



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
Μετσόβιο Κέντρο Διεπιστημονικής Έρευνας

ΕΚΤΕΝΗΣ ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΕΡΓΟΥ

Προκαταρκτική διερεύνηση και σχεδιασμός
από το Μετσόβιο Κέντρο Διεπιστημονικής Έρευνας
οδικής σήραγγας μεταξύ των
οικισμών Θεοδωριάνων - Μελισσουργών

ΑΘΗΝΑ

ΙΟΥΝΙΟΣ 2022

Πρόλογος

Η προκαταρκτική διερεύνηση και ο σχεδιασμός οδικής σήραγγας μεταξύ των οικισμών Θεοδωριάνων – Μελισσουργών αφορά σε ένα καινοτόμο έργο που ολοκληρώνει τον «δακτύλιο των Τζουμέρκων» και ενοποιεί τον χώρο των Τζουμέρκων, δίνοντας παράλληλα μια νέα σύνδεση από/προς την Περιφέρεια Θεσσαλίας προς/από το κέντρο της Περιφέρειας Ηπείρου. Αυτό επιτυγχάνεται με ένα σύγχρονο συγκοινωνιακό έργο που επιτυγχάνει βέλτιστη περιβαλλοντική προστασία, λειτουργώντας ως σήραγγα βάσης.

Στόχοι του ερευνητικού έργου είναι να εκτιμηθούν τα χαρακτηριστικά της προτεινόμενης λύσης, το κόστος της αλλά και τα ευρύτερα οφέλη που θα προκύψουν από την ανάπτυξη σήραγγας που θα ενώνει τους δύο οικισμούς αλλά και ευρύτερα τους Δήμους Κεντρικών και Βορείων Τζουμέρκων, μειώνοντας την απομόνωσή τους, ενισχύοντας την κατεύθυνση της ισόρροπης οικονομικής και κοινωνικής ανάπτυξης και, συνεπώς, βελτιώνοντας το δυναμικό ανάπτυξης των Τζουμέρκων συνολικά.

Η ομάδα έργου που συμμετείχε στην εκπόνηση του ερευνητικού έργου είναι η ακόλουθη:

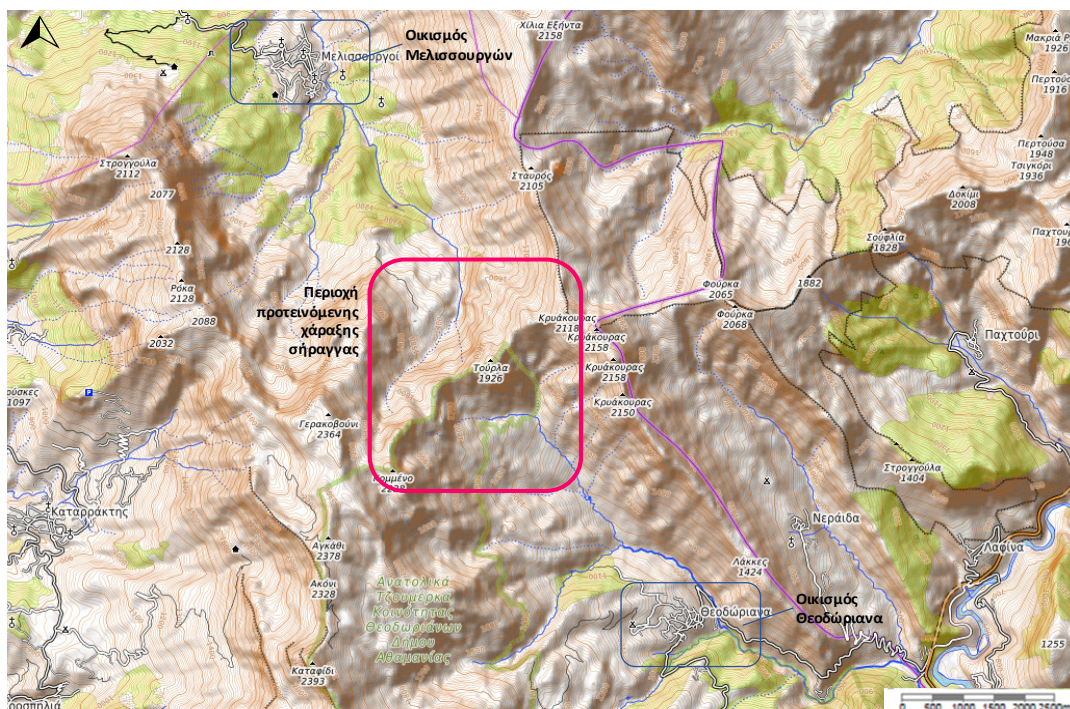
1. Δ. Καλιαμπάκος, Καθηγητής ΕΜΠ, Επιστημονικός Υπεύθυνος Έργου, Διευθυντής ΜΕΚΔΕ-ΕΜΠ
2. Α. Μπενάρδος, Αν. Καθηγητής ΕΜΠ, Κύριος Ερευνητής
3. Π. Νομικός, Καθηγητής ΕΜΠ
4. Ι. Ζευγώλης, Επ. Καθηγητής ΕΜΠ
5. Β. Μαρίνος, Επ. Καθηγητής ΕΜΠ
6. Ε. Βλαχογιάννη, Αν. Καθηγήτρια ΕΜΠ
7. Α. Μπούγας, Γεωλόγος
8. Γ. Παναγιωτόπουλος, Γεωπόνος, Δρ. ΕΜΠ
9. Δ. Παππά, Μηχανικός Περιβάλλοντος, MSc Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων
10. Ι.Ο. Παππάς, Μηχ. Μεταλλείων – Μεταλλουργός, MSc Περιβάλλον & Ανάπτυξης Ορεινών Περιοχών
11. Β. Τριανταφύλλου, Μηχ. Μεταλλείων – Μεταλλουργός
12. Μ. Καραγιάννη, Μηχ. Μεταλλείων – Μεταλλουργός, Υπ. Διδάκτορας ΕΜΠ
13. Λ. Παπαδά, Δρ. ΕΜΠ, Πολιτικός Μηχανικός – Συγκοινωνιολόγος

Εκτενής Περίληψη Ερευνητικού Έργου

Σκοπός - Βασικό Αντικείμενο

Η προγραμματική σύμβαση συνεργασίας μεταξύ της Περιφέρειας Ηπείρου και του Μετσόβιου Κέντρου Διεπιστημονικής Έρευνας του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου υλοποιείται για να διερευνηθεί και να αξιολογηθεί η δυνατότητα κατασκευής οδικής σήραγγας μεταξύ των οικισμών Θεοδωριάνων και Μελισσουργών, του Δήμου Κεντρικών Τζουμέρκων. Στόχος είναι να εκτιμηθεί η τεχνική δυνατότητα ανάπτυξης του έργου, το κόστος, αλλά και τα ευρύτερα οφέλη που θα προκύψουν από την κατασκευή της σήραγγας που θα επιτρέψει την άμεση ένωση των δύο οικισμών.

Το έργο της προκαταρκτικής διερεύνησης και σχεδιασμού οδικής σήραγγας μεταξύ των οικισμών Θεοδωριάνων – Μελισσουργών, που ξεπερνά το εμπόδιο του ορεινού όγκου «Τούρλας» (Εικόνα Ε.1), αφορά σε ένα καινοτόμο συγκοινωνιακό έργο που περιορίζει την απομόνωση περιοχών του Δήμου Κεντρικών Τζουμέρκων, αυξάνει σημαντικά την αναπτυξιακή δυναμική της περιοχής των Τζουμέρκων αλλά και της Ηπείρου γενικότερα, με την ανάπτυξη μιας νέας σύνδεσης της Περιφέρειας Ηπείρου με αυτή της Θεσσαλίας, με την παράλληλη επίτευξη της μέγιστης περιβαλλοντικής προστασίας μιας περιοχής ιδιαίτερου φυσικού κάλλους. Στο ερευνητικό πρόγραμμα εξετάζεται η αναγκαιότητα και σκοπιμότητα του έργου, αναγνωρίζονται και αξιολογούνται εναλλακτικές χαράξεις, επιλέγεται η βέλτιστη λύση και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά αυτής στη βάση πρωτογενούς γεωτεχνικής έρευνας, δίνονται τα βασικά στοιχεία σχεδιασμού της σήραγγας (περιτύπωμα, διατομή, μέθοδος εκσκαφής, σύστημα υποστήριξης, κ.α.) και τεκμηριώνεται η εκτίμηση του κόστους του Έργου. Τέλος, πραγματοποιείται τόσο η τεχνικο-οικονομική ανάλυση όσο και η κοινωνικοοικονομική αποτίμηση των ωφελειών του έργου.



Εικόνα Ε.1. Περιοχή ενδιαφέροντος για το σχεδιασμό της υπόγειας χάραξης μεταξύ των κορυφών «Τούρλα» και «Αυτί».

Η συγκεκριμένη έκθεση περιλαμβάνει ολοκληρωμένα τα αποτελέσματα της Α΄ Φάσης και Β΄ Φάσης του έργου, τα οποία απαντούν στα συγκεκριμένα ερευνητικά ζητούμενα που είχαν τεθεί αλλά και

θέτουν τις βάσεις για την συγκεκριμενοποίηση των χαρακτηριστικών του έργου. Πιο αναλυτικά, στα επόμενα κεφάλαια αναπτύσσονται και παρουσιάζονται τα ακόλουθα:

- Καταγραφή και ανάλυση της υφιστάμενης κατάστασης του οδικού δικτύου της περιοχής, καθώς και των βασικών γεωλογικών, υδρογεωλογικών και γεωτεχνικών χαρακτηριστικών της ευρύτερης περιοχής.
- Σχεδιασμός και αξιολόγηση ενναλακτικών χαράξεων οδών και σηράγγων που θα διευκόλυναν την προσβασιμότητα μεταξύ των δύο οικισμών (Θεοδώριανα, Μελισσουργή).
- Επιτόπια γεωλογική αναγνώριση της εγγύς περιοχής ανάπτυξης της σήραγγας, προσδιορισμός των στομιών, εκτέλεση γεωτρητικού προγράμματος έρευνας και γεωτεχνικών δοκιμών προσδιορισμού των ιδιοτήτων των γεωυλικών.
- Προκαταρκτικός σχεδιασμός έργου σήραγγας (προσδιορισμός τύπου, γεωμετρικών χαρακτηριστικών, προτεινόμενης μεθόδου διάνοιξης, υποστήριξης, κ.λπ.), Η/Μ εξοπλισμού που απαιτείται.
- Προκαταρκτική εκτίμηση κόστους κατασκευής.
- Αξιολόγηση της τεχνικοοικονομικής σκοπιμότητας και της κοινωνικοοικονομικής αποτίμησης των ωφελειών του προτεινόμενου έργου.

Πέραν των συμβατικών υποχρεώσεων, η Έκθεση περιλαμβάνει τα αποτελέσματα πρόσθετης έρευνας που αφορά σε θέματα που κρίθηκαν αναγκαία για μια ολοκληρωμένη προσέγγιση όπως η προκαταρκτική μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων, η αναφορά στις ορεινές σήραγγες στον κόσμο και την εξέλιξη της σήραγγοποιίας στην Ελλάδα, κ.λπ.

Στην εκτενή περίληψη του Έργου παρουσιάζονται τα βασικά συμπεράσματα του συνόλου του Έργου με στόχο τη διαμόρφωση μιας ολοκληρωμένης εικόνας από το ευρύτερο κοινό, που τμήμα του δεν διαθέτει εξειδικευμένες τεχνικές γνώσεις αλλά που είναι εξαιρετικά σημαντικό να αντιληφθεί τη σημασία και τις διαστάσεις του Έργου. Ο πυρήνας του Έργου, δηλαδή ο σχεδιασμός και η κοστολόγηση της σήραγγας, αναφέρεται στην παρούσα περίληψη πολύ συνοπτικά ενώ στο κύριο σώμα της Έκθεσης δίνονται σε λεπτομέρεια το σύνολο των υπολογισμών.

Προσβασιμότητα και Ορεινές Περιοχές

Ο ρόλος της προσβασιμότητας στην περιφερειακή ανάπτυξη είναι καθοριστικός. Έχει αποδειχθεί ότι περιοχές με υψηλά επίπεδα προσβασιμότητας σε αγορές και παραγωγικές μονάδες είναι σαφώς πιο ανταγωνιστικές από τις απομονωμένες (Keeble et al. 1988). Οι υποδομές μεταφορών προσφέρουν καλύτερες συνθήκες ανάπτυξης στις τοπικές επιχειρήσεις όσον αφορά στην παραγωγικότητα και αποδοτικότητά τους, ενώ παράλληλα βελτιώνεται το περιβάλλον για τη δημιουργία νέων επιχειρήσεων (Banister & Berechman, 2003; Pérez et al., 2012). Πολλαπλάσια ευεργετική επίδραση έχουν, επίσης, στην ποιότητα ζωής των κατοίκων τους. Ο χρόνος πρόσβασης σε υψηλής ποιότητας υπηρεσίες υγείας σε περίπτωση ανάγκης μειώνεται και το ίδιο ισχύει και για τις μονάδες πρωτοβάθμιας ή δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Η επίδραση των έργων υποδομών των μεταφορών είναι ιδιαίτερα καθοριστική στην περιφερειακή ανάπτυξη, όταν οι υποδομές παρακάμπτουν κάποιο συγκεκριμένο τοπογραφικό εμπόδιο (Vickerman et al., 1999). Αυτό για παράδειγμα συνέβη με την κατασκευή της Εγνατίας Οδού, χάρη στην οποία ξεπεράστηκαν σημαντικές δυσκολίες μετακίνησης στις ορεινές περιοχές της Ηπείρου και της Δυτικής Μακεδονίας.

Η αποτελεσματική σύνδεση, μέσω των βασικών οδικών αξόνων, με όσο το δυνατόν περισσότερες περιοχές (κέντρα οικισμών), ανεξάρτητα του πληθυσμού τους, αποτελεί ισχυρή αναπτυξιακή

παράμετρο. Παρά την έμφαση που δόθηκε για τη βελτίωση των υποδομών του δικτύου μεταφορών, οι χωρικές ανισότητες στην Ευρώπη δεν έχουν περιοριστεί, αλλά αντίθετα, σύμφωνα με κάποιες έρευνες, έχουν διευρυνθεί (Puga, 2002). Στην Ελλάδα, οι Panagiotopoulos and Kaliampakos (2021) έδειξαν ότι παρά τα μεγάλα έργα υποδομών που κατασκευάστηκαν την περίοδο 1991—2011, η σχετική προσβασιμότητα πολλών περιοχών στην Ελλάδα, και ιδιαίτερα των ορεινών περιοχών, έχει μειωθεί, φαινόμενο που συνήθως αντανακλάται στην έντονη μείωση του πληθυσμού και της οικονομικής δραστηριότητας.

Η σημασία της προσβασιμότητας φαίνεται στον Πίνακα Ε.1, στον οποίο η Ελλάδα συγκρίνεται με χώρες υψηλής ορεινότητας αλλά σαφώς μεγαλύτερης ανάπτυξης στις ορεινές περιοχές.

Πίνακας Ε.1. Πυκνότητα οδικού δικτύου και ανάπτυξη σε ορεινές χώρες

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ	ΕΛΛΑΔΑ	ΕΛΒΕΤΙΑ	ΑΥΣΤΡΙΑ
Ορεινότητα (ποσοστό έκτασης)	78%	94%	73%
Έκταση (km ²)	132.049	41.280	83.880
Πληθυσμός	10.678.632	8.570.146	8.935.112
ΑΕΠ (δισεκατομμύρια δολάρια)	212	749	461
Μήκος αυτοκινητόδρομων (km)	4.960,7	3.772,1	5.122,4
Μήκος πρωτεύοντος οδικού δικτύου (km)	7.476,4	4.722,7	10.283,3
Πυκνότητα αυτοκινητόδρομων και πρωτεύοντος οδικού δικτύου (km/1000 km ²)	94,2	205,8	183,7

Επίσης, στον Πίνακα Ε.2 δίνονται τα ποσοστά των οικισμών κάθε χώρας που βρίσκονται εντός των ζωνών επιρροής για τρεις εξεταζόμενες αποστάσεις (5, 10 και 20 km).

Πίνακας Ε.2. Ποσοστά των οικισμών εντός των διαφόρων ζωνών επιρροής των υποδομών μεταφορών.

ΖΩΝΕΣ ΕΠΙΡΡΟΗΣ	ΕΛΛΑΔΑ	ΕΛΒΕΤΙΑ	ΑΥΣΤΡΙΑ
Αυτοκινητόδρομοι 5km	13,1%	34,2%	21,7%
Αυτοκινητόδρομοι 10km	22,2%	57,5%	37,9%
Αυτοκινητόδρομοι 20km	38,3%	81,6%	62,2%
Αυτοκινητόδρομοι + πρωτεύον 5km	40,0%	70,6%	75,2%
Αυτοκινητόδρομοι + πρωτεύον 10km	59,3%	90,6%	94,4%
Αυτοκινητόδρομοι + πρωτεύον 20km	79,4%	98,4%	99,7%

Συμπερασματικά, η σύνδεση των οικισμών με κεντρικούς οδικούς άξονες (αυτοκινητόδρομους ή πρωτεύοντος οδικού δικτύου) διαφέρει σημαντικά μεταξύ Ελλάδας και των ανεπτυγμένων σε ζητήματα ορεινών περιοχών Ελβετίας και Αυστρίας, με τις τελευταίες να παρουσιάζουν μια ισχυρά καλύτερη σύνδεση της πλειονότητας των οικισμών τους. Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιώντας τον δείκτη της ευκλείδειας απόστασης των οικισμών μέχρι 10 km, και συνυπολογίζοντας τη σχέση μεταξύ πραγματικής και ευκλείδειας απόστασης στη μέγιστη βιβλιογραφική αναφορά, ήτοι το 2, προκύπτει ότι το 94,4 % των οικισμών της Αυστρίας και το 90,5% της Ελβετίας βρίσκονται σε πραγματική απόσταση μέχρι 10 km από αυτοκινητόδρομους ή το πρωτεύον οδικό δίκτυο, ενώ μόνο το 60% των οικισμών της Ελλάδας βρίσκεται εντός της ζώνης πρόσβασης του αντίστοιχου οδικού δικτύου.

Η συσχέτιση της ανάπτυξης με τις υποδομές μεταφορών είναι φανερή. Σημειωτέον ότι στη σύγκριση δεν προσμετράται η ύπαρξη του σιδηροδρομικού δικτύου, το οποίο είναι, επίσης, εξαιρετικά αναπτυγμένο σε Ελβετία και Αυστρία.

Οδικό δίκτυο και προσβασιμότητα στα Τζουμέρκα

Το έργο της σήραγγας αναπτύσσεται εξ ολοκλήρου στον Δήμο Κεντρικών Τζουμέρκων, η επίδρασή του, όμως, σαφώς διαχέεται σε ολόκληρη την περιοχή των Τζουμέρκων και στην Ήπειρο γενικότερα.

Τα αναπτυξιακά προβλήματα της ορεινής Ελλάδας εμφανίζονται ανάγλυφα στις πληθυσμιακές μεταβολές. Από το 1991 έως το 2011, οι ορεινοί οικισμοί της ηπειρωτικής Ελλάδας έχασαν σχεδόν το 10% του πληθυσμού τους (Πίνακας Ε.3). Τα αντίστοιχα ποσοστά για τις ηλικιακές ομάδες 20-35 και 0-9 είναι ακόμα υψηλότερα (19% και 34% αντίστοιχα). Ο Δήμος Κεντρικών Τζουμέρκων είναι σε ακόμα πιο δυσμενή θέση σχετικά με τις μεταβολές στον πληθυσμό, καθώς για το ίδιο διάστημα η μείωση του πληθυσμού στον Δήμο είναι περισσότερη από 30%, ενώ για την ηλικιακή ομάδα των 0-9 η μείωση ξεπερνά το 60%.

Πίνακας Ε.3. Ποσοστιαία μεταβολή πληθυσμού και ηλικιακών ομάδων στους οικισμούς της ηπειρωτικής Ελλάδας για το διάστημα 1991-2011 (πηγή: ΕΛΣΤΑΤ).

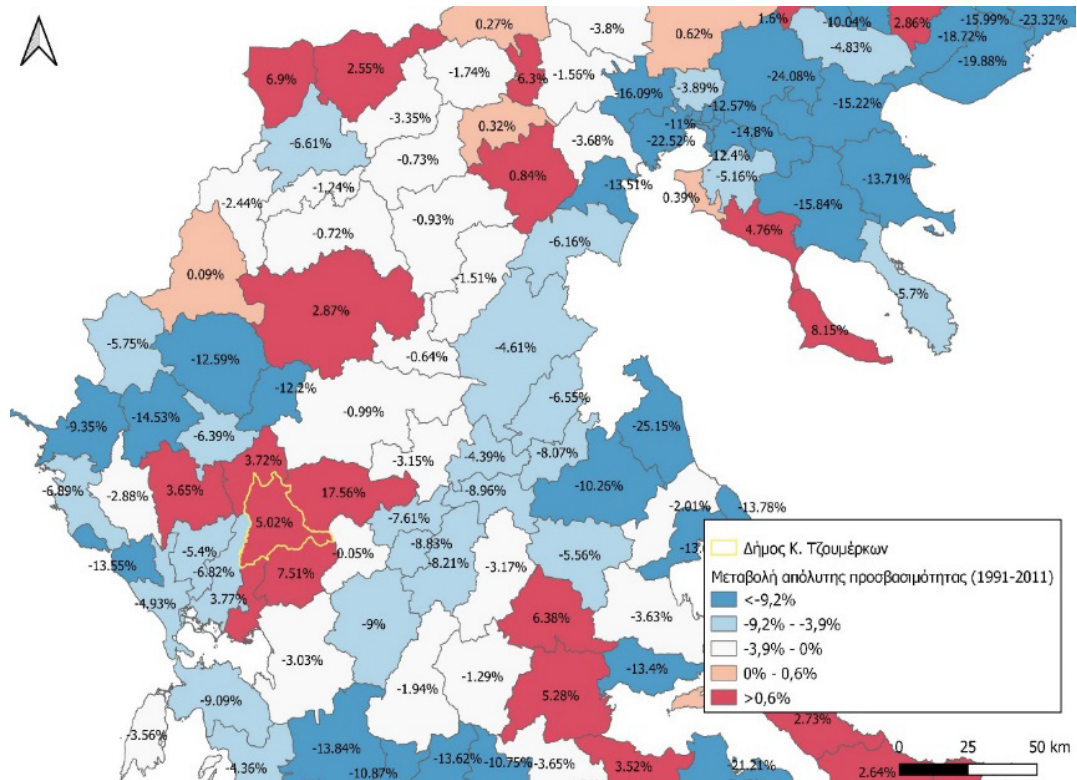
ΟΙΚΙΣΜΟΙ ΗΠΕΙΡΩΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ 1991—2011 (ΣΥΝΟΛΟ & ΑΝΑ ΗΛΙΚΙΑΚΗ ΟΜΑΔΑ)			
	ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ	65+	20-35	0-9
Σύνολο (7377)	11,09%	65,27%	1,32%	-10,18%
Πλ.>1000 (782)	8,99%	68,90%	-1,35%	-12,42%
Πλ.>2000 (370)	9,70%	70,03%	-0,63%	-12,01%
Ορεινοί (3550)	-9,51%	27,33%	-18,79%	-33,84%
Δ. Κ. Τζουμέρκων (97)	-31,27%	3,20%	-41,85%	-61,71%

Γενικά στην Ελλάδα, η προσβασιμότητα βελτιώνεται τα τελευταία χρόνια με τα μεγάλα έργα υποδομών που έχουν υλοποιηθεί στην επικράτεια. Ωστόσο, αυτή η βελτίωση δεν είναι χωρικά ομοιόμορφη. Έτσι, υπάρχουν περιοχές που έχουν ωφεληθεί σημαντικά έναντι άλλων, κάτι που πρακτικά δυσχεραίνει τη σχετική θέση των τελευταίων, μιας που η έννοια της προσβασιμότητας έχει ισχυρά αποδειχτεί ότι είναι σχετική.

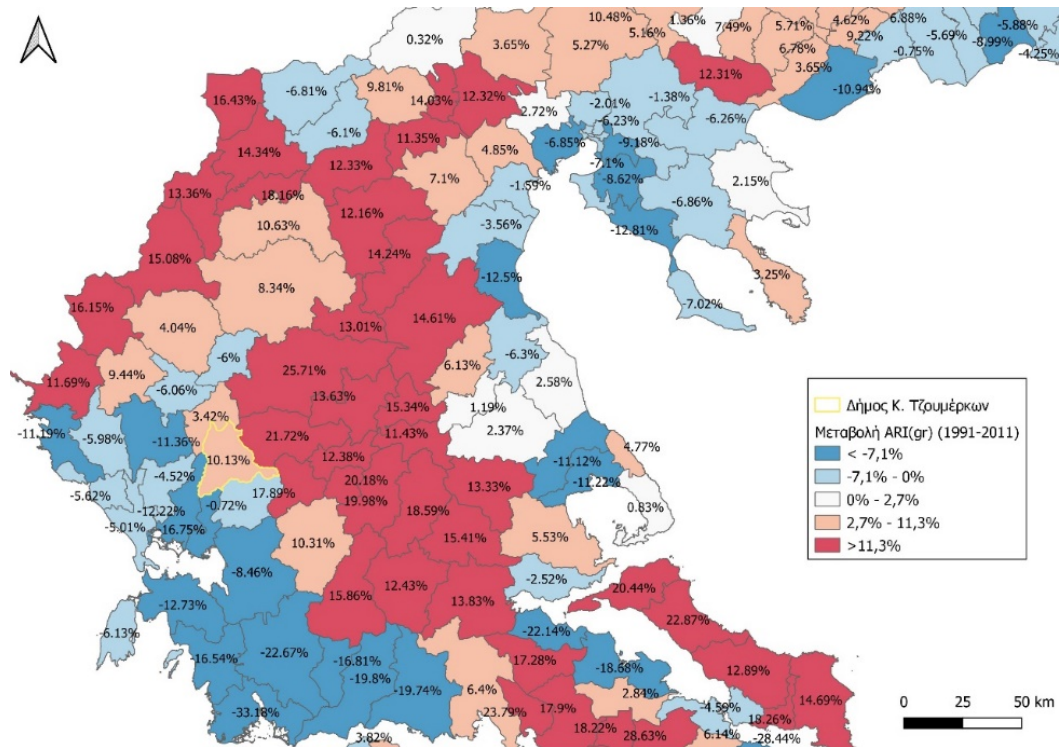
Η Δυτική Ελλάδα ως σύνολο ωφελήθηκε σημαντικά από τα νεότερα έργα υποδομών, όπως είναι η γέφυρα Ρίου-Αντιρρίου, η Ιόνια Οδός και η Εγνατία Οδός. Ωστόσο, ο Δήμος Κεντρικών Τζουμέρκων αποτελεί τυπική περίπτωση κατά την οποία οι ευρύτερες αλλαγές όχι μόνο δεν βελτίωσαν την υφιστάμενη κατάσταση αλλά ώθησαν την περιοχή σε μεγαλύτερη απομόνωση. Έτσι, σε τιμές κόστους ταξιδιού (απόλυτη προσβασιμότητα), η πρόσβαση στην περιοχή του Δήμου Κεντρικών Τζουμέρκων προς κέντρα υπηρεσιών παρουσιάζει αύξηση περί το 5% (Εικόνα Ε.2). Αύξηση, επίσης, παρουσιάζει και το μεταφορικό κόστος στην όμορη περιοχή των Βορείων Τζουμέρκων (3,7%).

Επιπρόσθετα, ο Δήμος Κεντρικών Τζουμέρκων συγκαταλέγεται στους Δήμους των οποίων η σχετική προσβασιμότητα (Panagiotopoulos and Kaliampakos, 2019) έχει μειωθεί σε υψηλό ποσοστό 10% (ο δείκτης εκφράζει απομόνωση, άρα η αύξηση σημαίνει μείωση της προσβασιμότητας) (Εικόνα Ε.3). Αύξηση της απομόνωσης, της τάξης του 3%, έχει παρατηρηθεί και στο γειτονικό Δήμο Βορείων

Τζουμέρκων. Πιο συγκεκριμένα, ιδιαίτερα οι ανατολικές περιοχές του Δήμου Κεντρικών Τζουμέρκων είναι πολύ απομονωμένες, βάσει της μέτρησης της σχετικής προσβασιμότητας μέσω του δείκτη ARI(gr), όπως δίνεται αναλυτικά σε αντίστοιχο κεφάλαιο της παρούσας μελέτης.



Εικόνα Ε.2. Μεταβολή απόλυτης προσβασιμότητας (κόστος ταξιδιού προς κέντρα υπηρεσιών) για το διάστημα 1991-2011 σε επίπεδο Δήμου.



Εικόνα Ε.3. Μεταβολή της σχετικής προσβασιμότητας, μέσω του δείκτη ARI(gr), για το διάστημα 1991-2011 σε επίπεδο Δήμου.

Η σύνδεση των Τζουμέρκων με την Ιόνια Οδό δυνητικά μεταβάλλει προς το καλύτερο την προσβασιμότητα της περιοχής, ωστόσο, εξαιτίας της συσσωρευμένης μείωσης της δραστηριότητας τα τελευταία χρόνια, είναι πιθανό να ενισχύσει το φαινόμενο της εγκατάλειψης. Έχει αποδειχθεί ότι ο βασικός τρόπος αντιμετώπισης της εγκατάλειψης στις επαρχιακές περιοχές είναι η ενίσχυση των υποδομών σε τοπικό επίπεδο. Η ενίσχυση μπορεί (και πρέπει) να είναι και σε επίπεδο μεταφορών και σε επίπεδο υποδομών υγείας, εκπαίδευσης και παραγωγικής ενίσχυσης.

Το οδικό δίκτυο της περιοχής επηρεάζεται από την έντονη μορφολογία του εδάφους και την ύπαρξη μεγάλου αριθμού φυσικών εμποδίων (ποτάμια, ορεινοί όγκοι). Υπάρχουν τμήματα του οδικού δικτύου στα οποία ο σχεδιασμός έχει γίνει λαμβάνοντας υπόψη αποκλειστικά και μόνο την προσαρμογή στο ανάγλυφο με αποτέλεσμα να υπάρχουν υψηλές κλίσεις, ακατάλληλες αλληλουχίες καμπυλών - ευθυγραμμίων, περιοχές με μικρές ακτίνες καμπυλότητας, θέσεις περιορισμένης ορατότητας, μη ικανοποιητικές επικλίσεις, κ.λπ. Επιπλέον, ειδικότερα κατά τους χειμερινούς μήνες, παρουσιάζεται δυσκολία στην μετακίνηση λόγω των υψηλών τιμών κατακρημνισμάτων, παγετού ή/και χιονιού, τα οποία σε συνδυασμό με τα συγκεκριμένα γεωλογικά χαρακτηριστικά της περιοχής δημιουργούν συχνά καταπτώσεις στο κατάστρωμα της οδού. Όλα αυτά συνθέτουν ένα οδικό δίκτυο στο οποίο η ευχερής κίνηση είναι περιορισμένη και απαιτεί μεγάλο χρόνο μετακίνησης.

Η βασική οδική σύνδεση των οικισμών Μελισσουργών – Θεοδωριάνων, άρα και η επικοινωνία των Δήμων και οικισμών της περιοχής, ακολουθεί μια κυκλική διαδρομή (Εικόνα Ε.4). Η συγκεκριμένη διαδρομή αντιμετωπίζει τα εγγενή προβλήματα του οδικού δικτύου της περιοχής, με αποτέλεσμα, η ήδη μεγάλη σε μήκος διαδρομή των 75km περίπου, να απαιτεί χρόνο μετακίνησης περί των 2,5 ωρών.



Εικόνα Ε.4 Χάρτης υφιστάμενου οδικού δικτύου πρόσβασης μεταξύ οικισμών Μελισσουργών – Θεοδωριάνων.

Είναι φανερό ότι κεντρικό πρόβλημα της περιοχής είναι η αδυναμία αποτελεσματικής σύνδεσης Κεντρικών - Βορείων Τζουμέρκων στο βόρειο-ανατολικό σημείο επαφής τους. Έτσι, ούτε η κύρια πρόσβαση στα Τζουμέρκα, που γίνεται σήμερα μέσω Εγναντίας και Ιονίας Οδού και φθάνει μέχρι τα Πράμαντα, μπορεί να διοχετευτεί προς τα Κεντρικά Τζουμέρκα, ούτε η Εθνική οδός Τρικάλων-Άρτας μπορεί να συνδεθεί με τα Βόρεια Τζουμέρκα. Η ανάγκη σύνδεσης έχει συνειδητοποιηθεί από τη δεκαετία του '80, όταν διανοίχθηκε, με τα μέσα και την αντίληψη της εποχής, ένα χωμάτινος δρόμος που περνά από τον αυχένα «Αυτί». Ο δρόμος αυτός, όμως, ποτέ δεν αποτέλεσε πραγματική και συνεχή σύνδεση των Κεντρικών και Βορείων Τζουμέρκων.

Η αδυναμία αυτής της σύνδεσης και της δημιουργίας του λεγόμενου «δακτυλίου των Τζουμέρκων», έχει συμβάλει στην ανισόμετρη ανάπτυξη των δύο Δήμων. Κυρίως, όμως, δεν επιτρέπει την ανάδειξη όλων εκείνων των αναπτυξιακών δυνατοτήτων που απορρέουν από την εγγενή χωροταξική ενότητα μιας περιοχής εξαιρετικού φυσικού κάλλους, με κοινή ιστορία και πολιτισμό αιώνων. Στόχος του παρόντος ερευνητικού έργου είναι η άρση της θεμελιώδους αυτής αδυναμίας.

Ορεινός Τουρισμός και Τζουμέρκα

Ο ορεινός τουρισμός αποτελεί μια σημαντική αναπτυξιακή παράμετρο, η οποία με την προϋπόθεση του σεβασμού του περιβάλλοντος (γι' αυτό συχνά προστίθεται ο όρος ήπιος) μπορεί να συμβάλει στην ανάταξη των ορεινών περιοχών. Σημειωτέον, τα χαρακτηριστικά του ποιοτικού σύγχρονου ορεινού τουρισμού (συνδυασμός με καθημερινό περπάτημα και άλλες δραστηριότητες στη φύση, επιθυμία βαθύτερης επαφής με την ιστορία και τον πολιτισμό των ορεινών κοινοτήτων, επισκεψιμότητα καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, επαναληψιμότητα των επισκέψεων, κ.λπ.) μπορούν να συμβάλλουν στην πολύπλευρη ενίσχυση του παραγωγικού ιστού των ορεινών κοινοτήτων (τοπικά προϊόντα, νέες δραστηριότητες, κ.λπ.).

Τα Τζουμέρκα, ειδικότερα την τελευταία δεκαετία, έχουν κατακτήσει τη θέση τους στο σύγχρονο ορεινό τουρισμό. Στον Πίνακα Ε.4 δίνεται ο αριθμός των δωματίων και ο αριθμός των κλινών κατά δήμους, όπως αυτός προκύπτει από τα στοιχεία του Ξενοδοχειακού Επιμελητηρίου Ελλάδας. Ο πίνακας δεν καλύπτει ορειβατικά καταφύγια, καταλύματα Airbnb κ.λπ, αλλά είναι ενδεικτικός της τουριστικής ανάπτυξης δημοφιλών ορεινών προορισμών. Ο Πίνακας δίνεται για να γίνει δυνατή μια εκτίμηση του επιπέδου της τουριστικής ανάπτυξης του ορεινού τουρισμού στα Τζουμέρκα.

Πίνακας Ε.4. Ξενοδοχειακό δυναμικό χειμερινών προορισμών (Πηγή: www.grhotels.gr).

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ	ΔΗΜΟΣ	ΕΚΤΑΣΗ (ΚΜ ²)	ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ (2011)	ΔΩΜΑΤΙΑ	ΚΛΙΝΕΣ	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ (ΚΛΙΝΕΣ/ΚΜ ²)
Άρτας	Κεντρικών Τζουμέρκων	509,2	6178	104	212	0,42
Ιωαννίνων	Βορείων Τζουμέρκων	358,3	5714	165	350	0,98
Σύνολο Τζουμέρκων		867,5	11892	269	562	0,65
Ιωαννίνων	Ζαγορίου	989,8	3724	930	2004	2,02
Ιωαννίνων	Μετσόβου	363,7	6196	454	910	2,5
Ευρυτανίας	Καρπενησίου	948,6	13105	846	1717	1,81
Αρκαδίας	Γορτυνίας	1050,9	10109	678	1379	1,31
Τρικάλων	Πύλης	748,9	14343	345	731	0,98

Ο Δήμος Βορείων Τζουμέρκων έχει σαφώς περισσότερο ορεινό τουρισμό έναντι των Κεντρικών Τζουμέρκων. Είναι, επίσης, προφανές ότι συνολικά τα Τζουμέρκα βρίσκονται σε ένα αρχικό στάδιο ανάπτυξης του ορεινού τουρισμού. Έτσι, σε σύγκριση πχ με το Ζαγόρι, τα Τζουμέρκα έχουν μόλις το ¼ των κλινών. Επίσης, ενδιαφέρον παρουσιάζει η σύγκριση με τον Δήμο Γορτυνίας (Βυτίνα, Δημητσάνα κ.λπ.), ο οποίος γενικά έχει στηριχθεί στον ποιοτικό ορεινό τουρισμό, αποφεύγοντας τα λάθη άλλων περιοχών. Σε μια έκταση 1050 km² έχει υπερδιπλάσιες κλίνες έναντι των Τζουμέρκων. Βεβαίως, έχει μεγάλη σημασία ότι ο Δήμος απέχει λιγότερο από δύο ώρες από το μητροπολιτικό κέντρο της χώρας¹.

Από τα παραπάνω είναι προφανή δύο συμπεράσματα: α. τα περιθώρια ενίσχυσης του ορεινού τουρισμού στα Τζουμέρκα είναι σημαντικά και β. η προσβασιμότητα της περιοχής συνιστά καθοριστική συνθήκη. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να γίνουν ουσιαστικά βήματα για τη βελτίωσή της. Όμως, δεδομένων των περιορισμών σε αυτό, η επέκταση του εύκολα επισκέψιμου χώρου, όταν κάποιος φθάσει στα Τζουμέρκα, και κατά συνέπεια η επέκταση του χρόνου διαμονής στην περιοχή είναι, επίσης, πρωτεύουσας σημασίας.

Έργα Ορεινών Σηράγγων στον Κόσμο

Η ανάπτυξη σηράγγων σε ορεινές περιοχές δημιουργεί ένα νέο επίπεδο εξυπηρέτησης των χρηστών και επιτρέπει τη γρήγορη μετάβαση και σύνδεση μεταξύ των οικισμών ή ιδιαίτερων σημείων ενδιαφέροντος. Χρειάζεται να γίνει η διάκριση των πλεονεκτημάτων που απορρέουν από την ανάπτυξη σηράγγων σε δύο βασικές κατηγορίες. Η πρώτη αφορά στα πλεονεκτήματα που πηγάζουν από την λειτουργική βελτίωση των χαρακτηριστικών της οδού, ενώ η δεύτερη αφορά στα πλεονεκτήματα που σχετίζονται με την περιβαλλοντική προστασία των ευαίσθητων οικοσυστημάτων των ορεινών περιοχών.

Λειτουργικά πλεονεκτήματα:

- **Μείωση απόστασης μετακίνησης:** Η ανάπτυξη επιφανειακών δικτύων σε ορεινές περιοχές απαιτείται να ακολουθεί το ανάγλυφο του εδάφους και να επιτυγχάνει σχετικά ομαλές κλίσεις για την όδευση των χρηστών. Αυτό επιβάλλεται καθ' όλη την χάραξη της οδού προσπέλασης του ορεινού όγκου (ανάβαση και κατάβαση), γεγονός που οδηγεί σε μεγάλο μήκος όδευσης. Αντίθετα, το έργο της σήραγγας περνά «μέσα» από τον ορεινό όγκο, επιτυγχάνοντας πολύ μικρότερο μήκος όδευσης.
- **Μείωση χρόνου μετακίνησης:** Η επίτευξη μειωμένου μήκους όδευσης από τη μία αλλά και η δυνατότητα ανάπτυξης της υποδομής με μεγαλύτερο πλάτος καταστρώματος αλλά, κυρίως, η δυνατότητα χάραξης με μικρή κλίση και μεγάλες ακτίνες καμπυλότητας δίνει τη δυνατότητα κίνησης με μεγαλύτερες ταχύτητες, κάτι που δρα θετικά στη μείωση του χρόνου μετακίνησης. Στην περίπτωση της επιφανειακής οδού, οι κλίσεις είναι μεγαλύτερες, υπάρχουν έντονες καμπές/στροφές και γενικά απαιτείται αυξημένη προσοχή από τους χρήστες της υποδομής, κάτι που μειώνει την ταχύτητα κίνησής τους.
- **Αυξημένη ασφάλεια μετακίνησης:** Η χρήση υπογείων χαράξεων σε ορεινές περιοχές προσφέρει βελτιωμένες συνθήκες ασφάλειας για τους χρήστες. Βασικό χαρακτηριστικό είναι ότι είναι

¹ Για να υπάρχει ένα μέτρο σύγκρισης του ορεινού τουρισμού με τον νησιωτικό τουρισμό, η Νάξος, ένα νησί με υψηλό αλλά όχι υπερβολικό επίπεδο τουριστικής ανάπτυξης και έκταση 430 km² διαθέτει το καλοκαίρι 6545 κλίνες, ήτοι μια πυκνότητα 15,2 κλινών/km².

απρόσβλητη από δυσμενείς καιρικές συνθήκες (βροχοπτώσεις, χιονοπτώσεις, κ.λπ.), οι οποίες μπορεί να οδηγήσουν σε κλείσιμο των επιφανειακών οδών ή να οδηγήσουν σε επικίνδυνες συνθήκες οδήγησης. Την ίδια στιγμή, η κίνηση σε δρόμο ομαλότερης κλίσης και καμπυλότητας, μεγαλύτερου πλάτους οδοστρώματος, δημιουργεί καλύτερες συνθήκες ελέγχου του οχήματος και ως συνέπεια σε μείωση των ατυχημάτων σε σχέση με τις ορεινές επιφανειακές οδούς.

Περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα:

- *Μειωμένες οχλήσεις και περιβαλλοντικές επιπτώσεις (κατασκευαστική περίοδος):* Η ανάπτυξη σηράγγων έχει την ελάχιστη δυνατή όχληση στο περιβάλλον των ορεινών περιοχών. Απαιτεί ελάχιστες επιφανειακές εκσκαφές και αποψίλωση βλάστησης (μόνο στις θέσεις εισόδου), έχει μικρές απαιτήσεις σε χώρους απόθεσης υλικών και γενικά έχει ελάχιστη αλληλεπίδραση με το οικοσύστημα της περιοχής. Αντίθετα, η επιφανειακή χάραξη απαιτεί την εκσκαφή και αποψίλωση ενός διαδρόμου σημαντικού πλάτους, απαιτεί να υπάρξουν θέσεις λήψης υλικών (δανειοθαλάμων) και απόθεσης υλικών εκσκαφής (αποθεσιοθαλάμων) πλησίον της υποδομής, ενώ όλες οι εργασίες γίνονται επιφανειακά με τη χρήση βαρέως εξοπλισμού, με σημαντικές επιπτώσεις στο οικοσύστημα της περιοχής.
- *Μειωμένες οχλήσεις και περιβαλλοντικές επιπτώσεις (λειτουργική περίοδος):* Η κίνηση των οχημάτων εντός της σήραγγας δημιουργεί ελάχιστες επιπτώσεις στο περιβάλλον. Δεν υπάρχει οπτική ρύπανση και αλλοίωση του τοπίου (εκτός από τις θέσεις εισόδου), δεν δημιουργείται ηχητική ρύπανση ή φωτορύπανση (κατά τη διάρκεια των νυκτερινών ωρών), δεν υφίσταται καμία αλλοίωση των ρεμάτων και των οδών επιφανειακής απορροής.
- *Μη διακοπή της ενότητας του οικοσυστήματος:* Η ανάπτυξη μιας επιφανειακής χάραξης έχει ως αποτέλεσμα την διαίρεση της περιοχής και του ευαίσθητου οικοσυστήματος των ορεινών περιοχών, εκατέρωθεν της χάραξης. Αυτός ο κερματισμός είναι κρίσιμος και κατά τη φάση της κατασκευής με σημαντικές οχλήσεις, όμως, κατά βάση, καθιερώνεται και γίνεται «μόνιμος», κατά τη διάρκεια της λειτουργίας της υποδομής (κίνηση πανίδας, ροές υδάτων, κ.λπ.).

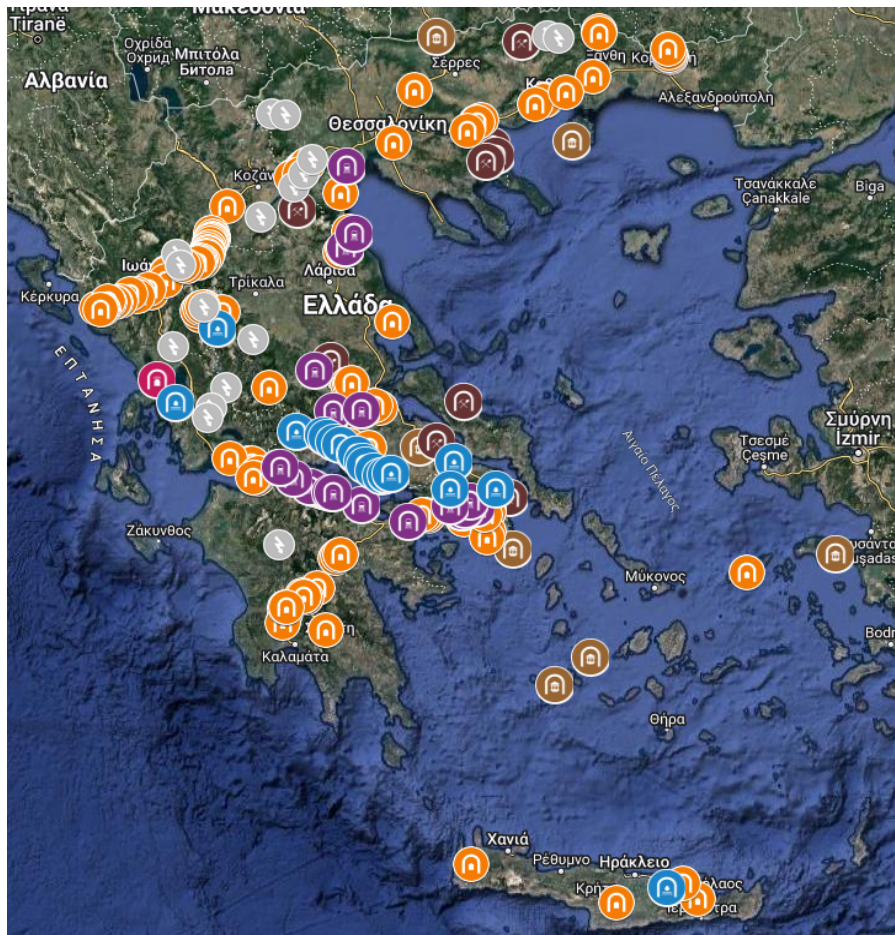
Τα πλεονεκτήματα αυτά έγιναν γρήγορα ορατά στις αναπτυγμένες χώρες (και ειδικότερα στην περιοχή των Άλπεων) ήδη από τον 18^ο αι. ενώ στον 19^ο αι. τα έργα σηράγγων σε ορεινές περιοχές εντάχθηκαν στη συνήθη κατασκευαστική πρακτική της οδοποιίας. Η μεγάλη αυτή εμπειρία, μάλιστα, μετεξελίχθηκε σε συγκεκριμένες τεχνικές σηραγγοποιίας, όπως η Νέα Αυστριακή Μέθοδος (New Austrian Tunneling Method). Στο αντίστοιχο κεφάλαιο της Έκθεσης αναφέρονται χαρακτηριστικά παραδείγματα ορεινών σηράγγων σε ολόκληρο τον κόσμο. Πιο συγκεκριμένα, παρουσιάζονται έργα σηράγγων που έδωσαν λύση στην ελλειμματική λειτουργία οδικών αξόνων που περνούσαν από ψηλά σημεία («αυχένες»), λόγω δυσμενών καιρικών συνθηκών, άλλες που μείωσαν δραματικά τον χρόνο μετακίνησης ή που χρησιμοποιήθηκαν για να προστατευθεί το ορεινό οικοσύστημα. Ο αναγνώστης της Έκθεσης αξίζει να προστρέξει στα παραδείγματα αυτά για να αντιληφθεί τη λειτουργικότητα και την περιβαλλοντική προστασία που προσφέρουν σήμερα οι σήραγγες σε όλο τον κόσμο, καθώς και τις σύγχρονες τάσεις στη σηραγγοποιία (π.χ. σήραγγες βάσης).

Η σηραγγοποιία στην Ελλάδα

Η κατασκευή σηράγγων και υπογείων έργων στην Ελλάδα άρχισε να βρίσκει συστηματική εφαρμογή στα τέλη της δεκαετίας του 1980. Υπάρχουν προφανώς παλαιότερες σήραγγες (οδικές, σιδηροδρομικές –π.χ. το μετρό της Αθήνας κατασκευάστηκε στα τέλη του 19^{ου} αι. – και υδραυλικές

όπως αυτές της σύνδεσης Μόρνου - Αθήνας) αλλά η σηραγγοποιία δεν είχε ενταχθεί ως τρέχουσα πρακτική στον τεχνικό κόσμο της χώρας, παρά το ορεινό ανάγλυφο. Χαρακτηριστικό στοιχείο είναι ότι η σήραγγα Αρτεμισίου κατασκευάστηκε το 1989 από κοινοπραξία στην οποία ηγείτο αυστριακή τεχνική εταιρεία, καθώς δεν υπήρχαν εξειδικευμένες ελληνικές για να φέρουν σε πέρας την κατασκευή. Η εικόνα αυτή άλλαξε σημαντικά κατά την δεκαετία του 1990 με την κατασκευή του μετρό Αθηνών, τα έργα του αυτοκινητοδρόμου ΠΑΘΕ, την Εγνατία Οδό και άλλα έργα υποδομής. Σήμερα, η χώρα είναι η 4^η χώρα στην ΕΕ (μετά τις Ιταλία, Αυστρία και Γερμανία – χώρες δηλαδή με μεγάλη παράδοση στην κατασκευή σηράγγων) ως προς τον αριθμό οδικών σηράγγων μήκους άνω των 500 m. Επιπρόσθετα, ο τεχνικός κόσμος της χώρας είναι σε θέση να αντιμετωπίσει δύσκολες και απαιτητικές κατασκευές έργων, λόγω της εμπειρίας που έχει αποκτηθεί από τη δραστηριότητα των τελευταίων δεκαετιών.

Στο Εικόνα Ε.5 αποτυπώνεται ο χάρτης των θέσεων ανάπτυξης ελληνικών σηράγγων, ανά κατηγορία χρήσης (μήκος άνω των 500m), όπως έχει αποτυπωθεί από τους Μπενάρδο και Μαρίνο (2020). Έχουν εντοπιστεί συνολικά πάνω από 310 οδικές και σιδηροδρομικές σήραγγες, με συνολικό μήκος που ξεπερνά τα 350 km. Πριν το 1995 οι οδικές σήραγγες του Ελλαδικού χώρου ήταν λιγότερες από 10, έχοντας ένα συνολικό μήκος περί τα 6,5 km (Σοφιανός, 2017).



Εικόνα Ε.5. Χάρτης των Ελληνικών Σηράγγων (Μπενάρδος και Μαρίνος, 2000).

Στη συνέχεια παρατίθενται ορισμένα ενδιαφέροντα χαρακτηριστικά ελληνικών σηράγγων. Οι σήραγγες του Ελλαδικού χώρου έχουν κατασκευαστεί σε ένα μεγάλο εύρος υψομέτρων. Ιδιαίτερα οι σήραγγες που αναπτύσσονται στην οροσειρά της Πίνδου (τμήμα Άρτας – Τρικάλων) και της Εγνατίας Οδού έχουν κατασκευαστεί σε μεγαλύτερα υψόμετρα, από 600-1.250m. Οι πιο «ψηλές» σήραγγες

στην Ελλάδα δίνονται στον Πίνακα Ε.5. Τα συνήθη μέγιστα υπερκείμενα των ελληνικών σηράγγων κυμαίνονται από 150 - 300m. Εντούτοις, έχουν κατασκευασθεί σήραγγες με υψηλά υπερκείμενα (Πίνακας Ε.6), αντίστοιχα με τα υπερκείμενα στην περιοχή ενδιαφέροντος.

Πίνακας Ε.5. Σήραγγες κατασκευασμένες σε μεγαλύτερα υψόμετρα στην Ελλάδα.

ΣΗΡΑΓΓΑ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ (Μ)	ΜΗΚΟΣ (Μ)	ΕΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ
Γκρόπας	1.230	1.500	2010
Μετσόβου	1.120	3.500	1994
Ανηλίου	1.100	2.110	2007
Τυμφρηστού	1.070	1.385	2000
Καλογερικού	780	700	2019

Πίνακας Ε.6. Σήραγγες με μεγαλύτερα ύψη υπερκειμένων στην Ελλάδα.

ΣΗΡΑΓΓΑ	ΥΠΕΡΚΕΙΜΕΝΑ (Μ)	ΜΗΚΟΣ (Μ)	ΕΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ
Μετσόβου	550	3.500	1994
Κλόκοβας	535	2.900	2017
Κνημίδος	430	2.500	2007
Αρτεμισίου	400	1.400	1987
Όθρυος	375	6.400	2019

Το κόστος κατασκευής σηράγγων εξαρτάται από μια σειρά παραγόντων, οι κυριότεροι εκ των οποίων είναι οι γεωλογικές/γεωτεχνικές συνθήκες στην περιοχή του έργου, η διατομή και το μέγεθος του έργου, αλλά και η μέθοδος κατασκευής (Parakeynoroulou and Benardos, 2013). Το κόστος διακρίνεται σε αυτό της εκσκαφής και προσωρινής υποστήριξης, το οποίο καλύπτει περίπου το 70% του συνολικού, και το κόστος της τελικής επένδυσης και Η/Μ εγκαταστάσεων που δομεί το υπόλοιπο 30% (Petroutsatou and Lambropoulos, 2005; Efron and Read, 2012). Για τις ελληνικές σήραγγες υπάρχει μια μεγάλη διακύμανση στο κόστος κατασκευής, καθώς έχουν απαντηθεί πολλές και διαφορετικές συνθήκες. Συνηθέστερα, το κόστος ανά μέτρο μήκους τους (€/μμ) κυμαίνεται από 10.000 €/μμ – 20.000 €/μμ (10-20 εκατ. €/km). Ειδικά για την Εγνατία Οδό, το κόστος των σηράγγων κυμαίνεται από 8.000 €/μμ έως 30.000 €/μμ (8-30 εκατ. €/km, αντίστοιχα), ενώ το συνολικό κόστος κατασκευής των σηράγγων της Εγνατίας (73 δίδυμων οδικών σηράγγων, συνολικού μήκους 100 km, ανηγμένα σε μονό κλάδο) ανέρχεται περίπου στα 1,8 δις €, συμπεριλαμβανομένου ΦΠΑ (περί το 1,5 δις € χωρίς ΦΠΑ).

Γεωλογικά – Γεωτεχνικά Χαρακτηριστικά Περιοχής Μελέτης

Η περιοχή της προτεινόμενης σήραγγας συνίσταται από γεωλογικούς σχηματισμούς των γεωτεκτονικών ενότητων (ζωνών) Πίνδου και Ιονίου. Βασικό χαρακτηριστικό της στενής περιοχής μελέτης είναι η μεγάλη τεκτονική επαφή, εδώ επώθηση, της Πίνδου επί της Ιόνιας ενότητας. Από τη μία, η ζώνη της Πίνδου αποτελείται από σειρές ασβεστολιθικών σχηματισμών, ηλικίας Τριαδικού - Ιουρασικού, και από την άλλη η ζώνη της Ιονίου αποτελείται από φλυσχικούς σχηματισμούς. Και στις δύο ενότητες οι σχηματισμοί είναι ισχυρά καταπονημένοι λόγω της τεκτονικής αυτής επαφής. Πρέπει να σημειωθεί ότι η γεωμετρία της μεγάλης τεκτονικής επαφής της επώθησης των δύο ζωνών δεν είναι σαφής. Μία τέτοια επαφή είναι ιδιαίτερα ακανόνιστη με συχνά μεταβαλλόμενη κλίση του επιπέδου της. Η κύρια επαφή σημειώνεται τόσο στους χάρτες μικρής κλίμακας (1:50.000 του ΙΓΜΕ, φύλλο

Άγναντα), όσο και στην αποτύπωση που έγινε για τους σκοπούς της παρούσας έρευνας. Σε βάθος όμως, και κατά τη διεύθυνση της κύριας κίνησης δεν είναι δυνατό να γίνει γνωστό με ακρίβεια το πως αυτή η επαφή μπορεί να πτυχώνεται ή να διακόπτεται με άλλες μικρολεπιώσεις.

Στη περιοχή αναμένεται να συναντηθούν οι λεπτοπλακώδεις ασβεστολιθικοί σχηματισμοί του Τριαδικού (ασβεστόλιθοι με ίασπι) με κατά θέσεις ενστρώσεις πηλιτών. Οι ασβεστολιθικοί σχηματισμοί λόγω και της λεπτοπλακώδους φύσης τους και της συμμετοχής και πιο «όλκιμων» μελών (πηλιτικά στρώματα) είναι πολυπτυχωμένοι με ισοκλινή δομή και ανορθωμένα στρώματα. Για αυτό το λόγο εμφανίζουν σε βάθος μεγάλο πάχος. Στη ζώνη της επώθησης όμως, εμφανίζουν εντονότερο κερματισμό έως απώλειας της δομής τους. Από την άλλη, οι σχηματισμοί του φλύσχη που στην περιοχή αποτελούνται από ιλυολιθικούς σχηματισμούς με ενστρώσεις ψαμμιτικών πάγκων είναι έντονα πτυχωμένοι και διατμημένοι. Η δομή τους δεν είναι εμφανής στη περιοχή μελέτης λόγω του ισχυρού τεκτονισμού τους με αποτέλεσμα να εμφανίζουν έναν χαοτικό χαρακτήρα.

Με βάση τα χαρακτηριστικά του ορεινού όγκου αλλά και το υφιστάμενο οδικό δίκτυο της περιοχής, έγινε προκαταρκτικά η προσπάθεια αξιολόγησης και εντοπισμού των ευρύτερων θέσεων ανάπτυξης των στομιών της σήραγγας. Σε αυτές πραγματοποιήθηκαν στο πλαίσιο της παρούσας σύμβασης δύο (2) δειγματοληπτικές γεωτρήσεις (Γ1, Γ2 - Εικόνα Ε.6) από την εταιρεία «Β. Στασινός & Σία ΟΕ». Η υποστήριξη των γεωτρητικών εργασιών έγινε από τον Δήμο Κεντρικών Τζουμέρκων, στελέχη του οποίου επιφορτίστηκαν με την εκτέλεση όλων των πρόδρομων έργων που απαιτούνταν αλλά και την υποστήριξη των εργασιών, όπως τη διάνοιξη προσωρινών εργοταξιακών οδών πρόσβασης και την προμήθεια ύδατος με αυτοκίνητα του Δήμου για την εκτέλεση των γεωτρήσεων.



Εικόνα Ε.6. Άποψη της εκτέλεσης της Γεώτρησης Γ2 (Νότιο μέτωπο Θεοδωριάνων).

Οι γεωτρήσεις αυτές παρείχαν βασικές πληροφορίες για την ευρύτερη περιοχή των στομιών, καθώς σε αυτή τη φάση δεν είναι δυνατή η εκτέλεση γεωτρήσεων στην θέση χάραξης της σήραγγας λόγω του μεγάλου ύψους των υπερκειμένων. Αντίστοιχα, με βάση τα στοιχεία που λαμβάνονται από τις γεωτρήσεις και την επιτόπια αναγνώριση είναι δυνατή η αξιολόγηση βασικών στοιχείων για τη βραχόμαζα που εν γένει αναμένεται να συναντηθεί. Πέρα από τις επιτόπιες αξιολογήσεις κατά τη

διάρκεια των εργασιών, ελήφθησαν δείγματα από τους πυρήνες των γεωτρήσεων, τα οποία προωθήθηκαν για εργαστηριακές δοκιμές και αναλύσεις ώστε να ληφθούν επιπρόσθετα στοιχεία και να προσδιοριστούν τα γεωτεχνικά χαρακτηριστικά της βραχώμαζας. Με βάση όλα τα παραπάνω, οι σχηματισμοί που απαντήθηκαν ταξινομήθηκαν με το γεωτεχνικό σύστημα ταξινόμησης RMR και GSI. Στην περιοχή μελέτης διακρίθηκαν τέσσερις (4) τύποι βραχωμαζών (Τεχνικογεωλογικές Ενότητες – TE) (B1, B2, B3 και B4) και ένας (1) τύπος για τα κορήματα (Πίνακας Ε.7), με τις βασικές ενότητες εμφάνισης να είναι γενικά η B2 και η B3.

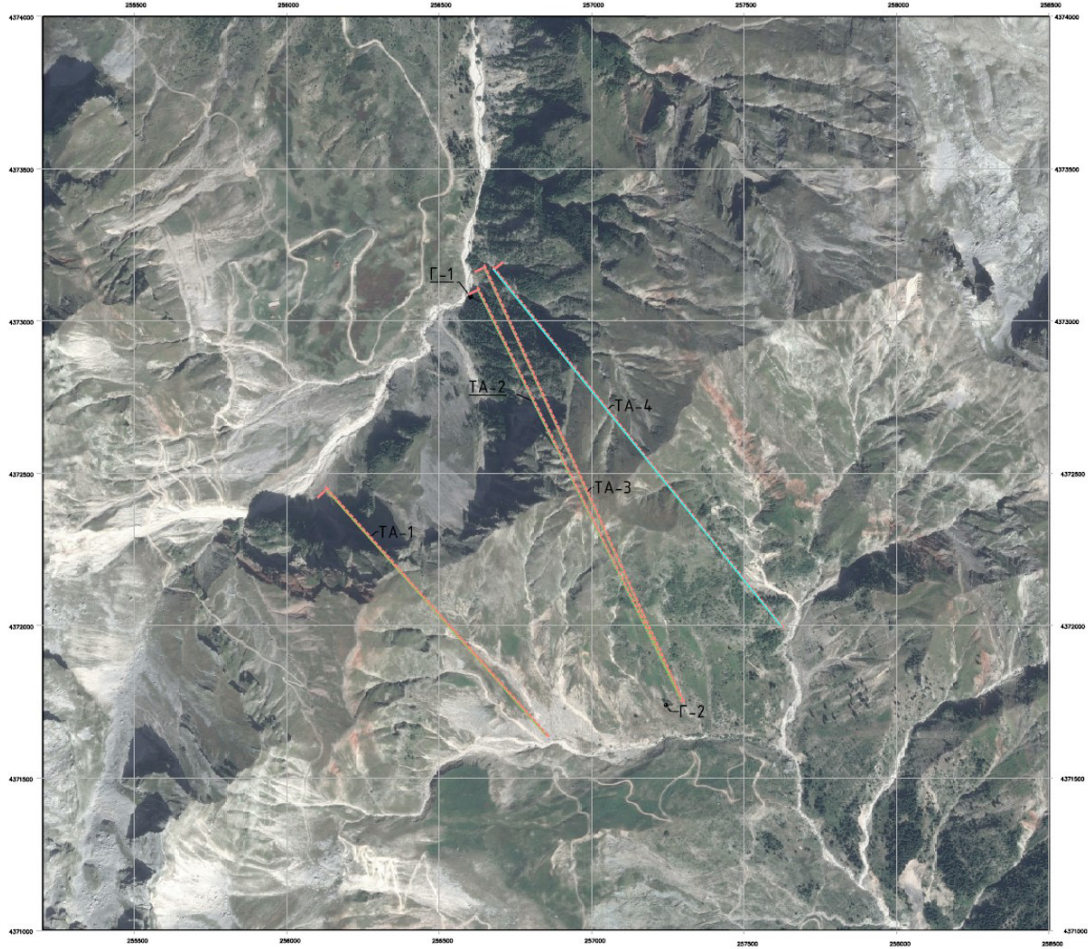
Πίνακας Ε.7. Τεχνικογεωλογικές ενότητες και εύρη τεχνικογεωλογικών παραμέτρων.

ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	GSI	m_i	σ_{ci} (MPa)
E1	Κορήματα (SF) Πιθανώς 2 TE, α) μετρίως πυκνά & β) πολύ πυκνά έως συγκολλημένα	-	-	-
B1	Πολύ τεμαχώδης έως διαταραγμένος-πτυχωμένος ασβεστόλιθος με πολύπλευρα γωνιώδη τεμάχη που σχηματίζονται από 4 οικογένειες ασυνέχειες	45-55	14	50-80
B2	Πτυχωμένος λεπτοστρωματώδης ασβεστόλιθος με γωνιώδη τεμάχη που σχηματίζονται από πολλές αλληλοτεμνόμενες οικογένειες ασυνεχειών. Κατά θέσεις απαντώνται με λεπτές ενδιαστρώσεις κερατολίθων & πηλιτών	35-45	14	40-70
B3	Κατακερματισμένος λεπτοστρωματώδης ασβεστόλιθος με πιθανές εναλλαγές πηλιτικών στρώσεων. Η βραχώμαζα παρουσιάζεται με ανοικτή δομή και μικρά γωνιώδη τεμάχη	22-27	12	30-50
B4	Κατακερματισμένος έως διατμημένος σχηματισμός φλύσχη (εναλλαγές ιλυολιθικών και ψαμμιτικών στρωμάτων)	17-22	7	10-15

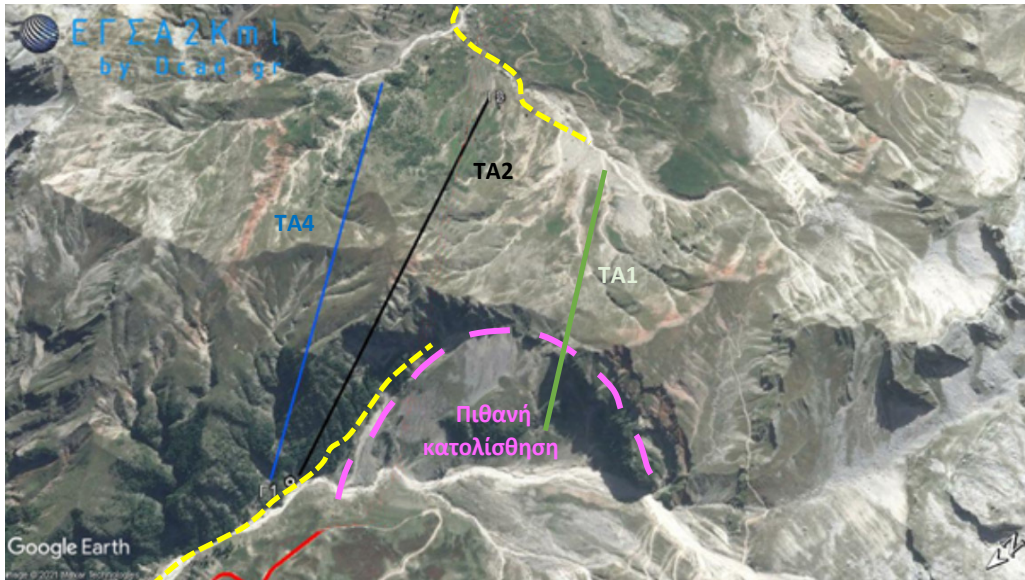
Σχεδιασμός Εναλλακτικών Χαράξεων Σήραγγας

Οι γεωλογικές και τεχνικογεωλογικές συνθήκες της περιοχής μελέτης αναλύονται σε μια ευρεία ζώνη ώστε να διαπιστωθεί πιθανή διαφοροποίηση της ποιότητας των γεωλογικών σχηματισμών. Με βάση τα στοιχεία αυτά, το υφιστάμενο δίκτυο της περιοχής αλλά και την εν γένει μορφολογία της περιοχής διερευνήθηκαν τέσσερις (4) εναλλακτικές χαράξεις, οι TA-1, TA-2, TA-3 και TA-4, όπως δίνονται στην Εικόνα Ε.7. Βασικό αντικείμενο της διερεύνησης ήταν να αξιολογηθούν με βάση μια σειρά από χαρακτηριστικά – κυρίως με γνώμονα τις επικρατούσες συνθήκες – αλλά και άλλα όπως το μήκος όδευσης, την κλίση αλλά και το επίπεδο συναρμογής τους με το δίκτυο οδών της περιοχής.

Η χάραξη TA-1 εντοπίζεται στο ΝΑ άκρο της περιοχής μελέτης. Συνδυάζει μικρό μήκος όδευσης και το μικρότερο ύψος υπερκειμένων σε σχέση με όποια άλλη σχεδιαστεί στην περιοχή. Όμως βασικό μειονέκτημά της είναι οι δυσχερείς γεωτεχνικές συνθήκες, ιδιαίτερα στην περιοχή του στομίου Μελισσουργών (Βόρειο στόμιο) όπου υπάρχει μεγάλη πιθανότητα η σήραγγα να αντιμετωπίσει τμήμα παλαιο-ολίσθησης. Κάτι τέτοιο θα ήταν απαγορευτικό για την ανάπτυξη του έργου (Εικόνα Ε.8).



Εικόνα Ε.7. Παρουσίαση των 4 εναλλακτικών χαράξεων (TA-1, TA-2, TA-3 και TA-4) της σήραγγας ένωσης των οικισμών Θεοδωριάνων – Μελισσουργών.



Εικόνα Ε.8. Ορθοφωτογραφία στην οποία φαίνονται οι εναλλακτικές χαράξεις TA-2 και TA-4, καθώς και η TA-1, η οποία διέρχεται εντός του φλυσχικού σχηματισμού της επώθησης και εντός μίας μεγάλης πιθανής κατολίσθησης (μωβ περιοχή). Με κίτρινο σημειώνεται η επιφάνεια επώθησης όπως διαπιστώθηκε στις περιοχές των δύο στομιών.

Η χάραξη TA-2 προτάθηκε μετά την επιτόπια γεωλογική αναγνώριση η οποία πραγματοποιήθηκε στην περιοχή. Βασικός γνώμονας για τη μεταφορά της χάραξης δυτικότερα από την αρχική χάραξη TA-1 - στην περιοχή του Βόρειου στομίου - ήταν η ανάγκη για εύρεση βελτιωμένων γεωλογικών συνθηκών και η αποφυγή πιθανής συνάντησης με την περιοχή ανάπτυξης του σχηματισμού φλύσχη. Σύμφωνα με την εκτίμηση που υπήρξε και με βάση τα αποτελέσματα του γεωτρητικού προγράμματος, οι σχηματισμοί που αναμένεται να συναντηθούν είναι έντονα πτυχωμένοι με σημαντικό βαθμό κερματισμού, όπως άλλωστε αναμένονται σε τέτοια έργα που αναπτύσσονται στην ευρύτερη περιοχή. Αυτό συμβαίνει διότι η χάραξη TA-2 εμφανίζεται να υπόκειται στην επίδραση της ζώνης επώθησης που αναπτύσσεται πλησίον της (Εικόνα Ε.8), με αποτέλεσμα οι σχηματισμοί να είναι έντονα τεκτονισμένοι. Επιπλέον, ενδέχεται να υπάρξει συνάντηση του φλυσχικού σχηματισμού, γεγονός που μπορεί να δυσχεράνει τις εργασίες κατασκευής.

Η εναλλακτική χάραξη TA-3 προτάθηκε βάσει των ευρημάτων του γεωτρητικού προγράμματος αλλά και του ισχυρού τεκτονισμού που παρατηρήθηκε από την πυρηνοληψία στη θέση της γεώτρησης Γ1. Τα στοιχεία αυτά οδήγησαν σε νέα εναλλακτική χάραξη, ώστε να υπάρξει ικανή αύξηση της απόστασης από την περιοχή της ζώνης επώθησης, και επομένως καλύτερες γεωτεχνικές συνθήκες. Με βάση τη μορφολογία της περιοχής κάτι τέτοιο μπορεί να επιτευχθεί σε ένα βαθμό, καθώς μετακίνηση της χάραξης σε βορειότερες περιοχές συνεπάγεται τη δυσανάλογη αύξηση του μήκους της σήραγγας.

Η λύση TA-4 κρατά περίπου σταθερή τη λύση ανάπτυξης του Βόρειου στομίου, διαφοροποιείται όμως σημαντικά σε σχέση με τις λύσεις TA-2 και TA-3, καθώς έχει επιλεγεί μια συνολικά βορειότερη χάραξη, αλλά και ένα διαφοροποιημένο σημείο τοποθέτησης του Νοτίου στομίου (Θεοδωριάνων). Βασικότερο πλεονέκτημά της είναι η αύξηση της απόστασής της από τη ζώνη επώθησης, κάτι που μπορεί να λειτουργήσει ευνοϊκά – σε σχέση με τις προηγούμενες λύσεις – για τις εργασίες κατασκευής του έργου. Το μήκος της χάραξης είναι περίπου 1.505m, ίδιο με τη λύση TA-2, ενώ έχει να αντιπαρέλθει ελαφρώς μικρότερο ύψος υπερκειμένων (περί τα 500m).

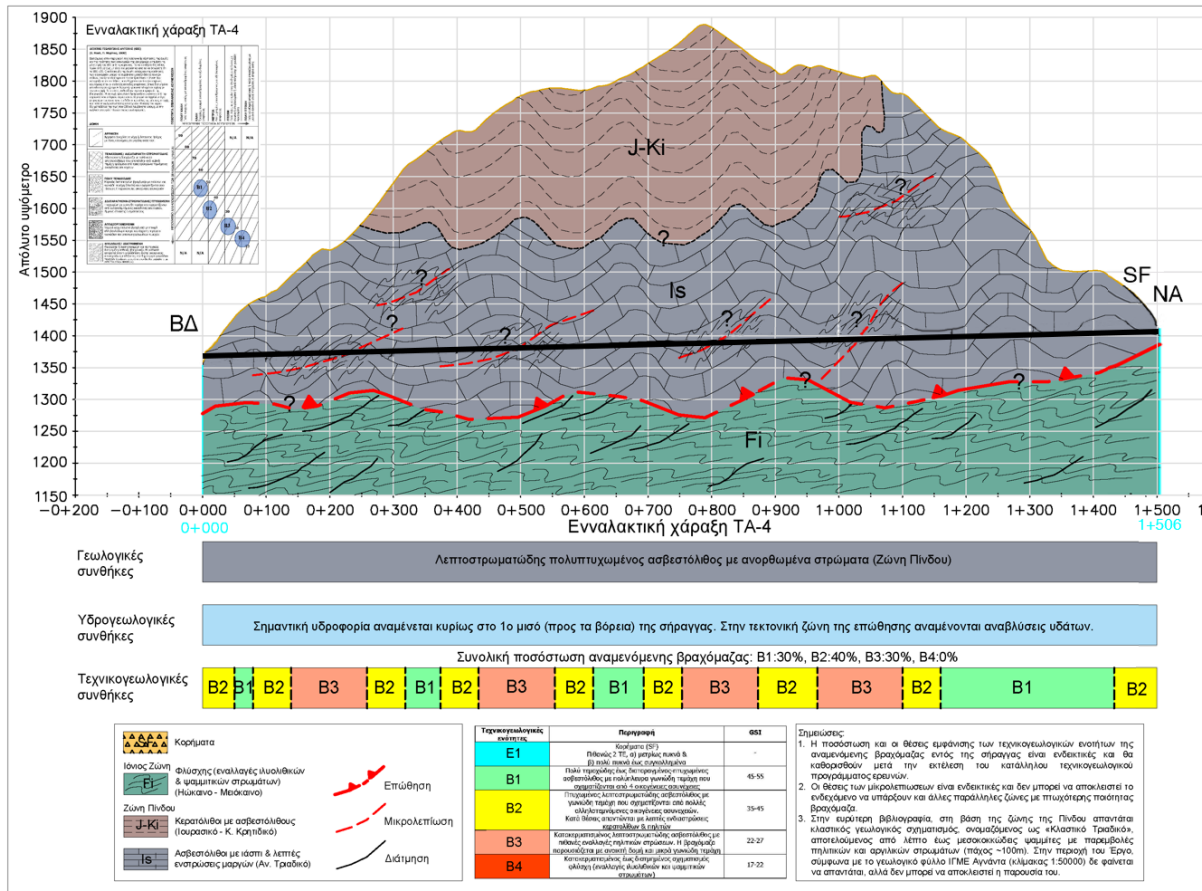
Ο Πίνακας Ε.8, συγκρίνει ημιποσοτικά τα χαρακτηριστικά των διάφορων εναλλακτικών λύσεων. Σύμφωνα με τα στοιχεία που παρατίθενται, η 1^η εναλλακτική χάραξη (TA-1) πλεονεκτεί μεν από πλευράς μήκους χάραξης, αλλά έχει να αντιμετωπίσει ιδιαίτερα δυσμενείς γεωλογικές συνθήκες και για αυτό το λόγο απορρίπτεται. Οι άλλες λύσεις (TA-2, TA-3 και TA-4) παρουσιάζουν παρεμφερή χαρακτηριστικά, με μικρή υπεροχή των δύο τελευταίων λύσεων όσον αφορά στο θέμα της απομάκρυνσης από την περιοχή εμφάνισης της ζώνης επώθησης.

Πίνακας Ε.8. Συγκριτική αξιολόγηση χαρακτηριστικών εναλλακτικών χαράξεων.

ΚΡΙΤΗΡΙΟ/ΧΑΡΑΞΗ	TA-1	TA-2	TA-3	TA-4
Μήκος	✓✓✓✓✓	✓✓✓	✓✓	✓✓✓
Τεχνικογεωλογικά χαρακτηριστικά	✓	✓✓✓	✓✓✓✓	✓✓✓✓✓
Ασφάλεια στομίων	✓✓	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓
Συναρμογή	✓✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓

Οι επιλογές που προτείνονται αφορούν στη λύση TA-2 (η οποία χαρακτηρίζεται ως η βασική – baseline solution), καθώς και στη λύση TA-4 (η οποία χαρακτηρίζεται ως βελτιστοποιημένη – optimized

solution). Η λύση TA-3 αφορά πρακτικά σε μια ενδιάμεση κατάσταση μεταξύ των δύο αυτών και μπορεί να θεωρηθεί ότι ουσιαστικά εμπεριέχεται μέσα σε αυτές. Με βάση το σύνολο των κριτηρίων η προτιμητέα χάραξη είναι η TA-4. Στην Εικόνα E.9. δίνεται η τελική εκτίμηση για την εικόνα των τεχνικογεωλογικών χαρακτηριστικών που αναμένεται να απαντηθούν στην εν λόγω χάραξη.



Εικόνα E.9. Τεχνικογεωλογική μηκτομή εναλλακτικής χάραξης TA-4.

Προκαταρκτικός Σχεδιασμός Σήραγγας Μελισσοουργών – Θεοδωριάνων

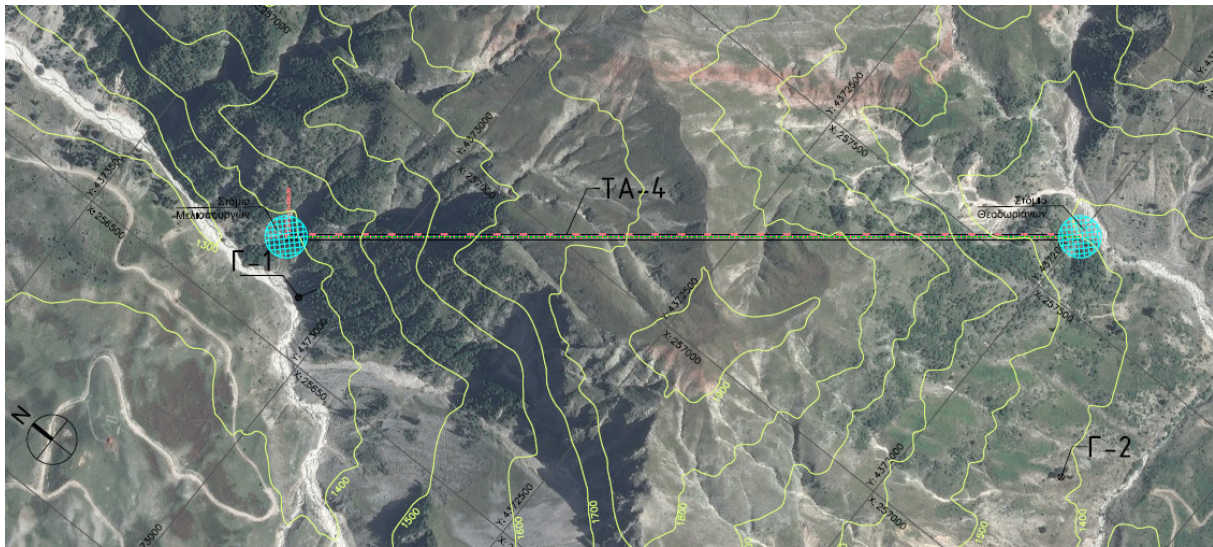
Ο σχεδιασμός ενός οδικού έργου συνήθως πραγματοποιείται έχοντας στοιχεία ή δεδομένα για τον κυκλοφοριακό φόρτο που θα εξυπηρετεί και πιο συγκεκριμένα της Ετήσιας Μέσης Ημερήσιας Κυκλοφορίας (ΕΜΗΚ). Στην περίπτωση του υπό εξέταση έργου της σήραγγας Μελισσοουργών–Θεοδωριάνων, η σχεδιαζόμενη υποδομή είναι αυτή που «γεννά» τον κυκλοφοριακό φόρτο της και διαμορφώνει μια νέα κατάσταση. Μέχρι σήμερα πρακτικά δεν υπάρχει η σύνδεση αυτή, καθώς η πολύ μεγάλη απόσταση – αλλά και χρονοαπόσταση μετακίνησης – καθιστά σχεδόν απαγορευτικό ένα υπαρκτό κυκλοφοριακό ρεύμα. Το ίδιο συμβαίνει και με άλλους οικισμούς της περιοχής (π.χ. Πράμαντα, Βουργαρέλι) και επομένως, η μετακίνηση μεταξύ τους αφορά μόνο ανελαστικές υπηρεσίες (π.χ. διοικητικές υποθέσεις) που δεν μπορούν να εξυπηρετηθούν σε μια εγγύτερη απόσταση. Επομένως, δεν μπορεί να προκύψει με ασφάλεια προβολή δεδομένων από υφιστάμενους κυκλοφοριακούς φόρτους.

Παρόλα αυτά, από ενδεικτική μέτρηση που έγινε επί της Εθνικής Οδού Άρτας-Τρικάλων, της πυκνότερης και εγγύτερης οδικής σύνδεσης στην περιοχή των Θεοδωριάνων, η οποία πραγματοποιήθηκε σε μια χρονική περίοδο 4 ωρών σε ώρες αιχμής (10.00-14.00), τον Ιούλιο του 2021, η ωριαία κυκλοφορία ήταν πολύ μικρή, κάτω από 8 οχήματα την ώρα. Συνεπώς, για

συμβατικούς λόγους στην παρούσα μελέτη, έγινε δεκτή μια ΕΜΗΚ στη σύνδεση Μελισσουργών-Θεοδωριάνων των 200 οχημάτων, η οποία σαφώς καλύπτει και τις προοπτικές ανάπτυξης.

Στην πραγματικότητα, στη συγκεκριμένη περίπτωση ο σχεδιασμός της σήραγγας δεν εξαρτάται από τον ακριβή υπολογισμό της ΕΜΗΚ. Όπως αναφέρεται στο σχετικό κεφάλαιο του σχεδιασμού, η βασική επιλογή αφορά σε σήραγγα μονού κλάδου διπλής κατεύθυνσης κυκλοφορίας (διατομή 10.5Τ), η οποία είναι η μικρότερη διατομή που προβλέπει η ελληνική νομοθεσία. Το όριο της ΕΜΗΚ για τη διατομή 10.5Τ, χωρίς απαίτηση εξόδων διαφυγής σύμφωνα με τις διατάξεις του ΠΔ 230 ΦΕΚ 264 Α΄ 2007, είναι τα 2000 οχήματα την ημέρα, η οποία σαφώς υπερκαλύπτει την ΕΜΗΚ της περιοχής. Η δεύτερη επιλογή, η οποία εξετάστηκε από την ερευνητική ομάδα αφορά σε σήραγγα μονού κλάδου μονής κατεύθυνσης (διατομή Τ7.5), η οποία είναι πιο κοντά στις ανάγκες της περιοχής (το όριο εφαρμογής της είναι ΕΜΗΚ 500 οχήματα την ημέρα). Για λόγους ασφαλείας, η διατομή δεν μπορεί να περιοριστεί πολύ, έτσι ώστε να επιτρέπεται προσπέραση στην περίπτωση της ακινητοποίησης οχήματος. Έτσι, παρά την υποτετραπλάσια μέγιστη ΕΜΗΚ που μπορεί να αναλάβει, ο σχεδιασμός του έργου καθοδηγείται από την παράμετρο της ασφάλειας, με αποτέλεσμα η προτεινόμενη διατομή Τ7.5 να είναι μόλις κατά 30% μικρότερη σε διαστάσεις.

Η χάραξη της σήραγγας (TA-4) αναπτύσσεται οριζοντιογραφικά σε ευθυγραμμία με διεύθυνση ΒΔ – ΝΑ και μηκοτομικά με σταθερή κατά μήκος κλίση ~2,3% σε κατωφέρεια προς το Βόρειο στόμιο (Εικόνα Ε.10). Η κατά μήκος κλίση επιβάλλεται από τα υψόμετρα των θέσεων των στομιών της σήραγγας, οι οποίες καθορίστηκαν υπό τους περιορισμούς του έντονου τοπογραφικού αναγλύφου και της παρουσίας των ρεμάτων Κρανιας στο Βόρειο στόμιο και Χίστρας στο Νότιο στόμιο, αντίστοιχα. Το υπόγειο τμήμα της σήραγγας έχει μήκος 1.500 m περίπου και μέγιστο πάχος υπερκειμένων, περίπου 500 m.



Εικόνα Ε.10. Οριζοντιογραφία της σήραγγας Μελισσουργών – Θεοδωριάνων.

Η κατασκευή της σήραγγας προτείνεται να γίνει με συμβατικά μέσα. Η διάνοιξη και προσωρινή υποστήριξη της σήραγγας προτείνεται να ακολουθήσει την μέθοδο NATM, ενώ η τελική επένδυση της σήραγγας να κατασκευαστεί από οπλισμένο σκυρόδεμα.

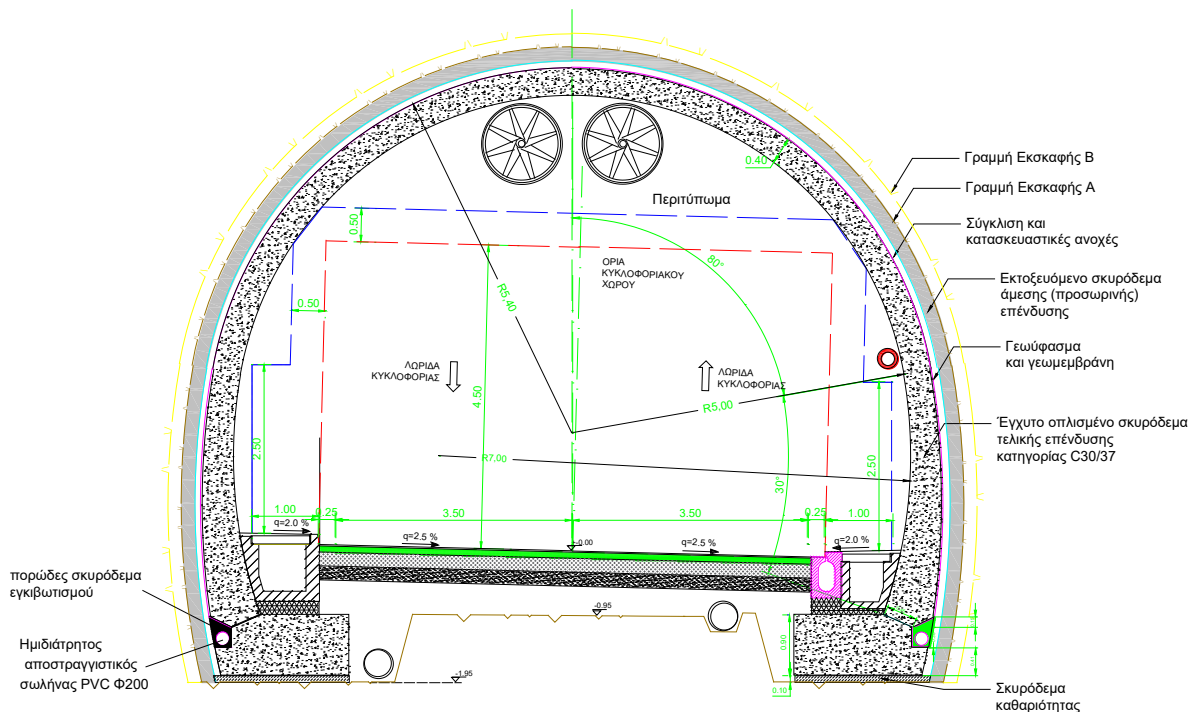
Γεωμετρικά στοιχεία

Για τον προκαταρκτικό σχεδιασμό της υπό διερεύνηση σήραγγας, η Ερευνητική Ομάδα εξέτασε δύο εναλλακτικά σενάρια:

- I. Σήραγγα μονού κλάδου διπλής κατεύθυνσης κυκλοφορίας, με μία λωρίδα κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση.
- II. Σήραγγα μονού κλάδου μονής κατεύθυνσης κυκλοφορίας, μίας λωρίδας κυκλοφορίας με δυνατότητα προσέρασης ακινητοποιημένου οχήματος.

Στο πρώτο σενάριο (Σενάριο I), η σήραγγα σχεδιάζεται ως μονού κλάδου διπλής κατεύθυνσης. Για την τυπική διατομή της σήραγγας προτείνεται ως βέλτιστη λύση η υιοθέτηση τυπικής διατομής 10.5T (ΟΜΟΕ-ΤΟΣ, 2002). Πρόκειται για την ελάχιστη διατομή σήραγγας που περιγράφεται στους Ελληνικούς κανονισμούς και οδηγίες σηράγγων. Η συγκεκριμένη τυπική διατομή μπορεί καλύψει τόσο τις τρέχουσες απαιτήσεις κυκλοφοριακού φόρτου (Ετήσια Μέση Ημερήσια Κυκλοφορία - ΕΜΗΚ έως 200 οχήματα), αλλά και τυχόν μελλοντικές αυξημένες απαιτήσεις μέχρι και πολλαπλάσιες τιμές ΕΜΗΚ. Το συνολικό πλάτος του περιτυπώματος προκύπτει από τη διατομή οδού της σήραγγας ίσο με 9,50 m, με συνολικό πλάτος του χώρου κυκλοφορίας 7,50 m και πλάτος πεζοδρομίων 1,00 m. Η τυπική διατομή της σήραγγας δίνεται στην Εικόνα Ε.11 και διαμορφώνεται με τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

Λωρίδες κυκλοφορίες :	1 λωρίδα κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση, πλάτους 3,50 m
Λωρίδα καθοδήγησης:	1 λωρίδα καθοδήγησης ανά κατεύθυνση πλάτους 0,25 m
Λωρίδα έκτακτης ανάγκης (Λ.Ε.Α.):	Δεν έχει χρησιμοποιηθεί
Πλάτος οδοστρώματος:	$2 \times 3,50 + 2 \times 0,25 = 7,50 \text{ m}$
Πλάτος πεζοδρομίων:	1,00 m
Πλάτος καταστρώματος:	$7,50 + 2 \times 1,00 \text{ m} = 9,50 \text{ m}$



Εικόνα Ε.11. Τυπική διατομή χρήσης της σήραγγας Μελισσοурγών – Θεοδωριάνων (για διατομή 10.5T κατά ΟΜΟΕ-ΤΟΣ, 2002).

Το οδόστρωμα διαμορφώνεται μονοκλινές με επίκλιση 2,50 %. Το ελεύθερο ύψος για την μηχανοκίνητη κυκλοφορία διαμορφώθηκε σε 4,50m. Τα πλευρικά όρια του χώρου κυκλοφορίας είναι κάθετα στο οδόστρωμα. Ο άνω και πλευρικός χώρος ελευθερίας κινήσεων απέχει 0,50 m κατ' ελάχιστον από τα όρια του χώρου κυκλοφορίας. Το ελεύθερο ύψος στη ζώνη των πεζοδρομίων έκτακτης ανάγκης είναι τουλάχιστον 2,50m.

Καθώς το μήκος της σήραγγας υπερβαίνει τα 1.050m, και εφόσον δεν προβλέπεται η κατασκευή λωρίδων πολλαπλών χρήσεων, σύμφωνα με τις οδηγίες ΟΜΟΕ-ΤΟΣ (2002) απαιτείται η διαμόρφωση μίας αμφίπλευρης εσοχής έκτακτης στάθμευσης. Με βάση τα διαθέσιμα γεωλογικά και γεωτεχνικά στοιχεία, η θέση κατασκευής της εσοχής εντοπίζεται μεταξύ των Χ.Θ. 0+612 και Χ.Θ. 0+691, εντός της τεχνικογεωλογικής ενότητας (ΤΕ) Β1. Σε κάθε περίπτωση, η τελική επιλογή της θέσης της εσοχής θα γίνει στη φάση της οριστικής μελέτης σε απόσταση 700m έως 1.100m από τα στόμια της σήραγγας.

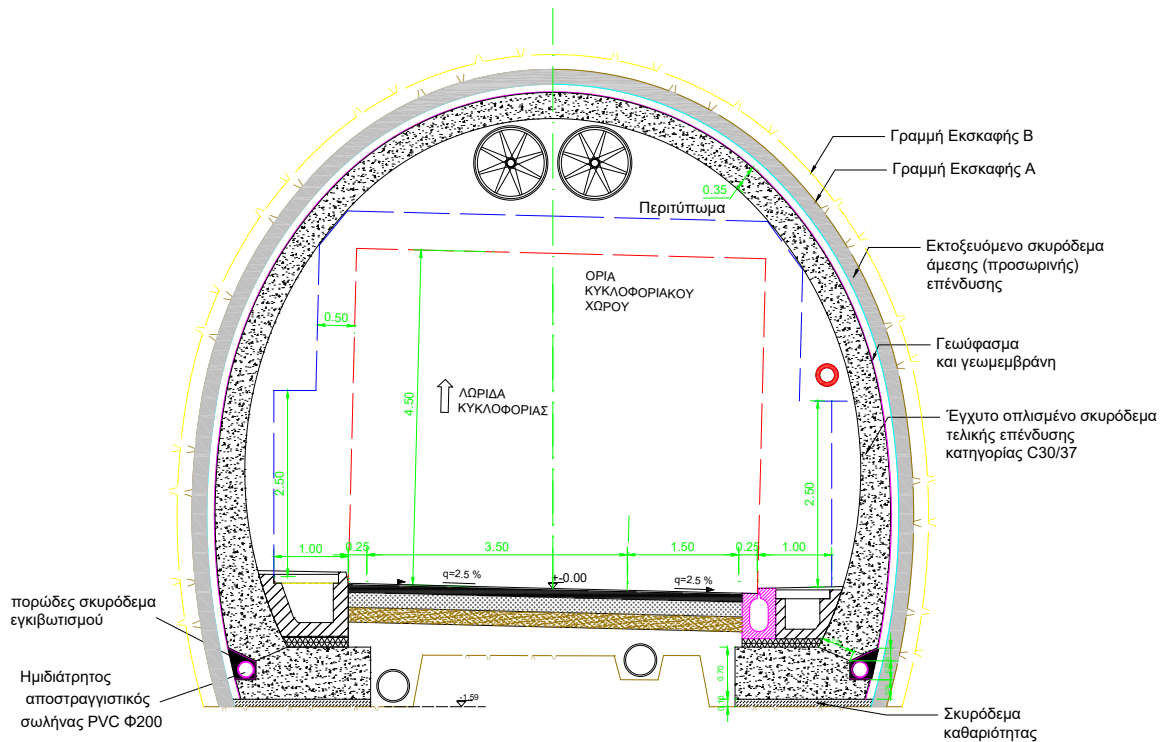
Στην παρούσα φάση, η σήραγγα σχεδιάζεται χωρίς οδούς διαφυγής και εξόδους κινδύνου, καθώς αυτό δεν είναι υποχρεωτικό σύμφωνα με τις διατάξεις του ΠΔ 230 ΦΕΚ 264 Α' 2007 για τις ελάχιστες απαιτήσεις ασφαλείας για τις σήραγγες του διευρωπαϊκού οδικού δικτύου. Εφόσον ο κυκλοφοριακός φόρτος αυξηθεί σε πάνω από 2.000 οχήματα, δύνανται να διαμορφωθούν έξοδοι κινδύνου προς ανεξάρτητη στοά διαφυγής. Ένα τέτοιο ενδεχόμενο δεν φαίνεται πιθανό σήμερα.

Στο δεύτερο σενάριο (Σενάριο II), εξετάζεται σήραγγα μονού κλάδου μονής κατεύθυνσης, με κατάλληλη ρύθμιση της κυκλοφορίας με σηματοδότηση στα στόμια της σήραγγας. Η τυπική διατομή της σήραγγας δίνεται στην Εικόνα Ε.12 και διαμορφώνεται με βάση την τυπική διατομή Τ7.5 των Νορβηγικών οδών (Vegdirektoratet, 2020). Στη Νορβηγία υπάρχει ιδιαίτερη εμπειρία σε σήραγγες. Η επιλογή αυτή αποτελεί διεύρυνση της Νορβηγικής διατομής Τ5.5 και δύναται να εφαρμοσθεί σε σήραγγες με μικρές ΕΜΗΚ <500 οχήματα, οι οποίες προσομοιάζουν με τα χαρακτηριστικά της κυκλοφορίας στην περιοχή μελέτης. Πιο συγκεκριμένα, η διατομή αυτή επιτρέπει επιπρόσθετα την προσπέραση ακινητοποιημένου οχήματος. Πιο αναλυτικά η συγκεκριμένη διατομή έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

Λωρίδες κυκλοφορίες :	1 λωρίδα κυκλοφορίας, πλάτους 3,50 m
Λωρίδες καθοδήγησης:	2 λωρίδες καθοδήγησης πλάτους 0,25 m
Λωρίδα έκτακτης ανάγκης (Λ.Ε.Α.):	1 λωρίδα έκτακτης ανάγκης, πλάτους 1,50 m
Πλάτος οδοστρώματος:	$1 \times 3,50 + 1 \times 1,50 + 2 \times 0,25 = 5,50 \text{ m}$
Πλάτος πεζοδρομίων:	1,00 m
Πλάτος καταστρώματος:	$5,50 + 2 \times 1,00 \text{ m} = 7,50 \text{ m}$

Το συνολικό πλάτος του περιτυπώματος προκύπτει από τη διατομή οδού της σήραγγας ίσο με 7,50m, με συνολικό πλάτος του χώρου κυκλοφορίας 5,50 m και πλάτος πεζοδρομίων 1,00 m. Το οδόστρωμα διαμορφώνεται μονοκλινές με επίκλιση 2,50 %. Το ελεύθερο ύψος για τη μηχανοκίνητη κυκλοφορία διαμορφώθηκε σε 4,50m. Τα πλευρικά όρια του χώρου κυκλοφορίας είναι κάθετα στο οδόστρωμα. Ο άνω και πλευρικός χώρος ελευθερίας κινήσεων απέχει 0,50 m κατ' ελάχιστον από τα όρια του χώρου κυκλοφορίας. Το ελεύθερο ύψος στη ζώνη των πεζοδρομίων έκτακτης ανάγκης είναι 2,50m.

Η τυπική διατομή Τ7.5 παρέχει τη δυνατότητα προσπέρασης ακινητοποιημένου οχήματος, καθώς διαθέτει συνολικό πλάτος οδοστρώματος 5,5m. Ομοίως, καθώς η ΕΜΗΚ σχεδιασμού ανέρχεται σε 200 οχήματα/24ωρο, στην παρούσα φάση δεν είναι υποχρεωτική η κατασκευή οδών διαφυγής και εξόδων κινδύνου, κατά τις διατάξεις του ΠΔ 230 ΦΕΚ 264 Α' 2007.



Εικόνα Ε.12. Τυπική διατομή χρήσης της σήραγγας Μελισσουργών – Θεοδωριάνων για διατομή T7.5 κατά τις Νορβηγικές Οδηγίες (Vegdirektoratet, 2020).

Η Ερευνητική Ομάδα εξέτασε ενδελεχώς το σενάριο υιοθέτησης αυτής της τυπικής διατομής για την κατασκευή της σήραγγας. Θεωρεί ότι η τυπική διατομή T7.5 καλύπτει άνετα τις απαιτήσεις του σημερινού κυκλοφοριακού φόρτου του οδικού δικτύου, όπως επίσης και την πιθανή αύξηση του. Επίσης, τόσο η διεθνής εμπειρία όσο και η ύπαρξη κατάλληλων συστημάτων ρύθμισης και προδιαγραφών καθιστά τη σήραγγα αυτή εξίσου ασφαλή, ενώ οι εκτιμώμενες καθυστερήσεις, εξαιτίας της εναλλαγής της κυκλοφορίας, αναμένεται να είναι της τάξης κάποιων λεπτών. Βασικό πλεονέκτημα της σήραγγας διατομής T7.5, όπως αποδεικνύεται στη συνέχεια, είναι η μείωση του κόστους κατά 25% περίπου. Σημειωτέον, η μείωση του κόστους δεν είναι σε αναλογία με τη μείωση της μέγιστης δυναμικότητας της ΕΜΗΚ που μπορεί να υποστηρίξει η πρότυπη διατομή, ούτε το γεγονός ότι από διπλό κλάδο μεταπίπτει σε μονό κλάδο, καθώς λόγω ζητημάτων ασφαλείας επιλέγεται αυξημένο μέγεθος διατομής που επιτρέπει την προσπέραση ακινητοποιημένου οχήματος. Εφόσον οι απαιτήσεις του κυκλοφοριακού φόρτου αυξηθούν σημαντικά, αυτές δύναται να καλυφθούν με την κατασκευή δεύτερου κλάδου σήραγγας αντίστοιχης διατομής, ή διατομής T5.5, σε παράλληλη διάταξη με την αρχική χάραξη. Στην περίπτωση αυτή, και για κυκλοφοριακό φόρτο μεγαλύτερο από ΕΜΗΚ 2000 οχ., οι απαιτούμενες έξοδοι κινδύνου θα διαμορφωθούν με εγκάρσιες διασυνδέσεις μεταξύ των δύο κλάδων.

Η Ερευνητική Ομάδα προχώρησε σε προκαταρκτικό σχεδιασμό της σήραγγας με διατομή T7.5 και προκαταρκτική εκτίμηση του κόστους κατασκευής. Ωστόσο, η συγκεκριμένη τυπική διατομή δεν περιλαμβάνεται στους Ελληνικούς κανονισμούς και οδηγίες σηράγγων. Ως εκ τούτου, η έγκρισή της από τις αρμόδιες υπηρεσίες μπορεί να αποβεί ιδιαίτερα χρονοβόρα ή και να μην γίνει τελικά αποδεκτή. Για τον λόγο αυτό, και με δεδομένο ότι η διαφορά κόστους είναι της τάξης του 20%-25%, ως βασικό σενάριο προτείνεται η επιλογή τυπικής διατομής 10.5T κατά ΟΜΟΕ-ΤΟΣ, με την επιλογή της (Νορβηγικής) διατομής T7.5 να θεωρείται ως εναλλακτικό σενάριο που απαιτεί περαιτέρω διερεύνηση από την Περιφέρεια, κυρίως ως προς τις δυνατότητες αποδοχής του από τις αρμόδιες υπηρεσίες.

Στοιχεία Σχεδιασμού Σήραγγας – Διατομή 10.5Τ

Όπως προαναφέρθηκε, η σήραγγα αναμένεται να διανοιχτεί εντός των ασβεστολιθικών σχηματισμών της Ζώνης Πίνδου που έχουν επωθηθεί επάνω στους σχηματισμούς της Ιόνιας Ζώνης. Οι σχηματισμοί εμφανίζονται από μέτρια έως έντονα κερματισμένοι και διαταραγμένοι.

Ο Πίνακας Ε.9 δίνει συνοπτικά τις γεωτεχνικές παραμέτρους σχεδιασμού που επιλέχθηκαν στην παρούσα φάση για κάθε κατηγορία βραχομάζας (ΤΕ) που εκτιμάται ότι θα συναντηθεί κατά την όρυξη του έργου. Για τον Γεωλογικό Δείκτη Αντοχής GSI και την αντοχή σε μονοαξονική θλίψη του άρρηκτου πετρώματος (σ_{ci}) λαμβάνονται ως τιμές σχεδιασμού οι μέσες τιμές του εύρους τιμών που προέκυψαν από την τεχνικογεωλογική ταξινόμηση της Α' Φάσης. Για το μέτρο ελαστικότητας E_i και το μοναδιαίο βάρος γ του άρρηκτου πετρώματος λήφθηκαν υπόψη τα αποτελέσματα των εργαστηριακών δοκιμών της Α' φάσης.

Πίνακας Ε.9. Γεωτεχνικές παράμετροι σχεδιασμού ανά κατηγορία βραχομάζας.

ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ	GSI	m_i	σ_{ci} (MPa)	E_i (GPa)	γ (kN/m ³)
B1	50	14	65	45	26,5
B2	40	14	55	40	26,5
B3	25	12	40	35	26,5

Το εύρος του αναμενόμενου κερματισμού της βραχομάζας σε συνδυασμό με το ύψος των υπερκειμένων κατά μήκος της χάραξης TA-4 δημιουργούν τους αναμενόμενους τύπους συμπεριφοράς της βραχομάζας και κατ' επέκταση τους εκάστοτε δυνητικούς μηχανισμούς αστοχίας. Συνοπτικά, διακρίνονται οι παρακάτω δυνητικοί μηχανισμοί αστοχίας:

- Δομικές αστοχίες (σφηνοειδείς ολισθήσεις ή πτώσεις τεμαχών) λόγω βαρύτητας, είτε αυτοτελώς είτε σε συνδυασμό με υπερεκκαφές και αστοχίες τύπου καμινάδας. Για την αντιμετώπισή τους προβλέπεται η εφαρμογή ενός πυκνού κανάβου αγκυρίων σε συνδυασμό με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, ενώ όταν δύναται να εμφανισθούν αστοχίες τύπου καμινάδας θα εφαρμόζονται δοκίδες προπορείας σε μικρές αξονικές αποστάσεις στο θόλο της εκσκαφής.
- Άμεση καταρροή της βραχομάζας στο εσωτερικό της σήραγγας. Για την αντιμετώπισή αυτού του μηχανισμού αστοχίας προβλέπεται η συστηματική εφαρμογή δοκίδων προπορείας από αυτοδιατρυόμενα αγκύρια στο θόλο της εκσκαφής, η προστασία του θόλου και των παρειών με την εφαρμογή πυκνού κανάβου αγκυρίων και η τοποθέτηση εκτοξευόμενου σκυροδέματος με εγκιβωτισμένα δικτυωτά πλαίσια.
- Μικρές έως μέτριες διατμητικές παραμορφώσεις, κατά θέσεις σε συνδυασμό με μικρές αστοχίες τύπου καμινάδας. Θα αντιμετωπισθούν με την εφαρμογή ενός πυκνού κανάβου αγκυρίων σε συνδυασμό με επένδυση από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα ικανού πάχους, ενώ όταν δύναται να εμφανισθούν αστοχίες τύπου καμινάδας θα εφαρμόζονται δοκίδες προπορείας σε μικρές αξονικές αποστάσεις στο θόλο της εκσκαφής.
- Σημαντικές παραμορφώσεις - Σύνθλιψη. Για τις περιπτώσεις αυτές προβλέπεται η εφαρμογή κατηγορίας υποστήριξης με κλειστό τελικό πυθμένα μορφής ανεστραμμένου τόξου, εφαρμογή της υποστήριξης συγχρόνως με την εκσκαφή και ολοκλήρωσή της σε απόσταση το πολύ 10 m από το μέτωπο της εκσκαφής. Το πάχος της επένδυσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος είναι 35

cm και εφαρμόζονται πλαίσια ολόσωμης διατομής μορφοχάλυβα. Κατά τη φάση οριστικής μελέτης θα πρέπει να εξεταστεί περαιτέρω εάν απαιτούνται πρόσθετα μέτρα προστασίας της ευστάθειας του μετώπου της εκσκαφής, η κατασκευή προσωρινού ανάστροφου πυθμένα από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, καθώς και εάν απαιτούνται βαριές δοκοί (σωλήνες) προπορείας.

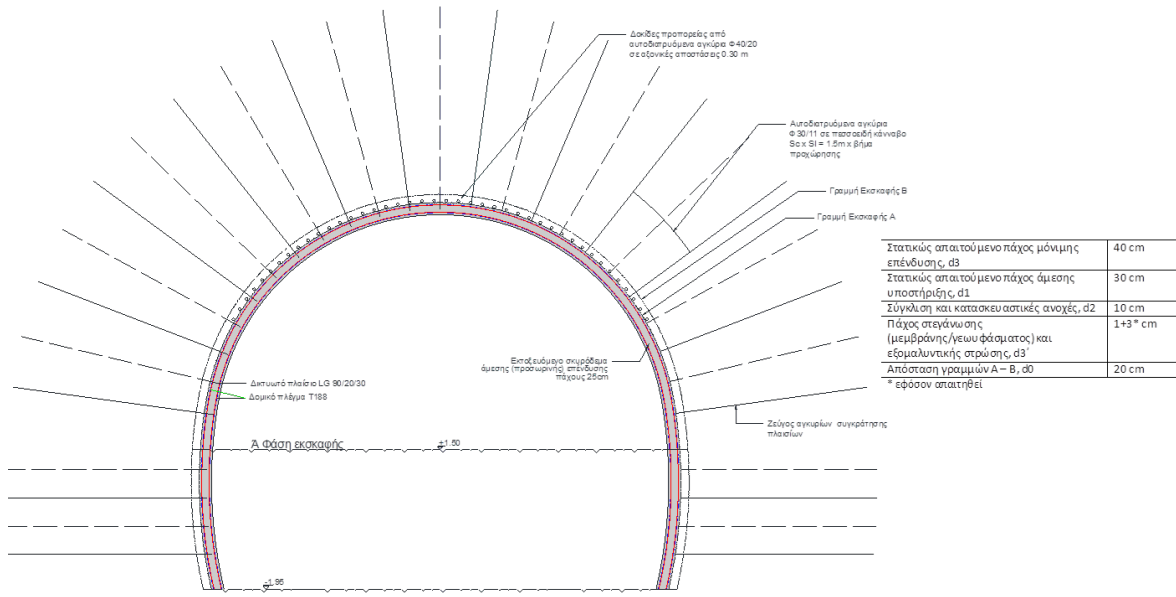
Για την αντιμετώπιση των παραπάνω δυνητικών μηχανισμών αστοχίας κατά τη διάνοιξη της σήραγγας, σχεδιάσθηκαν έξι (6) κατηγορίες υποστήριξης που παρουσιάζονται συνοπτικά στον Πίνακας Ε.10.

Πίνακας Ε.10. Παρουσίαση ενδεικτικών κατηγοριών προσωρινής υποστήριξης της σήραγγας.

Κατηγορία Υποστήριξης	Τύπος διατομής	Βήμα εκσκαφής (B)	Αγκύρια			Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα			Χαλύβδινα πλαίσια	Προείσχυση - προϋποστήριξη	Μέτρα ευστάθειας μετώπου
			Τύπος	Μήκος	Κάναβος	Πάχος	Οπλισμός	Κατηγορία αντοχής			
SC-I	Ανοικτή	2.0 - 2.5 m στην άνω ημηδιατομή, 4.0 - 5.0 m στη βαθμίδα	Τύπου Swell ex 200kN	4.0 m	1.5 m x 1.5 m	10cm (5cm ινοπλισμένο)	Χαλύβδινες ίνες 40kg/m ³ ή ένα (1) δομικό πλέγμα T188	C30/37	-		Εκτ. σκυρόδεμα πάχους 5 cm (όπου απαιτείται)
SC-II	Ανοικτή	1.5 - 2.0 m στην άνω ημηδιατομή, 3.0 - 4.0 m στη βαθμίδα	Ολόσωμης πάκτωσης, Φ25 από χάλυβα B500	4.0 m	1.5 m x 1.5 m	15cm (10 cm ινοπλισμένο)	Χαλύβδινες ίνες 40kg/m ³ ή ένα (1) δομικό πλέγμα T188	C30/37	Δικτυωτά πλαίσια τύπου LG 70/20/25 (H=115mm)	36 ράβδοι προπορείας Φ28, L=5.0m, σε αξονική απόσταση 35 cm, ανά 2 βήματα προχώρησης, όπου απαιτείται	Εκτ. σκυρόδεμα πάχους 5 cm ινοπλισμένο (όπου απαιτείται)
SC-IIIa	Ανοικτή	1.5 - 2.0 m στην άνω ημηδιατομή, 3.0 - 4.0 m στη βαθμίδα	Ολόσωμης πάκτωσης, Φ25 από χάλυβα B500	5.0 m	1.5 m x 1.5 m	25 cm (20 cm ινοπλισμένο)	Χαλύβδινες ίνες + 1 δομικό πλέγμα T188	C30/37	Δικτυωτά πλαίσια τύπου LG 95/20/30 (H=145 mm)	36 ράβδοι προπορείας Φ28, L=5.0m, σε αξονική απόσταση 35 cm, ανά 2 βήματα προχώρησης, όπου απαιτείται	Εκτ. σκυρόδεμα πάχους 5 cm (όπου απαιτείται)
SC-IIIb	Ανοικτή	1.0 - 1.5 m στην άνω ημηδιατομή, 2.0 - 3.0 m στη βαθμίδα	Αυτοδιατρυόμενα αγκύρια υποστήριξης σπράγγων Φ30/11 (φορτίο διαρροής 260 kN, φορτίο θραύσης 320 kN)	5.0 m	1.5 m x (B) m	25 cm (20 cm ινοπλισμένο)	Χαλύβδινες ίνες + 1 δομικό πλέγμα T188	C30/37	Δικτυωτά πλαίσια τύπου LG 95/20/30 (H=145 mm)	42 δοκίδες προπορείας self drilling Φ40/20 (5.8 kg/m), L=5.0 m, σε αξονική απόσταση 30 cm, ανά 2 βήματα προχώρησης, όπου απαιτείται	Εκτ. σκυρόδεμα πάχους 5-10 cm σε κεκλιμένο μέτωπο (όπου απαιτείται)
SC-IV	Ανοικτή	1.0 - 1.5 m στην άνω ημηδιατομή, 2.0 - 3.0 m στη βαθμίδα	Αυτοδιατρυόμενα αγκύρια υποστήριξης σπράγγων Φ30/11 (φορτίο διαρροής 260 kN, φορτίο θραύσης 320 kN)	5.0 m	1.5 m x (B) m	30 cm (5 cm ινοπλισμένο)	Διπλό δομικό πλέγμα T188	C30/37	Δικτυωτά πλαίσια τύπου LG 115/26/34 (H=175 mm)	42 δοκίδες προπορείας self drilling Φ40/20 (5.8 kg/m), L=5.0 m, σε αξονική απόσταση 30 cm, ανά 2 βήματα προχώρησης, όπου απαιτείται	Εκτ. σκυρόδεμα πάχους 5-10 cm σε κεκλιμένο μέτωπο (όπου απαιτείται)
SC-V	Κλειστή	1.0 m στην άνω ημηδιατομή, 2.0 m στη βαθμίδα	Αυτοδιατρυόμενα αγκύρια υποστήριξης σπράγγων Φ30/11 (φορτίο διαρροής 260 kN, φορτίο θραύσης 320 kN)	6.0 m	1.0 m x (B) m	35 cm (5 cm ινοπλισμένο)	Διπλό δομικό πλέγμα T188	C30/37	HEB 160 ανά βήμα εκσκαφής	42 δοκίδες προπορείας self drilling Φ40/20 (5.8 kg/m), L=6.0 m, σε αξονική απόσταση 30 cm, ανά 2 βήματα προχώρησης, όπου απαιτείται	Εκτ. σκυρόδεμα πάχους 10cm σε κεκλιμένο μέτωπο

Οι κατηγορίες υποστήριξης SC-I, II, IIIa έχουν ανοιχτό τελικό δάπεδο, είναι γενικά ελαφρύτερες και είναι σχεδιασμένες για εφαρμογή στις κατηγορίες βραχομάζας (TE) B1 και B2 στα διάφορα βάθη που αναμένεται να συναντηθούν. Οι κατηγορίες υποστήριξης SC-IIIb και SC-IV έχουν ανοιχτό τελικό δάπεδο και είναι σχεδιασμένες για εφαρμογή στην κατηγορία βραχομάζας (TE) B3 εκτός των περιοχών εμφάνισης έντονης σύνθλιψης, ενώ μπορούν να εφαρμοσθούν και στις άλλες δύο κατηγορίες βραχομάζας εφόσον απαιτηθεί. Τέλος, η κατηγορία υποστήριξης SC-V διαθέτει κλειστό τελικό δάπεδο επενδεδυμένο με σημαντικού πάχους εκτοξευόμενο σκυρόδεμα και σχεδιάσθηκε για εφαρμογή σε κατηγορία βραχομάζας (TE) B3 υπό συνθήκες σύνθλιψης. Στην Εικόνα Ε.13 παρουσιάζεται ενδεικτικά η κατηγορία υποστήριξης SC-IV.

Για τον έλεγχο της φόρτισης των κατηγοριών υποστήριξης εκτελέσθηκαν λεπτομερείς αριθμητικές αναλύσεις πεπερασμένων στοιχείων. Το αριθμητικό μοντέλο προσομοίωσης της διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης της σήραγγας δίνεται στην Εικόνα Ε.14. Για την ελαχιστοποίηση της επίδρασης των συνοριακών συνθηκών στα αριθμητικά αποτελέσματα, τα άνω και πλευρικά όρια και το κάτω όριο του μοντέλου τοποθετήθηκαν σε απόσταση 150 m (~15D) και 50 m (~5D) αντίστοιχα από τον άξονα της σήραγγας.



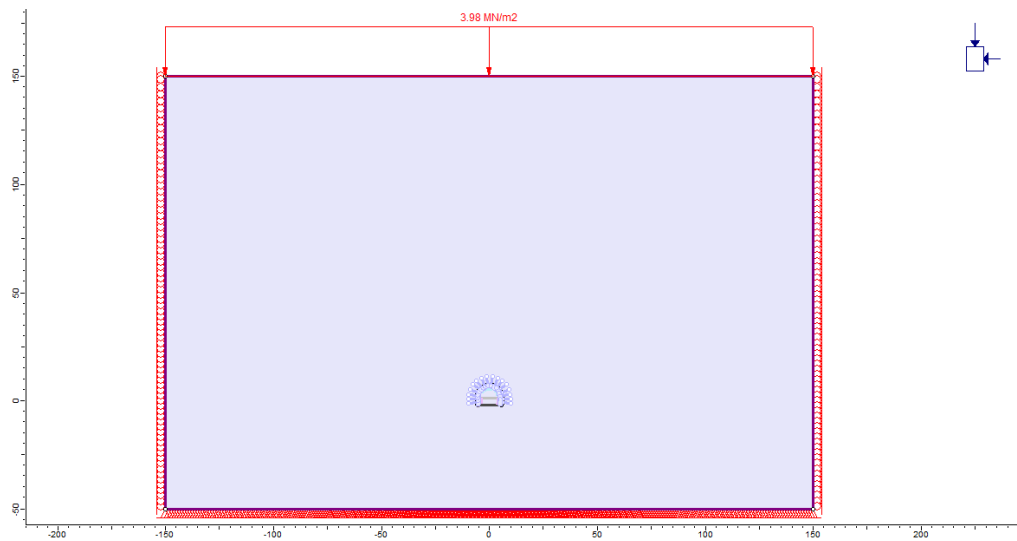
Στατικός απαιτούμενο πάχος μόνιμης επένδυσης, d3	40 cm
Στατικός απαιτούμενο πάχος άμεσης υποστήριξης, d1	30 cm
Σύγκλιση και κατασκευαστικές ανοχές, d2	10 cm
Πάχος στεγάνωσης (μεμβράνης/γέλυο φάσματος) και εξομαλυντικής στρώσης, d3'	1+3* cm
Απόσταση γραμμών Α – Β, d0	20 cm
* εφόσον απαιτηθεί	

Ενδεικτική κατασκευαστική ακολουθία

A. ΑΝΩ ΗΜΙΔΙΑΤΟΜΗ	Θήμα εκσκαφής 1.00 – 1.50m	B. ΚΑΤΩ ΗΜΙΔΙΑΤΟΜΗ (ΒΑΘΜΙΔΑ)	Θήμα εκσκαφής 2.00 – 3.00m
- Εκσκαφή με κεκλιμένο μέτωπο	X	- Εκσκαφή	Y
- Εφαρμογή 1ης στρώσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους 5 cm.	X	- Εφαρμογή 1ης στρώσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους 5 cm	Y
- Τοποθέτηση 5-10 cm υποπλεγμένο στο μέτωπο (όπου απαιτείται)	X	- Τοποθέτηση 1 ^{ης} δομικού πλέγματος T188	Y
- Τοποθέτηση 1 ^{ης} δομικού πλέγματος T188	X	- Τοποθέτηση δικτυωτού πλαισίου LG 115/26/34	Y
- Τοποθέτηση δικτυωτού πλαισίου LG 115/26/34	X	- Εφαρμογή 2ης στρώσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους 10 cm.	Y
- Εφαρμογή 2ης στρώσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους 10 cm	X	- Διάτρηση και τοποθέτηση εγκυρίων	Y-1
- Διάτρηση και τοποθέτηση δοκίδων προπορείας	X	- Εφαρμογή 3ης στρώσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους 10 cm.	Y-1
- Διάτρηση και τοποθέτηση εγκυρίων	X-1	- Τοποθέτηση δομικού πλέγματος T188	Y-2
- Διάτρηση και τοποθέτηση εγκυρίων συγκράτησης πλαισίων	X-1	- Εφαρμογή 4ης στρώσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους 5 cm.	Y-2
- Εφαρμογή 3ης στρώσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους 10 cm.	X-1		
- Τοποθέτηση 2 ^{ης} δομικού πλέγματος T188	X-2		
- Εφαρμογή 4ης στρώσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους 5 cm	X-2		

Εικόνα E.13. Λεπτομέρειες και χαρακτηριστικά κατηγορίας υποστήριξης SC-IV.

Το εντατικό πεδίο στο μοντέλο διαμορφώνεται υπό την επίδραση της βαρύτητας. Η κατακόρυφη τάση θεωρείται ως κύρια τάση και ίση με την πίεση των υπερκειμένων. Καθώς το άνω όριο του μοντέλου βρίσκεται σε ύψος 150 m από τον άξονα της σήραγγας, η κατακόρυφη τάση που προκαλείται στη στάθμη της ερυθράς ισούται με $0,0265 \times 150 = 3.975 \text{ MPa}$. Για την επίτευξη της πλήρους κατακόρυφης τάσης, λόγω του πραγματικού ύψους υπερκειμένων (μέγιστο ύψος 500 m), στην άνω επιφάνεια του μοντέλου εφαρμόζεται πρόσθετη πίεση ίση με $(H-150) \times 0,0265 \text{ MPa}$, δηλ. ίση με την κατακόρυφη τάση λόγω υπερκειμένων στη στάθμη του άνω ορίου του μοντέλου.

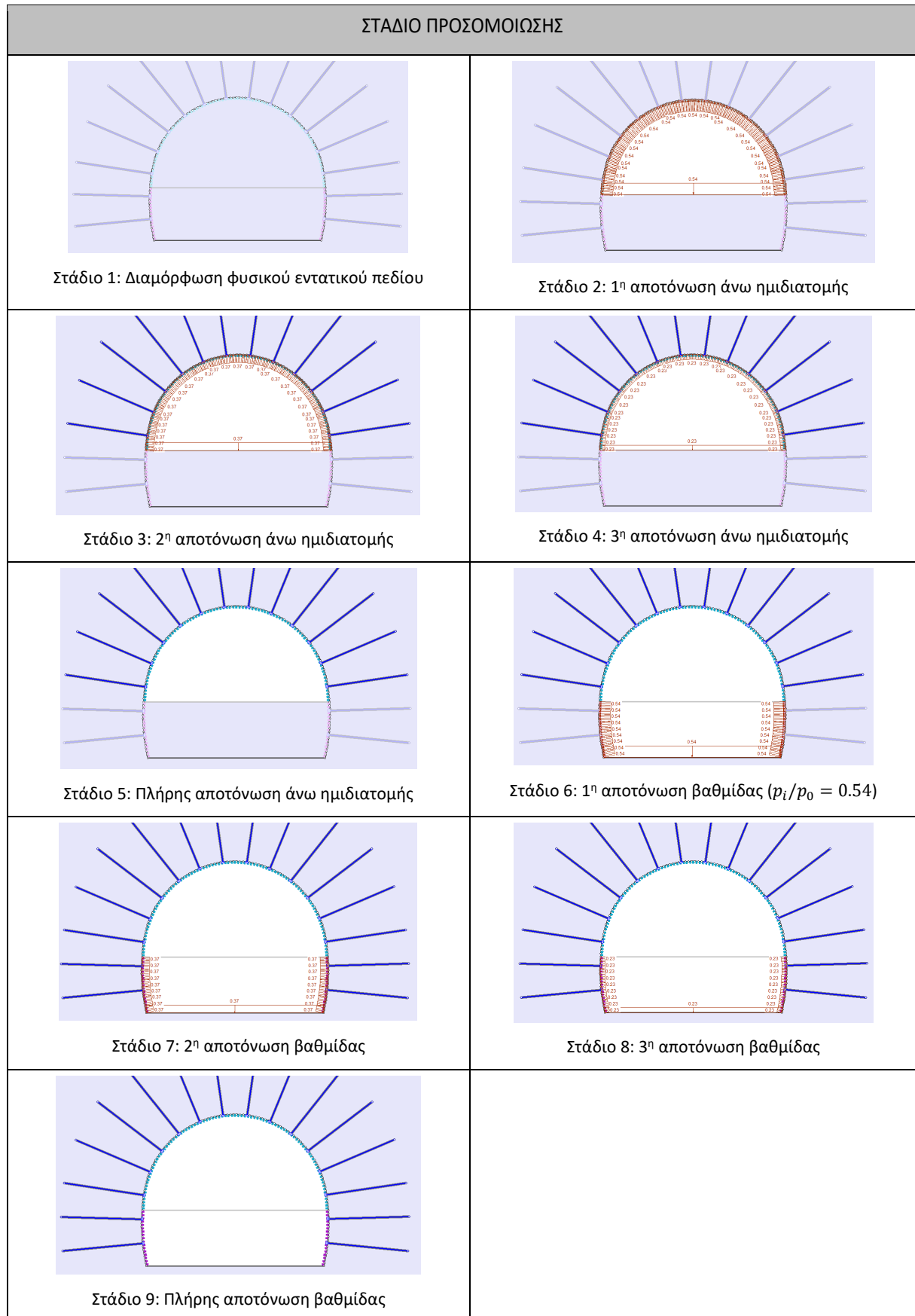


Εικόνα E.14. Αριθμητικό μοντέλο για την προσομοίωση της διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης της σήραγγας.

Για την δημιουργία του κανάβου πεπερασμένων στοιχείων του μοντέλου χρησιμοποιήθηκε η πραγματική γεωμετρία της σήραγγας, όπως προσδιορίστηκε με βάση τις παραδοχές γεωμετρικών διαστάσεων που δίνονται στην αντίστοιχη παράγραφο. Οι συνοριακές συνθήκες στα πλευρικά όρια του μοντέλου καθορίζονται ως δεσμεύσεις της ορθής μετατόπισης κάθετα προς το όριο (συνθήκες κύλισης). Στη βάση του μοντέλου δεσμεύονται τόσο η ορθή όσο και η διατμητική μετατόπιση (συνθήκες άρθρωσης των κόμβων). Το άνω όριο του μοντέλου είναι ελεύθερο δεσμεύσεων με εφαρμογή προκαθορισμένης πίεσης, όπως περιγράφεται παραπάνω.

Οι αριθμητικές αναλύσεις που εκτελέστηκαν ήταν πολλαπλών σταδίων ώστε να αντιπροσωπεύεται κατά το δυνατό η σταδιακή εκσκαφή και τοποθέτηση της προσωρινής υποστήριξης. Ενδεικτικά, η αριθμητική ανάλυση της κατηγορίας υποστήριξης SC-II σε βραχομάζα TE B2 σε βάθος 270m περιλαμβάνει τα ακόλουθα στάδια (Εικόνα Ε.15):

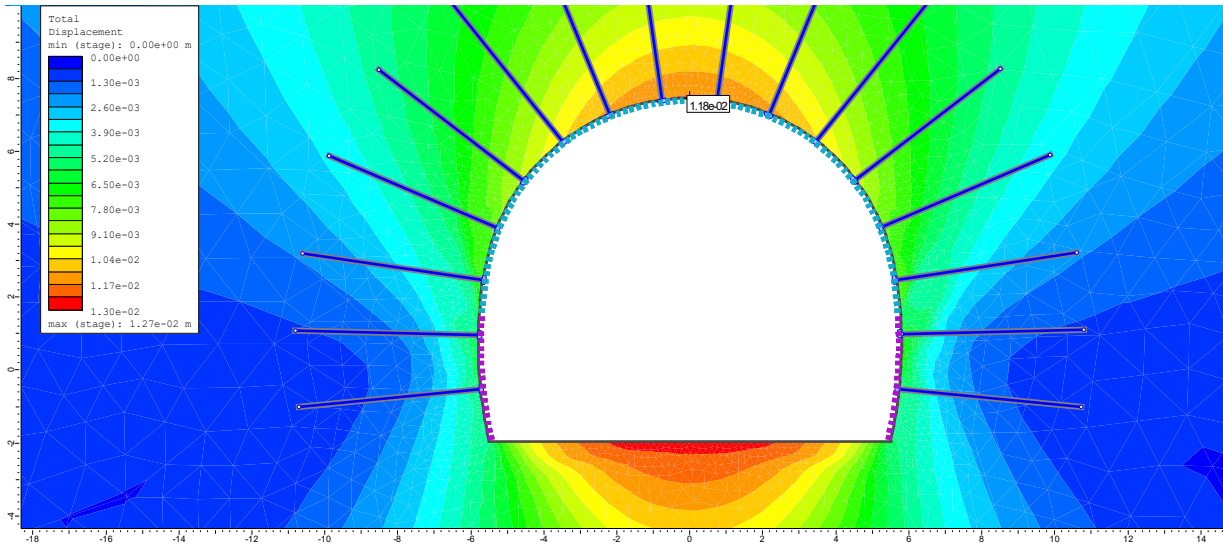
- Στάδιο 1: Αρχικό στάδιο. Το αριθμητικό μοντέλο φορτίζεται από το βάρος των υπερκειμένων και της προκαθορισμένης πίεσης στο άνω όριο του μοντέλου. Στο στάδιο αυτό διαμορφώνεται το φυσικό εντατικό πεδίο στο μοντέλο, πριν από την έναρξη της εκσκαφής, με συντελεστή οριζόντιων τάσεων $K=0.7$. Το υπολογιστικό μοντέλο αντιπροσωπεύει ένα πάχος υπερκειμένων $H=270m$.
- Στάδιο 2: 1^η αποτόνωση της άνω ημιδιατομής με συντελεστή μείωσης της εσωτερικής πίεσης $p_i/p_0 = 0.54$. Η μείωση αυτή αντιστοιχεί στην αποτόνωση σε απόσταση $B/2$ από το μέτωπο της εκσκαφής. Στο στάδιο αυτό δεν έχουν τοποθετηθεί ακόμη μέτρα υποστήριξης.
- Στάδιο 3: 2^η αποτόνωση της άνω ημιδιατομής με συντελεστή μείωσης της εσωτερικής πίεσης $p_i/p_0 = 0.37$. Η μείωση αυτή αντιστοιχεί στην αποτόνωση σε απόσταση $B+B/2$ από το μέτωπο της εκσκαφής. Στο στάδιο αυτό ενεργοποιούνται τα αγκύρια, το δικτυωτό πλαίσιο και τα $2/3$ του συνολικού πάχους του εκτοξευόμενου σκυροδέματος (10 cm) με μειωμένες μηχανικές ιδιότητες (33% του τελικού μέτρου ελαστικότητας του σκυροδέματος).
- Στάδιο 4: 3^η αποτόνωση της άνω ημιδιατομής με συντελεστή μείωσης της εσωτερικής πίεσης $p_i/p_0 = 0.23$. Η μείωση αυτή αντιστοιχεί στην αποτόνωση σε απόσταση $2*B+B/2$ από το μέτωπο της εκσκαφής. Στο στάδιο αυτό ενεργοποιείται το συνολικό πάχος του εκτοξευόμενου σκυροδέματος (15 cm) με αύξηση του μέτρου ελαστικότητας στο 66% του τελικού.
- Στάδιο 5: Πλήρης αποτόνωση της άνω ημιδιατομής ($p_i/p_0 = 0$). Στο στάδιο αυτό ενεργοποιείται το συνολικό πάχος του εκτοξευόμενου σκυροδέματος (15 cm) με πλήρεις ιδιότητες.
- Στάδιο 6: 1^η αποτόνωση της βαθμίδας με συντελεστή μείωσης της εσωτερικής πίεσης $p_i/p_0 = 0.54$. Στο στάδιο αυτό δεν έχουν τοποθετηθεί ακόμη μέτρα υποστήριξης της βαθμίδας.
- Στάδιο 7: 2^η αποτόνωση της βαθμίδας με συντελεστή μείωσης της εσωτερικής πίεσης $p_i/p_0 = 0.37$. Στο στάδιο αυτό ενεργοποιούνται τα αγκύρια και το δικτυωτό πλαίσιο της βαθμίδας, και τα $2/3$ του συνολικού πάχους του εκτοξευόμενου σκυροδέματος (10 cm) με 33% του τελικού μέτρου ελαστικότητας.
- Στάδιο 8: 3^η αποτόνωση της βαθμίδας με συντελεστή μείωσης της εσωτερικής πίεσης $p_i/p_0 = 0.23$. Στο στάδιο αυτό ενεργοποιείται το 100% του συνολικού πάχους του εκτοξευόμενου σκυροδέματος της βαθμίδας (15 cm) με αύξηση του μέτρου ελαστικότητας στο 66% τελικού.
- Στάδιο 9: Πλήρης αποτόνωση της βαθμίδας ($p_i/p_0 = 0$). Στο στάδιο αυτό ενεργοποιείται το συνολικό πάχος του εκτοξευόμενου σκυροδέματος της βαθμίδας με πλήρεις ιδιότητες.



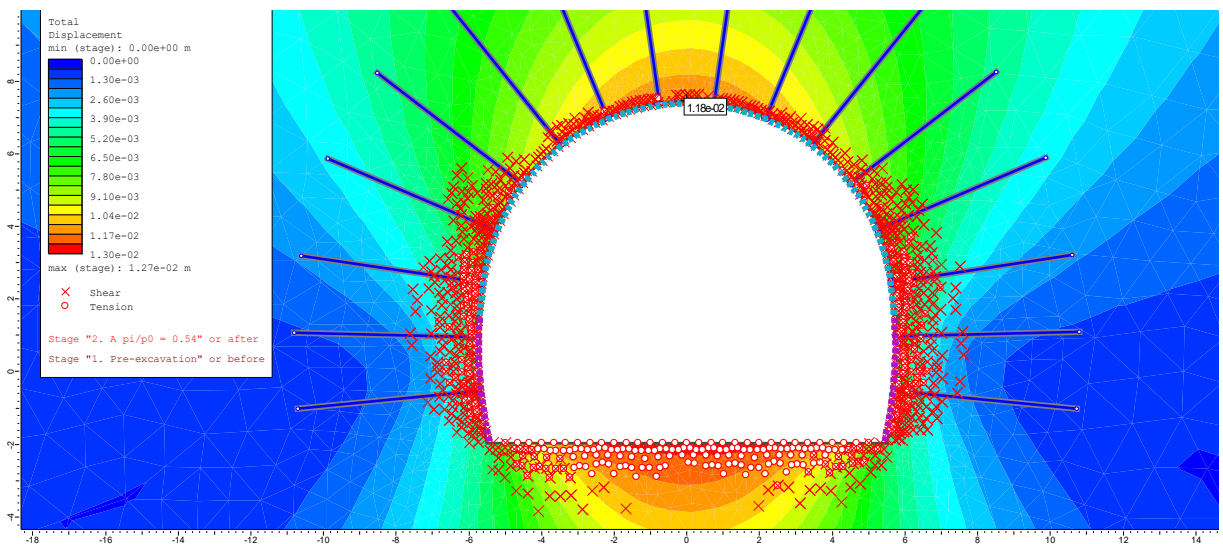
Εικόνα Ε.15. Στάδια προσομοίωσης αριθμητικού μοντέλου.

Στην Εικόνα E.16 φαίνονται οι ολικές μετατοπίσεις στην περιφέρεια της εκσκαφής στο τελικό στάδιο της προσομοίωσης (Στάδιο 9). Η μέγιστη μετατόπιση στη στέψη προκύπτει ίση με 1.18cm, από την οποία έχει αφαιρεθεί η μετατόπιση του Σταδίου 1 (αρχική ισορροπία μοντέλου), ενώ συμπεριλαμβάνεται και η μετατόπιση κατά το στάδιο της 1^{ης} αποτόνωσης (Στάδιο 2).

Επιπλέον, όπως παρατηρείται από την εικόνα της διαρροής των στοιχείων της βραχομάζας στο τελικό στάδιο του μοντέλου (Εικόνα E.17), αναπτύσσεται μία περιορισμένη έκτασης πλαστική ζώνη γύρω από την εκσκαφή. Όλα τα τοποθετημένα αγκύρια εκτείνονται πέραν την πλαστικής ζώνης.



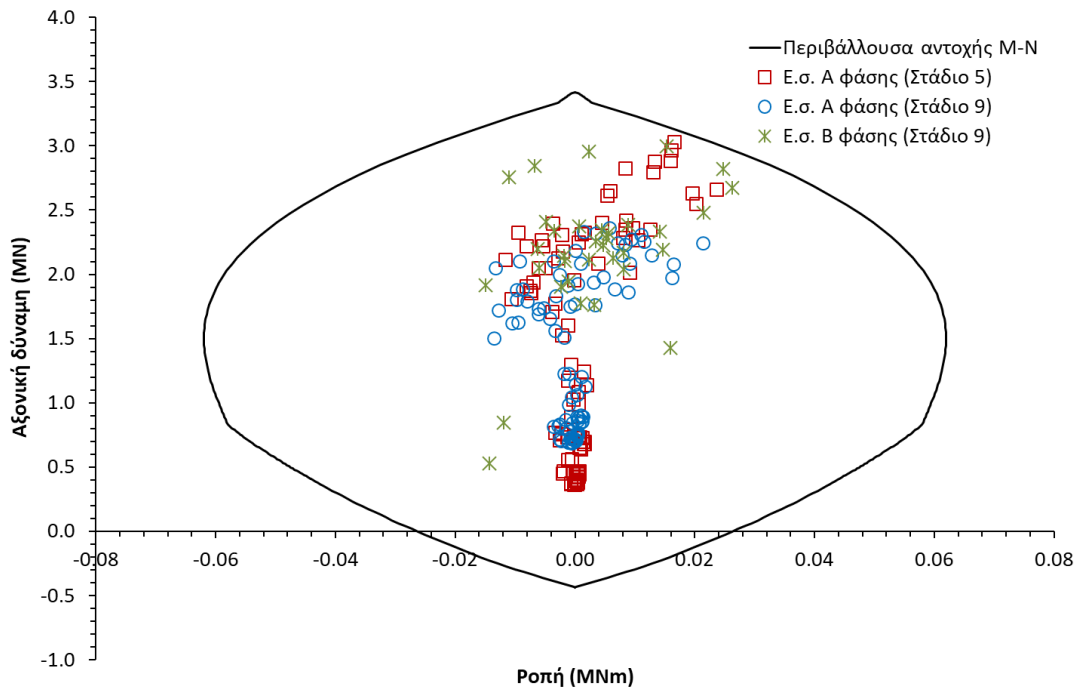
Εικόνα E.16. Ολικές μετατοπίσεις στην περιφέρεια της εκσκαφής στο τελικό στάδιο της προσομοίωσης.



Εικόνα E.17. Διαρροή των στοιχείων της βραχομάζας πέριξ της υπόγειας εκσκαφής στο τελικό στάδιο της προσομοίωσης.

Ο έλεγχος της επάρκειας του εκτοξευόμενου σκυροδέματος εξετάζεται για τα στάδια εκσκαφής της άνω ημιδιατομής (Στάδιο 5) και της βαθμίδας (Στάδιο 9) στο διάγραμμα αλληλεπίδρασης M-N στην Εικόνα E.18. Η περιβάλλουσα αντοχής κατασκευάζεται σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 2 με επί μέρους συντελεστή ασφαλείας για το σκυρόδεμα $\gamma_c=1.5$ και συντελεστή μακροχρόνιων δράσεων $\alpha_{cc}=1.0$ (καθώς πρόκειται για προσωρινή επένδυση). Παρατηρείται ότι όλα τα στοιχεία του εκτοξευόμενου σκυροδέματος της άνω ημιδιατομής και της βαθμίδας βρίσκονται εντός της περιβάλλουσας αντοχής

M-N του διαγράμματος αλληλεπίδρασης. Συνεπώς, η επένδυση της προσωρινής υποστήριξης της σήραγγας θεωρείται επαρκής.



Εικόνα Ε.18. Διάγραμμα αλληλεπίδρασης M-N για την ανάλυση της κατηγορίας υποστήριξης SC-II σε βραχομάζα TE B2 σε βάθος 270m.

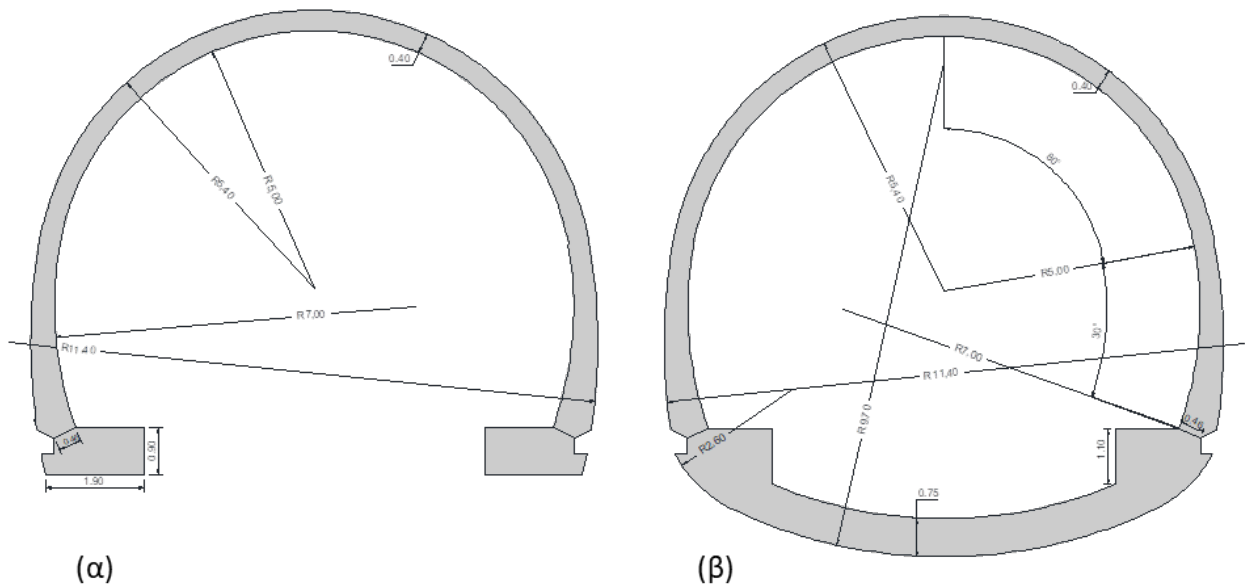
Με βάση τα αποτελέσματα αριθμητικών αναλύσεων για τον έλεγχο των προτεινόμενων κατηγοριών υποστήριξης, καταρτίσθηκε ο Πίνακας Ε.11 ο οποίος δίνει τα όρια εφαρμογής κάθε κατηγορίας υποστήριξης συναρτήσει της κατηγορίας βραχομάζας, σε συνδυασμό με το ύψος των υπερκειμένων. Τα δεδομένα αυτά χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των μηκών εφαρμογής των κατηγοριών προσωρινής υποστήριξης κατά μήκος της σήραγγας.

Πίνακας Ε.11. Εφαρμογή κατηγοριών άμεσης υποστήριξης ανά κατηγορία βραχομάζας και ύψος υπερκειμένων.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ	ΥΨΟΣ ΥΠΕΡΚΕΙΜΕΝΩΝ (m)	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ
B1 GSI=45-55	0 – 300	SC-I
	300 – 400	SC-II
	400 – 500	SC-IIIa
B2 GSI=35-45	0 – 270	SC-II
	270 – 380	SC-IIIa
	380 – 500	SC-IV
B3 GSI=22-27	0 – 300	SC-IIIb
	300 – 380	SC-IV
	380 – 500	SC-V

Η τελική επένδυση της σήραγγας προτείνεται να κατασκευαστεί από οπλισμένο σκυρόδεμα C30/37 με χρήση μεταλλότυπου προς τις ορατές επιφάνειες. Η γεωμετρία της τελικής επένδυσης της σήραγγας έχει προκύψει με βάση τη γεωμετρία της διατομής χρήσης για τυπική διατομή 10.5Τ.

Σχεδιάσθηκαν δύο τύποι τελικής επένδυσης (Εικόνα Ε.19), η εφαρμογή των οποίων εξαρτάται από τις γεωτεχνικές συνθήκες που θα συναντηθούν κατά τη διάνοιξη της σήραγγας και την εκάστοτε κατηγορία προσωρινής υποστήριξης.



Εικόνα Ε.19. Τύποι διατομής τελικής επένδυσης της σήραγγας: (α) τύπος Ι - ανοικτή διατομή, (β) τύπος ΙΙ - κλειστή διατομή με πυθμένα μορφής ανάστροφου τόξου.

Ο τύπος διατομής Ι (Εικόνα Ε.19.α) σχεδιάζεται ως ανοικτή διατομή με πάχος τελικής επένδυσης στο θόλο 0,40m. Ο τύπος Ι προτείνεται να εφαρμοσθεί στις περιπτώσεις εφαρμογής κατηγορίας προσωρινής υποστήριξης SC-I, SC-II, SC-IIIa, SC-IIIb, και SC-IV. Ο τύπος διατομής ΙΙ (Εικόνα Ε.19.β) σχεδιάζεται ως κλειστή διατομή με πάχος τελικής επένδυσης στο θόλο 0,40m και κλειστό ανάστροφο πυθμένα με πάχος 0.75m. Ο τύπος ΙΙ προτείνεται να εφαρμοσθεί σε κατηγορία βραχομάζας Β3 σε υπερκείμενα μεγαλύτερα από 380m, ή εναλλακτικά όπου χρειαστεί να εφαρμοσθεί η κατηγορία υποστήριξης SC-V.

Με βάση τα διαθέσιμα γεωλογικά και γεωτεχνικά στοιχεία κατά μήκος της εναλλακτικής χάραξης ΤΑ-4, στον παρακάτω Πίνακας Ε.12 δίνεται η προβλεπόμενη εφαρμογή των τύπων διατομής Ι και ΙΙ για την τελική επένδυση της σήραγγας.

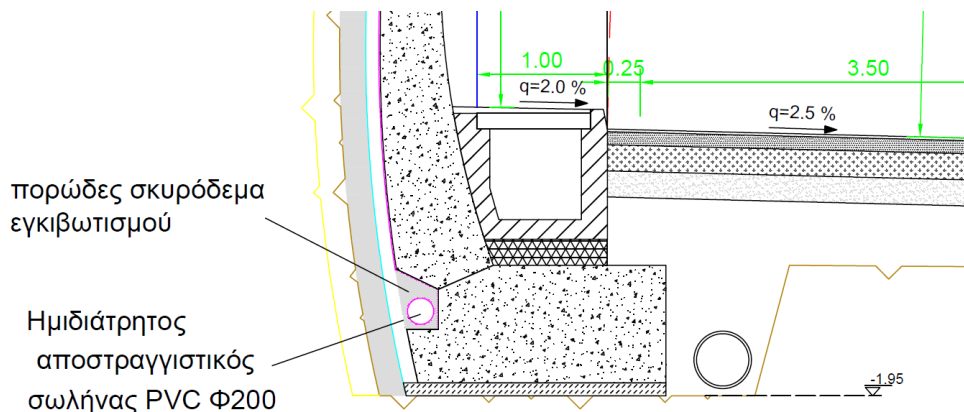
Πίνακας Ε.12. Εκτιμώμενη εφαρμογή τύπων τελικής επένδυσης κατά μήκος της σήραγγας.

Χ.Θ.		ΜΗΚΟΣ (m)	ΤΥΠΟΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ
Από	Έως		
0+000,0	0+473,3	473,3	I
0+473,3	0+552,2	78,9	II
0+552,2	0+751,4	199,2	I
0+751,4	0+872,4	121,0	II
0+872,4	0+964,9	92,5	I
0+964,9	1+071,6	106,7	II
1+071,6	1+505,9	434,3	I

Συνολικά, εκτιμάται ότι ο τύπος διατομής I θα εφαρμοσθεί για μήκος 1.199,4 m, ενώ ο τύπος διατομής II για μήκος 306,5 m (σε σύνολο μήκους 1.505,9 m). Σημειώνεται ότι, πέραν των τύπων τελικής επένδυσης I και II, κατά την οριστική μελέτη του έργου, θα απαιτηθεί ο σχεδιασμός των τύπων επένδυσης στις θέσεις εσοχών Ερμαρίων Ανάγκης Σήραγγας (ΕΑΣ), Φρεατίων Ελέγχου Αποστράγγισης (ΦΕΑ), καθώς και των εσοχών έκτακτης στάθμευσης.

Για το σύστημα αποχέτευσης της σήραγγας προτείνεται η εφαρμογή ρείθρου τύπου σχισμής. Το ρείθρο θα εκτονώνεται μέσω φρεατίων σιφωνισμού σε αγωγό αποχέτευσης διαμέτρου Φ400mm, ο οποίος θα καταλήγει σε δεξαμενή συγκράτησης ρύπων.

Για την υδρομάστευση της περιβάλλουσας βραχομάζας θα τοποθετηθεί ειδικό γεωσυνθετικό, ενδεικτικά τύπου μη-υφαντού βελονοδιάτρητου γεωυφάσματος από πολυπροπυλένιο, έτσι ώστε να καλύπτει την επιφάνεια της προσωρινής επένδυσης από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα μετά την τοποθέτηση της εξομαλυντικής στρώσης (όπου αυτή απαιτείται). Για την υδατοστεγάνωση της σήραγγας θα χρησιμοποιηθεί στεγανωτική μεμβράνη ενδεικτικού πάχους 2mm που εφαρμόζεται προς την πλευρά του εξωράχιου της τελικής επένδυσης. Τα ύδατα της περιβάλλουσας βραχομάζας κυκλοφορούν μεταξύ του γεωσυνθετικού και της στεγανωτικής μεμβράνης και συγκεντρώνονται σε ημι-διάτρητο σωλήνα Φ200, που τοποθετείται σε ειδικά διαμορφωμένη εσοχή στην εξωτερική παρειά της θεμελίωσης και εγκιβωτίζεται σε πορώδες σκυρόδεμα (Εικόνα Ε.20). Οι αποστραγγιστικοί σωλήνες θα εκτονώνονται ανά διαστήματα σε συλλεκτήριο αγωγό αποστράγγισης διαμέτρου Φ400 (ενδεικτικά).



Εικόνα Ε.20. Ειδικά διαμορφωμένη εσοχή τοποθέτησης ημιδιάτρητου σωλήνα αποστράγγισης.

Στοιχεία Σχεδιασμού Σήραγγας – Διατομή T7.5

Για τη σήραγγα διατομής T7.5 σχεδιάστηκαν οι κατηγορίες προσωρινής υποστήριξης που παρουσιάζονται συνοπτικά στον Πίνακα Ε.13. Οι κατηγορίες υποστήριξης SC-I, II, IIIa έχουν ανοιχτό τελικό δάπεδο και είναι σχεδιασμένες για εφαρμογή στις κατηγορίες βραχομάζας (TE) B1 και B2 στα διάφορα βάθη που αναμένεται να συναντηθούν. Η κατηγορία υποστήριξης SC-IIIb έχει ανοιχτό τελικό δάπεδο και είναι σχεδιασμένη για εφαρμογή στην κατηγορία βραχομάζας (TE) B3 εκτός των περιοχών εμφάνισης έντονης σύνθλιψης. Τέλος, η κατηγορία υποστήριξης SC-IV διαθέτει κλειστό τελικό δάπεδο επενδεδυμένο με σημαντικού πάχους εκτοξευόμενο σκυρόδεμα και σχεδιάστηκε για εφαρμογή σε κατηγορία βραχομάζας (TE) B3 σε υψηλά υπερκείμενα ή γενικά υπό συνθήκες σύνθλιψης.

Με βάση τα αποτελέσματα αριθμητικών αναλύσεων για τον έλεγχο των προτεινόμενων κατηγοριών υποστήριξης, καταρτίσθηκε ο Πίνακας Ε.14 ο οποίος δίνει τα όρια εφαρμογής κάθε κατηγορίας υποστήριξης συναρτήσει της κατηγορίας βραχομάζας, σε συνδυασμό με το ύψος των υπερκειμένων. Τα δεδομένα αυτά χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των μηκών εφαρμογής των κατηγοριών προσωρινής υποστήριξης κατά μήκος της σήραγγας.

Η τελική επένδυση της σήραγγας προβλέπεται να αποτελείται από οπλισμένο σκυρόδεμα. Η γεωμετρία της τελικής επένδυσης της σήραγγας έχει προκύψει με βάση τη γεωμετρία της διατομής χρήσης για εφαρμογή της τυπικής διατομής Τ7.5 των Νορβηγικών διατομών. Σχεδιάσθηκαν δύο τύποι τελικής επένδυσης, η εφαρμογή των οποίων εξαρτάται από τις γεωτεχνικές συνθήκες που θα συναντηθούν κατά τη διάνοιξη της σήραγγας και την εκάστοτε κατηγορία προσωρινής υποστήριξης.

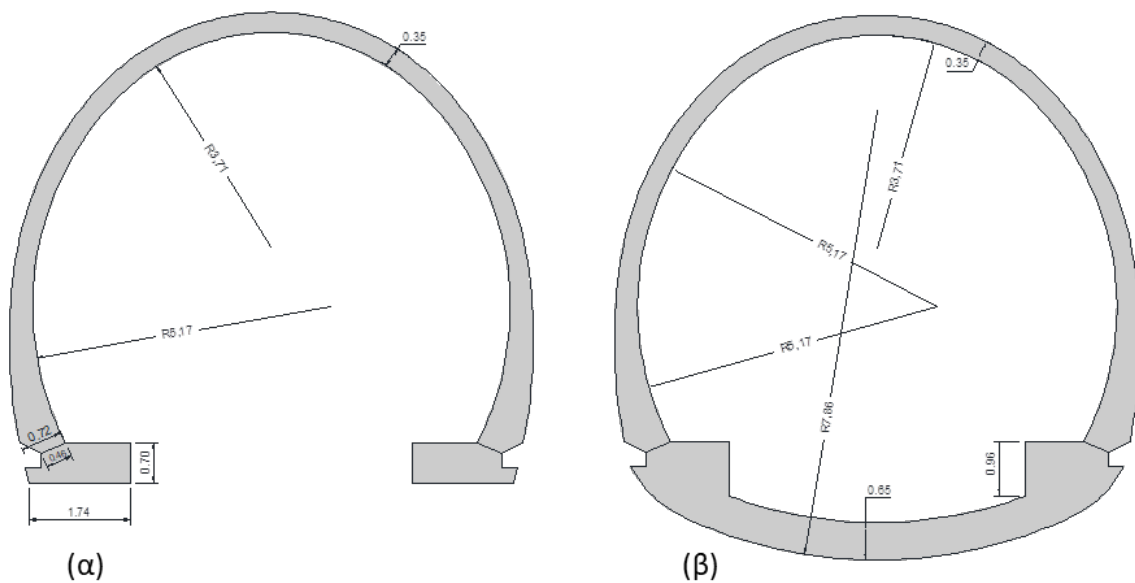
Πίνακας Ε.13. Ενδεικτικές κατηγορίες προσωρινής υποστήριξης της σήραγγας για διατομή Τ7.5.

Κατηγορία Υποστήριξης	Τύπος διατομής	Βήμα εκσκαφής (Β)	Αγκύρια			Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα			Χαλύβδινα πλαίσια	Προείσχυση - προϋποστήριξη	Μέτρα ευστάθειας μετόπου
			Τύπος	Μήκος	Κάναβο ς	Πάχος	Οπλισμός	Κατηγορία αντοχής			
SC-I	Ανοικτή	2.0 - 2.5 m στην άνω ημηδιατομή, 4.0 - 5.0 m στη βαθμίδα	Τύπου Swellex 200kN	4.0 m	1.5 m x 1.5 m	10cm (5cm ινοπλισμένο)	Χαλύβδινες ίνες 40kg/m ³ ή ένα (1) δομικό πλέγμα Τ188	C30/37	-	Εκτ. σκυρόδεμα πάχους 5 cm (όπου απαιτείται)	
SC-II	Ανοικτή	1.5 - 2.0 m στην άνω ημηδιατομή, 3.0 - 4.0 m στη βαθμίδα	Ολόσωμης πάκτωσης, Φ25 από χάλυβα Β500	4.0 m	1.5 m x 1.5 m	15cm (10 cm ινοπλισμένο)	Χαλύβδινες ίνες 40kg/m ³ ή ένα (1) δομικό πλέγμα Τ188	C30/37	Δικτυωτά πλαίσια τύπου LG 70/20/25 (H=115mm)	36 ράβδοι προπορείας Φ28, L=5.0m, σε αξονική απόσταση 35 cm, ανά 2 βήματα προχώρησης, όπου απαιτείται	Εκτ. σκυρόδεμα πάχους 5 cm ινοπλισμένο (όπου απαιτείται)
SC-IIIa	Ανοικτή	1.5 - 2.0 m στην άνω ημηδιατομή, 3.0 - 4.0 m στη βαθμίδα	Ολόσωμης πάκτωσης, Φ25 από χάλυβα Β500	5.0 m	1.5 m x 1.5 m	25 cm (20 cm ινοπλισμένο)	Χαλύβδινες ίνες + 1 δομικό πλέγμα Τ188	C30/37	Δικτυωτά πλαίσια τύπου LG 95/20/30 (H=145 mm)	36 ράβδοι προπορείας Φ28, L=5.0m, σε αξονική απόσταση 35 cm, ανά 2 βήματα προχώρησης, όπου απαιτείται	Εκτ. σκυρόδεμα πάχους 5 cm (όπου απαιτείται)
SC-IIIb	Ανοικτή	1.0 - 1.5 m στην άνω ημηδιατομή, 2.0 - 3.0 m στη βαθμίδα	Αυτοδιατρύμενα αγκύρια υποστήριξης σπράγγων Φ30/11 (φορτίο διαρροής 260 kN, φορτίο θραύσης 320 kN)	5.0 m	1.5 m x B m	25 cm (20 cm ινοπλισμένο)	Χαλύβδινες ίνες + 1 δομικό πλέγμα Τ188	C30/37	Δικτυωτά πλαίσια τύπου LG 95/20/30 (H=145 mm)	42 δοκίδες προπορείας self drilling Φ40/20 (5.8 kg/m), L=5.0 m, σε αξονική απόσταση 30 cm, ανά 2 βήματα προχώρησης, όπου απαιτείται	Εκτ. σκυρόδεμα πάχους 5-10 cm σε κεκλιμένο μέτωπο (όπου απαιτείται)
SC-IV	Κλειστή	1.0 m στην άνω ημηδιατομή, 2.0 m στη βαθμίδα	Αυτοδιατρύμενα αγκύρια υποστήριξης σπράγγων Φ30/11 (φορτίο διαρροής 260 kN, φορτίο θραύσης 320 kN)	5.0 m	1.0 m x B	30 cm (5 cm ινοπλισμένο)	Διπλό δομικό πλέγμα Τ188	C30/37	HEB 160 ανά βήμα εκσκαφής	42 δοκίδες προπορείας self drilling Φ40/20 (5.8 kg/m), L=6.0 m, σε αξονική απόσταση 30 cm, ανά 2 βήματα προχώρησης, όπου απαιτείται	Εκτ. σκυρόδεμα πάχους 10cm σε κεκλιμένο μέτωπο

Ο τύπος διατομής I (Εικόνα Ε.21.α) σχεδιάζεται ως ανοικτή διατομή με πάχος τελικής επένδυσης στο θόλο 0.35m. Ο τύπος I προτείνεται να εφαρμοσθεί στις περιπτώσεις εφαρμογής κατηγορίας προσωρινής υποστήριξης SC-I, SC-II, SC-IIIa, SC-IIIb. Το εκτιμώμενο μήκος εφαρμογής του τύπου διατομής I είναι 1200m περίπου. Ο τύπος διατομής II (Εικόνα Ε.21.β) σχεδιάζεται ως κλειστή διατομή με πάχος τελικής επένδυσης στο θόλο 0.35m και κλειστό ανάστροφο πυθμένα με πάχος 0.65m. Ο τύπος II προτείνεται να εφαρμοσθεί σε κατηγορία βραχομάζας Β3 σε υπερκείμενα μεγαλύτερα από 380m, ή εναλλακτικά όπου χρειαστεί να εφαρμοσθεί η κατηγορία υποστήριξης SC-IV. Το εκτιμώμενο μήκος εφαρμογής του τύπου διατομής II είναι 300m περίπου.

Πίνακας Ε.14. Εφαρμογή ενδεικτικών κατηγοριών άμεσης υποστήριξης ανά κατηγορία βραχώμαζας και ύψος υπερκειμένων.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ	ΥΨΟΣ ΥΠΕΡΚΕΙΜΕΝΩΝ (m)	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ
B1 GSI=45-55	0 – 350	SC-I
	350 – 500	SC-II
B2 GSI=35-45	0 – 320	SC-II
	320 – 500	SC-IIIa
B3 GSI=22-27	0 – 400	SC-IIIb
	400 – 500	SC-IV



Εικόνα Ε.21. Τύποι διατομής τελικής επένδυσης της σήραγγας για διατομή T7.5: (α) τύπος I - ανοικτή διατομή, (β) τύπος II - κλειστή διατομή με πυθμένα μορφής ανάστροφου τόξου.

Προκαταρκτική Εκτίμηση Απαιτήσεων Αερισμού – άλλων έργων Η/Μ

Για τον σχεδιασμό του συστήματος αερισμού μιας σήραγγας λαμβάνονται υπόψιν δύο βασικά σενάρια. Το πρώτο αναφέρεται στην περίπτωση κανονικής λειτουργίας της σήραγγας και το δεύτερο σε ένα σενάριο λειτουργίας σε περίπτωση πυρκαγιάς. Για σήραγγες με μικρό κυκλοφοριακό φόρτο, π.χ. αυτές που βρίσκονται στην ύπαιθρο όπως στην προκειμένη περίπτωση, μεγαλύτερη βαρύτητα στον σχεδιασμό δίνεται στο σενάριο της πυρκαγιάς, καθώς πρόκειται και για την δυσμενέστερη περίπτωση σε ό,τι αφορά τις εναλλαγές του φρέσκου αέρα εντός της σήραγγας.

Η εκτίμηση του αερισμού γίνεται για το βασικό σενάριο (διατομή 10.5T) που αφορά σε αμφίδρομη κυκλοφορία. Για την περίπτωση της σήραγγας με διατομή T7.5, η φιλοσοφία σχεδιασμού παραμένει η ίδια με την εφαρμογή αναγκαίων προσαρμογών λόγω της αλλαγής του μεγέθους της διατομής όσο και στον τρόπο υλοποίησης της κυκλοφορίας μέσα από αυτή.

Σύμφωνα με τις απαιτήσεις του ΠΔ 230 ΦΕΚ 264 Α΄ 2007, στην περίπτωση της εξεταζόμενης σήραγγας, δεν απαιτείται η εγκατάσταση συστήματος αερισμού μέχρις ότου η ΕΜΗΚ να ξεπερνά τα 2.000 οχ. Έτσι, σε χαμηλές κυκλοφοριακές πυκνότητες και συνήθεις ταχύτητες κίνησης, ο αερισμός

πραγματοποιείται μέσα από την κίνηση των αυτοκινήτων στη σήραγγα (piston effect), ενώ επιπρόσθετα οι ρυπαντές που χρειάζονται αραίωση δεν είναι υψηλής συγκέντρωσης, ώστε να απαιτείται η χρήση συστήματος μηχανικού αερισμού. Σε κάθε περίπτωση όμως, γίνεται ο σχεδιασμός του συστήματος αερισμού ώστε να μπορεί να καλύπτει τόσο ζητήματα συνήθους λειτουργίας όσο και περιπτώσεις έκτακτων καταστάσεων και ιδιαίτερα πυρκαγιάς. Είναι προφανές ότι η ενεργοποίηση των ανεμιστήρων γίνεται σε περιπτώσεις που υπάρξει υπέρβαση των ορίων των συγκεντρώσεων των ρυπαντών. Για το σενάριο αξιολόγησης που πραγματοποιήθηκε λαμβάνεται μια περίπτωση κυκλοφοριακού φόρτου 1.000 οχ. ανά κατεύθυνση (80% ΙΧ επιβατικά, 20% βαρέα οχήματα), και ωριαίο φορτίο αιχμής τα 150 οχ/h ανά κατεύθυνση, τα οποία υπερκαλύπτουν την υφιστάμενη κατάσταση. Επιλέγεται σύστημα διαμήκους αερισμού και η ανάλυση γίνεται σύμφωνα με τις οδηγίες αερισμού στις οδικές σήραγγες που δίνονται από την Διεθνή Επιτροπή Οδοποιίας (PIARC, 2019).

Για την περίπτωση κανονικής λειτουργίας λαμβάνονται τα σενάρια κίνησης των οχημάτων με ταχύτητες 0 km/h και 60 km/h, οι οποίες πρακτικά αντιπροσωπεύουν την πλέον δυσμενή και την τυπική κατάσταση κίνησης των οχημάτων στην σήραγγα και εκτιμώνται οι ανάγκες παροχής σε φρέσκο αέρα για την αραίωση των ρυπαντών (CO, NO₂, PM) κάτω από τα επιτρεπόμενα επίπεδα συγκέντρωσης. Εκτιμάται ότι η παροχή που απαιτείται στη δυσμενέστερη περίπτωση (0 km/h) είναι της τάξης των 34 m³/s, ενώ σε καθεστώς κίνησης των οχημάτων (60 km/h), η παροχή μειώνεται σημαντικά σε 8 m³/s. Επιπρόσθετα, για τον υπολογισμό του σεναρίου έκτακτης ανάγκης, θεωρήθηκε η περίπτωση πυρκαγιάς με θερμική ισχύ 50 MW όπως προτείνεται στις Οδηγίες Σύνταξης Μελετών Η/Μ Έργων Σηράγγων και Φωτισμού Υπαίθριων Οδικών Έργων.

Για την κάλυψη των αναγκών αερισμού σε κανονική λειτουργία (απαγωγή / αραίωση ρυπαντών) αλλά κυρίως της αποφυγής του φαινομένου του backlayering και απαγωγή των καπναερίων σε περίπτωση πυρκαγιάς απαιτείται να γίνει η εγκατάσταση 15 προωθητικών ανεμιστήρων (jet fans), (13 + 2 εφεδρικοί), σε κατάλληλες θέσεις στην οροφή της σήραγγας. Οι ανεμιστήρες θα είναι πλήρους αντιστρέψιμης ροής, διαμέτρου D=1200mm, με παροχή Q=40,4 m³/s και ώση T=1660 N.

Η προκαταρκτική εκτίμηση του φωτισμού και των απαιτήσεων σε φωτιστικά σώματα πραγματοποιήθηκε με την αξιολόγηση της λαμπρότητας που πρέπει να υπάρχει στις ζώνες της κίνησης της σήραγγας (Ζώνη Κατωφλιού, Μεταβατική Ζώνη, Εσωτερική Ζώνη και Ζώνη Εξόδου). Επιπλέον, στα εδάφια της μελέτης δίνονται στοιχεία και για επιπρόσθετα συστήματα ασφαλείας που χρειάζεται να κατασκευαστούν στο έργο σύμφωνα με τις απαιτήσεις ασφαλείας όπως προσδιορίζονται στις ΟΜΟΕ όπως Ερμάρια Ανάγκης Σήραγγας, Σύστημα πυροπροστασίας, σωληνώσεις-δεξαμενές-φωλιές, Τηλεφωνική εγκατάσταση και τηλέφωνα ανάγκης, Σύστημα επιτήρησης και καταγραφής CCTV, κ.α..

Προκαταρκτική Εκτίμηση Κόστους Κατασκευής

Ο σχεδιασμός και κατασκευή σηράγγων και υπόγειων έργων αποτελεί ένα ιδιαίτερα πολύπλοκο τεχνικό πρόβλημα, καθώς είναι δύσκολος ο εκ των προτέρων καθορισμός των βασικών παραμέτρων σχεδιασμού (σε σύγκριση με τα επιφανειακά έργα). Επίσης, η εκτίμηση κόστους απαιτεί την ύπαρξη μιας σειράς πληροφοριών, που δεν είναι δυνατόν να είναι πάντα γνωστές ακόμη κι όταν έχει προηγηθεί αναλυτική έρευνα.

Στο πλαίσιο της παρούσας αξιολόγησης η εκτίμηση του κόστους κατασκευής έγινε με δύο διαφορετικές μεθοδολογίες. Η πρώτη χρησιμοποιεί ως βάση την εμπειρική σχέση εκτίμησης, η οποία

έχει προκύψει με στοιχεία κατασκευής σηράγγων στον ελλαδικό χώρο (Paraskevoroulou and Benardos 2013), ενώ η δεύτερη βασίζεται στην εκτίμηση των προμετρήσεων υλικών και εργασιών - που προέκυψαν από τον προκαταρκτικό σχεδιασμό του έργου - με τη χρήση του «Κανονισμού Περιγραφικών Τιμολογίων Εργασιών» (ΦΕΚ Β1746/19.05.2017, Υ.Α. ΔΝΣγ/οικ.35577/ΦΝ 466/4.5.2017 του Υπουργού Υποδομών & Μεταφορών).

Αρχικά, ο προσδιορισμός του κόστους κατασκευής έγινε με χρήση της ακόλουθης εμπειρικής σχέσης από τη βιβλιογραφία (Paraskevoroulou and Benardos, 2013):

$$\text{Κόστος ανά κυβικό μέτρο εκσκαφής (€/m}^3\text{)} = 139.57e^{-0.019GSI}$$

Η παραπάνω σχέση ουσιαστικά αφορά στην εκτίμηση κόστους κατασκευής as-built (όπως έχει κατασκευαστεί) χρησιμοποιώντας πραγματικά δεδομένα από έργα Ελληνικών σηράγγων. Η εμπειρική σχέση συνδέει το κόστος εκσκαφής και τοποθέτησης των μέτρων άμεσης (προσωρινής) υποστήριξης ανά m³ εκσκαφής σήραγγας (€/m³) με την ποιότητα της βραχομάζας (κατά GSI) και των συνθηκών που συναντώνται κατά τις κατασκευαστικές εργασίες. Επιλέχθηκε μια συντηρητική προσέγγιση του κόστους και για το λόγο αυτό εφαρμόστηκε σε όλο το μήκος της σήραγγας, με τιμές GSI απομειωμένες κατά 10% σε σχέση με τις εκτιμώμενες τιμές λόγω του μεγάλου ύψους υπερκειμένων. Για τον προσδιορισμό του τελικού κόστους έγινε η παραδοχή ότι το κόστος των υπόλοιπων εργασιών (τελικής επένδυσης, ηλεκτρομηχανολογικών, οδοστρωσίας, κ.λπ.) είναι της τάξης του 30% του υπολογιζόμενου κόστους εκσκαφής και μέτρων προσωρινής υποστήριξης. Σύμφωνα με τα παραπάνω, ο ακόλουθος Πίνακας Ε.15 δίνει το συνολικό εκτιμώμενο κόστος κατασκευής της σήραγγας (σε εκατομμύρια ευρώ) και για τις δύο διατομές σχεδιασμού που χρησιμοποιήθηκαν (10.5T και T7.5).

Πίνακας Ε.15. Προσδιορισμός κόστους as-built (εκατ. €) με χρήση εμπειρικής σχέσης (Paraskevoroulou and Benardos, 2013).

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΔΑΠΑΝΗΣ	ΔΙΑΤΟΜΗ 10.5T	ΔΙΑΤΟΜΗ T7.5
Εκσκαφή και προσωρινή υποστήριξη	10,86	8,28
Τελική επένδυση, Η/Μ, οδοστρωσία	3,26	2,48
Άθροισμα δαπανών εργασιών	14,12	10,76
Άθροισμα δαπανών + εργολαβικό όφελος 18%	16,66	12,69
Συνολική δαπάνη χωρίς ΦΠΑ	16,66	12,69
Συνολική δαπάνη με ΦΠΑ	20,66	15,74

Σε δεύτερη φάση, λήφθηκαν υπόψη οι αναλυτικές προμετρήσεις όλων των εργασιών και των υλικών που προέκυψαν σύμφωνα με τον σχεδιασμό της σήραγγας σε κάθε τεχνικογεωλογική ενότητα. Ακολούθως, ο προσδιορισμός του κόστους πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τον «Κανονισμό Περιγραφικών Τιμολογίων Εργασιών» και τις εκάστοτε τιμές που προσδιορίζονται από αυτόν, όπως εφαρμόζεται από τις αναθέτουσες αρχές κατά τη διαδικασία ανάθεσης δημόσιων συμβάσεων έργων σύμφωνα με το Ν. 4412/2016 (Φ.Ε.Κ. 147Α/8-8-2016), όπως αναλυτικά φαίνεται στους Πίνακας Ε.16 και Πίνακας Ε.17.

Το συνολικό εκτιμώμενο κόστος κατασκευής της σήραγγας (σε εκατομμύρια ευρώ) και για τις δύο διατομές σχεδιασμού (10.5T και T7.5) συνοψίζεται στον Πίνακα Ε.18. Σημειώνεται ότι στον αναλυτικό υπολογισμό στην συγκεκριμένη μεθοδολογία λαμβάνεται υπόψη και επιπρόσθετη δαπάνη για απρόβλεπτα ίση με 10% του αθροίσματος των δαπανών εργασιών.

Πίνακας Ε.16. Αναλυτικός προσδιορισμός κόστους διατομής 10.5Τ.

A/T	Α/Α Τιμολ. ΥΠΕΧΩΔΕ	Είδος εργασίας	Άρθρο Αναθεώρ.	Μον.	Ποσότητες	Τιμή μονάδος	Δαπάνη
ΕΚΣΚΑΦΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΩΡΙΝΗ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ							
1	ΥΣΦ 3.06	Εκσκαφή (διάνοιξη) σήραγγων ωφελ. διατομής >40.0m2 και υπογειών θαλάμων σε γεωλογικούς σχηματισμούς πάσης φύσεως με συμβατικά μέσα	ΥΔΡ-7020	m ³	150,686.25	42.80	6,449,371.54
2	ΥΣΦ 4.20.02	Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα σε υπόγεια έργα	ΥΔΡ-7016.9	m ³	15,744.45	133.00	2,094,011.31
3	ΥΣΦ 4.21	Προσθήκη χαλυβδίνων κών στο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα	ΥΔΡ-6751	kg	208,035.28	2.20	457,677.62
4	ΥΣΦ 4.05	Αγκύρια βράχου διατελλόμενου χαλυβδόσωληνα συνεχούς πάκτωσης τύπου SWELLEX (SWX) εφελκυστικής αντοχής 200 kN	ΥΔΡ-7025	m	11,484.30	20.90	240,021.90
5	ΥΣΦ 4.11.01	Απλές ράβδοι αγκύρωσης από χάλυβα οπλισμών B500C διαμέτρου Φ25 mm	ΥΔΡ-7025	μμ	28,294.17	17.10	483,830.31
6	ΥΣΦ 4.13	Αυτοδιατρύμενα αγκύρια βράχου (self-drilling) ελάχιστης εφελκυστικής αντοχής 300 kN	ΥΔΡ-7025	μμ	81,944.71	20.00	1,638,894.20
7	ΥΣΦ 4.18	Προμήθεια και εγκατάσταση μεταλλικών δικτυωτών υποστηλωμάτων (lattice girders)	ΥΔΡ-7027	kg	230,285.23	1.52	350,033.56
8	Σ-51	Ολόσωμα μεταλλικά πλαίσια υποστήριξης	ΥΔΡ-7027	kg	340,171.16	1.45	493,248.18
9	ΥΣΦ 4.14	Δοκοί προπορείας ελαφρού τύπου (spilling)	ΥΔΡ-7106	kg	266,450.82	2.40	639,481.96
10	ΥΣΦ 4.22.02	Δομικό πλέγμα εκτοξευόμενου σκυροδέματος σε υπόγεια έργα	ΥΔΡ-7018	kg	140,532.95	0.86	120,858.34
ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ							
11	ΥΣΦ 8.02	Σκυρόδεμα στοίμων και επένδυσης σήραγγων και λοιπών υπογειών έργων	ΥΔΡ 6327	m ³	21,536.90	100.00	2,153,690.00
12	ΥΣΦ 8.05	Προμήθεια και τοποθέτηση οπλισμού σκυροδεμάτων σήραγγων	ΥΔΡ 6311	kg	924,163.10	0.95	877,954.95
13	Σ-68.1	Υδρομαστυτική στρώση με γεωύφασμα βάρους ≥300 gr/m ²	ΥΔΡ-6373	m ²	38,152.10	5.70	217,466.97
14	Σ-68.2	Στεγανωτική μεμβράνη PVC d ≥2 mm	ΥΔΡ-6373	m ²	38,152.11	10.50	400,597.16
15	Σ-100	Βαφή σήραγγων	ΟΙΚ-7786.2	m ²	28,555.77	11.40	325,535.78
16	12.01.01.03	Τσιμεντοσωλήνες αποχέτευσης κλάσεως αντοχής 120 κατά ΕΛΟΤ EN 1916 ονομαστικής διαμέτρου D400 mm (προμήθεια, μεταφορά στη θέση εγκατάστασης, και τοποθέτηση)	ΥΔΡ 6551.3	m	1,505.90	38.00	57,224.20
17	12.03.03	Εσωτερικής διαμέτρου 400 mm	ΟΔΟ-2863	m	1,505.90	38.00	57,224.20
18	Σ-76	Διάτρητοι σωλήνες PVC Φ 50 mm εντός οπών αποστράγγισης	ΥΔΡ-6620.1	m	3,011.80	4.30	12,950.74
ΟΔΟΣΤΡΩΣΙΑ							
19	Γ-1.1	Υπόβαση οδοστρωσίας μεταβλητού πάχους	ΟΔΟ-3121.Β	m ³	2,258.90	9.50	21,459.50
20	Γ-2.1	Βάση οδοστρωσίας μεταβλητού πάχους	ΟΔΟ-3211.Β	m ³	2,258.90	9.50	21,459.50
21	Δ-3	Ασφαλτική προεπάλειψη	ΟΔΟ-4110	m ²	11294.475	1.00	11,294.48
22	Δ-8Α	Ασφαλτική στρώση κυκλοφορίας αστικής οδού	ΟΔΟ-4521Β	m ²	11294.475	7.70*	86,967.46
ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΑ							
		Λερισμός - Εκκαπνισμός - Πυρασφάλεια					
23		Εγκατάσταση Συστήματος Μέτρησης CO, NO και Ορατότητας	ΗΛΜ-87	τεμ.	1.00	26,450.00	26,450.00
24	H-56	Ανεμιστήρας ώσης διαμέτρου 1.120 mm	ΗΛΜ-39	m ³	15.00	21,000.00	315,000.00
25	H-81	Ερμάριο Ανάγκης Σήραγγας (ΕΑΣ) τύπου I - Πλήρες	60%ΗΛΜ-20 +40%ΗΛΜ-52	τεμ.	60.00	3,487.50	209,250.00
26	H-61	Πυροσβεστικό συγκρότημα πλήρες, με όλα τα απαραίτητα εξαρτήματα και τα μικρολικά, έτοιμο για εγκατάσταση, παροχής 144 Μ3/Η και μανομετρικού 90 ΜΣΥ	ΗΛΜ-22	τεμ.	1.00	52,978.25	52,978.25
27	H-102	Τηλεφωνικός θάλαμος με την Τηλεφωνική συσκευή ανάγκης σήραγγας	70% ΗΛΜ-48 +30% ΗΛΜ-62	τεμ.	14.00	2,998.98	41,985.72
28	H-106	Σταθερός εικονολήπτης (κάμερα) απλός, έγχρωμης λήψης, επιτήρησης κλειστού κυκλώματος παρακολούθησης	ΗΛΜ-62	τεμ.	15	1,347.96	20,219.40
29	H-110	Μεγαφωνική εγκατάσταση σήραγγας	50% ΗΛΜ-105 +50% ΗΛΜ-101	τεμ.	1.00	15,894.19	15,894.19
		Φωτισμός - Ρεύματα					
30	H-349.2	Συμμετρικού τύπου με λαμπτήρα Na Υ.Π. 150 W	ΗΛΜ-103	τεμ.	350.00	450.00	157,500.00
31	H-349.3	Συμμετρικού τύπου με λαμπτήρα Na Υ.Π. 250 W	ΗΛΜ-103	τεμ.	153.00	472.50	72,292.50
32	H-349.8	Συμμετρικού τύπου με λαμπτήρα Na Υ.Π. 400 W	ΗΛΜ-103	τεμ.	58.00	483.75	28,057.50
33	H-554	Γενικός Πίνακας Χαμηλής Τάσης ενός πεδίου	ΗΛΜ-88	τεμ.	1.00	9,460.00	9,460.00
34	H-559.3	Ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος ισχύος 210 KVA	ΗΛΜ-58	τεμ.	1.00	30,670.00	30,670.00
35	H-560.2	UPS ισχύος 25 KVA	ΗΛΜ-109	τεμ.	1.00	8,340.00	8,340.00
ΓΕΝΙΚΟ ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΕΚΣΚΑΦΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΩΡΙΝΗΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ:						Σ (€) =	12,967,429
ΓΕΝΙΚΟ ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΤΕΛΙΚΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ:						Σ (€) =	4,102,644
ΓΕΝΙΚΟ ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΟΔΟΣΤΡΩΣΙΑΣ:						Σ (€) =	141,181
ΓΕΝΙΚΟ ΑΘΡΟΙΣΜΑ Η/Μ:						Σ (€) =	988,098
ΓΕΝΙΚΟ ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΔΑΠΑΝΩΝ: Σσ							
1	ΓΕΝΙΚΟ ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΔΑΠΑΝΩΝ: Σσ						18,199,351
2	ΓΕ ΚΑΙ ΟΕ: 18% X Σσ						3,275,883
3	ΔΑΠΑΝΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΜΕ ΓΕ ΚΑΙ ΟΕ: ΣΣ						21,475,235
4	10% ΑΠΡΟΒΛΕΠΤΑ						2,147,523
5	ΑΞΙΑ ΕΡΓΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ: Σ1						23,622,758
6	ΔΑΠΑΝΗ ΦΠΑ 24%						5,669,462
7	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΑΠΑΝΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΜΕ ΦΠΑ (€)						29,292,220

Πίνακας Ε.17. Αναλυτικός προσδιορισμός κόστους διατομής Τ7.5.

Α/Τ	Α/Α Τιμολ. ΥΠΕΧΩΔΕ	Είδος εργασίας	Άρθρο Αναθεώρ.	Μον.	Ποσότητες	Τιμή μονάδος	Δαπάνη
ΕΚΣΚΑΦΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΩΡΙΝΗ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ							
1	ΥΣΦ 3.06	Εκσκαφή (διάνοξη) σήραγγων ωφελ. διατομής >40.0m2 και υπογειών θαλάμων σε γεωλογικούς σχηματισμούς πάσης φύσεως με συμβατικά μέσα	ΥΔΡ-7020	m ³	116,476.85	42.80	4,985,209.18
2	ΥΣΦ 4.20.02	Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα σε υπόγεια έργα	ΥΔΡ-7016.9	m ³	12,048.36	133.00	1,602,431.88
3	ΥΣΦ 4.21	Προσθήκη χαλυβδίνων κών στο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα	ΥΔΡ-6751	kg	193,494.74	2.20	425,688.43
4	ΥΣΦ 4.05	Αγκύρια βράχου διαστελλόμενου χαλυβδωσλήνα συνεχούς πάκτωσης τύπου SWELLEX (SWX) εφελκυστικής αντοχής 200 kN	ΥΔΡ-7025	m	13,150.42	20.90	274,843.78
5	ΥΣΦ 4.11.01	Απλές ράβδοι αγκύρωσης από χάλυβα οπλισμών B500C διαμέτρου Φ25 mm	ΥΔΡ-7025	μμ	37,644.06	17.10	643,713.43
6	ΥΣΦ 4.13	Αυτοδιατρύμενα αγκύρια βράχου (self-drilling) ελάχιστης εφελκυστικής αντοχής 300 kN	ΥΔΡ-7025	μμ	54,355.00	20.00	1,087,100.00
7	ΥΣΦ 4.18	Προμήθεια και εγκατάσταση μεταλλικών δικτυωτών υποστηλωμάτων (lattice girders)	ΥΔΡ-7027	kg	147,194.52	1.52	223,735.67
8	Σ-51	Ολόσωμα μεταλλικά πλαίσια υποστήριξης	ΥΔΡ-7027	kg	298,157.80	1.45	432,328.81
9	ΥΣΦ 4.14	Δοκοί προτορείας ελαφρού τύπου (spilling)	ΥΔΡ-7106	kg	180,496.93	2.40	433,192.63
10	ΥΣΦ 4.22.02	Δομικό πλέγμα εκτοξευόμενου σκυροδέματος σε υπόγεια έργα	ΥΔΡ-7018	kg	82,098.77	0.86	70,604.94
ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ							
11	ΥΣΦ 8.02	Σκυρόδεμα στομών και επένδυσης σήραγγων και λοιπών υπογειών έργων.	ΥΔΡ 6327	m ³	16,610.80	100.00	1,661,080.00
12	ΥΣΦ 8.05	Προμήθεια και τοποθέτηση οπλισμού σκυροδεμάτων σήραγγων	ΥΔΡ 6311	kg	708,840.20	0.95	673,398.19
13	Σ-68.1	Υδρομαστευτική στρώση με γεωύφασμα βάρους ≥300 gr/m ²	ΥΔΡ-6373	m ²	33,533.70	5.70	191,142.09
14	Σ-68.2	Στεγανωτική μεμβράνη PVC d ≥2 mm	ΥΔΡ-6373	m ²	33,533.66	10.50	352,103.43
15	Σ-100	Βαφή σήραγγων	ΟΙΚ-7786.2	m ²	25,401.78	11.40	289,580.29
16	12.01.01.03	Τσιμεντοσωλήνες αποχέτευσης κλάσεως αντοχής 120 κατά ΕΛΟΤ EN 1916 ονομαστικής διαμέτρου D400 mm (προμήθεια, μεταφορά στη θέση εγκατάστασης, και τοποθέτηση)	ΥΔΡ 6551.3	m	1,505.90	38.00	57,224.20
17	12.03.03	Τσιμεντοσωλήνες διάτρησης στραγγιστήρων Έσωτερικής διαμέτρου 400 mm	ΟΔΟ-2863	m	1,505.90	38.00	57,224.20
18	Σ-76	Διάτρηση σωλήνες PVC Φ 50 mm εντός οπίων αποστράγγισης	ΥΔΡ-6620.1	m	3,011.80	4.30	12,950.74
ΟΔΟΣΤΡΩΣΙΑ							
19	Γ-1.1	Υπόβαση οδοστρωσίας μεταβλητού πάχους	ΟΔΟ-3121.B	m ³	1,656.52	9.50	15,736.97
20	Γ-2.1	Βάση οδοστρωσίας μεταβλητού πάχους	ΟΔΟ-3211.B	m ³	1,656.52	9.50	15,736.97
21	Δ-3	Ασφαλτική προεπίλειψη	ΟΔΟ-4110	m ²	8282.615	1.00	8,282.62
22	Δ-8A	Ασφαλτική στρώση κυκλοφορίας αστικής οδού	ΟΔΟ-4521B	m ²	8282.615	7.70*	63,776.14
ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΑ							
		Αερισμός - Εκκαπνισμός - Πυρασφάλεια					
23		Εγκατάσταση Συστήματος Μέτρησης CO, NO και Ορατότητας	ΗΛΜ-87	τεμ.	1.00	26,450.00	26,450.00
24	H-56	Ανεμιστήρας ώσης διαμέτρου 1.120 mm	ΗΛΜ-39	m ³	15.00	21,000.00	315,000.00
25	H-81	Ερμάριο Ανάγκης Σήραγγας (ΕΑΣ) τύπου I - Πλήρες	60%ΗΛΜ-20 +40%ΗΛΜ-52	τεμ.	60.00	3,487.50	209,250.00
26	H-61	Πυροσβεστικό συγκρότημα πλήρες, με όλα τα απαραίτητα εξαρτήματα και τα μικροκλικά, έτοιμο για εγκατάσταση, παροχής 144 Μ3/Η και μανομετρικού 90 ΜΣΥ	ΗΛΜ-22	τεμ.	1.00	52,978.25	52,978.25
27	H-102	Τηλεφωνικός θάλαμος με την Τηλεφωνική συσκευή ανάγκης σήραγγας	70% ΗΛΜ-48 +30% ΗΛΜ-62	τεμ.	14.00	2,998.98	41,985.72
28	H-106	Σταθερός εικονολήπτης (κάμερα) απλός, έγχρωμης λήψης, επιτήρησης κλειστού κυκλώματος παρακολούθησης	ΗΛΜ-62	τεμ.	15	1,347.96	20,219.40
29	H-110	Μεγαφωνική εγκατάσταση σήραγγας	50% ΗΛΜ-105 +50% ΗΛΜ-101	τεμ.	1.00	15,894.19	15,894.19
		Φωτισμός - Ρεύματα					
30	H-349.2	Συμμετρικού τύπου με λαμπτήρα Na Υ.Π. 150 W	ΗΛΜ-103	τεμ.	350.00	450.00	157,500.00
31	H-349.3	Συμμετρικού τύπου με λαμπτήρα Na Υ.Π. 250 W	ΗΛΜ-103	τεμ.	153.00	472.50	72,292.50
32	H-349.8	Συμμετρικού τύπου με λαμπτήρα Na Υ.Π. 400 W	ΗΛΜ-103	τεμ.	58.00	483.75	28,057.50
33	H-554	Γενικός Πίνακας Χαμηλής Τάσης ενός πεδίου	ΗΛΜ-88	τεμ.	1.00	9,460.00	9,460.00
34	H-559.3	Ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος ισχύος 210 KVA	ΗΛΜ-58	τεμ.	1.00	30,670.00	30,670.00
35	H-560.2	UPS ισχύος 25 KVA	ΗΛΜ-109	τεμ.	1.00	8,340.00	8,340.00
ΓΕΝΙΚΟ ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΕΚΣΚΑΦΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΩΡΙΝΗΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ:						Σ (€) =	10,178,849
ΓΕΝΙΚΟ ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΤΕΛΙΚΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ:						Σ (€) =	3,294,703
ΓΕΝΙΚΟ ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΟΔΟΣΤΡΩΣΙΑΣ:						Σ (€) =	103,533
ΓΕΝΙΚΟ ΑΘΡΟΙΣΜΑ Η/Μ:						Σ (€) =	988,098
ΓΕΝΙΚΟ ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΔΑΠΑΝΩΝ: Σσ							
1	ΓΕΝΙΚΟ ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΔΑΠΑΝΩΝ: Σσ						14,565,182
2	ΓΕ ΚΑΙ ΟΕ: 18% Χ Σσ						2,621,733
3	ΔΑΠΑΝΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΜΕ ΓΕ ΚΑΙ ΟΕ: ΣΣ						17,186,915
4	10% ΑΠΡΟΒΛΕΠΤΑ						1,718,691
5	ΑΞΙΑ ΕΡΓΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ: Σ1						18,905,606
6	ΔΑΠΑΝΗ ΦΠΑ 24%						4,537,346
7	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΑΠΑΝΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΜΕ ΦΠΑ (€)						23,442,952

Πίνακας Ε.18. Προσδιορισμός κόστους (εκατ. €) βάσει αναλυτικών προμετρήσεων και κανονισμού περιγραφικών τιμολογίων εργασιών.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΔΑΠΑΝΗΣ	ΔΙΑΤΟΜΗ 10.5Τ	ΔΙΑΤΟΜΗ Τ7.5
Εκσκαφή και προσωρινή υποστήριξη	12,97	10,18
Τελική επένδυση	4,10	3,29
Οδοστρωσία	0,14	0,10
Η/Μ	0,99	0,99
Άθροισμα δαπανών εργασιών	18,20	14,57
Άθροισμα δαπανών + εργολαβικό όφελος 18%	21,48	17,19
Άθροισμα δαπανών + εργολαβικό όφελος 18% + απρόβλεπτα 10%	23,62	18,91
Συνολική δαπάνη χωρίς ΦΠΑ	23,62	18,91
Συνολική δαπάνη με ΦΠΑ	29,29	23,44

Σύμφωνα με τις δύο μεθοδολογίες προσδιορισμού του κόστους κατασκευής, το κόστος κυμαίνεται από **16,7 έως 21,5 εκ. €** (χωρίς απρόβλεπτα και ΦΠΑ) για την διατομή 10.5Τ, η οποία αποτελεί και τη βασική λύση-πρόταση για την υλοποίηση του έργου. Αντίστοιχα, για τη διατομή Τ7.5 το κόστος κυμαίνεται από 12,7 έως 17,2 εκ € (χωρίς απρόβλεπτα και ΦΠΑ).

Αξιολόγηση τεχνικοοικονομικής σκοπιμότητας / κοινωνικοοικονομικής αποτίμησης των ωφελειών

Η αξιολόγηση ενός έργου πραγματοποιείται με τη θεώρηση του κόστους του Έργου σε σύγκριση με τις ωφέλειες που εκτιμώνται ότι θα προκύψουν τόσο στο κοινωνικοοικονομικό όσο και στο περιβαλλοντικό επίπεδο.

Εξαρχής, σημειώνεται ότι η αποτίμηση των έργων υποδομών δύσκολα οδηγεί σε μια θετική κοινωνικοοικονομική αξιολόγηση στη βάση απλών δεικτών χρηματορροών, κυρίως γιατί αυτή απορρέει από μια νέα δυναμική, η οποία διαμορφώνεται μετά την ολοκλήρωση του έργου και η οποία δεν μπορεί να προσδιορισθεί επακριβώς στη βάση των στοιχείων της υφιστάμενης κατάστασης. Από την άλλη, κανείς δεν αμφισβητεί τον σημαντικό αναπτυξιακό χαρακτήρα τους. Χαρακτηριστικό τέτοιο παράδειγμα αποτελεί η επέκταση του μετρό στις πόλεις. Η κοινωνικοοικονομική του βιωσιμότητα σχεδόν ποτέ δεν αποδεικνύεται απλώς στη βάση των εσόδων από τα εισιτήρια. Αντιθέτως, ο συνυπολογισμός εμμέσων ωφελειών (περιβαλλοντικών και οικονομικών), όμως, καθιστά προφανή τη σημασία του. Αυτός είναι εξάλλου ο λόγος, με την εξαίρεση των μεγάλων αυτοκινητοδρόμων, που οι επενδύσεις στις υποδομές μεταφορών έχουν κατά βάση δημόσιο χαρακτήρα. Στην ανάλυση που παρουσιάζεται στη συνέχεια χρησιμοποιείται για το σκοπό αυτό ένα πλαίσιο αξιολόγησης που αφορά:

- στη συμβατότητα του έργου με το πλαίσιο στρατηγικού και αναπτυξιακού σχεδιασμού σε επίπεδο χώρας και περιφέρειας
- στη συμβατότητα της λύσης με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της περιοχής
- στις κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις του έργου στους κατοίκους και επισκέπτες της περιοχής.

Στη συγκεκριμένη ανάλυση αξιολογείται η προτεινόμενη λύση σε σχέση με τα χαρακτηριστικά της υφιστάμενης κατάστασης, η οποία χρησιμοποιείται ως βασικό σημείο ελέγχου και αναφοράς (reference point).

Η κατασκευή της σήραγγας Θεοδωριάνων - Μελισσουργών, ως έργο υποδομής, αποβλέπει στην ασφαλή και γρήγορη πρόσβαση μεταξύ των οικισμών και τη βελτίωση της ποιότητας ζωής των κατοίκων. Η ολοκλήρωση του οδικού δακτυλίου των Τζουμέρκων θέτει ισχυρές βάσεις για τη βιώσιμη ανάπτυξη της ορεινής περιοχής, στοχεύοντας στην κοινωνική ανασυγκρότηση των Τζουμέρκων και στην ενίσχυση του δυναμικού ανέλιξης των οικισμών. Η βελτίωση του οδικού δικτύου που επιτυγχάνεται, συνδέεται άμεσα με την εξασφάλιση συντομότερης και ασφαλέστερης πρόσβασης, την τουριστική αλλά και την εν γένει παραγωγική ανάπτυξη του τόπου, διαμορφώνοντας κατ'επέκταση τις επιθυμητές προϋποθέσεις για τη συγκράτηση σε πρώτη φάση και στη συνέχεια την αύξηση του τοπικού πληθυσμού. Πιο συγκεκριμένα, η κατασκευή της οδικής σήραγγας Θεοδωριάνων - Μελισσουργών αναμένεται να έχει τα εξής οφέλη σε τοπικό επίπεδο:

- Την εξασφάλιση μιας ασφαλούς, σύντομης και περιβαλλοντικά φιλικής σύνδεσης των Δήμων Κεντρικών και Βορείων Τζουμέρκων στο βόρειο σύνορό τους και τη μείωση της απομόνωσης των τοπικών κοινοτήτων Μελισσουργών – Θεοδωριάνων.
- Την αποκατάσταση της χωροταξικής ενότητας των Τζουμέρκων, μιας περιοχής ιδιαίτερου φυσικού κάλλους και μακράς στους αιώνες, συνεχούς και ενιαίας ιστορίας και πολιτισμού.
- Τη δημιουργία μιας νέας σύνδεσης της Περιφέρειας Θεσσαλίας προς το κέντρο της Περιφέρειας Ηπείρου, καθώς επίσης και ενός νέου οδικού άξονα στην Πίνδο, που θα φθάνει μέχρι την Περιφέρεια της Δυτικής Μακεδονίας.
- Τη σημαντική μείωση των χρονοαποστάσεων, την ενίσχυση της τουριστικής κινητικότητας, την ενίσχυση της πρωτογενούς παραγωγής, με βασικό ζητούμενο τη βελτίωση του βιοτικού επιπέδου των κατοίκων, τη συγκράτηση και στη συνέχεια την αύξηση του μόνιμου και πραγματικού πληθυσμού της περιοχής.
- Την επίτευξη σημαντικής περιβαλλοντικής προστασίας έναντι των υφιστάμενης κατάστασης, με αντικατάσταση ρυπογόνων διαδρομών και κατάργηση περιβαλλοντικά οχλουσών συνδέσεων.

Γενικότερα, η σήραγγα Θεοδωριάνων - Μελισσουργών εισάγει την ελληνική σήραγγοποιία σε μια νέα για την Ελλάδα εποχή. Από τη δημιουργία σηράγγων σε σημεία έντονου κυκλοφοριακού φόρτου (π.χ. στους μεγάλους αυτοκινητοδρόμους) σε σημεία της ορεινής περιφέρειας για λόγους τοπικής ανάπτυξης και προστασίας του περιβάλλοντος. Η κατεύθυνση αυτή, που ακολουθείται για χρόνια σε όλες τις αναπτυγμένες ορεινές χώρες στον κόσμο, είναι βέβαιο ότι με τη δημιουργία της σήραγγας Θεοδωριάνων - Μελισσουργών θα αποκτήσει δυναμική, με αποτέλεσμα να υπάρξουν νέες προτάσεις που θα φέρνουν «πιο κοντά» την ορεινή Ελλάδα, και την Ήπειρο πιο συγκεκριμένα, την ορεινότερη περιφέρεια της χώρας, στην υπόλοιπη Ελλάδα.

Η αναπτυξιακή διάσταση το έργου τεκμηριώνεται μέσω της ισχυρής συμβατότητας που παρουσιάζει με τα χωροταξικά σχέδια τόσο σε επίπεδο χώρας όσο και σε επίπεδο Περιφέρειας. Πιο συγκεκριμένα, οι στρατηγικές κατευθύνσεις και οι στόχοι του Γενικού Πλαισίου Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης (Γ.Π.Χ.Σ.Α.Α.) που είναι συμβατές με την περιοχή ενδιαφέροντος καθώς και με την φύση του έργου είναι οι εξής:

- i. Η ενίσχυση της περιφερειακής ανάπτυξης και της χωρικής συνοχής, για την επίτευξη της οποίας επιδιώκεται μεταξύ άλλων η βελτίωση πρόσβασης σε βασικά δίκτυα μεταφορών, ενέργειας και επικοινωνιών με την ανάπτυξη των σχετικών υποδομών (Άρθρο 2).
- ii. Η πολυκεντρική οργάνωση της χώρας με μετατροπή του διπολικού μοντέλου (Αθήνα-Θεσσαλονίκη) σε πολυκεντρικό, επιδιώκοντας τη δημιουργία ενός ολοκληρωμένου πλέγματος αστικών πόλεων και αξόνων ανάπτυξης (Άρθρο 5). Στο πλαίσιο της αξιοποίησης της δυναμικής των μικρότερων αστικών κέντρων της χώρας επιδιώκεται η ενδογενής και ολοκληρωμένη ανάπτυξη της ηπειρωτικής χώρας, με την δημιουργία υποδομών, την παροχή υπηρεσιών και τη διευκόλυνση των μετακινήσεων (μείωση του κόστους μεταφοράς και χρονοαποστάσεων) στις απομονωμένες ή δυσπρόσιτες περιοχές (ορεινός, παραμεθόριος και νησιωτικός χώρος).
- iii. Η βελτίωση της προσβασιμότητας των ορεινών και γενικά των δυσπρόσιτων περιοχών και κυρίως των νησιωτικών περιοχών (Άρθρο 6).
- iv. Η υλοποίηση νέων ή η διατήρηση υφιστάμενων υποδομών μεταφορών που θα βασίζονται και θα εκτιμώνται στην βάση ενός ισοζυγίου μεταξύ της προστασίας του περιβάλλοντος και της ανάπτυξης (Άρθρο 6).
- v. Η ενίσχυση της ανάπτυξης του ορεινού, παράκτιου, νησιωτικού και αγροτικού χώρου με βιώσιμο τρόπο και η σύνδεσή τους με βασικά αστικά κέντρα της λοιπής χώρας, ώστε να εξασφαλιστεί η συνοχή και η περιφερειακή ισορροπία (Άρθρο 9).
- vi. Η αντιμετώπιση της δημογραφικής αποψίλωσης των ορεινών περιοχών με την ενίσχυση των υποδομών/υπηρεσιών και των δυνατοτήτων απασχόλησης (Άρθρο 9).
- vii. Η διευκόλυνση της πρόσβασης σε υποδομές, επικοινωνία και γνώση, ενίσχυση των δυναμικών ορεινών οικισμών που λειτουργούν ως κόμβοι διοίκησης, υπηρεσιών και μεταφορών, με τη διατήρηση και βελτίωση των κοινωνικών και τεχνικών υποδομών τους και την ανάδειξή τους σε κέντρα στήριξης των οικισμών της ευρύτερης περιοχής τους (Άρθρο 9).

Όσον αφορά τη συμβατότητα των στρατηγικών κατευθύνσεων και των στόχων του Χωροταξικού Πλαισίου της Περιφέρειας Ηπείρου με την περιοχή ενδιαφέροντος καθώς και με την φύση του έργου συγκαταλέγονται οι εξής:

- i. Προτεραιότητα για την περιοχή Τζουμέρκων αποτελεί η στοχευμένη βελτίωση του ορεινού οδικού δικτύου ώστε να βελτιωθεί η προσβασιμότητα προς τους οικισμούς και τους φυσικούς και τουριστικούς πόρους, η ένταξή της σε ευρύτερα πολυθεματικά τουριστικά δίκτυα, η ενίσχυση του παραδοσιακού και ποιοτικού χαρακτήρα της πρωτογενούς παραγωγής και γενικότερα η χωρική, ποιοτική και θεματική διεύρυνση του προτύπου της περιοχής Μετσόβου στον υπόλοιπο ορεινό χώρο (Άρθρο 7).
- ii. Προτείνεται τα Πράμαντα, οικιστικό κέντρο με ιδιαίτερη δυναμική, να λειτουργήσουν ως πολύπολο με τα Άγναντα και το Βουργαρέλι των νοτίων Τζουμέρκων, ώστε να εξυπηρετήσουν και να συσπειρώσουν όλους τους οικισμούς των Τζουμέρκων συγκροτώντας δυναμικά το κεντρικό οικιστικό πλέγμα μίας ενιαίας αναπτυξιακής ενότητας στα Τζουμέρκα (Καλαρίτες, Συρράκο, Μελισσοουργούς, Ματσούκι, Καλέντζι, Καταρράκτης, Λεπιανά κ.λπ.) (Άρθρο 8).
- iii. Μεταξύ των έργων άμεσης προτεραιότητας και μεσοπρόθεσμου σχεδιασμού συγκαταλέγονται η σύνδεση Τζουμέρκων με Δυτικό Άξονα και η βελτίωση της ορεινής

κινητικότητας μέσα από την ανάπτυξη του άξονα Μέτσοβο - Ορεινή Άρτα (Εγνατία – Πράμαντα - Άγναντα – Βουργαρέλι (Άρθρο 10).

iv. Η ανάπτυξη του βασικού τουριστικού δικτύου της Νότιας Πίνδου με βασικό πόλο το Μέτσοβο και δευτερεύοντες τα Πράμαντα, τα Άγναντα και το Βουργαρέλι, μέχρι την Άνω Καλεντίνη έχει γραμμική μορφή (κεντρικός κορμός με κλάδους) κατά μήκος του κύριου οδικού άξονα. Προϋπόθεση για την ανάπτυξη του δικτύου αποτελεί η βελτίωση του οδικού άξονα Μέτσοβο – ορεινή Άρτα, με σημειακές παρεμβάσεις (Άρθρο 12).

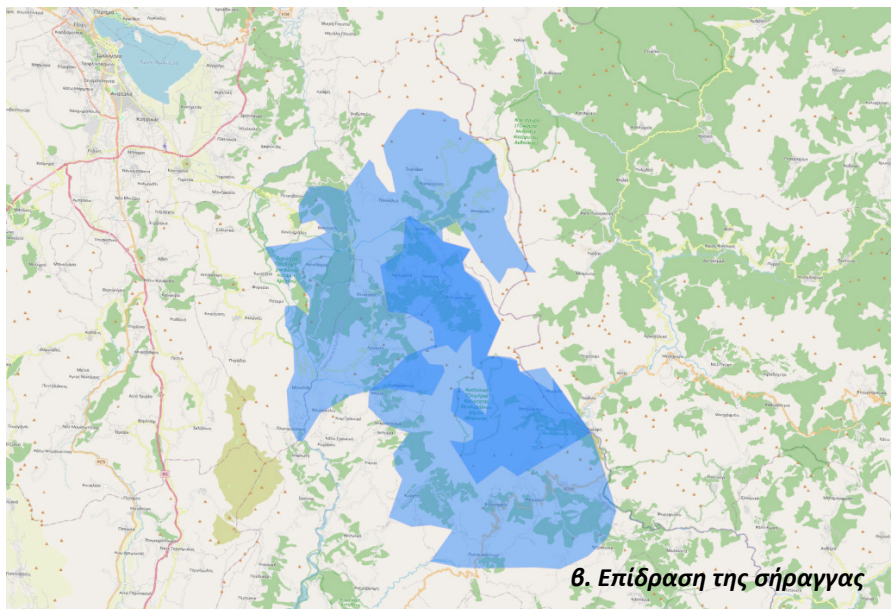
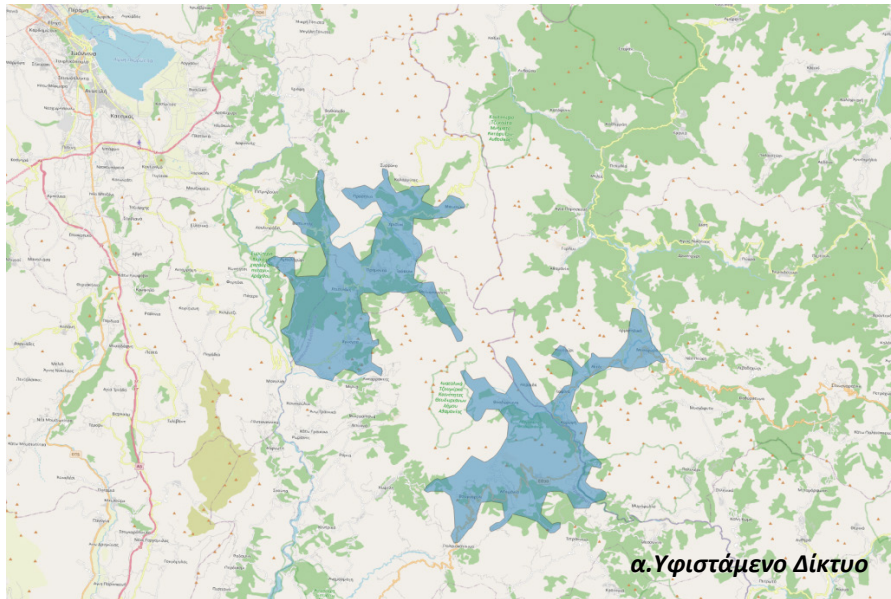
v. Επιπλέον, διερευνάται η πύκνωση του δικτύου και των υποδομών δασοπροστασίας για την καλύτερη διαχείριση των δασών (π.χ. Τζουμέρκα) (Άρθρο 13).

vi. Ο ορεινός όγκος της Πίνδου συγκαταλέγεται στις Περιοχές Ειδικών Χωρικών Παρεμβάσεων με στόχο την άμεση ενεργοποίησή τους (Άρθρο 15). Αποτελεί την πλέον δυσπρόσιτη περιοχή όπου η πληθυσμιακή συρρίκνωση στους περισσότερους οικισμούς δημιουργεί προβλήματα αναπτυξιακής υστέρησης με περιορισμένες δυνατότητες υπέρβασής της. Οι παρεμβάσεις πρέπει να εστιάζουν στη στήριξη του τοπικού πληθυσμού, στην ενίσχυση της τοπικής επιχειρηματικότητας στον τομέα του ορεινού τουρισμού αλλά και στη διάχυση της τουριστικής κίνησης από την περιοχή του Μετσόβου.

Σημειώνεται ιδιαίτερα η κατεύθυνση του Άρθρου 10, η οποία καλεί σε σύνδεση του τουριστικού ρεύματος που κατευθύνεται στην Ήπειρο κυρίως μέσω Μετσόβου, αλλά και μέσω του Δυτικού άξονα, μέσω Πραμάντων με την Ορεινή Άρτα, στην οποία μάλιστα δίνεται ο χαρακτήρας άμεσης προτεραιότητας και μεσοπρόθεσμου σχεδιασμού. Η κατεύθυνση αυτή βρίσκει την άμεση (και τη μόνη εφικτή) υλοποίησή της μέσω της κατασκευής της σήραγγας Θεοδωριάνων - Μελισσοουργών και του συνοδού έργου της βελτίωσης του σχετικού οδικού δικτύου.

Τέλος, το έργο είναι συμβατό με την Προτεραιότητα 8 του Εθνικού Σχεδίου για τις Μεταφορές στην Ελλάδα. Σύμφωνα με αυτήν θα πρέπει να τεθούν σε προτεραιότητα έργα για τη βελτίωση των συγκοινωνιακών υποδομών, που θα ενισχύσουν την περιφερειακή κινητικότητα, ιδιαίτερα σε περιοχές εκτός του άξονα του ΠΑΘΕ και, συνεπώς, την προσβασιμότητα και οικονομική ανάπτυξη στις πιο απομακρυσμένες περιφέρειες της ηπειρωτικής Ελλάδας.

Όσον αφορά στη μείωση των χρονοαποστάσεων στην περιοχή, η δημιουργία της σήραγγας Θεοδωριάνων - Μελισσοουργών επιδρά καταλυτικά. Χαρακτηριστικά δίνεται η Εικόνα Ε.22, η οποία δείχνει τις ισόχρονες καμπύλες για μετακινήσεις με ΙΧ διάρκειας 30 λεπτά από τους οικισμούς Μελισσοουργοί και Θεοδώριανα, στην υφιστάμενη κατάσταση και μετά την υλοποίηση του έργου της σήραγγας. Οι καμπύλες αυτές είναι ενδεικτικές, στα όριά τους, μιας που εξαρτώνται και από τα χαρακτηριστικά του οδοστρώματος, τις κλιματικές συνθήκες, κ.λπ. Όμως, προκύπτει σαφώς η ενιαιοποίηση μιας περιοχής που μέχρι τώρα ήταν πρακτικά ασύνδετη, και ότι αυτό συνεπάγεται. Χαρακτηριστικά, αναφέρεται ότι ο χρόνος διαδρομής Μελισσοουργοί - Θεοδώριανα από περισσότερο από 2 ώρες που είναι σήμερα, μειώνεται σε λιγότερο από μισή ώρα, από κέντρο σε κέντρο των οικισμών.



Εικόνα Ε.22. Ισόχρονες καμπύλες για μετακινήσεις με ΙΧ διάρκειας 30 λεπτών από τους οικισμούς Μελισσοουργοί και Θεοδώριανα για το υφιστάμενο δίκτυο (επάνω) και το σενάριο ανάπτυξης της σήραγγας σύνδεσής τους (κάτω).

Η αλλαγή των χρονοαποστάσεων είναι προφανώς ευρύτερη και έχει επιπτώσεις στο σύνολο της περιοχής των Τζουμέρκων όσο και στη Περιφέρεια Ηπείρου γενικότερα. Στον Πίνακα Ε.19 δίνονται ενδεικτικά κάποιες χαρακτηριστικές εκτιμώμενες χρονοαποστάσεις πριν και μετά την κατασκευή της σήραγγας και της συνοδού βελτίωσης του σχετικού οδικού δικτύου.

Ιδιαίτερη σημασία έχει η νέα σύνδεση της Περιφέρειας Θεσσαλίας με το κέντρο της Περιφέρειας Ηπείρου. Η αναγκαιότητα μια τέτοιας σύνδεσης αποδεικνύεται και από τη σχετικά πρόσφατη ασφαλτόστρωση και σύνδεση μέσω του περάσματος του Μπάρου, μέσω οδού που φτάνει και στα +1.900 m υψόμετρο. Παρόλα αυτά η σύνδεση αυτή και δεν είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική (π.χ. ο δρόμος διαδρομής Πραμάντων - Τρικάλων είναι 3 ώρες και 20 λεπτά) και είναι διακοπτόμενη για σημαντικό τμήμα του έτους. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι το Πάσχα του 2022 το πέρασμα παρέμεινε κλειστό.

Πίνακας Ε.19. Χρόνοι ταξιδιού και αποστάσεις για διαδρομές που σχετίζονται με το έργο, πριν και μετά την κατασκευή του.

Διαδρομή	Υφιστάμενος χρόνος ταξιδιού (απόσταση)	Εκτιμώμενος χρόνος ταξιδιού με την κατασκευή της σήραγγας (απόσταση)	Μείωση χρόνου ταξιδιού
Μελισσοουργοί – Θεοδώριανα	2h 10m (71km)	25m (25km)	-81%
Πράμαντα – Θεοδώριανα	1h 54m (64km)	30m (30km)	-71%
Αθαμάνιο – Πράμαντα	1h 30m (58km)	45m (40km)	-50%
Βουργαρέλι – Πράμαντα	1h 30m (53km)	1h 15m (48km)	-17%
Θεοδώριανα – Ιωάννινα	2h 30m (105km)	2h (80km)	-20%
Περτούλι – Πράμαντα (μέσω Μπάρου)	2h 30m (90km)	2h (100km)	-20%
Ελάτη – Πράμαντα (μέσω Μπάρου)	3h (106km)	2h (100km)	-33%

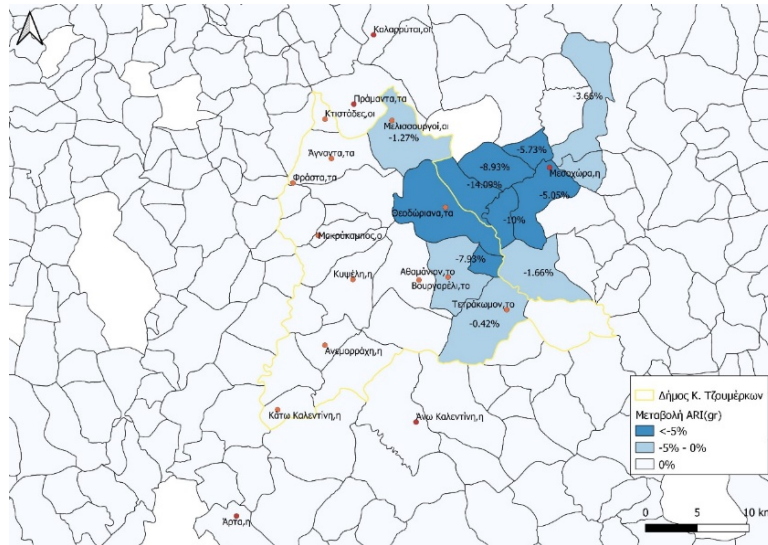
Με την κατασκευή της σήραγγας και τη βελτίωση του υφιστάμενου οδικού δικτύου ο χρόνος της διαδρομής Τρίκαλα – Πράμαντα μειώνεται στις 2,5 ώρες και η απόσταση στα 120 km, από τις 3 ώρες και 170 km μέσω Εγνατίας Οδού και από τις 3,5 ώρες και 150 km μέσω Βουργαρελίου (Πίνακας Ε.20).

Πίνακας Ε.20. Χρόνοι ταξιδιού και αποστάσεις για τις δυνατές διαδρομές Πράμαντα – Τρίκαλα καθώς και τη διαδρομή που θα δημιουργηθεί μέσω της σήραγγας.

Διαδρομή	Χρόνος ταξιδιού (απόσταση)	Μείωση χρόνου ταξιδιού συγκριτικά με τη σήραγγα
Πράμαντα – Θεοδώριανα – Τρίκαλα (μέσω σήραγγας)	2h 30m (120km)	-
Πράμαντα – Βουργαρέλι – Τρίκαλα	3h 35m (150km)	-26%
Πράμαντα – Ματσούκι – Μπάρος – Τρίκαλα	3h 20m (128km)	-22%
Πράμαντα – Μέτσοβο – Τρίκαλα ²	3h (170km)	-13%

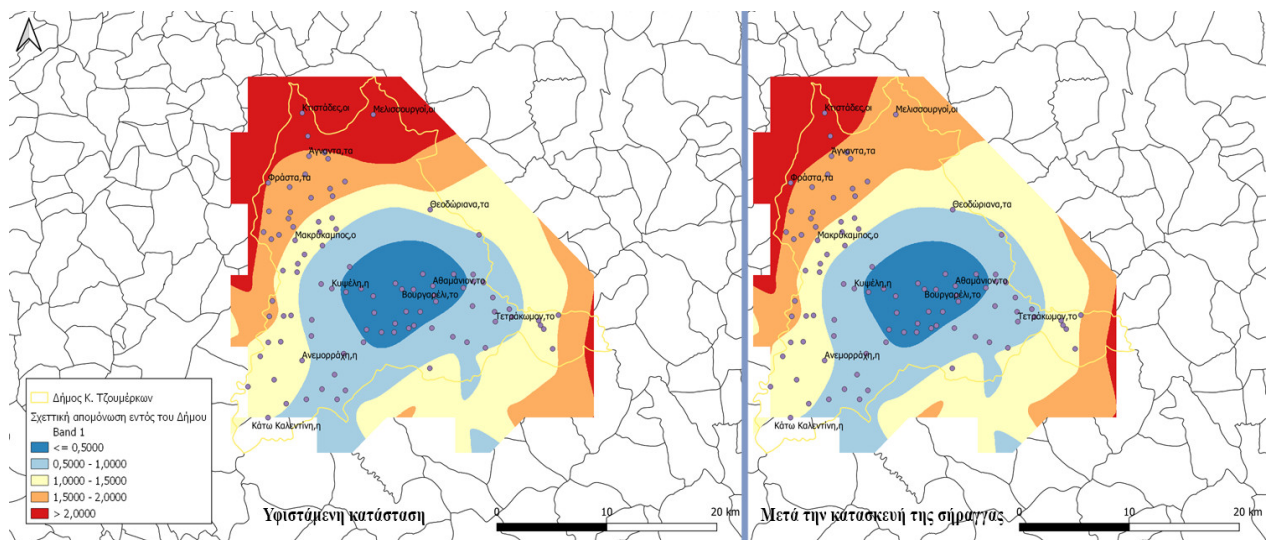
Οι αλλαγές αυτές έχουν ως αποτέλεσμα την μείωση της απομόνωσης των οικισμών της ευρύτερης περιοχής. Σύμφωνα με τον δείκτη ARI(gr), ο οποίος μετρά την απομόνωση των οικισμών, η σύνδεση μέσω σήραγγας και η βελτίωση του υφιστάμενου οδικού δικτύου θα έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της απομόνωσης. Ενδεικτικά, αναφέρεται ότι το έργο θα βελτιώσει την προσβασιμότητα σε τοπικό επίπεδο μέχρι και 15% (Εικόνα Ε.23). Το έργο θα μειώσει άμεσα την απομόνωση συνολικά 13 τοπικών κοινοτήτων με 48 οικισμούς, όχι μόνο στην περιοχή των Τζουμέρκων αλλά και στον γειτονικό Δήμο Πύλης, στη Θεσσαλία. Το όφελος είναι ιδιαίτερα σημαντικό καθώς οι οικισμοί της περιοχής είναι από τους πιο απομονωμένους στην ηπειρωτική Ελλάδα.

² Σημειώνεται ότι στο πραγματικό κόστος ταξιδιού πρέπει να συμπεριληφθεί το κόστος των διοδίων και το κόστος καυσίμων, καθώς η διαδρομή είναι σημαντικά μεγαλύτερη.



Εικόνα Ε.23. Χάρτης μεταβολής της σχετικής απομόνωσης (ARI(gr)) από την κατασκευή της σήραγγας Μελισσουργοί-Θεοδύριανα.

Επίσης, ελέγχθηκε και η μεταβολή της προσβασιμότητας εντός του Δήμου Κεντρικών Τζουμέρκων και η αξία της σήραγγας κυρίως στην πρόσβαση των πολιτών στις υπηρεσίες του Δήμου. Καθώς οι Μελισσουργοί ανήκουν στα Κεντρικά Τζουμέρκα, των οποίων οι δημοτικές υπηρεσίες βρίσκονται στην έδρα του Δήμου, το Βουργαρέλι, οι κάτοικοι των Μελισσουργών πρέπει αυτή τη στιγμή να διανύσουν περίπου 60 km, με μια διάρκεια ταξιδιού 1,5 ώρας, για να φτάσουν σε αυτές τις υπηρεσίες. Οι Μελισσουργοί (και οι Κτιστάδες) είναι οι δύο πιο απομονωμένοι οικισμοί του Δήμου, όσον αφορά στην πρόσβαση σε δημοτικές υπηρεσίες, καταβάλλοντας περισσότερο από το διπλάσιο κόστος ταξιδιού συγκριτικά με τους υπόλοιπους οικισμούς. Η σήραγγα θα βελτιώσει αυτήν την κατάσταση, καθώς η πρόσβαση από τους Μελισσουργούς προς το Βουργαρέλι θα είναι πλέον εφικτή μέσω των Θεοδωριάνων και την Ε.Ο. Άρτας-Τρικάλων. Η μεταβολή της σχετικής προσβασιμότητας, εφαρμόζοντας το μοντέλο του ARI(gr), στα χωρικά όρια του Δήμου Κεντρικών Τζουμέρκων με την κατασκευή της σήραγγας και τη βελτίωση του συνδετήριου φαίνεται στην Εικόνα Ε.24.



Εικόνα Ε.24. Σχετική απομόνωση εντός του Δήμου Κεντρικών Τζουμέρκων (θεωρώντας ως κέντρο υπηρεσιών το Βουργαρέλι) – Υφιστάμενη κατάσταση (αριστερά), μετά την κατασκευή της σήραγγας (δεξιά).

Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά στον τουρισμό, οι αλλαγές στις χρονοαποστάσεις και, κυρίως, η ενιαιοποίηση της περιοχής των Τζουμέρκων που έχει ως αποτέλεσμα η δημιουργία της σήραγγας, καθώς και η βελτίωση του οδικού δικτύου στο οποίο προσαρμόζεται, μπορούν να δημιουργήσουν σημαντικά οφέλη:

- Τη διάχυση του ορεινού τουρισμού που φθάνει μέχρι τα Πράμαντα, υφιστάμενο κέντρο της τουριστικής ανάπτυξης στα Τζουμέρκα, προς την Ορεινή Άρτα και ιδιαίτερα την πιο απομονωμένη αλλά εξαιρετικά ενδιαφέρουσα περιοχή των Θεοδωριάνων - Αθαμανίου.
- Την εισροή ενός νέου τουριστικού ρεύματος από την Περιφέρεια Θεσσαλίας προς τα Πράμαντα και μέσω αυτής στα υπόλοιπα Βόρεια Τζουμέρκα.
- Κυρίως, την αύξηση της ελκυστικότητας περισσότερων προορισμών στην περιοχή των Τζουμέρκων με εύλογο χρόνο μετακίνησης. Το τελευταίο έχει μεγάλη σημασία για περιοχές που, έτσι ή αλλιώς, απέχουν σχετικά πολύ από τα μεγάλα αστικά κέντρα γιατί οδηγεί στην αύξηση των ημερών διαμονής, αλλά και στην επανεπισκεψιμότητα μιας περιοχής.

Όσον αφορά στην τελευταία διάσταση, μια συντηρητική εκτίμηση της αύξησης κατά μόνο μία ημέρα της διαμονής στα Τζουμέρκα, χωρίς καν αλλαγή της δυναμικότητας των τουριστικών υποδομών (560 κλίνες), η οποία αναμένεται σαφώς να αυξηθεί, οδηγεί σε ένα όφελος για την περιοχή πάνω από 2 εκ. ευρώ ετησίως, που από μόνο του αποσβένει το κόστος της σήραγγας, εντός μιας δεκαετίας.

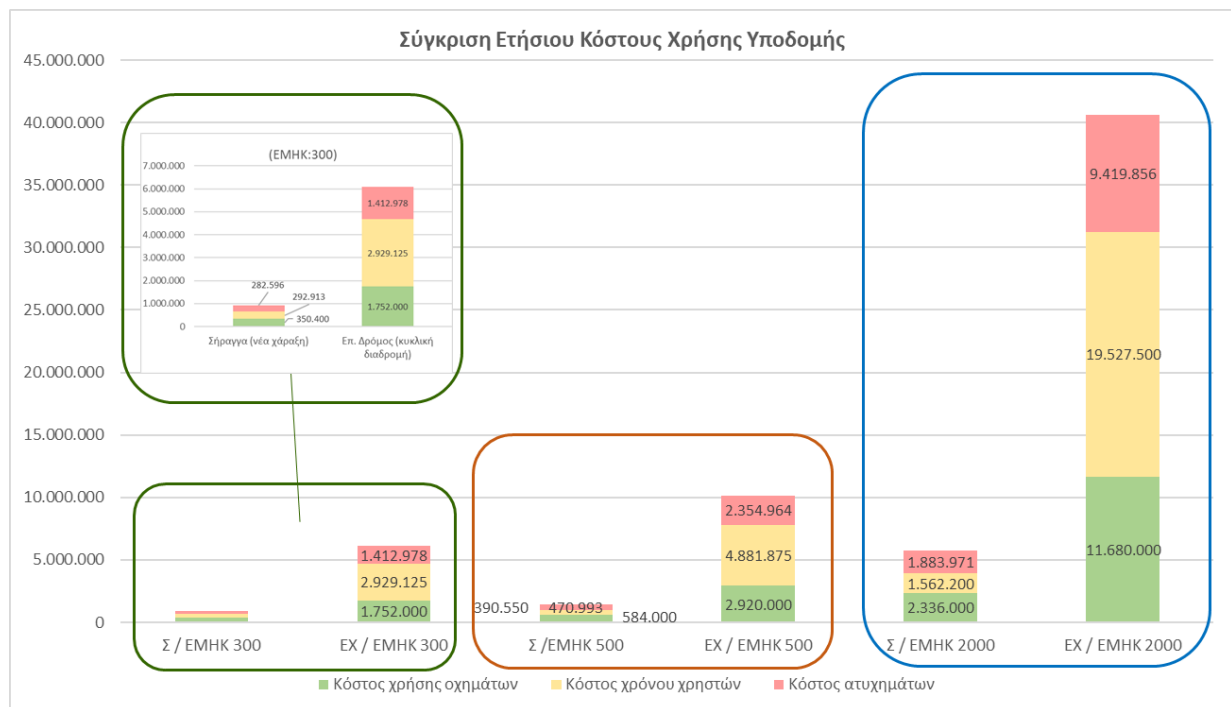
Η τουριστική ανάπτυξη, όπως αναφέρθηκε, δημιουργεί προϋποθέσεις ανάπτυξης και άλλων παραγωγικών δραστηριοτήτων, ειδικά στον ορεινό τουρισμό, όπως η τοπική παραγωγή προϊόντων. Στη συγκεκριμένη περίπτωση της σήραγγας Θεοδωριάνων - Μελισσουργών θα πρέπει να συνεκτιμηθεί η δυνατότητα αναγέννησης της νομαδικής κτηνοτροφίας στην περιοχή. Ένθεν και ένθεν της σήραγγας υπήρχαν ιστορικά κέντρα νομαδικής κτηνοτροφίας, της κύριας δραστηριότητας στην περιοχή, τα οποία φθίνουν διαρκώς, ιδιαίτερα από την πλευρά των Μελισσουργών. Μεταξύ των αιτιών είναι η δύσκολη πρόσβαση αλλά και οι εξαιρετικά δύσκολες συνθήκες ζωής των κτηνοτρόφων, χωρίς ηλεκτρισμό. Η ηλεκτροδότηση της σήραγγας, η οποία μπορεί να επεκταθεί με πολύ χαμηλό κόστος στις γειτονικές στάνες, μπορεί να αλλάξει δραστικά την ποιότητα ζωής και τους όρους παραγωγής των κτηνοτρόφων, οδηγώντας σε αύξηση ξανά της δραστηριότητας. Μια τέτοια εξέλιξη είναι αναμφισβήτητη θετική όχι μόνο για την οικονομική ενίσχυση της περιοχής αλλά και για τη διατήρηση της ιστορικής και πολιτισμικής της ταυτότητας.

Αλλά έμμεσα οφέλη της μείωσης των χρονοαποστάσεων σχετίζονται με το κόστος χρήσης των οχημάτων μετακίνησης, το κόστος του χρόνου μετακίνησης των επιβατών αλλά και με το κόστος των τροχαίων ατυχημάτων. Πρακτικά αξιολογούνται ωφέλειες ή επιπτώσεις που προκύπτουν από την υιοθέτηση της λύσης και διαχέονται στην κοινωνία της περιοχής εκφρασμένα ως χρηματικές αξίες ώστε να είναι δυνατή η πιο εύκολη μεταξύ τους σύγκριση και αποτίμηση. Με βάση στοιχεία και δεδομένα από αντίστοιχες αξιολογήσεις οδικών έργων εκτιμάται το μέσο κόστος χρήσης ενός ΙΧΕ (0,2 €/km), ο μέσος αριθμός ατυχημάτων (0,63 ατυχήματα / 10⁶ οχηματοχιλιόμετρα), το ανηγμένο κόστος ανά ατύχημα (256.000 €/ατύχημα), το κόστος του χρόνου μετακίνησης (10,7 €/hr μετακίνησης και επιβάτη). Στην Εικόνα Ε.25 δίνεται η σχετική ανάλυση για την υφιστάμενη κυκλική διαδρομή, ως η βασική υπάρχουσα λύση, και τη νέα σύνδεση μέσω της σήραγγας, σε σχέση με 3 σενάρια κίνησης οχημάτων (ΕΜΗΚ), 300, 500 και 2000, αντίστοιχα. Η ΕΜΗΚ των 300 οχημάτων αφορά μια αυξημένη κυκλοφορία που βασίζεται σε σημερινές συνθήκες, η ΕΜΗΚ των 500 αυτοκινήτων εκφράζει μια αρκετά αυξημένη επισκεψιμότητα της περιοχής, ενώ η ΕΜΗΚ των 2000 οχημάτων/ημέρα αφορά τη μέγιστη ΕΜΗΚ που μπορεί να εξυπηρετηθεί από τη σήραγγα, αν και αυτή είναι λιγότερο πιθανό να

πραγματοποιηθεί στο μεσοπρόθεσμο μέλλον.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ανάλυσης υπάρχουν σημαντικές διαφορές στα εν λόγω κόστη, τα οποία διαχέονται στους χρήστες του έργου, δηλαδή στην κοινωνία, που κυμαίνονται από 5,1 εκ. € έως και 34,8 εκ. € για τις τιμές ΕΜΗΚ των 300 και 2000 οχημάτων, αντίστοιχα.

Ειδικά για την ΕΜΗΚ των 300 οχημάτων, η οποία είναι κοντά στην υφιστάμενη κατάσταση, οι χρήστες της υφιστάμενης υποδομής της περιμετρικής οδού επιβαρύνονται συνολικά, σε ετήσια βάση, περί τα 6,1 εκ. € για τη χρήση της, ενώ οι χρήστες της νέας σύνδεσης μέσω της σήραγγας θα επιβαρύνονται περί τα 0,93 εκ. €. Προκύπτει, επομένως, ένα σημαντικό, έμμεσο πλην απολύτως υπαρκτό κοινωνικό όφελος, από τη μείωση των χρονοαποστάσεων, της τάξης των 5 εκ. € σε ετήσια βάση, σύμφωνα με το πιο συντηρητικό σενάριο.



Εικόνα Ε.25. Σύγκριση Ετήσιου Κόστους Χρήσης Υποδομής (ΕΜΗΚ: 300, 500, 2000).

Από περιβαλλοντικής πλευράς, το έργο αξιολογείται και για τη φάση της κατασκευής αλλά, κυρίως, για τη φάση της λειτουργίας του, στο συνοδευτικό τεύχος της προκαταρκτικής Εκτίμησης των Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων.

Γενικά, όπως αναφέρθηκε, μια σήραγγα παρουσιάζει εγγενή πλεονεκτήματα, όσον αφορά την αλληλεπίδραση με το οικοσύστημα της περιοχής και την προστασία του περιβάλλοντος. Όσον αφορά στη φάση κατασκευής, οι επιπτώσεις της κατασκευής της σήραγγας είναι προσωρινού χαρακτήρα, έχουν μικρή ή μέτρια ένταση και είναι κατά βάση πλήρως αναστρέψιμες. Οι εργασίες γίνονται στο μέγιστο βαθμό υπόγεια και δεν θα υπάρχει σημαντική παρέμβαση στο εξωτερικό περιβάλλον, πλην των σημείων των στομιών της σήραγγας. Η εφαρμογή των όρων που προτείνονται στην προκαταρκτική Εκτίμηση των Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων μειώνει έτι περαιτέρω τις επιπτώσεις αυτές.

Ενδιαφέρον, όμως, παρουσιάζει η περιβαλλοντική αξιολόγηση της λειτουργίας του έργου επίσης συγκριτικά με τις υφιστάμενες δυνατότητες πρόσβασης (περιμετρικός δρόμος, χωμάτινη οδός πάνω

από το «Αυτί»). Βασική επίπτωση της περιμετρικής / κυκλικής διαδρομής (Μελισσουργοί – Θεοδωριανά) είναι η σημαντική επιβάρυνση της ποιότητας ατμόσφαιρας από τις αέριες εκπομπές των οχημάτων. Υπολογίζεται ότι για ένα μέσο ΙΧΕ η μέση εκπομπή CO₂ για την ολοκλήρωση της κυκλικής διαδρομής είναι της τάξης των 13,5 kg. Στον Πίνακα Ε.21 δίνονται οι εκτιμήσεις κατανάλωσης καυσίμου και έκλυσης CO₂ για την περίπτωση των δύο δυνατών εναλλακτικών πρόσβασης σήμερα (κυκλική, χωμάτινη οδός) καθώς και για το έργο της σύνδεσης των οικισμών μέσω σήραγγας.

Πίνακας Ε.21. Εκτίμηση κατανάλωσης καυσίμου (lt) και εκπομπών CO₂ για την κίνηση ΙΧΕ μεταξύ των οικισμών Μελισσουργών – Θεοδωριάνων, σύμφωνα με τα σενάρια αξιολόγησης.

	Υφιστάμενη Κυκλική Διαδρομή	Υφιστάμενη Χωμάτινη οδός (Αυτί)	Νέα Σύνδεση μέσω του έργου σήραγγας
Κατανάλωση καυσίμου (lt)	5,75	1,98	1,04
Εκπομπές CO ₂ (kg)	13,75	4,74	2,47

Σύμφωνα με τον Πίνακα, η λύση της σήραγγας εξασφαλίζει μια μείωση της τάξης του 80%, λόγω μείωσης της απόστασης αλλά και σημαντικής βελτίωσης των χαρακτηριστικών της διαδρομής. Επίσης, υπάρχει μια μείωση της τάξης του 45% σε σχέση με τις αέριες εκπομπές της χωμάτινης οδού.

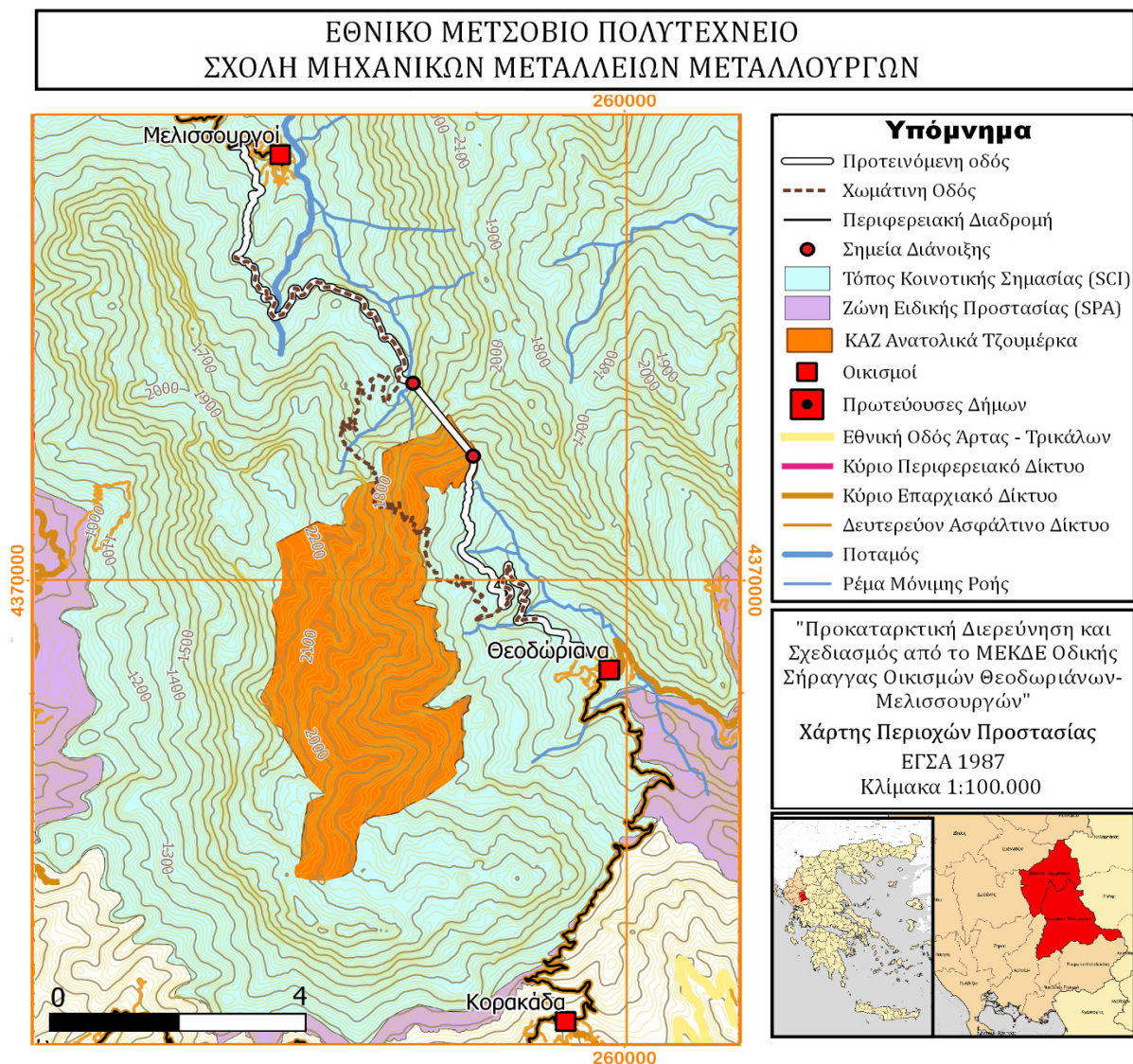
Τα βασικά περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα της σήραγγας, έναντι της χωμάτινης οδού σχετίζονται με την διάσχιση της δεύτερης, σε μεγάλο μήκος, εντός προστατευμένης περιοχής, Καταφυγίου Άγριας Ζωής. Οι περιβαλλοντικές οχλήσεις, όσον αφορά στον θόρυβο, την σκόνη, τη φωτορρύπανση τα βράδια και κυρίως τη διάσπαση του οικοσυστήματος είναι σημαντικές. Επίσης, εξαιρετικά σημαντική είναι η προσβολή του τοπίου (Εικόνα Ε.26).



Εικόνα Ε.26. Άποψη του κεντρικού τμήματος της διαδρομής και της ανάβασης στην θέση «Αυτί» (πλευρά Μελισσουργών).

Στο πλαίσιο του ερευνητικού έργου εκτιμήθηκε η προσβολή του τοπίου, με δείκτη τα τ.μ. κάθετης εκσκαφής που απαιτούνται στην περίπτωση της σήραγγας και της χωμάτινης οδού. Πιο συγκεκριμένα, υπολογίστηκε ότι στην περίπτωση της χωμάτινης οδού και συγκεκριμένα του τμήματος που αντιστοιχεί στην σύνδεση των αντίστοιχων σημείων με αυτών που συνδέει η σήραγγα, η συνολική επιφάνεια εκσκαφής ανέρχεται σε περίπου 20.000 m², ενώ στην περίπτωση της σήραγγας η αντίστοιχη επιφάνεια αφορά μεμονωμένα τις δύο εισόδους της σήραγγας και αντιστοιχεί σε περίπου 300 m², συνολικά. Για να γίνει μάλιστα η εν λόγω διαδρομή βιώσιμη εναλλακτική, απαιτούνται νέες χαράξεις, εκσκαφές και παρεμβάσεις με σημαντικές επιπτώσεις στο τοπίο, στη χλωρίδα και πανίδα της περιοχής, οι οποίες πέραν του ερωτήματος της τεχνικής εφικτότητας κρίνονται και περιβαλλοντικά μη αποδεκτές.

Κατά τη φάση της λειτουργίας της υποδομής, η διέλευση από τη σήραγγα δημιουργεί ελάχιστες επιπτώσεις στο περιβάλλον της περιοχής, καθώς πλέον η κυκλοφορία μεταφέρεται υπόγεια παρακάμπτοντας πλήρως το Καταφύγιο Άγριας Ζωής (ΚΑΖ), όπως χαρακτηριστικά φαίνεται στην Εικόνα Ε.27.



Εικόνα Ε.27. Θέση του προτεινόμενου έργου σε σχέση με την περιοχή του Καταφύγιου Άγριας Ζωής σε και τις άλλες οδούς σύνδεσης των οικισμών Μελισσουργών – Θεοδωριάνων.

Η στην πράξη ακύρωση και αντικατάσταση της χωμάτινης οδού από τη σήραγγα δημιουργεί, επίσης, προϋποθέσεις ανάκτησης μιας ευαίσθητης περιβαλλοντικά περιοχής. Αξιοποιείται και βελτιώνεται το υφιστάμενο δίκτυο των αγροτικών οδών της περιοχής με ελάχιστες παρεμβάσεις και το υπόγειο τμήμα, λειτουργώντας ως σήραγγα «βάσης» δεν προκαλεί καμία σχεδόν παρέμβαση στο τοπίο και στον ορεινό όγκο που παρακάμπτει. Συνεπώς, η λειτουργία του έργου δεν δημιουργεί καμία επίδραση στο τοπίο (πέρα από τα σημεία εισόδου-εξόδου της σήραγγας), δεν επιβαρύνει το ακουστικό περιβάλλον του ορεινού όγκου και δεν επιδρά αρνητικά στη χλωρίδα και κυρίτερα στην πανίδα της περιοχής. Ταυτόχρονα, οριοθετούνται και ελέγχονται οι θέσεις επίσκεψης και ο άξονας κίνησης των οχημάτων που πλέον δεν μπορούν να κινούνται ανεξέλεγκτα στον ορεινό όγκο, ενώ γίνεται δυνατή η ευκολότερη πρόσβαση και υποστήριξη παραδοσιακών δραστηριοτήτων της περιοχής, όπως η νομαδική κτηνοτροφία αλλά και ο καλύτερος και αποτελεσματικότερος έλεγχός της.

Τέλος, η ευρύτερη βελτίωση του οδικού δικτύου της περιοχής συμβάλλει στην αντιπυρική προστασία του οικοσυστήματος. Γενικότερα, η αντίληψη της εγκατάλειψης ενός οικοσυστήματος ως μέσο προστασίας δεν είναι μια σωστή επιστημονικά άποψη. Ιδιαίτερα στην εποχή της κλιματικής αλλαγής το ενδεχόμενο δασικής πυρκαγιάς σε περιοχές χωρίς ιστορικό προηγούμενο είναι ισχυρό. Σε αυτές τις περιπτώσεις, στις οποίες τα ορεινά δασικά οικοσυστήματα δεν έχουν ισχυρούς μηχανισμούς αναγέννησης, η άμεση αντίδραση και ενεργητική προστασία τους με τα κατάλληλα μέσα είναι καθοριστικής σημασίας. Παρά την καχυποψία που συχνά αντιμετωπίζεται η οδοποιία εξαιτίας των πιθανών περιβαλλοντικών επιπτώσεων, η συμβολή της στην προστασία του φυσικού περιβάλλοντος από πυρκαγιές είναι ιδιαίτερα σημαντική (Laschi et al., 2019, Picchio et al., 2018; Zhang et al., 2020).

Η Ελλάδα έχει ένα εκτεταμένο δίκτυο ασφαλτοστρωμένων δρόμων που εξυπηρετεί περιοχές Natura. Οι δρόμοι αυτοί καλύπτουν τις ανάγκες προσβασιμότητας της περιοχής και βελτιώνουν την αντιπυρική προστασία. Κάποιοι από αυτούς βρίσκονται και σε μεγάλα υψόμετρα, με χαρακτηριστικό το δρόμο Ματσούκι - Μπάρος - όρια Νομού Τρικάλων - Καλαρίτες που αγγίζει σε υψόμετρο τα +1.900 m. Επιπλέον, περισσότερα από 550 km ασφαλτοστρωμένων δρόμων βρίσκονται σε υψόμετρα μεγαλύτερα των +1.250 m (Πίνακας Ε.22).

Πίνακας Ε.22. Συνολικό μήκος δικτύου και μέγιστο μήκος άξονα για το εθνικό οδικό δίκτυο εντός περιοχών Natura και σε υψόμετρο άνω των 1250m.

	Συνολικό μήκος δικτύου (km)	Μέγιστο μήκος άξονα (km)
Εντός περιοχών Natura	7.144	132
Σε υψόμετρο >1.250m	552	26
Εντός Natura και σε υψόμετρο >1.250m	199	20

Συγκεντρωτικά, παρατίθεται ο Πίνακας Ε.23 που αξιολογεί τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις κατά την κατασκευή και φάση λειτουργίας του έργου.

Πίνακας Ε.23. Προσδιορισμός Αναμενόμενων Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων.

	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ	
	Φάση κατασκευής	Φάση λειτουργίας
Κλιματικά και μετεωρολογικά	Μηδενικές	Μηδενικές
Μορφολογικά και τοπολογικά	<ul style="list-style-type: none"> Αλλοιώσεις τοπικά από διαδικασίες εκσκαφής και τις λοιπές χωματοουργικές εργασίες. Η λειτουργία του εργοταξίου θα επηρεάσει προσωρινά το τοπίο της περιοχής με την μεταφορά των οχημάτων, του εξοπλισμού και των υλικών από και προς τα εργοτάξια, τα λατομεία κλπ. 	<ul style="list-style-type: none"> Δεν αναμένονται εκτεταμένες διαφοροποιήσεις. Το μέγεθος των οπτικών επιπτώσεων περιορίζεται στην περιοχή των στομιών της σήραγγας.
Γεωλογικά και εδαφολογικά	<ul style="list-style-type: none"> Επιδράσεις τοπικού χαρακτήρα για την κατασκευή των στομιών της σήραγγας και την εξασφάλιση των πρανών έναντι αστοχιών και καταπτώσεων, ιδιαίτερα στην περιοχή του στομίου από την πλευρά των Μελισσουργών. 	Μηδενικές
Φυσικό περιβάλλον	<ul style="list-style-type: none"> Σημειακή αφαίρεση βλάστησης που περιορίζεται στην περιοχή των στομιών της σήραγγας. Υπαρξη θορύβου από επιφανειακές εργασίες που θα επιδράσει τοπικά στην πανίδα της περιοχής. 	Μηδενικές
Ανθρωπογενές περιβάλλον: <ul style="list-style-type: none"> ➤ Χωροταξικός σχεδιασμός – Χρήσεις Γης ➤ Διάρθρωση και λειτουργίες του ανθρωπογενούς περιβάλλοντος ➤ Πολιτιστική κληρονομιά 	<ul style="list-style-type: none"> Εκτιμώνται μικρές επιπτώσεις στις χρήσεις Γης από προσωρινές διευθετήσεις που απαιτούνται (χώρος εργοταξίου). 	<p><i>Μηδενικές:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ως προς τον χωροταξικό σχεδιασμό, τις χρήσεις γης, τη διάρθρωση και τη λειτουργία του ανθρωπογενούς περιβάλλοντος. <p>Θετικές:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ ως προς την πολιτιστική κληρονομιά εφόσον η ολοκλήρωση του έργου θα συμβάλει στη δημιουργία κατάλληλων συνθηκών πρόσβασης για την ανάδειξή τους.
Κοινωνικό-οικονομικό περιβάλλον	<p>Θετικές:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Αυξημένες δυνατότητες απασχόλησης στο έργο από το εργατοτεχνικό δυναμικό της ευρύτερης περιοχής. ✓ Βελτίωση στην κοινωνικο-οικονομική ανάπτυξη της περιοχής από άλλες εμπορίου, υπηρεσιών, κ.α. που θα απαιτηθούν για την υλοποίηση του έργου 	<p>Θετικές:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Δυνατότητα άμεσης και ασφαλούς πρόσβασης στην ευρύτερη περιοχή. ✓ Δυνατότητα για τόνωση της οικονομικής ανάπτυξης με αύξηση της παραγωγικότητας, εμπορίου, νομαδικής κτηνοτροφίας, τοπικών προϊόντων και τουρισμού
Τεχνικές υποδομές	Μηδενικές	<p>Θετικές:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Σημαντική βελτίωση των οδών πρόσβασης αλλά και δυνατότητα επέκταση του δικτύου ηλεκτροδότησης της περιοχής.

Ανθρωπογενείς πιέσεις στο περιβάλλον	<ul style="list-style-type: none"> Βραχυχρόνια ζητήματα που σχετίζονται με την διαχείριση των αποβλήτων εκσκαφής, αποκατάσταση επιφανειακών χώρων τα οποία αναμένεται να αντιμετωπιστούν με την ολοκλήρωση του έργου. 	Μηδενικές
Ποιότητα αέρα	<ul style="list-style-type: none"> Αναμένεται να προκύψουν μικρής κλίμακας εκπομπές αερίων ρύπων στην θέση ανάπτυξης του έργου κυρίως κατά το στάδιο δημιουργίας του ορύγματος και των επακόλουθων χωματουργικών εργασιών. 	<ul style="list-style-type: none"> Ασθενείς εκπομπές αερίων ρύπων από την κίνηση των αυτοκινήτων.
Θορύβος και δονήσεις	<ul style="list-style-type: none"> Τοπική όχληση της πανίδας της περιοχής, λόγω του θορύβου από τις εργασίες κατασκευής, ενώ δεν αναμένονται θέματα επιπτώσεων από δονήσεις. 	<ul style="list-style-type: none"> Τοπικές εκπομπές θορύβου στις περιοχές των στομιών
Ηλεκτρομαγνητικά πεδία	Μηδενικές	Μηδενικές
Υδατα	<ul style="list-style-type: none"> Πιθανή επίδραση ασθενούς χαρακτήρα με υπόγεια υδροφορία της περιοχής (σε περίπτωση συνάντησης του υδροφορέα) Αμελητέα επίδραση από πιθανά απόβλητα λόγω διαρροών και αστοχιών εξοπλισμού για τα οποία θα υπάρχει σχετική πρόβλεψη αντιμετώπισης . Αμελητέες επιπτώσεις λόγω χρήσης επιφανειακών υδάτων για την εκτέλεση του έργου 	Μηδενικές

Συμπεράσματα

1. Η σήραγγα Μελισσουργών-Θεοδωριάνων είναι οδικό έργο στρατηγικής σημασίας για τα Τζουμέρκα και την Ήπειρο γενικότερα. Ολοκληρώνει τον «δακτύλιο των Τζουμέρκων» και αποκαθιστά την ιστορική, πολιτισμική και παραγωγική ενότητα των Τζουμέρκων, αντιστρέφοντας σημάδια ανισόμετρης ανάπτυξης. Διευρύνει τη βάση ανάπτυξης και των δύο Δήμων, με ενίσχυση της αμοιβαίας κινητικότητας, προς όφελος των Τζουμέρκων συνολικά. Βελτιώνει την ποιότητα ζωής των κατοίκων της ευρύτερης περιοχής. Αναβαθμίζει τη σημασία των ιστορικών οικισμών των Θεοδωριάνων και Μελισσουργών, των πλέον απομονωμένων οικισμών σήμερα, μιας που αυτοί και οι όμοροί τους οικισμοί (Πράμαντα, Αθαμάνιο, κ.λ.π.) θα βρεθούν από το άκρο της μισής περιοχής των Τζουμέρκων στο μέσον ολόκληρης. Συνολικά το έργο μειώνει άμεσα την απομόνωση σε 48 οικισμούς της περιοχής των Τζουμέρκων και του Δήμου Πύλης, στη Θεσσαλία, δηλαδή σε μια από τις πλέον απομονωμένες περιοχές της Ηπειρωτικής Ελλάδας. Για την Περιφέρεια Ηπείρου εξασφαλίζεται μια νέα σύνδεση με την Περιφέρεια Θεσσαλίας και την υπόλοιπη Ελλάδα, αδιάλειπτης λειτουργίας καθ' όλο το χρόνο, μέσω της σύνδεσης με την Εθνική Οδό Άρτας-Τρικάλων. Η σύνδεση αυτή παρουσιάζει σημαντικές προοπτικές μιας που οδηγεί με ταχύτητα και ασφάλεια προς το κέντρο της Περιφέρειας και στη συνέχεια προς την Δυτική Μακεδονία.
2. Η σήραγγα Θεοδωριάνων - Μελισσουργών ως συγκοινωνιακό έργο παρουσιάζει υψηλή αποτελεσματικότητα. Στην ουσία πρόκειται για μια «σήραγγα βάσης» που διασχίζει τον ορεινό όγκο της Τούρλας στο χαμηλότερο σημείο του, αντικαθιστώντας διαδρομή πολλαπλάσιων χιλιομέτρων. Η αποτελεσματικότητα της σήραγγας (όχι η σημασία της) είναι ανάλογη της παράκαμψης του περάσματος της Κατάρρας μέσω της σήραγγας Μετσόβου ή της παράκαμψης του ορεινού όγκου Παλαιοβούνα στην περιοχή Αντιρρίου μέσω της σήραγγας της Κλόκοβας. Το έργο

βρίσκεται σε πλήρη συνάφεια με τους αναπτυξιακούς στόχους σε επίπεδο χώρας (Εθνικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού Και Αειφόρου Ανάπτυξης, Εθνικό Στρατηγικό Σχέδιο Μεταφορών Ελλάδας). Το έργο μπορεί να αποτελέσει παράδειγμα για την επέκταση της σήραγγοποιίας στην Ελλάδα για την ενίσχυση των ορεινών περιοχών, κατά τα πρότυπα των αναπτυγμένων χωρών.

3. Η σήραγγα Θεοδωριάνων - Μελισσουργών ως τεχνικό έργο είναι ιδιαίτερων απαιτήσεων. Όταν κατασκευαστεί θα είναι η υψηλότερη σήραγγα της Ελλάδας, ενώ θα ανήκει στις λίγες σήραγγες στην Ελλάδα που έχουν υπερκείμενα της τάξης των 500 m. Η θέση της χάραξης και οι γεωτεχνικές συνθήκες είναι απαιτητικές. Οι ιδιαιτερότητες και δυσκολίες, όμως, αυτές βρίσκονται εντός του διαμετρήματος των δυνατοτήτων του τεχνικού κόσμου της χώρας, με βάση την αποκτηθείσα εμπειρία των τελευταίων δεκαετιών.
4. Ο προϋπολογισμός του Έργου κρίνεται απολύτως αιτιολογημένος συγκρινόμενος με τα αναπτυξιακά και περιβαλλοντικά οφέλη που προκύπτουν από την υλοποίηση του έργου, όπως αυτά αποδεικνύονται στα αντίστοιχα κεφάλαια. Η ερευνητική ομάδα έχει πλήρη επίγνωση ότι η κοινωνική και παραγωγική ανασυγκρότηση μιας ορεινής περιοχής δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί με «μια κίνηση», όποια κι αν είναι αυτή. Απαιτείται δέσμη μέτρων, στο πλαίσιο μιας ειδικής πολιτικής ενίσχυσης των ορεινών περιοχών. Η παρατήρηση, όμως, αυτή σε τίποτε δεν μειώνει τη στρατηγική σημασία της συγκεκριμένης πρότασης.