\circ-90^\circ$: ΒΑ-Α, $90^\circ-135^\circ$: Α-ΝΑ, $135^\circ-180^\circ$: ΝΑ-Ν, $180^\circ-225^\circ$: Ν-ΝΔ, $225^\circ-270^\circ$: ΝΔ-Δ, $270^\circ-315^\circ$: Δ-ΒΔ, $315^\circ-360^\circ$: ΒΔ-Β) στην περιοχή γύρω από την χάραξη του αυτοκινητόδρομου Τίρανα-Ελμπασάν, Τμήμα 1, ΧΘ 5+000 – 15+000

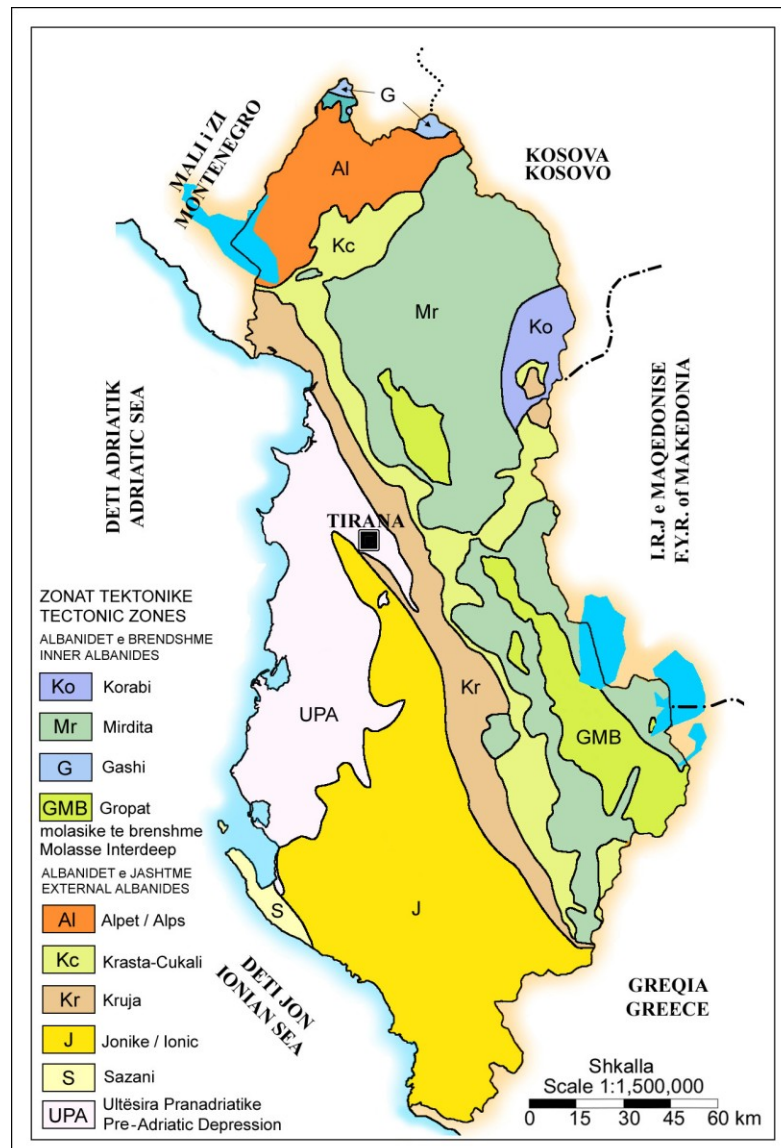


Εικόνα 2.11: τρισδιάστατη απεικόνιση με τις υψομετρικές διαβαθμίσεις στην περιοχή γύρω από την χάραξη του αυτοκινητόδρομου Τίρανα-Ελμπασάν, Τμήμα 1, ΧΘ 5+000 – 15+000

2.4 ΓΕΩΛΟΓΙΑ

Η Αλβανία παροτι είναι μια πολύ μικρή χώρα παρουσιάζει μία σύνθετη γεωλογική δομή με μεγάλη ποικιλία γεωλογικών σχηματισμών, αποτέλεσμα της σύνθετης γεωλογικής ιστορίας και εξέλιξης της. Οι Αλβανίδες αντιπροσωπεύουν την συνάθροιση των γεωλογικών δομών εντός των Αλβανικών συνόρων και αποτελούν την φυσική συνέχεια των Ελληνίδων στον Νότο και των Δυναρίδων στον Βορρά , σχηματίζοντας την Μεσογειακή Αλπική ζώνη(Aubouen. and Ndojaj, 1964, Aubouen 1973, Βίσοκου and Παρα1965, Βίσοκου 2000, Bushati 1988, Frasheri et al. 1998, I.G.S. 1983, 1985, Μεσο and Αλιαj 2000, Melo, 1986, Παρα 1970). Στην Εικόνα 2.15 ακολουθεί μια σχηματική απεικόνιση των γεωτεκτονικών ζωνών της Αλβανίας οι οποίες παλαιογεωγραφικά μπορούν να διαχωριστούν σε εσωτερικές, στα ανατολικά της χώρας, και σε εξωτερικές Αλβανίδες στα δυτικά της χώρας.

Οι τεκτονικές ζώνες στις Αλβανίδες έχουν μία διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ και επωθούνται η μία πάνω στην άλλη με διεύθυνση από τα Α προς ΝΔ. Εντούτοις υπάρχουν ορισμένες εξαιρέσεις κατά τις οποίες εμφανίζονται οριζόντιες μετατοπίσεις που προκαλούν τοπικές περιστροφές στα μέτωπα, σχηματίζοντας ορογενετικά τόξα (www.akbn.gov.al).



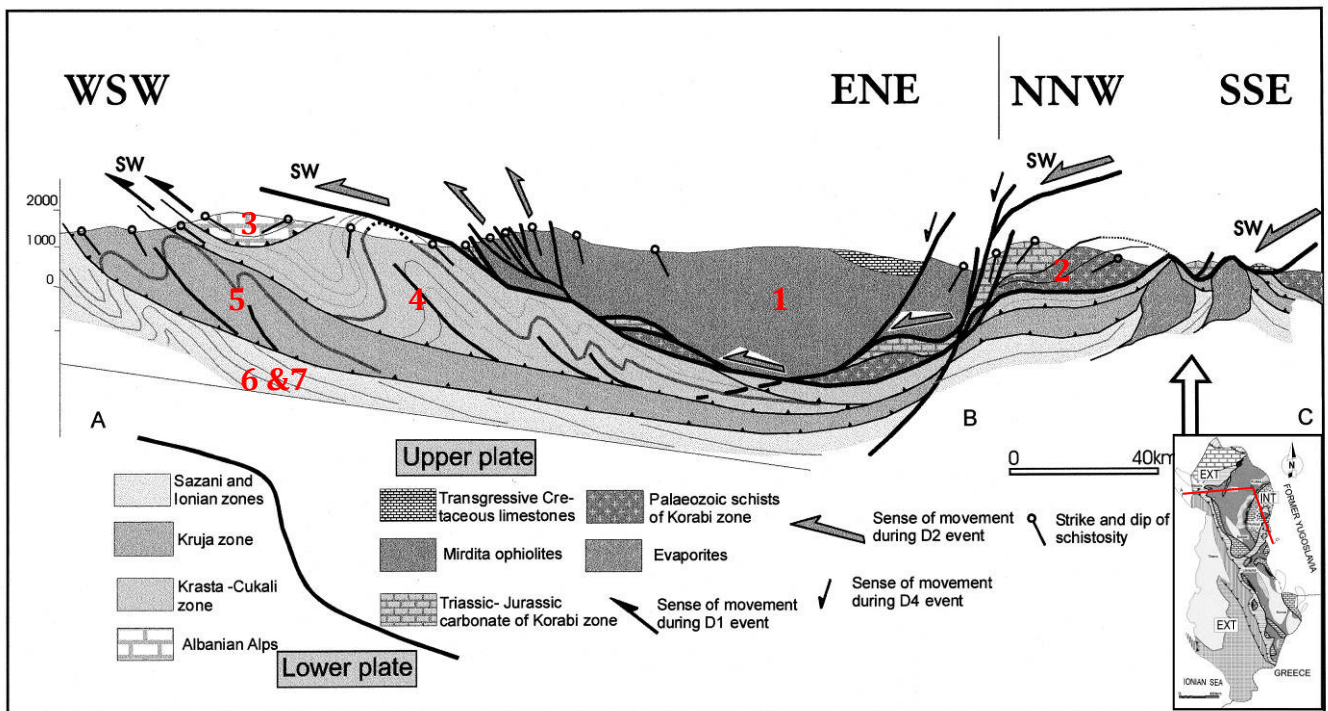
Εικόνα 2.12: Σχηματικός χάρτης Γεωτεκτονικών Ζωνών Αλβανίας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Οι εσωτερικές Αλβανίδες αποτελούν τμήμα της Υποπελαγονικής ζώνης. Χαρακτηρίζονται από παρουσία μίας μεγάλης και εντόνως τεκτονισμένης οφιολιθικής ζώνης η οποία έχει μετατοπιστεί από τα ανατολικά με την μορφή καλύμματος. Οι εσωτερικές Αλβανίδες είναι καταπονημένες τεκτονικά κατά το παλαιοτεκτονικό στάδιο. Υπάρχουν δύο γενικές απόψεις για την μετακίνηση των οφιολιθικών σχηματισμών της χώρας. Η πρώτη είναι ότι έχουν χαρακτήρα αλλόχθονου τεκτονικού καλύμματος (Auboin 1973, Cadet et al. 1980, Çollaku et al. 1992, Frasheri et al. 1995, 1996, Frasheri 2000, Hoxha et Bushati 1996, Hoxha 2001, Hoxha et Avxhiu 2000, Lubonja et al. 1968, Langore et Bushati 1985, Melo 1986, Papa 1993, Qirinxhi 1970, Veizaj and Frasheri 1996). Η δεύτερη ότι είναι αυτόχθονη οφιολιθική ζώνη (Beccaluva et al. 1994, Gjata et al. 1999, Gjata 2000, Kane et al. 1999, Kodra 1987, 1988, Kodra et al. 1996, 2000, Robertson and Shallo 2000, Shallo et al. 1989). Η τεκτονική καταπόνηση των εσωτερικών Αλβανίδων έλαβε χώρα κατά το Τριαδικό και Ιουρασικό (Kodra A. 1987). Οι γεωτεκτονικές ζώνες που συνιστούν τις εσωτερικές Αλβανίδες είναι η ζώνη του Κοράμπι και η οφιολιθική ζώνη της Μιρντίτας, με την τελευταία να θεωρείται ότι αποτελεί τα απομνηάρια της Μεσοζωικού Τηθύος (Shallo, 1990, 1992; Mello et al., 1991a,b; Kodra and Bushati, 1991).

Οι Εξωτερικοί Αλβανίδες αναπτύχθηκαν έξω από του δυτικό παθητικό όριο και την ηπειρωτική υφαλοκρηπίδα της Αδριατικής μικρόπλακας. Επομένως αυτές καταπονηθήκαν τεκτονικά μόνο κατά τα τελευταία παλαιοτεκτονικά στάδια και χαρακτηρίζονται από τακτικές δομικές ζώνες, οι οποίες συνδέονται με της επιπτεύσεις των ζωνών η μία πάνω στη άλλη. Οι γεωφυσικές έρευνες στην περιοχή δείχνουν ότι ο φλοιός γίνεται παχύτερος από το κεντρικό τμήμα της Αδριατικής προς την Αλβανική ενδοχώρα. (Bare et al. 1996, Dalipi 1985, 1987, Dhima et al. 1996, Guri et al. 1996, Mëhillka et al. 1996, 1999, Nishani 1985, Papa et Kondo 1968, Seitaj et al. 1996, Valbona et al. 1997, Velaj 1999, Xhufi et al. 1999). Στις Εξωτερικές Αλβανίδες συγκαταλέγονται οι Αλβανικές Άλπεις, η ζώνη της Κράστα-Τσουκάλι, η Ζώνη της Κρούγιας, η Ιόνιος ζώνη και η ζώνη του Σαζάνι. Αυτές θεωρούνται ότι οριοθετούν ανατολικά την πλάκα της Απουλίας και χαρακτηρίζονται από αδιάκοπη ιζηματογένεση από τον Τριαδικό έως τους Τριτογενείς χρόνους.

Επιγραμματικά οι γεωτεχνικές ζώνες της Αλβανίας από πάνω προς τα κάτω έχουν ως εξής:



Εικόνα 2.13: Τομή κατά μήκος του Αλβανικού ορογενούς (Kilias et al., 2001)

1. Η οφιολιθική ζώνη της Μιρντίτας με ένα ιζηματογενές κάλυμμα από ραδιολαριτικούς κερατόλιθους του Άνω Ιουρασικού, οφιολιθικό μέlange και φλυσικά ιζήματα Τιθωνίου -

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Κατώτερου Κρητιδικού. Τοπικά, επικλυσιγενής ασβεστόλιθοι του Κρητιδικού βρίσκονται σε ασυμφωνία επί των οφιολιθικών σχηματισμών. Επάνω στη ζώνη επαφής των οφιολίθων της Μιρντίτας με τις υποκείμενες ανατολικές και δυτικές περιφερειακές ενότητες, παρεμβάλλεται συχνά μια λεπτή ζώνη πρασινωπού αμφιβόλιτη, αναδεικνύοντας το μεταμορφικό πέγμα αυτού του οφιολίθου (Turku, 1987).

2. Η ζώνη του Κοράμπι που αποτελείται από χαμηλής μεταμόρφωσης ιζηματογενή και μαγματικά πετρώματα του Ορδοβίσιου-Δενόβιου, καλυμμένα από κροκαλοπαγή του Περμίου – Κατώτερου Τριαδικού, ένα ρήγμα σχετιζόμενο με τα ηφαιστειοκλαστικά πετρώματα κατώτερου και Μέσου Ιουρασικού και ανθρακικά πετρώματα Ανω Τριαδικής και Ιουρασικής ηλικίας.

3. Οι Αλβανικές Άλπεις αποτελούμενες από γεωγενής σχηματισμούς και πλακώδεις ανθρακικούς σχηματισμούς Τριαδικού μέχρι και Κρητιδικού που καλύπτονται από ιζήματα φλύσχη Μαιστρίχιου-Παλαιόκαινου. Η ζώνη αυτή είναι η νότια συνέχεια των Δυναρίδων εντός της Αλβανίας.

4. Η ζώνη Κράστα – Τσουκάλι με γεωγενής σχηματισμούς και νηρητικούς ασβεστόλιθους Τριαδικού, ιζήματα βαθιάς θάλασσας Ιουρασικού και φλυσχικά ιζήματα κατώτερου Κρητιδικού που συνεχίζουν προ τα πάνω σε πελαγικούς ασβεστόλιθους Κρητιδικού και φλύσχη Μαιστρίχιου - Ηώκαινου. Αυτή η ζώνη λειτουργεί ως τάφρος μεταξύ της πλατφόρμας που δημιουργήθηκε στα δυτικά και της οφιολιθικής ζώνης στα ανατολικά. Η εξάπλωση της ζώνης είναι σε μορφή στενής λωρίδας μεταξύ των ζωνών της Κρούγιας και της Μιρντίτας και προσομοιάζει με εγκάρσιο διάδρομο μέχρι την Peshkori, όπου εκτός των τεκτονικών παραθύρων που εμφανίζουν την ζώνη της Κρούγιας παρουσιάζεται και η ίδια στο τεκτονικό παράθυρο εντός της ζώνης του Κοράμπι .

5. Η ζώνη της Κρούγιας, που περιέχει Μεσοζωικά νηρητικά ανθρακικά πετρώματα του Τριαδικής μέχρι και Άνω κρητιδικής ηλικίας που καλύπτονται από φλύσχη Ηώκαινου – Ολιγόκαινου.

6. Η Ιόνιας ζώνη που αποτελείται από Περμο-Τριαδικούς εβαπορίτες που καλύπτονται από ανθρακικά ιζήματα Άνω Τριαδικού – Ηώκαινου που ακολουθούνται από φλύσχη Ολιγόκαινου – Μειόκαινου.

7. Η ζώνη του Σαζάνι, αποτελούμενη από νηρητικά ανθρακικά ασβεστιτικά κλαστικά πετρώματα Ιουρασικού μέχρι και Μειόκαινου, καλυπτόμενα από γεωγενής Νεογενής και νεώτερους σχηματισμούς .

Βορειοδυτικά της Αλβανίας επί της Ιόνιας Ζώνης και μερικώς και της Ζώνης της Κρούγιας έχουμε Μολασσικά ιζήματα που περιγράφονται στην βιβλιογραφία ως Peri Adriatic Depression. Οι λεκάνες που σχηματίζονται σε αυτή τη περιοχή έχουν βορειοδυτικό προς νοτιοανατολικό προσανατολισμό. Προς τα δυτικά εντός της Αδριατικής θάλασσας η Περιαδριατική αυτή λεκάνη ενώνεται με την Νότια Αδριατική Λεκάνη, η οποία καλύπτει την Προαπούλια (ζώνη του Σαζάνι) και την Απούλια πλατφόρμα. Τα μολασσικά ιζήματα που απαντώνται στην περιοχή ανήκουν ηλικιακά από το Ολιγόκαινο έως το Πλειόκαινο, που αναπτύσσονται ως επί το πλείστον επί οφιολιθικών πετρωμάτων (Anon., 1983).

Όπως ειπώθηκε στα παραπάνω οι Αλβανίδες αποτελούν την φυσική γεωγραφική συνέχεια των Ελληνίδων εντός του Αλβανικού χώρου. Συνεπώς σε καθεμία γεωτεκτονική ζώνη στη Αλβανία αντιστοιχεί και μια αντίστοιχη στην Ελλάδα ως εξής :

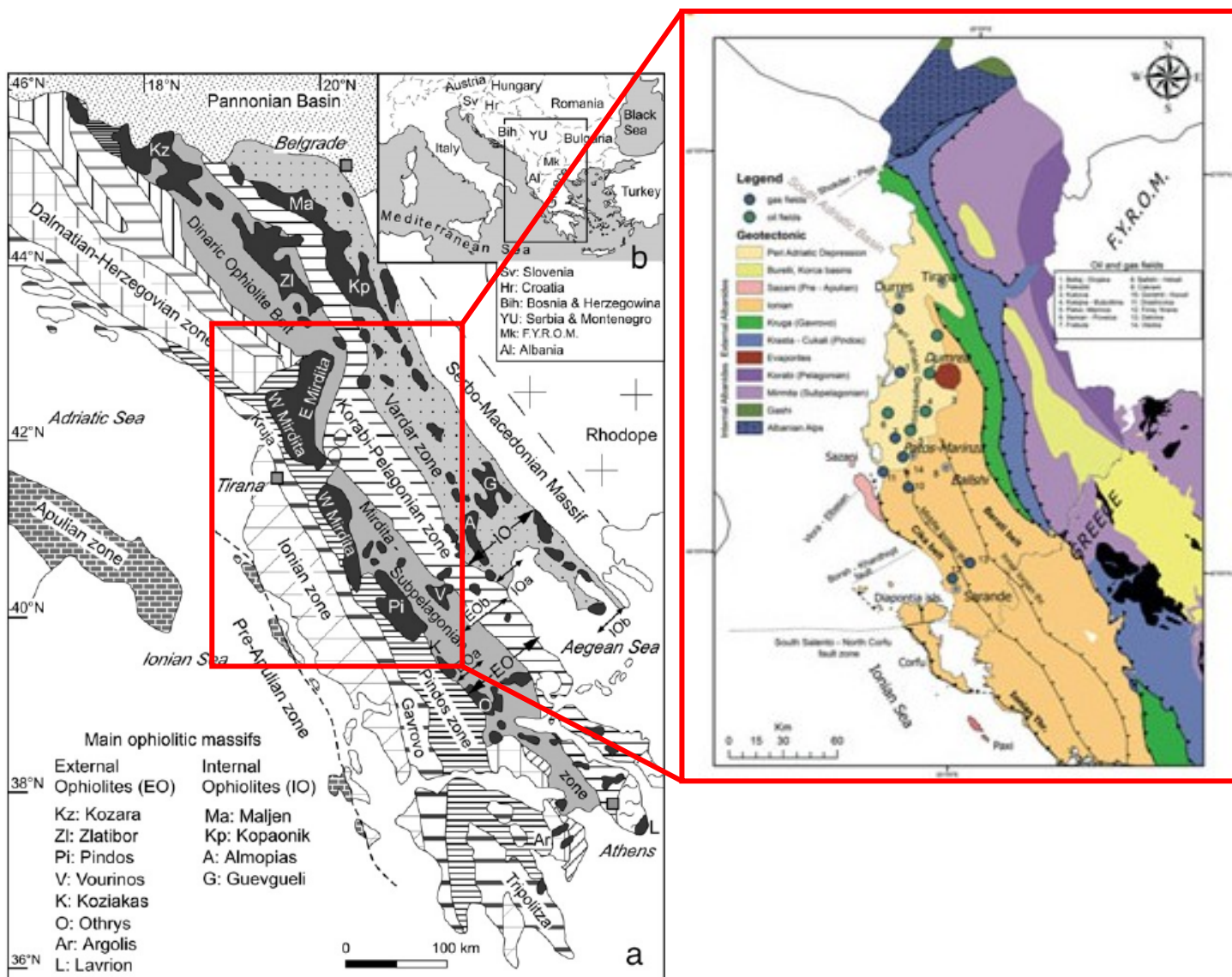
Πίνακας 2.3: Αντιστοιχία γεωτεκτονικών ζωνών Αλβανίας – Ελλάδας (FRASHERI A., BUSHATI S., BARE V., 2002)

Εσωτερικές Αλβανίδες

Korabi	Πελαγονική
Mirdita	Υποπελαγονική
Gashi	Δεν υπάρχει αντίστοιχη ζώνη στη Ελλάδα και θεωρείται συνέχεια της ζώνης Durmitor των Δυναρίδων

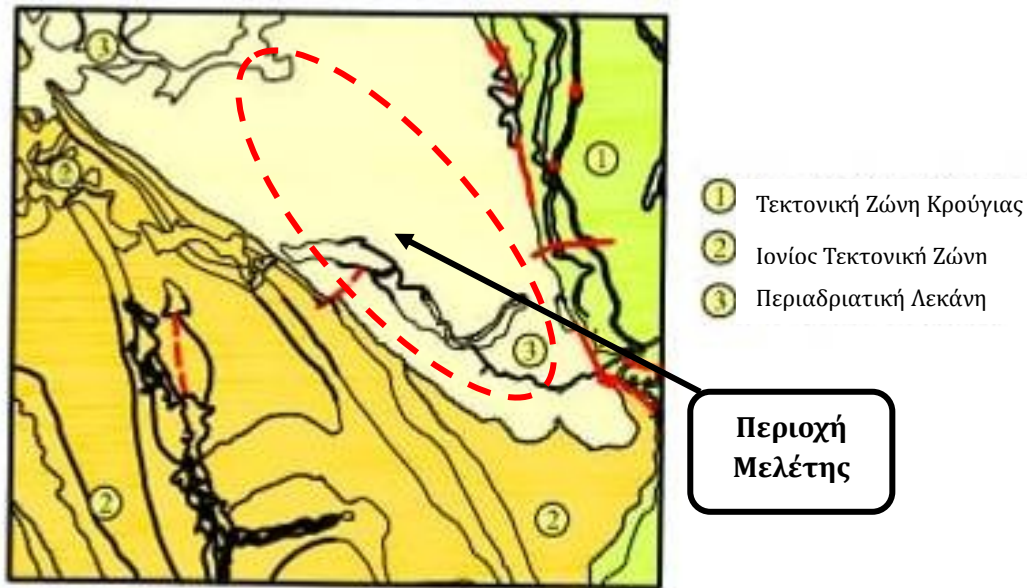
Εξωτερικές Αλβανίδες

Albanian Alps	Παρνασσού - Γκιώνας
Krasta-Cukali	Ολωνού - Πίνδου
Kruja	Γαβρόβου - Τριπόλεως
Ionian	Ιόνιος (ή Αδριατικοϊόνιος)
Sazani	Παζών (ή Προαπούλια)
Peri Adriatic Depression	



Εικόνα 2.14: Σχηματικός Χάρτης συνέχειας Αλβανίδων και Ελληνίδων

Η περιοχή μελέτης στην παρούσα ΜΔΕ εντοπίζεται εντός της Ιόνιου ζώνης στην περιοχή της Περιαδριατικής Λεκάνης επί της μολασσικής επικάλυψης στην ζώνη αυτή.



Εικόνα 2.15: Σχηματικός Διαχωρισμός Τεκτονικών Ζωνών εντός της Περιοχής Μελέτης

Όσον αφορά τη ζώνη της Ιονίου κατά μήκος του αλβανικού χώρου αυτή διέπεται από την στρωματογραφική στήλη όπως στην Εικόνα 2.19 όπου αντιπαραβάλλεται με την στρωματογραφική στήλη των Ελληνίδων της Ιονίου και οι σχηματισμοί που απαντώνται από κάτω προς τα πάνω έχουν ως εξής:

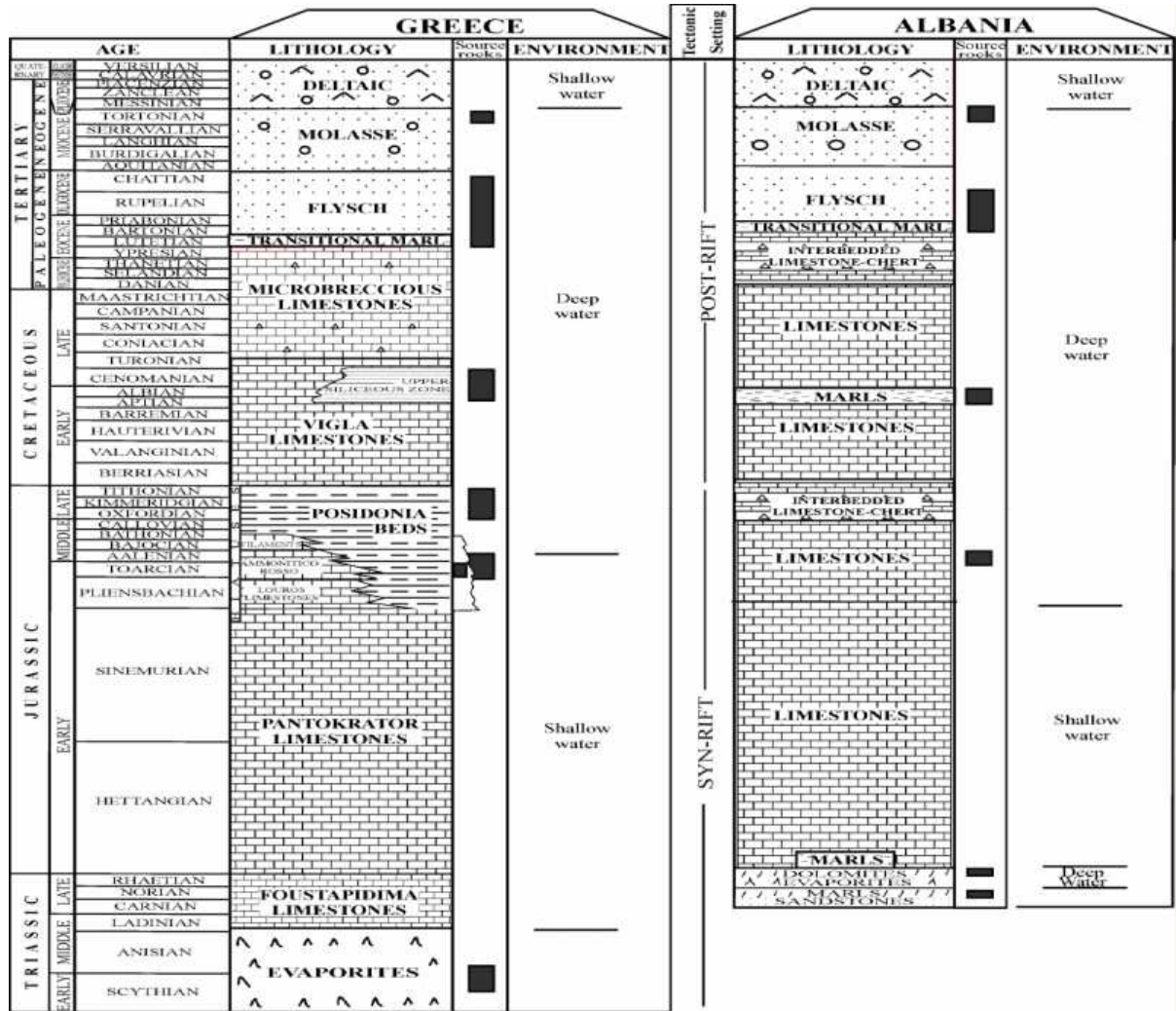
Εβαπορίτες : Οι σχηματισμοί αυτοί αποτελούνται από αλάτια, ανυδρίτες και άλλα, και ανήκουν στο Πέρμιο- Τριαδικό ηλικιακά. Το ακριβές πάχος τους δεν έχει προσδιοριστεί.

Ανθρακικά ιζήματα: Οι σχηματισμοί αυτοί έχουν σημαντική εξάπλωση ιδίως στη ζώνη της Ιονίου. Ηλικιακά σχετίζεται με το Ανώτερο Τριαδικό και Ηώκαινο και είναι κυρίως πελαγικοί. Αντιπροσωπεύονται από διαφορετικά είδη ασβεστόλιθου και δολομίτες. Το πάχος τους κυμαίνεται από 2100-2850m.

Φλύσχης : Σχηματισμός του Ολιγόκαινου και ευρέως εξαπλωμένο με πάχος από 1000 μέχρι και 3000m που μειώνεται από τα ανατολικά προς τα δυτικά.

Προ-Μολλασικοί σχηματισμοί: Ακουιτάνιου έως κατώτερου Σεραβάλιου εφανή ιδίως στο δυτικό τμήμα της Ιονίου. Τα πάχη κυμαίνονται από 850m στα ανατολικά και φτάνουν τα 2300-2500m στα δυτικά. Οι σχηματισμοί αυτοί δεν αποτελούν τα πλέον εξωτερικά τμήματα της μολλάσας, με αποτέλεσμα να παρουσιάζουν ελαφρά πτυχωμένα τμήματα (Δούτσος, 2000).

Μολλασικοί σχηματισμοί: μέσου Σεραβάλιου έως Τεταρτογενούς που εξαπλώνονται στην Περί-Αδριατική ενότητα καθώς επίσης και στην νότια Αδριατική λεκάνη. Οι σχηματισμοί αυτοί αποτέθηκαν στα τελικά στάδια της ορογενετικής διαδικασίας. Η Περί-Αδριατική ενότητα δέχονταν υλικό των ήδη ανυψωμένων εσωτερικών ζωνών (εσωτερικές Αλβανίδες) του Ορογενούς. Οι σχηματισμοί αυτοί εμφανίζονται με ελάχιστες δομές, καθώς βρίσκονται στα πλέον εξωτερικά τμήματα του Ορογενούς (Δούτσος, 2000).

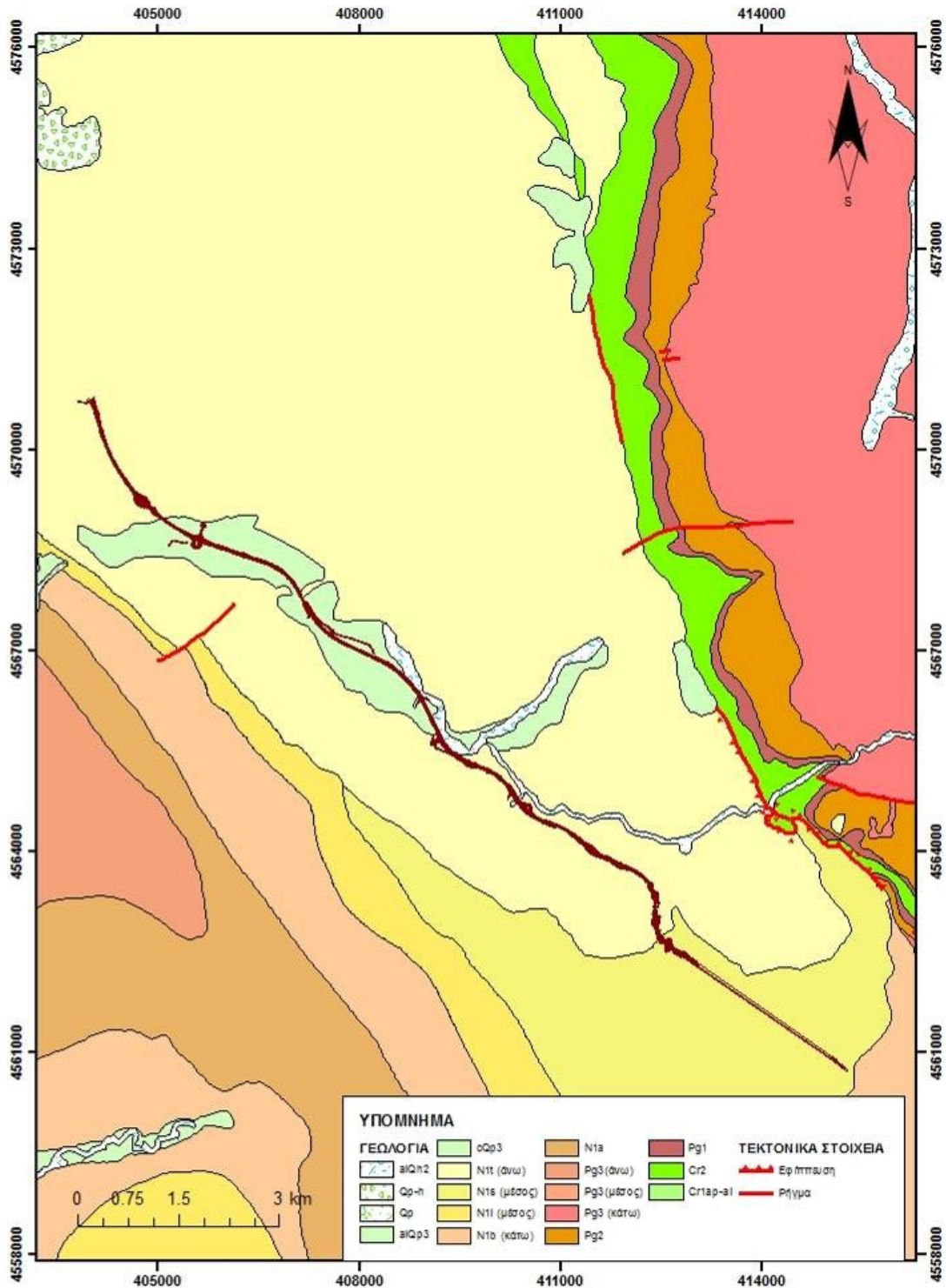


Εικόνα 2.16: Στρωματογραφική Στήλη Ιόνιου ζώνης (Zellidis et al 2003)

Συγκεκριμένα η γεωλογία της στενής ζώνης μελέτης περιγράφεται από την Εικόνα 2.20, όπου οι σχηματισμοί παρουσιάζονται στο υπόμνημα από τον νεότερο στον παλαιότερο, μαζί με τα τεκτονικά στοιχεία της περιοχής. Οι απαντώμενοι σχηματισμοί κατά μήκος της χάραξης επιγραμμικά έχουν ως εξής:

Αλλούβιακές Αποθέσεις (alQh2)

Οι αποθέσεις αυτές συναντώνται κατα μήκος όλης της κοιλάδας του ποταμού Ερζέν και των μικρών χειμάρρων στις περιοχές του Σαούκ και του Μουλλέτ. Οι αλλουβιακές αποθέσεις αποτελούνται από παλαιούς σχηματισμούς των αναβαθμίδων και από τους σχηματισμούς στις κοίτες του ποταμού και των χειμάρρων. Το υπόλοιπο των αναβαθμίδων που δεν παρίσταται στον χάρτη καλύπτεται από ασύνδετα αδρόκοκκα με ασβεστική σύνθεση ή με προέλευση από ψαμμιτικά ή αργιλικά πετρώματα. Το πάχος αυτών των αποθέσεων δεν υπερβαίνουν τα 10m. Οι εμφανιζόμενες αποθέσεις αδρόκοκκων συνίστανται από χαλίκια εναλλασσόμενα με άμμους και ιλυολιθικές άμμους. Στην περιοχή όπου περνάει ο δρόμος αυτές οι αποθέσεις καλύπτονται από ιλυολιθική άργιλο πάχους 1.50-3.00m. εντός της κοίτης εμφανίζονται αποθέσεις χαλικιών με καλές μηχανικές ιδιότητες και πάχος 20 με 40 m.



Εικόνα 2.17: Γεωλογικός Χάρτης στη περιοχή της Χάραξης του αυτοκινητόδρομου Τίρανα-Ελμπασάν,

aiQh2: Ολόκαινου, Αλλουβιακές άμμοι ποτάμιων αναβαθμίδω,

Qp-h: Πλειστόκαινου – Ολόκαινου, Ανάμεικτες αποθέσεις αλλουβιακές και προλουβιακές, άμμοι, χαλίκια ιλύς,

Qp: Πλειστόκαινου, Κολλουβιακές Αποθέσεις, κομμάτια από κροκαλοπαγή και κόκκινη άργιλος,

aiQp3: Πλειστόκαινου, κροκαλοπαγή, στρογγυλεμένα χαλίκια και κόκκινη ιλύ,

cQp3: Πλειστόκαινου, Κολλουβιακές Αποθέσεις, κροκαλοπαγή, στρογγυλεμένα χαλίκια και κόκκινη άργιλος,

N1t: Τορτονίου, Άργιλοι, ιλυόλιθοι, ψαμμίτες με ασβεστικές ενστρώσεις,

N1s : Σερραβαλλίου, Άργιλοι, ιλυόλιθοι με λεπτές ενστρώσεις από ψαμμίτες,

N1l(μέσος): Λάγγιο, μαργαϊκή άργιλος, πηλίτες και ψαμμίτες,

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

N1l(κάτω): Λάγγιο, μαργαϊκή άργιλος, πηλίτες και ψαμμίτες,

N1b(κάτω): Βουρδιγαλίου, Μάργα, μαργαϊκή άργιλος, ανθρακική άργιλοι με ενστρώσεις ψαμμιτών και ασβεστολίθων,

N1a: Ακοθιτανίου, Ψαμμίτες, ιλυόλιθοι, πηλίτες και κροκαλοπαγή,

Pg3 (άνω): Ανώτερο ολιγόκαινο, Φλύσχης με συνδυασμό πηλίτη, ιλυόλιθου και ψαμμίτη με ασβεστικές ενστρώσεις κατά τόπους κυρίως ψαμμιτικής φάσης, πηλίτες με λιγνιτικές και ασβεστικές ενστρώσεις

Pg3 (μέσο): Μέσο ολιγόκαινο, Λεπτοστρωματώδης φλύσχης με πηλίτη και ψαμμίτη σε ίσες αναλογίες με κατά τόπους λεπτές στρώσεις κροκαλοπαγών, αργίλων και συνδυασμού ψαμμιτών κροκαλοπαγών,

Pg3 (κάτω): Κατώτερο ολιγόκαινο, Φλύσχης με πηλίτη, ιλυόλιθο και ψαμμίτη σε ίσες αναλογίες με κατά τόπους λεπτές στρώσεις ασβεστικών ολισθόλιθων,

Pg2: Ηώκαινου, τουρβιδικές και βιομικρικές αποθέσεις της ζώνης της Κρούγια, Φλύσχης πηλίτικης και ψαμμιτικής φάσης με ενστρώσεις κροκαλοπαγών στη θποζώνη της Κράστα,

Pg1: Παλαιοκαίνου, Κυρίως βιομικρικός ασβεστόλιθος στη ζώνη της Κρούγιας και ψαμμιτικός-πηλιτικός φλύσχης με ενστρώσεις κροκαλοπαγών της υποζώνης της Κράστα,

Cr2: Ανώτερου Κρητιδικού, ραδιολαριτικός ασβεστόλιθος και δολομιτωμένος ασβεστόλιθος στις ζώνες Κράστα και Κρούγια, στρωματοποιημένος και πλακώδης βιομικρικός ασβεστόλιθος με *globotruncana*,

Cr1ap-al: Άπτιου – Άλβιου. Κόκκινος φλύσχης, μαργαϊκός ιλυόλιθος, ψαμμίτης και ασβεστόλιθος.

Κολλουβιακές Αποθέσεις (cQp3)

Οι κολλουβιακές αποθέσεις αποτελούνται από χαλικώδη ιλυολιθική αργίλους, άμμους, ιλυολιθική άμμους, αργίλου και σπανίως από τυρφώδη στρώματα. Αυτές εντοπίζονται στις περιοχές γύρω από τους χείμαρρους στο Σαούκ και στο Μουλλέτ. Είναι από ελαφρά έως κανονικά στερεοποιημένοι σχηματισμοί με πάχος 4-5m. Οι αποθέσεις αυτές απαντώνται καταμήκος μεγάλου τμήματος της χάραξης και γλιστρούν από της απαρχής των φυσικών πρανών προς τα κάτω.

Μολασσικές Αποθέσεις Τορτονίου (N1t)

Το έργο ανήκει στην γεωλογική ενότητα της Ίμπας, η οποία αποτελείται από αποθέσεις ψαμμιτικών-ιλυολιθικών σχηματισμών. Η ενότητα αυτή είναι το δυτικό άκρο του σύγκλινου των Τιράνων, το οποίο κλίνει προς τα δυτικά με κλίση 75 μέχρι και 85-90°. Από την αρχή του έργου έως τον δεξί κόμβο της Ίμπας η βάση των αποθέσεων αυτών συνίσταται από ψαμμιτικά κυρίως πετρώματα ενώ προς τα πάνω η ιλυολιθική φάση υπερτερεί με λεπτές ψαμμιτικές ενστρώσεις. Από το χιλιόμετρο τον δεξί κόμβο της Ίμπας κι έπειτα η ψαμμιτική φάση φαίνεται να κυριαρχεί. Τα ψαμμιτικά αυτά πετρώματα συνίστανται από χαλαζία, άστριο, μαρμαρυγία και λεπτόκοκκα έως αδρόκοκα ανθρακικά πετρώματα συνδεδεμένα με άργιλο και αργιλώδη ανθρακικά υλικά. Οι βράχοι αυτοί απαντώνται ως παχυστρωματώδεις και περιέχουν 75-85% άμμου στην λιθολογική σύστασή τους. Το πάχος των αποθέσεων αυτών κυμαίνεται από 300-500 μέτρα.

Μολασσικές Αποθέσεις Σερραβαλλίου (N1s)

Οι μολασσικές αποθέσεις του Σερραβαλλίου (N1s) αποτελούνται από έναν συνδυασμό ψαμμίτη-πηλίτη και ασβεστόλιθου. Οι αποθέσεις αυτές απαντώνται κυρίως από το χωριό Mushqeta και έπειτα.

Προμολασσικές Αποθέσεις Βουρδιγαλίου (N1b)

Οι προμολασσικοί σχηματισμοί αποτελούνται από ψαμμίτη εναλλασόμενο πηλίτη, ιλυόλιθο και κροκαλοπαγές. Οι σχηματισμοί αυτοί, ο καθένας ξεχωριστά σχηματίζουν στρώσεις των λίγων εκατοστών έως και 20-25 εκατοστών, ενώ σε μερικά σημεία απαντώνται με στρώματα πάχους 1-1,5 μέτρα.

Φλυσχικοί σχηματισμοί του Κατώτερου Ολιγόκαινου (Pg3)

Φλυσχικοί και προφλυσχικοί σχηματισμοί απαντώνται στα ανατολικά της ζώνης μελέτης. Η ηλικία τους εκτιμάται στο κατώτερο Ολιγόκαινο και είναι ανήκει στην ζώνη της Κρούγιας (Γαββροβου-

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

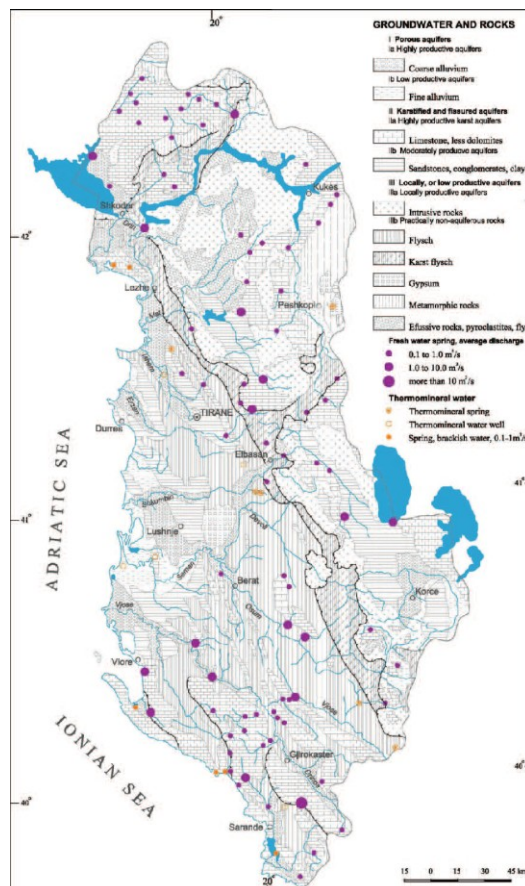
Τριπόλεως). Αποτελείται από εναλλαγές πηλίτη και ψαμμίτη με ενστρώσεις ασβεστολιθικών στρώσεων. Επάνω στη μαργακική ζώνη μετάβασης βρίσκονται σε συμφωνία οι λεπτές στρώσεις του φλύσχη. Κοντά στην επιφάνεια χαρακτηρίζονται από έντονη αποσάθρωση που φτάνει και σε 4- 6 μέτρα βάθος. οι περισσότεροι από αυτούς τους σχηματισμούς καλύπτονται από αποθέσεις του Τεταρτογενή (ιλυολιθική άργιλο, αμμώδη άργιλο ..κα).

2.5 Υδρολογία

Η υδρολογικές συνθήκες μιας περιοχής ορίζονται τόσο από το κλίμα της όσο και από την τοπογραφία και γεωλογία της ευρύτερης περιοχής.

Στην Αλβανία τα υπόγεια ύδατα αφθονούν και οι υδρολογικές λεκάνες φτάνουν μια επιφάνεια 43,305 km², δηλαδή 50% μεγαλύτερη επιφάνεια από την επιφάνεια της χώρας (Inst. Hydromet. 1984). Γενικά η υδρογεωλογική εικόνα της χώρας είναι πολύ ετερογενής. Η σύνθετη γεωλογική δομή και οι γεωμορφολογικές συνθήκες που επικρατούν είναι τα κύρια αίτια της προαναφερόμενης ετερογένειας που παρουσιάζεται στους υδροφόρους της Αλβανίας, όσον αφορά τους πόρους την υδροδυναμική και τα υδρο-χημικά χαρακτηριστικά τους. Η κατανομή των υπόγειων υδάτων στην χώρα είναι έντονα ανομοιόμορφη.

Οι κύριοι ποταμοί της χώρας είναι ο Ντρίνι, Ματ, Σκουμπίνι, Σέμαν και Βιόσα που εκβάλλουν στην Αδριατική Θάλασσα. Η νότιες βραχώδης ακτές της Αλβανίας απορρέουν απευθείας στο Ιόνιο Πέλαγος σαν πηγές. Η μεγαλύτερες λίμνες είναι η Πρέσπα, η Οχρίδα και η Σκόντρα οι οποίες είναι διασυννοριακές και με τεκτονική προέλευση. Όλες οι μεγάλες λίμνες ανήκουν στον σύστημα του ποταμού Ντρίνι. Στην Αλβανία υπάρχουν πολλές μικρότερες λίμνες διαφορετικής προέλευσης. Πολλές μικρές λίμνες που βρίσκονται σε μεγάλα υψόμετρα προέρχονται από τεταρτογενείς παγετώδεις δραστηριότητες ή έχουν καρστική προέλευση. Τρία μεγάλα φράγματα με μεγάλες τεχνητές λίμνες, όλα στο ποτάμι του Ντρίνι, και περίπου 620 μικρότερες δεξαμενές συνολικής χωρητικότητας 5.60x10⁹ m³ έχουν κατασκευαστεί για την προστασία από τις πλημμύρες, την άρδευση και την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας.



Εικόνα 2.18: Απλοποιημένος Υδρογεωλογικός Χάρτης Αλβανίας (Inst. Hydromet. 1984)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Στον πίνακα 2.6 παρουσιάζονται συνοπτικά οι υδραυλικές παράμετροι για τους κύριους υδροφορείς της χώρας (Εικόνα 2.18).

Πίνακας 2.4: Συνοπτικός Πίνακας με Υδραυλικές παραμέτρους των κύριων υδροφόρων της Αλβανίας (Μ-Μέγιστο πάχος; Κ-Διαπερατότητα, Τ-Αγωγιμότητα, S-Συντελεστής αποθήκευσης, q-Ειδική παροχή πηγών, Q-Συνολική παροχή πηγών)

Gravelly basin	M	K	T	S	q	Q
	m	m/day	m ³ /day	fraction	l/s/day	l/s
Shkoder	60	100 – 800	2,000 – 15,000	0.18 - 0.24	10 – 80	10 – 150
Zadrimë	50	20 – 200	300 – 10,000	-	5 – 70	5 – 120
Mat (Lezhe - Fushe Kuqe)	150	90 – 260	2,000 – 10,000	1x10 ⁻³	5 – >50	5 – 150
Tirana - Adriatic	25	20 – 300	200 – 3,000	1.5-4..5x10 ⁻⁴	2 – 30	5 – 60
Erzen	15	10 – 50	100 – 700	-	2 – 10	2 – 10
Elbasan	100	100 – 750	2,000 – 8,000	0.17 - 0.25	20 – 100	10 - 200
Lushnje	25	20 – 250	250 – 4,000	3x10 ⁻⁴	5 – 30	5 - 100
Berat	70	10 – 400	200 – 4,500	-	3 – 40	10 -100
Vjose	30	50 – 500	2000 – 9,000	-	5 – >100	5 - 150
Dukat	> 100	50-350	1000 – 5,000	0.20-0.22	10 - 45	5 - 100
Korçe	50*	5 – 70	100 – 2,100	4-7x10 ⁻⁴	2 – 20	5 - 150
Gjirokaster	50	50 – 600	20 – 15,000	0.15-0.25	2 – 130	10 - 150
Vurg and Murasia	100	10 – 300	300 – 3000	-	1 – 50	1 – 70

Όσον αφορά τα υδρολογικά χαρακτηριστικά της χώρας, αυτή χωρίζεται σε 11 Λεκάνες Απορροής οι οποίες εκτείνονται και πέρα από τα σύνορα της χώρας στις γειτονικές χώρες. Αυτές είναι:

- Ντρίνι – Μπούνα (Μαύρο και Άσπρο Ντρίνι)
- Μάτ (Φαν)
- Ίσεμ
- Ερζέν
- Σκουμπίν
- Σέμαν (Ντεβόλλ, Οσούμ)
- Βιοσα (Ντρίνο)
- Μπιστρίτσα
- Οχρίδα
- Λίμνη της Σκόντρας
- Λιμνη Πρεσπών



Εικόνα 2.19: Υδρολογικές Λεκάνες Απορροής Αλβανιάς (Poci, 2012)

Διοικητικά, βέβαια, ο διαχωρισμός σύμφωνα με την Απόφαση του Υπουργικού Συμβουλίου 342 στις 4 / 5 / 2012 είναι σε 6 Λεκάνες Απορροής :

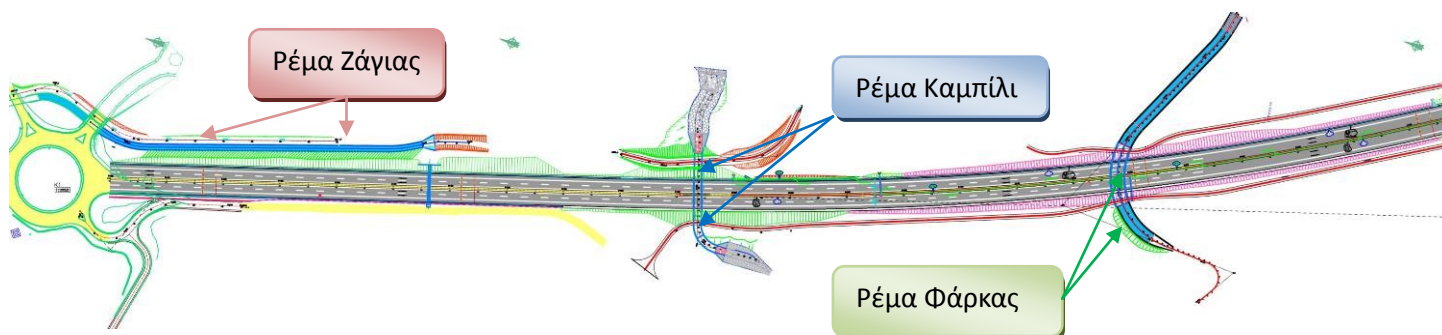
- Λεκάνη Ντρίνι-Μπούνας
- Λεκάνη Ματ
- Λεκάνη Ίσεμ – Ερζέν
- Λεκάνη Σκουμπίν
- Λεκάνη Σέμαν
- Λεκάνη Βιόσα

Για την ειδική περιοχή μελέτης αξίζει να σημειωθεί ότι ο δρόμος που εξετάζεται ανήκει στη ευρύτερη λεκάνη απορροής του Ερζέν και διέρχεται από τους εξής ποταμούς και ρέματα.

- Ρέμα Ζάγια
- Ρέμα Καμπίλι
- Ρέμα Φάρκας
- Ρέμα Κατσόνε
- Ποταμός Ερζέν

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Το ρέμα Ζάγια συναντάτε στην αριστερή πλευρά του δρόμου και διέρχεται παράλληλα μ αυτόν απο την αφετηρία του μέχρι το ρέμα του Καμπίλι. Η συνολική επιφάνειά της λεκάνης απορροής του είναι 6.00km² και συγκεκριμένα 1.24 km² στα δεξιά του, 4.76km² στα αριστερά του.



Εικόνα 2.20:Κάτοψη με αρχικές χιλιομετρικές θέσεις και τις θέσεις των ρεμάτων της περιοχής(ΣΥΣΤΑΣ, 2014)

Στη ΧΘ 3+350 η χάραξη διασχίζει το ρέμα του Καμπίλι, στη ΧΘ 3+730 το ρέμα της Φάρκας ενώ στη ΧΘ 5 +750 διασταυρώνεται με το ρέμα του Κατσόνε (Εικόνες 2.20 και 2.21). Στη ΧΘ 7+450 η χάραξη συναντά επίσης τον ποταμό Ερζέν, με συνολική επιφάνειά λεκάνης απορροής 267 km², τον οποίον αφήνει στην αριστερή πλευρά μετά την γέφυρα του Ερζέν συνεχίζοντας παράλληλα στη ροή του ποταμού για αρκετά χιλιόμετρα στη συνέχεια. Κατά μήκος της διαδρομής συναντιόνται και πολλά φαράγγια (Εικόνα 2.21).

Η γενική υδρογραφική εικόνα της περιοχής συνίσταται σε ξηρές ροές το καλοκαίρι και υψηλές πλημμυρικές παροχές κατά την διάρκεια της υγρής περιόδου.

Το ορεινό ανάγλυφο αποτελείται από πολλά εποχικά ρέματα και βαθιά φαράγγια που κατεβαίνουν από της ορεινές λοφώδεις περιοχές στα ανατολικά μέχρι να συναντίσουν τον ποταμό Ερζέν. Τα όρη του Priska (+1358m υψόμετρο), Pircëlleshi (+998m υψόμετρο) και οι λόφοι του Qahajt (+376m υψόμετρο) οριοθετούν την ευρύτερη λεκάνη απορροής και «ορίζουν» το καθεστώς των βροχοπτώσεων εντός της δεδομένης ζώνης. Έχοντας υπόψη ότι η περιοχή είναι εκτεθειμένη στην Αδριατική θάλασσα, αυτό συνεπάγεται πολλές και έντονες βροχές.

Κατά την διάρκεια της υγρής περιόδου (Οκτώβριο έως Μάιο) η περιοχή λαμβάνει το 83 % της συνολικής ετήσιας βροχόπτωσης γεγονός το οποίο αποτελεί και τον κύριο λόγο πλημμυρικών φαινομένων κατά τους μήνες αυτούς. Οι ποσότητες των υδάτων που «παγιδεύονται» στην περιοχή οφείλονται κυρίως σε ορμητικές και έντονες βροχές.

Όσον αναφορά το ορεινό ανάγλυφο αυτό μπορεί να χαρακτηριστεί ως ήπιο ενώ διαχωρίζεται σε λοφώδες, κατά μήκος της περιοχής μελέτης και σε ορεινό προς τα πάνω. Αποτελείται από σχηματισμούς μολάσσας, όπου επικρατεί η ιλυολιθική φάση, με ψαμμιτικές και πηλιτικές ενστρώσεις. Οι χρωματισμοί ποικίλουν από γκρι μέχρι βαθύ καφέ. Η συνύπαρξη τόσο διαφορετικών χρωματισμών στην επιφάνεια αναδεικνύουν την επίδραση των εντατικών πεδίων στην περιοχή. Το νερό φαίνεται να συγκεντρώνεται στις βαθιές αμμώδεις αποθέσεις.

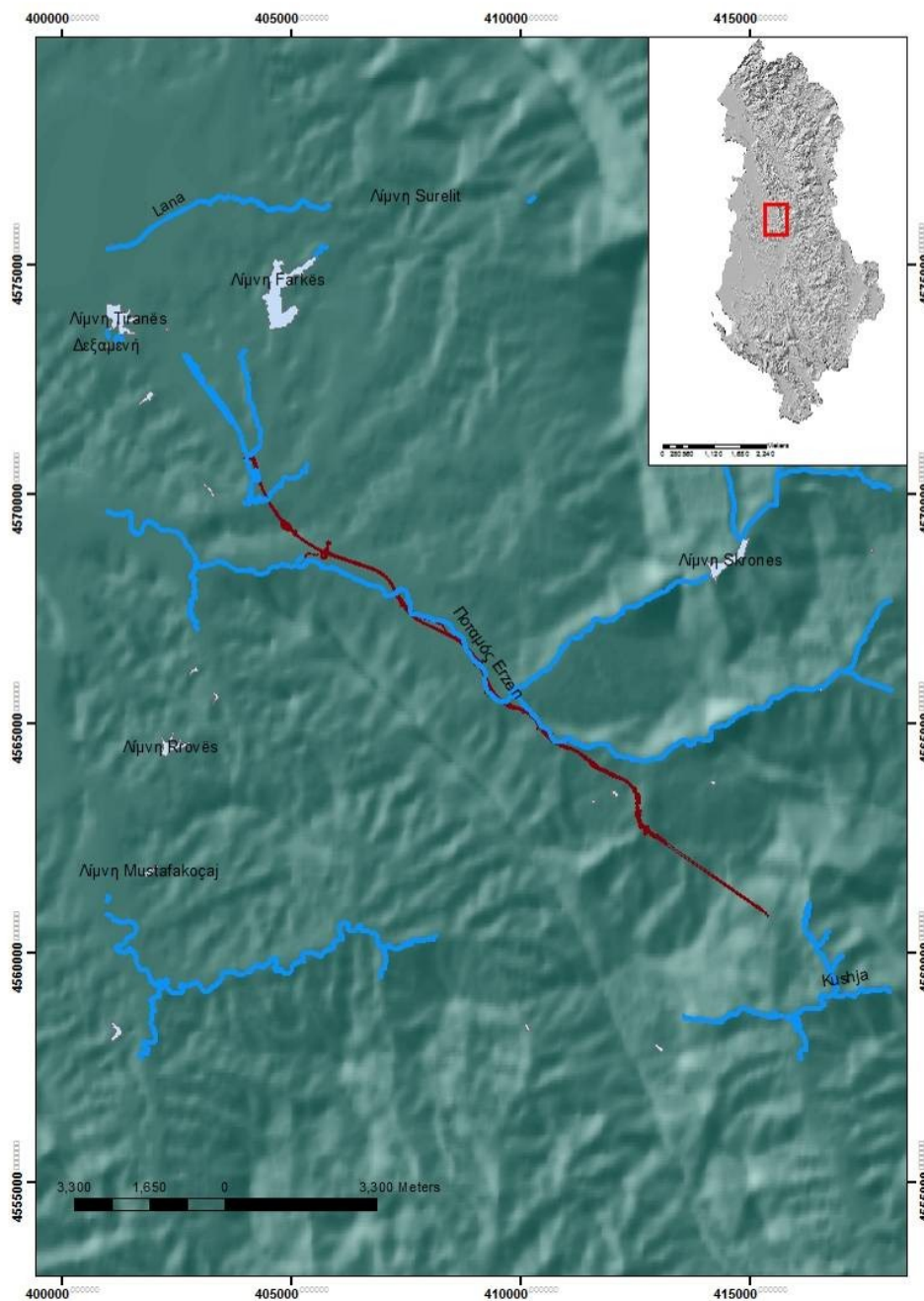
Η περιοχή καλύπτεται από χαμηλή θαμνώδη βλάστηση ενώ η έντονη αστικοποίηση της περιοχής, τα αρδευτικά έργα και οι δεξαμενές επέφεραν μεγάλες αλλαγές στους υδρολογικούς δείκτες της περιοχής, αυξάνοντα τους κατακόρυφα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Συγκεκριμένα οι δεξάμενες της Φάρκας και του Μουσκετά που εντοπίζονται στην περιοχή αποτελούν έναν διαρκή κίνδυνο ενώ οι διαρροές και οι διεισδύσεις του νερού τους στο υπόβαθρο είναι προφανής.

Το επίπεδο του υδροφόρου ορίζοντα ποικίλει απο 2 μέτρα μέχρι 20μέτρα βάθος, και στο αρχικό τμήμα της χάραξης φαίνεται να ταυτίζεται με το επίπεδο ροής του Ερζέν, ιδίως τους ξηρούς μήνες. Τα πιεζόμετρα που εγκαταστάθηκαν στις περιοχές των κατολισθήσεων όπως θα εξηγηθεί σε επόμενο κεφάλαιο, έδειξαν μεγάλες διακυμάνσεις στο βάθος του υπόγειου ορίζοντα κατά την διάρκεια του έτους, που φαίνεται να συνδέονται άμεσα με τους υγρούς και ξηρούς μήνες του έτους.

Το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής απεικονίζεται στην παρακάτω εικόνα.

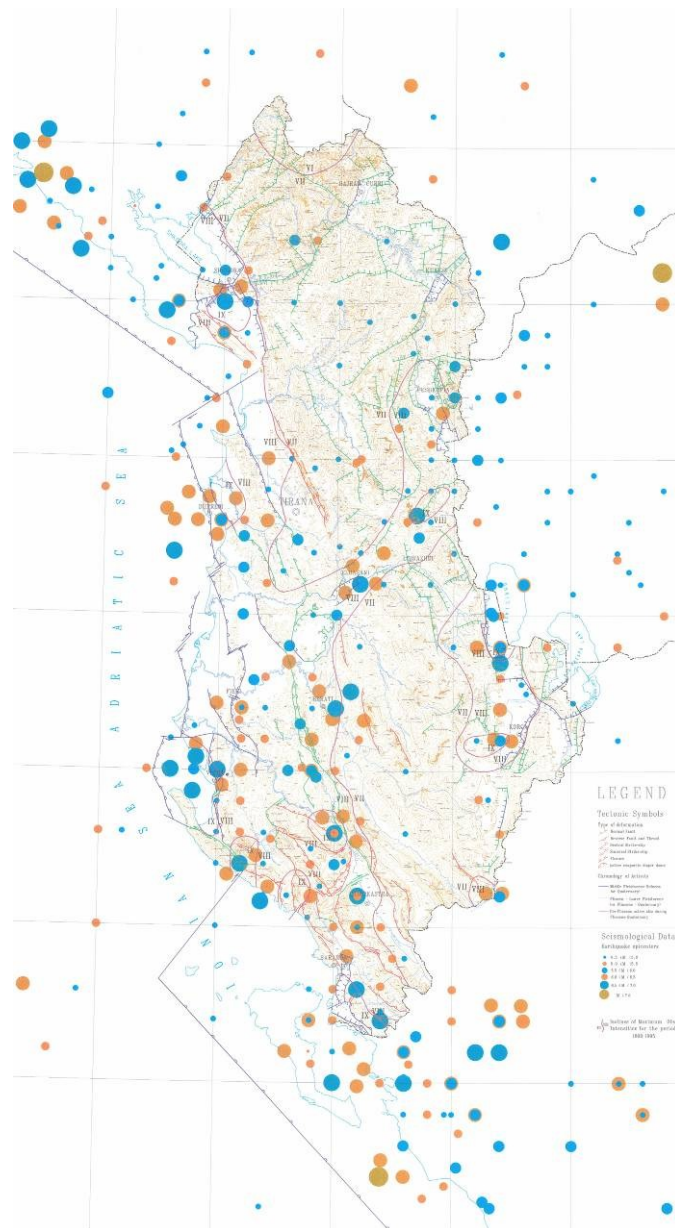


Εικόνα 2.21 : Υδρογραφικό δίκτυο περιοχής μελέτης

2.6 Σεισμικότητα

Η Αλβανία είναι μια χώρα αρκετά σύνθετη από σεισμική άποψη. Χαρακτηρίζεται από τους μικροσεισμούς που είναι αρκετά συχνή και διάσπαρτους μέτριας έντασης σεισμούς (με μέγεθος M 5.5 - 5.9) . Οι ισχυροί σεισμοί (μεγέθους άνω των 6,5M) είναι σπάνιοι και εντοπίζονται κυρίως κατα μήκος των αναγνωρισμένων σεισμικών ζωνών της Αλβανίας που είναι η εξής:

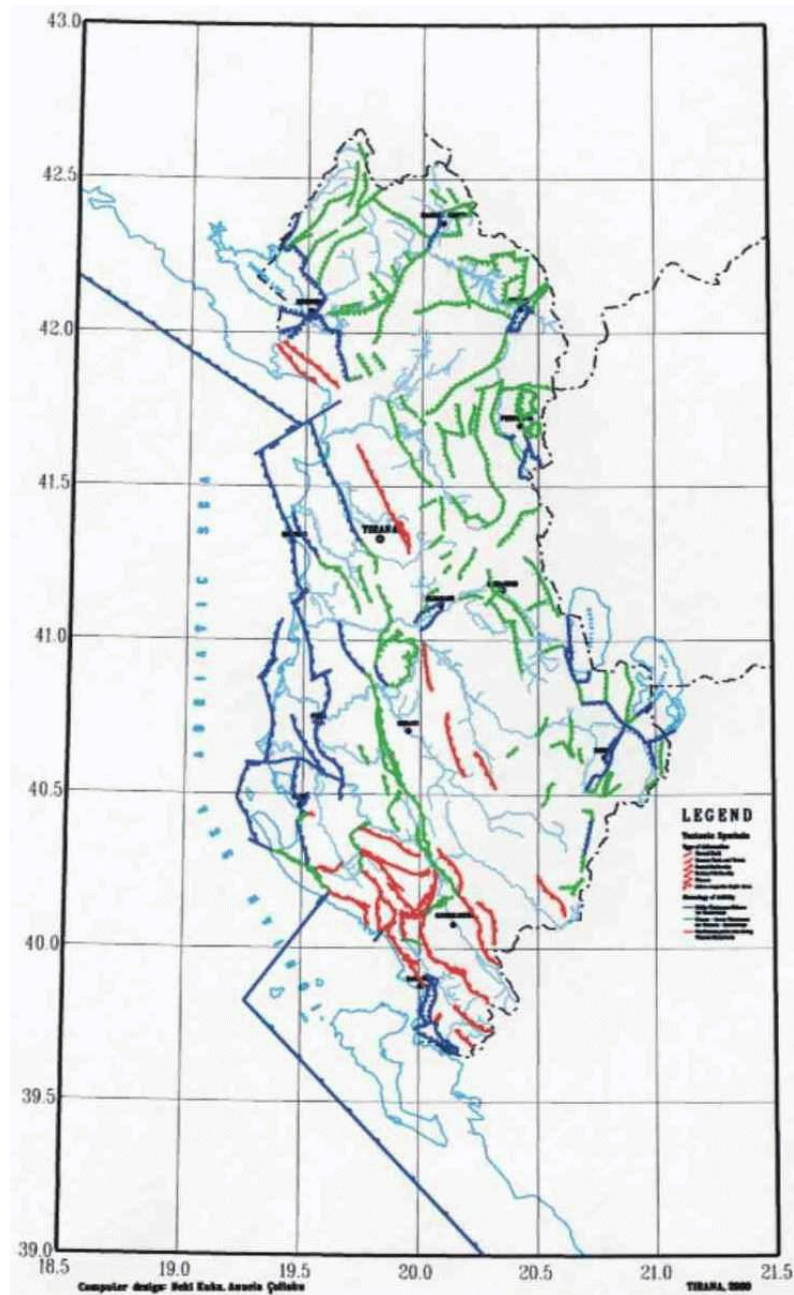
- Η Ιόνιο-Αδριατική παραθαλάσσια ζώνη που εκτείνεται βορειοδυτικά προς βορειο-βορειοδυτικά και συμπίπτει με το όριο μεταξύ της Ευρωπαϊκής πλάκας και της μικροπλάκας της Άδριας.
- Η ζώνη Peshkorja-Korca, που εκτείνεται με κατεύθυνση από τον νότο στον βορά στην ανατολική πλευρά της χώρας , και
- Η ζώνη Elbasani-Dibra-Tetona , που εκτείνεται νοτιοδυτικά και βορειοανατολικά επάνω στις δυο προϋπάρχουσες σεισμικές ζώνες της περιοχής.



Εικόνα 2.22: Σεισμοτεκτονικός χάρτης Αλβανίας (Aliaj Sh., Sulstarova E., Muco B., Kociu S. , 2000)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

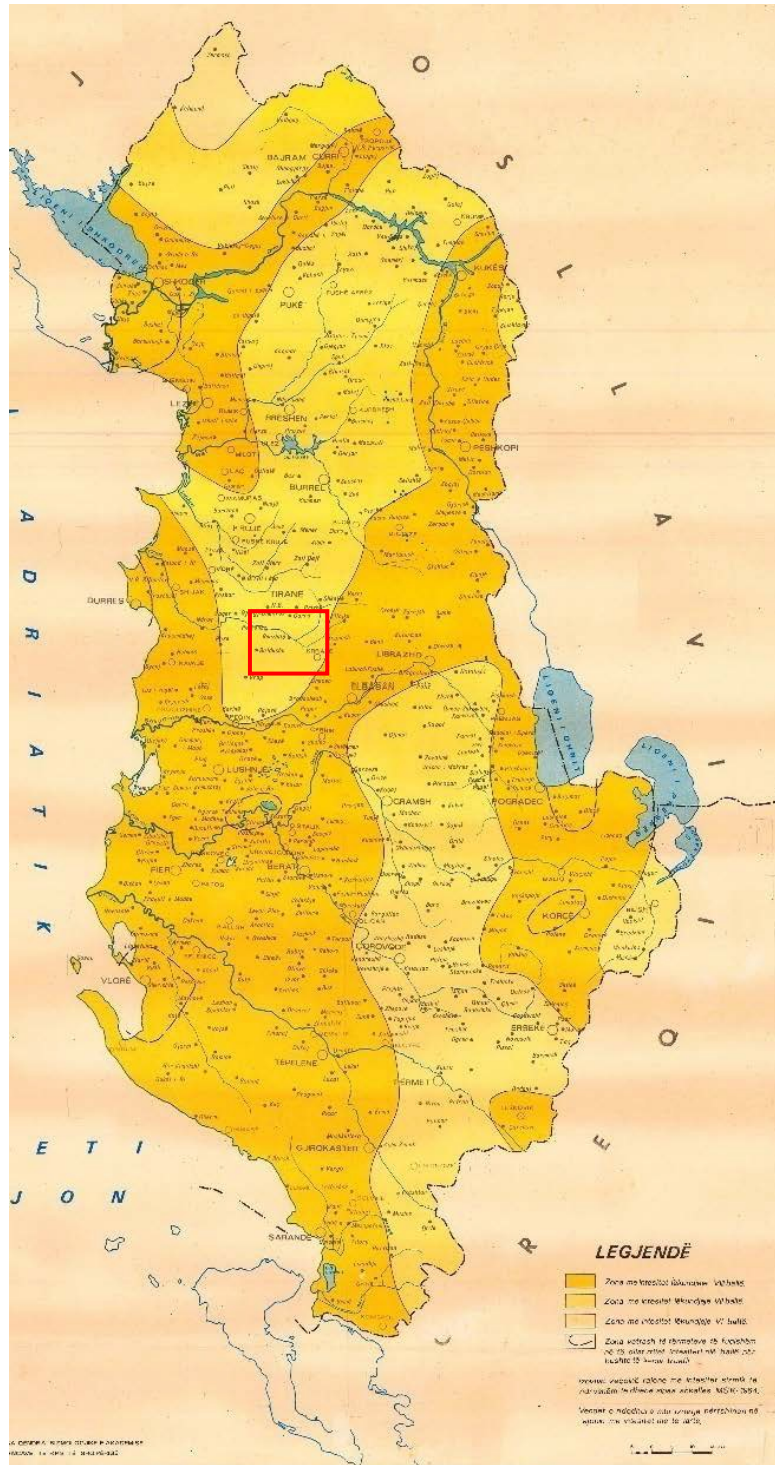
Για την επεξήγηση του σεισμικού χαρακτήρα της χώρας είναι αναγκαία μια αρχική γενική περιγραφή του νεοτεκτονικού καθεστώτος της χώρας. Το αλβανικό ορογενές έχει νοτιοδυτική διεύθυνση και αποτελεί τμήμα της Ευρασιατικής πλάκας. Αυτό χωρίζεται σε δυο τμήματα, αυτό που σχετίζεται με την μικρόπλακα της Άδριας και ένα εσωτερικό νοτιοανατολικά της χώρας που δεν φαίνεται να σχετίζεται άμεσα με την Άδρια. Το πρώτο χωρίζεται με την σειρά του σε δύο υποτμήματα με μια δεξιόστροφη ζώνη διάρρηξης ενδιάμεσα. Επομένως στο άνω ακρο της χώρας και νότια της παρατηρούνται συστηματικά ανάστροφα ρήγματα με διεύθυνση από τα βορειοδυτικά προς τα νοτιοανατολικά. Στο τμήμα αυτό το αναπτυσσόμενο πεδίο είναι θλιπτικό. Αντίθετα το εσωτερικό τμήμα διέπεται από εφελκυστικό πεδίο, με κανονικά ρήγματα με βόρειο προσανατολισμό. Κατά το Πλειόκαινο και το Τεταρτογενές ήταν έντονες ορογενετικές διεργασίες σε όλη τη Μεσόγειο και ιδίως στην Αλβανία. Στις απαρχές του Πλειόκαινου, με την εκτεταμένη εφελκυστική τεκτονική που επηρέασε το εσωτερικό τμήμα της χώρας, δημιουργήθηκαν οι παρούσες δομές κεράτων και τάφρων. Αναπαράσταση της τεκτονικής δομής της Αλβανίας δίνεται στην Εικόνα 2.11.



Εικόνα 2.23: Χάρτης ενεργών ρηγμάτων Αλβανίας (Aliaj Sh 2003)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Για τον υπολογισμό των έργων στη Αλβανία χρησιμοποιούνται έως και σήμερα οι Προδιαγραφές Μελέτης για Αντισεισμικές Κατασκευές (Kushti Teknik të Projektimit për Ndërtimet Antisizmike) KPT – No. 2 – 89, κατά τον οποίο η Αλβανία χωρίζεται στις ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας όπως παρίστανται στην εικόνα



Εικόνα 2.24: Χάρτης σεισμικής επικινδυνότητας Αλβανίας σύμφωνα με ΚΡΤ – Νο. 2 – 89 Η γραμμοσκιασμένη περιοχή εκπροσωπεί την περιοχή μελέτης στη παρούσα ΜΔΕ.

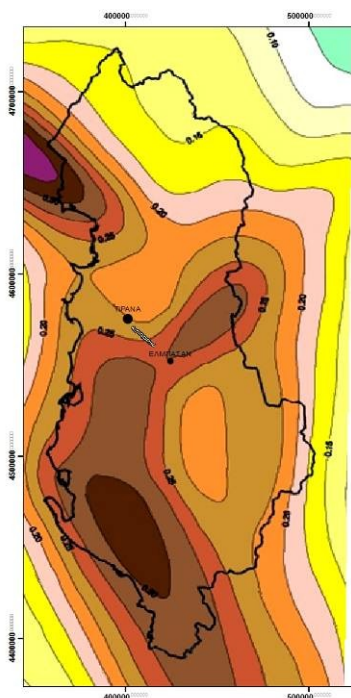
Σε αυτές τις προδιαγραφές οι τοπικές συνθήκες λαμβάνονται υπόψη μέσω της κατηγορίας εδάφους που συναντάτε στην περιοχή (Πίνακας 2.7)

Πίνακας 2.5: Κατηγορία απαντώμενου σχηματισμού σύμφωνα με ΚΡΤ – Νο. 2 – 89

Κατηγορία	Περιγραφή
I	<ul style="list-style-type: none"> - Όλα τα είδη βράχου (μη αποσαθρωμένοι) - Συμπαγή Κροκαλοπαγή - Μάργες (μη αποσαθρωμένες)
II	<ul style="list-style-type: none"> - Αποσαθρωμένοι βράχοι και μάργες - Χαλαροί σχηματισμοί ή συμπαγής ή ημισυμπαγής αργιλώδεις σχηματισμοί ανεξαρτήτως παρουσίας νερού. - Άμμοι συμπαγής ή ημισυμπαγής παρουσία νερού - Αργιλώδεις άμμοι η Αμμώδεις Άργιλοι συμπαγής ή ημισυμπαγής, κι σε πλαστικοποιημένη κατάσταση - Συμπαγής πλαστικοποιημένη άργιλος
III	<ul style="list-style-type: none"> - Ημισυμπαγής Λεπτόκοκκη άμμος - Συμπαγής ή ημισυμπαγής Ιλυολιθική άμμος - Αργιλώδεις άμμοι η Αμμώδεις Άργιλοι από ημισυμπαγής, σε πλήρως πλαστικοποιημένη κατάσταση - Άργιλοι από ημισυμπαγής, σε πλήρως πλαστικοποιημένη κατάσταση

Ωστόσο, σύμφωνα με καινούργιες μελέτες ο χάρτης σεισμικής επικινδυνότητας επαναδιατυπώνεται και γίνεται σαφώς δυσμενέστερος σύμφωνα με τις ιστορικές και πρόσφατες σεισμικές καταγραφές και την ενσωμάτωση του Ευροκώδικα 8 σε αυτόν. Οι επιταγές του EC 8 επιβάλλει την χρήση συντελεστών σεισμικότητας στους υπολογισμούς για περίοδο επανάληψης 475 χρόνια ενώ σύμφωνα με τις πρόσφατες μελέτες ο τωρινός αντισεισμικός κανονισμός τις χώρας καλύπτει ιδίως για την περιοχή των Τιράνων περίοδο επανάληψης 50 ετών (Duni, 2003)

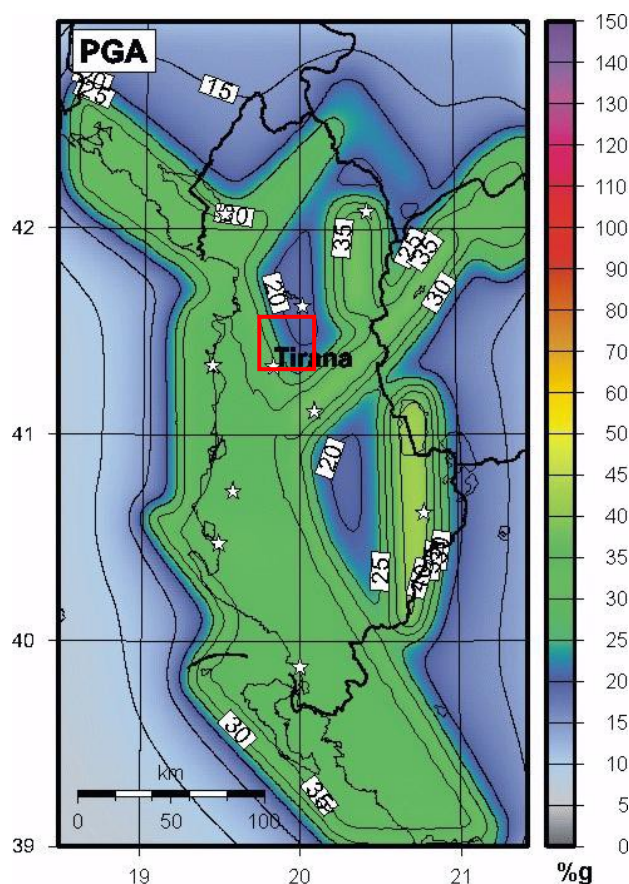
Σύμφωνα με έρευνα των Sabetta & Pugliese (1996) όπως δημοσιοποιήθηκε από τους Duni & Kuka, 2004 μέλη του Σεισμολογικού Ινστιτούτου των Τιράνων, ο χάρτης των μέγιστων εδαφικών επιταχύνσεων διαμορφώνεται όπως στη Εικόνα 2.19.



Εικόνα 2.25: Χάρτης μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης, κατά Sabetta & Pugliese (1996)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Στο 13^ο Παγκόσμιο Σεισμολογικό Συνέδριο, παρουσιάστηκε μια νέα ζωνοποίηση της επικινδυνότητας της χώρας με συντελεστή εμπιστοσύνης 90% στα 50 χρόνια, που ισοδυναμεί με 475 χρόνια επανάληψης. Η μελέτη αυτή αφορά την κατηγορία 1 σχηματισμών του κανονισμού εν ισχύς της Αλβανίας.



Εικόνα 2.26:Χάρτης Μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης (PGA) σε βράχους για πιθανότητα 10%/50 χρόνια (%g) (Aliaj Sh., Adams J., Halchuk S., Sulstarova E., Peci V., Mucso B., 2004).Η γραμμοσκιασμένη περιοχή εκπροσωπεί την περιοχή μελέτης στη παρούσα ΜΔΕ.

Για τον σκοπό του έργου χρησιμοποιήθηκαν και οι δύο εκδοχές στις διαφορετικές φάσεις του. Αρχικά στην φάση αρχικής μελέτης χρησιμοποιήθηκε ο Αλβανικός κανονισμός ΚΡΤ – Νο. 2 – 89, σύμφωνα με τον οποίο το έργο εντάσσεται στην ζώνη II του χάρτη και λαμβάνοντας την κατηγορία από το είδους του απαντώμενου σχηματισμού η μελέτη των πρανών και των κατασκευών του έργου έναντι σεισμού πραγματοποιήθηκε με μέγιστη εδαφική επιτάχυνση (PGA)= 0.22g.

Πίνακας 2.5 : Μέγιστη Εδαφική Επιτάχυνση (PGA) κατά τον αντισεισμικό κανονισμό Αλβανίας ΚΡΤ – Νο. 2 – 89

Soil category	Seismic Intensity (MSK-64)		
	VII	VIII	IX
I	0.08	0.16	0.27
II	0.11	0.22	0.36
III	0.14	0.26	0.42

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Η εκδοχή των Sabetta & Pugliese (1996), κατά τον τον χάρτη της Εικόνας 2.19 το έργο εντάσσεται στις περιοχές με $PGA \approx 0.20 - 0.25$, που είναι τιμές σχετικά παρόμοιες με την εκτιμωμένη τιμή από τον ισχύοντα αντισεισμικό κανονισμό ΚΡΤ – No. 2 – 89.

Στην φάση της κατασκευής όμως και με ιδιαίτερη μέριμνα για την χρησιμοποίηση όσο το δυνατόν των ευρωπαϊκών προδιαγραφών και κανονισμών, χρησιμοποιηθήκαν τα δεδομένα από το 13ο Παγκόσμιο Σεισμολογικό Συνέδριο, το οποίο ενσωμάτωσε και τον EC 8 στα πλαίσιά του. Έτσι η τελική μέγιστη εδαφική επιτάχυνση σχεδιασμού ήταν $(PGA) = 0.35g$. Ο αριθμός αυτός προέκυψε από τον μέσο όρο των μέγιστων εδαφικών επιταχύνσεων των πόλεων που σκοπεύει να ενώσει ο δρόμος, των Τιράνων και του Ελμπασάν, εφόσον γι' αυτές υπήρχαν ακριβής τιμές στην εν λόγω έρευνα.

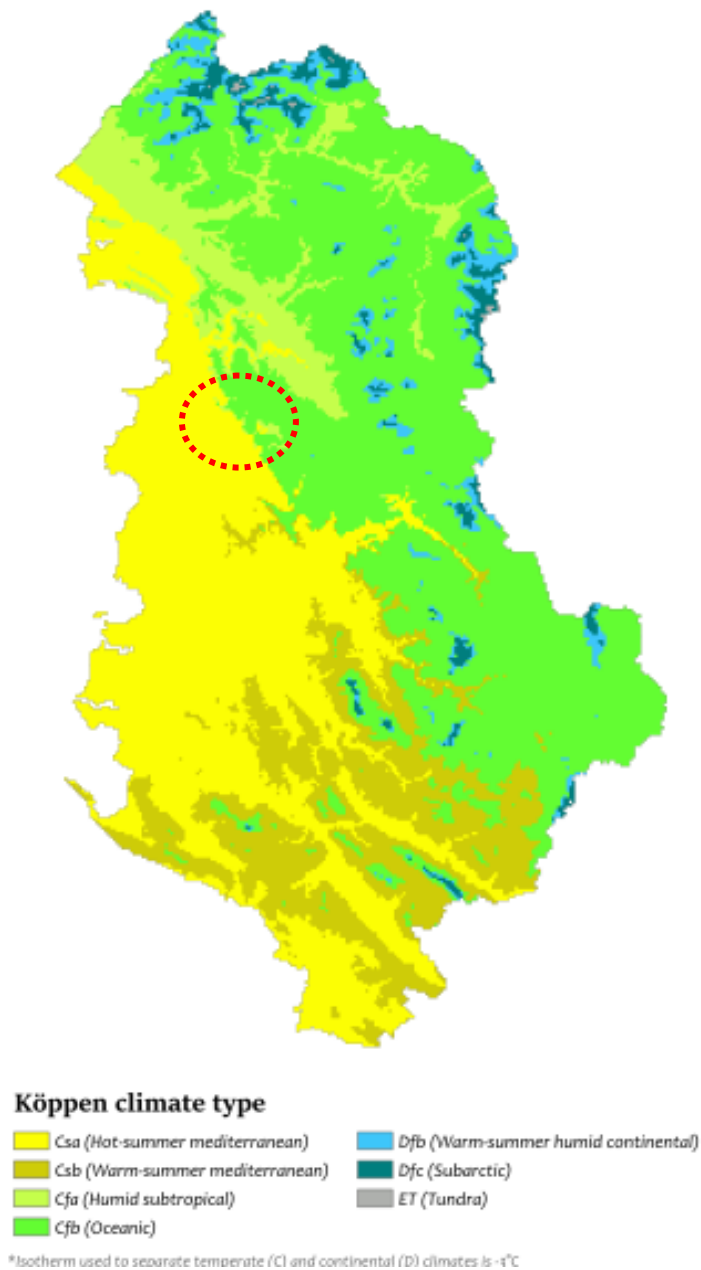
Πίνακας 2.6: Κίνδυνος σεισμού σε επιλεγμένες πόλεις της Αλβανίας με πιθανότητα 10%/50 χρόνια (%). (Πηγή Aliaj Sh., Adams J., Halchuk S., Sulstarova E., Peci V., Muco B., 2004)

City	Lat N	Lon W	Sa(0.2)	Sa(0.5)	Sa(1.0)	Sa(2.0)	PGA
Tirana	41.33	19.83	77	58	28	9.6	32
Durresi	41.34	19.44	86	66	31	10.3	35
Elbasani	41.12	20.09	90	66	30	10.1	38
Shkodra	42.07	19.52	75	57	28	9.3	30
Vlora	40.47	19.48	88	69	33	11.0	36
Fieri	40.73	19.57	86	68	32	10.8	35
Korca	40.62	20.79	99	75	34	11.0	41
Kukesi	42.08	20.43	81	58	26	8.6	34
Burreli	41.63	20.02	48	40	20	7.6	18

2.7 Κλιματολογικές Συνθήκες

2.7.1 Γενικά

Από κλιματολογικής άποψης η περιοχή μελέτης κατατάσσεται στην υποζώνη με Απλό Μεσογειακό Κλίμα (Plain Mediterranean Climatic Subzone), με ισχυρή επιρροή από την Αδριατική θάλασσα. Βάσει της παγκόσμιας κατάταξης κατά Köppen η περιοχή χαρακτηρίζεται από τον τύπο κλίματος Csa.



Εικόνα 2.27: Κλιματική Κατάταξη Αλβανίας βάσει κλίμακας Köppen (WorldClim.org)

Ο Ιανουάριος χαρακτηρίζεται ως ο ψυχρότερος μήνας του χρόνου με μέση θερμοκρασία 6°C. Κατα τη διάρκεια του Ιουλίου και του Αυγούστου η μέση θερμοκρασία φτάνει τους 24°C ενώ η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι 15°C. Η ετήσια βροχόπτωση φτάνει τα 1280 χιλιοστά με μέγιστη ημερησία βροχόπτωση τα 257 χιλιοστά σε 24 ώρες. Οι έντονες καταιγίδες είναι επίσης ένα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

φαινόμενο της περιοχής όπου σύμφωνα με τον μετεωρολογικό σταθμό των Τιράνων συμβαίνουν κατά μέσο όρο σε 30,3 μέρες των χρόνων και ο μεγαλύτερος αριθμός του καταγράφεται κατά τον Μάιο.

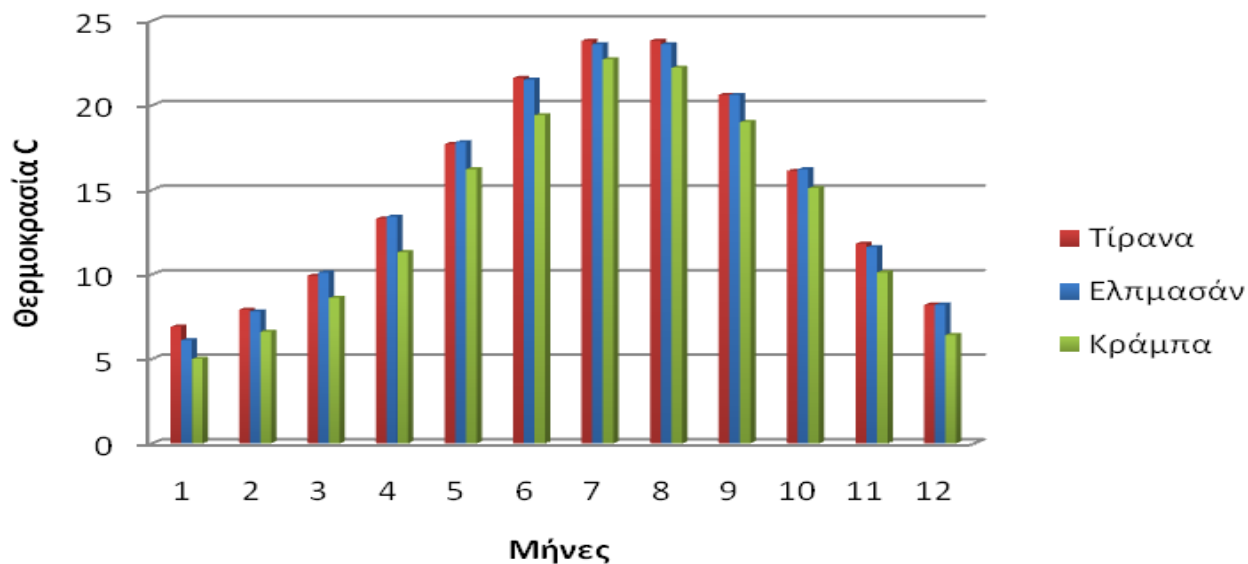
Η ζώνη χαρακτηρίζεται ως αστική ενώ οι ποταμοί και παραπόταμοι της περιοχής δείχνουν μεγάλες εποχικές διακυμάνσεις. Στον παρακάτω πίνακα συνοψίζονται τα γενικά κλιματολογικά στοιχεία της ευρύτερης ζώνης μέσω των δεδομένων από τους Μετεωρολογικούς σταθμούς των Τιράνων και του Ελμπασάν.

Πίνακας 2.7: Συνοπτικός πίνακας κλιματολογικών συνθηκών στις εγγύς πόλεις με την περιοχή έρευνας.

	Περιγραφή	Τίρανα	Ελμπασάν
1	Μέση Ετήσια Θερμοκρασία, °C	15.1	15.1
2	Μέγιστη Μέση Ετήσια Θερμοκρασία το Καλοκαίρι, °C	23.0	23.9
3	Μέγιστη καταγεγραμμένη Θερμοκρασία, °C	41.5	41
4	Χαμηλότερη Μέση Ετήσια Θερμοκρασία τον Χειμώνα, °C	7.6	7.6
5	Χαμηλότερη καταγεγραμμένη Θερμοκρασία, °C	-1.4	-7.5
6	Μέση Ετήσια βροχόπτωση, mm	1210	1210
7	Μέγιστη ετήσια βροχόπτωση, mm	1756	1590
8	Χαμηλότερη ετήσια βροχόπτωση, mm	860	621
9	Ημερήσια μέγιστη βροχόπτωση	237	135
10	Ώρες με ήλιο ετησίως	2532	813;623
11	Κύρια κατεύθυνση ανέμων ετησίως	S.E 15.8	NE, 18.7%
12	Κύρια κατεύθυνση ανέμων το καλοκαίρι	N.W 20.6	SW, 14.2%
13	Κύρια κατεύθυνση ανέμων τον χειμώνα	S.E 22.5	NE, 29.5%
14	Μέση ταχύτητα ανέμου (m/sec)	1.6	2.0
15	Πίεση βάσης ανέμου, kg/m ²	0.281	0.281
16	Μέγιστο βάθος χιονιού, cm	20	18
17	Βάθος εισχώρησης παγετού σε cm	10	20
18	Μέση σχετική υγρασία, %	70	68
19	Ώρες ηλιοφάνειας	2530	2460
20	Μέσος αριθμός ημερών με βροχόπτωση ≥ 0.1 mm	130	48.7
21	Μέσος αριθμός ημερών με βροχόπτωση ≥ 1 mm	103	
22	Μέσος αριθμός ημερών με βροχόπτωση ≥ 5 mm	64	66
23	Μέσος αριθμός ημερών με βροχόπτωση ≥ 10 mm	43	43.1
24	Σεισμικότητα (Μέγιστο αναμενόμενο μέγεθος Έκδοση 1998 - Πηγή : Χάτης με ζώνες σεισμικότητας Sh. Aliaj)	5-6	6-7

2.7.2 Θερμοκρασίες

Οι πεδινές περιοχές που μελετώνται είναι υπό την σαφή επιρροή της Αδριατικής Θάλασσας, με το διάγραμμα να παρουσιάζει την μέση θερμοκρασία ανά μήνα όπως καταγράφεται στον Μετεωρολογικούς σταθμούς της εγγύς περιοχής .

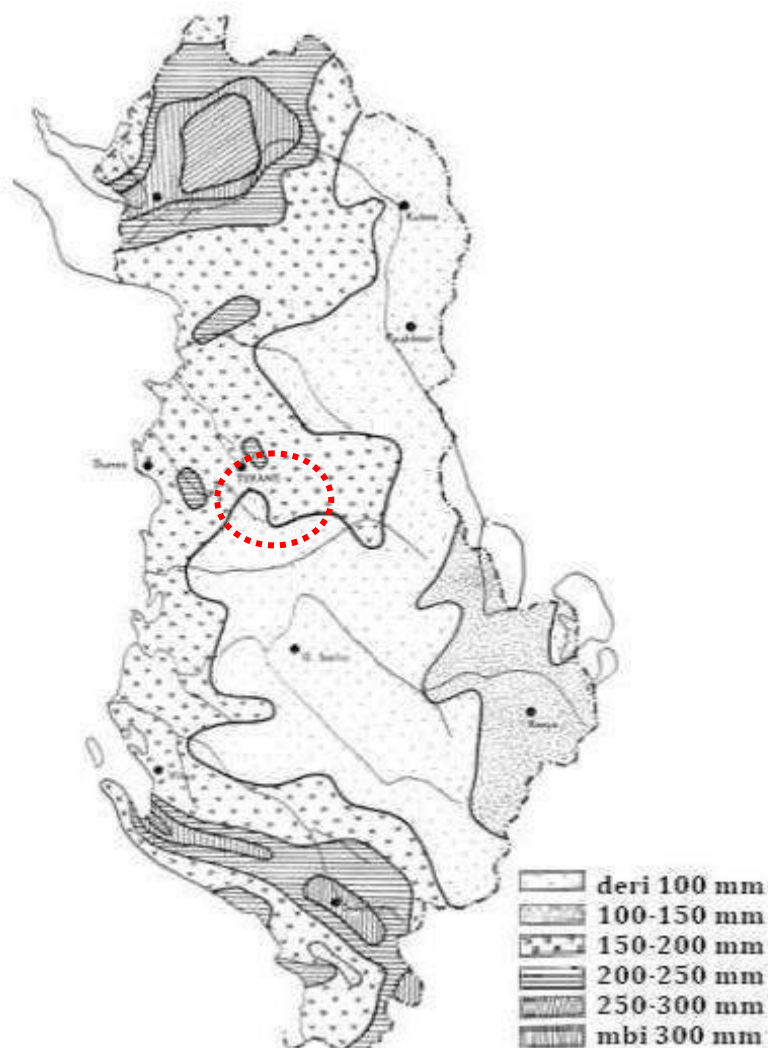


Σχήμα 2.1: Διάγραμμα μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας από εγγύς Μετεωρολογικούς Σταθμούς

Σύμφωνα με την στατιστική επεξεργασία των Μετεωρολογικών σταθμών στην περιοχή, το κλίμα σε όλη την ζώνη κατασκευής είναι ομοιογενές από θερμοκρασιακή άποψη. Η διακύμανση των θερμοκρασιών από χειμώνα σε καλοκαίρι επιβεβαιώνει την κατάταξη της περιοχής σε Μεσογειακή.

2.7.3 Βροχοπτώσεις

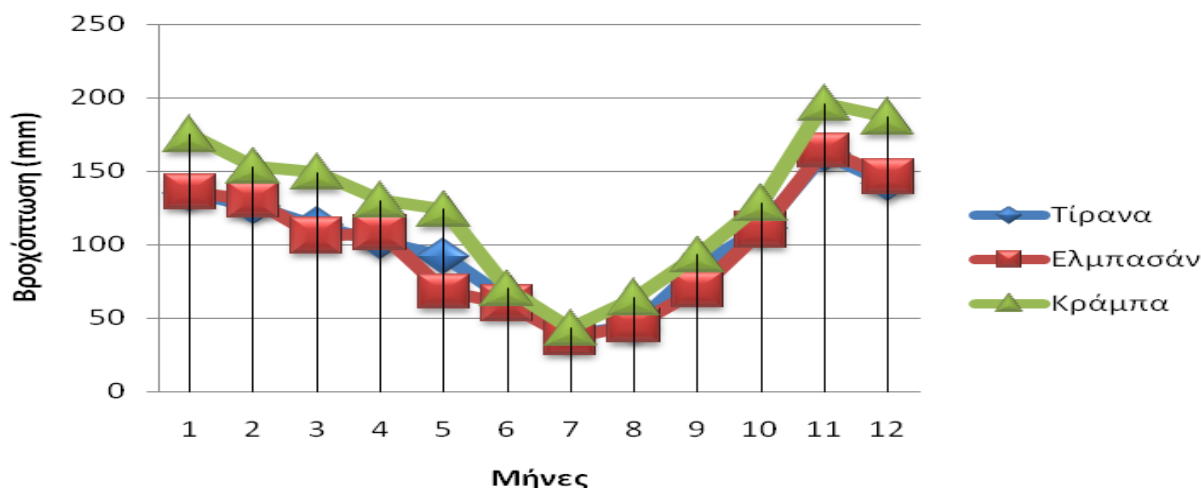
Η βροχοπτώσεις είναι ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά μιας περιοχής υπό διερεύνηση για την κατασκευή οδοποιΐας. Τα δεδομένα αυτά είναι χρήσιμα τόσο για τον υπολογισμό των παροχών του νερού που αναμένεται να παροχετεύονται από τον ίδιο τον δρόμο και επομένως και του υπολογισμού και του δικτύου αποστράγγισης του, αλλά και αποτελούν ένα από τα κύρια προρασκευαστικά ή εναυσματικά αίτια για την εμφάνιση των κατολισθήσεων σε συνδυασμό με τους σχηματισμούς που επικρατούν στην περιοχή και την μορφολογία. Η περιοχή μελέτης συγκαταλέγεται στις περιοχές με αναμενόμενες τιμές βροχοπτώσεως με χρόνο επανάλιψης 50 χρόνια από 150 μέχρι 200 χιλιοστά σύμφωνα με την Μετεωρολογική Υπηρεσία Αλβανίας.



Εικόνα 2.28:Χάρτης 24ωρών αναμενόμενων βροχοπτώσεων με περίοδο επανάλιψης 50 χρόνια (Μετεωρολογική Υπηρεσία Αλβανίας, 2015)

Παρακάτω παρουσιάζεται το διάγραμμα με τις αναμενόμενες μέσες βροχοπτώσεις σε μηνιαία βάση καθώς και η κατανομή των εξάρσεων τους στις θέσεις Τίρανα και Πετρέλα στη διάρκεια ενός 24ωρου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2



Σχήμα 2.2: Διάγραμμα μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης για τρεις διακριτές περιοχές της χάραξης (Τίρανα, Ελμπασάν και Κράμπα) (τοπικοί Μετεωρολογικοί σταθμοί, 2011)

Πίνακας 2.8: Ένταση βροχοπτώσεων κατά την διάρκεια 24 ωρών μέχρι και 10 λεπτών με διαφορετικούς χρόνους επανάληψης, Σταθμός Τιράνων

Χαρακτηρισμός	1%	2%	5%	10%	20%
24 ώρες βροχόπτωσης	181	164	142	125	107
12 ώρες βροχόπτωσης	169	152	129	11	93
6 ώρες βροχόπτωσης	130	117	100	87	73
2 ώρες βροχόπτωσης	87	79	68	60	51
1 ώρα βροχόπτωσης	74	67	57	49	42
30 λεπτά βροχόπτωσης	50	46	39	34	30
20 λεπτά βροχόπτωσης	38	35	30	27	24
10 λεπτά βροχόπτωσης	32	29	25	22	19

Πίνακας 2.9: Ένταση βροχοπτώσεων κατά την διάρκεια 24 ωρών μέχρι και 10 λεπτών με διαφορετικούς χρόνους επανάληψης, Σταθμός Πετρέλας, 2011

Χαρακτηρισμός	1%	2%	5%	10%	20%
24 ώρες βροχόπτωσης	152	139	121	107	93
12 ώρες βροχόπτωσης	117	108	91	83	72
6 ώρες βροχόπτωσης	91	83	72	64	56
2 ώρες βροχόπτωσης	60	54	48	42	36
1 ώρα βροχόπτωσης	47	42	38	33	28
30 λεπτά βροχόπτωσης	36	32	29	25	22
20 λεπτά βροχόπτωσης	31	28	24	22	19
10 λεπτά βροχόπτωσης	24	22	19	17	14

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Η ετήσια κατανομή της βροχόπτωσης είναι χαρακτηριστική της κλιματικής ζώνης της χώρας. Ανάμεσα στους διαφορετικούς σταθμούς η μέγιστη διακύμανση δεν ξεπερνά τα 350 χιλιοστά με μια μέση ετήσια τιμή για όλη την διαδρομή στα 1310 χιλιοστά. Αυτή η τιμή είναι μικρότερη από την μέση τιμή της χώρας που είναι 1450 χιλιοστά, ωστόσο μεμονωμένα στην περιοχή της Κράμπας οι τιμές των βροχοπτώσεων φαίνεται να είναι σαφώς αυξημένες σε σχέση με την υπόλοιπη χώρα. Αυτές οι εξάρσεις που παρουσιάζονται στη ζώνη Κράμπα-Μπρενές οφείλονται στο αυξημένο υψόμετρο των περιοχών αυτών.

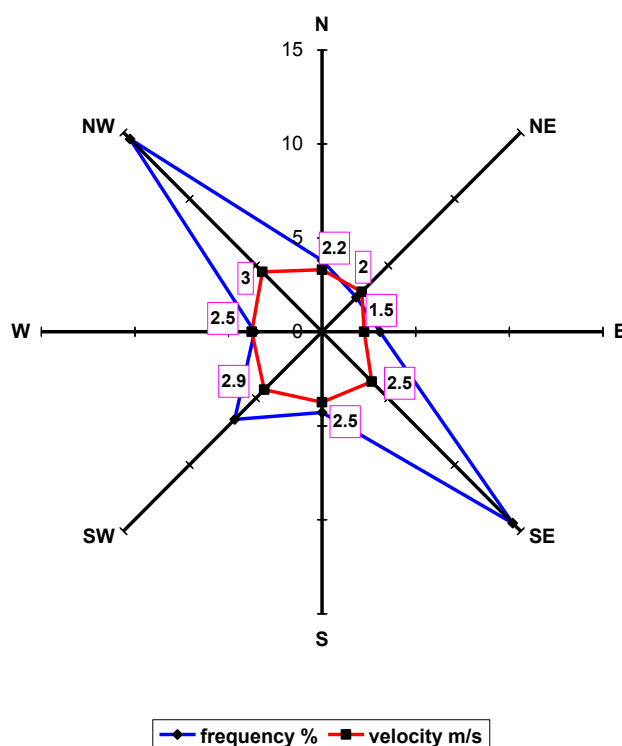
Το μεγαλύτερο ποσοστό των βροχοπτώσεων φαίνεται να συγκεντρώνεται στους μήνες Οκτώβριο μέχρι Μάιο (83% συνολικών βροχοπτώσεων) ενώ τον Νοέμβριο αναμένονται οι υψηλότερες τιμές.

Από τους πίνακες με τις αναμενόμενες βροχοπτώσεις διάρκειας 10 λεπτών σε χρονικό διάστημα 24 ωρών για διάφορους χρόνους επανάληψης είναι φανερό πως η περιοχή χαρακτηρίζεται από πολύ έντονες βροχές.

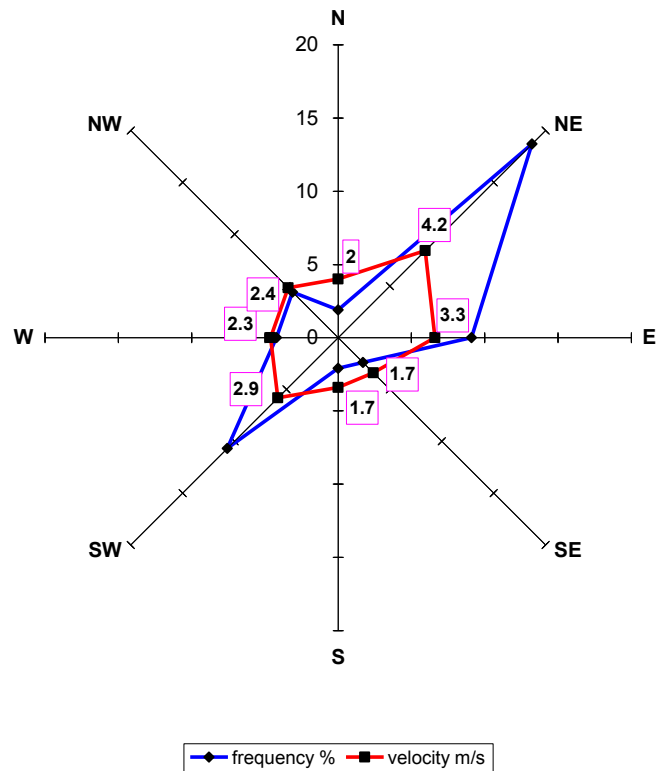
2.7.4 Αέρας

Ο αέρας είναι εξίσου σημαντικό κλιματολογικό στοιχείο που χαρακτηρίζεται από την διεύθυνση και την ταχύτητα του. Ο διαχωρισμός της διεύθυνσης γίνεται βάσει των οκτώ σημείων του ορίζοντα και η ταχύτητα μετράτε σε m/sec.

Τα ροδοδιάγραμμα των ανέμων παρακάτω δείχνουν τις τάσεις στην ευρύτερη περιοχή και της συνήθεις τιμές με τις συχνότητες τους.



Σχήμα 2.3: Ροδοδιάγραμμα Ανέμων, Σταθμός Τιράνων, 2011



Σχήμα 2.4: Ροδοδιάγραμμα Ανέμων, Σταθμός Ελμπασάν, 2011

Η επικρατούσα τιμή της ταχύτητας είναι 0-1 m/s σε όλη την περιοχή. Άλλες συχνες τιμές είναι 2-5 m/s (36-37%), ενώ οι τιμές 6-10 m/s είναι σπάνιες (4-6.5%).

Κατά την διάρκεια της ημέρας η ύψιστη ταχύτητα παρατηρείται κατά την διάρκεια του μεσημεριού. Αυτό οφείλεται στην κατακόρυφη κίνηση του αέρα, ιδίως το καλοκαίρι.

Παραπάνω αναλύθηκαν τα δεδομένα τόσο για την ευρύτερη όσο και για την ειδική περιοχή μελέτης όσον αφορά τις περιβαλλοντικές και γεωλογικές συνθήκες. Η σύνδεση, ο ρόλος και πραγματικές συνθήκες κατά την διάρκεια της κατασκευής του έργου σε σχέση με την εμφάνιση και εξέλιξη των κατολισθητικών φαινομένων που έπληξαν το έργο θα εξηγηθούν στο επόμενο κεφάλαιο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3°

ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ

3.1 Ζώνες Αστάθειας και Κατολισθήσεις εντός Περιοχής Μελέτης

Η κατασκευή του έργου Τίρανα – Ελμπασάν άρχισε τον Φεβρουάριο του 2012 επίσημα, ωστόσο οι πρώτες σημαντικές χωματοουργικές εργασίες άρχισαν τον Ιούνιο του ίδιου χρόνου. Εφόσον η γεωτεχνική μελέτη προχωρούσε παράλληλα με την κατασκευαστική διαδικασία τα πρώτα προβλήματα, και οι ελλιπείς προβλέψεις που σχετίζονταν με την τα αρχική μελέτη και τα αρχικά δεδομένα του έργου, έγιναν εμφανή από την αρχή των εκσκαφών. Οι εμφανιζόμενοι σχηματισμοί παρουσίαζαν χαμηλότερες αντοχές σε σχέση με τις αναμενόμενες, ενώ η σημαντική αύξηση της μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης επέβαλαν τον ανασχεδιασμό όλων των μεγάλων ορυγμάτων και επιχωμάτων σχεδόν στα όρια του ασφαλούς.

Σαν συνέπεια όλων των παραπάνω και των χρονικών και διοικητικών περιορισμών, παράλληλα με την γεωτεχνική μελέτη, πολλά απρόσμενα φαινόμενα έκαναν την εμφάνιση τους μερικά με αιφνίδιο και ανεξέλεγκτο ρυθμό και άλλα με αργό και ελέγξιμο ρυθμό.

Οι ζώνη αστάθειας με αργό και ελέγξιμο ρυθμό ήταν η περιοχή του μεγάλου ορύγματος του Μουλλέτ, 60 μέτρων μέγιστου υψους.

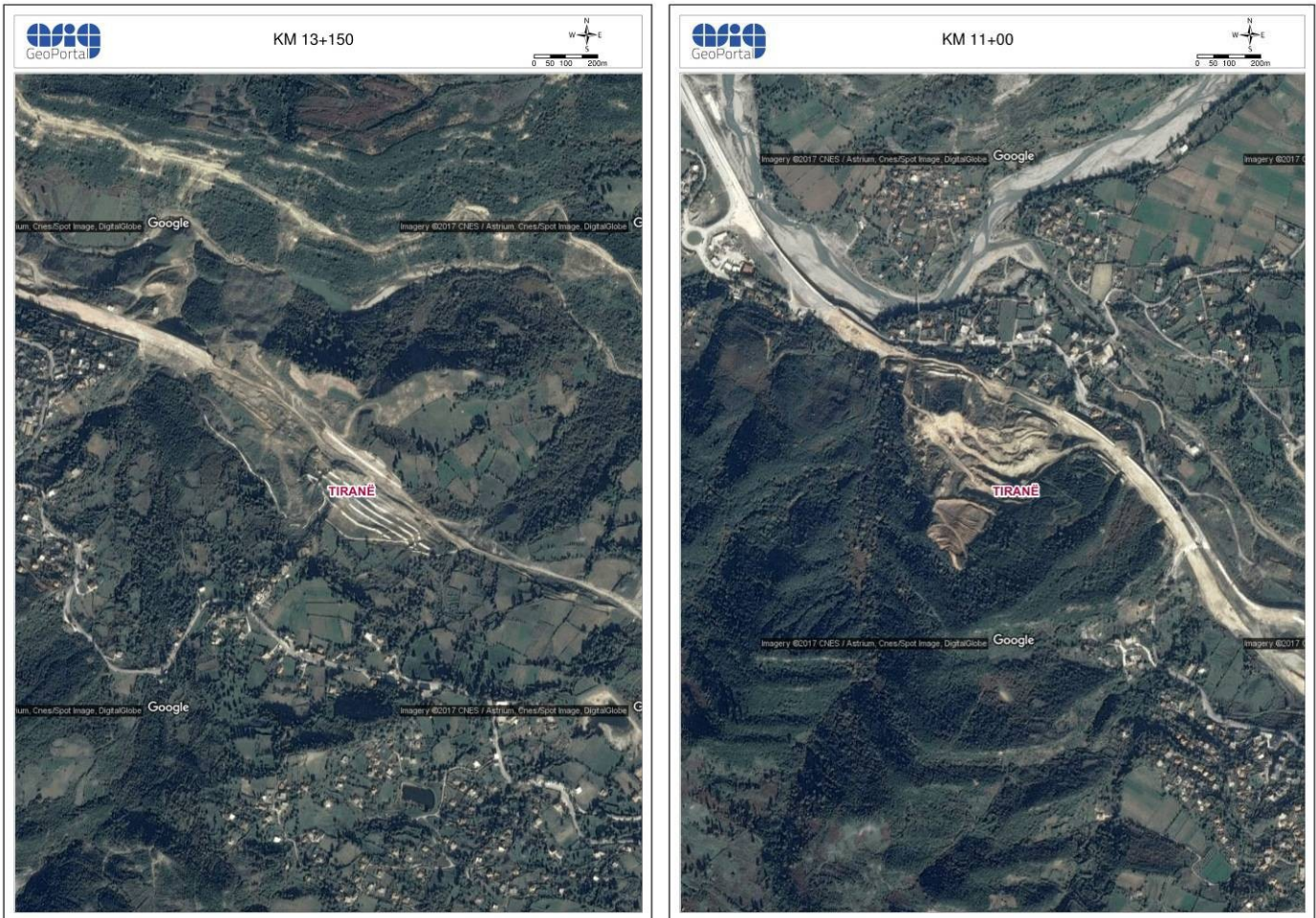


Εικόνα 3.1:Ορθοφωτογραφία ορύγματος Μουλλέτ (geoportal.asig.gov.al,2017)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

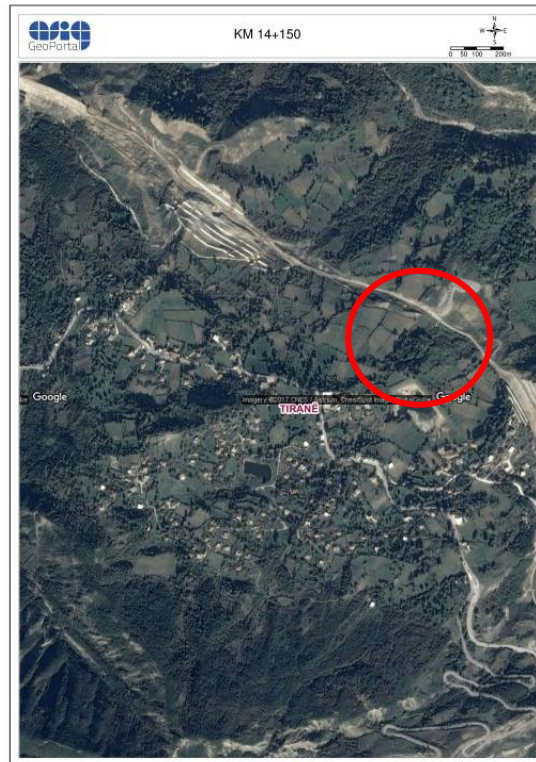
Οι ζώνες με βίαια απρόσμενα φαινόμενα ήταν οι :

- ΧΘ 13+150
- ΧΘ 11+000



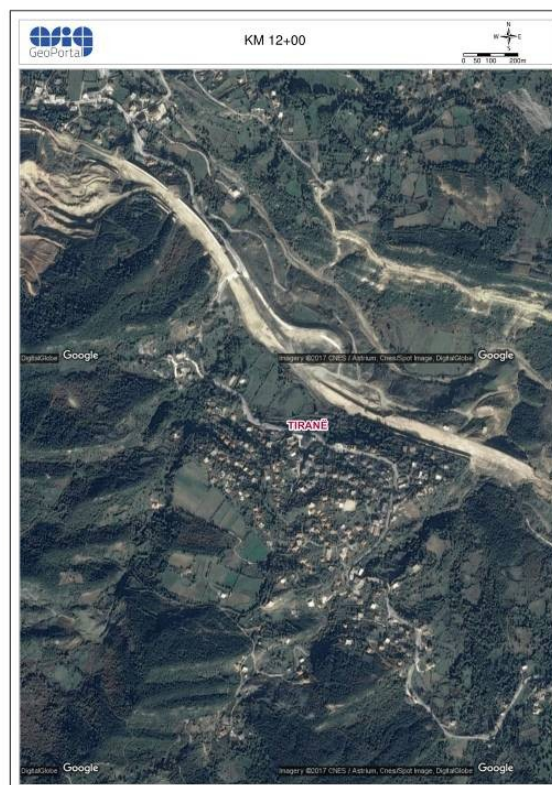
Εικόνα 3.2:Ορθοφωτογραφία ορύγματος Κράμπας ΧΘ 13+150 και ορύγματος στη ΧΘ 11+00
(geoportal.asig.gov.al,2017)

Οι ζώνη που παρουσιάζει έντονα αλλά αναμενόμενο κατολισθητικό φαινόμενο, που υπερβαίνει σε μέγεθος όμως το αρχικά προβλεπόμενο φαινόμενο, εντοπίζεται περίρι της ΧΘ 14+150.



Εικόνα 3.3: Ορθοφωτογραφία αναμενόμενης ενεργοποίησης της παλιάς κατολίθησης στη ΧΘ 14+150 (πηγή geoport.al.asig.gov.al,2017)

Το αργό αλλά ιδιαίτερου μεγέθους και αμφίβολου ελεγκσιμότητας φαινόμενο στο επίχωμα της Χ.Θ. 12+000.



Εικόνα 3.4 Ορθοφωτογραφία του αριστερού κόμβου της Ίμπας, ΧΘ 12+000 (πηγή geoport.al.asig.gov.al,2017)

Τα φαινόμενα αυτά θα επεξηγηθούν στη συνέχεια του κεφαλαίου για το καθένα ξεχωριστά, κατά σειρά χιλιομετρικής προτεραιότητας, με τις λεπτομέρειες, την εξέλιξη, τις μελέτες αναχαίτισης των φαινομένων.

3.2 Φαινόμενο στο Όρυγμα του Μουλλέτ (ΧΘ 4+068 – 4+925)

Το όρυγμα του Μουλλέτ, όντας το μεγαλύτερο όρυγμα του έργου, εκτεινόμενο σε περίπου 850 μέτρα και με μέγιστο βάθος εκσκαφής να φτάνει τα 60 μέτρα, ήταν μια αμφιλεγόμενη κατασκευή ακόμα και στο μελετητικό στάδιο τόσο για περιβαλλοντολογικούς, όσο και για κατασκευαστικούς λόγους και λόγω των θεμάτων απαλλοτρίωσης της περιοχής.

Στη φάση της μελέτης είχαν διερευνηθεί οι λύσεις της κατασκευής σήραγγας αντί ανοιχτού ορύγματος όπως είναι εμφανές στη γεωλογική μελέτη του έργου (Geological Report Part I) όπου αναφέρεται:

« Ο καινούργιος δρόμος γενικά διέρχεται από το μέσο των φυσικών πρανών (ΧΘ 2+850 – 12+000) στην λοφώδη περιοχή του έργου, ενώ ο λόφος ανάμεσα στο χωριό Λούντερ και στο χωριό Μουλλέτ διασχίζεται μέσω σήραγγας 500-800 μέτρων. » (*The new road generally goes through the middle of the slopes of the hills whereas on the hill that separates the village Lunder with the village mullet is cut across with a tunnel of tunnel 500-800m.*)

Η λύση όμως αυτή εγκαταλείφθηκε στο πλαίσιο της τελικής μελέτης και η κατασκευή ανοιχτού ορύγματος επιλέχθηκε.

3.2.1 Μορφολογία

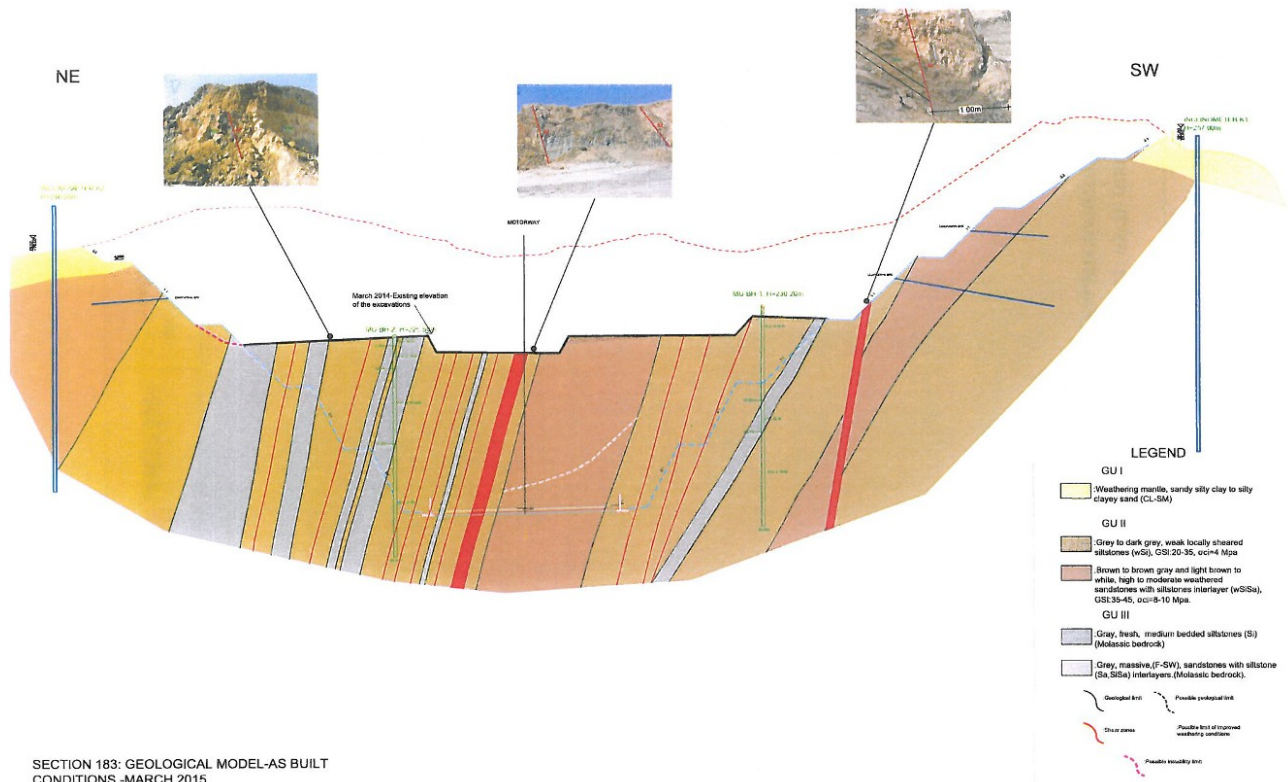
Από τον αρχικό τοπογραφικό χάρτη η μορφολογία της περιοχής προ εκσκαφής είναι στη μορφή του τυπικού λόφου για την περιοχή. Τα φυσικά πρανή κλίνουν προς τον βορρά (διεύθυνση προς Τίρανα) και προς τον Νότο στην άλλη πλευρά του υψηλότερου σημείου του ορύγματος (διεύθυνση προς Ελμπασάν) με ήπιες κλίσεις που δεν υπερβαίνουν της 20° . Το μέγιστο υψόμετρο της περιοχής δεν υπερβαίνει τα 260 μέτρα από την στάθμη της θάλασσας. Τα τεχνητά πρανή έχουν διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, στην κατεύθυνση προ Ελμπασάν βυθίζονται στα ΒΑ ενώ στη απέναντι (κατεύθυνση προ Τίρανα) προς τα ΝΔ. Οι κλίσεις των τεχνητών πρανών κυμαίνονται από 1:2 μέχρι και 2:3 με αναβαθμίδες κάθε 8-10 μέτρα των 4-5 μέτρων η καθεμία .

3.2.2 Γεωλογία

Όπως στην περιγραφή στο προηγούμενο κεφάλαιο, ο σχηματισμός που συναντάμε σε αυτή την χιλιομετρική θέση είναι Μολασσικές Αποθέσεις Τορτονίου (N1t) στις οποίες κυρίαρχη είναι η ιλυολιθική φάση με λεπτές ψαμμιτικές ενστρώσεις.

Από δύο σειρές γεωτρήσεων που διεξήχθησαν στην περιοχή και τις ακόλουθες εργαστηριακές έρευνες τρεις ενόητες σχηματισμών παρόμοιων γεωτεχνικών παραμέτρων φαίνεται να συνθέτουν τις τοπικές μολασσικές αποθέσεις. Τα γεωτεχνικά χαρακτηριστικά αυτών των σχηματισμών περιγράφονται στα παρακάτω.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3



SECTION 183: GEOLOGICAL MODEL-AS BUILT
CONDITIONS -MARCH 2015

Εικόνα 3.5: Ενδεικτική Γεωλογική τομή με τις θέσεις και τις κλίσεις των εμφανιζόμενων σχηματισμών (O&K, 2015)

Σχηματισμός I: Ο σχηματισμός αυτός αποτελεί τον αποσαθρωμένο μανδύα και συνίσταται από αμμώδη ιλυώδη άργιλο και αργιλώδη ιλυώδη άμμο.

Πίνακας 3.1: Παράμετροι σχεδιασμού Σχηματισμού I περιοχή Μουλλέτ

Παράμετροι Σχεδιασμού Σχηματισμού I	
Ειδικό βάρος	$\gamma = 20.0 \text{ kN/m}^3$
Ενεργή Συνοχή	$c' = 20 \text{ kPa}$
Ενεργή γωνία εσωτερικής τριβής	$\phi' = 25^\circ$
Αστράγγιστη διατμητική Αντοχή	$S_u = 80 \text{ kPa}$
Συντελεστής Ελαστικής Παραμόρφωσης	$E_s = 15 \text{ MPa}$
Λόγος του Poisson	$\nu = 0.35$

Σχηματισμός II :Ο σχηματισμός αυτός περιγράφεται ως μετρίως έως υψηλά αποσαθρωμένη ιλυολιθική στρώση, τεκτονισμένη και με ανομοιογενή δομή. Κατά τόπους παίρνει τα χαρακτηριστικά υπολειμματικού εδάφους.

Πίνακας 3.2: Παράμετροι σχεδιασμού Σχηματισμού II περιοχή Μουλλέτ

Παράμετροι Σχεδιασμού Σχηματισμού II	
Ειδικό βάρος	$\gamma = 22.0 \text{ kN/m}^3$
Θλιπτική Αντοχή Άρρηκτου βράχου	$\sigma_{ci} = 4 \text{ MPa}$
GSI	27
Συντελεστής Ελαστικής Παραμόρφωσης	$E_m = 40 \text{ MPa}$
Συνοχή βραχώμαζας	$c_m = 25 \text{ kPa}$
Γωνία εσωτερικής τριβής βραχώμαζας	$\phi_m = 30^\circ$
Αστράγγιστη διατμητική Αντοχή	$S_u = 130 \text{ kPa}$
Λόγος του Poisson	$\nu = 0.30$

Σχηματισμός III: Ο σχηματισμός αυτός αποτελεί το βραχώδες μολλασικό υπόβαθρο και αποτελεί ιλυολιθικό σχηματισμό με λεπτές ψαμμιτικές ενστρώσεις.

Πίνακας 3.3: Παράμετροι σχεδιασμού Σχηματισμού III περιοχή Μουλλέτ

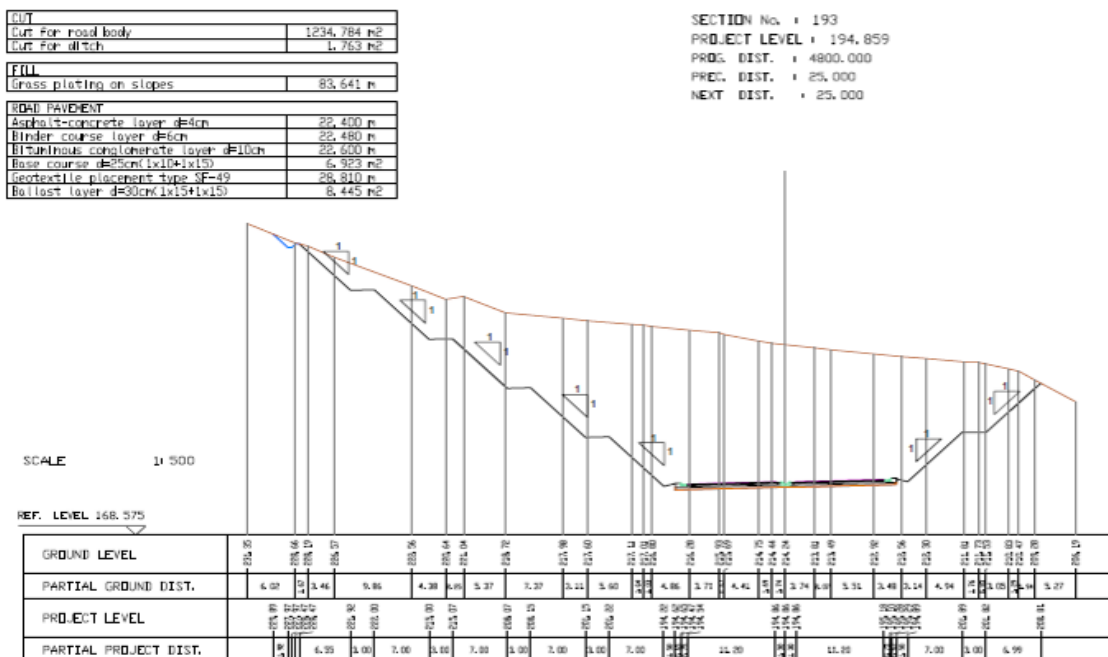
Παράμετροι Σχεδιασμού Σχηματισμού III	
Ειδικό βάρος	$\gamma = 24.0\text{kN/m}^3$
Θλιπτική Αντοχή Άρρηκτου βράχου	$\sigma_{ci} = 8\text{MPa}$
GSI	40
Συντελεστής Ελαστικής Παραμόρφωσης	$E_m = 130\text{MPa}$
Συνοχή βραχώμαζας	$c_m = 100\text{kPa}$
Γωνία εσωτερικής τριβής βραχώμαζας	$\phi_m = 35^\circ$
Λόγος του Poisson	$\nu = 0.25$

Πρέπει να επισημανθεί ότι πλην του σχηματισμού III ο οποίος απαντάται σε μικρό τμήμα του ορύγματος όπως καταδεικνύεται και από την ενδεικτική τομή της Εικόνας 3.5, οι υπόλοιπες δύο ενότητες είναι σημαντικά αποσαθρωμένες με αποσάθρωση που δεν υποχωρεί με το βάθος αλλά ήταν εμφανής σε όλη την διάρκεια εκσκαφής.

Από υδρολογεωλογικής άποψης εντοπιστήκαν ροές ανάμεσα στις στρώσεις του αδιαπέραστου ιλυολιθικού σχηματισμού και του διαπερατού ψαμμίτη κατά την διάρκεια των γεωτρήσεων.

3.2.3 Εμφάνιση και εξέλιξη φαινόμενου αστάθειας

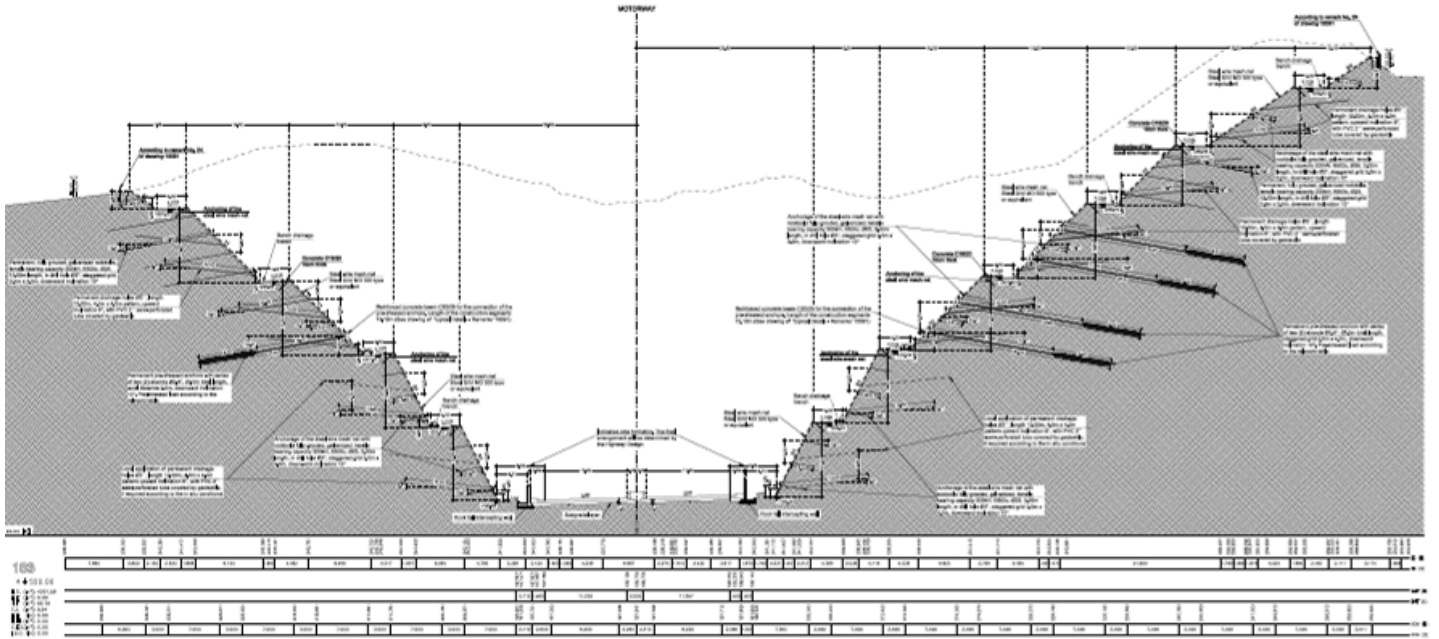
Κατά τα προαναφερόμενα η λύση του ανοιχτού ορύγματος επιλέχθηκε από τους κρατικούς φορείς για την διάσχιση του λόφου του Μουλλέτ. Η αρχική λύση περιλάμβανε πρανή μέγιστου ύψους 7 μέτρων, αναβαθμίδες 3 μέτρων και κλίσεις 1:1 χωρίς μέτρα αντιστήριξης πέραν του αντιδιαβρωτικού μανδύα από υδροσπορά (Εικόνα 3.6)



Εικόνα 3.6: Ενδεικτική τομή αρχικής μελέτης για το Όρυγμα του Μουλλέτ (ICE&GEOSAT GROUP, 2011)

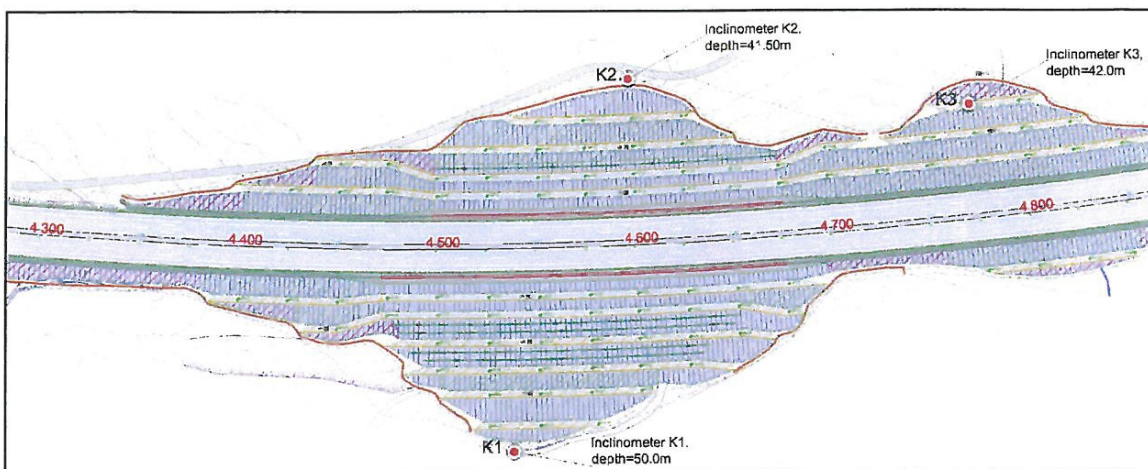
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Η λύση αυτή μετά την από την καινούργια γεωτεχνική μελέτη του έργου κρίθηκε επισφαλής και καινούργιες κλίσεις των 2:3 και 2:1 σε πρηνή των 8-10 μέτρων μέγιστου ύψους εφαρμόστηκαν μαζί με κατά τόπους μέτρα υποστήριξης από προεντεταμένα αγκύρια και εντατικά αποστραγγιστικά και αντιδιαβρωτικά μέτρα.



Εικόνα 3.7: Ενδεικτική τομή Ορύγματος Μούλέτ και μέτρων υποστήριξης μετά την πρώτη γεωτεχνική έρευνα της περιοχής(O&K, 2012)

Η μελέτη αυτή λόγω του μεγάλου ύψους του ανοιχτού ορύγματος και των ανασφαλειών που προέκυπταν από τον οριακό σχεδιασμό του ορύγματος προέβλεπε και την συστηματική επιφανειακή παρακολούθηση των πρηνών και την εγκατάσταση 3 κλισιομέτρων πριν από τις εκσκαπτικές διεργασίες για την παρακολούθηση του έργου τόσο κατά την διάρκεια κατασκευής όσο και κατά την διάρκεια λειτουργίας.



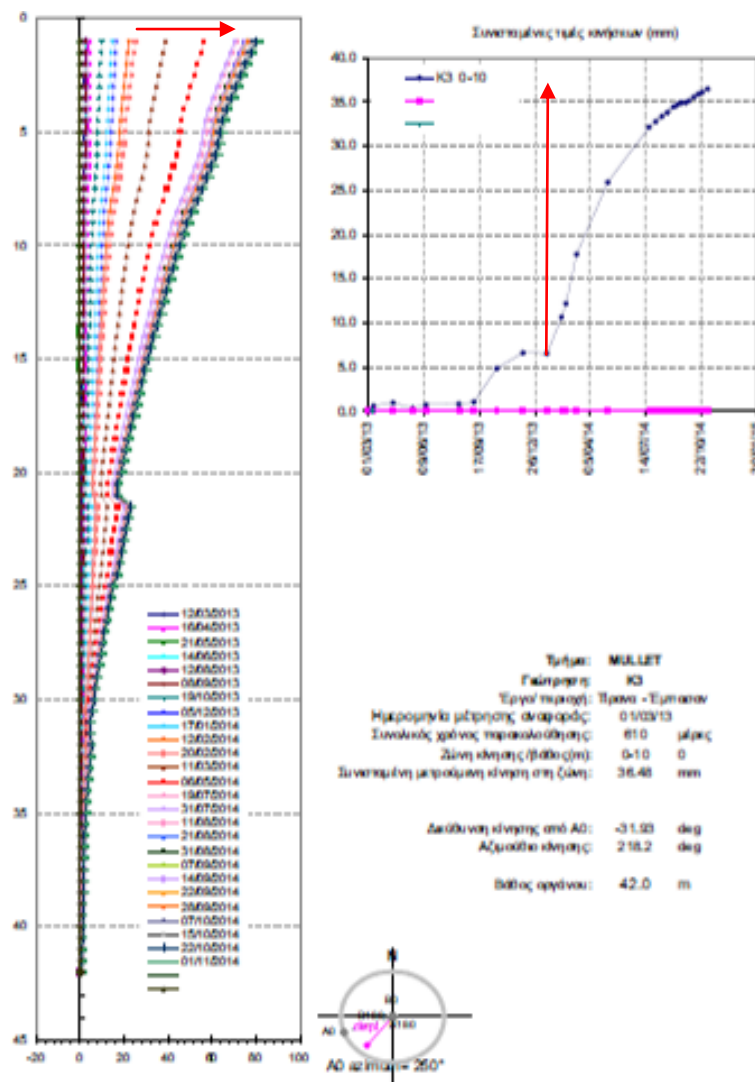
Εικόνα 3.8:Θέσεις και βάθη εγκατεστημένων κλισιομέτρων στο Όρυγμα του Μουλέτ (O&K,2012)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Χρονικά διάφορες αστάθειες εμφανιστήκαν μικρού και μεγαλύτερου μεγέθους οι οποίες χρονολογικά κατανέμονται ως εξής:

Τέλη Φεβρουαρίου 2013 και έπειτα – Πρώτες Ενδείξεις από κλισιόμετρα

Οι εκσκαπτικές εργασίες άρχισαν τον Ιανουάριο του 2013 ακολουθώντας τις αρχές της τελικής μελέτης. Οι μετρήσεις των κλισιομέτρων συνηγορούσαν ότι οι εργασίες προχωρούσαν ομαλά μέχρι τις 20/02/2013. Από το χρονικό διάστημα αυτό και ενώ τα κλισιόμετρα K1 και K2 έδειχναν μηδαμινές μετακινήσεις στα όρια του σφάλματος, οι καταγραφές των μετακινήσεων στα πρώτα 10 μέτρα από την επιφάνεια για το κλισιόμετρο K3 έδειξαν μια σημαντική αύξηση. Όπως φαίνεται και από τις συνολικές μετακινήσεις στο διάγραμμα της Εικόνας 3.9, από τις 20/02/2013 μέχρι και 31/07/2013 είχαμε ένα άλμα σχεδόν 30 χιλιοστά, μετακίνηση που είχε υποδειχθεί ως προειδοποιητικό όριο συναγερμού στην μελέτη. Η μετακίνηση αυτή σύμφωνα με την ερμηνεία του μελετητή φαίνεται να συνδέεται με περιστροφικού μηχανισμού αστάθεια η οποία δεν εξελίχθηκε σε αστοχία. Ο ρυθμός της μετακίνησης σύμφωνα με το σύστημα ταξινόμησης κατά Cruden και Varnes (1996) είναι πολύ αργός.



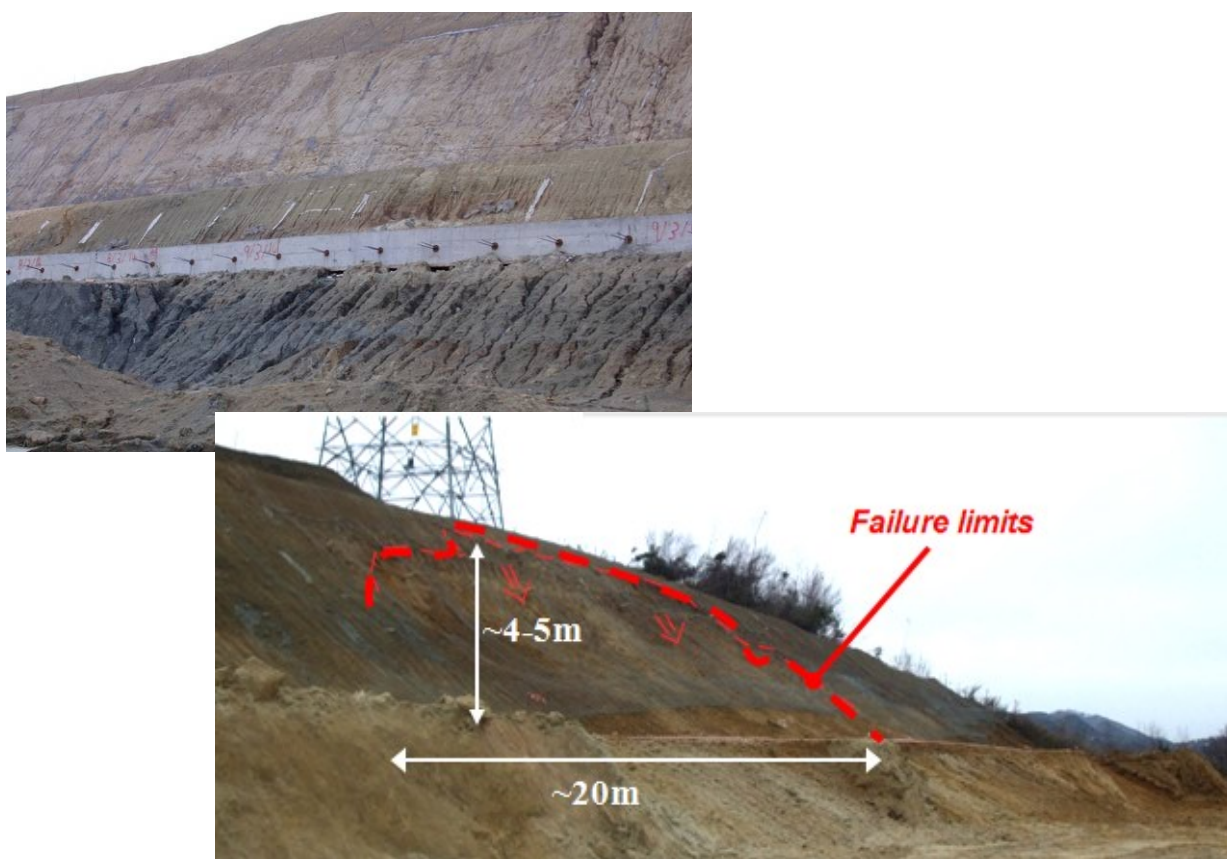
Εικόνα 3.9: Διαγράμματα συνολικής μετακίνησης για τα κλισιόμετρα από το διάστημα 12/03/2013 έως 1/11/2014

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Απρίλιος 2014 – Πρώτες αστοχίες και διαβρωτικά φαινόμενα στο Νοτιοδυτικό πρανές

Πέραν των ενδείξεων από το κλισιόμετρο στο δεύτερο χαμηλότερο σκέλος του βορειοανατολικού πρανούς και στο νοτιοδυτικό πρανές είχαμε τοπικά φαινόμενα διάβρωσης πρανούς και αστάθειας τον Απρίλιο του 2014. Ακολουθώντας μια περίοδος εντατικών εργασιών μέχρι τον Μάρτιο του 2014 και με την προχώρηση των εκσκαφών να έχει φτάσει το 30% περίπου του τελικού όγκου, την περίοδο αυτή, οι εργασίες είχαν διακοπεί λόγω των έντονων βροχοπτώσεων και της επανεξέτασης των γεωτεχνικών συνθηκών.

Η αστοχία εμφανίστηκε ως μικρής κλίμακας μεταθετικός μηχανισμός που επηρέασε μια έκταση πρανούς πλάτους περίπου 20 μέτρων, ύψους 4-5 μέτρων και βάθος 1 μέτρα (Εικόνα 3.10). Η ολίσθηση φαίνεται να συνέβη στη διεπιφάνεια μεταξύ του υπερκείμενου ψαμμίτη και του υποκείμενου ιλυόλιθου.



Εικόνα 3.10: Φωτογραφίες από αστάθεια στη ΧΘ 4+550 τον Απρίλιο 2014 στο Νοτιοδυτικό πρανές του Ορύγματος του Μουλλέτ

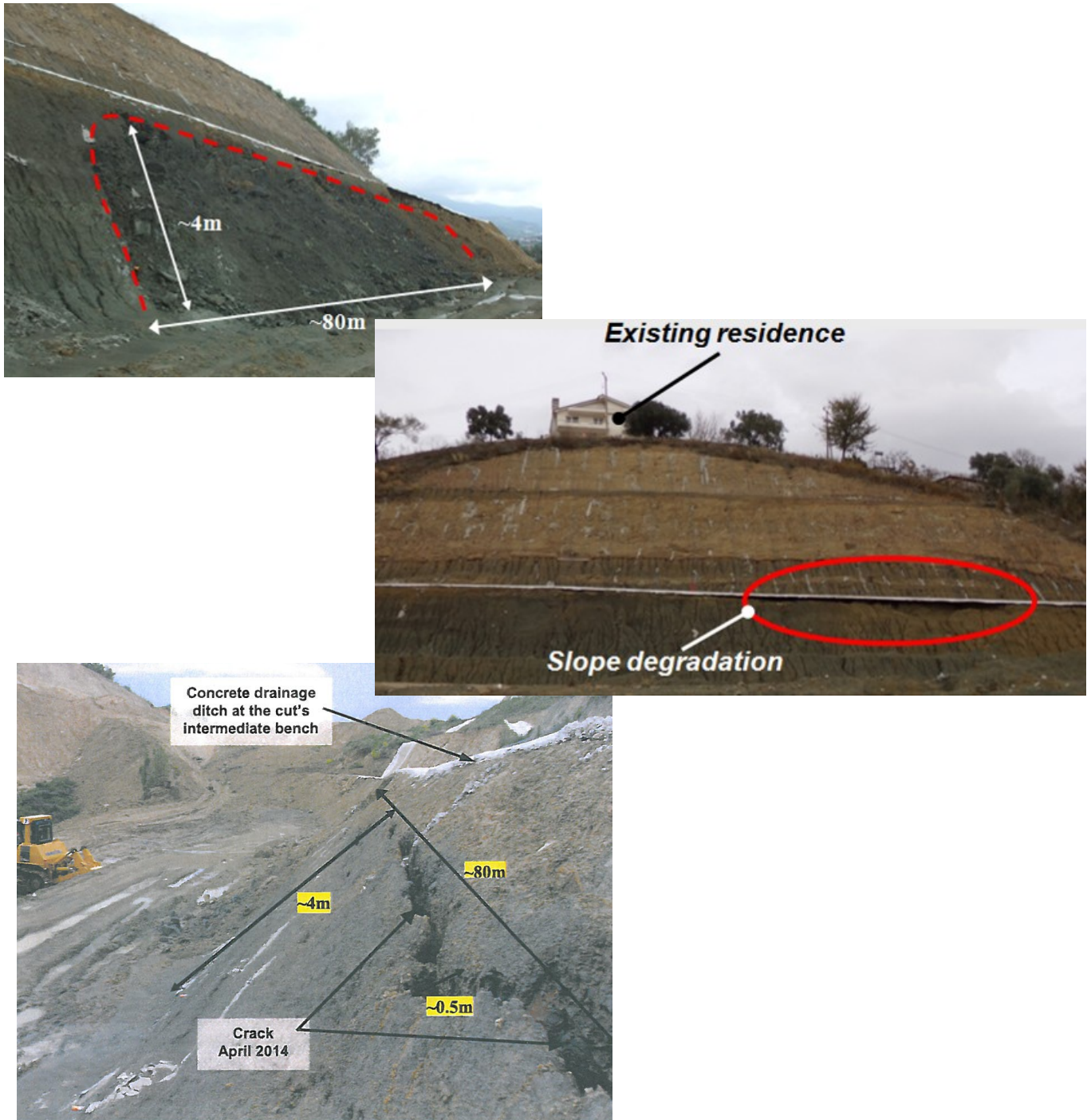
Απρίλιος 2014 – Αστοχίες και διαβρωτικά φαινόμενα στο ανατολικό τμήμα του βορειοανατολικού πρανούς

Στην ίδια περίοδο με το παραπάνω φαινόμενο και στο βορειοανατολικό πρανές όπου ήταν εγκατεστημένο και το κλισιόμετρο K3 (ΧΘ 4+725 – 4+800) εμφανίστηκαν τοπικά διαβρωτικά φαινόμενα και μεγάλης έκτασης επιφανειακή αστάθεια.

Η αστοχία εμφανίστηκε ως μέτριας κλίμακας μεταθετικός μηχανισμός που επηρέασε μια έκταση πρανούς πλάτους περίπου 80 μέτρων, ύψους 4 μέτρων και βάθος 1 μέτρα (Εικόνα 3.11). Στην

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ολισθαίνουσα μάζα ήταν εμφανής οριζόντιες ρωγμές με άνοιγμα 5 εκατοστών. Η ολίσθηση φαίνεται να συνέβη στη διεπιφάνεια μεταξύ των στρώσεων του ιλιολιθικού σχηματισμού.



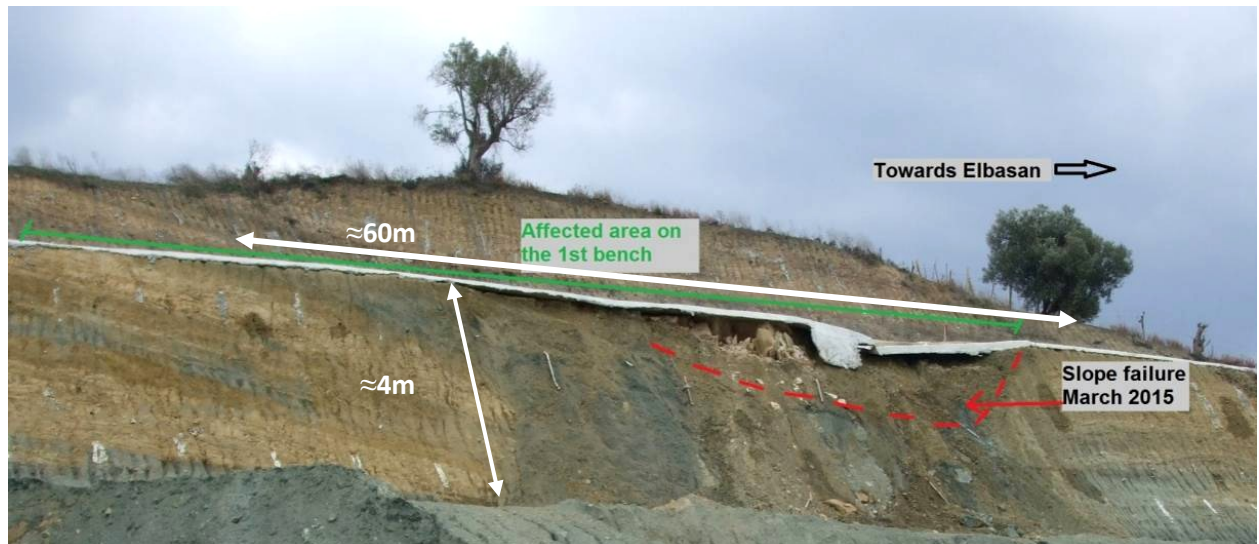
Εικόνα 3.11: Φωτογραφίες από αστάθεια στη ΧΘ 4+775 τον Απρίλιο 2014 στο Βορειοανατολικό πρανές του Ορύγματος του Μουλλέτ

Μάρτιος 2015 – Αστοχία στο δυτικό τμήμα του βορειοανατολικού πρανούς

Τον Μάρτιο του 2015 και μετά από μία μεγάλη περίοδο που οι εργασίες στο όρυγμα είχαν σταματήσει (από τον Μάρτιο του 2014) εμφανίστηκε μια ακόμη περιστροφικού τύπου αστοχία

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

που ξεκινάει ακριβώς κάτω από το σκυρόδεμα της αναβαθμίδας και εκτείνεται σε περίπου 60 μέτρα πλάτος κοντά στην επιφάνεια της αναβαθμίδας (πλάτος αποκόλλησης σκυροδέματος από επιφάνεια αναβαθμίδας) και μειώνεται προς τα κάτω. Το ύψος του συνολικού επηρεαζόμενου πρανούς φτάνει τα 4 μέτρα. Χαρακτηριστικό ύβωμα (διόγκωση) παρατηρήθηκε στο κάτω τμήμα της αστοχίας. Η αστοχία αυτή φαίνεται να σχετίζεται με την έντονη αποσάθρωση και διάβρωση του ήδη χαμηλών μηχανικών χαρακτηριστικών ιλυολιθικό σχηματισμό.



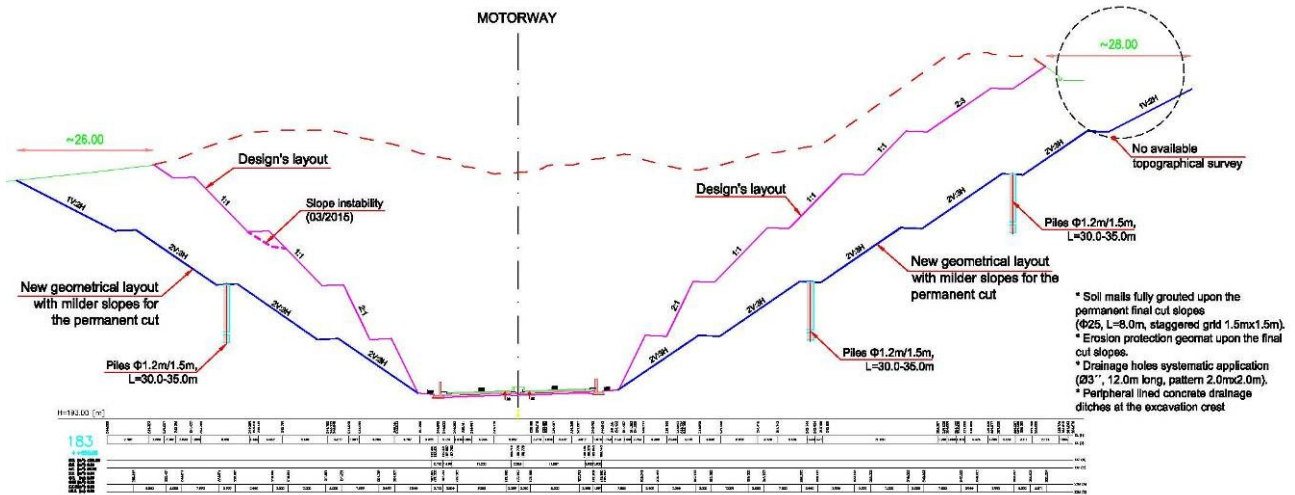
Εικόνα 3.12: Φωτογραφίες από αστάθεια στη ΧΘ 4+500 τον Μάρτιο 2015 στο Βορειοανατολικό πρανές του Ορύγματος του Μουλλέτ



3.2.4 Μέτρα Ανάσχεσης

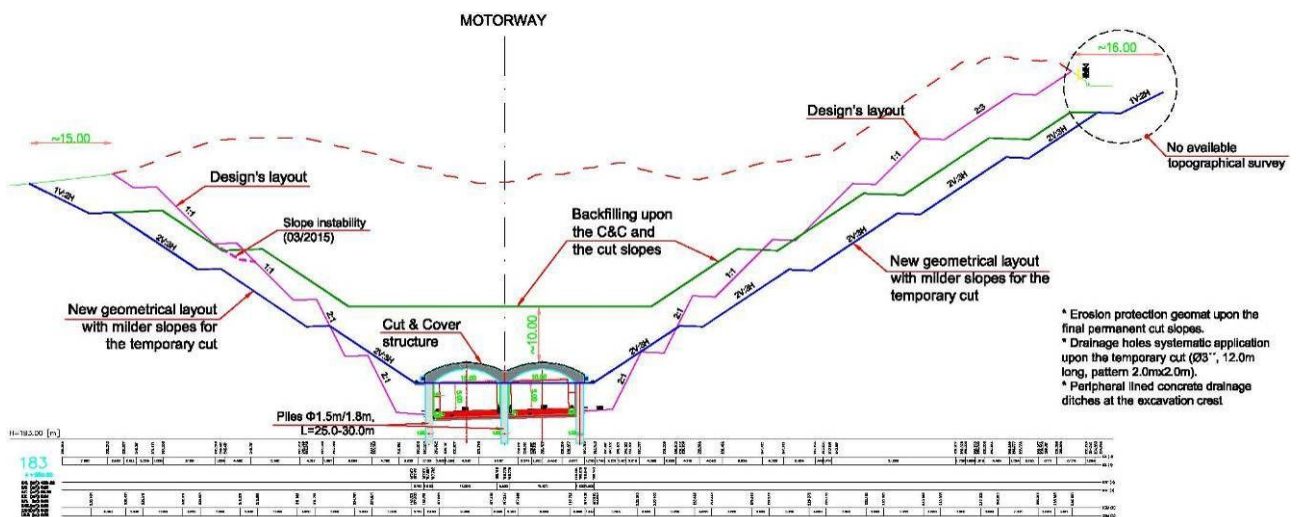
Για την ανάσχεσης των παραπάνω φαινόμενων επιπλέον γεωτεχνική έρευνα διεξαχθεί από τον Σεπτέμβριο του 2014. Τα μέτρα που προτάθηκαν μετά το πέρας της έρευνας συνοψίζονταν σε τρεις εναλλακτικές λύσεις :

- Κατασκευή ανοιχτού ορύγματος ηπιότερων κλίσεων και εντατικοποίηση των παθητικών μέτρων (πρόσθεση πασσαλοστοιχιών) (Εικόνα 3.13)



Εικόνα 3.13: Ενδεικτική τομή λύσης ανοιχτού ορύγματος για Όρυγμα Μουλλέτ (O&K, 2015)

- Cover and Cut στο τμήμα με το μεγαλύτερο βάθος και ενισχυμένο ανοιχτό ορύγμα στο υπόλοιπο του λόφου

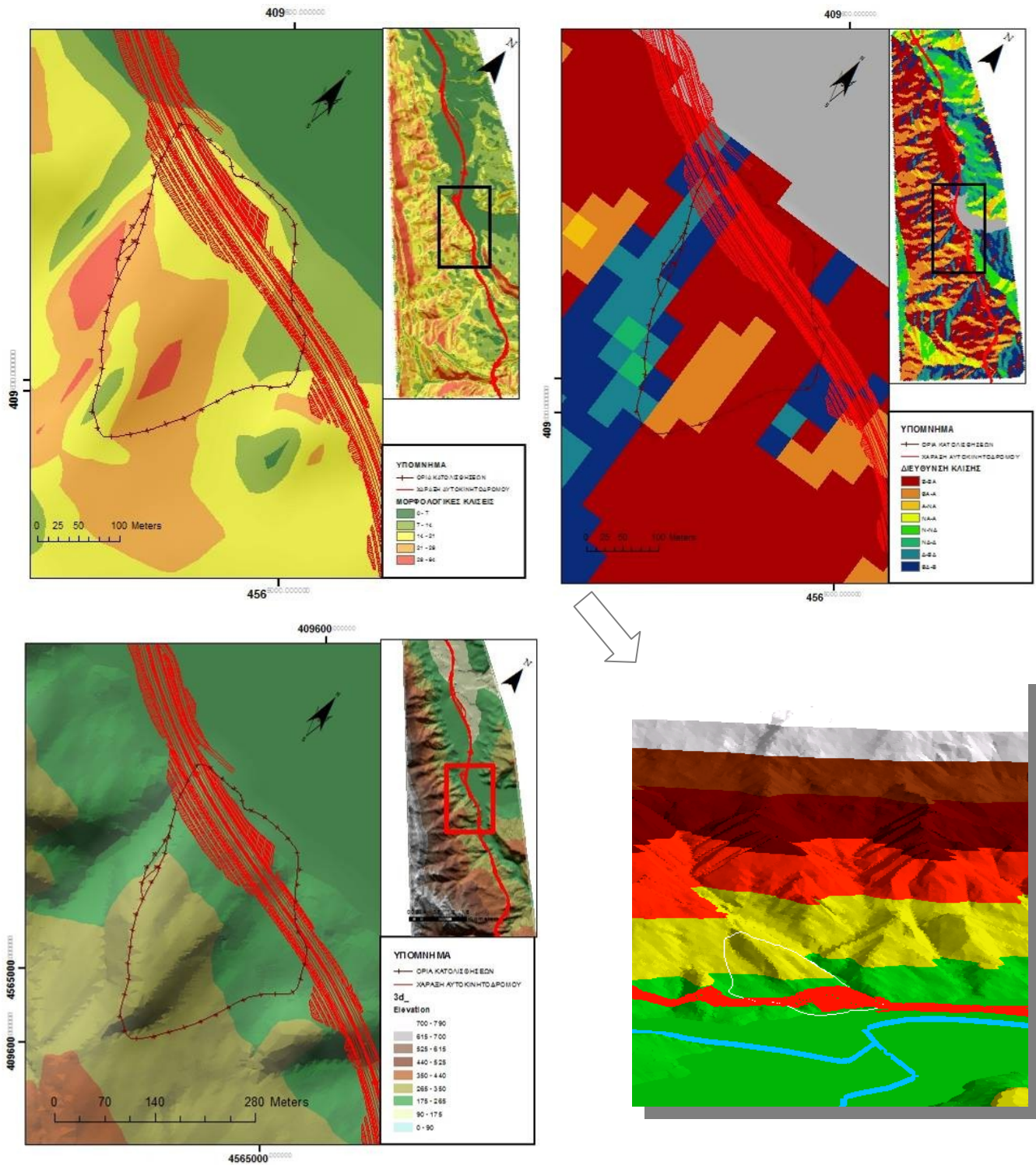


Εικόνα 3.14: Ενδεικτική τομή λύσης Cover and Cut για Όρυγμα Μουλλέτ (Η τομή αφορά την λύση με εφαρμογή ηπιότερων κλίσεων αντί για ενίσχυση των πρανών εκσκαφής για την διατήρηση των κλίσεων τελικής μελέτης) (O&K, 2015)

- Σήραγγα . Η λύση αυτή απορρίφθηκε εξαρχής λόγω μικρού βάθους και επειδή μια τέτοια λύση θα απαιτούσε την αλλαγή της χάραξης του δρόμου πολλά χιλιόμετρα πριν την είσοδο και μετά την έξοδο της σήραγγας. Το δεύτερο προς εξασφάλιση του διαπλατυμένου διαχωρισμού των δύο κατευθύνσεων που θα εισέρχονται και θα εξέρχονται από την σήραγγα.

Από τις υπόλοιπες δύο τεχνικά δόκιμες λύσεις προτιμήθηκε η λύση του ανοιχτού ορύγματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3



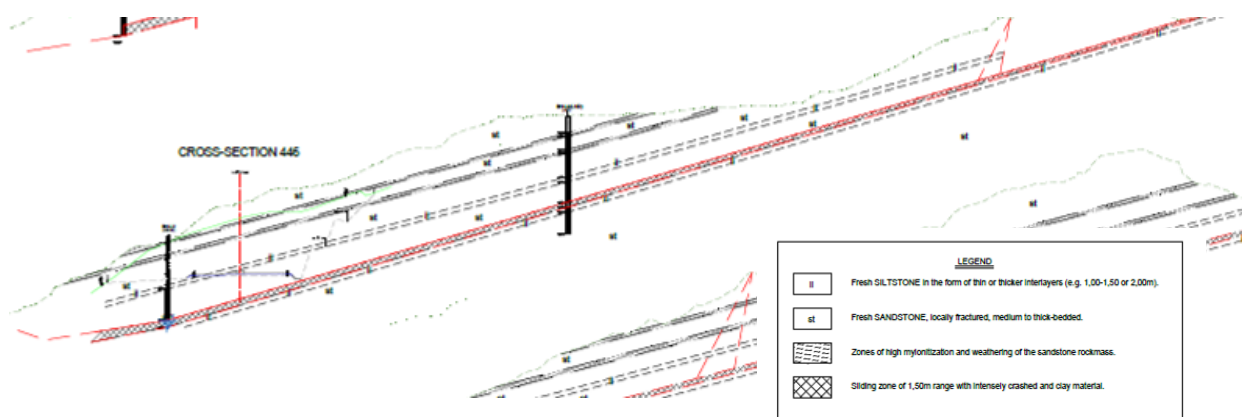
Εικόνα 3.16: Χάρτες Μορφολογικών κλίσεων, διεύθυνσης κλίσεων και υψόμετρου φυσικών πρηνών και τρισδιάστατη απεικόνιση στο κατολισθητικό φαινόμενο της Χ0 11+000

3.3.2 ΓΕΩΛΟΓΙΑ

Η περιοχή αυτή βρίσκεται εξίσου εντός των σχηματισμών της Περιαδριατικής Λεκάνης και συγκεκριμένα των Μολασσικών Αποθέσεων του Τορτονίου (N1t). Ο απαντώμενος σχηματισμός είναι μεσοστρωματώδης έως λεπτοστρωματώδης αποσαθρωμένος ψαμμίτης με λεπτές

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ενστρώσεις ιλυόλιθου με πάχος από 1-2 μέτρα και κλίση 17-19 ΒΑ. Μετά την συνολική γεωτεχνική μελέτη που συνίσταται σε δύο φάσεις – προ συμβάντος κατολίθησης και έπειτα από το συμβάν - με τα αποτελέσματα 2 γεωτρήσεων πριν και 3 γεωτρήσεων μετά η τελική γεωλογική τομή του σημείου αυτού διαμορφώθηκε όπως στην Εικόνα 3.17.



Εικόνα 3.17: Ενδεικτική γεωλογική τομή για την κατολίθηση στη ΧΘ 11+000 (GEOGNOSI, 2016)

Όσον αφορά την υδρολογία της ειδικής περιοχής, οι γεωτρήσεις έδειξαν ότι η στάθμη των υπόγειων νερών βρίσκεται σε βάθος 27 μέτρων περίπου από την επιφάνεια (κάτω από την επιφάνεια ολισθήσεως). Ωστόσο λόγω των αδιαπεράτων ιλυολιθικών στρώσεων στον διαπερατό ψαμμίτη αναμένονται εποχικές ροές στις διεπιφάνειες αυτών των σχηματισμών.

Οι παράμετροι του ψαμμιτικής μολάσσας που σύμφωνα με το κριτήριο Hoek – Brown 2002 (για φλύσχη) που χρησιμοποιήθηκε από τον μελετητή σύμφωνα με το παραπάνω μοντέλο είναι:

Πίνακας 3.4: Παράμετροι σχεδιασμού Ψαμμιτικής Μολάσσας στη ΧΘ 10+950 – 11+242

Παράμετροι Σχεδιασμού της Ψαμμιτικής Μολάσσας	
Ειδικό βάρος	$\gamma = 22.4 \text{ kN/m}^3$
Θλιπτική Αντοχή Άρρηκτου βράχου	$\sigma_{ci} = 8-35 \text{ MPa}$
GSI	50-60
Συντελεστής Ελαστικής Παραμόρφωσης	$E_m = 200 (90-430) \text{ MPa}$
Συνοχή βραχώμαζας	$c_m = 200 \text{ kPa}$
Γωνία εσωτερικής τριβής βραχώμαζας	$\phi_m = 35^\circ$

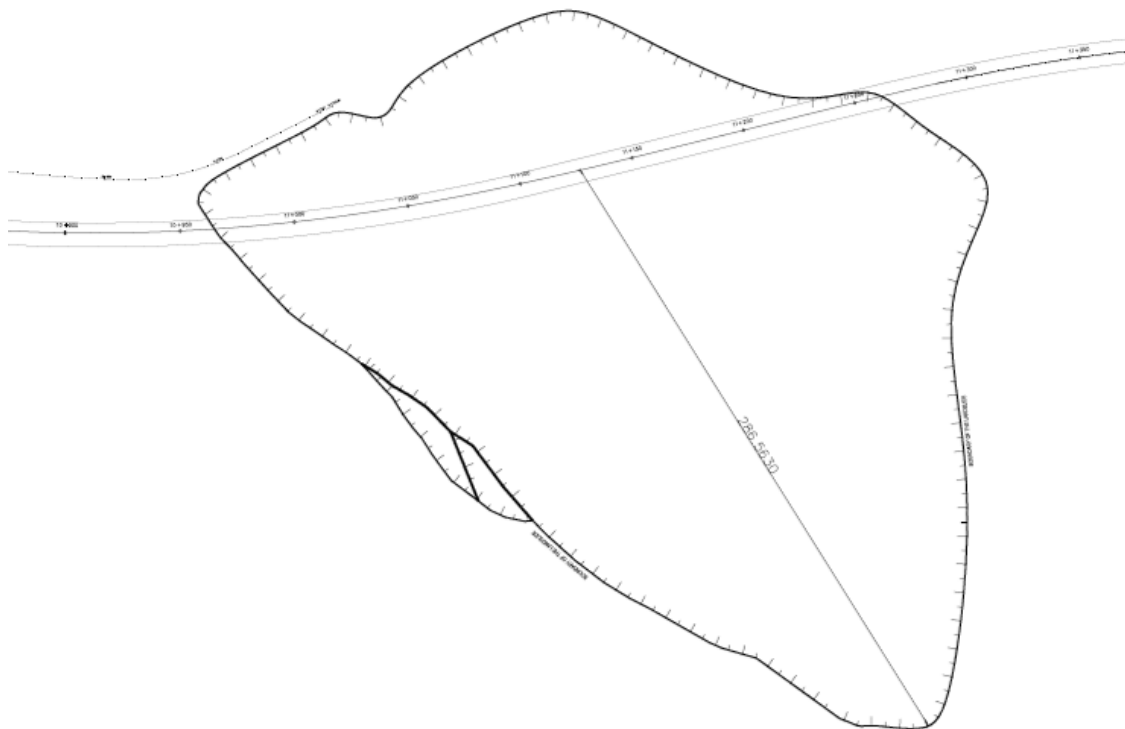
Πρέπει να επισημανθεί ότι για την εκτίμηση του GSI εκτός του κριτηρίου Hoek – Brown 2002 χρησιμοποιήθηκε και η ταξινόμηση RMR η οποία επέφερε ελαφρά αύξηση των τιμών του GSI από το κριτήριο Hoek – Brown 2002 οι οποίες προέκυψαν GSI 40 – 50. Ακόμα και σύμφωνα με το πιο πρόσφατο κριτήριο για μολλασικούς σχηματισμούς Hoek –Marinos, 2007 ο σχηματισμός αυτός θα ήταν τύπος M4 με GSI 40 – 50.

ΔΕΙΚΤΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ (GSI) ΓΙΑ ΣΧΑΣΙΜΗ ΜΟΛΑΣΣΑ		ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ	
Εφαρμοστέα κυρίως σε επιφανειακές εκσκαφές (E. Hoek, P. Marinos και B. Marinos, 2004)		(αριθμός επιπέδων σπασίματος)	
<p>Βασίζομενοι στην περιγραφή της λιθολογικής ασοτοχίας, της δομής και της ποιότητας των ασυνεχών (κυρίως της στρώσης) της βροχόμαζας επιλέγεται το κατάλληλο πεδίο του πίνακα. Επιλέγεται τη θέση στο πεδίο που περιγράφει τις συνθήκες και εκτιμάτε τη μέση τιμή του GSI από τις κορυφές. Το να επιλέξετε ένα έσχατο τιμόνι από 33 έως 37 είναι πιο ρεαλιστικό από το να δηλώσετε ότι το GSI = 35. Ο καθορισμός της δομής καθώς και της ποιότητας των ασυνεχών μπορεί να κριθεί με τον μετρημένο αριθμό γειτονικών πεδίων, τονίζεται ιδιαίτερα ότι το κριτήριο Hoek - Marinos δεν εφαρμόζεται σε αστόθεις που ελέγχονται από συγκεκριμένες αναφορές όπως οι αστόθεις επί της επιφάνειας (όπως διατηρημένα ερείκη στρώσης) έναν διαμένη προσανατολισμό σε σχέση με την εκσκαφή. Τότε αυτές καθορίζουν την συμπεριφορά της βροχόμαζας. Η αντοχή ορισμένων βροχόμαζων μειώνεται από τη παρουσία του υπόγειου νερού και αυτό μπορεί να ληφθεί υπόψη με μισή μετατόπιση προς τα δεξιά στις στήλες της μέτριας, πτωχής και πολύ πτωχής κατάστασης ασυνεχών. Η θέση του νερού δεν μεταβάλλει την τιμή του GSI και λαμβάνεται υπόψη με την ανάλυση ενεργών τάσεων στους υπολογισμούς.</p>		<p>ΠΟΛΥ ΚΑΛΗ Πολύ τριβές, υγιές, μη αποσφραγισμένες επιφάνειες.</p> <p>ΚΑΛΗ Τριβές, κάποια αποσφραγισμένες και ελαφρώς επιρρεπείς.</p> <p>ΜΕΤΡΙΑ Με λίγες αποσφραγισμένες και ελαφρώς επιρρεπείς επιφάνειες.</p> <p>ΠΩΧΗ Πολύ λίγες, κατά περίπτωση ελαφρώς επιρρεπείς με σμηρή επιφάνεια ή υλικό πύκνωσης με κωνικό ήρωμα.</p> <p>ΠΟΛΥ ΠΩΧΗ Υπό σφραγισμένες επιφάνειες ή υλικό πύκνωσης με κωνικό ήρωμα ή υλικό πύκνωσης ή επιρρεπείς.</p>	
<p>ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΣΥΝΘΕΣΗ</p> <p>ΤΥΠΟΣ M3. Παχιστοιματώδης ψαμμίτης σε στρώσεις μεγάλου πάχους ή ισχυρά συγκολλημένα κροκαλοπηγή. Η επιφάνεια των κροκαλοπηγών εξαχρηστεύεται από τον τριβισμό της βροχόμαζας. Σε σπάνιες περιπτώσεις ή τριβή, αυτές οι στρώσεις είναι προκαλούσαν δομικά ελεγχόμενη αστόθεια</p> <p>ΤΥΠΟΣ M4. Ψαμμίτης ή ισχυρά συγκολλημένα κροκαλοπηγή με λεπτές εντροπικές ιαμβίλλες</p> <p>ΤΥΠΟΣ M5. Ψαμμίτης και κροκαλοπηγή με σχετικά ιαμβίλλες σε ανάλογες ποσότητες</p> <p>ΤΥΠΟΣ M6. Τριμιατώδης - σκατοδής - σχόμος (ιαμβίλλες ή ιαμβίλλες σκατοδής με εντροπικές ψαμμίτη</p> <p>ΤΥΠΟΣ M7. Έντονα, ανάλογα την αποσφραγιστική στρατηγική - σχόμος έως αποδιοργανωμένος ιαμβίλλες ή ιαμβίλλες σκατοδής με ή χωρίς μερικές πολύ λεπτές στρώσεις ψαμμίτη</p>		<p>ΜΕΙΩΜΕΝΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ</p> <p>70</p> <p>60</p> <p>50</p> <p>40</p> <p>30</p> <p>20</p> <p>10</p>	

Σχήμα 3.1: Κριτήριο για μολασικούς σχηματισμούς Hoek –Marinos, 2007

3.3.3 Εμφάνιση και Εξέλιξη Φαινομένου Αστοχίας

Στις 13 Δεκεμβρίου του 2014, και χωρίς να έχει δώσει καταφανής πρότερες ενδείξεις, σοβαρό φαινόμενο αστοχίας έκανε την εμφάνιση του επηρεάζοντας μια έκταση ~290 μέτρων άνωθεν του άξονα του δρόμου και πλάτους περίπου 450 μέτρων (10+950 – 11+400). Η επιφάνεια της κατολισθαίνουσας μάζας φτάνει περίπου τα 70.000 τετ. μέτρα και ο όγκος της υπολογίζεται σε 1,8 εκατομμύρια κυβικά μέτρα (Εικόνα 3.18). Όλη η μετακίνηση έλαβε χώρα μέσα σε χρονικό διάστημα 1 ώρας, χαρακτηρίζοντας την κατολίθωση ως εξαιρετικά γρήγορη με το σύστημα ταξινόμησης κατά Cruden και Varnes (1996). Οι εκσκαφές πριν την κατολίθωση είχαν προχωρήσει μέχρι το επίπεδο του αυτοκινητόδρομου.

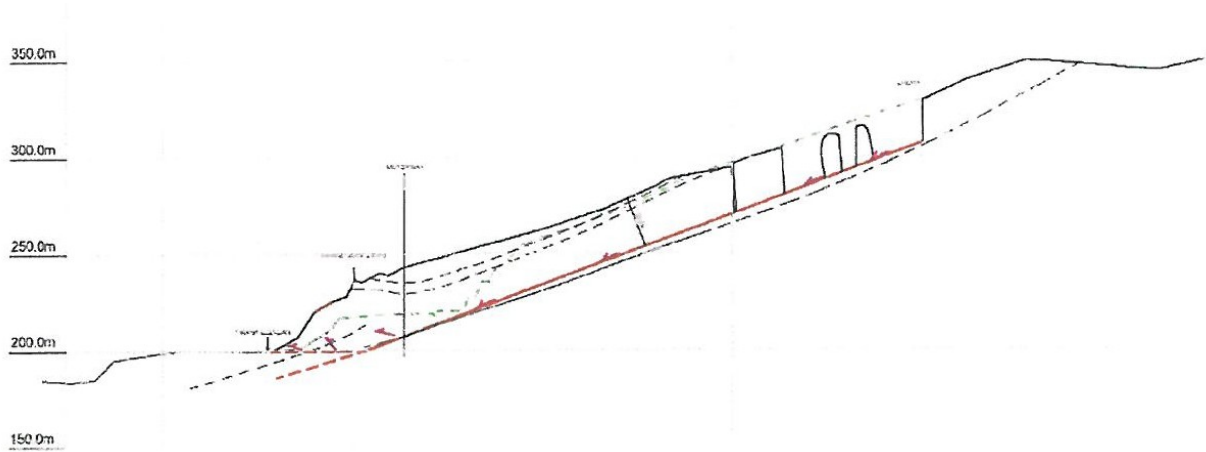


Εικόνα 3.18: Περιγραφή και έκταση κατολίθωσης στη Χ0 11+000

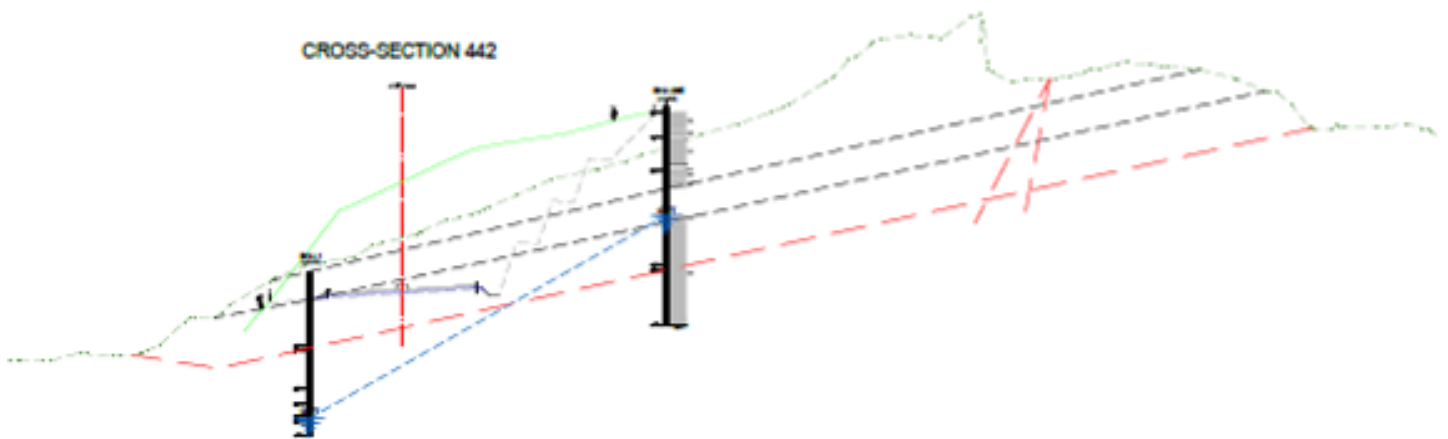
Η πρώτη τελική μελέτη των χιλιομετρικών αυτών θέσεων προέβλεπε αναβαθμίσεις των 4 μέτρων κάθε 8 μέτρα ενώ οι άνω δύο κλίσεις πρηνών ήταν 1:1 και 3:1 στη συνέχεια. Για την πτώση βράχων είχε προβλεφθεί μονοαξονικό μεταλλικό πλέγμα και για την συγκράτηση του τεχνητού

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

εμφανίστηκαν ροές νερού που ερμηνεύτηκαν ως επικρεμμάμενοι υδροφόροι ορίζοντες λόγω της φύσης των σχηματισμών (διαπερατός ψαμμίτης με ενστρώσεις αδιαπέρατου σχεδόν λυόλιθου). Το νερό αυτό που εγκλωβίζεται ανάμεσα στη διαπερατή και αδιαπέρατη στρώση φαίνεται να είναι και ο λόγος του ακόμα μεγαλύτερου υποβιβασμού των μηχανικών χαρακτηριστικών της αργιλώδης λυολιθικής στρώσης που απαντήθηκε στην περιοχή (Εικόνα 3.25)



Εικόνα 3.20: Σχηματική απεικόνιση της γεωμετρίας της κατολίσθησης (Golder Associates Ltd., Feb. 2015)



Εικόνα 3.21: Σχηματική απεικόνιση της γεωμετρίας της κατολίσθησης (GEOGNOSI, 2016)

Στις παρακάτω φωτογραφίες παρίσταται η κατάσταση αμέσως μετά το γεγονός.



Εικόνα 3.22: Νοτιοανατολική όψη μετά το κατολισθητικό φαινόμενο στη ΧΘ 11+000

Εικόνα 3.23: Βορειοδυτική όψη μετά το κατολισθητικό φαινόμενο στη ΧΘ 11+000



Εικόνα 3.24: Φωτογραφία από σχηματισμό μετά την κατολίσηση (αριστερά) και της ροής νερού στο αποστραγγιστικό παρειανά του πρηνούς ακριβώς μετά την κατολίσηση (δεξιά)



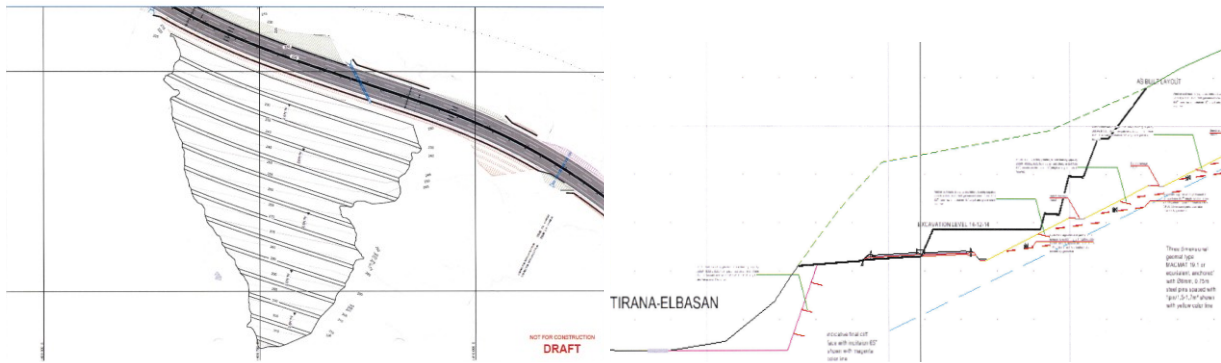
Εικόνα 3.25: Εμφανιζόμενη πιθανή επιφάνεια ολίσθησης (ΧΘ 11+000)

3.3.4 Μέτρα Ανάσχεσης

Διαφορές λύσεις προτάθηκαν και διερευνήθηκαν για χάρη της αποκατάστασης της κατολίσθησης αυτής . Οι πρώτες προτάσεις συνοψίζονται στις εξής:

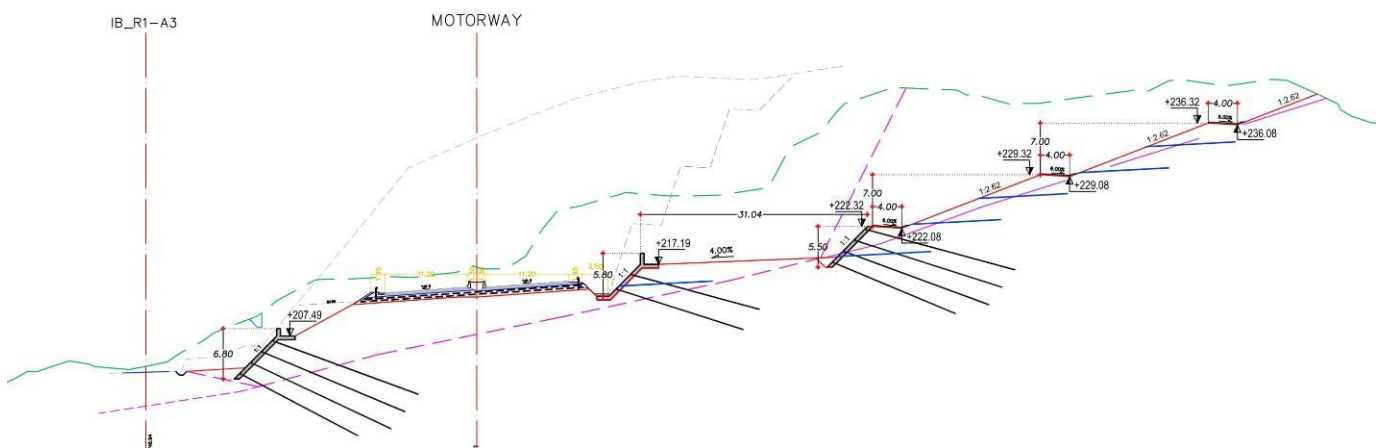
- Διατήρηση της προ της κατολίσθησης διαμόρφωση με ενίσχυση από 4 σειρές πασσαλοστιχίες.
- Διατήρηση της προ της κατολίσθησης διαμόρφωση με ενίσχυση από 4 σειρές από αγκυρομένες πασσαλοστιχίες.
- Αναδιαμόρφωση όλης της κατολαισθαινουσας περιοχής ώστε η κλίση των πρανών να είναι ίδια με την κλίση της εσωτερικής τριβής που βρέθηκε από τις ανάστροφες αναλύσεις (21°) . Σύμφωνα με αυτή τη λύση το πρανές διαμορφώνεται με βαθμίδες των 7 μέτρων, κλίσεων 1:2.6, με αναβαθμίδες των 4 μέτρων και ηλώσεις κατά μήκος όλου του αναδιαμορφωμένου πρανούς (Εικόνα 3.26). Εκτεταμένα αποστραγγιστικά μέτρα συνοδεύουν τα παραπάνω.

Ωστόσο οι πρώτες δύο λύσεις στη φάση αυτή της προμελέτης δεν απέδιδαν ικανοποιητικούς συντελεστές ασφαλείας και ακόμα και μια ενίσχυση τους με επιπλέον μέτρα είχε ακόμα μεγάλο βαθμό ανασφάλειας, αφού οι κατασκευαστικές απαιτήσεις και την επανεπίχωση της ολισθαίνουσας μάζας και η σταθεροποίηση της, τις καταστούσαν επίφοβες λύσεις . Η τρίτη πέραν της οικονομικότητας της κρίθηκε ως η πιο ασφαλής σε αυτή την φάση.

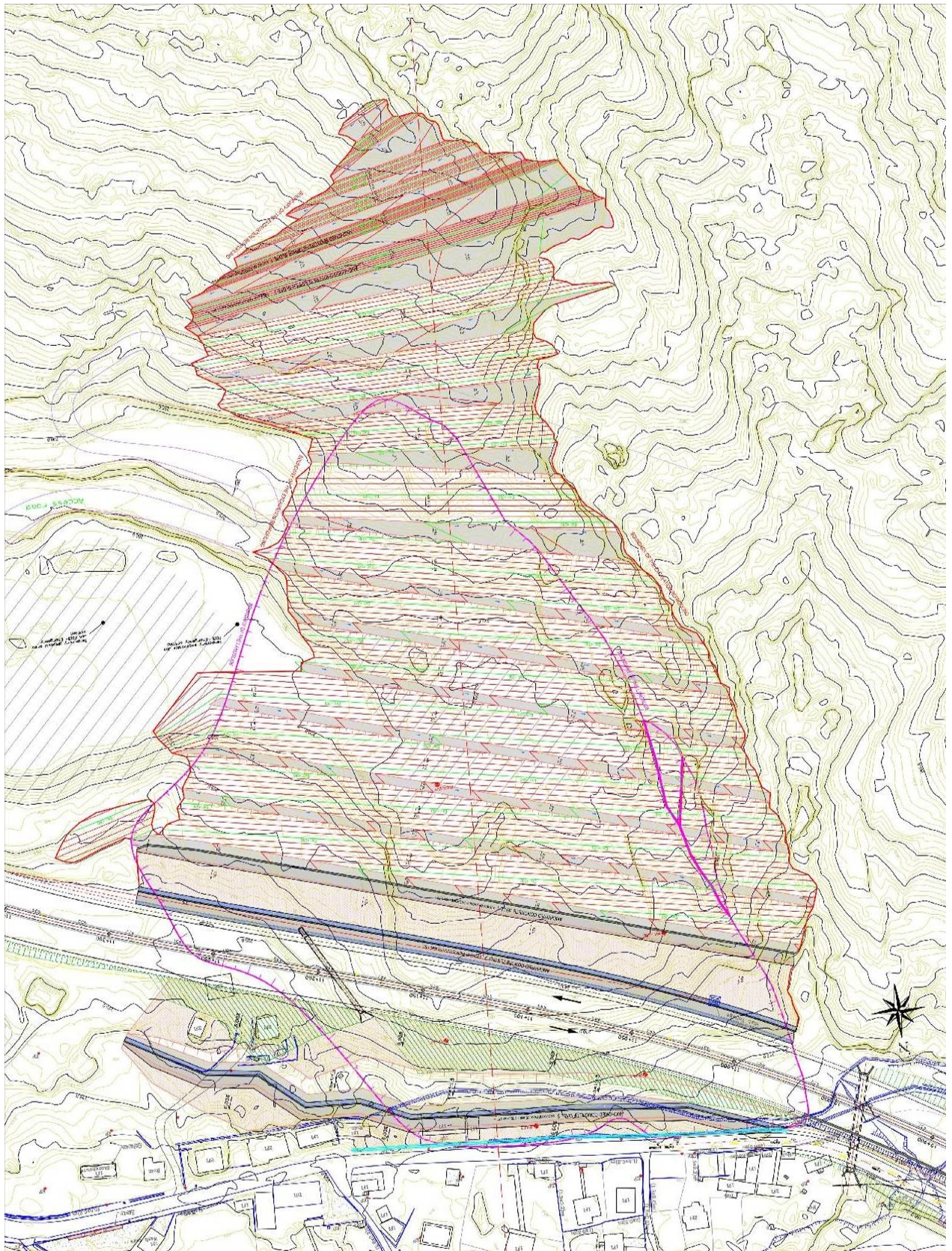


Εικόνα 3.26:Ενδεικτική οριζοντιογραφία και τμήμα τομής για την πρόταση της ολικής αναδιαμόρφωσης (Golder Associates (UK) Ltd, March 2015)

Τελικά η επιλεχθείσα λύση για την αναχαίτιση του φαινομένου ήταν ουσιαστικά μια παρόμοια λύση με την προτεινόμενη στην προμελέτη αναδιαμόρφωση. Στο στάδιο όμως της τελικής μελέτης και μετά από ενδελεχή διερεύνηση όλων των παραγόντων, μεγαλύτερη έκταση ορίστηκε προς αναμόρφωση και επιπλέον παθητικά μέτρα με παθητικά αγκύρια σε συνδυασμό με τοίχους σκυροδέματος ή εκτοξευόμενο σκυρόδεμα αποφασίστηκαν. Η γεωμετρία των βαθμίδων παρέμεινε όπως σχέδιο αναχαίτισης της προμελέτης – βαθμίδες 7 μέτρων, κλίσης 1:2.6 με ενδιάμεσα αναβαθμίδες των 4 μέτρων με κατάλληλη κλίση προς απορροή υδάτων - και η ενίσχυση με τα αγκύρια και τους τοίχους σκυροδέματος ή εκτοξευόμενο σκυρόδεμα στις βαθμίδες εκείνες όπου η αναδιαμόρφωση απαιτούσε μεγαλύτερες κλίσεις από την 1:2.6 (1:1 ή 1:1.5). Τα αγκύρια τοποθετούνται σε κάναβο 1.5x1.5 και έχουν μήκος από 18 μέχρι 30 μέτρα. Παρακάτω παρατίθενται η οριζοντιογραφία της τελικής μελέτης αναχαίτισης κατολίθησης για τη ΧΘ 11+000 και ενδεικτική τομή αυτής.



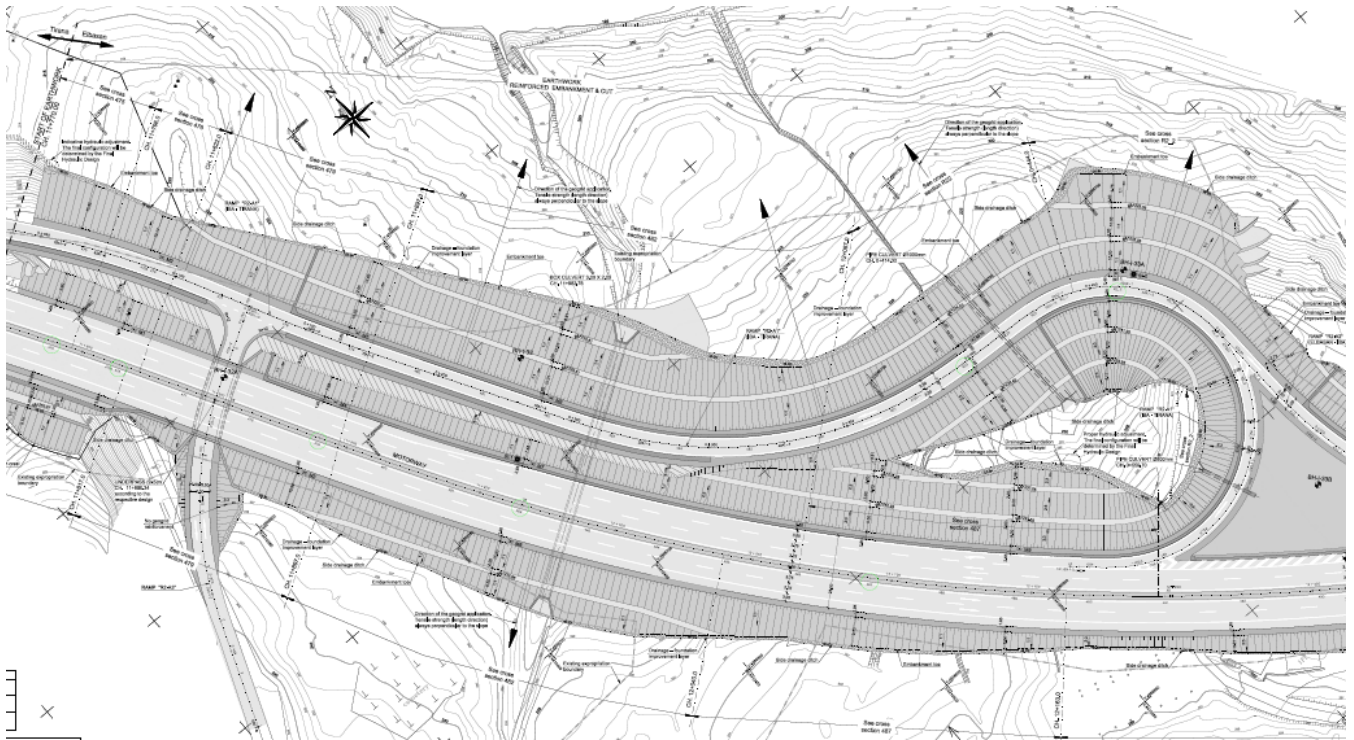
Εικόνα 3.27:Ενδεικτική τομή τελικής μελέτης αναχαίτισης της κατολίθησης στη ΧΘ 11+000 (GEOGNOSI, 2016)



Εικόνα 3.288:Οριζοντιογραφία τελικής μελέτης αναχίτησης της κατολίσησης στη ΧΘ 11+000 (GEOGNOSI, 2016)

3.4 Φαινόμενο Αστάθειας ΧΘ 12+000

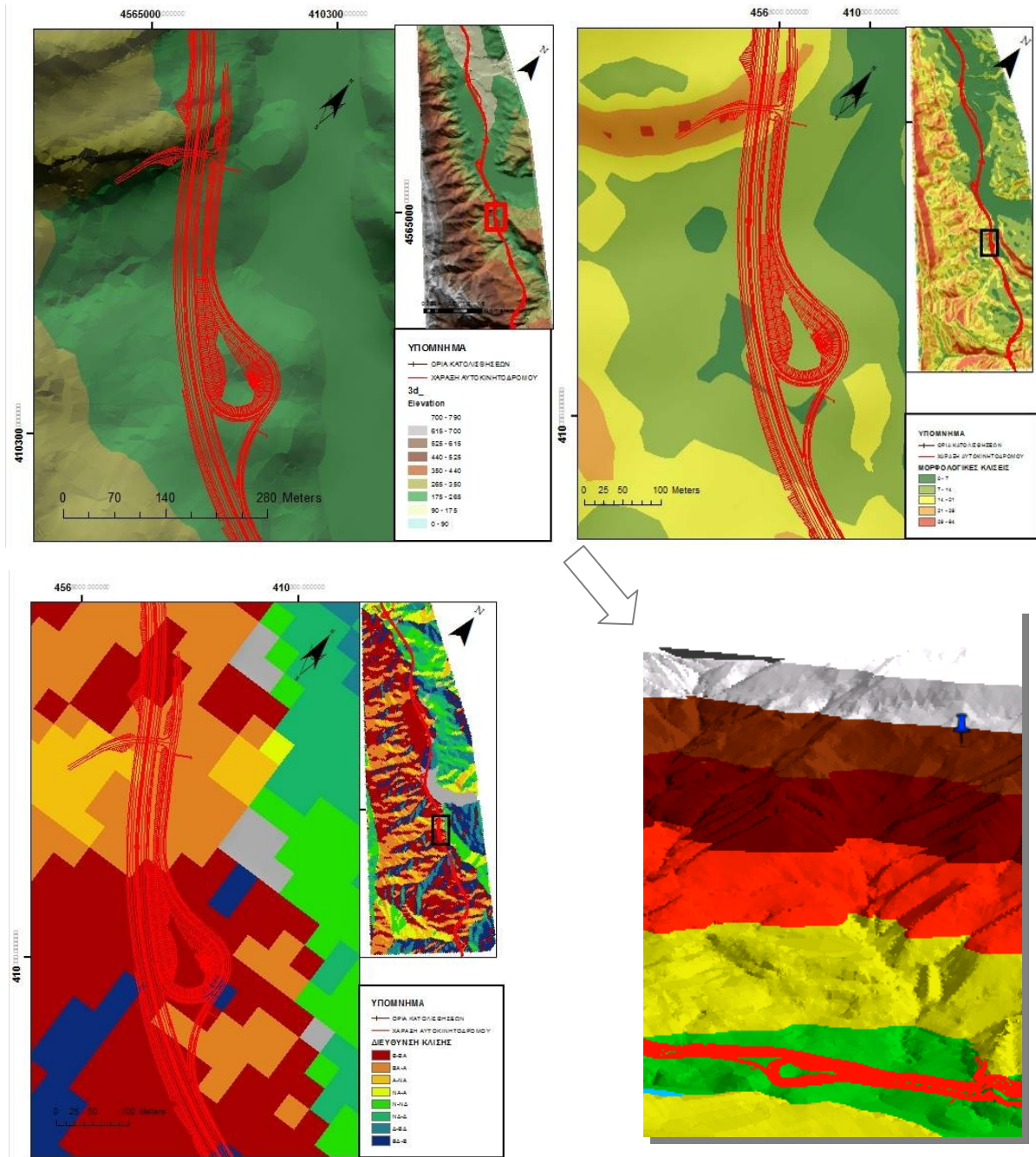
Από την χιλιομετρική θέση 11+770 μέχρι 12+675 βρίσκεται ένα από τα υψηλότερα (≈ 30 μέτρα) και σημαντικότερα επιχώματα του έργου αφού εκτός του αυτοκινητοδρόμου φιλοξενεί σε αυτή την θέση και το αριστερό στέλεχος του κόμβου της Ίμπας. Το γεγονός αυτό έχει σαν συνέπεια το βάρος του επιχώματος σχεδόν να διπλασιάζεται σε αυτά τα χιλιόμετρα. Η θέση του επιχώματος είναι περίπου 70 μέτρα από την κοίτη του ποταμού στα βορειοανατολικά και ύστερα από την υπόγεια διάβαση εντός του επιχώματος αφήνει την υπάρχουσα εθνική οδό Δυτικά-Βορειοδυτικά του (Εικόνα 3.29).



Εικόνα 3.29: Οριζοντιογραφία αρχικής τελικής μελέτης αριστερού κόμβου Ίμπας (ΟΜΙΚΡΟΝ ΚΑΡΡΑ Consulting, 2012)

3.4.1 Μορφολογία

Η μορφολογία και σε αυτή την περιοχή είναι εντός του λοφώδους ανάγλυφου που χαρακτηρίζει την περιοχή σε μια ζώνη ποτάμια αναβαθμίδας με γενικά χαμηλές μορφολογικές κλίσεις (μέχρι 14°) με γενικό προσανατολισμό πρηνών προς τα Βορειοανατολικά (προς το ποτάμι). Η στάθμη της θεμελίωσης του επιχώματος είναι περίπου 30-50 μέτρα από την στάθμη του ποταμού.



Εικόνα 3.30 : Χάρτες Μορφολογικών κλίσεων, διεύθυνσης κλίσεων και υψομέτρου φυσικών πρηνών και τρισδιάστατη απεικόνιση στο φαινόμενο αστάθειας της ΧΘ 12+000

3.4.2 Γεωλογία

Η ΧΘ είναι εντός των μολασικών αποθέσεων του Τορτονίου όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 2. Οι συγκεκριμένοι σχηματισμοί που συνθέτουν τις αποθέσεις στο σημείο αυτό χαρακτηρίζονται γενικώς ως αργιλώδης ιλυόλιθος και αμμώδης ιλυόλιθος με λεπτές στρώσεις και κατά τόπους ογκόλιθους από ψαμμίτη. Σύμφωνα με τις τελικές μελέτες μετά από τις γεωτεχνικές

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

διερευνήσεις στη περιοχή οι στρώσεις των σχηματισμών που επικρατούν έχουν ως εξής (από πάνω προς τα κάτω):

1. Αποσαθρωμένος μανδύας κυρίως ιλυώδη άργιλο πάχους περίπου 9 μέτρων.

Πίνακας 3.5: Παράμετροι σχεδιασμού της στρώσεως αποσαθρωμένου μανδύα στη ΧΘ 12+000

Παράμετροι Σχεδιασμού Σχηματισμού Αποσαθρωμένου Μανδύα	
Ειδικό βάρος	$\gamma = 20.0\text{kN/m}^3$
Δείκτης Πλαστικότητας	$PI = 19,6$
Ενεργή Συνοχή	$c' = 32\text{kPa}$
Ενεργή γωνία εσωτερικής τριβής	$\phi' = 21^\circ$
Αστράγγιστη διατμητική Αντοχή	$S_u = 100\text{kPa}$
Συντελεστής Ελαστικής Παραμόρφωσης	$E_s = 8 \text{ MPa}$

2. Πολύ αποσαθρωμένο αργιλικό υπολειμματικό έδαφος μεταβλητού πάχους

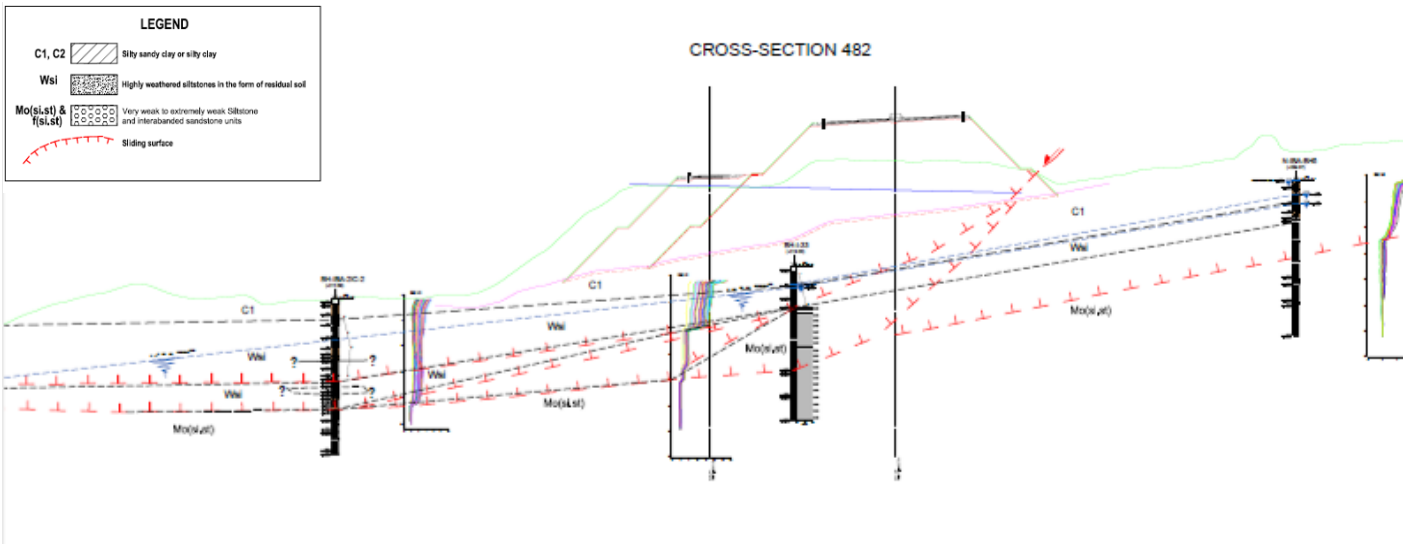
Πίνακας 3.6: Παράμετροι σχεδιασμού της στρώσεως Υπολειμματικού εδάφους στη ΧΘ 12+000

Παράμετροι Σχεδιασμού Σχηματισμού Υπολειμματικού Εδάφους	
Ειδικό βάρος	$\gamma = 20.0\text{kN/m}^3$
Δείκτης Πλαστικότητας	$PI = 17,4$
Ενεργή Συνοχή	$c' = 19\text{kPa}$
Ενεργή γωνία εσωτερικής τριβής	$\phi' = 24^\circ$
Αστράγγιστη διατμητική Αντοχή	$S_u = 96\text{kPa}$
Συντελεστής Ελαστικής Παραμόρφωσης	$E_s = 15 \text{ MPa}$

3. Μολασσικό υπόβαθρο χαμηλών μηχανικών ιδιοτήτων με ιλυόλιθο και ψαμμίτη με τις ιλυολιθικές στρώσεις να έχει εκφυλιστεί κατά τόπους σε αργιλικό σχηματισμό. Στο υπόβαθρο αυτό εμφανίζονται πολλές ζώνες διάτμηση οι οποίες είναι γεμάτες από υπολειμματικό αργιλικό έδαφος. Κάτω από την ζώνη αστάθειας το πάχος του αποσαθρωμένου αργιλικού μανδύα φαίνεται να αυξάνεται γεγονός που μπορεί αν οφείλεται στην κάλυψη με το υλικό αυτό των κανονικών ρηγμάτων της περιοχής ενώ άνωθεν της αστάθειας εντοπίστηκαν διακλάσεις που σχηματίζουν επιφάνειες ομόρροπες με τα φυσικά πρηνή.

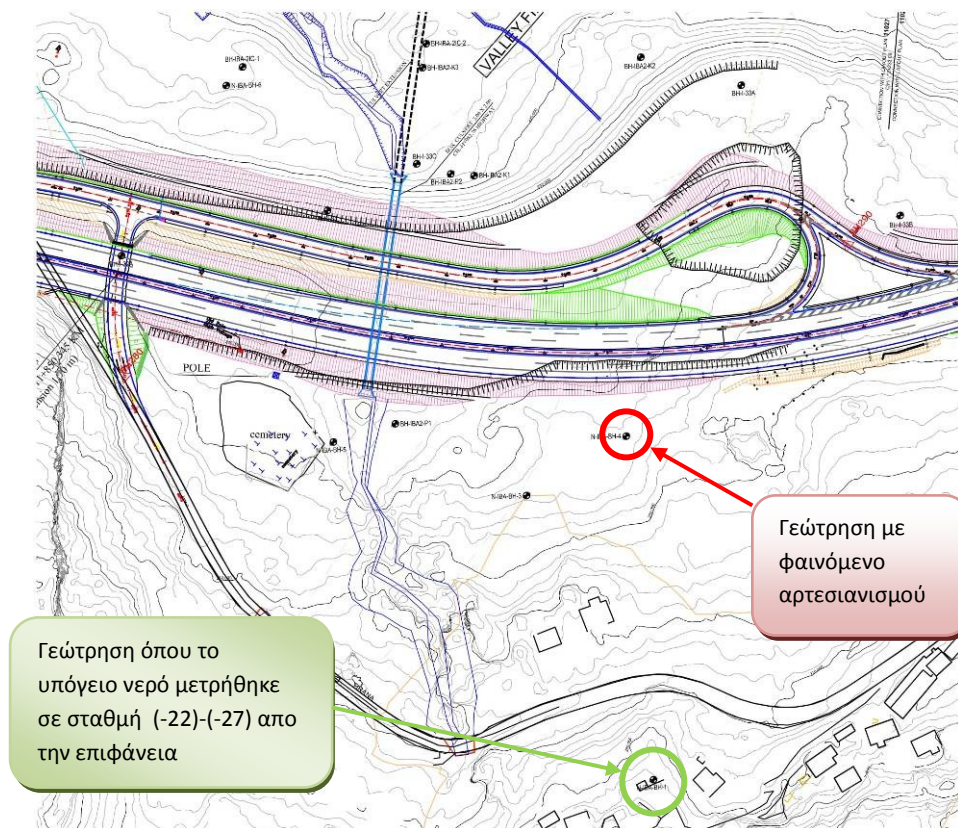
Πίνακας 3.7: Παράμετροι σχεδιασμού της στρώσεως Μολασσικού Υποβάθρου στη ΧΘ 12+000 (Το GSI εξάχθει από Hoek Μαρίνος 2007 για μολάσσα, κατηγορία M6)

Παράμετροι Σχεδιασμού της Ψαμμιτικής Μολάσσας	
Ειδικό βάρος	$\gamma = 23.8\text{kN/m}^3$
Θλιπτική Αντοχή Αρρήκτου βράχου	$\sigma_{ci} = 16-26\text{MPa}$
GSI	30-35
Συντελεστής Ελαστικής Παραμόρφωσης	$E_m = 200 (90-510)\text{MPa}$
Συνοχή βραχώμαζας	$c_m = 100\text{kPa}$
Γωνία εσωτερικής τριβής βραχώμαζας	$\phi_m = 30^\circ$



Εικόνα 3.31: Ενδεικτική γεωλογική τομή της ΧΘ 12+000 (GEOGNOSI, 2016)

Όσον αφορά τα υπόγεια ύδατα στην ειδική περιοχή μελέτης αυτά από τις πιεσομετρικές μετρήσεις προκύπτουν κοντά στην επιφάνεια του φυσικού εδάφους στην μεγαλύτερη έκταση. Τοπικά εμφανίστηκαν και φαινόμενα αρτεσιανισμού ενώ άνωθεν της περιοχής αστάθειας η πιεσομετρική μέτρηση έδειξε ότι το νερό είναι χαμηλότερα (Εικόνα 3.31). Αυξομειώσεις του υπόγειου οριζοντα παρατηρούνται ανάμεσα στις ξηρές και υγρές περιόδους. Γενικά οι σχηματισμοί στην περιοχή βρέθηκαν κορεσμένοι.



Εικόνα 3.32: Οριζοντιογραφία με διακριτές τις ειδικές θέσεις υπόγειου νερού

3.4.3 Εμφάνιση και Εξέλιξη Φαινόμενου Αστάθειας

Οι κατασκευαστικές εργασίες στη θέση αυτή άρχισαν τον Αύγουστο του 2012. Από την έναρξη τους ήταν εμφανές ότι το έδαφος έδρασης ήταν πολύ χαμηλής αντοχής κορεσμένο αργιλικό έδαφος. Ενδεικτικό της ποιότητας του ήταν το γεγονός ότι κατά την εκσκαφή για την θεμελίωση του επιχώματος οι δημιουργημένες βαθμίδες εμφάνιζαν τοπικές αστοχίες.

Μέχρι τον Νοέμβριο του 2012 (27 Νοεμβρίου) και ενώ η μέγιστη στάθμη του επιχώματος είχε φτάσει +239 (τελική στάθμη +247) εντοπίστηκε διαφορική μετατόπιση και ελαφρά στροφή τους προς τον Βορρά των τελευταίων τμημάτων (τμήματα στην κατεύθυνση του ποταμού) του οχετού στην ΧΑ 11+982 ενώ τα πρώτα τμήματα (προς τον λόφο) δεν φαίνονταν να έχουν ιδιαίτερες μετακινήσεις.



Εικόνα 3.33: Φωτογραφία της εμφανούς διαφορικής μετατόπισης των τμημάτων του οχετού στη ΧΘ 11+982

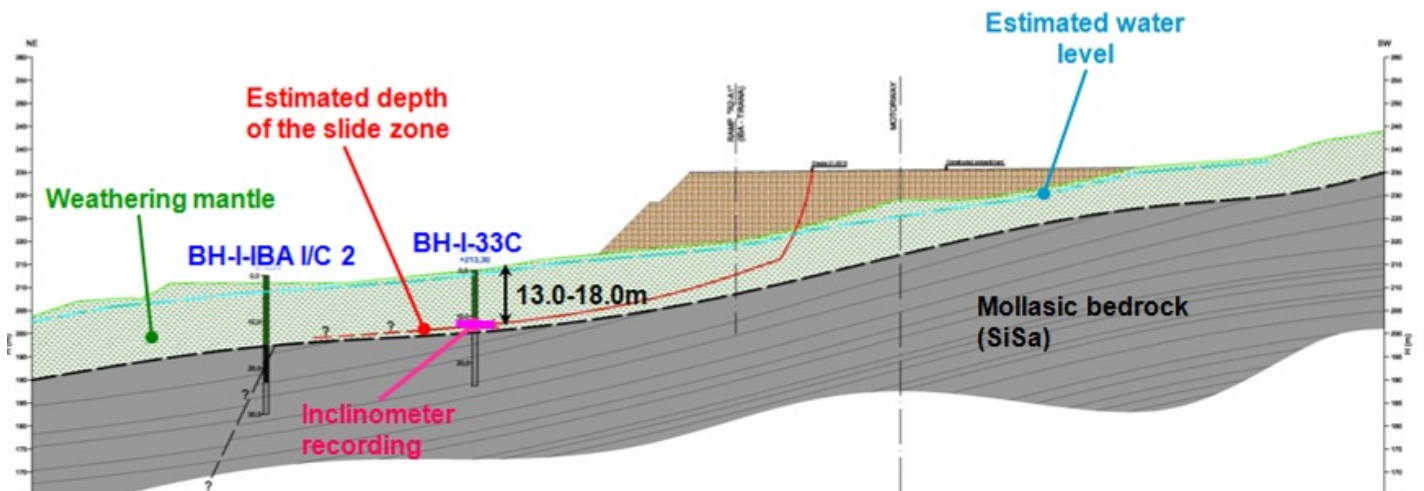
Λίγες μέρες αργότερα (3 Δεκεμβρίου 2013) και ενώ οι έντονες βροχοπτώσεις συνεχίζονταν μεγάλη εφελκυστική ρωγμή εμφανίστηκε επί της επιφάνειας εργασίας του επιχώματος. Η ρωγμή είχε μήκος 30 μέτρα και άνοιγμα 5 με 10 εκατοστά.

Το κλισιόμετρο που εγκαταστάθηκε κατάντι του επιχώματος (κοντά στο σημείο των μεγάλων μετακινήσεων του οχετού) έδειξε επιφάνεια ολίσθησης σε στάθμη 13 μέτρα από την επιφάνεια του εδάφους. Οι εργασίες συνεχιστήκαν και επιπλέον 2,5 μέτρα επιχώματος κατασκευαστήκαν με συνεχείς παύσεις εργασιών λόγω βροχοπτώσεων.

Τελικά στις 11 Ιανουαρίου 2013 μεγάλη εφελκυστική ρωγμή εμφανίζεται στην επιφάνεια εργασίας μήκους 100 μέτρων οι οποία μέρα με την μέρα επεκτεινόταν. Οι στόχοι τοπογραφικής παρακολούθησης το ίδιο χρονικό διάστημα έδειχναν συνεχής αργές καθιζήσεις του αριστερού τμήματος του επιχώματος (κατεύθυνση προς το ποτάμι). Με τις ενδείξεις από τα εγκατεστημένα κλισιόμετρα και τις επιφανειακές ρωγμές η εκτίμηση για την επιφάνεια ολίσθησης είχε όπως στην Εικόνα 3.35.



Εικόνα 3.344: Φωτογραφία της ρωγμής επί της επιφάνειας εργασίας του επιχώματος στη ΧΘ 12+000

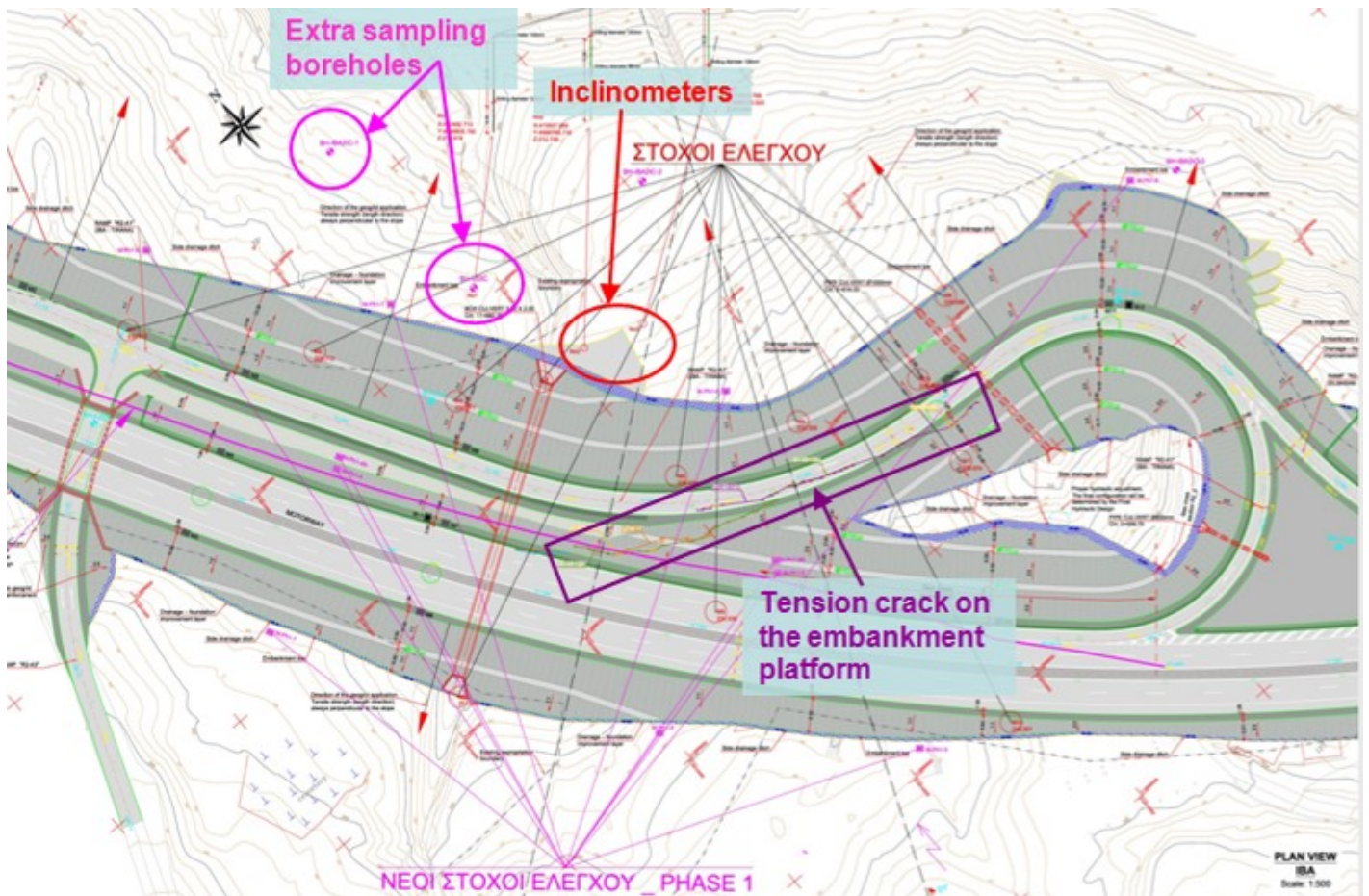


Εικόνα 3.35: Γεωλογική τομή με επιφάνεια αστοχίας όπως προκύπτει από τα γεγονότα Νοέμβριος 2012-Μάρτιος 2013 (ΟΜΙΚΡΟΝ ΚΑΡΡΑ Consulting, May 2013)



Εικόνα 3.36: Επικρατούσα κατάσταση Μάιος 2013(ΟΜΙΚΡΟΝ ΚΑΡΡΑ Consulting, May 2013)

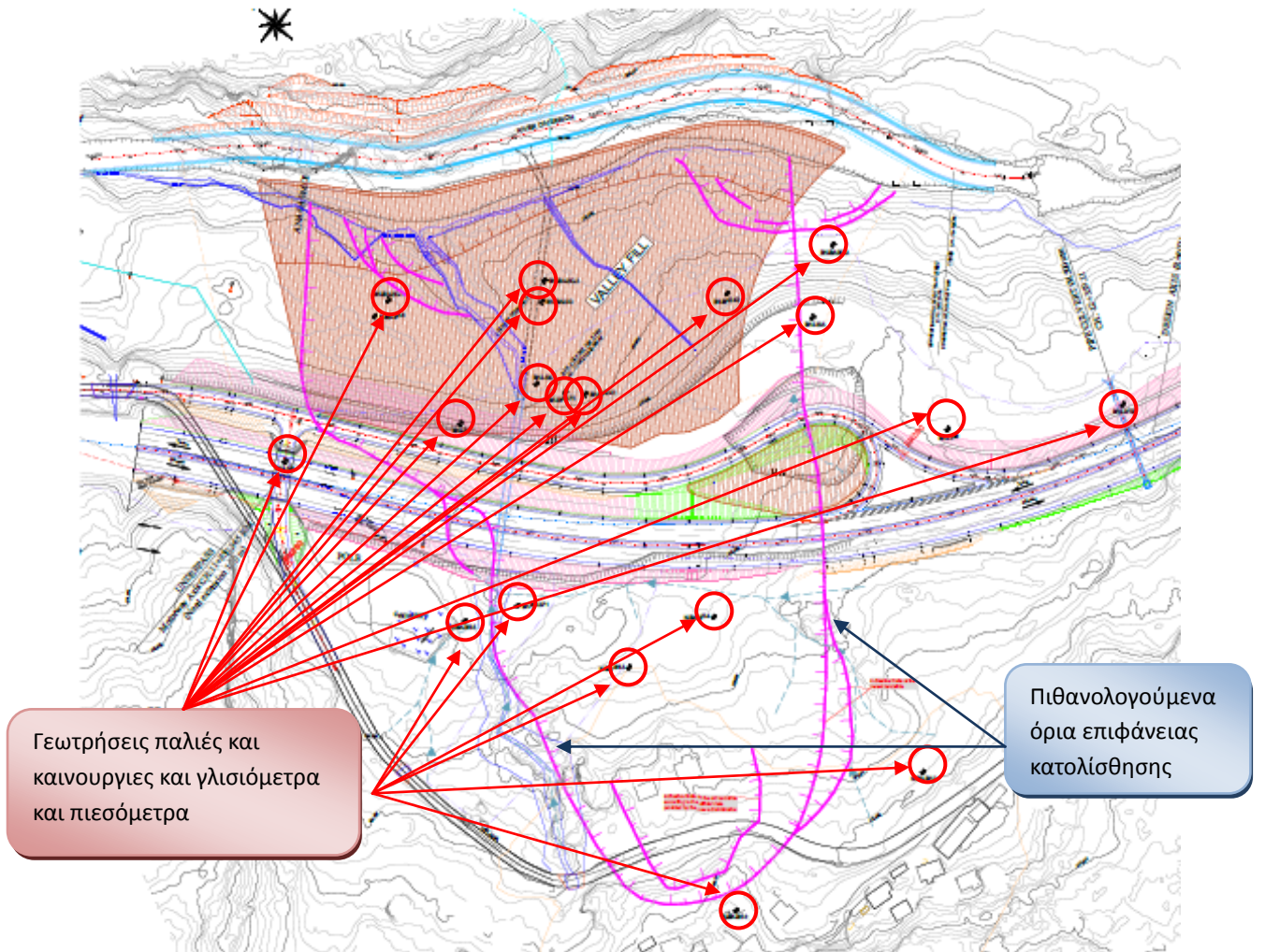
Την ίδια περίοδο αποφασίζετε προς ανάσχεση του φαινομένου αλλά και συνέχιση των εργασιών μια δραστική αλλαγή χάραξης, η οποία κατέβαζε την στάθμη της ερυθράς όσο ήταν κατασκευαστικά και μελετητικά δυνατόν και μετατόπιζε όλων τον κόμβο προς τον λόφο ώστε να επιβαρυνθεί όσο το δυνατόν λιγότερο η πληγείσα περιοχή (Εικόνα 3.). Οι εργασίες συνεχίστηκαν με την καινούργια μελέτη και με συνεχή παρακολούθηση των τοπογραφικών σημείων αναφοράς και των κλισιομέτρων (Εικόνα 3.37) και κατασκευάστηκαν άλλα 2-7 μέτρα επιχώματος.



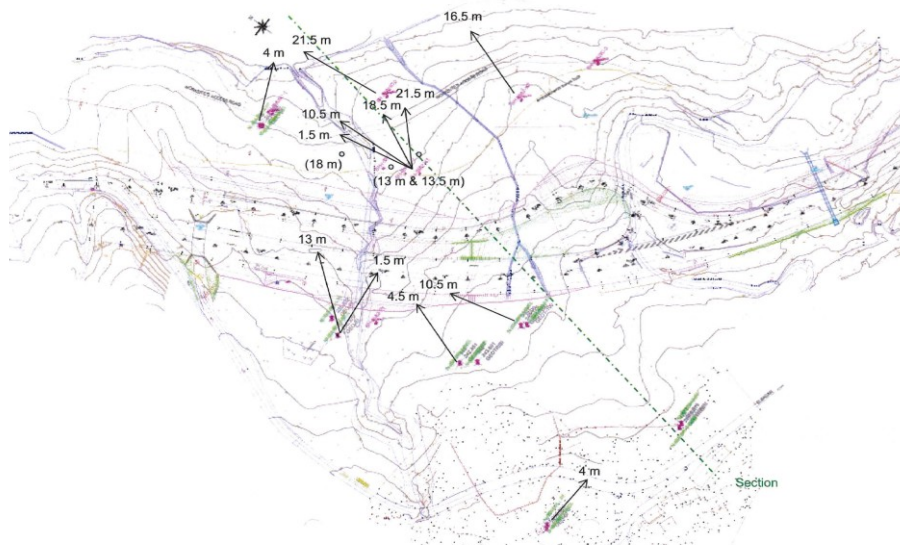
Εικόνα 3.37: Συστήματα παρακολούθησης για τον συνεχή έλεγχο του επιχώματος στη ΧΘ 12+000 εγκατεστημένα μέχρι τον Μάιο 2013 (ΟΜΙΚΡΟΝ ΚΑΡΡΑ Consulting, May 2013)

Ωστόσο στις αρχές Σεπτεμβρίου 2013 νέες εφελκυστικές ρωγμές εμφανίστηκαν στη δευτερεύουσα οδό R2A1 με κοντά στις ΧΘ 1+850 – 11+900 οι οποίες επεκτάθηκαν στη συνέχεια και στον αυτοκινητόδρομο. Οι εργασίες σταμάτησαν άμεσα και οι μετακινήσεις/καθιζήσεις μειώθηκαν κι αυτές δραματικά με την παύση των εργασιών. Νέα γεωτεχνική έρευνα έλαβε χώρα στην περιοχή με εγκατάσταση καινούργιων κλισιομέτρων τα οποία έδειχναν διακριτές επιφάνειες αστοχίας άνωθεν και στο κάτω μέρος του επιχώματος.

Στο διάστημα αυτό, σχετικά με το ιστορικό της περιοχής, επίσημη πληροφορία ενημερώνει για κατολισθητικό φαινόμενο το 2004 στην παλιά εθνική οδό κοντά στη πληγείσα χιλιομετρική θέση που αποτελεί την φυσική συνέχεια της αστοχούσας μάζας προς τα πάνω (Εικόνα3.38). Η σύνδεση αυτής της πληροφορίας με τις μέχρι στιγμής ένδειξης οδήγησε στην χάραξη καινούργιας διευρυμένης ζώνης αστοχίας και την επαναπροσέγγιση του όλου φαινομένου.



Εικόνα 3.39: Οριζοντιογραφία με τελική εικόνα εγκατεστημένων οργάνων παρακολούθησης και τελικής πιθανολογούμενης επιφάνειας αστοχίας. (GEOGNOSI, 2016)

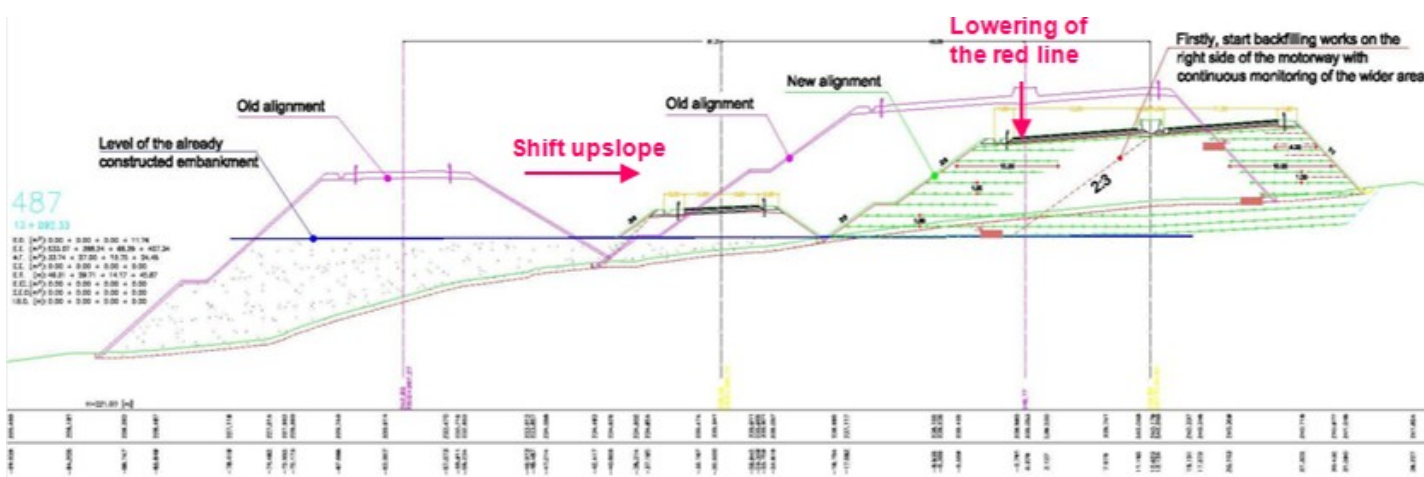


Εικόνα 3.40: Κάτοψη με καταγραφές κλισιομέτρων – ο αριθμός που συνοδεύει το διάνυσμα δείχνει το βάθος της κίνησης ενώ το διάνυσμα το μέγεθος και την φορά κίνησης (Golder Associates Ltd, March 2015)

3.4.4 Μέτρα Ανάσχεσης

Τα μέτρα αναχαίτισης του συγκεκριμένου φαινομένου συνοψίζονται στα πρώτα μέτρα απευθείας μετά την εμφάνιση του φαινομένου (μέτρα Μαΐου 2013) και στη τελική μελέτη αναχαίτισης μετά την σύνδεση του φαινομένου με την κατολίθωση στην παλιά εθνική οδό το 2004.

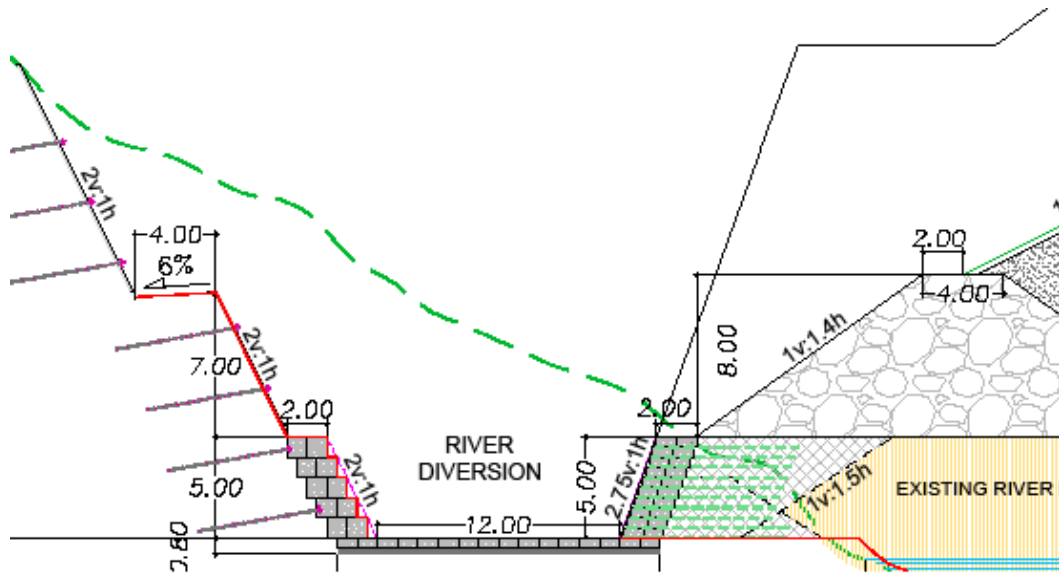
Η πρώτη σειρά μέτρων όπως αναφέρθηκε και στα παραπάνω στόχευαν στη μην περαιτέρω επιβάρυνση της ζώνης αρχικής αστάθειας και συνέχιση των εργασιών το συντομότερο δυνατόν στο μέχρι τότε σταθερό υπόβαθρο. Αυτό επιτεύχθηκε μέσω μιας τακτικής λήψης μέτρων με αδιάκοπη παρακολούθηση για τον διαρκή έλεγχο της ανταπόκρισης του εδάφους στην εξέλιξη των εργασιών. Τα μέτρα ήταν η αλλαγή χάραξης, κατεβάζοντας όσο το δυνατόν την στάθμη ερυθράς, και μετατόπιση όλου του κόμβου προς τα πάνω (Νότος). Οι εργασίες έπρεπε να τελούνται από τη μεριά του λόφου πρώτα και να κατηφορίζουν, ώστε να φορτίζεται πρώτα το νότιο άκρο και έπειτα η ζώνη κοντά στην περιοχή αστάθειας.



Εικόνα 3.41: Πρώτο σχέδιο δράσης για τον περιορισμό του φαινομένου και συνέχιση των εργασιών στη ΧΘ 12+000 (OMIKRON KAPPA Consulting, May 2013)

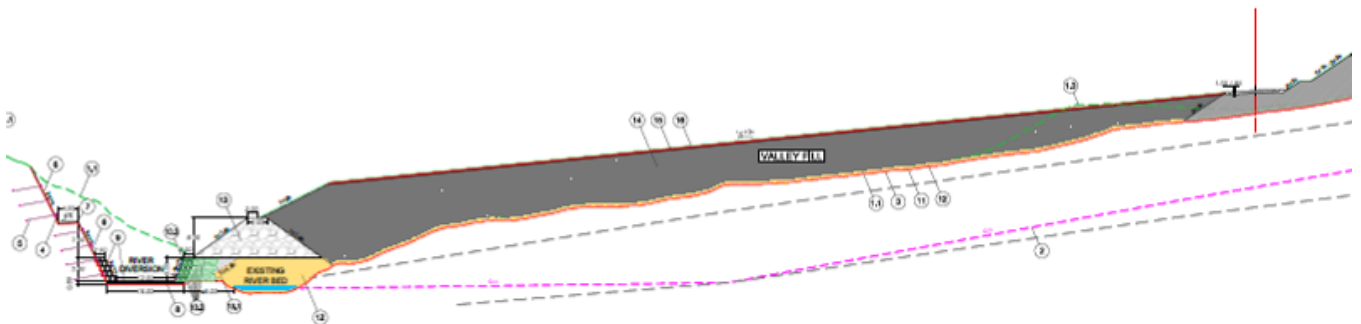
Μετά από την εξέλιξη του φαινομένου και την σύνδεση του με την κατολίθωση του 2004 στην εθνική οδό, οι λύσεις που προτάθηκαν προσανατολιζόνταν στην κατασκευή επιχώματος ποδός στην πλευρά του ποταμού σε συνδυασμό με εκτεταμένες αποστραγγιστικές εργασίες. Η τελική λύση ακολουθώντας αυτές ακριβώς τις αρχές περιλαμβάνει:

- Εκτροπή του ποταμού μέχρι την παρειά του απέναντι υγιούς ψαμμιτικού πρανούς - μετά από μικρή εκσκαφή στον πόδα του). Αντιδιαβρωτικά μέτρα συνοδεύουν την ροή του ποταμού. Η γεωμετρία και οι λεπτομέρειες της εκτροπής του ποταμού φαίνονται στην ενδεικτική τομή της Εικόνας 3.41. Εντός του ποταμού θα καταλήγει και ο οχετός της ΧΘ 11+982 ο οποίος επιμηκύνεται προσαρμόζεται κατάλληλα για την εκβολή του εντός του ποταμού.

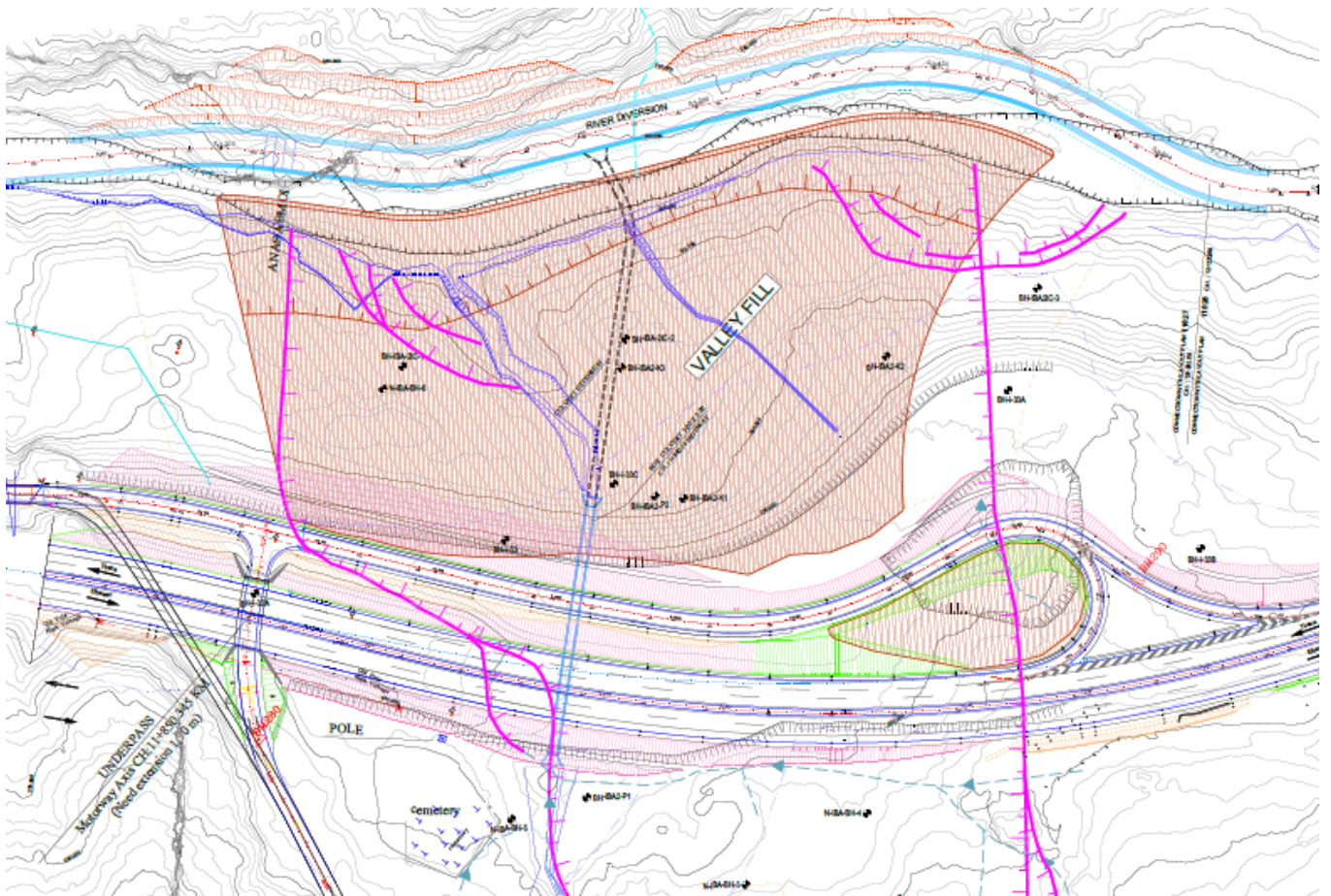


Εικόνα 3.42: Ενδεικτική τομή για την τεχνική λύση της εκτροπής του ποταμού στην περιοχή της κατολίσθησης ΧΘ 12+000 (SYSTAS , 2016)

- Επίχωση κοιλάδας με κλίση 1:10 που στην βάση του έχει αποστραγγιστική στρώση από χονδρόκοκκα αδρανή και καλύπτεται από αντιδιαβρωτική στρώση υδροσποράς. Στο κάτω άκρο βρίσκεται επίχωμα ποδός με αδρανή κατάλληλης διαβάθμισης και ενισχυμένο επίχωμα με όψη συρματοκιβωτίων στην βάση του. Ενδεικτική τομή της τεχνικής λύσης παρουσιάζεται στην Εικόνα 3.42



Εικόνα 3.43: Ενδεικτική τομή της τεχνικής λύσης επίχωσης κοιλάδας για την αναχαίτιση του φαινομένου στη ΧΘ 12+000 (GEOGNOS , 2016)



Εικόνα 3.44: Κάτοψη της τεχνικής λύσης επίχωσης κοιλάδας για την αναχαίτιση του φαινομένου στη ΧΘ 12+000 (GEOGNOSI,2016)

3.5 Κατολισθητικό Φαινόμενο ΧΘ 13+150

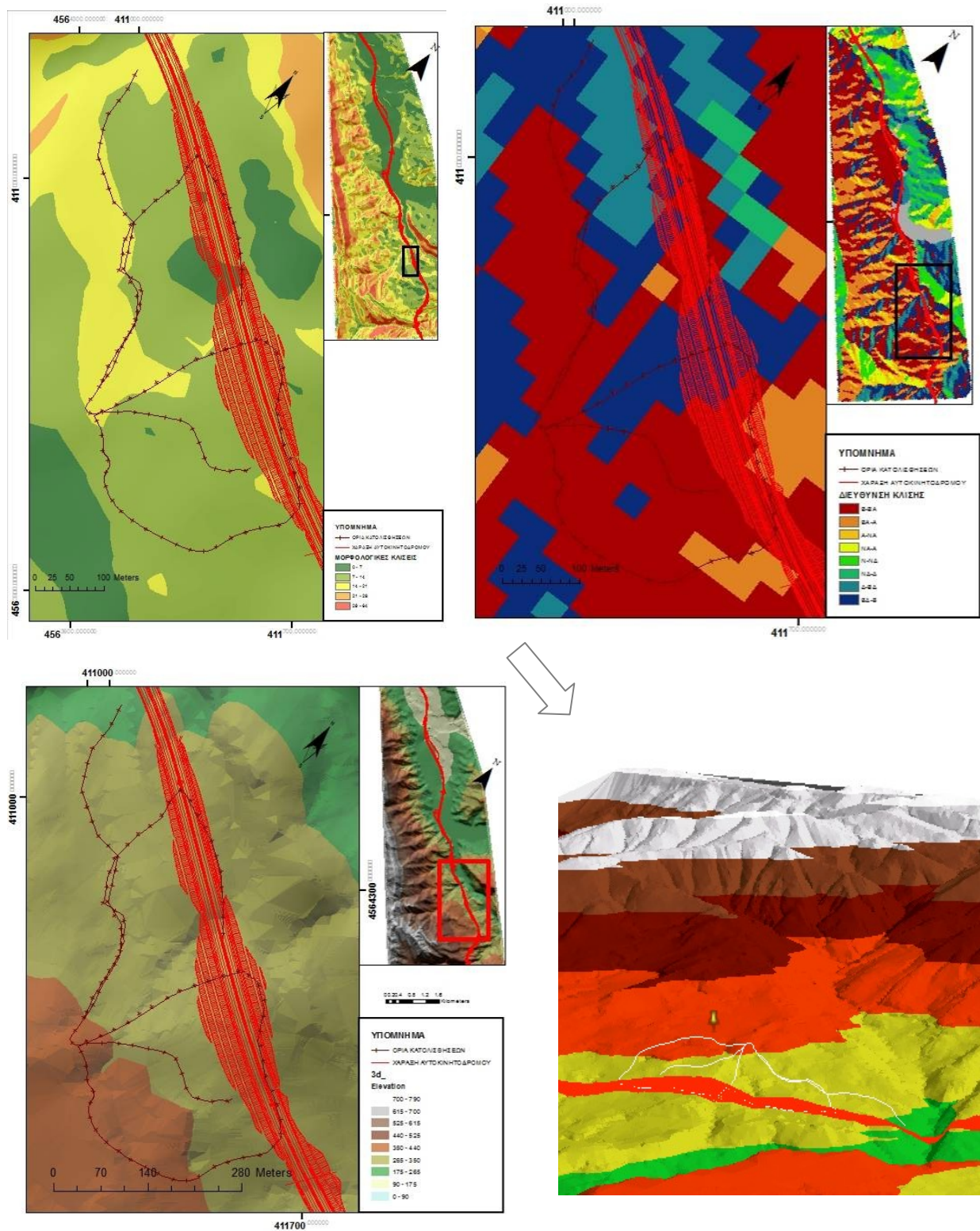
Από την ΧΘ 12+900 μέχρι την ΧΘ 13+500 η χάραξη του αυτοκινητόδρομου περνάει από όρυγμα με μέγιστο ύψος περίπου 30 μέτρα. Η κατολίσθηση αυτή είχε ιδιαίτερο ενδιαφέρον λόγω του μεγέθους της – η μεγαλύτερης έκτασης κατολίσθηση του έργου μέχρι στιγμής- το πόσο νωρίς έδειξε τις πρώτες ενδείξεις αστάθειας (Ιούλιος 2012) και την σφοδρότητα της κίνησης της κάθε φορά που ενεργοποιήθηκε το κατολισθητικό φαινόμενο στην περιοχή, συμπαρασύροντας όλο και μεγαλύτερες εκτάσεις. Ένας ακόμα λόγος προβληματισμού για την συγκεκριμένη θέση είναι η εγγύτητα της κατολίσθησης με τον οικισμό της περιοχής, ειδικά σε περίπτωση περεταίρω εξάπλωσης της κατολίσθησης.



Εικόνα 3.45: Ορθοφωτογραφία από περιοχή κατολίσθησης ΧΘ 13+150 μετά την επανεργοποίηση της τον Δεκέμβριο του 2014

3.5.1 Μορφολογία

Η μορφολογία της ευρύτερης περιοχής είναι λοφώδεις κατά την περιγραφή στο κεφάλαιο 2. Ωστόσο οι κλίσεις στην ειδική περιοχή εμφάνισης του φαινομένου είναι πολύ μικρές και γίνονται πιο απότομες παρειακά (στη στέψη της) της ζώνης κατολίσθησης όπου και εξέχουν μεγάλοι ψαμμιτική σχηματισμοί. Οι προσανατολισμοί των πρανών είναι γενικά Βόρειοι-Βορειοανατολικοί ενώ κατά τόπους γίνονται Βόρειοι – Βορειοδυτικοί. Το μέγιστο υψόμετρο που συναντάται είναι τα 370 μέτρα.



Εικόνα 3.46: Χάρτες Μορφολογικών κλίσεων, διεύθυνσης κλίσεων και υψομέτρου φυσικών πρανών και τριδιάστατη απεικόνιση στο κατολισθητικό φαινόμενο της ΧΘ 13+150

3.5.2 Γεωλογία

Όπως έχει αναφερθεί και στο κεφάλαιο 2 στην περιοχή αυτή ο εμφανιζόμενος σχηματισμός είναι μολασσικός του Τορτονίου.

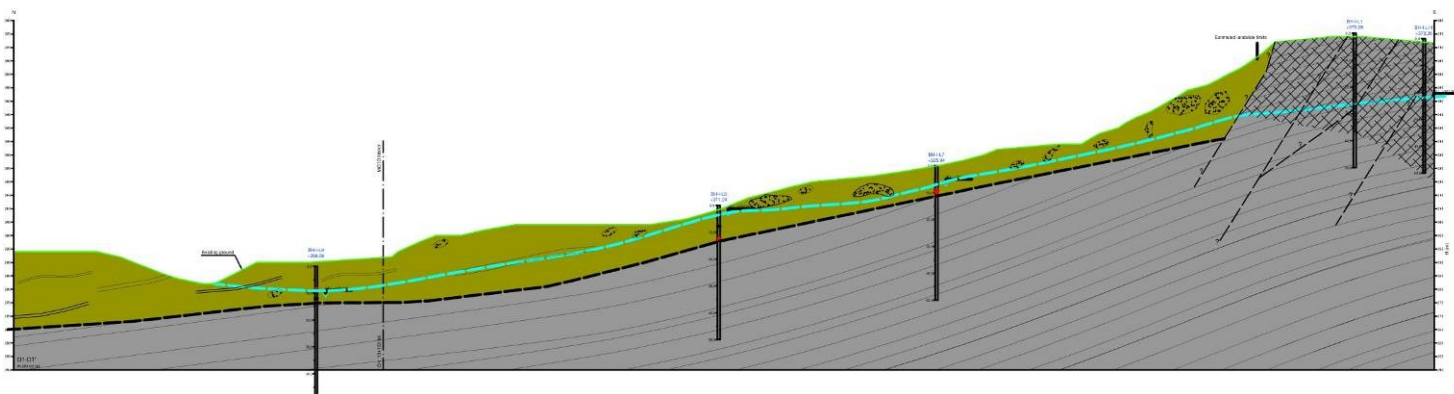
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Η άνω στρώση των 1,5- 2,5 μέτρων που κατά τόπους αποκτά πάχος 4-6 μέτρων αποτελείται από ελλουβιακές αποθέσεις του τεταρτογενούς με σύνθεση από κομμάτια ασβεστόλιθου, υπερβασικών πετρωμάτων και ψαμμίτη μέσα σε ιλυώδες ή αργιλικό έδαφος.

Οι μολασσικές αποθέσεις είναι κυρίως λεπτοστρωματώδης ιλυόλιθος με ψαμμίτη σε περίπου ίσες αναλογίες. Προς την επιφάνεια η αποσάθρωση γίνεται όλο και πιο εμφανής. Ψαμμίτης και ιλυόλιθος έχουν πολύ χαμηλές μηχανικές ιδιότητες με τον ιλυόλιθο να αποκτά κατά τόπους ιδιαίτερα χαμηλά μηχανικά χαρακτηριστικά όταν εμφανίζεται κορεσμένος. Η δομή ιδίως στο άνω τμήμα είναι αρκετά χαοτική με ογκόλιθους ψαμμίτη να συναντώνται με αργιλική επικάλυψη. Το γεγονός αυτό δηλώνει μια προηγούμενη έντονη αναμόχλευση και επομένως αποτελεί ένδειξη παλιάς κατολίσθησης στην περιοχή.

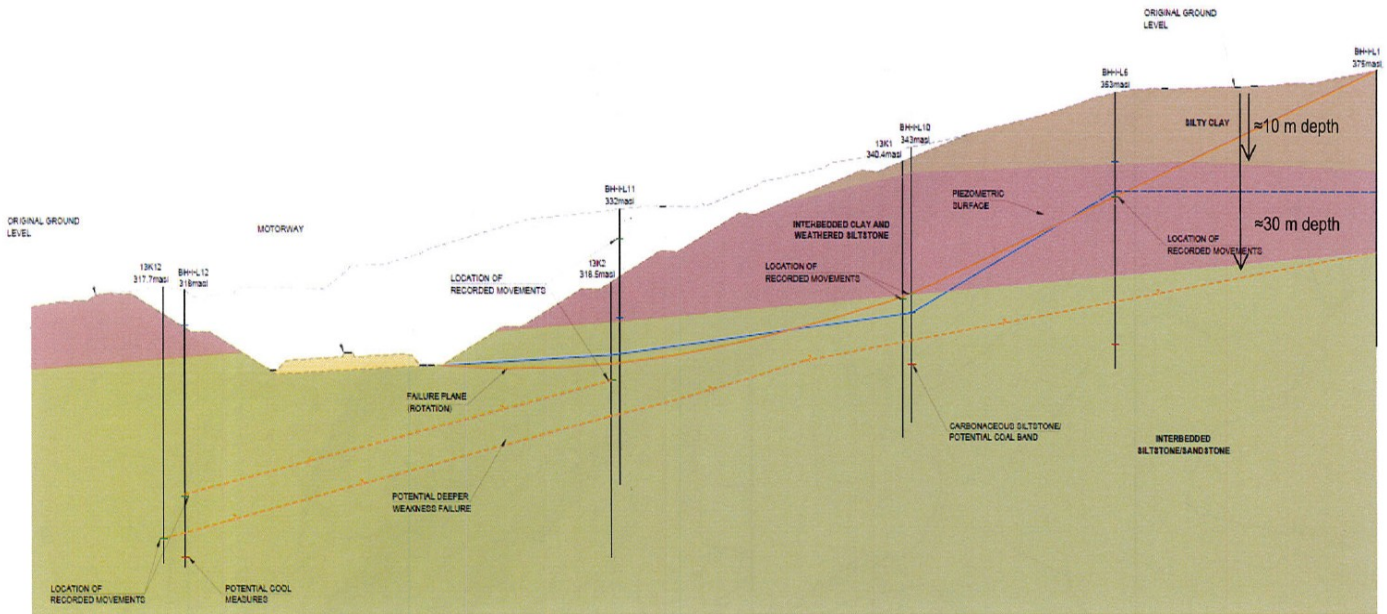
Οι γεωλογικές ενότητες που απαντώνται στην περιοχή διαχωρίζονται ανάλογα με τα μηχανικά χαρακτηριστικά τους ως εξής:

- Γεωλογική ενότητα 1: Λεπτοστρωματώδης έως μεσοστρωματώδης αμμώδης ιλυόλιθος με λεπτές ενστρώσεις ψαμμίτη. Η ενότητα αυτή έχει μέσο πάχος 5 μέτρων. Σε θέσεις με απότομες κλίσεις το πάχος μειώνεται στα 0,3-0,5 μέτρα.
- Γεωλογική ενότητα 2: Λεπτοστρωματώδης έως μεσοστρωματώδης εναλλαγές ψαμμίτη με ιλυόλιθο, μεσαίας αντοχής, με παρόμοια τεκτονικά χαρακτηριστικά σε όλη την περιοχή.



Εικόνα 3.47: Ενδεικτική γεωλογική τομή ΧΘ 13+150 (ΟΜΙΚΡΟΝ ΚΑΡΡΑ Consulting, May 2013)

Μετά από την νέα διερεύνηση και την εντατικοποίηση των γεωτρήσεων στην περιοχή η τελική γεωλογική τομή του έργου διαμορφώθηκε όπως στην Εικόνα 3.48. Η άνω στρώση συντίθεται από ιλυώδη άργιλο περίπου 10 μέτρων, ακολουθούν εναλλαγές αργιλικών στρώσεων και αποσαθρωμένου ιλυόλιθου σε ένα πάχος περίπου 20 μέτρων και το υπόβαθρο από εναλλαγές ψαμμίτη ιλυόλιθου.



Εικόνα 3.48:Γεωλογική τομή ΧΘ 13+375 (Golder Associates Ltd, March 2015)

Υδρογεωλογικά η περιοχή χαρακτηρίζεται από ανομοιομορφία και μπορεί να διακριθεί σε εντός της ζώνης κατολίθωσης και εκτός αυτής. Στην κατολισθαίνουσα περιοχή η στάθμη του υπόγειου ορίζοντα είναι αρκετά ψηλά και κυμαίνεται από 2-5 μέτρα βάθος. Εκτός της κατολίθωσης το βάθος του υπόγειου ορίζοντα κυμαίνεται από 8-33 μέτρα. Η διαφορά αυτή της στάθμης γεωλογικά εξηγείται από την ασυνέχεια των διαπερατών στρώσεων εντός της ζώνης αστάθειας λόγω πρότερης αναμόχλευσης (παλιά κατολίθωση).

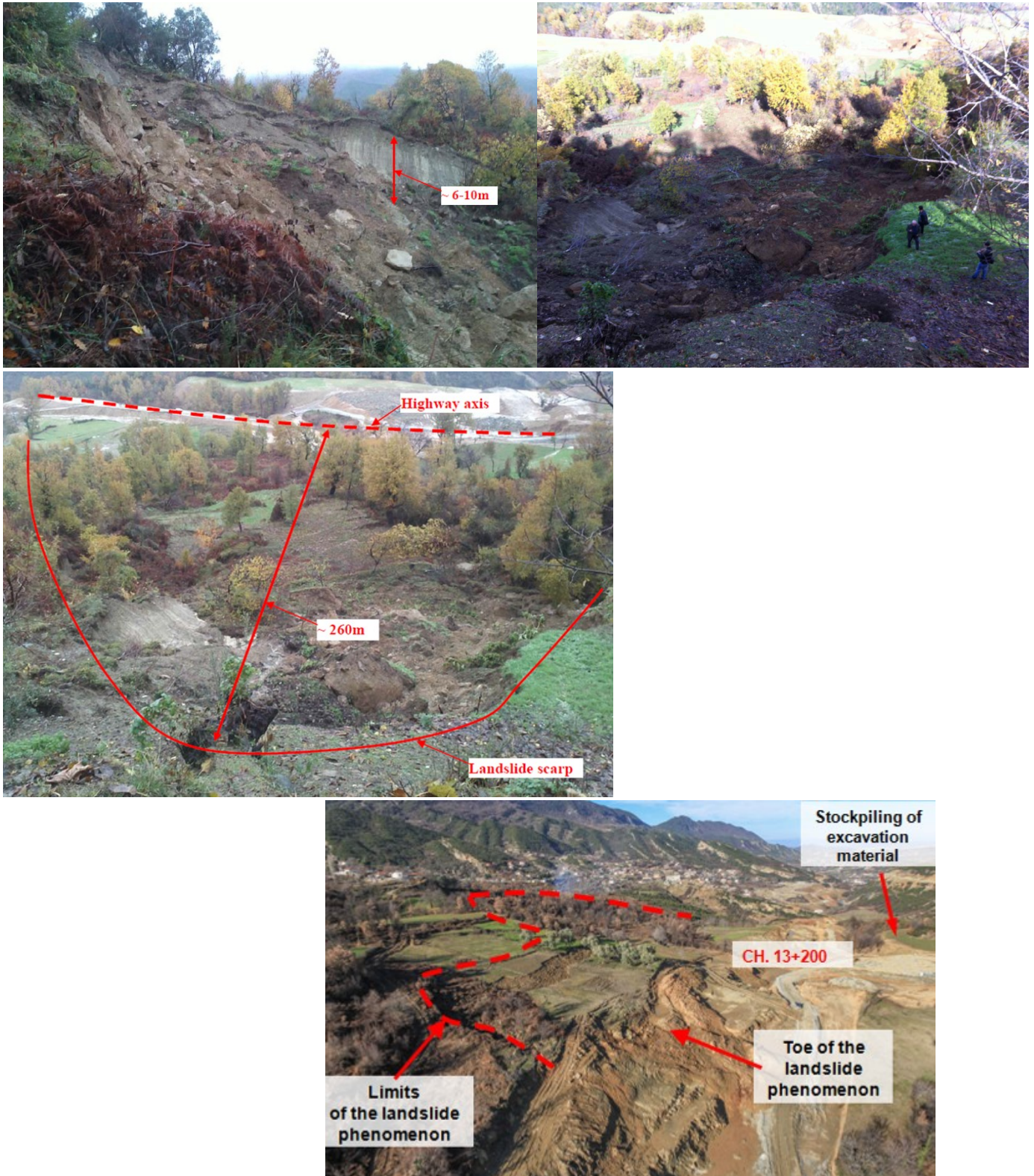
3.5.3 Εμφάνιση και Εξέλιξη Φαινόμενου Αστάθειας

Από τη ΧΘ 12+950 μέχρι τη ΧΘ 13+150 αν και δεν είχε ολοκληρωθεί η καινούργια γεωτεχνική διερεύνηση του δρόμου τον Ιούλιο του 2012 άρχισαν οι εργασίες για την εργοταξιακή οδό πρόσβασης . Το όρυγμα την περίοδο αυτή αν και δεν είχε ολοκληρωθεί ως μελέτη (υπήρχε μόνο μελέτη οδόποιΐας και όχι γεωτεχνική) είχε προβλεφθεί να έχει κλίσεις πρανών 1:1. Ο δρόμος πρόσβασης κατασκευάστηκε με κλίσεις 1:1.5 και έφτασε σε βάθος τα 8 μέτρα. Κατά την διάρκεια των εργασιών συνέχισαν αστοχίες παρατηρούνταν στα πρανή ενώ στη ΧΘ 13+300 - 13+450 παρατηρήθηκε μεγάλη εφελκυστική ρωγμή, που αποκάλυψε μια ολισθηρή αργιλική επιφάνεια (επιφάνεια ολίσθησης).Κι άλλες παράλληλες ρωγμές συνόδευσαν την κύρια μεγάλη ρωγμή (Εικόνα 3.48). Μετά από τα συμβάντα όλες οι εργασίες διακόπηκαν.



Εικόνα 3.49: Φωτογραφίες από ρωγμές τον Ιούλιο του 2012 (πρώτη εμφάνιση φαινομένου) μετά από εργασίες για οδό πρόσβασης ΧΘ 13+300-13+450

Η δεύτερη εμφάνιση του φαινομένου έλαβε χώρα στις 8-9 Δεκεμβρίου 2012, μετά από έντονες και μεγάλης διάρκειας βροχές. Το βράδυ στις 8 Δεκεμβρίου του 2012 κάτοικος της περιοχής ανέφερε εφελκυστική ρωγή ανοίγματος 10 εκατοστών στην βόρεια άκρη της οικίας του. Μετά από μόλις 18 ώρες (9 Δεκεμβρίου 2012) σε ένα φαινόμενο που εξελίχθηκε ιδιαίτερα γρήγορα, μια μάζα που εκτεινόταν σε μια έκταση 80.000-100.000m² και βάθους 8-10 μέτρων κατολίσθησε σε μιά περιστροφικού τύπου ολίσθηση. Η στέψη (+376 υψόμετρο) της κατολίσθησης είχε μια κύρια κατακρήμνιση ύψους 6-10 μέτρων ενώ το ύψωμα στον πόδα (+271 υψόμετρο) φαίνεται να ανέβασε την στάθμη τοπικά κατά 5-7 μέτρα (Εικόνες 3.49). Το φαινόμενο φαίνεται να καταλάγιασε μετά την εκδήλωσή του και καμία σημαντική κίνηση δεν καταγράφηκε τις επόμενες ημέρες από τους τοπογραφικούς στόχους.



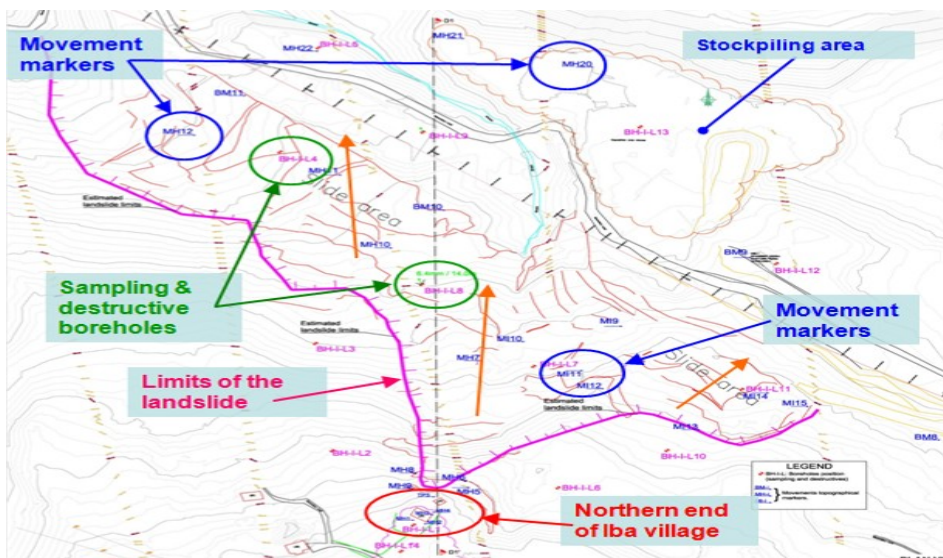
Εικόνα 3.50: Φωτογραφίες από την κατολίσηση της 9 Δεκεμβρίου 2012 (ΟΜΙΚΡΟΝ ΚΑΡΡΑ Consulting, December 2012)

Η περαιτέρω διερεύνηση της περιοχής έδειξε ότι και αρκετά ψηλότερα στον λόφο υπήρχαν ενδείξεις για παλαιότερη κατολίσηση (Εικόνα 3.50).



Εικόνα 3.51: Φωτογραφία από περιοχή άνωθεν της εμφανισθείσας κατολίσθησης στη ΧΘ 13+150 (OMIKRON KAPPA Consulting, December 2012)

Νέο πρόγραμμα παρακολούθησης με την εγκατάσταση 13 κλισιομέτρων και 5 πιεσομέτρων μπήκε σε εφαρμογή από της αρχές του 2013 συνδυασμένο με ευρύ δίκτυο τοπογραφικής παρακολούθησης τόσο εντός όσο και εκτός της κατολίσθησης (Εικόνα 3.51). Το σύστημα παρακολούθησης εμπλουτιζόταν σταδιακά με καινούριο κάθε φορά που οι καταγραφές το απαιτούσαν ή λόγω βανδαλισμών ή καταστροφής λόγω έντονων μετακινήσεων των υφιστάμενων οργάνων.



Εικόνα 3.52: Σχηματική κάτοψη συστήματος παρακολούθησης κατολίσθησης ΧΘ 13+150 (OMIKRON KAPPA Consulting, May 2013)

Τα όργανα έδειχναν ότι το φαινόμενο ήταν σε εξέλιξη και σίγουρα η κίνηση δεν είχε ολοκληρωθεί. Τα κλισιόμετρα εντός της κατολίσθησης συνέχιζαν να καταγράφουν κινήσεις ενώ εκείνα που είχαν εγκατασταθεί στις παρειές της κατολίσθησης αλλά εκτός της κατολισθαίνουσας

μάζας δεν έδειχναν τάσεις προς μετακίνηση. Τα πιεσόμετρα το ίδιο διάστημα κατέγραφαν στάθμες πολύ κοντά στην επιφάνεια με μεγάλες διακυμάνσεις μετά από έντονες βροχοπτώσεις (περίπου 2 μέτρα αλλαγή στάθμης).

Στις 18 Ιουλίου 2013, μετά από 5 μήνες συνεχής παρακολούθησης του φαινομένου, σχέδια ανάσχεσης με τρεις εναλλακτικές λύσεις προτάθηκαν από τον μελετητή, με ιδιαίτερη μέριμνα για την κατασκευή όποιας εναλλακτικής λύσης επικρατήσει εντός της ξηρής περιόδου. Ωστόσο λόγω της σοβαρότητας της κατάστασης και της σημαντικής δαπάνης που απαιτούσε οποιαδήποτε από τις τρεις λύσεις, η απόφαση για την βέλτιστη τεχνικά και οικονομικά λύση καθυστέρησε και οι εργασίες ήταν δυνατόν να αρχίσουν μόνο στα τέλη Ιουλίου του 2014 (1.5 χρόνο μετά την αρχές του φαινομένου).

Καινούργια σειρά κλισιομέτρων εγκαταστάθηκε στις αναβαθμίδες των αναμορφωμένων πρανών για να παρακολουθούν την εξέλιξη των εργασιών και να καταδείξουν αν χρειάζονταν και επιπλέον μέτρα, αφού το σχέδιο αναχαίτισης βασιζόταν στην λήψη περεταίρω αποφάσεων ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες.

Καθ' όλη την διάρκεια των εργασιών μικρές τοπικές αστοχίες παρατηρούνταν στα διαμορφωμένα πρανή που όμως δεν συνιστούσαν σημαντικό λόγω ανησυχίας λόγω του μεμονωμένου χαρακτήρα τους και του μικρού μεγέθους τους. Η περιοχή εκσκαφών ήταν εντός του αποσαθρωμένου μανδύα και τοπικές ροές και αστάθειες ήταν ήδη αναμενόμενες από την φάση της μελέτης (Εικόνα 3.52). Τοπικές ροές νερού εμφανίζονταν πολλές φορές κατά την διάρκεια των εκσκαφών ή πριν τις τοπικές αστοχίες.

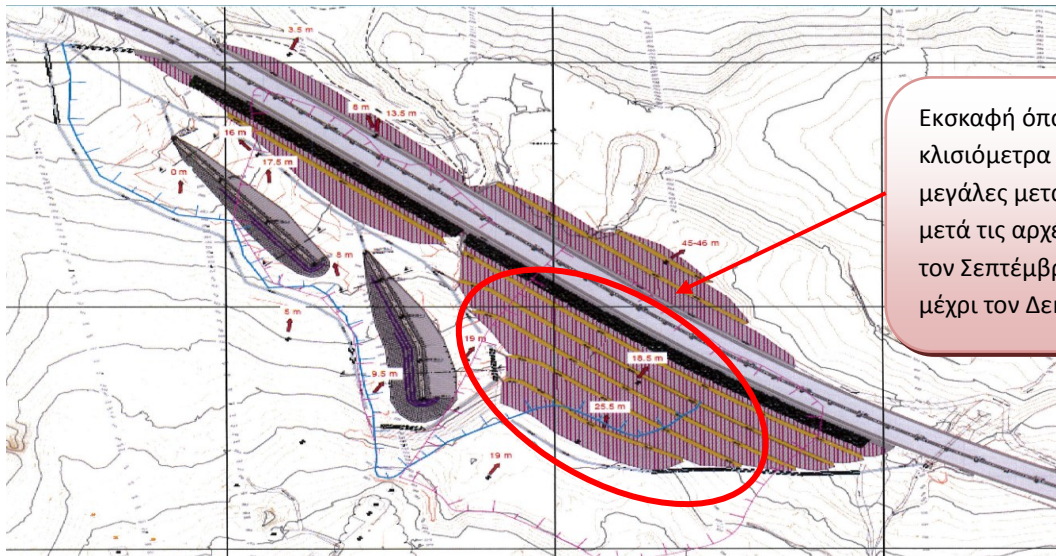


Εικόνα 3.53: Φωτογραφίες από τοπικά φαινόμενα Σεπτέμβριος – Δεκέμβριος 2014

Οι μετακινήσεις που κατέγραφαν τα εγκατεστημένα κλισιόμετρα στην περιοχή των μεγάλων εκσκαφών αν και σημαντικές ερμηνευτήκαν από τον μελετητή ως συνέπεια της χαλάρωσης της

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

περιβάλλουσας βραχώδους (Current status at the landslide area at Ch 13+150, 12/ 11 /2014 ΟΜΙΚΡΟΝ ΚΑΡΡΑ Consulting). Εκτός της περιοχής αυτής οι μετακινήσεις ήταν σχετικά μικρές.



Εκσκαφή όπου τα κλισιόμετρα έδειχναν μεγάλες μετακινήσεις μετά τις αρχές εργασιών τον Σεπτέμβριο του 2014 μέχρι τον Δεκέμβριο της

Εικόνα 3.54: Κάτοψη με εκσκαφές από Σεπτέμβριο 2014 μέχρι Δεκέμβριο 2014- Το βάθος των μετακινήσεων εκφράζεται από τον αριθμό ενώ το διανυσμα εκφράζει την διεύθυνση της κίνησης (Golder Associates Ltd, March 2015)

Μετά τις έντονες βροχές του Νοεμβρίου – Δεκεμβρίου του 2014, μόλις στις 2 Δεκεμβρίου 2014, ένα πολύ γρήγορο και ανεξέλεγκτο κατολισθητικό φαινόμενο επανενεργοποιήθηκε καταλαμβάνοντας μια ζώνη από τη ΧΘ 12+800 μέχρι 13+525 και εκτεινόμενο ακόμα πια βαθιά στον λόφο (Φωτογραφίες στην Εικόνες 3.54 ,3.55). Την ίδια μέρα είχε έντονες ροές νερού στις κάτω βαθμίδες του πρανούς . Εφελκυστικές ρωγμές καταγράφηκαν στην ευρύτερη περιοχή.

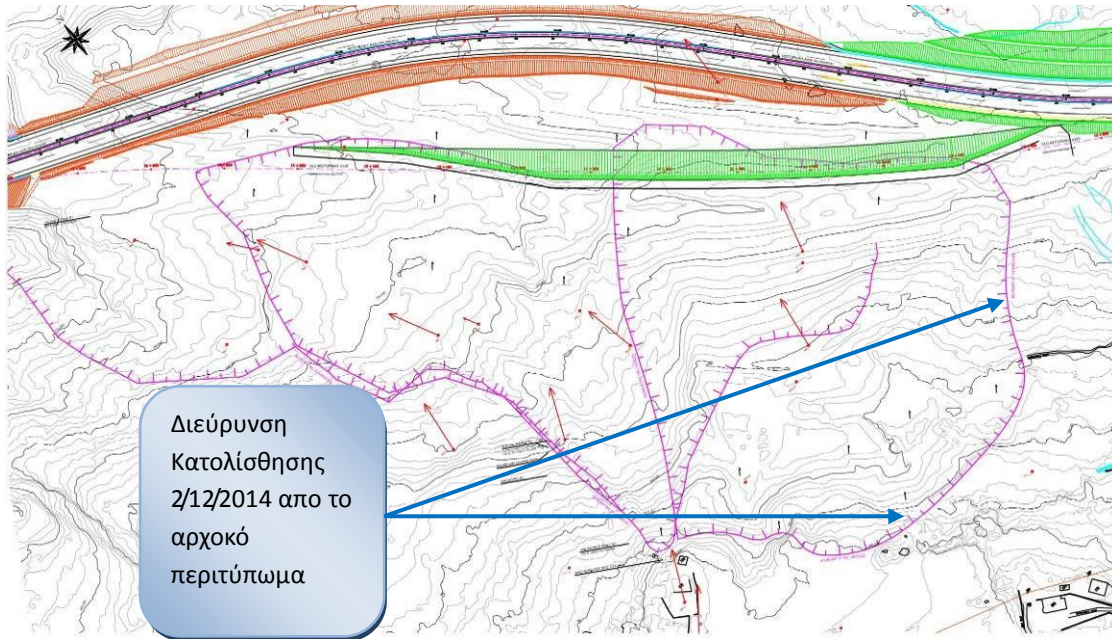


Εικόνα 3.55: Φωτογραφίες μετά από συμβάν 02/12/2014 στην κατολίσηση της ΧΘ 13+150

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3



Εικόνα 3.56: Φωτογραφίες μετά από συμβάν 02/12/2014 στην κατολίσθηση της ΧΘ 13+150



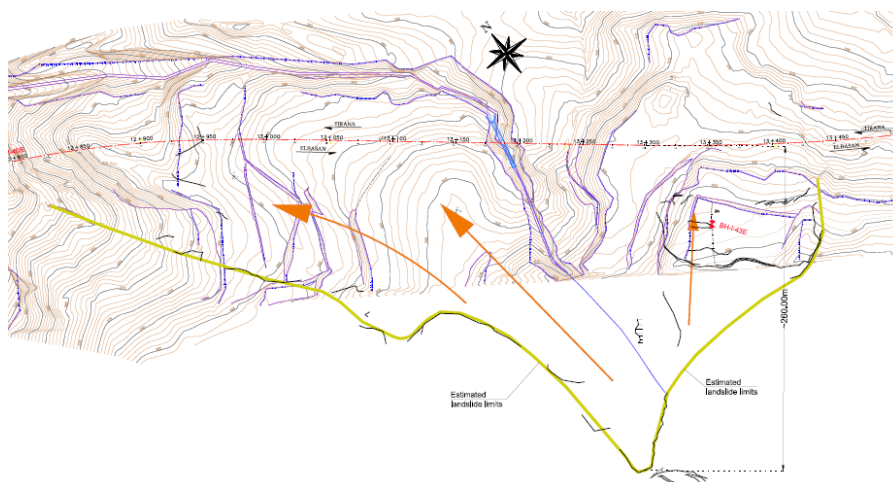
Εικόνα 3.57: Νέα έκταση κατολίσθησης όπως διαμορφώθηκε μετά το φαινόμενο στις 2/12/2014 (GEOGNOSI, 2016)

Οι εργασίες σταμάτησαν και καινούργια μελέτη εφαρμόζεται μετά από εκτενή επανεξέταση της περιοχής και εγκατάσταση καινούργιας σειράς οργάνων παρακολούθησης.

Ο μηχανισμός των κατολισθήσεων φαίνεται να είναι διαφορετικός για κάθε επανεκδήλωση του φαινομένου. Σύμφωνα με την γνώμη όλων των εμπειρογνομόνων πρόκειται για επανενεργοποιήσεις τμήματος παλιάς κατολίσθησης που ολόκληρη η έκταση της είναι άγνωστη και μπορεί να εκτείνεται και πέραν του παρόντος οικισμού της περιοχής. Είναι προφανές πάντως ότι παρόμοια μορφολογία παρατηρείται και σε μια έκταση πολύ μεγαλύτερη της εκδηλωθείσας κατολίσθησης. Στο κάθε στάδιο επανεκδήλωσης ο μηχανισμός διακρίνεται ως εξής:

Φαινόμενο 9 Δεκεμβρίου 2012

Περιστροφική ολίσθηση τριών διακριτών αλλά αλληλένδετων κατολισθαίνοντων μαζών (Εικόνα 3.57).



Εικόνα 3.58: Διανυσματική απεικόνιση κίνησης κατολισθαίνοντων μαζών 9/12/2012 (OMIKRON KAPPA Consulting, December 2012)

Φαινόμενο 2 Δεκεμβρίου 2014

Μεγαλύτερης έκτασης κατολίσθηση που χαρακτηρίζεται ως μεταθετική ολίσθηση μέσου βάθους περίπου 20 μέτρα και κλίση 11° (Εικόνα 3.56). Η επιφάνεια ολίσθησης φαίνεται να είναι μια χαμηλής αντοχής ιλυώδης άργιλος. Μια επιφάνεια παρόμοιων χαρακτηριστικών, κατά 8 μέτρα βαθύτερη, υπόκειται της παρούσας επιφάνειας κατολίσθησης.

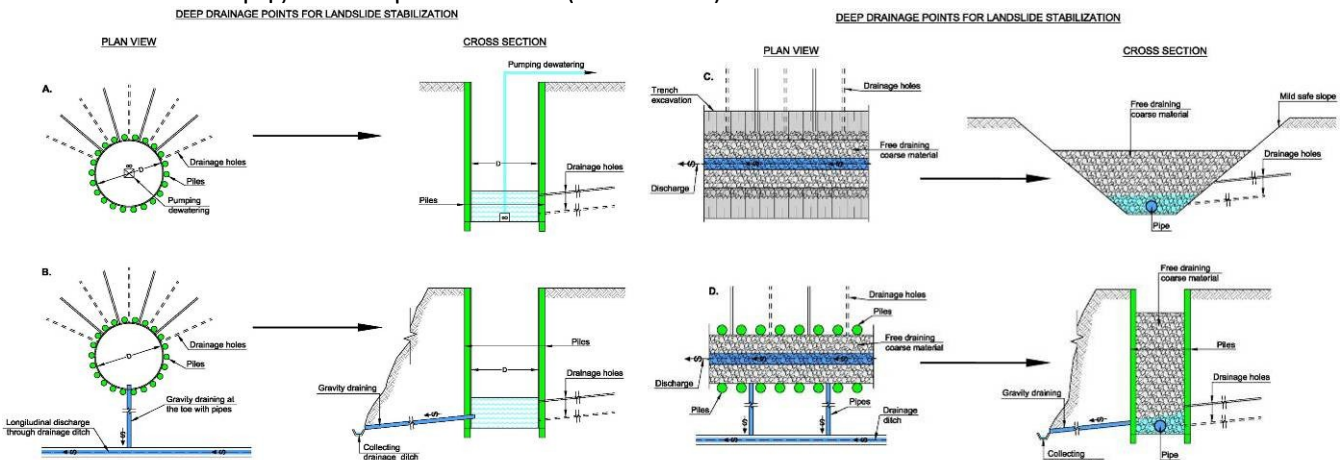
3.5.4 Μέτρα Ανάσχεσης

Τα μέτρα αναχαίτισης διακρίνονται κι αυτά ανάλογα με τα στάδια επανεκδήλωσης του φαινομένου. Για χάρη της οικονομικότητας της λύσης αλλά και του χρονοδιαγράμματος της κατασκευής στις περισσότερες αρχικές λύσεις τείνουν να χρησιμοποιούνται τα ελάχιστα δυνατά παθητικά μέτρα, τα οποία κατά την διάρκεια των κατασκευών υπάρχει δυνατότητα να επαναπροσδιοριστούν ανάλογα με την τοπική ανταπόκριση. Η τακτική αυτή ενισχύεται από το γεγονός ότι όντας σε περίπτωση τμηματικής επανενεργοποίησης παλιάς κατολίσθησης οι αβεβαιότητες για τις συνθήκες και τη επιδεκτικότητα της ευρύτερης περιοχής αυξάνονται.

Μέτρα αναχαίτισης μετά από φαινόμενο στις 9 Δεκεμβρίου 2012

Οι προτάσεις για τα μέτρα ανάσχεσης της κατολίσθησης σε αυτή την φάση συνοψίζονται στα εξής:

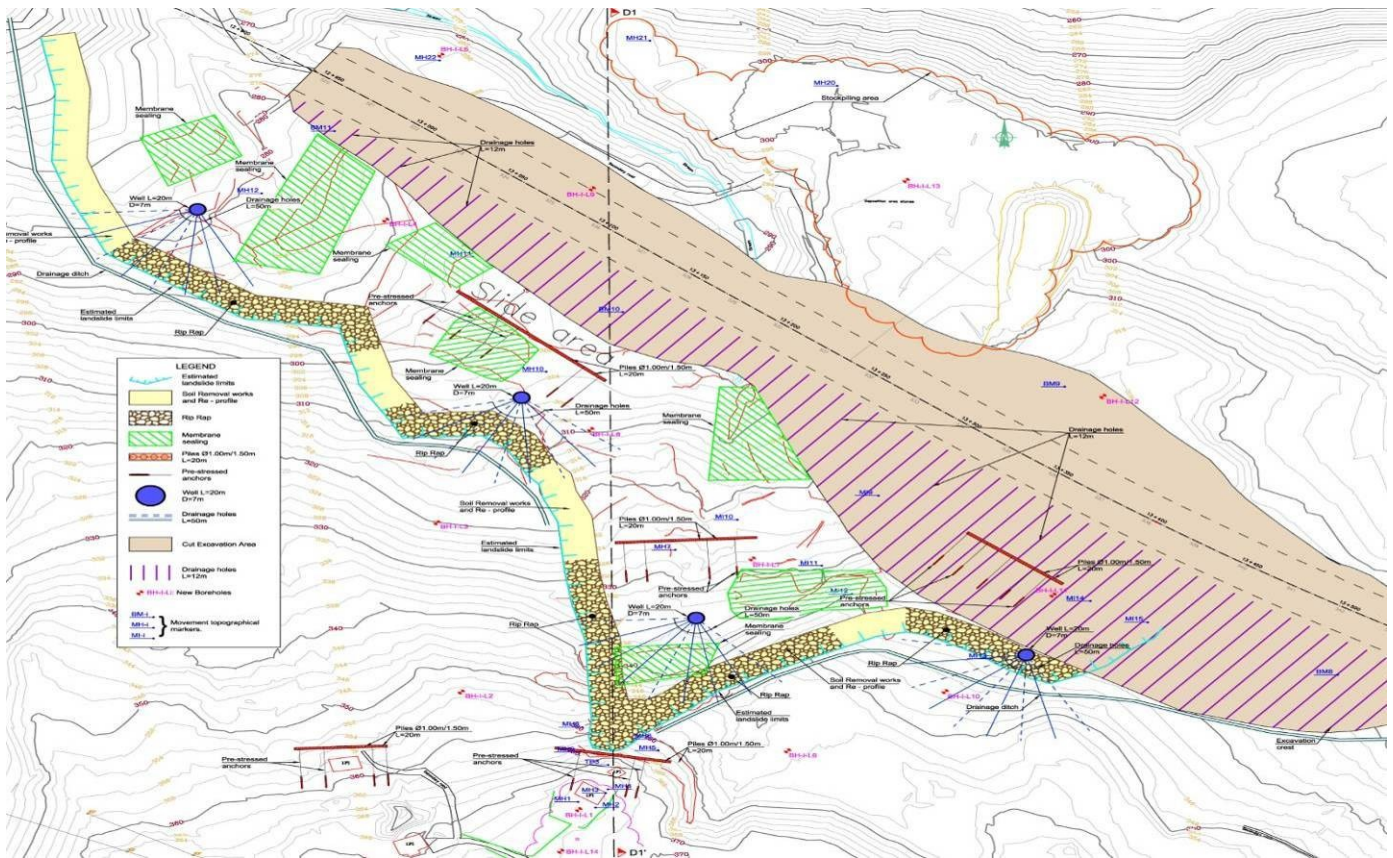
- Εξολοκλήρου αφαίρεση της κατολισθαίνουσας μάζας και αναμόρφωση όλων των πρανών σε ηπιότερες κλίσεις.
- Αγκυρωμένες πασσαλοστοιχίες κάθετα στη φορά των κινήσεων και στις θέσεις των οικιών. Οι πάσσαλοι που προτάθηκαν ήταν 20 μέτρα βάθους και διαμέτρου 1-1.5 μέτρα. Οι προεντεταμένες αγκυρώσεις της πασσαλοστοιχίας θα ήταν είχαν μήκος 20 μέτρα και αξονική απόσταση 3 μέτρα.
- Εκτεταμένα αποστραγγιστικά έργα που συνοψίζονταν σε βαθειά περιμετρική τάφρο γεμισμένη με λιθοριπή , στραγγιστήρια μήκους 12 μέτρων στις όψεις των πρανών και πηγάδια 20 μέτρων βάθους και διάμετρο 7 μέτρων εξοπλισμένα με περιμετρικά στραγγιστήρια μήκους 50 μέτρων για την συνεχή αποστράγγιση και τον υποβιβασμό της στάθμης των υπόγειων υδάτων (Εικόνα 3.58).



Εικόνα 3.59: Σχηματική απεικόνιση των προτεινόμενων μέτρων βαθειάς αποστράγγισης για την κατολίσθηση ΧΘ 13+150, Μάιος 2013 - πηγάδια δεξιά, τάφροι αριστερά (ΟΜΙΚΡΟΝ ΚΑΡΡΑ Consulting, May 2013)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

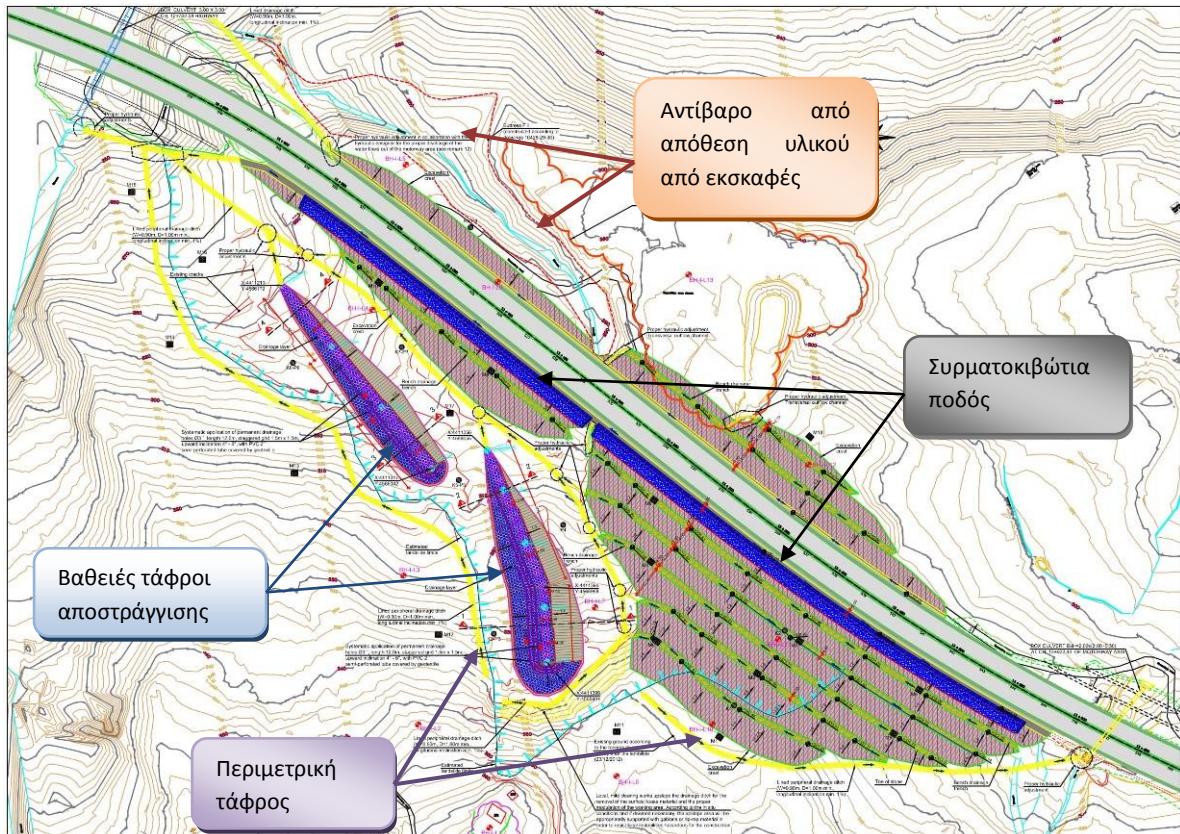
- Επιφανειακή μόνωση όλων των ρωγμών με γεωμεμβράνες για την αποφυγή της εισχώρησης των επιφανειακών υδάτων.



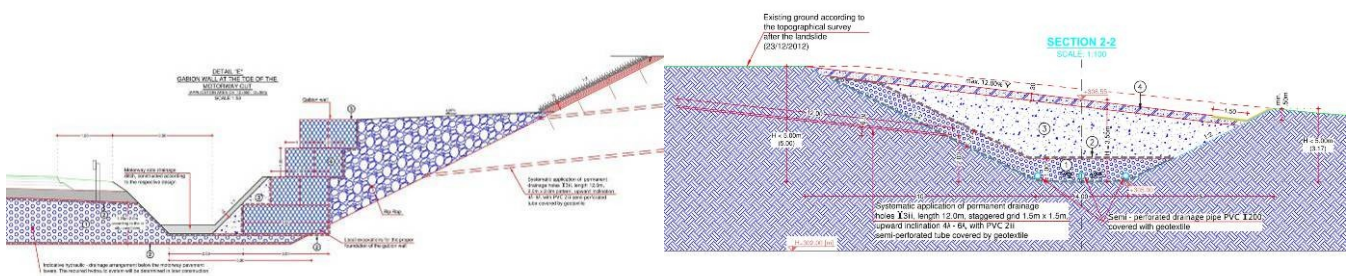
Εικόνα 3.60: Κάτοψη με τον συνδυασμό όλων των μέτρων που προτάθηκαν σε στάδιο προμελέτης για την αναχαίτιση της κατολίσθησης μετά την εκδήλωση της τον Δεκέμβριο του 2012 (ΟΜΙΚΡΟΝ ΚΑΡΡΑ Consulting, May 2013)

Τα μέτρα θα μπορούσαν να εφαρμοστούν όλα μαζί ή επιλεκτικά ανάλογα με την ανταπόκριση της περιοχής σε αυτά και να εφαρμοστούν εντός της ξηρής περιόδου. Η στρατηγική εφαρμογής ήταν η δεύτερη, της επιλεκτικής σταδιακής εφαρμογής. Η τελική μελέτη ανάλυσης περιλάμβανε:

- Αφαίρεση της κατολισθαίνουσας μάζας και εφαρμογή ηπιότερων κλίσεων πρανών από 1:2 μέχρι και 1:3.
- Συρματοκιβώτια στον πόδα του πρανούς.
- Βαθιές αποστραγγιστικές τάφροι στην Δυτική πλευρά με λιθοριπή και 12 μέτρων σε κάναβο 1.5×1.5 μέτρα.
- Περιμετρική τάφρος αποστράγγισης των επιφανειακών νερών πριν εισχωρήσουν στην κατολισθαίνουσα μάζα.
- Απόθεση των υλικών από τις εκσκαφές πίσω από το Βόρειο πρανές και κατάλληλη διαμόρφωση τους ώστε να λειτουργεί ως αντίβαρο για την κατολίσθηση.
- Κατάλληλη αντιδιαβρωτική προστασία πρανών (ηλώσεις, πλέγματα κτλ)



Εικόνα 3.61: Κάτοψη τελικής λύσης μετά από φαινόμενο 9 / 12 / 2012 (ΟΜΙΚΡΟΝ ΚΑΡΡΑ Consulting, May 2014)



Εικόνα 3.62: Τομές από ενδεικτικές λεπτομέρειες για τελική λύση αναχαίτισης της κατολίσθησης στη ΧΘ 13+150 μετά από φαινόμενο 9 / 12 / 2012 (ΟΜΙΚΡΟΝ ΚΑΡΡΑ Consulting, May 2014)

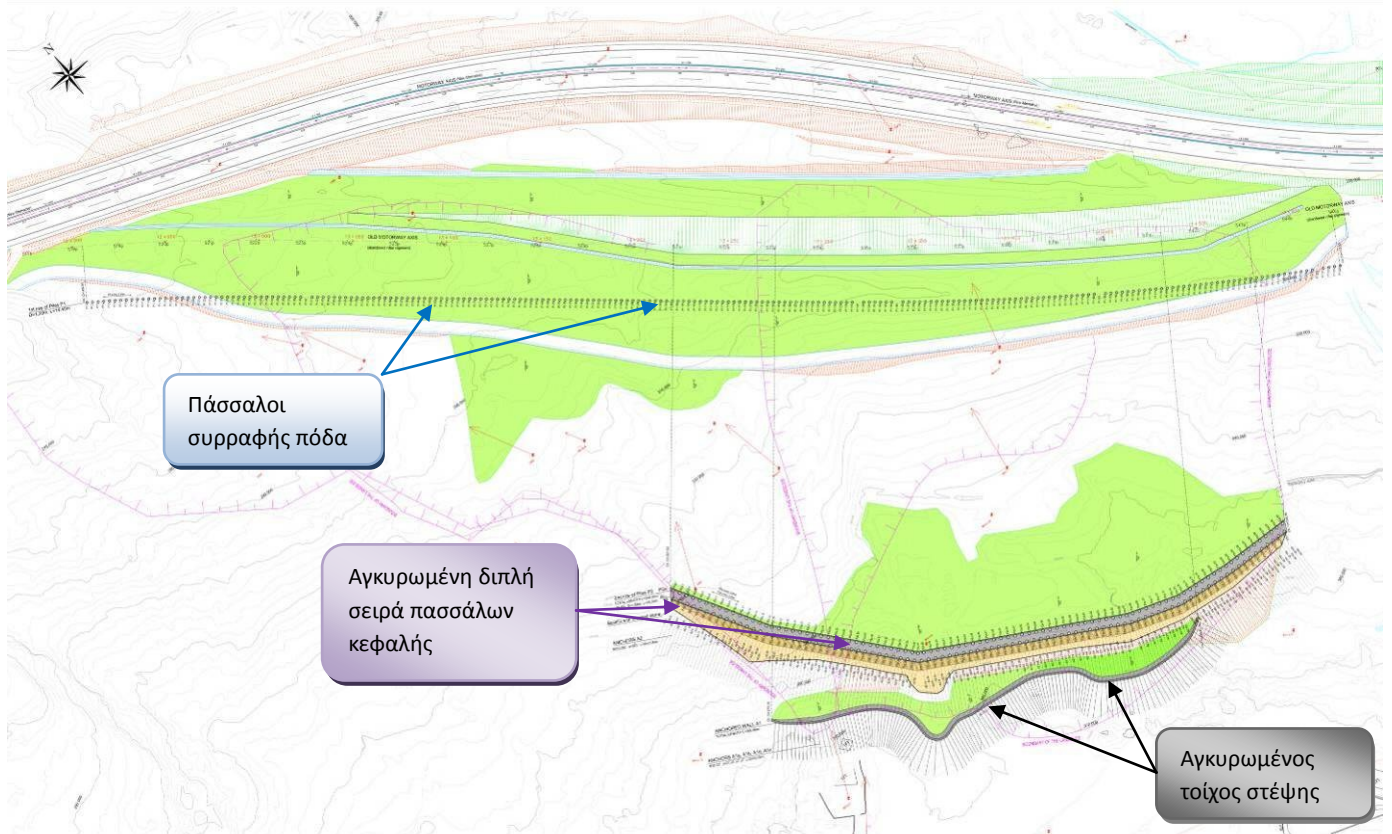
Μέτρα αναχαίτισης μετά από φαινόμενο στις 2 Δεκεμβρίου 2014

Μετά το φαινόμενο στις 2 Δεκεμβρίου 2014 καινούργια στρατηγική αναχαίτισης της κατολίσθησης ακολουθήθηκε. Αυτή συνοψίζεται στα εξής:

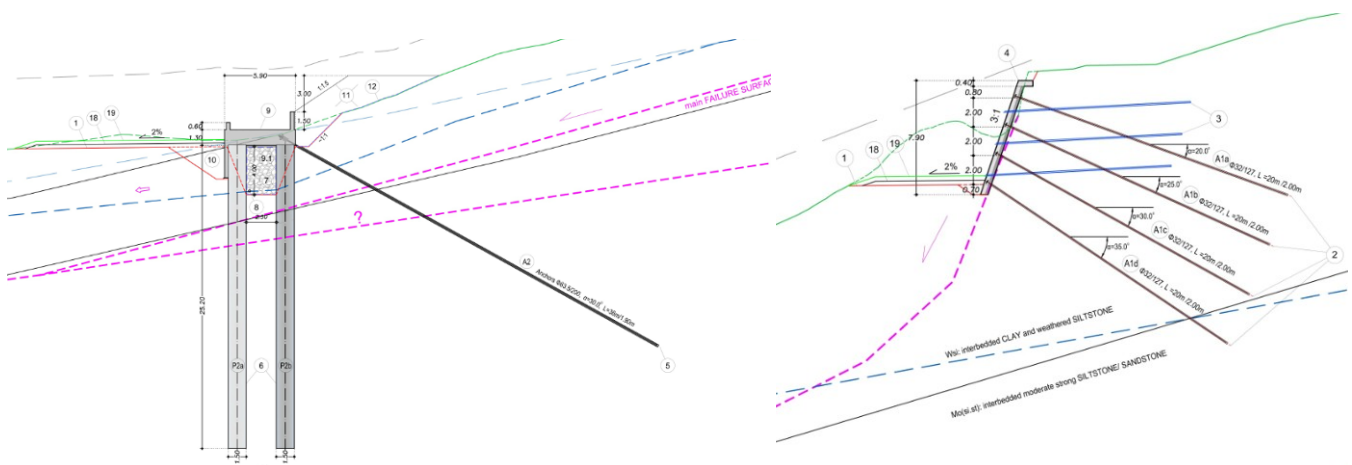
- Αλλαγή χάραξης με μετατόπιση της ερυθράς προς τα αριστερά (προς ποτάμι) για την μείωση όσο γίνεται των εκσκαφών.
- «Συρραφή» της κατολίσθησης στον πόδα της με σειρά πασσάλων με διάμετρο 1,2 μέτρα, και μήκος 14,4 μέτρα σε κατάλληλο βάθος (ώστε να συγκρατούν επιφάνεια αστοχίας) και αξονική απόσταση 3 μέτρων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

- Εξασφάλιση από περεταίρω εξάπλωση με αγκυρωμένη διπλή σειρά πασσάλων κοντά στην κεφαλή με διάμετρο 1,5 μέτρα, μήκος 25,25 μέτρα και με αξονική απόσταση 3 μέτρα οι οποίες συνδέονται με κεφαλόδεσμο όπως στη Εικόνα 3.61.
- Αγκύρωση της στέψης με παθητικά αγκύρια (4 σειρές σε καναβο 2x2) με μήκος 20 μέτρα με κλίσεις που αρχίζουν από 20° στην άνω σειρά και γίνεται 25°, 30° και 35° στις επόμενες σειρές προς τα κάτω (Εικόνα 3.61).
- Κάλυψη με φυτική γη με κατάλληλες κλίσεις.



Εικόνα 3.63: Κάτοψη τελικής λύσης μετά από φαινόμενο 2 / 12 / 2014 (GEOGNOSI, 2016)



Εικόνα 3.64: Τομές από ενδεικτικές λεπτομέρειες για τελική λύση αναχαίτισης της κατολίσθησης στη ΧΘ 13+150 μετά από φαινόμενο 2 / 12 / 2014 (GEOGNOSI, 2016)

3.6 Κατολισθητικό Φαινόμενο ΧΘ 14+150

Η κατολίσθηση αυτή είναι το μόνο φαινόμενο που είχε εντοπιστεί και υποδειχθεί στη φάση του διαγωνισμού, αν και μικρότερης κλίμακας από το εκδηλωθέν φαινόμενο. Γι' αυτό το λόγο υπήρχε ιδιαίτερη μέριμνα για οποιαδήποτε εργασία λάμβανε χώρα στην ευρύτερη περιοχή μέχρι την ολοκλήρωση των γεωτεχνικών ερευνών και της τελικής μελέτης αναχαίτισης.

Η χάραξη στο σημείο βρίσκεται σε επίχωμα ανώτερου ύψους περίπου 15 μέτρα το οποίο φαίνεται να διασχίζει την κατολίσθηση στο κέντρο της.

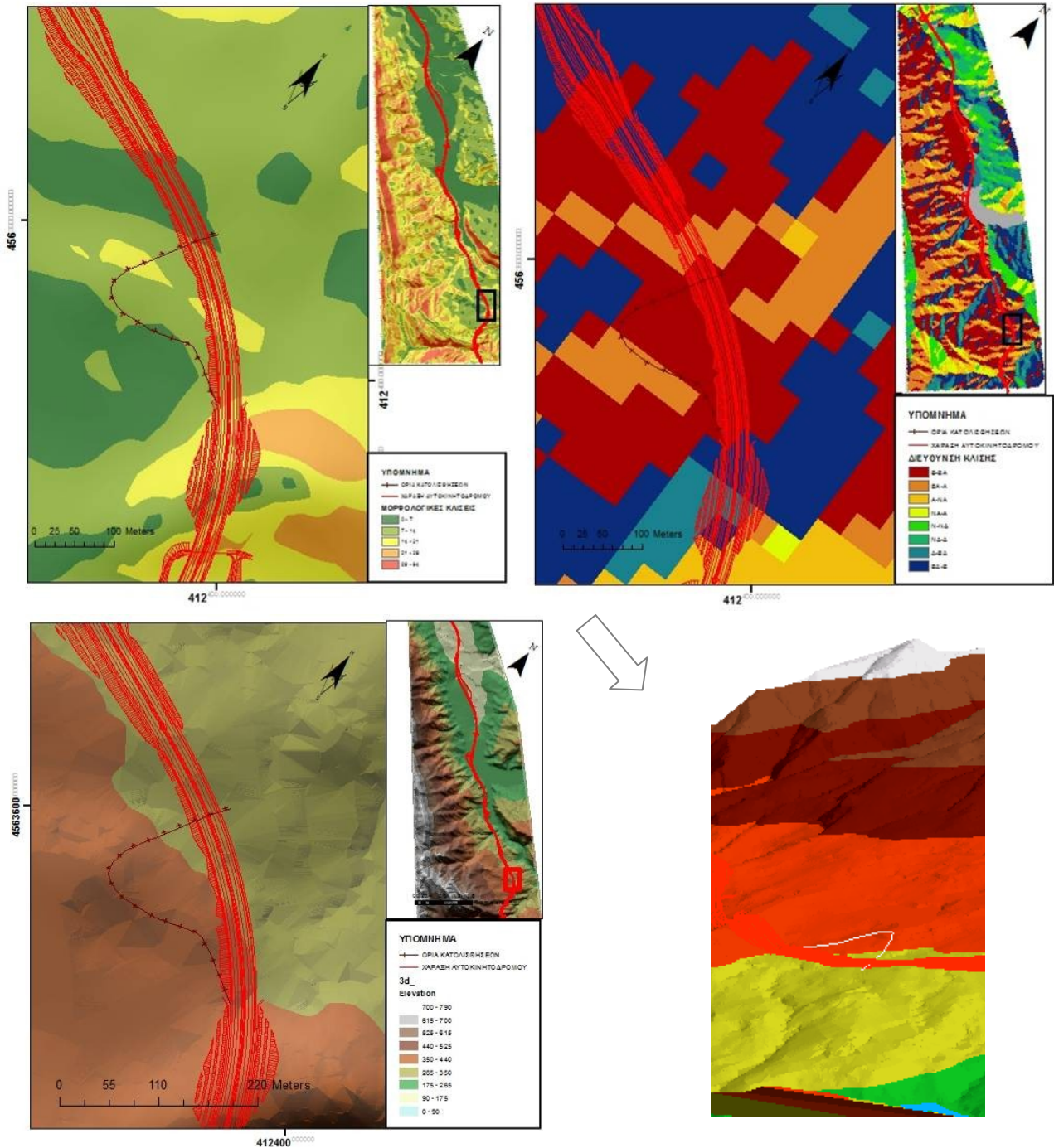


Εικόνα 3.65: Ορθοφωτογραφία περιοχής κατολίσθησης στη ΧΘ 14+150

3.6.1 Μορφολογία

Αν και η μορφολογία της ευρύτερης περιοχής χαρακτηρίζεται ως λοφώδης στην ειδική περιοχή μελέτης χαμηλές έως πολύ χαμηλές κλίσεις με φορά προς τα Βορειοανατολικά ενώ το μέγιστο υψόμετρο στη θέση της κατολίσθησης είναι 374 μέτρα περίπου. Κοντά στη στέψη της κατολίσθησης υπάρχει η αρδευτική λιμνοδεξαμενή μεγάλης έκτασης όπως φαίνεται στη ορθοφωτογραφία της Εικόνας 3.65.

Η ευρύτερη περιοχή είναι μια αναγνωρισμένη περιοχή κατολισθήσεων και φαινόμενων διάβρωσης που εξηγεί την παρούσα ήπια μορφολογία σαν αποτέλεσμα αυτών.

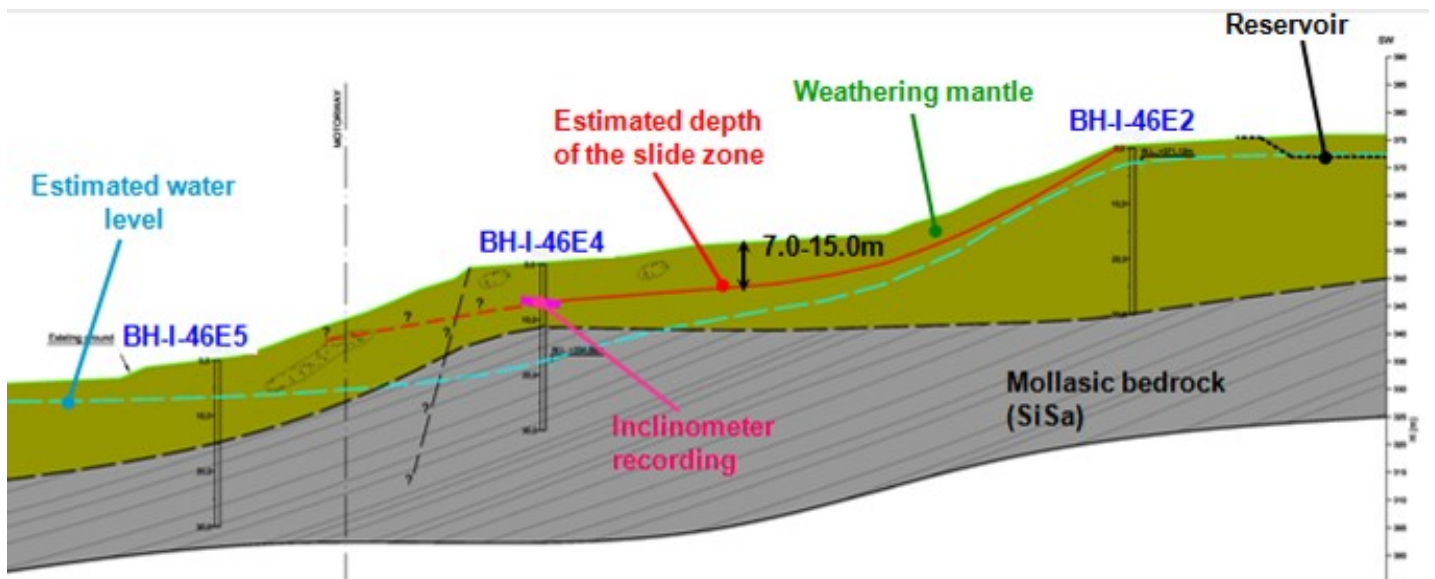


3.6.2 Γεωλογία

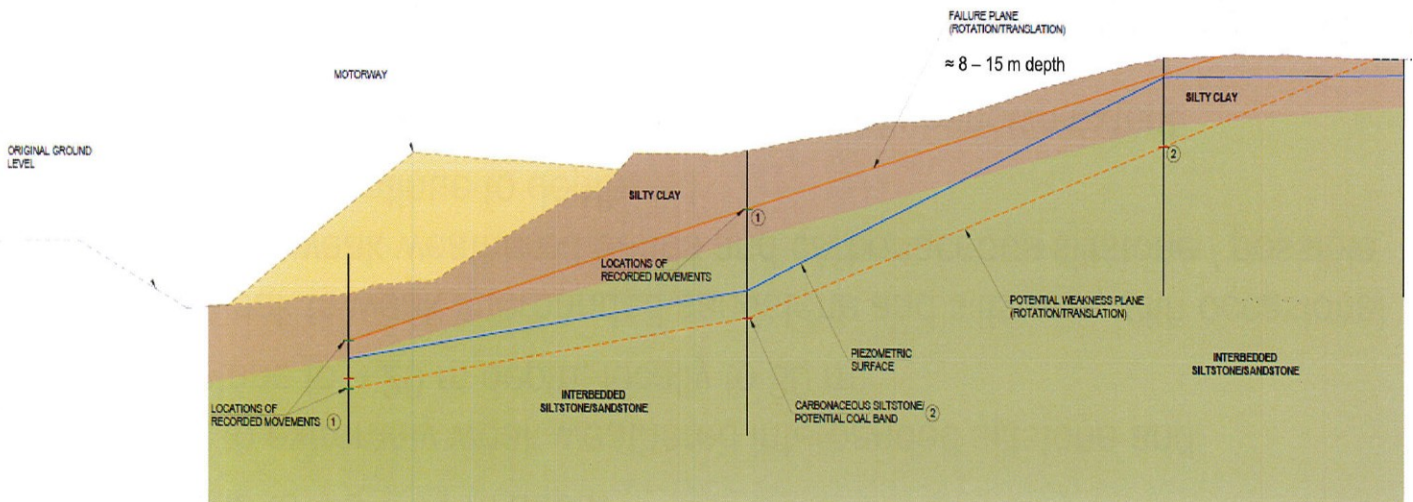
Και στην περίπτωση το φαινόμενο λαμβάνει χώρα εντός μολασσικού σχηματισμού του Τορτονίου (Εικόνα 2.12). Όπως και στην περίπτωση της κατολίθησης στη ΧΘ 13+150 έτσι και σε αυτή τη θέση απαντάται μια άνω στρώση από ιλυώδη αμμώδη άργιλο, ακολουθεί ένας αποσαθρωμένος ιλυολιθικός σχηματισμός με λεπτές ενστρώσεις από ψαμμίτη και υπόβαθρο από εναλλαγές ψαμμίτη με ιλύλιθο σε ίσες αναλογίες αλλά πολύ χαμηλών γεωτεχνικών χαρακτηριστικών. Εντός των σχηματισμών παρατηρήθηκαν κατα τόπους ογκόλιθοι ψαμμίτη που δείχνουν πρότερη αναμόχλευση του υλικού και ζώνες όπου ο ιλύλιθος έχει εκφυλιστεί σε

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

άργίλο. Λιγνιτικοί αδύναμοι οριζόντες εντοπίστηκαν από τις γεωτρήσεις. Η αναμόχλευση των άνω δυο στρωμάτων είναι τόσο έντονη που η αρχική γεωλογική ερμηνεία τις ενσωμάτωσε σε μια γεωτεχνική ενότητα (Εικόνες 3.66-7).



Εικόνα 3.66: Πρώτη ερμηνεία Γεωλογικής τομής κατολίσθησης στη θέση 14+150 (OMIKRON KAPPA Consulting, May 2013)

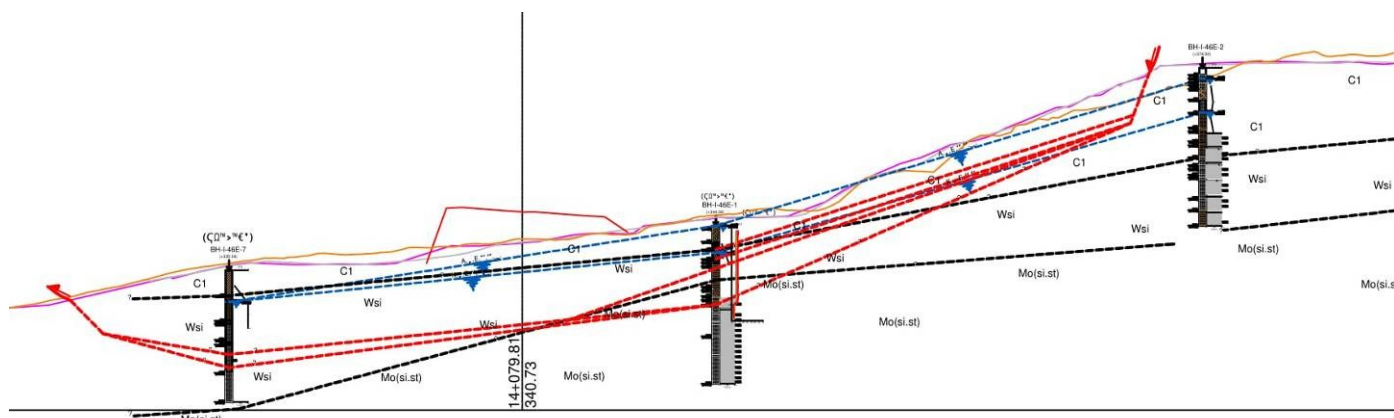


Εικόνα 3.67: Δεύτερη ερμηνεία Γεωλογικής τομής κατολίσθησης στη θέση 14+150 (Golder Associates Ltd, March 2015)

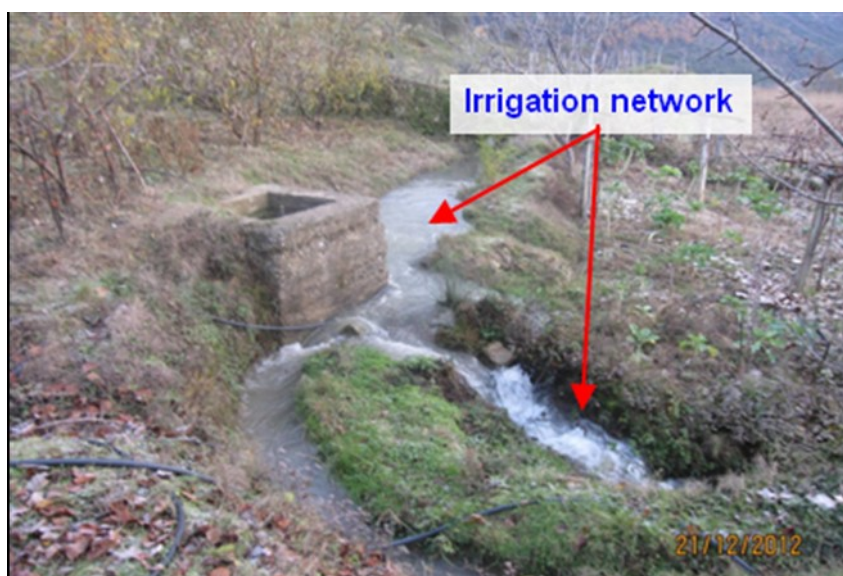
Κατά τη φάση της τελικής γεωτεχνικής μελέτης στο πλαίσιο της επανεκτίμησης όλων των κατολισθητικών φαινομένων του δρόμου οι ενότητες αυτές διαχωρίστηκαν (Εικόνα 3.68).

Τα υπόγεια ύδατα βρέθηκαν πολύ κοντά στη επιφάνεια. Εντός της κατολισθαίνουσας μάζας εποχικά το βάθος του υπόγειου οριζόντα κυμαινόταν από 1-5 μέτρα βάθος, ενώ εκτός της κατολίσθησης 2-8 μέτρα βάθος. Η διαφορά αυτή, παρομοίως με την κατολίσθηση στη περιοχή 13+150, ερμηνεύεται από την απώλεια της συνέχειας λόγω προηγούμενων κατολισθήσεων των διαπερατών στρωμάτων. Ωστόσο η διαφορά εδώ δεν είναι του ίδιου μεγέθους όπως εκείνη στη

ΧΘ 13+150. Σε αυτή την περίπτωση η αναμόλυνση φαίνεται να είναι έντονη και εκτός της ζώνης κατολίθωσης και τα πολλά αρδευτικά ύδατα της περιοχής (Εικόνα 3.69).



Εικόνα 3.68: Τελική ερμηνεία Γεωλογικής τομής κατολίθωσης στη θέση 14+150 (GEOGNOSI, 2016)



Εικόνα 3.69: Φωτογραφία από αρδευτικό δίκτυο που εκτεινόταν σε όλη την περιοχή της κατολίθωσης

3.6.3 Εμφάνιση και Εξέλιξη Φαινόμενου Αστάθειας

Η παλιά κατολίθωση της ΧΘ 14+150 είχε υποδειχθεί στην φάση του διαγωνισμού με τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

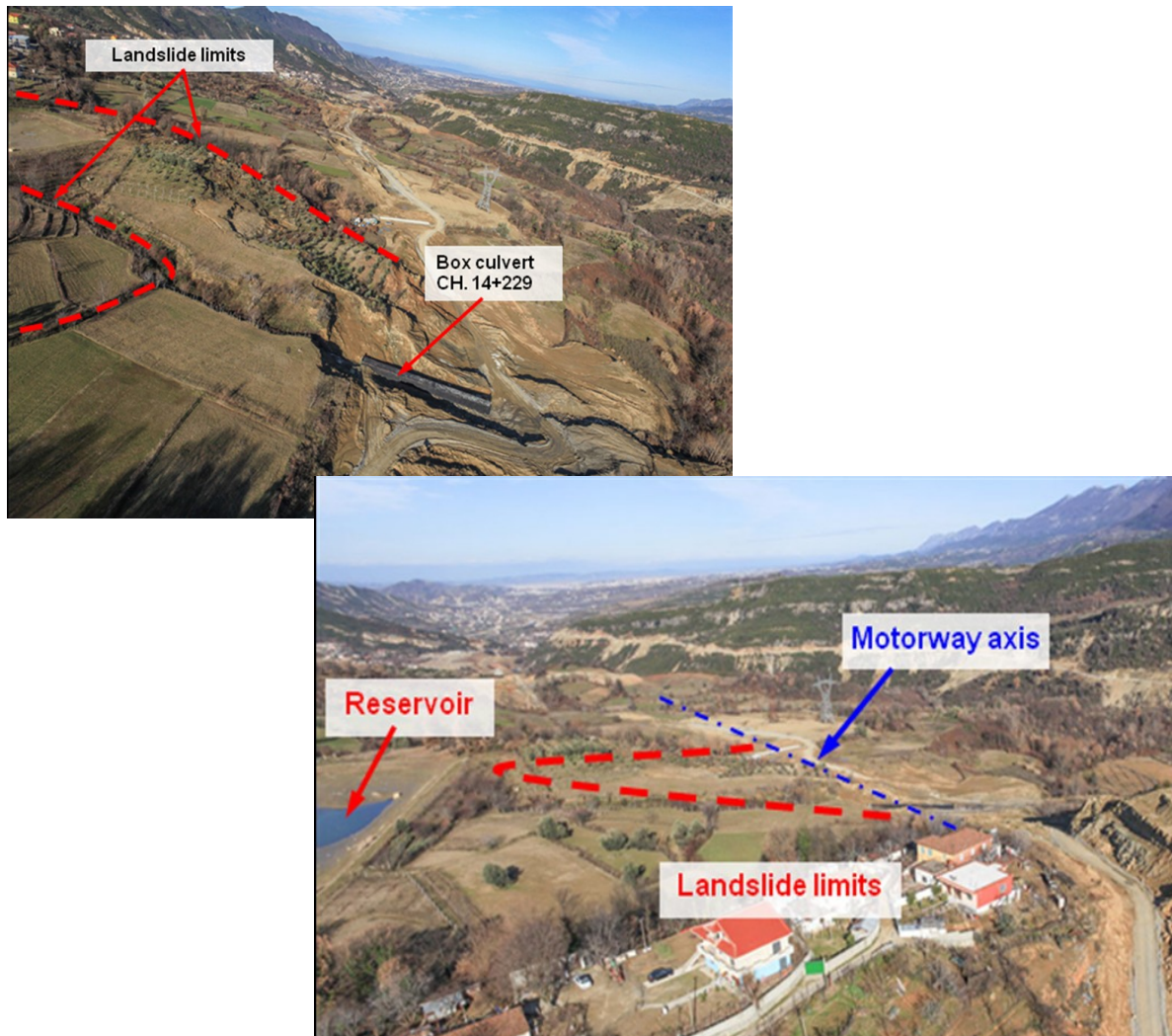
Πίνακας 3.8: Βασικά χαρακτηριστικά που είχα υποδειχθεί για την κατολίθωση στη ΧΘ 14+150 στη φάση του διαγωνισμού

Μήκος επηρεαζόμενου αυτοκινητοδρόμου:	14+100 – 14+435 km
Μηχανισμός εκδήλωσης:	Ολίσθηση γαιών
Μήκος:	335m
Πλάτος:	50 – 75 m
Βάθος:	4.5 – 6.5 m
Θέση μεγαλύτερου βάθους:	14+200 – 14+315 km
Βάθος του βαθύτερου τμήματος:	5.5 – 6.5 m



Εικόνα 3.70: Φωτογραφίες από περιοχή κατολίσθησης στη ΧΘ 14+150 πριν την αρχή των εργασιών (GEOSAT GROUP & ICE, 2011)

Ωστόσο τον Νοέμβριο του 2012, κατά την διάρκεια ελάχιστων εργασιών που έλαβαν χώρα στον οχετό της ΧΘ 14+229, όλη η περιοχή έδειξε μια πολύ πιο εκτεταμένη παθογένεια, εμφανίζοντας εφελκυστικές ρωγμές και ροές νερών κοντά στις μικρής κλίμακας εκσκαφές (μόλις 2 μέτρων).

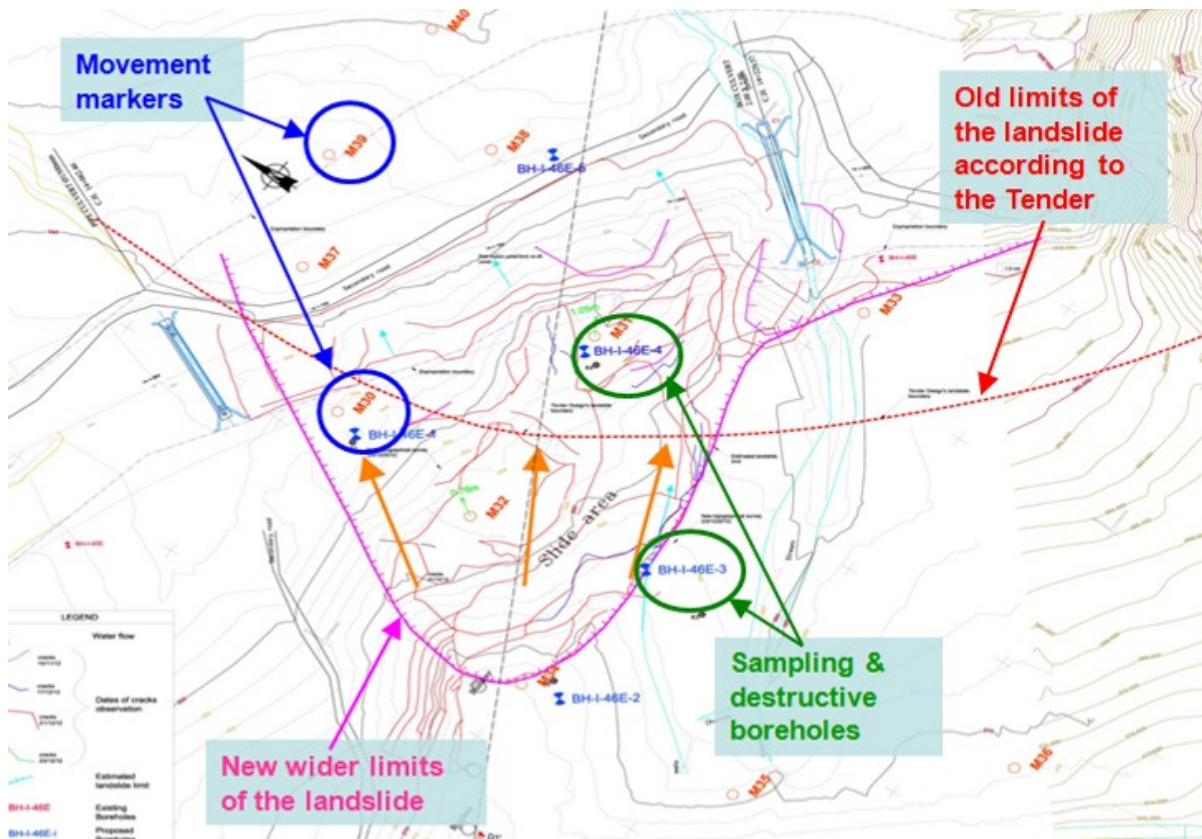


Εικόνα 3.71: Φωτογραφία κατολισθητικό φαινόμενο όπως εξελίχθηκε μετά τον Δεκέμβριο 2012

Στις 15 Δεκεμβρίου του 2012 και τις επόμενες ημέρες του ίδιου μήνα, μετά από τις έντονες εποχικές βροχές, το φαινόμενο εμφάνισε όλη την μέχρι σήμερα δυναμική του με εφελκυστικές ρωγμές και τοπικές αστάθειες σε μια ευρεία περιοχή. Τα χαρακτηριστικά του φαίνεται να είναι:

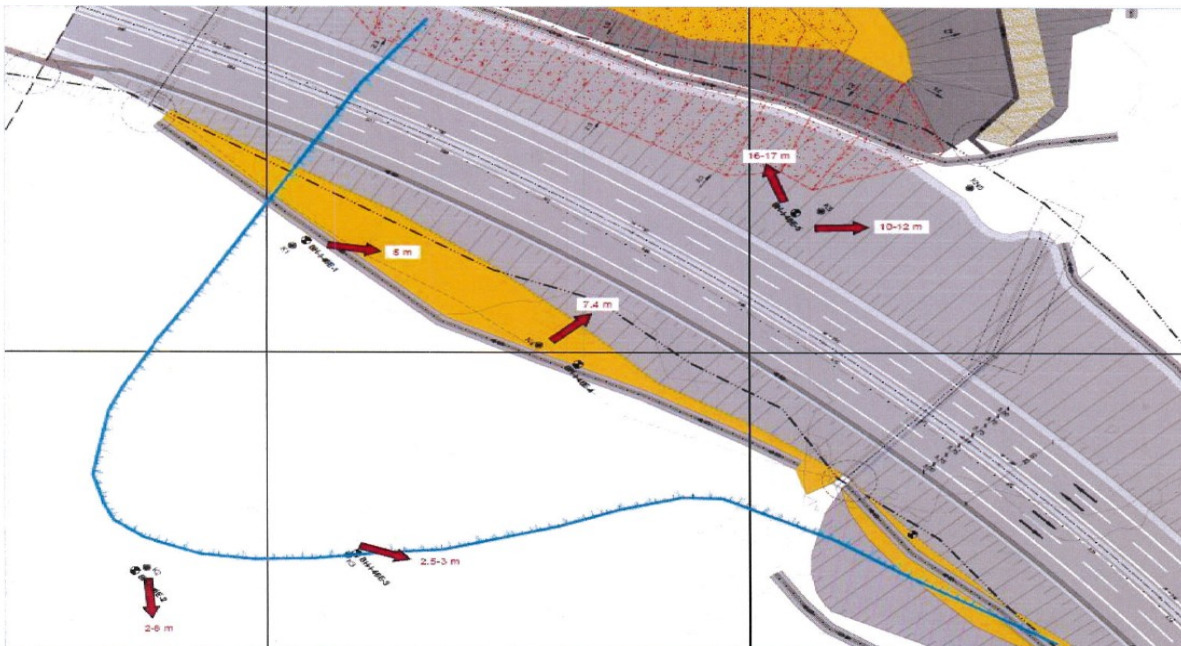
Μήκος επηρεαζόμενου αυτοκινητοδρόμου:	14+070 – 14+300 km
Μηχανισμός εκδήλωσης:	Συνδυασμός περιστροφικής με μεταθετική ολίσθηση
Μήκος:	230m
Πλάτος:	130 m
Βάθος:	10.0 – 15.0 m
Κατολισθαίνουσα έκταση :	16.000m ²

Εικόνα 3.72: Βασικά χαρακτηριστικά όπως προέκυψαν μετά τις 15 Δεκεμβρίου 2012 στη ΧΘ 14+150



Εικόνα 3.73: Κάτοψη με αναμενόμενο και εμφανισθέν όριο κατολίσθησης στη ΧΘ 14+150 (ΟΜΙΚΡΟΝ KAPPA Consulting, May 2013)

Τα εγκατεστημένα κλισιόμετρα έδειξαν συνεχείς ακατάπαυστες μετακινήσεις σε όλη την διάρκεια λειτουργίας τους. Το κλισιόμετρο στη βόρεια πλευρά του προβλεπόμενου πρηνούς του επιχώματος του δρόμου κατέγραψε εκτός της ζώνης ολίσθησης που κατεδείκνυαν και τα υπόλοιπα κλισιόμετρα και μια άλλη ζώνη ολίσθησης σε μεγαλύτερο βάθος που άλλαξε τα δεδομένα για τον όγκο της κατολισθαίνουσας μάζας.



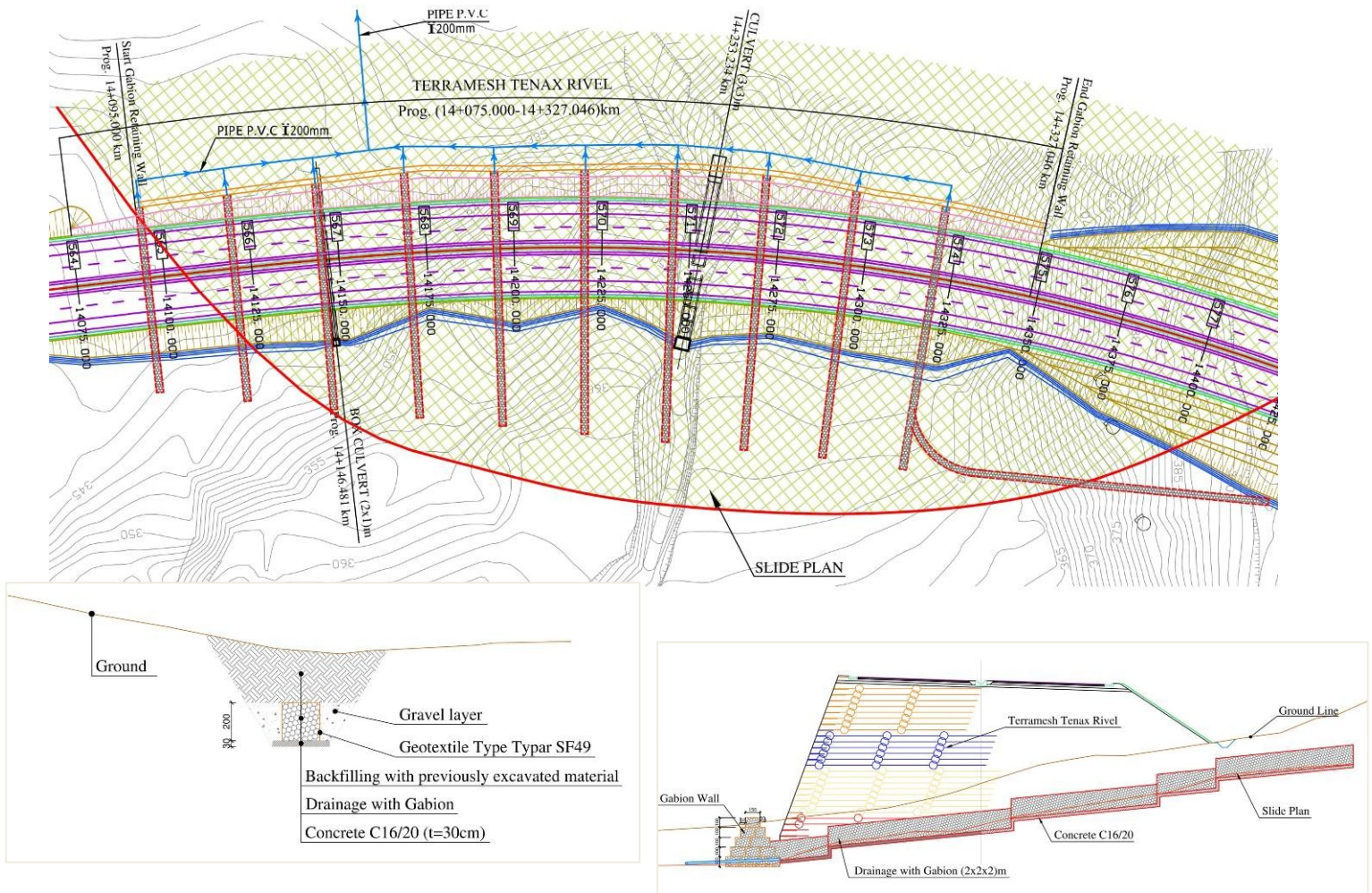
Εικόνα 3.74: Κάτοψη με κινήσεις κλισιομέτρων – Διάνυσμα για φορά κίνησης και αριθμός που συνοδεύει το διάνυσμα για βάθος κίνησης (Golder Associates Ltd, March 2015)

Η δεύτερη αυτή επιφάνεια ολίσθησης χρειαζόταν περαιτέρω διερεύνηση με την εγκατάσταση οργάνων πιο βαθιά, τα οποία και εγκαταστάθηκαν για χάρη της τελικής μελέτης αναχαίτισης. Η τελική ερμηνεία της καινούργιας γεωτεχνικής έρευνας φαίνεται στην Εικόνα 3.68.

Ο μηχανισμός της αστοχίας έχει ερμηνευτεί άλλοτε σαν μόνο περιστροφικός και άλλοτε ως συνδυασμός περιστροφικής και μεταθετικής ολίσθησης. Η τελική ερμηνεία φαίνεται να συγκλίνει στην άποψη της περιστροφικής αστοχίας.

3.6.4 Μέτρα Αναχαίτισης

Η κατολίσθηση αυτή είχε ερμηνευτεί αρχικά ως ολίσθηση γαιών και συγκεκριμένα του άνω αποσαθρωμένου μανδύα. Με αυτή την ερμηνεία ο όγκος των κατολισθαίνοντων μαζών αν και εκτεινόταν σε μεγάλη έκταση ήταν σχετικά μικρός και τα μέτρα που είχαν προταθεί στη φάση του διαγωνισμού συνοψίζονταν σε βαθιά αποστράγγιση των άνωθεν του δρόμου μαζών και διαπερατό (συρματοκιβωτίων) αντίβαρο ποδός την Βόρεια πλευρά του δρόμου. Η αποστράγγιση αυτή είχε προβλεφθεί με συρματοκιβώτια 2x2 μέτρων, διάφορων μηκών που θα διέσχιζαν βαθμιδωτά κάθετα την χάραξη του δρόμου λίγο χαμηλότερα από το επίπεδο της αναμενόμενης επιφάνειας ολίσθησης με αξονική απόσταση 25 μέτρα. Τα συγκεντρωμένα νερά από το σώμα της κατολίσθησης θα παροχετεύονταν μέσω ειδικού συστήματος σωλήνων.



Εικόνα 3.75: Προβλεπόμενα μέτρα αναχαίτισης κατολίσθησης στη ΧΘ 14+150 στη φάση του διαγωνισμού (GEOSAT GROUP & ICE, 2011)

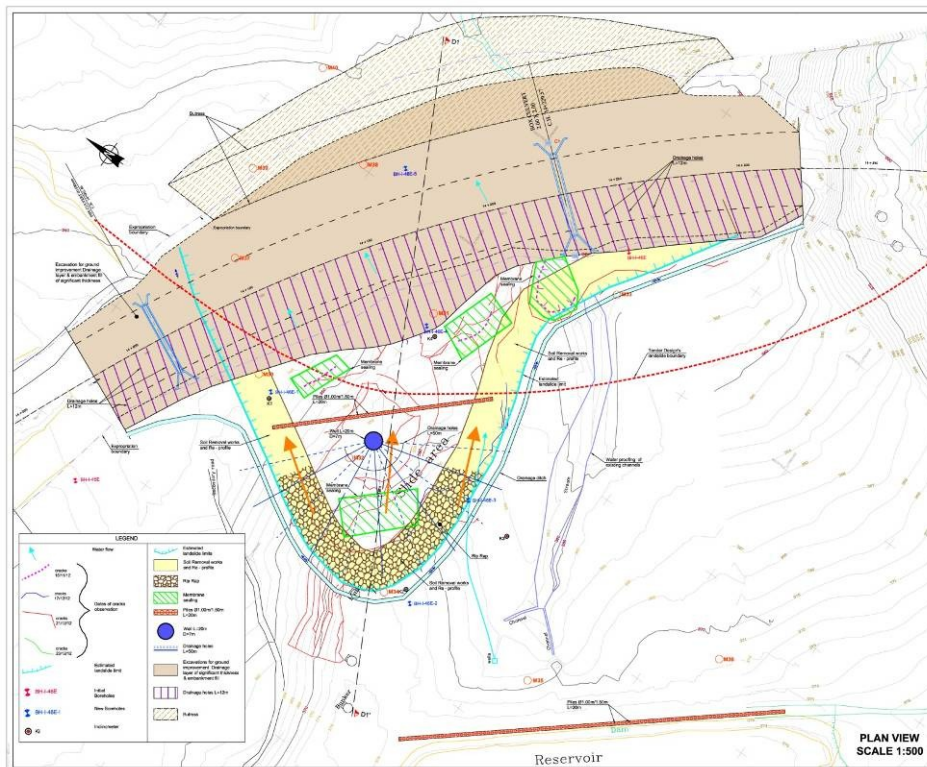
Η λύση αυτή απορρίφθηκε από πολύ αρχικό στάδιο διότι τα δεδομένα της περιοχής έδειχναν ότι το φαινόμενο έρχετο περισσότερο διερεύνησης. Μετά τα φαινόμενα του Δεκεμβρίου του 2012 η λύση αυτή αποδείχθηκε τ δεν θα μπορούσε να εφαρμοστεί εφόσον η κατολίσθηση δεν περιοριζόταν στην περιοχή που είχε οριοθετηθεί κατά τη φάση του διαγωνισμού. Οι επιπλέον οργανομετρήσεις έκαναν εμφανές ότι περισσότερα μέτρα στήριξης χρειαζόνταν και ότι τα μέτρα αποστράγγισης είτε επιφανειακά είτε βαθιά ίσως τελικά και να μην είναι τόσο αποτελεσματικά λόγω του αδιαπέρατου χαρακτήρα των σχηματισμών που απαντώνται στην περιοχή.

Μετά τις πρώτες καταγραφές των κλισιομέτρων τα μέτρα που προτάθηκαν στη περιοχή αυτή ήταν παρόμοια με τα πρώτη πρόταση μέτρων της κατολίσθησης στη θέση 13+150. Σε αυτή την περίπτωση βέβαια λήφθηκε επιπρόσθετη τη μέριμνα για το επιπλέον βάρος και τις δυσκολίες που επέφερε η λιμνοδεξαμενή κοντά στη στέψη της κατολίσθησης. Τα μέτρα που προτάθηκαν στο σύνολο του συνοψίζονται στα παρακάτω:

- Σχετικά με την δεξαμενή δόθηκαν οι εξής επιλογές:
 - Πλήρης αφαίρεσης της και εφαρμογή κατάλληλη συστήματος απορροής των υδάτων που κατέληγαν σε αυτή ώστε να μην επηρεάζεται η κατολισθαίνουσα μάζα, ή

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

- Εναλλακτικά η συγκράτηση της μέσω συστήματος αγκυρωμένης πασσαλοστοιχίας για την αποφυγή πιθανής διάρρηξης της σε περίπτωση επέκτασης της υφιστάμενης κατολίθησης σε συνδυασμό με μέτρα ασφαλούς υδατοστεγάνωσης της. προέκυπτε από τις μέχρι τότε έρευνες της περιοχής ότι η δεξαμενή αυτή είχε πολλές διαρροές στην περιβάλλουσα περιοχή.
- Εξολοκλήρου αφαίρεση της κατολισθαίνουσας μάζας και αναμόρφωση όλων των πρανών σε ηπιότερες κλίσεις (1:2-1:3)
- Αγκυρωμένες πασσαλοστοιχίες κάθετα στη φορά των κινήσεων και στις θέσεις των οικιών. Οι πάσσαλοι που προτάθηκαν ήταν 20 μέτρα βάθους και διαμέτρου 1-1.5 μέτρα. Οι προεντεταμένες αγκυρώσεις της πασσαλοστοιχίας θα ήταν είχαν μήκος 20 μέτρα και αξονική απόσταση 3 μέτρα.
- Εκτεταμένα αποστραγγιστικά έργα που συνοψίζονταν σε βαθειά περιμετρική τάφρο γεμισμένη με λιθοριπή , στραγγιστήρια μήκους 12 μέτρων στις όψεις των πρανών και πηγάδια 20 μέτρων βάθους και διάμετρο 7 μέτρων εξοπλισμένα με περιμετρικά στραγγιστήρια μήκους 50 μέτρων για την συνεχή αποστράγγιση και τον υποβιβασμό της στάθμης των υπόγειων υδάτων (Εικόνα 3.58).
- Επιφανειακή μόνωση όλων των ρωγμών με γεωμεμβράνες για την αποφυγή της εισχώρησης των επιφανειακών υδάτων.
- Κατασκευή μεγάλου αντίβαρου ποδός στον Βορά με τα υλικά των εκσκαφής το οποίο θα είχε ένα αρχικό μέγεθος σύμφωνα με την μελέτη και θα αναδιαμορφωνόταν ανάλογα με τις ενδείξεις των κλισιομέτρων.
- Κατάλληλη αντιδιαβρωτική προστασία πρανών (ηλώσεις, πλέγματα κτλ)

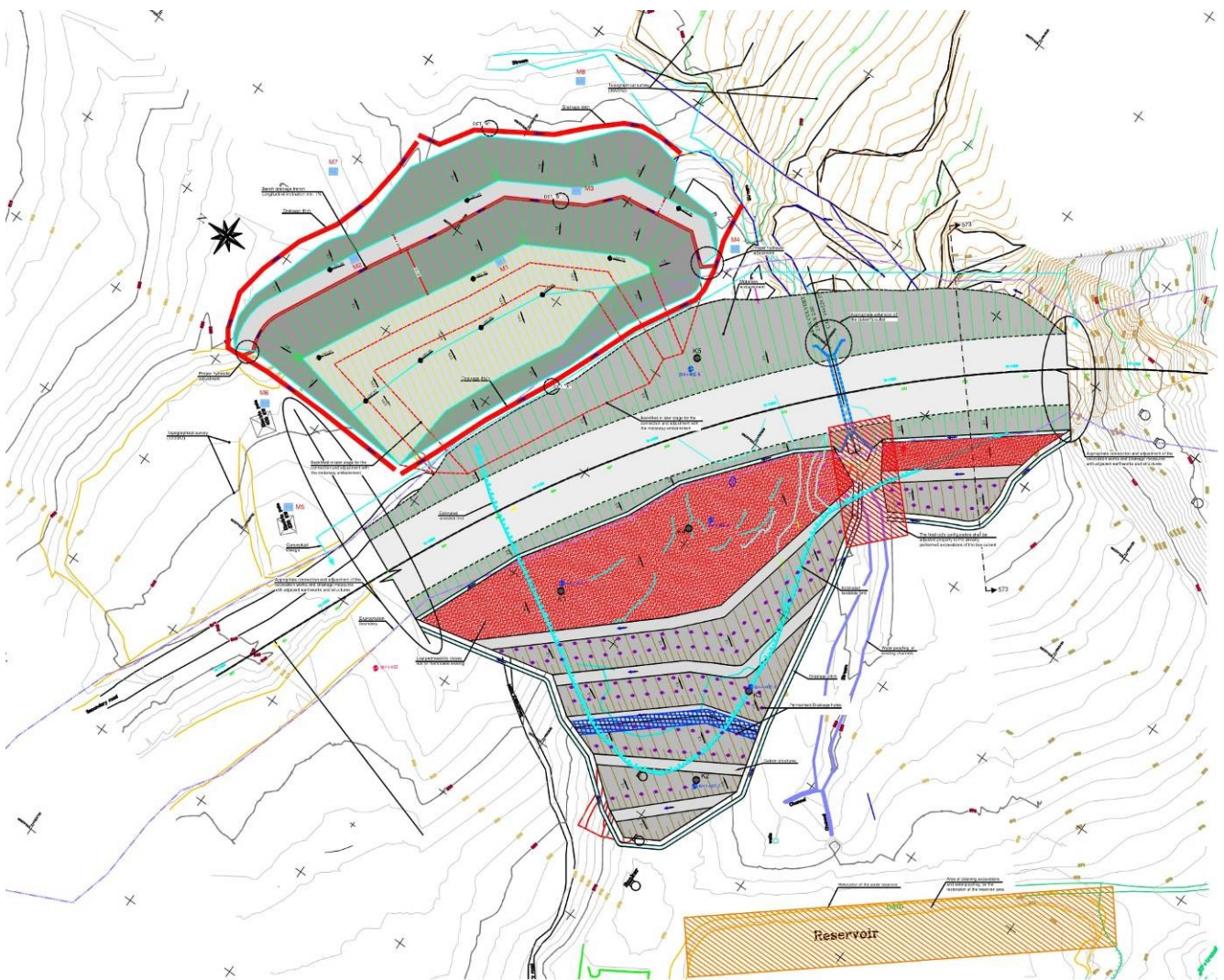


Εικόνα 3.76:Κάτοψη με τον συνδυασμό όλων των μέτρων που προτάθηκαν σε στάδιο προμελέτης για την αναχαίτιση της κατολίθησης μετά την εκδήλωση της τον Δεκέμβριο του 2012 (ΟΜΙΚΡΟΝ ΚΑΡΡΑ Consulting, May 2013)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Στο πλαίσιο της εφαρμογής των μέτρων κατά προτεραιότητα και της σταδιακής λήψης αποφάσεων ανάλογα με την γεωτεχνική ανταπόκριση στα μέτρα, η επιλογή του συνδυασμού των μέτρων ανάσχεσης σε πρώτο στάδιο συνίστανται στα εξής:

- Αφαίρεση της λιμνοδεξαμενής και κατάλληλη υδραυλική διαμόρφωση στην περιοχή.
- Αναδιαμόρφωση πρανών με κλίσεις από 1:2 μέχρι 1:3 και με αντίβαρο συρματοκιβωτίων στον πόδα της τρίτης βαθμίδας. Στον πόδα της εκσκαφής, κατασκευή «πλατείας» με επίχωση πάνω σε αποστραγγιστική στρώση.
- Έδραση του επιχώματος του αυτοκινητοδρόμου κάτω από την επιφάνεια ολίσθησης με αποστραγγιστικό στρώμα στη βάση.
- Αντίβαρο ποδός στο βόρειο πρανές του επιχώματος του αυτοκινητοδρόμου. Ομοίως με το επίχωμα του αυτοκινητοδρόμου και αυτό οφείλει να εδράζεται κάτω από την επιφάνεια ολίσθησης με κατάλληλη αποστραγγιστική στρώση.



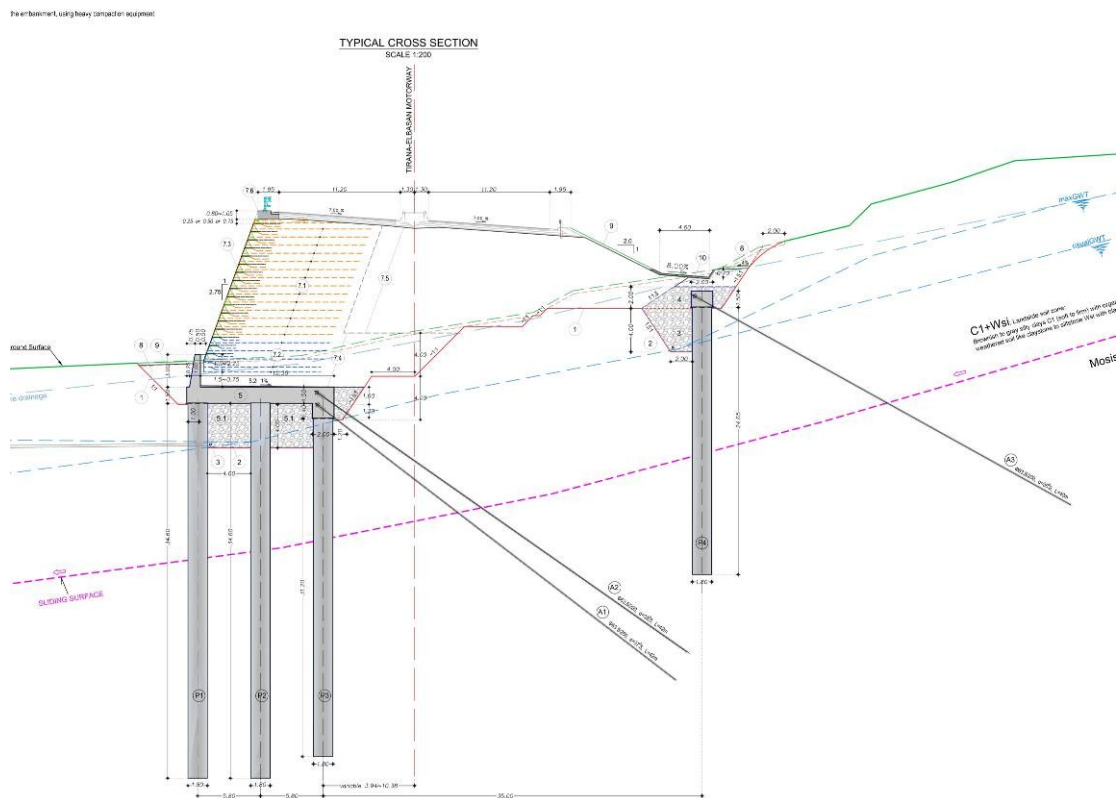
Εικόνα 3.77: Κάτοψη τελικής λύσης για κατολίσθηση στη ΧΘ 14+150 όπως διαμορφώθηκε σε πρώτη φάση (ΟΜΙΚΡΟΝ ΚΑΡΡΑ Consulting, 2013)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

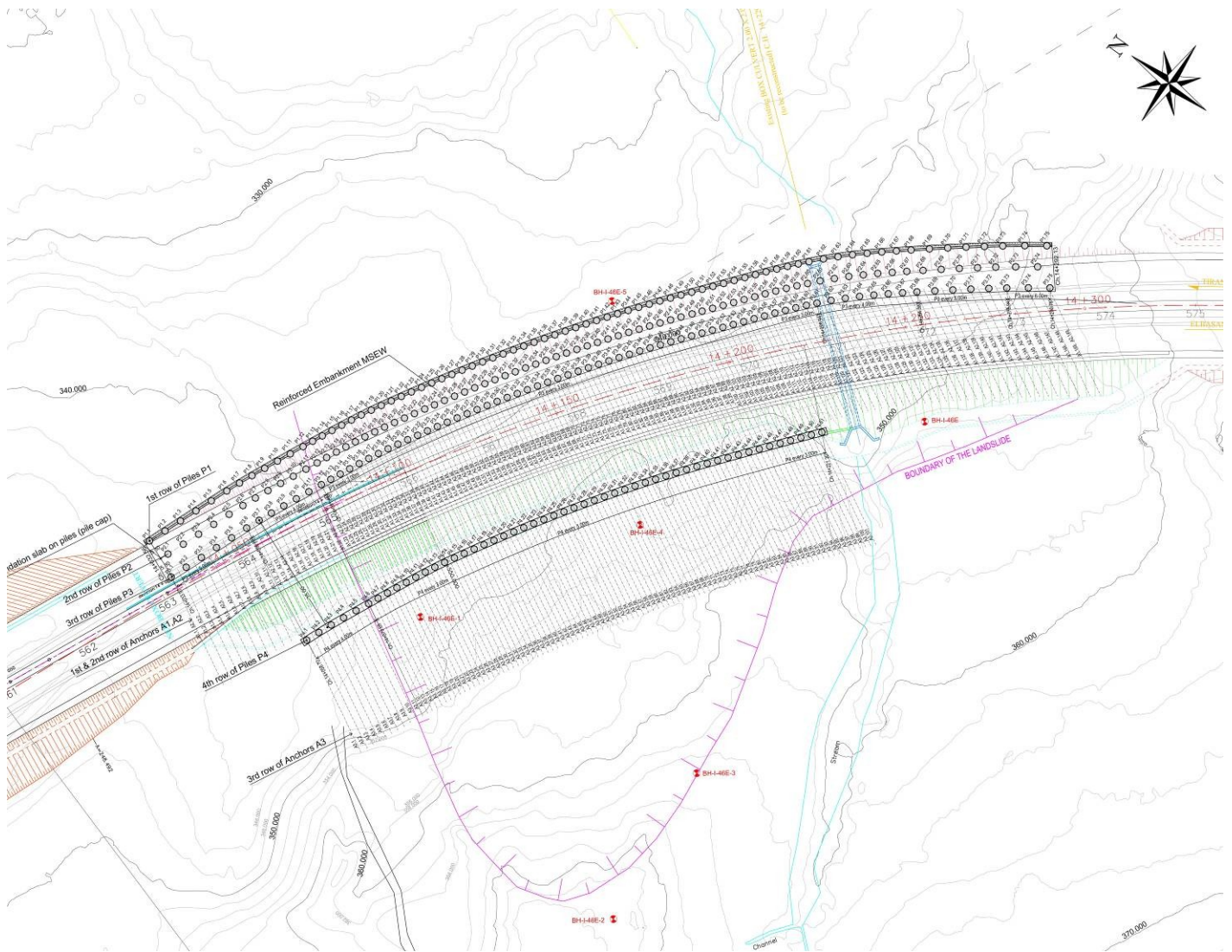
Η λύση αυτή θεωρήθηκε δόκιμη και προτιμητέα, με αλλαγή μόνο της κλίσης των πρανών σε 1:3.5 και εγκατάσταση παθητικών αγκυρίων, ακόμα και μετά από την επανεξέταση όλων των κατολισθητικών φαινομένων μετά τον Δεκέμβριο του 2014 και τις νέες μετρήσεις των οργάνων παρακολούθησης.

Στο πλαίσιο της τελικής μελέτης της αναχαίτισης της κατολίσθησης στη ΧΘ 14+150 μια πλήρης αναθεώρηση της στρατηγικής ανάλυσης έλαβε χώρα. Σε αυτή δεν λαμβάνεται κανένα μέτρο για την λιμνοδεξαμενή και η νότια πλευρά του αυτοκινητοδρόμου δεν διευθετείται ούτε απαλλάσσεται από την κατολισθαίνουσα μάζα αλλά αφήνεται ως έχει. Το σχέδιο αναχαίτισης φαίνεται να βασίζεται αποκλειστικά σε ενισχυμένα παθητικά μέτρα που θα εφαρμοστούν προ οποιασδήποτε κατασκευαστικής εργασίας στις πληγείσες χιλιομετρικές θέσεις. Αυτό περιλαμβάνει:

- Πασσαλοστοιχία κάτω από το νότιο πρανές του επιχώματος του αυτοκινητοδρόμου. Οι πάσσαλοι έχουν διάμετρο 1.8 μέτρα και μήκος 24.65 μέτρα. η αξονική απόσταση των πασσάλων είναι 4 μέτρα από την ΧΘ 14+058.7 μέχρι την ΧΘ 14+079.69 ενώ έπειτα γίνεται 3 μέτρα.
- Τριπλή πασσαλοστοιχία κάτω από το βόρειο πρανές του επιχώματος του αυτοκινητοδρόμου. Οι τρεις αυτές έχουν αξονική απόσταση η μια από την άλλη 5.8 μέτρα. Οι πάσσαλοι που τις συνθέτουν έχουν 1.8 μέτρα διάμετρο και μήκος 31.2 μέτρα η εσωτερική σειρά και 34.6 μέτρα οι δυο εξωτερικές σειρές. Οι αξονικές αποστάσεις των πασσάλων είναι 5 μέτρα από την ΧΘ 14+033.97 μέχρι την ΧΘ 14+058,7, γίνεται 4 μέτρα μέχρι την ΧΘ14+081.41, και έπειτα γίνεται 3 μέτρα.



Εικόνα 3.78: Ενδεικτική τομή για τελική λύση αναχαίτισης της κατολίσθησης στη ΧΘ 14+150 μετά την τελική αναθεώρηση (GEOGNOSI, 2016)



Εικόνα 3.79 : Κάτοψη για τελική λύση αναχαίτισης της κατολίσθησης στη ΧΘ 14+150 μετά την τελική αναθεώρηση (GEOGNOSI, 2016)

Η αλλαγή αυτή στην γενική στρατηγική αντιμετώπισης του εμφανισθέντος και αναμενόμενου φαινομένου δικαιολογείται από το γεγονός ότι:

- Το απαντώμενο έδαφος στη περιοχή είναι κορεσμένο. Η τόσο επιφανειακή στάθμη του υπόγειου ορίζοντα δεν οφείλεται μόνο στη ύπαρξη της λιμνοδεξαμενής αλλά και στη και των αρδευτικών υδάτων που χρησιμοποιούνται στη περιοχή και της συγκέντρωσης του νερού των βροχοπτώσεων. Η ευρύτερη περιοχή είναι αποκλειστικά αγροτική και ο περιορισμός της άρδευσης της είναι αδύνατος. Όσο για την συγκέντρωση του νερού των βροχών αυτό εξηγείται από την μορφολογία της περιοχής (ιδιαίτερα μικρές κλίσεις) και από τον σχετικά αδιαπέρατο χαρακτήρα των σχηματισμών.
- Η εγκατάλειψη του σχεδίου αναμόρφωσης των πρανών συνδέεται με την έντονη επιδεικτικότητα σε επέκταση και αστάθεια της γύρω περιοχής κάθε φορά που έστω και μικρής κλίμακας εργασίες λάμβαναν χώρα στην περιοχή κατολίσθησης. Είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι μόλις 2 μέτρα εκσκαφών για την κατασκευή του οχετού στη ΧΘ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

14+229 επέφερε εφελκυστικές ρωγμές σε μια πολύ ευρύτερη περιοχή και κατέδειξε την οριακή ισορροπία στην οποία αυτή βρίσκεται. Ο κίνδυνος αυτός για περεταίρω εξάπλωση επιβεβαιώνεται και από την παρόμοια μορφολογία σε μια ευρύτερη περιοχή από την περιοχή κατολίσθησης που μπορεί να έχει παρόμοια χαρακτηριστικά και επιδεκτικότητα.

- Τα παθητικά μέτρα αυτά εφαρμόζονται χωρίς ιδιαίτερη όχληση της περιοχής και την σταθεροποιούν μόνιμα και με τις μικρότερες δυνατές αβεβαιότητες για τις δεδομένες επιφάνειες αστοχίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4°

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Συνοψίζοντας τα παραπάνω φαινόμενα παρατηρείται ότι κατά μήκος του δεδομένου αυτοκινητοδρόμου Τίρανα- Ελμπασάν τα φαινόμενα που παρουσιάστηκαν είναι ποικίλα. Το καθένα είχε τα δικά του χαρακτηριστικά και ιδιόζουσα συμπεριφορά ανάλογα με τις τοπικές επικρατούσες συνθήκες, τα μορφολογικά χαρακτηριστικά, το καθεστώς των υπόγειων και υπέργειων υδάτων και τις εκάστοτε παρεμβάσεις στην περιοχή.

Τα φαινόμενα αυτά λόγω της απόστασης από τα εγγύς τεκτονικά ρήγματα και επωθήσεις δεν φαίνεται να σχετίζονται με αυτά παρά την ενεργότατα τους ή μη. Η κοντινότερη επώθηση αυτή της ζώνης της Κρούγιας επί της Ιονίου ζώνη, βρίσκεται σε απόσταση περίπου 3 χιλιομέτρων από την χάραξη του δρόμου. Κατά την διάρκεια των εργασιών δεν παρουσιάστηκε καμία σημαντική σεισμική δόνηση στην περιοχή.

Αντιθέτως τα φαινόμενα φαίνεται να είναι άμεσα συνδεδεμένα με την λιθολογική σύσταση των σχηματισμών την απαντώμενη μορφολογία στην ειδική ζώνη μελέτης, τα υπόγεια ύδατα και την έντονη αποσάθρωση των σχηματισμών. Τα φαινόμενα διάβρωσης των σχηματισμών πολλές φορές φαίνεται να εισχωρούν εις βάθος όπως στη περίπτωση του ορύγματος του Μουλλέτ, με αποτέλεσμα τα μηχανικά χαρακτηριστικά των σχηματισμών να είναι σαφώς υποβαθμισμένα. Οι βροχοπτώσεις και το κλίμα της περιοχής με ιδιαίτερα ξηρά καλοκαίρια και πολύ έντονες υγρές περιόδους εντείνει το υδρογραφικό καθεστώς της περιοχής. Η πολύ επιφανειακή στάθμη των υπόγειων υδάτων φαίνεται να έπαιξε καθοριστικό για την χαμηλή διατμητική αντοχή που επιδεικνύουν οι σχηματισμοί στην περιοχή. Οι κλίσεις των στρωμάτων από την άλλη ήταν ως επί το πλείστον δυσμενείς και η απαιτητική χάραξη του δρόμου με μεγάλες μετακινήσεις όγκων ήταν εξίσου παράγοντες που επηρέασαν την εξέλιξη των φαινομένων.

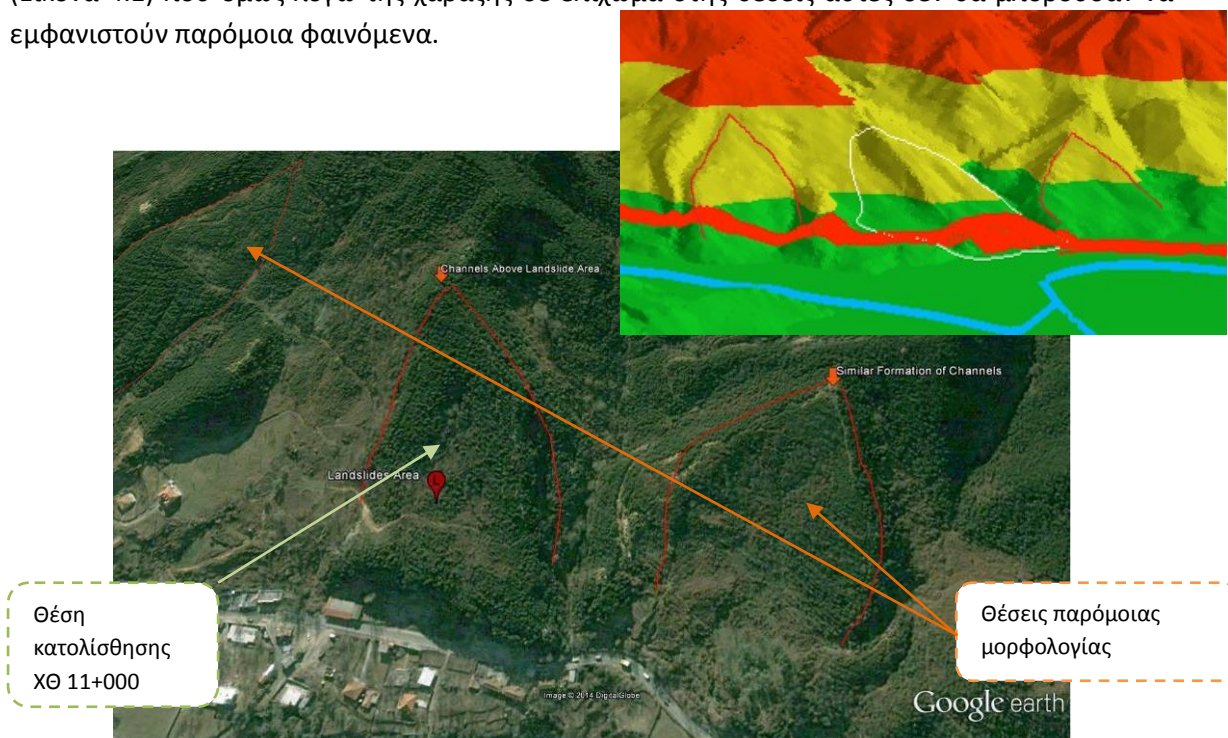
Πιο συγκεκριμένα οι παράγοντες αυτοί ανά περίπτωση, επιγραμματικά εκφράζονται στα παρακάτω:

- Στο όρυγμα του Μουλλέτ τα αίτια της αστάθειας όπως εξηγήθηκε και στο κεφάλαιο 3 ήταν κυρίως οι δυσμενείς κλίσεις των στρωμάτων, οι χαμηλές μηχανικές ιδιότητες και οι εκσκαπτικές εργασίες με σχετικά απότομες κλίσεις. Το φαινόμενο αυτό δεν εξελίχθηκε ποτέ σε κατολίσθηση διότι εντοπίστηκε και επανασχεδιάστηκε σε πραγματικό χρόνο λόγω της συνεχούς ενόργανης παρακολούθησης.
- Η κατολίσθηση της ΧΘ 11+000 είναι μεταθετικού τύπου κατολίσθηση με γενεσιουργά αίτια επίσης την δυσμενή κλίση των πρικών και τον εκφυλισμό μιας ιλυολιθικής στρώσης σε αργιλική έπειτα από έντονη διήθηση επιφανειακών υδάτων. Η επιφάνεια αυτή φαίνεται να είναι μια λεκάνη απορροής που συγκεντρώνει μεγάλη ποσότητα επιφανειακών νερών. Οι εργασίες εκσκαφής αποτέλεσαν την εναυσματική δράση που έθεσε σε κίνηση την κατολίσθηση.

- Το φαινόμενο στη ΧΘ 12+000, αν και οι διαφορικές καθιζήσεις και η εφελκυστική ρωγμή επάνω στη επιφάνεια εργασίας του οδοστρώματος έπληξαν το έργο, δεν εξελίχθηκε ούτε αυτό σε κατολίσθηση αλλά παρέμεινε καθ' όλη την διάρκεια του έργου στο πλαίσιο της ερπυστικής κίνησης . Η χαμηλή φέρουσα ικανότητα του υποβάθρου σε συνδυασμό με το μεγάλο ύψος επιχώματος φαίνεται να έγειραν τις απαρχές του φαινομένου. Συνδυασμένο με την παλιά κατολίσθηση της περιοχής το φαινόμενο πήρε άλλες εκτάσεις και μορφή – συνδυασμό περιστροφικής με μεταθετική κατολίσθηση μεγαλύτερης και πιο βαθιάς κατολίσθησης- καθιστώντας το πιο επισφαλές για την ευρύτερη περιοχή.
- Τα φαινόμενα των ΧΘ 13+150 και 14+150 αν και φαινομενικά είναι δυο διακριτές κατολισθήσεις στην ουσία αποτελούν δυο εκδηλώσεις της ίδιας παθογένειας. Οι δυο αυτές περιοχές είναι τοποθετημένες σε θέσεις παλιάς κατολίσθησης . Οι εργασίες και στην περίπτωση αυτή, έστω και αυτής της ελάχιστης κλίμακας, ήταν οι εναυσματικές μόνο αιτίες που ανέδειξαν την ευρύτερη αυτή κατολισθητική επιδεκτικότητα.

Ο προβληματισμός για της τρεις τελευταίες κατολισθήσεις (ΧΘ 12+000, 13+150, 14+150)συνίσταται στο γεγονός ότι μορφολογικά οι περιοχές αυτές παρουσιάζουν παρόμοια χαρακτηριστικά και τελικά φάνηκε να δικαιολογούνται βάση της ίδιας παθογένειας (παλιά κατολίσθηση). Ιδίως στις δύο τελευταίες τα μορφολογικά αυτά χαρακτηριστικά φαίνονται να εκτείνονται σε τόσο μεγάλη έκταση που τα δύο φαινόμενα θα μπορούσαν να θεωρηθούν και ως τμηματικές επανενεργοποιήσεις μιας πολύ ευρείας παλιάς κατολίσθησης. Οπότε η έγκαιρη και μακροχρόνια αναχαίτιση των φαινομένων είναι καίριο για της σταθερότητα της ευρύτερης περιοχής.

Η μορφολογία της κατολίσθησης στην ΧΘ 11+000 είναι εμφανής και στα γειτονικά της πρηνή (Εικόνα 4.1) που όμως λόγω της χάραξης σε επίχωμα στις θέσεις αυτές δεν θα μπορούσαν να εμφανιστούν παρόμοια φαινόμενα.



Εικόνα 4.1: Ορθοφωτογραφία και τρισδιάστατη απεικόνιση της ευρύτερης περιοχής γύρω από την θέση 11+000 (Google earth, 2015)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Πέραν των προβληματισμών οι ιδιομορφίες και συχνότητα των κατολισθήσεων / ασταθειών σε ένα τόσο μικρό χώρο, μόλις 13 χιλιόμετρα χάραξης υποδεικνύουν ένα καθεστώς οριακής ισορροπίας για την ευρύτερη περιοχή.

Οι στρατηγικές αναχαίτισης που εφαρμόστηκαν στα διάφορα στάδια του έργου έδειξαν ότι σε τέτοιου είδους φαινόμενα οι πιο συντηρητικές λύσεις ήταν και οι πιο αποτελεσματικές. Άλλωστε οι αβεβαιότητες και οι υποθέσεις στη φάση του υπολογισμού του συντελεστή ασφαλείας στις γεωτεχνικές έρευνες απαιτούν μια συντηρητική προσέγγιση.

Οι οργανομετρήσεις που ορίστηκαν στη φάση της μελέτης για την παρακολούθηση των εργασιών ήταν καίριες για τον εντοπισμό και την έγκαιρη αντιμετώπιση των ασταθειών. Στη φάση των εργασιών και της λειτουργίας του αυτοκινητοδρόμου τα όργανα που έχουν εγκατασταθεί είναι σημαντικά για την πρόληψη και την ασφάλεια των διερχομένων αλλά και του ίδιου του έργου. Επομένως κρίνονται ως άκρως σημαντικά και χρήσιμα σε έργα οποιασδήποτε κλίμακας.

BIBLIOΓΡΑΦΙΑ

1. Eftimi R. (2010), Hydrogeological characteristics of Albania, AQUAmundi. 1, pp 79-92
2. Agjencia Kombetare e Burimeve Natyrore: Geological Overview, 2017, <http://www.akbn.gov.al/images/pdf/hidrokarburet/Geological-Overview.pdf>
3. Aliaj Sh., Adams J. Halchuk S. Sulstarova E., Peci V. Muco B. , 2004. "Probabilistic Seismic Hazard Maps for Albania". 13th World Conference on Earthquake Engineering. Paper No. 2469.
4. Allen J., Stanley T., Kirschbaum D, (NASA/GSFC), 2017, NASA Earth Observatory images.
5. Ambraseys N. N. Simpson K. A., Bommer J. J.. 1996. "Prediction of horizontal response spectra in Europe". Earthquake Engineering and Structural Dynamics. Vol. 25. pp. 371-400.
6. Bakia H., Yzeiry D., Dalipi H., Dhilmulla I., 1987. Geological Setting and Oilgas-bearing Perspective of the Kruja, Ionian Sazani Zones and Peri-adriatic Depression
7. Bashkia Tirane, Plani I Pergjithshem Vendor, 2017, TR030_Strategjia Territoriale
8. Bozo L., Cela K., Problems with Landslide Stabilization of Dukat in the Road Vlora – Saranda, 3rd International Conference on Transportation Geotechnics (ICTG 2016), Volume 143, 2016, Pages 1435–1442
9. Brunetti M., Guzzetti F., Rossi M., 2009 Probability distributions of landslide volumes, Nonlin. Processes Geophys., 16, pp 179–188
10. Cruden, D.M., 1991. A Simple Definition of a Landslide. Bulletin of the International Association of Engineering Geology, 43, pp. 27-29.
11. Cruden, D.M., Varnes, D.J., 1996. Landslide Types and Processes in Landslides; Investigation and Mitigation. Special Report 247. A. K. Turner and R. L. Schuster. Washington D.C., National Academy Press. Special Report 247, pp. 36-71.
12. Dilley, M., Chen, R. S. & Deichmann, U. (2005) Natural disaster hotspots: a global risk analysis, World Bank Publications, Washington DC, USA
13. Duni Ll. Kuka N. 2004. "Seismic Hazard Assessment and Site-Dependent Response Spectra Parameters of the Current Seismic Design Code in Albania". Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica. Budapest. Vol. 39. No. 2-3. pp. 161-176.
14. Eftimi R., Stichler W., Gourcy L., Amataj S., Zoto J. (2006) Investigation about recharge sources of Tirana alluvial basin in Albania by means of environmental isotopes, in: Integrated Water Resources Management and Challenges of the Sustainable Development. May 23-25, Marrakech – Morocco
15. Frasher A., Bushati S., Bare V., Geophysical Outlook On Structure Of The Albanides, Gsa Northeastern Section Meeting, Springfield, March 2002
16. GEOGNOSI SA, 2016, Final Design of Mitigation and Stabilization Measures for the Landslide at Ch 12+000, BOX_LND_GEO_F_12000_A1, Construction of segment No 1 in Tirana – Elbasan road (Km 0 till Tunnel entrance Km 13)
17. GEOGNOSI SA, 2016, Final Design of Mitigation and Stabilization Measures for the Landslide at Ch 14+150, BOX_EMB_GEO_F_14000_B1, Construction of segment No 1 in Tirana – Elbasan road (Km 0 till Tunnel entrance Km 13)
18. GEOGNOSI SA, 2016, Final Design of Mitigation and Stabilization Measures for the Landslide at Ch 13+100, BOX_LND_GEO_F_13000_A1, Construction of segment No 1 in Tirana – Elbasan road (Km 0 till Tunnel entrance Km 13)

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

19. GEOGNOSI SA, 2016, Final Design of Mitigation and Stabilization Measures for the Landslide between Ch 10+960 and Ch 11+250, BOX_LND_GEO_F_11000_A1, Construction of segment No 1 in Tirana – Elbasan road (Km 0 till Tunnel entrance Km 13)
20. GEOSAT GROUP & ICE, 2011, Geological Report, Part II km 12.000-15.650, Study and Design for Construction of the Road Tirana-Elbasan, SEGMENT No 1 “Tirana km 0 (2.850) – Tunnel Entrance km 13 (15.650)
21. GEOSAT GROUP & ICE, 2011, Hydrological Report, Study and Design for Construction of the Road Tirana-Elbasan, SEGMENT No 1 “Tirana km 0 (2.850) – Tunnel Entrance km 13 (15.650)
22. GEOSAT GROUP & ICE, 2011, Cross Sections, Tender Drawings, Study and Design for Construction of the Road Tirana-Elbasan, SEGMENT No 1 “Tirana km 0 (2.850) – Tunnel Entrance km 13 (15.650)
23. GEOSAT GROUP & ICE, 2011, Environmental Impact Assessment Report, Study and Design for Construction of the Road Tirana-Elbasan, SEGMENT No 1 “Tirana km 0 (2.850) – Tunnel Entrance km 13 (15.650)
24. GEOSAT GROUP & ICE, 2011, Geological Report, Part I km 2.850-12.000, Study and Design for Construction of the Road Tirana-Elbasan, SEGMENT No 1 “Tirana km 0 (2.850) – Tunnel Entrance km 13 (15.650)
25. GEOSAT GROUP & ICE, 2011, Slide Plan Protection, Drw P7A-01, Tender Drawings, Study and Design for Construction of the Road Tirana-Elbasan, SEGMENT No 1 “Tirana km 0 (2.850) – Tunnel Entrance km 13 (15.650)
26. Golder Associates (UK) Ltd, Presentation March 2015, Landslides Geotechnical Assessment: Chainage 11+100 – 14+150, Tirana to Elbasan Motorway.
27. Golder Associates (UK) Ltd, March 2015, Geotechnical Assessments of Landslides: Chainage 11+100 (Supplementary Drawing), Tirana to Elbasan Motorway
28. Golder Associates (UK) Ltd, March 2015, Geotechnical Assessments of Landslides: Chainage 11+100 & Chainage 14+150, Tirana to Elbasan Motorway
29. Golder Associates (UK) Ltd, Presentation April 2015, Landslides Geotechnical Assessment: Chainage 12+000 – Valley Fill, Tirana to Elbasan Motorway
30. Golder Associates Ltd. , Feb. 2015, Geotechnical Assessments of Landslides: Chainage 11+100 to Chainage 14+150. Report Number 1419710.500/A.0, Tirana to Elbasan Motorway.
31. Guzzeti, F., Carrarra, A., Cardinali, M. & Reichenbach P., 1999. Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a multiscale study, Central Italy. *Geomorphology*, 31, pp. 181-216.
32. Jacobshagen; Durr S.E.; Kockel F; Koop O.K.; Kozolozyk G, 1987: Structures and Geodynamyc evolution of the Aegean Region
33. KANONCONSULTING, 2016, Extension of Box Culvert 3.00m X 2.00m Highway Ch: 11+982.76, Technical report and Drawings, Construction of segment No 1 in Tirana – Elbasan road (Km 0 till Tunnel entrance Km 13)
34. Kiliass A, Tranos M, Mountrakis D, Shallo M., Marto A., Turku I., Geometry and kinematics of deformation in the Albanian orogenic belt during the Tertiary, *Journal of Geodynamics* 31 (2001), pp169-187
35. Kjekstad O., Highland L., Landslides – Disaster Risk Reduction, Springer, pp 573-587
36. Melo, V., Shallo, M., 1991a. Aliaj, Sh., Xhomo, A. and Bakia, H. Thrust and nappe tectonics in geological structure of Albanides. *Bul. Shk. Gjeol.* 1, pp 7-20

BIBLIOGRAFIA

37. Naco P., Doda V., Shore Gj., Building A New Map Of Tectonic Zoning For Albanides: A Few Issues To Consider, ISSN : 2248-9622, Vol. 3, Issue 6, Nov-Dec 2013, pp.204-209
38. Oil and Gas Institute, Faculty of Geology and Mining, Tectonic Map of Albania, scale 1:200000
39. OMIKRON KAPPA Consulting, Presentation 10/ 02 / 2014, Construction of segment No 1 in Tirana – Elbasan road (Km 0 till Tunnel entrance Km 13)
40. OMIKRON KAPPA Consulting, 15/03/2013, Interpretation and Mitigation of Landslide Events, RPT-GEO-OKC-F- 10320 Rev A1, Construction of segment No 1 in Tirana – Elbasan road (Km 0 till Tunnel entrance Km 13)
41. OMIKRON KAPPA Consulting, 17/ 12 / 2012, Preliminary Report on the Major landslide event at Krraba region- IBA village, Construction of segment No 1 in Tirana – Elbasan road (Km 0 till Tunnel entrance Km 13)
42. OMIKRON KAPPA Consulting, 18/07/2013, Conceptual Mitigation Proposal for the Landslides, RPT-GEO-OKC-F- 10325 Rev B1, Construction of segment No 1 in Tirana – Elbasan road (Km 0 till Tunnel entrance Km 13)
43. OMIKRON KAPPA Consulting, 2012, Final Design of Cut, From Ch. 4+068 to ch. 4+925, Mullet Cut. . BOX-CUT-OKC-F- 10096 Rev A1 , Construction of segment No 1 in Tirana – Elbasan road (Km 0 till Tunnel entrance Km 13)
44. OMIKRON KAPPA Consulting, 2013, Final Design of Earthworks from ch. 10+950 to ch. 11+770 - Cuts. Sep. 2012. Box No. BOX-CUT-OKC-F- 10182 Rev A1, Construction of segment No 1 in Tirana – Elbasan road (Km 0 till Tunnel entrance Km 13)
45. OMIKRON KAPPA Consulting, 2013, Iba Left Interchange, Landslide Geological Sections, section 484, Construction of segment No 1 in Tirana – Elbasan road (Km 0 till Tunnel entrance Km 13)
46. OMIKRON KAPPA Consulting, 2014, Application Design of Mitigation and Rehabilitation Measures for the Landslide at ch.13+150. Construction of segment No 1 in Tirana – Elbasan road (Km 0 till Tunnel entrance Km 13)
47. OMIKRON KAPPA Consulting, 2014, Application Design of Mitigation and Rehabilitation Measures for the Landslide at ch.14+150, Construction of segment No 1 in Tirana – Elbasan road (Km 0 till Tunnel entrance Km 13)
48. OMIKRON KAPPA Consulting, 24/03/2015, Stability Issues at Mullet Cut, Conceptual Proposals, . RTP-CUT-OKC-F- 10420 Rev A1, Construction of segment No 1 in Tirana – Elbasan road (Km 0 till Tunnel entrance Km 13)
49. OMIKRON KAPPA Consulting, 8/04/2013, Optioneering of Mitigation Proposals for the Landslides, RPT-GEO-OKC-F- 10325 Rev A1, Construction of segment No 1 in Tirana – Elbasan road (Km 0 till Tunnel entrance Km 13)
50. OMIKRON KAPPA Consulting, Jan. 2014, Technical report on the status of IBA-2 interchange (January 2014), Report Number 10080 Rev A1, Tirana to Elbasan Motorway.
51. OMIKRON KAPPA Consulting, Presentation 07/ 04/ 2015, Mullet Cut, Construction of segment No 1 in Tirana – Elbasan road (Km 0 till Tunnel entrance Km 13)
52. OMIKRON KAPPA Consulting, Presentation 20/ 05 / 2013, Construction of segment No 1 in Tirana – Elbasan road (Km 0 till Tunnel entrance Km 13)
53. Sabetta F. Pugliese A. 1996. “Estimation of response spectra and simulation of nonstationary earthquake ground motions”. Bull. Seism. Soc Am.. Vol. 86 No. 2. pp. 337-352.
54. Sherbimi gjeologjik Shqipetar, Harta Gjeologjike e Shqiperise, Plansheti 45 Tirana K-34-100-B, scale 1:50 000

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

55. Sherbimi gjeologjik Shqipetar, The geohazard Map of Albania, scale 1:200 000
56. Sidle RC, Ochiai H, Union DAG. 2006. Landslides: Processes, Prediction, and Land Use. American Geophysical Union
57. Spectrum Engineering Consultants SARL, Bidding Documents for Procurement of TIRANA – ELBASAN Road Segment No 1 Km 0 till Tunnel Entrance Km 13,2011 , pp 61
58. Sulstarova E.. Koçiu S.. Aliaj Sh.. 1980. “Seismic zonation of Albania”. Publication of Seismological Centre of Academy of Sciences. Tiranë. p.297
59. SYSTAS SA, 2013, Highway Final Design Phase I, Motorway Cross Sections, Construction of segment No 1 in Tirana – Elbasan road (Km 0 till Tunnel entrance Km 13)
60. SYSTAS SA, 2013, Junction 2 Interchange Iba (Left). DWG-RDL-SYS-P- 11001 _A1 , Construction of segment No 1 in Tirana – Elbasan road (Km 0 till Tunnel entrance Km 13)
61. SYSTAS SA, 2016, Evaluation of Adequacy of the proposed Hydraulics section for the diversion of Murdharit stream in the area of Geotechnical Rehabilitation works at IBA-2IC (ch. 11 + 760 to ch.12 + 286 of the highway Tirana - Elbasan)
62. Vakalis A., GeoTechnology & Enviromental Engineer T.I.. Inclinomater Measurements, Mullet 31/10/2014, Construction of segment No 1 in Tirana – Elbasan road (Km 0 till Tunnel entrance Km 13)
63. Varnes, D.J., 1978. Slope movements types and processes. R.L. Schuster, R.L. Krizek (Eds.), Landslides: Analysis and Control. Special Report 176, Transportation Research Board, National Academy of Sciences, Washington, D.C., pp. 11-33.
64. Velaj, T., Davinson, I., Serjani, A. and Alsop, I., 1999. Thrust tectonics and the role of evaporites in the Ionian zone of the Albanides. AAPG Bull., 83, σελ. 1408-1425.
65. VENDIM Nr. 342, 4.5.2016, Për Miratimin E Kufijve Territorialë E Hidrografikë Të Baseneve Ujore Në Republikën E Shqipërisë Dhe Qendrën E Përbërjen E Këshillit Të Secilit Prej Tyre
66. Winter M., Shearer B.,Palmer D., Peeling D., Harmer C., Sharpe J., The Economic Impact of Landslides and Floods on the Road Network, Advances in Transportation Geotechnics 3 . The 3rd International Conference on Transportation Geotechnics (ICTG 2016), Volume 143, 2016, Pages 1425–1434
67. Xhomo A. et al., Geologic map of Albania, 2002, 1: 200 000 scale.
68. Ζελίδης Α., Κωνσταντόπουλος Π., Μαραβέλης Α., Presentation given at AAPG European Regional Conference & Exhibition, Barcelona, Spain, April 8-10, 2013
69. Μαρκοδήμητρας Γ., Εξέλιξη των λεκανών ιζηματογένεσης υποθαλάσσιων ρυτιδίων στα Διαπόντια νησιά, Βόρεια της Κερκυρας, Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών, pp. 9-10.