

Copyright © Σπίθας Χρήστος-Ηλίας , 2021

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση σε αρχείο πληροφοριών, διανομή, αναπαραγωγή, μετάφραση ή μετάδοση της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό, υπό οποιαδήποτε μορφή και με οποιοδήποτε μέσο επικοινωνίας, ηλεκτρονικό ή μηχανικό, χωρίς την προηγούμενη έγγραφη άδεια της συγγραφέως. Επιτρέπεται η αναπαραγωγή, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν στη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από τη Σχολή Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέως (Ν. 5343/1932, Άρθρο 202).

Copyright © Spithas Chris-Elias , 2021

All Rights Reserved

All Rights Reserved Neither the whole nor any part of this diploma thesis may be copied, stored in a retrieval system, distributed, reproduced, translated, or transmitted for commercial purposes, in any form or by any means now or hereafter known, electronic or mechanical, without the written permission from the author. Reproducing, storing, and distributing this thesis for non-profitable, educational or research purposes is allowed, without prejudice to reference to its source and to inclusion of the present text. Any queries in relation to the use of the present thesis for commercial purposes must be addressed to its author.

Approval of this diploma thesis by the School of Civil Engineering of the National Technical University of Athens (NTUA) does not constitute in any way an acceptance of the views of the author contained herein by the said academic organization (L. 5343/1932, art. 202).

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Στέργιο Μαυρομάτη, Επίκουρο Καθηγητή της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε με την ανάθεση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, για την υποστήριξη του καθώς και για την άριστη συνεργασία. Επιπλέον, οφείλω να τον ευχαριστήσω για τη σωστή καθοδήγηση του αλλά και για όλο το πλήθος των γενικότερων γνώσεων που μου μετέδωσε.

Παράλληλα, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλα τα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής: κ. Λοΐζο, Καθηγητή της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ, και κ. Γιαννή, Καθηγητή της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ, για τις γνώσεις που μου προσέφεραν καθ' όλη τη διάρκεια της φοίτησης μου στη σχολή.

Οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στον Βασίλη Ματράγκο, Υποψήφιο Διδάκτορα ΕΜΠ και προσωπικό μου φίλο, για τις παρατηρήσεις και τις συμβουλές του κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.

Ένα ιδιαίτερο ευχαριστώ στην κ. Πλατή, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια ΕΜΠ, για την βοήθεια της στην εκπόνηση και εξέλιξη της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την αδιάκοπη ηθική και υλική υποστήριξη που μου προσέφερε κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

Αθήνα, Μάρτιος 2021

Σπίθας Χρήστος-Ηλίας

*Στη μητέρα μου,
που μου έμαθε τι σημαίνει δύναμη ψυχής.*

Περίληψη

Διερεύνηση της απαιτούμενης διαπλάτυνσης ως προς τη διέλευση βαρέων οχημάτων μεταφοράς εξοπλισμού ανεμογεννητριών

Σπίθας Χρήστος-Ηλίας

Επιβλέπων: Μαυρομάτης Στέργιος, Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ

Η εντατικοποίηση των εγκαταστάσεων των αιολικών πάρκων στο πλαίσιο της «πράσινης» και βιώσιμης ενέργειας δημιουργεί νέες απαιτήσεις όσον αφορά στην ικανότητα υποδομής. Πιο συγκεκριμένα, οι υφιστάμενοι αγροτικοί δρόμοι δύο λωρίδων δεν μπορούν να ικανοποιήσουν τα απαιτούμενα ειδικά βαρέα οχήματα για τη μεταφορά ανεμογεννητριών, λόγω περιορισμών οδοστρώματος, καθώς και, ελευθέρου εμποδίων χώρου. Η μελέτη ερευνά τις παραμέτρους που επηρεάζουν τις απαιτήσεις διαπλάτυνσης οδοστρώματος και ελευθέρου χώρου για ένα πλήθος οριζοντιογραφιών μέσω πορειών προσομοίωσης χρησιμοποιώντας εξειδικευμένο λογισμικό. Αρχικά, καταγράφονται οι απαιτήσεις μεταφοράς ενός αιολικού πάρκου ως προς τις διαστάσεις του εξοπλισμού για διάφορα μοντέλα ανεμογεννητριών, μαζί με τα χαρακτηριστικά των οχημάτων που θα ήταν κατάλληλα για τη μεταφορά των πιο κρίσιμων στοιχείων εξοπλισμού των ανεμογεννητριών. Η αξιολόγηση έδειξε ότι το πιο δυσμενές στοιχείο που πρέπει να μεταφερθεί είναι το πτερύγιο, και για το σκοπό αυτό, καθορίστηκαν κατάλληλες παράμετροι διαστάσεων οχήματος. Πραγματοποιήθηκαν προσομοιώσεις πορείας οχήματος για 180 διαφορετικά σενάρια χάραξης, με ποικίλες ακτίνες οριζόντιων καμπύλων, γωνίες στροφής και πλάτη οδοστρώματος. Κατασκευάστηκαν τα αντίστοιχα σχέδια για κάθε σενάριο προσομοίωσης, από τα οποία υπολογίστηκε η απαιτούμενη διαπλάτυνση οδοστρώματος τόσο εσωτερικά όσο και εξωτερικά της καμπύλης. Με στόχο τη μοντελοποίηση των απαιτήσεων διαπλάτυνσης, η στατιστική ανάλυση αποκάλυψε μια αρκετά ισχυρή εξίσωση γραμμικής παλινδρόμησης δεύτερου βαθμού, όπου η κύρια ανεξάρτητη παράμετρος είναι το μήκος του οχήματος, το οποίο μεταφράζεται στο μήκος του πτερυγίου που πρόκειται να μεταφερθεί. Η προτεινόμενη προσέγγιση αποτελεί ένα πολύτιμο εργαλείο για τους κατασκευαστές αιολικών πάρκων και τις αρχές οδικών υποδομών προκειμένου να εκτιμήσουν τους περιορισμούς, το κόστος, τις πρόσθετες χωρικές απαιτήσεις, καθώς και τις πιθανές περιβαλλοντικές επιπτώσεις κατά την εγκατάσταση αιολικών πάρκων. Ωστόσο, απαιτείται περαιτέρω έρευνα προκειμένου να ποσοτικοποιηθεί η επίδραση πρόσθετων παραμέτρων, όπως οι απαιτούμενες κλίσεις και η φέρουσα ικανότητα οδοστρώματος.

Λέξεις-κλειδιά: αιολικό πάρκο, ασφάλεια, οδόστρωμα, διαπλάτυνση, προσομοίωση, γραμμική παλινδρόμηση

Abstract

Investigating the required road bend widening for the accommodation of heavy vehicles transporting wind farms equipment

Spithas Chris Elias

Supervisor: Mavromatis Stergios, Assistant Professor NTUA

The intensification of wind farms premises in the context of green and sustainable energy calls for new requirements in terms of infrastructure capacity. More specifically, existing two-lane rural roads fail to accommodate the required special heavy vehicles for the transportation of wind turbines, due to pavement, as well as free space clearance restrictions. The paper investigates the parameters that affect pavement widening and clearance requirements for a number of horizontal alignments through simulated runs utilizing a specialised software. Initially, the transport requirements of a wind farm in terms of their dimensions are recorded for various wind turbine models, together with the characteristics of the vehicles that would be suitable to transport the most critical elements of the wind turbines' equipment. The assessment revealed the wind blade as the most unfavourable element to be transported, and for this purpose, appropriate vehicle dimension parameters were defined. Vehicle swept path analyses were performed for 180 different alignment scenarios, with varying horizontal radii, turning angles and pavement width. The respective layouts for each scenario were delivered, from which the required pavement widening was calculated both internally and externally to the curve. Aiming to model the widening requirements, the statistical analysis revealed a rather strong second-degree linear regression equation, where the primary independent parameter is the length of the vehicle, which is translated to the length of the blade to be transported. The proposed approach constitutes a valuable tool for wind farm manufacturers and road authorities in order to assess restrictions, cost, additional space requirements, as well as potential environmental impacts during wind turbine installations. However, further research is necessary in order to quantify the effect of additional parameters, such as those of grade and pavement reinforcement requirements.

Keywords: wind farm, safety, pavement, widening, swept path analysis, linear regression

Περιεχόμενα

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1. ΓΕΝΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	1
1.2. ΣΤΟΧΟΣ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	2
1.3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	2
1.4. ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	3
 2.ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΑΣΕΙΣ	 6
2.1. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	6
2.2. ΣΗΜΕΡΙΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	9
2.2.1 ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΕΠΙΠΕΔΟ	9
2.2.2. ΕΥΡΩΠΗ	10
2.2.3. ΕΛΛΑΔΑ	11
2.2.4. ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΑΔΕΙΟΔΟΤΗΣΗΣ ΑΠΕ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	13
 3. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ	 16
3.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	16
3.2. Η ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑ	16
3.2.1. ΤΥΠΟΙ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ	16
3.2.2. ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥ ΑΞΟΝΑ	18
3.3. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ	20
3.3.1 ΕΙΔΙΚΕΣ ΟΔΙΚΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ ΥΠΕΡΒΑΡΩΝ ΚΑΙ ΥΠΕΡΜΕΓΕΘΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ	21
3.3.2. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΕΛΕΥΣΗ ΒΑΡΕΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ	23
3.3.3. ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ	24
3.3.4. ΒΑΣΙΚΑ ΚΟΜΜΑΤΙΑ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑ	30
3.3.5. ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΠΤΕΡΥΓΙΩΝ	32
3.4. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΠΟΡΕΙΑΣ ΟΧΗΜΑΤΟΣ AUTOTURN	36
3.5 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΟΔΟΠΟΙΑΣ ANADELTA TESSERA	37
3.6 ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ	38
3.6.1. ΕΞΙΣΩΣΗ ΤΗΣ ΠΟΛΛΑΠΛΗΣ ΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ	39

3.6.2. ΠΟΛΥΩΝΥΜΙΚΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗ	39
3.6.3. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	40
4 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ	44
4.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	44
4.2. ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.....	44
4.2.1. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ NORDEX.....	44
4.2.2. ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	47
4.2.3. ΚΑΘΟΡΙΣΜΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΙΑ ΠΡΟΤΥΠΕΣ ΣΤΡΟΦΕΣ.....	51
5 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	52
5.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	52
5.2. ΧΑΡΑΞΗ ΠΡΟΤΥΠΩΝ ΣΤΡΟΦΩΝ ΣΤΟ ΑΝΑΔΕΛΤΑ TESSERA	52
5.2.2. ΧΑΡΑΞΗ ΤΡΟΧΙΑΣ ΜΕΣΩ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ AUTOTURN	53
5.3. ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	58
5.3.1. ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗ.....	58
5.3.2. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ.....	68
5.3.3 ΠΟΛΛΑΠΛΗ ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗ ΜΕ ΟΡΟΥΣ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΚΑΙ ΔΕΥΤΕΡΑΣ ΤΑΞΗΣ.....	68
5.3.4 ΑΠΛΟΠΟΙΗΣΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ ΜΕ ΟΡΟΥΣ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΚΑΙ ΔΕΥΤΕΡΑΣ ΤΑΞΗΣ	74
6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ	81
6.1. ΣΥΝΟΨΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	81
6.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	82
6.3 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ.....	83
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	81
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	81
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β	85

Ευρετήριο εικόνων

Εικόνα 2.1: Ιστιοφόρα για διέλευση του Νείλου από τους Αιγύπτιους (πηγή: Canadian Museum of History).....	6
Εικόνα 2.2: Περσικοί ανεμόμυλοι για σύνθλιψη σιτηρών και άντληση νερού (πηγή: Solaripedia).....	6
Εικόνα 2.3: Ανεμόμυλοι οριζοντίου άξονα στην Ολλανδία (πηγή: European Traveler).....	7
Εικόνα 2.4: Ο πρώτος κατασκευασμένος ανεμόμυλος για παραγωγή ηλεκτρισμού (πηγή: Renewable Energy World).....	7
Εικόνα 2.5: Αιολικό πάρκο στο νησί Άγιος Γεώργιος (πηγή: Windeurope)	8
Εικόνα 2.6: Χωρική κατανομή εγκατεστημένης ισχύος στον Ελλαδικό χώρο (πηγή: ΕΛΕΤΑΕΝ, 2020).....	12
Εικόνα 3.1: Ανεμογεννήτρια οριζοντίου άξονα (πηγή: Research Gate).....	17
Εικόνα 3.2: Κατηγορίες ανεμογεννητριών καθέτου άξονα (πηγή Research Gate).....	17
Εικόνα 3.3: Ανατομία ανεμογεννήτριας οριζοντίου άξονα (πηγή: wind.energy.gov).....	18
Εικόνα 3.4: Μικτή διαπλάτυνση οδικού τμήματος.....	25
Εικόνα 3.5: Εξωτερική διαπλάτυνση οδικού τμήματος.....	26
Εικόνα 3.6: Εσωτερική διαπλάτυνση οδικού τμήματος.....	26
Εικόνα 3.7: Όχημα μεταφοράς κομματιού διασύνδεσης πτερυγίων (πηγή:Goldhofer).....	31
Εικόνα 3.8: Όχημα μεταφοράς ατράκτου (πηγή: Wind power engineering and development)....	31
Εικόνα 3.9: Όχημα μεταφοράς πύργου (πηγή: Engineering.com).....	32
Εικόνα 3.10: Τράκτορας SCANIA 19.400 (πηγή: Anipsotiki).....	32
Εικόνα 3.11: Πλατφόρμα απλού τύπου (πηγή: CNN).....	33
Εικόνα 3.12: Πλατφόρμα ελεύθερου αντάπτορα (πηγή: DOLL).....	34
Εικόνα 3.13: Πλατφόρμα ανύψωσης πτερυγίου (πηγή: Felbermayr).....	35
Εικόνα 4.1: Γραφική απεικόνιση δρομέα (rotor) (πηγή: Semantic Scholar).....	45
Εικόνα 4.2: Σημεία αναφοράς πτερυγίου (πηγή: Nordex).....	45

Εικόνα 4.3: Επεξεργασία λεπτομερειών οχήματος στο Autoturn.....	47
Εικόνα 4.4: Όχημα μεταφοράς πτερυγίου N117.....	48
Εικόνα 4.5: Όχημα μεταφοράς πτερυγίου N131.....	48
Εικόνα 4.6: Όχημα μεταφοράς πτερυγίου N149.....	49
Εικόνα 4.7: Τελικό όχημα σχεδιασμού N117.....	49
Εικόνα 4.8: Τελικό όχημα σχεδιασμού N131.....	50
Εικόνα 4.9: Τελικό όχημα σχεδιασμού N149.....	50
Εικόνα 5.1: Παράδειγμα χάραξης στροφής με Anadelta Tessera.....	52
Εικόνα 5.2: Παράδειγμα στροφής μετά την εισαγωγή στο AutoCAD.....	53
Εικόνα 5.3: Τοποθέτηση προσαρμοσμένης προσομοίωσης μέσω Autoturn.....	54
Εικόνα 5.4: Ιδιότητες σχεδίου οχημάτων στο Autoturn (1).....	55
Εικόνα 5.5: Ιδιότητες σχεδίου οχημάτων στο Autoturn (2).....	55
Εικόνα 5.6: Αρχικό αποτέλεσμα διαδικασίας προσομοίωσης.....	56
Εικόνα 5.7: Τελικό αποτέλεσμα διαδικασίας προσομοίωσης.....	57
Εικόνα 5.8: Εξαγωγή αποτελεσμάτων στο Minitab.....	59
Εικόνα 5.9: Πολλαπλή παλινδρόμηση για Εσ. Διαπλάτυνση (1).....	69
Εικόνα 5.10: Πολλαπλή παλινδρόμηση για Εσ. Διαπλάτυνση (2).....	69
Εικόνα 5.11: Πολλαπλή παλινδρόμηση για Εσ. Διαπλάτυνση (3).....	70
Εικόνα 5.12: Πολλαπλή παλινδρόμηση για Εσ. Διαπλάτυνση (4).....	70
Εικόνα 5.13: Πολλαπλή παλινδρόμηση για Εξ. Διαπλάτυνση (1).....	71
Εικόνα 5.14: Πολλαπλή παλινδρόμηση για Εξ. Διαπλάτυνση (2).....	71
Εικόνα 5.15: Πολλαπλή παλινδρόμηση για Εξ. Διαπλάτυνση (3).....	72
Εικόνα 5.16: Πολλαπλή παλινδρόμηση για Εξ. Διαπλάτυνση (4).....	72
Εικόνα 5.17: Πολλαπλή παλινδρόμηση για Συν. Διαπλάτυνση (1).....	73

Εικόνα 5.18: Πολλαπλή παλινδρόμηση για Συν. Διαπλάτυνση (2).....	73
Εικόνα 5.19: Πολλαπλή παλινδρόμηση για Συν. Διαπλάτυνση (3).....	74
Εικόνα 5.20: Πολλαπλή παλινδρόμηση για Συν. Διαπλάτυνση(4).....	74

Ευρετήριο γραφημάτων

Γράφημα 2.1: Συνολική εγκατεστημένη ισχύς αιολικής ενέργειας (πηγή: GWEC, 2019).....	9
Γράφημα 2.2: Οι δέκα μεγαλύτεροι κατασκευαστές ανεμογεννητριών (πηγή: Bloomberg New Energy Finance, 2020).....	10
Γράφημα 2.3: Συνολική εγκατεστημένη ισχύς στην Ευρώπη ανά έτος (πηγή: Wind Europe, 2019).....	10
Γράφημα 2.4: Συνολική εγκατεστημένη ισχύς ανά χώρα Ε.Ε (πηγή: Wind Europe, 2019).....	11
Γράφημα 2.5: Συνολική εγκατεστημένη ισχύς στην Ελλάδα ανά έτος (πηγή: ΕΛΕΤΑΕΝ, 2020).....	11
Γράφημα 5.1: Έλεγχος κανονικότητας των υπολειμμάτων γραμμικής παλινδρόμησης Εξ. Διαπλάτυνσης.....	61
Γράφημα 5.2: Έλεγχος ομοιογένειας των διακυμάνσεων γραμμικής παλινδρόμησης Εξ. Διαπλάτυνσης.....	61
Γράφημα 5.3: Έλεγχος κανονικότητας των υπολειμμάτων γραμμικής παλινδρόμησης Εσ. Διαπλάτυνσης.....	63
Γράφημα 5.4: Έλεγχος ομοιογένειας των διακυμάνσεων γραμμικής παλινδρόμησης Εσ. Διαπλάτυνσης.....	63
Γράφημα 5.5: Έλεγχος κανονικότητας των υπολειμμάτων γραμμικής παλινδρόμησης Εσ. Διαπλάτυνσης με μηδενική σταθερά.....	65
Γράφημα 5.6: Έλεγχος ομοιογένειας των διακυμάνσεων γραμμικής παλινδρόμησης Εσ. Διαπλάτυνσης με μηδενική σταθερά.....	65
Γράφημα 5.7: Έλεγχος κανονικότητας των υπολειμμάτων γραμμικής παλινδρόμησης Εσ. Διαπλάτυνσης με μηδενική σταθερά.....	67
Γράφημα 5.8: Έλεγχος ομοιογένειας των διακυμάνσεων γραμμικής παλινδρόμησης Εσ. Διαπλάτυνσης με μηδενική σταθερά.....	67
Γράφημα 5.9: Έλεγχος κανονικότητας των υπολειμμάτων γραμμικής παλινδρόμησης δευτέρας τάξης Εσ. Διαπλάτυνσης.....	76
Γράφημα 5.10: Έλεγχος ομοιογένειας των διακυμάνσεων γραμμικής παλινδρόμησης δευτέρας τάξης Εσ. Διαπλάτυνσης.....	76
Γράφημα 5.11: Έλεγχος κανονικότητας των υπολειμμάτων γραμμικής παλινδρόμησης δευτέρας τάξης Εξ. Διαπλάτυνσης.....	78
Γράφημα 5.12: Έλεγχος ομοιογένειας των διακυμάνσεων γραμμικής παλινδρόμησης δευτέρας τάξης Εξ. Διαπλάτυνσης.....	78

Γράφημα 5.13: Έλεγχος κανονικότητας των υπολειμμάτων γραμμικής παλινδρόμησης δευτέρας τάξης Εξ. Διαπλάτυνσης.....	80
Γράφημα 5.14: Έλεγχος ομοιογένειας των διακυμάνσεων γραμμικής παλινδρόμησης δευτέρας τάξης Εξ. Διαπλάτυνσης.....	80

Ευρετήριο πινάκων

Πίνακας 3.1: Στατιστικός πίνακας κατανομής Student.....	41
Πίνακας 3.2: Κριτήρια αποδοχής μοντέλου.....	43
Πίνακας 4.1: Χαρακτηριστικές τιμές σημείων αναφοράς N117,N131 (πηγή: Nordex).....	46
Πίνακας 4.2: Χαρακτηριστικές τιμές σημείων αναφοράς N149 (πηγή: Nordex).....	46
Πίνακας 4.3: Παράμετροι σχεδιασμού στροφικών σεναρίων.....	51
Πίνακας 5.1: Εξίσωση γραμμικής παλινδρόμησης Εξ. Διαπλάτυνσης.....	60
Πίνακας 5.2: Συντελεστές γραμμικής παλινδρόμησης Εξ. Διαπλάτυνσης.....	60
Πίνακας 5.3: Σύνοψη μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης Εξ. Διαπλάτυνσης.....	60
Πίνακας 5.4: Ανάλυση διακύμανσης γραμμικής παλινδρόμησης Εξ. Διαπλάτυνσης.....	60
Πίνακας 5.5: Κριτήρια αποδοχής μοντέλου.....	61
Πίνακας 5.6: Εξίσωση γραμμικής παλινδρόμησης Εσ. Διαπλάτυνσης.....	62
Πίνακας 5.7: Συντελεστές γραμμικής παλινδρόμησης Εσ. Διαπλάτυνσης.....	62
Πίνακας 5.8: Σύνοψη μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης Εσ. Διαπλάτυνσης.....	62
Πίνακας 5.9: Ανάλυση διακύμανσης γραμμικής παλινδρόμησης Εσ. Διαπλάτυνσης.....	62
Πίνακας 5.10: Κριτήρια αποδοχής μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης Εσ. Διαπλάτυνσης.....	63
Πίνακας 5.11: Εξίσωση γραμμικής παλινδρόμησης Εσ. Διαπλάτυνσης με μηδενική σταθερά.....	64
Πίνακας 5.12: Συντελεστές γραμμικής παλινδρόμησης Εσ. Διαπλάτυνσης με μηδενική σταθερά....	64
Πίνακας 5.13: Σύνοψη μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης Εσ. Διαπλάτυνσης με μηδενική σταθερά	64
Πίνακας 5.14: Ανάλυση διακύμανσης γραμμικής παλινδρόμησης Εσ. Διαπλάτυνσης με μηδενική σταθερά.....	64
Πίνακας 5.15: Κριτήρια αποδοχής μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης Εσ. Διαπλάτυνσης με μηδενική σταθερά.....	65
Πίνακας 5.16: Εξίσωση γραμμικής παλινδρόμησης Συν. Διαπλάτυνσης.....	66
Πίνακας 5.17: Συντελεστές γραμμικής παλινδρόμησης Συν. Διαπλάτυνσης.....	66
Πίνακας 5.18: Σύνοψη μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης Συν. Διαπλάτυνσης.....	66
Πίνακας 5.19: Ανάλυση διακύμανσης γραμμικής παλινδρόμησης Συν. Διαπλάτυνσης.....	66
Πίνακας 5.20: Κριτήρια αποδοχής μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης Συν. Διαπλάτυνσης.....	67

Πίνακας 5.21: Εξίσωση γραμμικής παλινδρόμησης δευτέρας τάξης Εσ. Διαπλάτυνσης.....	75
Πίνακας 5.22: Συντελεστές γραμμικής παλινδρόμησης δευτέρας τάξης Εσ. Διαπλάτυνσης.....	75
Πίνακας 5.23: Σύνοψη μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης δευτέρας τάξης Εσ. Διαπλάτυνσης.....	75
Πίνακας 5.24: Ανάλυση διακύμανσης γραμμικής παλινδρόμησης δευτέρας τάξης Εσ. Διαπλάτυνσης	75
Πίνακας 5.25: Κριτήρια αποδοχής γραμμικής παλινδρόμησης δευτέρας τάξης Εσ. Διαπλάτυνσης....	76
Πίνακας 5.26 : Εξίσωση γραμμικής παλινδρόμησης δευτέρας τάξης Εξ. Διαπλάτυνσης.....	77
Πίνακας 5.27: Συντελεστές γραμμικής παλινδρόμησης δευτέρας τάξης Εξ. Διαπλάτυνσης.....	77
Πίνακας 5.28: Σύνοψη μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης δευτέρας τάξης Εξ. Διαπλάτυνσης.....	77
Πίνακας 5.29: Ανάλυση διακύμανσης γραμμικής παλινδρόμησης δευτέρας τάξης Εξ. Διαπλάτυνσης	77
Πίνακας 5.30: Κριτήρια αποδοχής γραμμικής παλινδρόμησης δευτέρας τάξης Εξ. Διαπλάτυνσης....	78
Πίνακας 5.31: Εξίσωση γραμμικής παλινδρόμησης δευτέρας τάξης Συν. Διαπλάτυνσης.....	79
Πίνακας 5.32: Συντελεστές γραμμικής παλινδρόμησης δευτέρας τάξης Συν. Διαπλάτυνσης.....	79
Πίνακας 5.33: Σύνοψη μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης δευτέρας τάξης Συν. Διαπλάτυνσης....	79
Πίνακας 5.34: Ανάλυση διακύμανσης γραμμικής παλινδρόμησης δευτέρας τάξης Συν. Διαπλάτυνσης	79
Πίνακας 5.35: Κριτήρια αποδοχής γραμμικής παλινδρόμησης δευτέρας τάξης Συν. Διαπλάτυνσης...	80

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Γενική ανασκόπηση

Οι αυξανόμενες ανησυχίες για την κλιματική αλλαγή, οι επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην υγεία, η ενεργειακή ασφάλεια και η πρόσβαση στην ενέργεια, καθώς και οι ασταθείς τιμές του πετρελαίου τις τελευταίες δεκαετίες, οδήγησαν στην ανάγκη παραγωγής και χρήσης εναλλακτικών επιλογών τεχνολογίας χαμηλών εκπομπών άνθρακα, όπως ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Η αιολική ενέργεια αποτέλεσε πρωτοπόρο στην ανάγκη για «πράσινη» πρωτοβουλία παγκοσμίως.[1] Η χρήση της αιολικής ενέργειας μπορεί να χρονολογηθεί όμως χιλιάδες χρόνια πίσω, από τον αιγυπτιακό πολιτισμό, με την κατασκευή των πρώτων ιστιοφόρων πλοίων για την διέλευση του ποταμού Νείλου. Σήμερα, το πλέον αποδοτικό ανθρώπινο κατασκεύασμα για την εκμετάλλευση της ενέργειας του ανέμου αποτελεί η ανεμογεννήτρια. Είναι εμπορικά διαθέσιμες ανεμογεννήτριες με χωρητικότητα παραγωγής έως και 13 MW. Όσον αφορά τη συνολική εγκατεστημένη ισχύς, η αιολική ενέργεια είναι η κορυφαία τεχνολογία ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μετά την υδροηλεκτρική ενέργεια, με περισσότερα από μισό terawatt εγκατεστημένης ισχύος παγκοσμίως από το τέλος του 2018. Μαζί με την ηλιακή ενέργεια, η αιολική κυριαρχούσε επίσης στις συνολικές προσθήκες ανανεώσιμης ισχύος, με περίπου 43 GW το 2018. Η εξέλιξη της αιολικής βιομηχανίας ήταν αξιοσημείωτη και τις τελευταίες τέσσερις δεκαετίες έχουν επιτευχθεί αρκετά ορόσημα σε εγκαταστάσεις, τεχνολογικές εξελίξεις και μειώσεις κόστους παράλληλα με τη δημιουργία βασικών οργανισμών αιολικής ενέργειας.[1]

Ωστόσο, ο σχεδιασμός και η κατασκευή ενός χερσαίου αιολικού πάρκου γίνεται όλο και πιο περίπλοκος. Οι ρυθμιστικοί κανόνες για τις αποστάσεις, τις ακουστικές εκπομπές, τη διαδοχική κίνηση σκιάς και την πρόληψη της πρόσκρουσης πουλιών αυξάνει τον βαθμό πολυπλοκότητας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα όλο και λιγότερες αξιοποιήσιμες τοποθεσίες στην ξηρά. Η βελτιστοποίηση των αιολικών πάρκων αντιμετωπίζει πολλές προκλήσεις και περιορισμούς. Ένα παράδειγμα είναι η πρόσβαση σε μία ανεμογεννήτρια ή αιολικό πάρκο. Οι οδοί πρόσβασης αποτελούν ως το 3% των αρχικών επενδυτικών εξόδων. Αυτοί οι δρόμοι πρέπει να είναι διαθέσιμοι για διέλευση ανά πάσα στιγμή και είτε κατασκευάζονται εκ νέου και ειδικά για το αιολικό πάρκο, με αποτέλεσμα αυξημένο επενδυτικό κόστος είτε αποτελούνται από ένα κομμάτι του υφιστάμενου οδικού δικτύου το οποίο απαιτεί βελτιώσεις.[2] Το μεγαλύτερο πρόβλημα κατά την μεταφορά αποτελεί η ανάγκη διαπλάτυνσης μιας οδού του υφιστάμενου οδικού δικτύου λόγω των διαστασιακών και κατασκευαστικών απαιτήσεων και η απομάκρυνση εμποδίων στον χώρο που θα πραγματοποιηθεί η διέλευση του οχήματος και του μεταφερόμενου φορτίου.

Η ανάγκη για βελτιστοποίηση της μεταφορικής διαδικασίας με γνώμονα την ασφαλή μεταφορά, την διερεύνηση προσβασιμότητας αλλά και την κοστολογική οργάνωση αποτέλεσε έναυσμα για την εκπόνηση της συγκεκριμένης Διπλωματικής Εργασίας η οποία στοχεύει στην καλύτερη αντιμετώπιση των δυσκολιών κατά την μεταφορά μέσω βαθύτερης κατανόησης των παραγόντων που επηρεάζουν την διαπλάτυνση που απαιτεί ένα όχημα μεταφοράς εξοπλισμού ανεμογεννητριών από μία οδό του υφιστάμενου οδικού δικτύου.

1.2. Στόχος της διπλωματικής εργασίας

Έχοντας υπόψιν τα προαναφερθέντα στοιχεία, η μεταφορά του εξοπλισμού των ανεμογεννητριών αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα κομμάτια για την υλοποίηση και την λειτουργία ενός αιολικού πάρκου. Επομένως , κρίνεται αναγκαία η διερεύνηση της τροχιάς των οχημάτων μεταφοράς εξοπλισμού ανεμογεννητριών τόσο ώστε να επιτευχθεί ένα περιβάλλον ασφάλειας αλλά και να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα έναντι των κινδύνων που διατρέχουν ένα τέτοιο εγχείρημα. Στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η διερεύνηση της απαιτούμενης διαπλάτυνσης ως προς τη διέλευση βαρέων οχημάτων μεταφοράς εξοπλισμού ανεμογεννητριών. Για το σκοπό αυτό, μελετήθηκε ο τρόπος με τον οποίο τα βαρέα οχήματα συμπεριφέρονται σε καταστάσεις στροφής όπου αποτελεί και την επικινδυνότερη περίπτωση οδικής διέλευσης. Συγκεκριμένα, λήφθηκαν υπόψη οι παράμετροι:

- ✓ Ταχύτητα
- ✓ Ακτίνα στροφής
- ✓ Γωνία στροφής
- ✓ Μήκος πατήματος
- ✓ Πλάτος δρόμου
- ✓ Κατηγορία ανεμογεννήτριας

Συγκεκριμένα, το **μήκος πατήματος** αποτελεί την διαμήκη απόσταση από τον άξονα των πρώτων εμπρόσθιων τροχών μέχρι τον άξονα των τελευταίων οπίσθιων τροχών. Επιμέρους στόχοι της Διπλωματικής Εργασίας αποτελούν η επιλογή του εργαλείου ανάλυσης συμπεριφοράς των οχημάτων και των κατάλληλων μαθηματικών μοντέλων που θα περιγράψουν και θα ποσοτικοποιούν πλήρως την τροχιά των οχημάτων στις περιπτώσεις πορείας στροφής.

1.3. Μεθοδολογία Διπλωματικής Εργασίας

Στην ενότητα αυτή περιγράφεται συνοπτικά η μέθοδος που ακολουθήθηκε για την επίτευξη του

στόχου της Διπλωματικής Εργασίας. Έπειτα από τον καθορισμό του στόχου και του θέματος της εργασίας, είναι απαραίτητη η καθιέρωση του θεωρητικού υποβάθρου και η αναζήτηση συναφών ερευνών και μεθοδολογιών βάσει των οποίων θα ευρεθούν τα ζητήματα που απαιτούν έρευνα.

Αρχικά, επιλέχθηκε η μέθοδος με την οποία θα γίνει η συλλογή των στοιχείων. Για την εκπόνηση της μελέτης χρησιμοποιήθηκε πρόγραμμα σχεδιασμού δρόμου Anadelta Tessera και πρόγραμμα προσομοίωσης πορείας Autoturn βάσει των οποίων πραγματοποιήθηκαν ελιγμοί στροφής. Για την σχεδίαση των ελιγμών στροφής λήφθηκαν υπόψιν παράμετροι μεγίστης σημασίας όπως το μήκος πατήματος του φορτηγού, η ακτίνα στροφής στην οριζοντιογραφία, η γωνία στροφής μετρημένη σε μοίρες καθώς επίσης και το πλάτος του δρόμου. Στη συνέχεια, δημιουργήθηκαν συνολικά μέσω διαφοροποίησης των παραμέτρων που αναφέρθηκαν 180 ελιγμοί στροφής, δείγμα το οποίο θεωρείται ικανοποιητικό για τους στόχους της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Αφού ολοκληρώθηκαν οι προσομοιώσεις, πραγματοποιήθηκε η εφαρμογή της μεθοδολογίας και επεξεργασίας δεδομένων. Για κάθε προσομοίωση στροφής, μετρήθηκε από την πλησιέστερη οριογραμμή η απόσταση της απαιτούμενης διαπλάτυνσης του οδοστρώματος της οδού καθώς επίσης και το συνολικό εμβαδόν που θα χρειαστεί να οδοστρωθεί για να κριθεί η στροφή ασφαλής για την διέλευση των οχημάτων μεταφοράς εξοπλισμού ανεμογεννητριών. Τα δεδομένα καταγράφηκαν σε πίνακα με τη χρήση υπολογιστικού φύλλου Microsoft Excel.

Έπειτα, πραγματοποιήθηκε η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων με χρήση των πλατφορμών Microsoft Excel και Minitab. Χρησιμοποιήθηκαν μοντέλα πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης με εξαρτημένες μεταβλητές το εμβαδόν της εσωτερικής διαπλάτυνσης, της εσωτερικής και της συνολικής. Ως ανεξάρτητες μεταβλητές τέθηκαν οι τιμές των παραμέτρων που προαναφέρθηκαν (μήκος πατήματος, ακτίνα καμπύλης στροφής, γωνία στροφής, πλάτος δρόμου).

Μετά την αξιολόγηση και την ερμηνεία των αποτελεσμάτων, εξήχθησαν τα αντίστοιχα συμπεράσματα για τον βαθμό και τον τύπο της επιρροής των εκάστοτε ανεξάρτητων μεταβλητών στην εξαρτημένη τόσο σε θέμα φυσικής όσο άποψη επιρροής στο κόστος. Με τον τρόπο αυτό, προέκυψαν σημαντικές πληροφορίες για το υπό εξέταση πρόβλημα και διατυπώθηκαν αξιολογικές προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

1.4. Δομή της Διπλωματικής Εργασίας

Σύμφωνα με τη μεθοδολογία που θα ακολουθηθεί καθορίζεται και η δομή της διπλωματικής εργασία για την επίτευξη μίας ορθής παρουσίασης της ροής της. Για τον λόγο αυτό ακολουθεί η σύνοψη των κεφαλαίων που την απαρτίζουν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το κεφάλαιο αυτό αποτελεί την εισαγωγή της Διπλωματικής Εργασίας που έχει σκοπό να παρουσιάσει στον αναγνώστη το γενικότερο πλαίσιο του αντικειμένου με το οποίο ασχολείται. Αρχικά, γίνεται μία συνοπτική παρουσίαση του προβλήματος. Έπειτα παρουσιάζεται ο στόχος της Διπλωματικής Εργασίας που είναι η διερεύνηση της απαιτούμενης διαπλάτυνσης ως προς τη διέλευση βαρέων οχημάτων μεταφοράς εξοπλισμού ανεμογεννητριών. Στη συνέχεια, ακολουθεί αναφορά των μεθόδων που θα χρησιμοποιηθούν για την υλοποίηση της μελέτης. Τα βήματα είναι τα εξής :

1. Δημιουργία προτύπων στροφών στο πρόγραμμα Anadelta Tessera
2. Εισαγωγή τους σε cad περιβάλλον για πραγματοποίηση προσομοιώσεων με το πρόγραμμα Autoturn
3. Εξαγωγή των δεδομένων σε μορφή υπολογιστικού φύλλου Microsoft Excel
4. Στατιστική ανάλυση και προτυποποίηση της απαιτούμενης διαπλάτυνσης με το λογισμικό Minitab.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΑΣΕΙΣ

Στο κεφάλαιο αυτό παρατίθενται τα σημαντικότερα γεγονότα που συνέβαλλαν στην εξέλιξη της αεροναυτικής ενέργειας, καθώς επίσης και στατιστικά στοιχεία του σήμερα σε εθνικό, ευρωπαϊκό και παγκόσμιο επίπεδο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

Το θέμα του κεφαλαίου αυτού είναι το θεωρητικό υπόβαθρο πάνω στο οποίο στηρίζεται η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία. Περιέχει αναλυτικά πληροφορίες από την ελληνική και διεθνή βιβλιογραφία που σχημάτισαν τον κορμό της μεθοδολογικής διαδικασίας που ακολουθήθηκε, της στατιστικής ανάλυσης των στοιχείων και της αξιολόγησης των αποτελεσμάτων. Παρουσιάζονται κατά αντιστοιχία, οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν στα προγραμματιστικά περιβάλλοντα των Anadelta Tessera και Autoturn, οι βασικές έννοιες της στατιστικής και το είδος της παλινδρόμησης που θα χρησιμοποιηθεί για την εξαγωγή των συμπερασμάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

Το κεφάλαιο αυτό περιέχει τη συλλογή και επεξεργασία των στοιχείων που χρησιμοποιήθηκαν για την πραγματοποίηση της έρευνας. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν με χρήση προγράμματος προσομοίωσης πορείας ελιγμού στροφής για διέλευση οχημάτων μεταφοράς εξοπλισμού ανεμογεννητριών και στη συνέχεια εξήχθησαν σε υπολογιστικό φύλλο Microsoft Excel για την στατική ανάλυση με βάση το

μοντέλο που επιλέχθηκε.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Το Κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνει την αναλυτική περιγραφή της εφαρμογής της μεθοδολογίας καθώς και την παρουσίαση του συνόλου των αποτελεσμάτων της Διπλωματικής Εργασίας. Καταρχήν περιγράφονται αναλυτικά τα βήματα που ακολουθήθηκαν για την εφαρμογή της μεθοδολογίας και παρουσιάζεται η διαδικασία εξαγωγής αποτελεσμάτων. Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων αφορά σε τρεις φάσεις: α) παρουσίαση των εξαγόμενων στοιχείων β) περιγραφή των αποτελεσμάτων γ) εξήγηση των αποτελεσμάτων. Στην αρχή πραγματοποιείται η παρουσίαση των εξαγόμενων στοιχείων, η οποία αφορά στη λεπτομερή παρουσίαση των στοιχείων που εξάχθηκαν από την εφαρμογή του προγράμματος προσομοίωσης. Στη συνέχεια, περιγράφονται οι τιμές των παραμέτρων που επιλέγονται. Τέλος, επιχειρείται η εξήγηση των βασικών αποτελεσμάτων με χρήση στατιστικών και μαθηματικών μοντέλων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

Στο κεφάλαιο αυτό, γίνεται προσπάθεια επεξήγησης των αποτελεσμάτων της έρευνας, ώστε να προκύψουν τα τελικά συμπεράσματα. Στην αρχή του κεφαλαίου γίνεται μια σύντομη υπενθύμιση του στόχου και της μεθοδολογίας της Διπλωματικής Εργασίας καθώς επίσης και μία σύνοψη των συμπερασμάτων. Εν συνεχεία, παρουσιάζονται τα συμπεράσματα, όπως προέκυψαν από την εφαρμογή της γραμμικής παλινδρόμησης. Τα συμπεράσματα αυτά δίνουν μια άποψη την απαιτούμενη διαπλάτυνση στρόφης και με τον τρόπο αυτό συμβάλλουν καθοριστικά στη διαμόρφωση προτάσεων-λύσεων. Τελικά, παρατίθενται προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Το κεφάλαιο αυτό περιέχει κατάλογο βιβλιογραφικών αναφορών δίνοντας την δυνατότητα εύρεσης των πηγών που χρησιμοποιήθηκαν για την εκπόνηση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας στον εκάστοτε αναγνώστη.

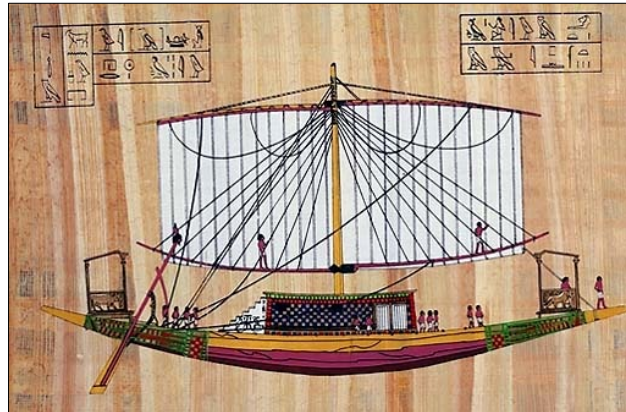
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

- Παράρτημα Α: Αποτελέσματα προσομοίωσης σε υπολογιστικό φύλλο Microsoft Excel
- Παράρτημα Β: Σχέδια προσομοίωσης πορείας

2.ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΑΣΕΙΣ

2.1. Ιστορική αναδρομή εκμετάλλευσης αιολικής ενέργειας

3.500 π.Χ.: Κατασκευή των πρώτων ιστιοφόρων από τους Αιγύπτιους για τη διέλευση του Νείλου.



Εικόνα 2.1: Ιστιοφόρα για διέλευση του Νείλου από τους Αιγύπτιους (πηγή: Canadian Museum of History)

2.000 π.Χ.: Εμφανίζονται στην Κίνα οι πρώτοι ανεμόμυλοι για την άντληση νερού.

500- 900 μ.Χ.: Οι Πέρσες κατασκευάζουν ανεμόμυλους που χρησιμοποιήθηκαν για τη σύνθλιψη σιτηρών και για την άντληση νερού.



Εικόνα 2.2 : Περσικοί ανεμόμυλοι για σύνθλιψη σιτηρών και άντληση νερού (πηγή: Solaripedia)

1200-1300 μ.Χ.: Η πρώτη εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας στην Ευρώπη κατά τη μεσαιωνική περίοδο παρουσιάζεται με τη μορφή ανεμόμυλων για τη σύνθλιψη σιτηρών.

1300-1400 μ.Χ.: Στην Ολλανδία κατασκευάζονται οι πρώτοι ανεμόμυλοι με δομή οριζόντιου άξονα για την αποστράγγιση νερού από χαμηλές περιοχές. Οι τεχνολογικές βελτιώσεις αυτών των ανεμόμυλων επέτρεψαν ανώτερη άλεση και άντληση νερού.



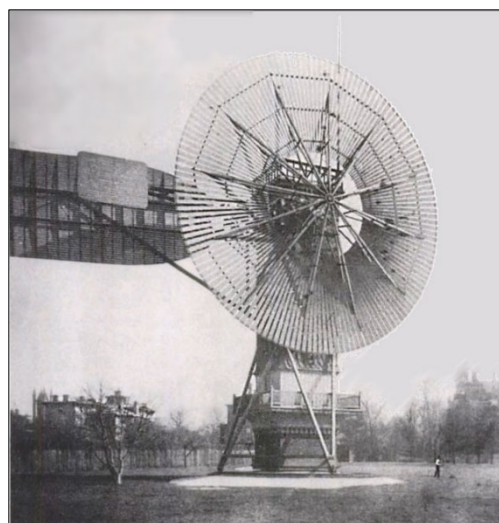
Εικόνα 2.3: Ανεμόμυλοι οριζοντίου άξονα στην Ολλανδία (πηγή: European Traveler)

1600-1700 μ.Χ.: Οι Ολλανδοί παρουσιάζουν τα καινοτόμα σχέδια ανεμόμυλων τους στον Νέο Κόσμο.

1700-1800 μ.Χ.: Η βιομηχανική ανάπτυξη οδηγεί σε εγκατάλειψη της αιολικής ενέργειας και εν συνεχεία των ανεμόμυλων.

1800-1900 μ.Χ.:

1887: Τον Ιούλιο του 1887, ο πρώτος ανεμόμυλος για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας κατασκευάστηκε από τον καθηγητή James Blyth στη Γλασκόβη της Σκωτίας.



Εικόνα 2.4: Ο πρώτος κατασκευασμένος ανεμόμυλος για παραγωγή ηλεκτρισμού (πηγή: Renewable energy world)

1900-2000 μ.Χ.:

1927: Ο Γάλλος εφευρέτης, ο Georges Jean Marie Darrieus ανέπτυξε την πρωτοποριακή ανεμογεννήτρια ικανή να λειτουργεί από οποιαδήποτε κατεύθυνση και υπό αντίξοες καιρικές συνθήκες κατά τον κάθετο άξονα.

1931: Στη Ρωσία κατασκευάζεται το πρώτο εμπορικό εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος που χρησιμοποίησε ανεμογεννήτριες για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

1941: Στο Βερμόντ, η πρώτη ανεμογεννήτρια μεγέθους 1 MW στον κόσμο άρχισε να λειτουργεί για την καταπολέμηση της έλλειψης καυσίμων.

1973: Η δραστική αύξηση των τιμών του πετρελαίου προκαλεί μεγάλο ενδιαφέρον στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας το 1973.

1982: Το πρώτο ευρωπαϊκό αιολικό πάρκο (5 μηχανές των 20 KW) ανοίγει στο νησί της Κύθνου.

1983: Ανεγείρεται η μεγαλύτερη μέχρι τότε ανεμογεννήτρια ισχύος 3 MW με διάμετρο δρομέα 100 μέτρα στη Γερμανία με ονομασία Growian. Εγκαταλείπεται το 1988.

1990: Δημιουργείται το μεγαλύτερο αιολικό πάρκο της Ευρώπης στο Jutland της Δανίας το οποίο αποτελείται από 55 μηχανές κατασκευής Nordtank με ισχύ 300 KW ανά μηχανή.

1991: Ανεγείρεται το πρώτο ευρωπαϊκό υπεράκτιο αιολικό πάρκο στο Vindeby της ακτής της Δανίας και αποτελείται από 11 μηχανές των 450 KW.

2000-σήμερα:

2016: Στο νησί Άγιος Γεώργιος στην Ελλάδα , δημιουργείται το μοναδικό χερσαίο αιολικό πάρκο με χαρακτηριστικά σχεδιασμού υπεράκτιου αιολικού πάρκου: τα υποβρύχια καλώδια το συνδέουν με το ηλεκτρικό δίκτυο της Αθήνας.[3]



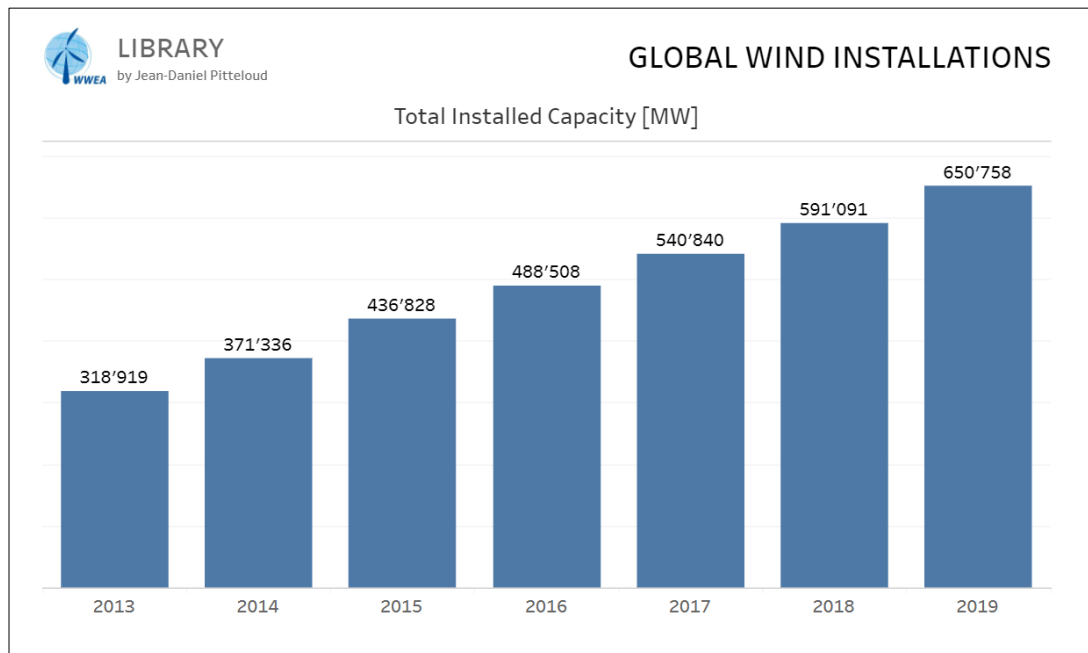
Εικόνα 2.5: Αιολικό πάρκο στο νησί Άγιος Γεώργιος (πηγή Windeurope)

2019: Η Siemens Gamesa κατασκευάζει το μοντέλο Haliade-X, την μεγαλύτερη ανεμογεννήτρια μέχρι τώρα , με εγκατεστημένη ισχύς 13 MW και διάμετρο δρομέα 222 μέτρα, το οποίο πρόκειται να τοποθετηθεί στα υπεράκτια αιολικά πάρκα Ocean Wind , Skipjack και Dogger Bank.

2.2. Σημερινή κατάσταση

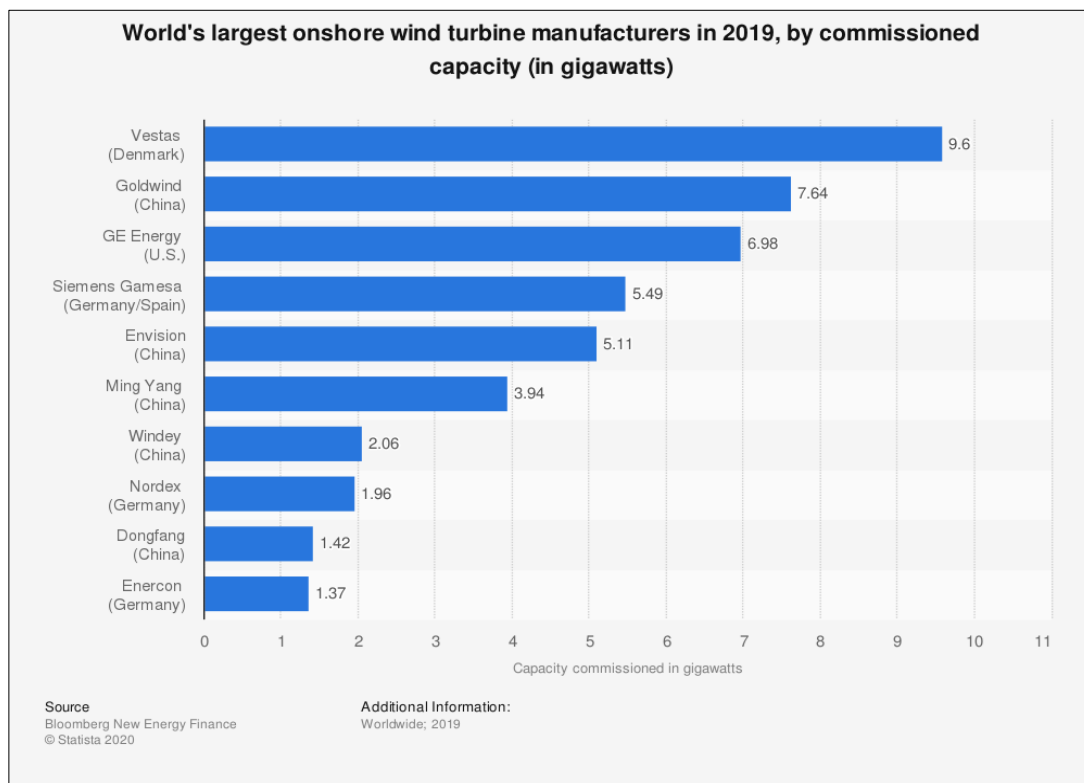
2.2.1 Παγκόσμιο επίπεδο

Σήμερα η αιολική ενέργεια κερδίζει ολοένα και περισσότερο έδαφος σε παγκόσμιο επίπεδο[4]:



Γράφημα 2.1: Συνολική εγκατεστημένη ισχύς αιολικής ενέργειας (πηγή: GWEC, 2019)

Οι δέκα μεγαλύτεροι κατασκευαστές ανεμογεννητριών στον κόσμο φαίνονται παρακάτω:



Γράφημα 2.2: Οι δέκα μεγαλύτεροι κατασκευαστές ανεμογεννητριών (πηγή: Bloomberg New Energy Finance, 2020)

2.2.2. Ευρώπη

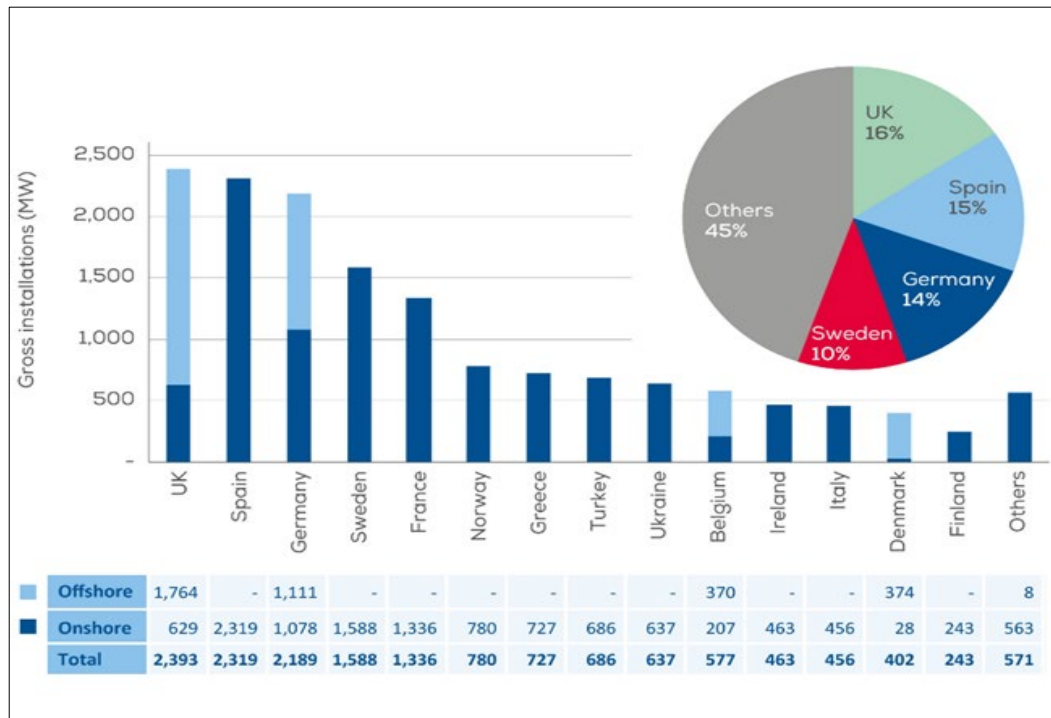
Με γνώμονα την πράσινη πρωτοβουλία και την ολοκληρωτική στροφή στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στην Ευρώπη το 2019 εγκαταστάθηκαν 15,4 GW αιολικής ενέργειας.



Γράφημα 2.3: Συνολική εγκατεστημένη ισχύς στην Ευρώπη ανά έτος(πηγή: Wind Europe, 2019)

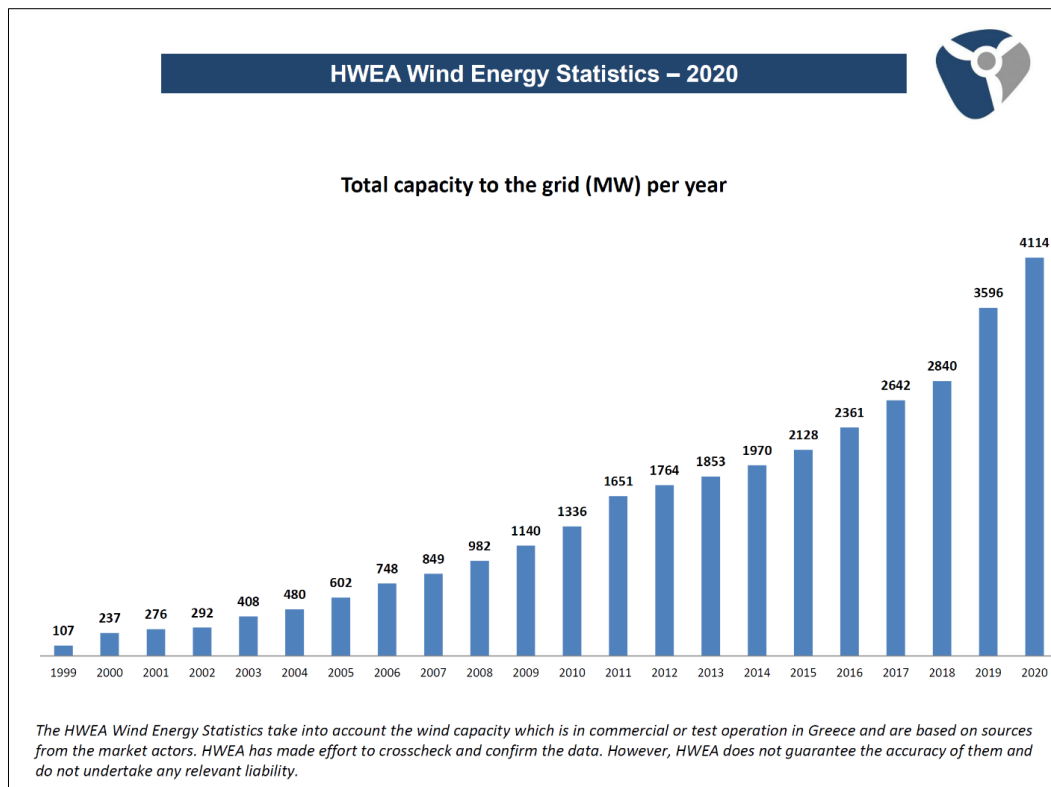
Αυτό είναι 27% υψηλότερο από το 2018, αλλά 10% λιγότερο από το 2017 όπου σημειώνεται η καλύτερη ως τώρα επίδοση. Η Ευρώπη διαθέτει πλέον 205 GW. Το 2019, τα υφιστάμενα αιολικά πάρκα στην ΕΕ-28 παράγουν το 15% της ζήτησης σε ηλεκτρική ενέργεια. Τα τρία τέταρτα των νέων

αιολικών πάρκων αποτελούνται από χερσαία υποδομή. Η Ισπανία εγκατέστησε το 2019 τα περισσότερα με 2,2 GW νέων χερσαίων αιολικών πάρκων.[3]



Γράφημα 2.4: Συνολική εγκατεστημένη ισχύς ανά χώρα E.E (πηγή Wind Europe, 2019)

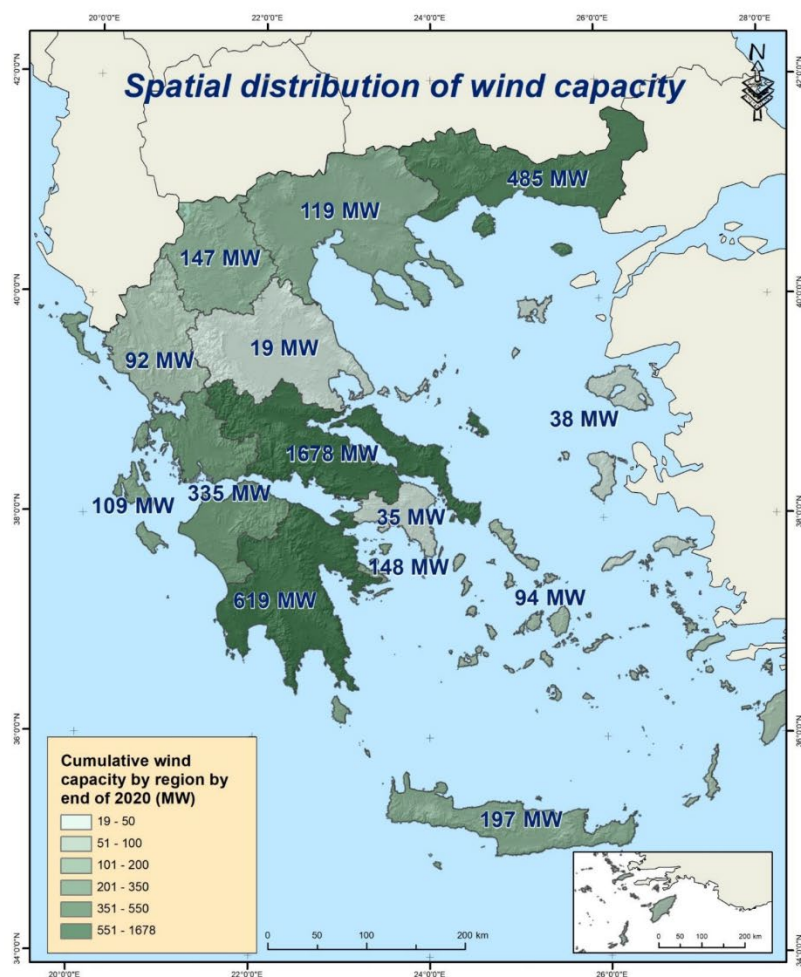
2.2.3. Ελλάδα



Γράφημα 2.5: Συνολική εγκατεστημένη ισχύς στην Ελλάδα ανά έτος (πηγή: ΕΛΕΤΑΕΝ, 2020)

Η Ελλάδα αποτελεί μία χώρα με τεράστιο πλήθος ακτογραμμών και νησιών. Ως εκ τούτου, οι ισχυροί άνεμοι που πνέουν κυρίως στις παράλιες και νησιωτικές περιοχές δίνουν έναυσμα στην ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας στη χώρα μας. Το συνολικό αιολικό δυναμικό υπολογίζεται ότι αντιπροσωπεύει το 13,6% του συνόλου των ηλεκτρικών αναγκών της Ελλάδας. Η πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τις ΑΠΕ, η οποία ενθαρρύνει και επιδοτεί επενδύσεις στις Ήπιες μορφές ενέργειας παρέχει ισχυρότατα κίνητρα ακόμα και για επενδύσεις μικρής κλίμακας. Με βάση τη Στατιστική, κατά το 2020 συνδέθηκαν στο δίκτυο 200 νέες ανεμογεννήτριες συνολικής αποδιδόμενης ισχύος 517,5 MW. Αυτό αποτελεί αύξηση 14,4% σε σχέση με το τέλος του 2019. Σύμφωνα με την αναφορά της ΕΛΕΤΑΕΝ μέχρι το τέλος του 2020 έχουν εγκατασταθεί συνολικά στην Ελλάδα 4114 MW.

Σε επίπεδο Περιφερειών, η Στερεά Ελλάδα παραμένει στην κορυφή των αιολικών εγκαταστάσεων αφού φιλοξενεί 1678 MW (41%) και ακολουθεί η Πελοπόννησος με 619 MW (15%) και η Ανατολική Μακεδονία – Θράκη όπου βρίσκονται 485 MW (12%).[5]



Εικόνα 2.6: Χωρική κατανομή εγκατεστημένης ισχύος στον Ελλαδικό χώρο (πηγή: ΕΛΕΤΑΕΝ, 2020)

2.2.4. Νομοθετικό πλαίσιο αδειοδότησης ΑΠΕ στην Ελλάδα

Παρακάτω παρατίθεται το νομοθετικό καθεστώς που πρέπει να υπακούν όλα τα έργα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για να λάβουν την κατάλληλη αδειοδότηση:

• **N. 3468/2006 (ΦΕΚ Α'129/27.06.2006):**

«Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές διατάξεις»

• **N. 3734/2009 (ΦΕΚ Α'8/28.01.2009):**

«Προώθηση της συμπαράγωγής δύο ή περισσότερων χρήσιμων μορφών ενέργειας, ρύθμιση ζητημάτων σχετικών με το Υδροηλεκτρικό Έργο Μεσοχώρας και άλλες διατάξεις»

• **N. 3851/2010 (ΦΕΚ Α'85/4.6.2010) :**

«Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις σε θέματα αρμοδιότητας του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής»

• **N. 4001/2011 (ΦΕΚ Α'179/22.8.2011):**

«Για τη λειτουργία Ενεργειακών Αγορών Ηλεκτρισμού και Φυσικού Αερίου, για Έρευνα, Παραγωγή και δίκτυα μεταφοράς Υδρογονανθράκων και άλλες ρυθμίσεις»

• **N. 4014/2011 (ΦΕΚ Α'209/21.9.2011):**

«Περιβαλλοντική αδειοδότηση έργων και δραστηριοτήτων, ρύθμιση αυθαιρέτων σε συνάρτηση με δημιουργία περιβαλλοντικού ισοζυγίου και άλλες διατάξεις αρμοδιότητας Υπουργείου Περιβάλλοντος»

• **N. 4042/2012 (ΦΕΚ Α'24/13.2.2012):**

«Ποινική προστασία του περιβάλλοντος – Εναρμόνιση με την Οδηγία 2008/99/ΕΚ – Πλαίσιο παραγωγής και διαχείρισης αποβλήτων – Εναρμόνιση με την Οδηγία 2008/98/ΕΚ – Ρύθμιση θεμάτων Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής»

• **N. 4062/2012 (ΦΕΚ Α' 70/30.3.2012):**

« Αξιοποίηση του πρώην Αεροδρομίου Ελληνικού – Πρόγραμμα ΗΛΙΟΣ – Προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές (Ενσωμάτωση Οδηγίας 2009/28/ΕΚ) – Κριτήρια Αειφορίας Βιοκαυσίμων και Βιορευστών (Ενσωμάτωση Οδηγίας 2009/30/ΕΚ).»

• Ν. 4152/2013 (ΦΕΚ Α'107/9.5.2013):

«Επείγοντα μέτρα εφαρμογής των νόμων 4046/2012, 4093/2012 και 4127/2013»

• Ν. 4203/2013 (ΦΕΚ Α' 235/1.11.2013):

«Ρυθμίσεις θεμάτων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και άλλες διατάξεις»

• Ν. 4254/2014 (ΦΕΚ Α'85/7.4.2014):

«Μέτρα στήριξης και ανάπτυξης της ελληνικής οικονομίας στο πλαίσιο εφαρμογής του ν. 4046/2012 και άλλες διατάξεις»

• Ν. 4281/2014 (ΦΕΚ Α' 160/8.8.2014):

«Μέτρα στήριξης και ανάπτυξης της ελληνικής οικονομίας, οργανωτικά θέματα Υπουργείου Οικονομικών και άλλες διατάξεις»

• Ν. 4296/2014 (ΦΕΚ Α' 214/2.10.2014):

«Κύρωση της από 30.12.2013 Σύμβασης μεταξύ του Ελληνικού Δημοσίου και των εταιρειών KAVALA OIL ΑΝΩΝΥΜΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ, ENERGEAN OIL AND GAS – ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΙΓΑΙΟΥ ΑΝΩΝΥΜΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΕΡΕΥ- ΝΑΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ και της ως εκ τρίτου συμβαλλομένης ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΠΕ- ΤΡΕΛΑΙΑ Α.Ε. με την οποία τροποποιείται η από 23.11.1999 Σύμβαση για την εκμετάλλευση Υδρογονανθράκων στη θαλάσσια περιοχή του Θρακικού Πελάγους μεταξύ του Ελληνικού Δημοσίου και της KAVALA OIL Α.Ε., η οποία κυρώθηκε με το ν. 2779/1999 (Α' 296)»

• Ν. 4409/2016 (ΦΕΚ Α'136/28.7.2016):

«Πλαίσιο για την ασφάλεια στις υπεράκτιες εργασίες έρευνας και εκμετάλλευσης υδρογονανθράκων, ενσωμάτωση της Οδηγίας 2013/30/ΕΕ, τροποποίηση του Π.δ. 148/2009 και άλλες διατάξεις»

• Ν. 4414/2016 (ΦΕΚ Α'149/9.8.2016):

«Νέο καθεστώς στήριξης των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης - Διατάξεις για το νομικό και λειτουργικό διαχωρισμό των κλάδων προμήθειας και διανομής στην αγορά του φυσικού αερίου και άλλες διατάξεις.»

• Ν. 4447/2016 (ΦΕΚ Α'241/23.12.2016):

«Χωρικός σχεδιασμός - Βιώσιμη ανάπτυξη και άλλες διατάξεις.»

• Ν. 4495/2017 (ΦΕΚ Α'167/3.11.2017):

«Έλεγχος και προστασία του Δομημένου Περιβάλλοντος και άλλες διατάξεις»

• Ν. 4513/2018 (ΦΕΚ Α'9/23.01.2018):

«Ενεργειακές Κοινότητες και άλλες διατάξεις»

• Ν. 4546/2018 (ΦΕΚ Α'101/12.06.2018):

«Ενσωμάτωση στην ελληνική νομοθεσία της Οδηγίας 2014/89/ΕΕ «περί θεσπίσεως πλαισίου για το θαλάσσιο χωροταξικό σχεδιασμό» και άλλες διατάξεις .»

• Ν. 4585/2018 (ΦΕΚ Α'216/24.12.2018):

«Επείγουσες ρυθμίσεις του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας - Κύρωση της από 20.11.2018 Σύμβασης μεταξύ του Ελληνικού Δημοσίου και των εταιρειών ENERGEAN OIL AND GAS - ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΙΓΑΙΟΥ ΑΝΩΝΥΜΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ και ΚΑΒΑΛΑ OIL ΑΝΩΝΥΜΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ, με την οποία τροποποιείται η από 23.11.1999 Σύμβαση για την εκμετάλλευση Υδρογονανθράκων στη θαλάσσια περιοχή του Θρακικού Πελάγους μεταξύ του Ελληνικού Δημοσίου και της ΚΑΒΑΛΑ OIL ΑΝΩΝΥΜΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ που κυρώθηκε με τον ν.2779/1999 (Α' 296) και άλλες διατάξεις .»

• Ν. 4618/2019 (ΦΕΚ Α'89/10.06.2019):

«Κύρωση των επιμέρους συμβάσεων για τα έργα V και VI της από 6.9.2018 Σύμβασης Δωρεάς μεταξύ του Ιδρύματος «Κοινωφελές Ίδρυμα Σταύρος Σ. Νιάρχος» και του Ελληνικού Δημοσίου για την ενίσχυση και αναβάθμιση των υποδομών στον τομέα της Υγείας και άλλες διατάξεις.»

• Ν. 4685/2020 (ΦΕΚ Α'92/07.05.2020):

«Εκσυγχρονισμός περιβαλλοντικής νομοθεσίας, ενσωμάτωση στην ελληνική νομοθεσία των Οδηγιών 2018/844 και 2019/692 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου και λοιπές διατάξεις.»

3. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

3.1. Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται το Θεωρητικό υπόβαθρο στο οποίο βασίστηκε η συλλογή δεδομένων, η επεξεργασία και η ανάλυση του αντικειμένου της Διπλωματικής Εργασίας καθώς και βασικές στατιστικές μέθοδοι ανάλυσης. Για το σκοπό της παρούσας εργασίας πραγματοποιήθηκαν προσομοιώσεις σε πρόγραμμα προσομοίωσης και συλλέχθηκαν τα αποτελέσματα. Έπειτα, αναλύθηκαν τα δεδομένα εφαρμόζοντας γραμμική παλινδρόμηση και πολλαπλή παλινδρόμηση (linear and multiple regression) με σκοπό την εξαγωγή μαθηματικού μοντέλου που θα προβλέπει την διαπλάτυνση που απαιτείται σε ελιγμούς στροφής από οχήματα μεταφοράς εξοπλισμού ανεμογεννητριών.

3.2. Η Ανεμογεννήτρια

Οι ανεμογεννήτριες αποτελούν μηχανές που λειτουργούν με τη μετατροπή της κινητικής ενέργειας του ανέμου σε μηχανική ισχύ η οποία χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρισμού με την περιστροφή μίας γεννήτριας. Οι ανεμογεννήτριες χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες : οριζόντιου άξονα και κατακόρυφου άξονα. Αυτές οι μηχανές μπορεί να βρίσκονται σε χερσαία αιολικά πάρκα ή και σε υπεράκτια.

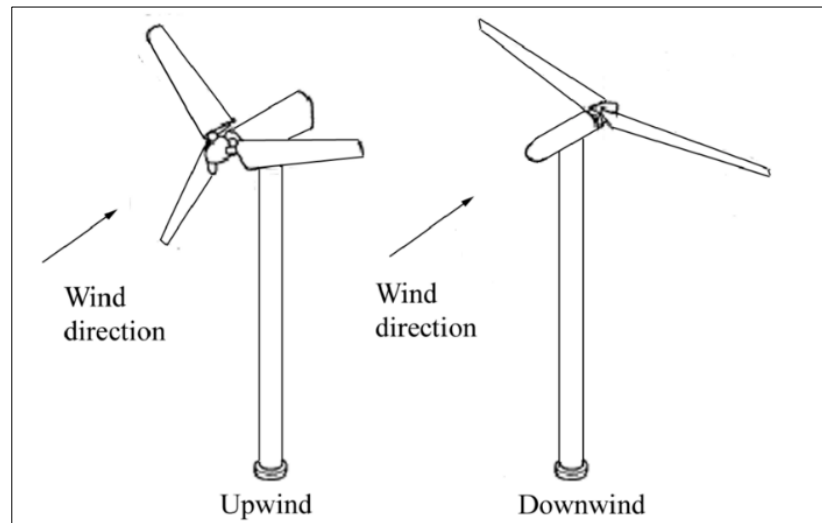
Επειδή δεν είναι δυνατή η εκμετάλλευση όλης της αιολικής ενέργειας για την παραγωγή ενέργειας, ορίζεται ο όρος του συντελεστή απόδοσης ανεμογεννήτριας (capacity factor) ο οποίος αποτελείται από το πηλίκο της πραγματικής ισχύος του ανέμου που καλύπτεται από τον δρομέα της γεννήτριας προς την συνολική ενέργεια του ανέμου που είναι διαθέσιμη από την κινητική ενέργεια των σωματιδίων του αέρα. Σύμφωνα με τον νόμο του Betz , η μέγιστη θεωρητική τιμή του συντελεστή είναι 0,593. Οι πραγματικοί συντελεστές απόδοσης λαμβάνουν μικρότερες τιμές εξαιτίας μηχανικών και αεροδυναμικών απωλειών.[7]

3.2.1. Τύποι ανεμογεννητριών

Οριζόντιου άξονα :

Οι ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα αποτελούνται από τον δρομέα και την ηλεκτρογεννήτρια εγκατεστημένα στην κορυφή του πύργου και πρέπει να ακολουθούν την φορά του ανέμου. Αποτελούν

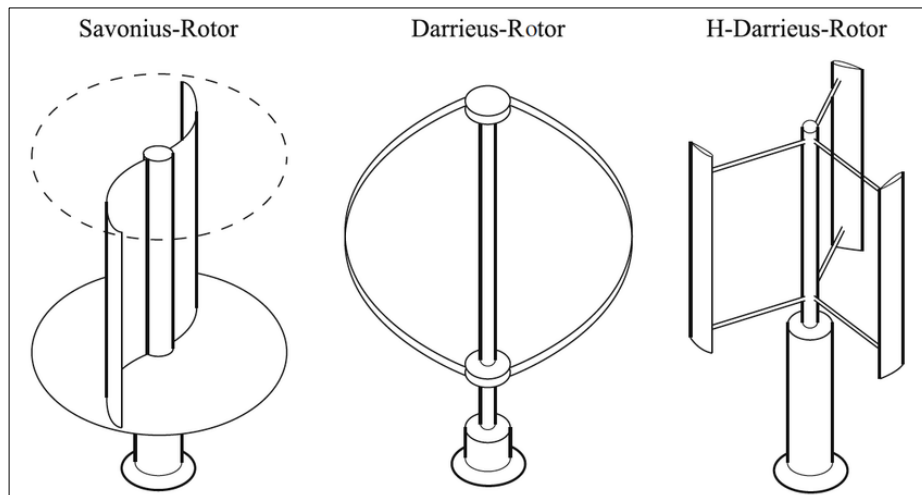
την πλέον διαδεδομένη κατηγορία ανεμογεννητριών καθώς ο συντελεστής αποδοτικότητας τους είναι πολύ πιο υψηλός από αυτές του κάθετου άξονα.



Εικόνα 3.1: Ανεμογεννήτρια οριζοντίου άξονα (πηγή: Research Gate)

Κάθετου άξονα:

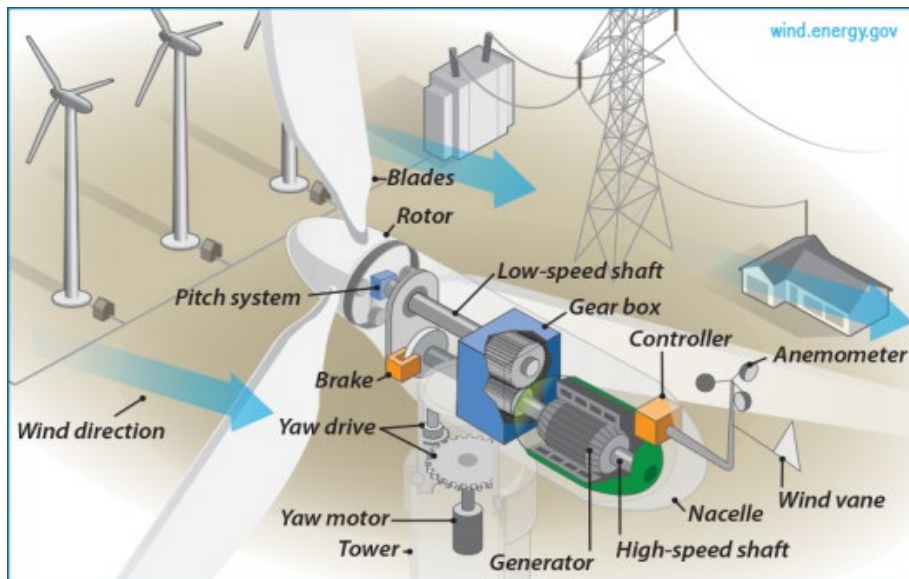
Ο άξονας του δρομέα είναι κάθετος προς το έδαφος και όλα τα εξαρτήματα που απαρτίζουν την ανεμογεννήτρια βρίσκονται στη βάση της. Παρατηρούνται δύο κυρίαρχοι τύποι κατασκευής, Savonius και Darrieus, με την ευέλικτη επιλογή συνδυασμού των δύο αυτών τύπων σε μία κατασκευή.



Εικόνα 3.2: Κατηγορίες ανεμογεννητριών κάθετου άξονα (πηγή Research Gate)

3.2.2. Ανατομία ανεμογεννήτριας οριζόντιου άξονα

Η ανεμογεννήτρια αποτελείται από συστατικά μέρη τα οποία παίζουν έναν μοναδικό ρόλο στην επίτευξη της ομαλής λειτουργίας της. Τα βασικότερα από αυτά είναι τα εξής[7]:



Εικόνα 3.3: Ανατομία ανεμογεννήτριας οριζόντιου άξονα (πηγή: wind.energy.gov)

1) Ανεμόμετρο (Anemometer):

Μεταδίδει τα δεδομένα ταχύτητας ανέμου στον ελεγκτή.

2) Πτερύγια (Blades):

Ανυψώνονται και περιστρέφονται όταν φυσάει άνεμος πάνω τους, προκαλώντας περιστροφή του δρομέα. Οι περισσότερες ανεμογεννήτριες έχουν τρία πτερύγια. Υπάρχουν όμως και ανεμογεννήτριες που λειτουργούν με δύο πτερύγια. (δίπτερες)

3) Φρένο (Brake):

Διακόπτει το δρομέα μηχανικά, ηλεκτρικά ή υδραυλικά, σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης.

4) Ελεγκτής (Controller):

Επιτρέπει την εκκίνηση σε ταχύτητες ανέμου περίπου 12 έως 25 χιλιόμετρα ανά ώρα (kmh) και σβήνει την ανεμογεννήτρια σε περίπου 88 km/h. Οι ανεμογεννήτριες δεν λειτουργούν με ταχύτητες ανέμου πάνω από περίπου 88 km/h επειδή μπορεί να υποστούν ζημιά από τους υψηλούς ανέμους.

5) Κιβώτιο ταχυτήτων (Gear Box):

Συνδέει τον άξονα χαμηλής ταχύτητας με τον άξονα υψηλής ταχύτητας και αυξάνει τις ταχύτητες περιστροφής από περίπου 30-60 περιστροφές ανά λεπτό (rpm), σε περίπου 1.000-1.800 στροφές ανά λεπτό. Αυτή είναι η ταχύτητα περιστροφής που απαιτείται από τις περισσότερες γεννήτριες για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Το κιβώτιο ταχυτήτων είναι ένα πολύτιμο (και βαρύ) μέρος της ανεμογεννήτριας και οι μηχανικοί εξερευνούν γεννήτριες άμεσης κίνησης (direct-drive) που λειτουργούν με χαμηλότερες ταχύτητες περιστροφής και δεν χρειάζονται κιβώτια ταχυτήτων.

6) Γεννήτρια (Generator):

Παράγει ηλεκτρικό ρεύμα 60 κύκλων και είναι συνήθως μια γεννήτρια επαγωγής συνηθισμένης παραγωγής (off-the-shelf).

7) Άξονας υψηλής ταχύτητας (High-speed shaft):

Καθοδηγεί τη γεννήτρια.

8) Άξονας χαμηλής ταχύτητας (Low-speed shaft):

Γυρίζει στις 30-60 στροφές ανά λεπτό.

9) Άτρακτος (Nacelle):

Τοποθετείται πάνω στον πύργο και περιέχει το κιβώτιο ταχυτήτων, τους άξονες χαμηλής και υψηλής ταχύτητας, τη γεννήτρια ,τον ελεγκτή και το φρένο.

10) Σύστημα βήματος πτερυγίων (Pitch):

Γυρίζει τα πτερύγια από τον άνεμο για να ελέγξει την ταχύτητα του δρομέα και για να αποτρέψει τον δρομέα να γυρίζει σε ανέμους που είναι πολύ υψηλοί ή πολύ χαμηλοί για να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια.

11) Δρομέας (Rotor):

Αποτελείται από τα πτερύγια και την πλήμνη (hub).

12) Πύργος (Tower):

Κατασκευασμένο από σωληνοειδή χάλυβα , από σκυρόδεμα ή πλέγμα από χάλυβα. Υποστηρίζει τη δομή της ανεμογεννήτριας. Επειδή η ταχύτητα του ανέμου αυξάνεται με το

ύψος, οι ψηλότεροι πύργοι επιτρέπουν στις μηχανές να συλλαμβάνουν περισσότερη κινητική ενέργεια και εν συνεχεία να παράγουν περισσότερη ηλεκτρική.

13) Ανεμοδείκτης (Wind vane):

Μετρά την κατεύθυνση του ανέμου και επικοινωνεί με την μονάδα εκτροπής για τον σωστό προσανατολισμό της ανεμογεννήτριας σε σχέση με τον άνεμο.

14) Σύστημα προσανεμισμού (Yaw drive):

Προσανατολίζει τις ανεμογεννήτριες για να παραμένουν στραμμένες στην κατεύθυνση του ανέμου που μεταβάλλεται συστηματικά.

15) Δακτύλιος περιστροφής (yaw motor):

Τροφοδοτεί τη μονάδα εκτροπής.[7]

3.3. Σχεδιασμός μεταφορικής διαδικασίας ανεμογεννητριών

Η διαδικασία του σχεδιασμού μεταφοράς ανεμογεννητριών ξεκινάει με την ψηφιακή απεικόνιση του σημείου εκκίνησης της διαδρομής. Το σημείο εκκίνησης είναι ο τόπος προέλευσης των τμημάτων της ανεμογεννήτριας, δηλαδή είτε ο τόπος κατασκευής τους είτε ο τόπος στον οποίο μας παραδίδεται εγχώρια, συνήθως κάποιο λιμάνι το οποίο να καλύπτει τις προδιαγραφές μετακίνησης και πρόχειρης αποθήκευσης τους. Το τελικό σημείο της διαδρομής αποτελεί τον τόπο ανέγερσης της εκάστοτε ανεμογεννήτριας.

Στοιχειώδης προϋπόθεση για μια καταρτισμένη μελέτη ασφαλούς μεταφοράς ανεμογεννητριών είναι η δημιουργία μιας βάσης δεδομένων με τα απαραίτητα στοιχεία που θα χρησιμεύσουν στα στάδια της μελετητικής διαδικασίας. Η εν λόγω βάση δεδομένων περιλαμβάνει στοιχεία για την μορφολογία και το γεωγραφικό υπόβαθρο, πληροφορίες για τις απαιτήσεις του μεταφερόμενου εξοπλισμού, ακριβής εύρεση του κατάλληλου νομοθετικού πλαισίου που θα μας επιτρέψει την πραγματοποίηση της μεταφοράς όπως επίσης και οικονομικά στοιχεία του κάθε βήματος. Μέσω της χρήσης αυτών των δεδομένων γίνεται εντοπισμός της ευρύτερης περιοχής στην οποία αναπτύσσεται το αιολικό πάρκο, γίνεται εντοπισμός των γενικότερων προβλημάτων που πρέπει να επιλυθούν με την μελετητική διαδικασία και ξεκινάει ο προσδιορισμός των σημείων αφετηρίας και τέρματος.

Η μεταφορά των ανεμογεννητριών εντάσσεται, για λόγους νομικής και κατασκευαστικής ομοιότητας, στο πλαίσιο των ειδικών οδικών μεταφορών υπέρβαρων και υπερμεγεθών φορτίων (Heavyweight and Oversize Cargo Transportation).

3.3.1 Ειδικές οδικές μεταφορές υπέρβαρων και υπερμεγεθών φορτίων

Το υπερμέγεθες φορτίο, που αναφέρεται επίσης ως μη τυποποιημένο ή υπερβατικό, είναι φορτίο του οποίου η μεταφορά απαιτεί τη χρήση ειδικών μέσων μεταφοράς και ανύψωσης με χωρητικότητα επαρκή για το βάρος του φορτίου. Το υπερμέγεθες φορτίο μπορεί να περιλαμβάνει μη τυποποιημένα μεγάλα και βαριά κομμάτια φορτίου, όπως ηλεκτρικούς μετασχηματιστές, δοχεία αντιδραστήρων, ανεμογεννήτριες, ατράκτους αεροσκαφών ή εξαρτήματα πυρηνικών εργοστασίων, τα οποία συνήθως αποτελούν μέρος προηγμένων υψηλής προτεραιότητας ενεργειακών και τεχνολογικών έργων. [6]

Για να κριθεί υπερμέγεθες ένα φορτίο θα πρέπει το όχημα που το μεταφέρει και το φορτίο να ξεπερνάει τις τιμές τουλάχιστον ενός από τα εξής χαρακτηριστικά :

- συνολικό βάρος μεγαλύτερο από 44.000 kg
- ύψος μεγαλύτερο των 4 m
- πλάτος μεγαλύτερο από 2,55 m
- άκαμπτο μήκος μεγαλύτερο των 18,75 m

Συγκεκριμένα, σύμφωνα με το άρθρο 53 του Κ.Ο.Κ. (Κώδικας Οδικής Κυκλοφορίας):

«1. α. Με κοινές αποφάσεις των Υπουργών Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων και Μεταφορών και Επικοινωνιών καθορίζονται το μέγιστο όριο των διαστάσεων, του βάρους, του φορτίου και των ανά άξονα επιβαρύνσεων των αυτοκινήτων οχημάτων και των ρυμουλκούμενων από αυτά.

β. Με κοινές αποφάσεις των Υπουργών Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων και Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων καθορίζονται τα παραπάνω τεχνικά στοιχεία για τα αγροτικά μηχανήματα.

γ. Με κοινές αποφάσεις των Υπουργών Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων και Ανάπτυξης καθορίζονται τα παραπάνω θέματα για τα μηχανήματα έργων.

δ. Με κοινές αποφάσεις των Υπουργών Μεταφορών και Επικοινωνιών και Δημόσιας Τάξης καθορίζονται τα παραπάνω θέματα για τα μοτοποδήλατα, ποδήλατα και χειροκίνητα οχήματα και

ε. Με κοινές αποφάσεις των Υπουργών Εσωτερικών, Δημόσιας Διοίκησης και Αποκέντρωσης και Μεταφορών και Επικοινωνιών καθορίζονται τα παραπάνω θέματα για τα ζώηλατα οχήματα. Η ενσωμάτωση στην ελληνική νομοθεσία οδηγίων της Ευρωπαϊκής Ένωσης σχετικά με τα παραπάνω τεχνικά στοιχεία γίνεται αντίστοιχα με κοινές αποφάσεις του Υπουργού Οικονομίας και Οικονομικών και των συναρμόδιων Υπουργών.

2. Τα πιο πάνω οχήματα των οποίων οι διαστάσεις, το βάρος, το φορτίο και οι ανά άξονα επιβαρύνσεις υπερβαίνουν τα καθοριζόμενα ανώτατα όρια της κάθε περίπτωσης, επιτρέπεται να κυκλοφορούν μόνο ύστερα από ειδική άδεια, η οποία μπορεί να δοθεί από τον Υπουργό Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων ή των εξουσιοδοτημένων απ' αυτόν αρχών. Στην άδεια αυτήν καθορίζονται περιορισμοί για την κυκλοφορία των οχημάτων αυτών αναφερόμενοι ιδίως στις οδούς διέλευσης, το χρόνο κυκλοφορίας, τη μέγιστη επιτρεπόμενη ταχύτητα και τα απαιτούμενα μέτρα οδικής ασφάλειας.

3.Στον καθορισμό του πλάτους των ρυμουλκούμενων και των συνδυασμών οχημάτων δεν συμπεριλαμβάνεται η εγκάρσια προέκταση:

α) Των ελαστικών πλησίον του σημείου επαφής τους με το έδαφος και των συνδέσεων των δεικτών πίεσης αυτών.

β) Των αντιολισθητικών συσκευών προσαρμοσμένων στους τροχούς.

γ) Των καθρεπτών οδήγησης όταν είναι τέτοιας κατασκευής ώστε να υποχωρούν τόσο προς τα μπρος όσο και προς τα πίσω με μέτρια πίεση, για να μην εξέχουν πέραν του επιτρεπόμενου μέγιστου πλάτους.

δ) Των πλευρικών δεικτών κατεύθυνσης και των ενδεικτικών φώτων του όγκου τους.

ε) Των τελωνειακών σφραγίδων, οι οποίες είναι προσαρμοσμένες στο φορτίο και συσκευών οι οποίες χρησιμοποιούνται για την εξασφάλιση και προστασία των σφραγίδων αυτών.

4.Τα άκρα των αξόνων και τα κεντρικά τμήματα των τροχών (πλήμνες) των οδικών οχημάτων απαγορεύεται να εξέχουν του εξωτερικού περιγράμματος του οχήματος, εξαιρουμένων των μηχανημάτων έργων, των αγροτικών μηχανημάτων και ζωήλατων οχημάτων, τα οποία στερούνται προφυλακτήρων λάσπης (φερών) ή έχουν αμάξωμα το οποίο δεν εξέχει των τροχών και για τα οποία επιτρέπεται τα άκρα των αξόνων και των κεντρικών τμημάτων των τροχών να εξέχουν του επιπέδου της στεφάνης των τροχών το πολύ 0,25 μ.» [11]

Οι άδειες για τις ειδικές μεταφορές στην Ελλάδα ισχύουν για 2 ημέρες μόνο. Τα φορτηγά επιτρέπεται να κυκλοφορούν από την ανατολή μέχρι τη δύση του ηλίου, καθημερινά εκτός από τα Σάββατα, τις Κυριακές και τις επίσημες αργίες. Το ανώτατο όριο βάρους κατά άξονα είναι 10 τόνοι.

Απαραίτητα έγγραφα και όροι διακίνησης βαρέων οχημάτων:

- Άδεια κυκλοφορίας ελκυστήρα και ρυμουλκού
- Ασφαλιστήριο συμβόλαιο ελκυστήρα και ρυμουλκού
- Σχεδιάγραμμα έμφορτου οχήματος με αναλυτική περιγραφή του φορτίου και πλήρη στοιχεία για τις διαστάσεις και τα βάρη

- Δήλωση ημερομηνιών και τόπου αναχώρησης και άφιξης

Σε περίπτωση αλλαγής της ημερομηνίας άφιξης στην Ελλάδα πρέπει να εκδοθούν νέες άδειες.

3.3.2. Παράγοντες κινδύνου κατά την διέλευση βαρέων οχημάτων

Εξετάζοντας τις παραμέτρους αναφορά με την κίνηση βαρέων οχημάτων υπέρβαρων και υπερμεγεθών φορτίων επισημαίνονται οι εξής κίνδυνοι ανάλογα με τις περιοχές επιρροής τους [9] :

Τεχνικός κίνδυνος :

Οι παράγοντες που καθορίζουν τις δυνατότητες μεταφοράς φορτίου με τεχνολογική έννοια. Αφορά στον κίνδυνο επιλογής οχημάτων, τον κίνδυνο επιλογής τεχνολογιών φόρτωσης, το μήκος της διαδρομής, τις παραμέτρους του φορτίου, τις ανάγκες αποθήκευσης φορτίου, τον κίνδυνο της επιλογής του τρόπου μεταφοράς. Πρέπει να σημειωθεί ότι ο σημαντικότερος παράγοντας για τον προσδιορισμό του κινδύνου είναι οι παράμετροι του φορτίου (διαστάσεις φορτίου και βάρος). Επίσης, θα μπορούσε να αποδοθεί η ασφάλεια της μεταφοράς και η πιθανότητα ατυχήματος κατά τη διάρκεια της διαδικασίας μεταφοράς. Ο ανθρώπινος παράγοντας επηρεάζει την πιθανότητα σφαλμάτων, επομένως, θα ήταν επίσης σκόπιμο να αποδοθεί στον τομέα τεχνικού κινδύνου.

Οικονομικός κίνδυνος :

Υπέρβαρα και υπερμεγέθη φορτία είναι αναπόφευκτα συνδεδεμένα με τη νέα τεχνολογία και τη βιομηχανική ανάπτυξη, για αυτό ο ρόλος των τραπεζών σε αυτόν τον τομέα είναι πολύ σημαντικός . Οι όροι της προμήθειας νέων τεχνολογιών, επιτοκίων, τραπεζικών συνθηκών χρηματοδότησης καθορίζουν την ανάπτυξη καινοτόμων τεχνολογιών και, ως εκ τούτου, προωθούν ή αναστέλλουν τη μεταφορά των φορτίων αυτών. Άλλοι σημαντικοί παράγοντες στον τομέα αυτό είναι οι συνθήκες ανταγωνισμού για τη μεταφορά φορτίων, το κόστος εργασίας και η πρόσβαση στις τοποθεσίες στις οποίες μεταφέρονται τέτοιου είδους φορτία. Οι παράγοντες αυτοί έχουν σημαντικό αντίκτυπο στην τιμή της μεταφοράς των υπέρβαρων και υπερμεγεθών φορτίων και καθορίζουν την επιλογή του πώς, με ποιους τρόπους ή από ποιες χώρες θα πρέπει να μεταφέρονται τέτοια φορτία.

Κοινωνικός κίνδυνος :

Αφορά στην δημόσια ανοχή για τη μεταφορά υπέρβαρων και υπερμεγεθών φορτίων στην περιοχή. Η μεταφορά τέτοιων φορτίων συνδέεται με ορισμένους περιορισμούς στην περιοχή μέσω της οποίας κινείται το φορτίο. Πρώτα από όλα η μεταφορά τέτοιων φορτίων θα μπορούσε να έχει σημαντικό αρνητικό αντίκτυπο στην εκάστοτε κοινότητα. Οι προσδοκίες των μελών της κοινότητας για πρόσληψη ως εργατικό δυναμικό δεν πρέπει να παραληφθούν στο πλαίσιο του κοινωνικού κινδύνου.

Πολιτικός σχεδιασμός:

Εξαρτάται από την πολιτική στάση απέναντι στη διαδικασία μεταφοράς των φορτίων που υπάρχει σε ορισμένες χώρες. Η δημόσια πολιτική θα μπορούσε να τονώσει ή να διακόψει τέτοιες διαδικασίες. Τα κυβερνητικά θεσμικά όργανα είναι ένα εργαλείο που συμβάλλει στον έλεγχο αυτών των διαδικασιών. Η φορολογική πολιτική (οι δασμοί, δηλαδή τα τέλη για τη χρήση των υποδομών μεταφοράς, οι διαδικασίες λήψης αδειών, οι διαδικασίες συντονισμού δρομολόγησης και ο κανονισμός λήψης αποφάσεων) επηρεάζουν την επιλογή του τρόπου μεταφοράς και της διαδρομής μεταφοράς φορτίου. Στον πολιτικό κίνδυνο, αποδίδεται η αντίληψη των οικονομικών αναπτυξιακών αναγκών. Ο κανονισμός λήψης αποφάσεων δείχνει την πολιτική βούληση μιας χώρας.[9]

3.3.3. Απαιτήσεις μεταφοράς εξοπλισμού

Ένα από τα θεμελιώδη κομμάτια της μελέτης αποτελεί η εύρεση των βασικών διαστάσεων των τεμαχίων των ανεμογεννητριών που θα μεταφερθούν, έτσι όπως αυτές καθορίζονται από τον αντίστοιχο κατασκευαστή για την εξασφάλιση της ασφαλούς μεταφοράς τους. Η ιδιοκτήτρια εταιρεία του έργου μετά από σχετική μελέτη παρουσιάζει την ανάγκη διερεύνησης μεταφοράς αντιπροσωπευτικών τύπων ανεμογεννητριών που προκύπτουν από τα αποτελέσματα της ενεργειακής μελέτης.

Οι βασικές αυτές διαστάσεις είναι:

- το βάρος
- το ύψος
- το μήκος
- το πλάτος

Όσον αφορά τις απαιτήσεις του κατασκευαστή, αναφέρονται και γενικές απαιτήσεις που σχετίζονται με τις προδιαγραφές των δρόμων πρόσβασης και των εσωτερικών δρόμων των αιολικών πάρκων. Οι βασικές ενότητες των απαιτήσεων των οδών, των οποίων οι χαρακτηριστικές τιμές διαφέρουν ανά κατασκευαστή ανεμογεννητριών, αναφέρονται ως εξής[12][13]:

➤ ΕΛΑΧΙΣΤΟ ΠΛΑΤΟΣ ΟΔΟΥ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ:

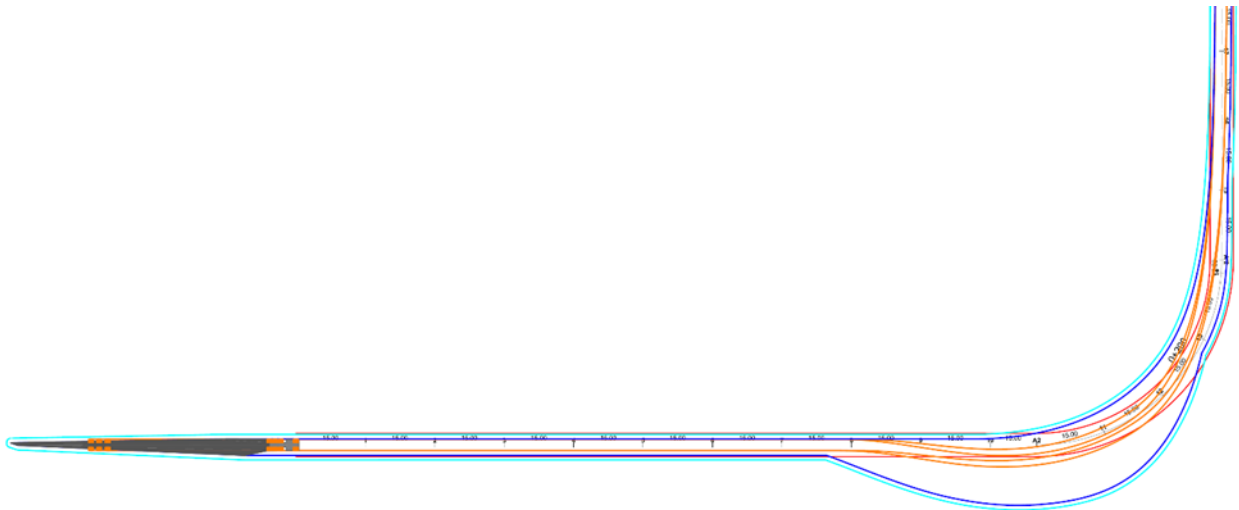
Το ελάχιστο πλάτος για να εξασφαλιστεί η ασφαλής μεταφορά του εξοπλισμού των ανεμογεννητριών σε ευθεία καθώς και σε τμήματα μεγάλων ακτινών καμπύλης των δρόμων για το αιολικό πάρκο. Συνήθης τιμής 5 m.

➤ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΔΙΑΠΛΑΤΥΝΣΗ:

Οι οδοί που επιλέγονται για την πρόσβαση από το υπάρχον οδικό δίκτυο συχνά χρήζουν επεμβάσεων στις στροφές λόγω των διαστάσεων των οχημάτων μεταφοράς. Οι εταιρείες κατασκευής παρέχουν βασικές προδιαγραφές, όμως, συστήνουν αυστηρά τη χρήση λογισμικού προσομοίωσης πορείας για τον ακριβή υπολογισμό.

• Μικτή διαπλάτυνση οδικού τμήματος:

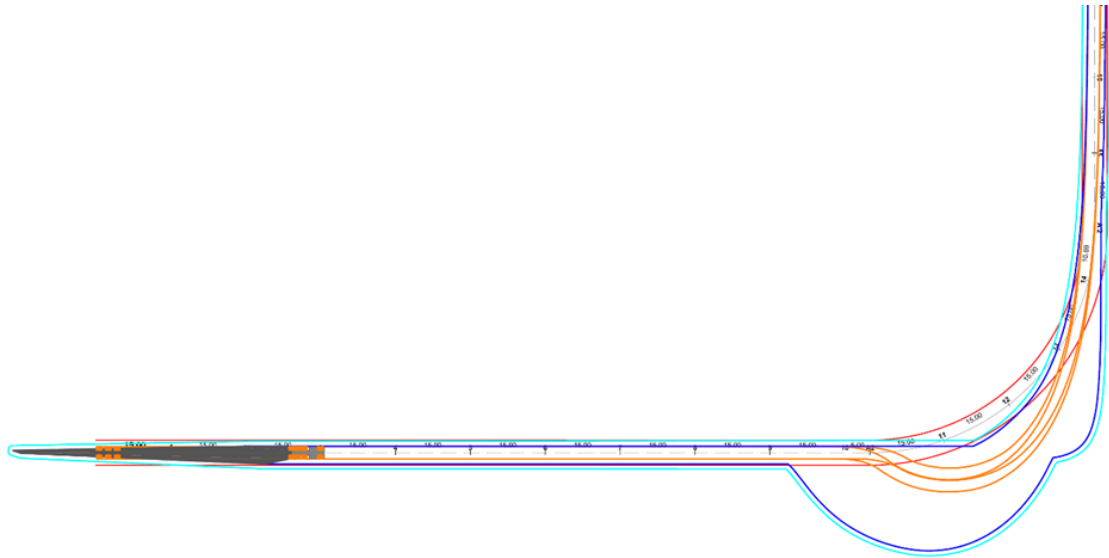
Είναι η διαπλάτυνση που πραγματοποιείται με τμήματα και στο εσωτερικό αλλά και στο εξωτερικό τμήμα της καμπύλης τροχιάς του οχήματος. Αποτελεί την πλέον διαδεδομένη μορφή διαπλάτυνσης. Δημιουργείται όταν η τροχιά του οχήματος ακολουθεί την τροχιά του άξονα της οδού. Οι πίσω τροχοί θα χρειαστούν ένα πρόσθετο χώρο που θα διευρύνεται τόσο πριν από την έναρξη της στροφής όσο και μέσα σε αυτή. Είναι επίσης απαραίτητο να καθαριστεί μια περιοχή κατάλληλη για τη διέλευση του άκρου του προεξέχοντος τμήματος του εξοπλισμού και για το κυρίως τμήμα του φορτηγού. Η περιοχή που χρησιμοποιείται για την διέλευση του πίσω άκρου του εξοπλισμού καθώς και του κυρίου τμήματος του οχήματος δεν είναι απαραίτητο να είναι διαμορφωμένη ως οδός, με τα στοιχεία της οδού (π.χ. οδοστρωσία, κλπ.). Απαιτείται, όμως, να είναι απαλλαγμένη από εμπόδια στον κατακόρυφο άξονα ξεχωριστά για τα ανωτέρω τμήματα που αναφέρθηκαν.



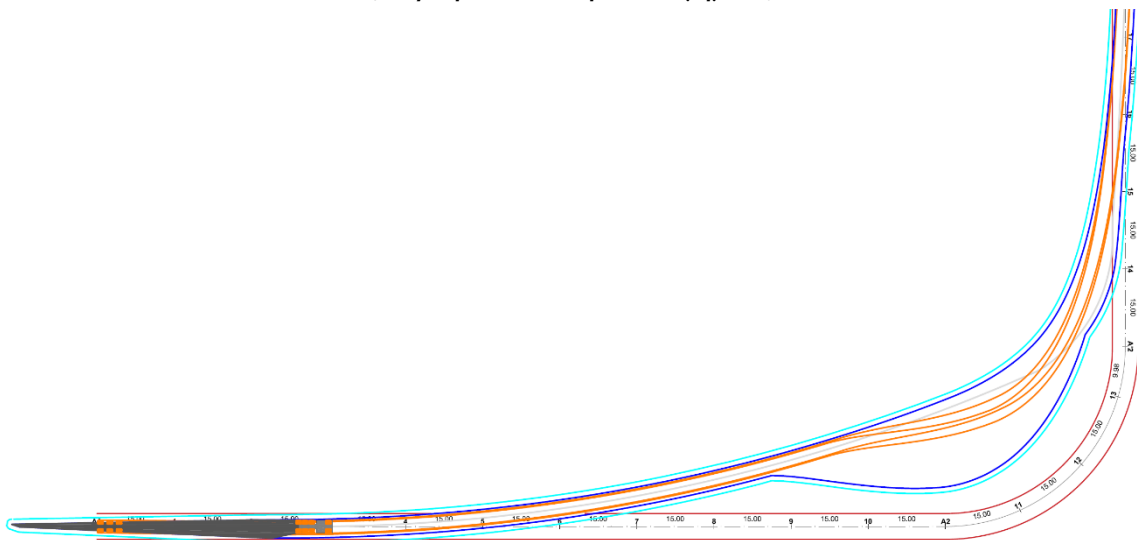
Εικόνα 3.4: Μικτή διαπλάτυνση οδικού τμήματος

- Εσωτερική και εξωτερική διαπλάτυνση:

Τα περισσότερα από τα ρυμουλκούμενα οχήματα για τη μεταφορά εξοπλισμού ανεμογεννητριών επιτρέπουν την περιστροφή στους πίσω τροχούς ανεξάρτητα από την καθοδήγηση των εμπρός τροχών. Για το λόγο αυτό, η διαπλάτυνση του δρόμου μπορεί να είναι εντελώς εσωτερική στη στροφή (χρησιμοποιώντας το χειριστήριο διεύθυνσης των πίσω τροχών) ή εξωτερική, σαρώνοντας την περιοχή έξω από τη στροφή. Οι λύσεις αυτές είναι συνήθως πιο απαιτητικές. Χρησιμοποιούνται σε περίπτωση που, λόγω των υφιστάμενων περιορισμών (κτίρια, κατασκευές, όρια ακινήτων κ.λπ.) δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί η μικτή διαπλάτυνση και πρέπει να βρεθεί λύση μόνο εντός ή εκτός της στροφής. Απαιτείται τεράστιος χώρος, και χρησιμοποιείται μόνο σε εξαιρετικές περιπτώσεις.



Εικόνα 3.5: Εξωτερική διαπλάτυνση οδικού τμήματος



Εικόνα 3.6: Εσωτερική διαπλάτυνση οδικού τμήματος

➤ ΜΕΓΙΣΤΗ ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ ΚΛΙΣΗ:

Η μέγιστη κλίση που μπορούν να ξεπεράσουν τα φορτηγά που μεταφέρουν τον εξοπλισμό των ανεμογεννητριών σχετίζεται άμεσα με την ποιότητα του οδοστρώματος. Ως γενικό κριτήριο σχεδιασμού, σε χωματόδρομους από χαλίκι ή σε διαβαθμισμένο αδρανές, όπου δεν είναι δυνατόν να εξασφαλιστούν καλές συνθήκες οδοστρώματος λόγω συχνής βροχής ή/και πιθανών κακών κατασκευών και κακού ποιοτικού ελέγχου ή άλλων περιστάσεων, θέτεται τιμή μέγιστης επιτρεπόμενης κλίσης μικρότερης από την επιτρεπόμενη σε συνθήκες ασφάλτου. Στις ορεινές περιοχές με εξαιρετικά μεγάλη κλίση λόγω περιβαλλοντικών περιορισμών, το οδόστρωμα βελτιώνεται με τη χρήση κατάλληλης λύσης όπως πλάκες σκυροδέματος ή άλλες. Σε ακραίες περιπτώσεις, εξετάζεται η χρήση ειδικών φορτηγών ή πρόσθετων οχημάτων για τη ρυμούλκηση των φορτηγών υπό ασφαλείς συνθήκες.

➤ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΑΚΤΙΝΑ:

Η μέγιστη τιμή της κατακόρυφης ακτίνας στην οποία είναι ικανή η διέλευση των φορτηγών εξαρτάται από την χαρακτηριστικά του οχήματος, καθώς και τις απαιτήσεις που δίνει ο κατασκευαστής για τον εξοπλισμό των ανεμογεννητριών, οι οποίες βασίζονται στο βάρος του μεταφερόμενου εξοπλισμού.

➤ ΕΠΙΚΛΙΣΗ:

Σε περίπτωση που υπάρχει επίκλιση για εκκένωση του νερού της βροχής δεν πρέπει να υπερβαίνει χαρακτηριστικές τιμές χαμηλότερες από συμβατικά οχήματα. Σύνηθες χαρακτηριστική τιμή είναι 2%.

➤ ΕΛΕΥΘΕΡΟ ΎΨΟΣ ΟΔΟΥ:

Η τιμή του ελεύθερου ύψους του δρόμου εξαρτάται από το ύψος του μεταφερόμενου εξοπλισμού σε συνδυασμό με τα οχήματα μεταφοράς. Δυσμενέστερη αποτελεί η περίπτωση μεταφοράς του πύργου, με αποτέλεσμα η διαθεσιμότητα ειδικών υδραυλικών ρυμουλκούμενων χαμηλής κλίσης αποτελεί τον κυριότερο παράγοντα καθορισμού του ελεύθερου ύψους. Συνήθεις ελάχιστες τιμές μεταξύ 5 m.

➤ **ΦΕΡΟΥΣΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΕΔΑΦΟΣ:**

Η εξακρίβωση της φέρουσας ικανότητας θα πραγματοποιηθεί με δοκιμές πλακών φόρτισης. Το διαπιστευμένο εργαστήριο που πραγματοποιεί τη δοκιμή καθορίζει τα κριτήρια αποδοχής για να επιβεβαιώσει την απαιτούμενη φέρουσα ικανότητα.

→ Εδαφικό υλικό:

Η εδαφολογική έρευνα κατηγοριοποιεί το έδαφος στο οποίο πρόκειται να κατασκευαστούν οι οδοί των αιολικών πάρκων. Για το σκοπό αυτό, τα δείγματα εδάφους λαμβάνονται σε διάφορα αντιπροσωπευτικά σημεία του οδικού δικτύου σε διαστήματα 700 έως 1000 μέτρων. Η συλλογή δειγμάτων και τα αποτελέσματα των κατάλληλων δοκιμών εργαστηρίου για τον χαρακτηρισμό του εδάφους (δείκτης Καλιφόρνιας CBR, πλαστικότητα, δείκτης Proctor κ.λπ.) σχεδιάζονται και διεξάγονται από γεωτεχνικό εμπειρογνώμονα. Αναφέρονται από τον κατασκευαστή ελάχιστες αποδεκτές τιμές Καλιφορνιακού λόγου φέρουσας ικανότητας (CBR). Σε περίπτωση που δεν επιτευχθούν αυτές οι ελάχιστες τιμές CBR, το υπέδαφος βελτιώνεται ανάλογα με την εφαρμογή της καταλληλότερης μεθόδου (σταθεροποίηση του εδάφους με ασβέστη ή τσιμέντο, κ.λπ.), ανάλογα με το είδος του εδάφους.

→ Οδόστρωμα:

Το οδόστρωμα της πρόσβασης και των εσωτερικών δρόμων του αιολικού πάρκου θα αποτελείται από ένα πάχος στρώσης διαβαθμισμένου αδρανούς ανάλογα με το CBR το οποίο θα έχει προσδιοριστεί για το εδαφικό υλικό όπως αναφέρεται παραπάνω. Το ποσοστό συμπίεσης Proctor και η μέγιστη διάμετρος αδρανών προτείνονται σε πρώτο στάδιο από τον κατασκευαστή.

➤ **ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟ ΟΔΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ:**

Μπορούν να χρησιμοποιηθούν δευτερεύουσες οδοί με χαμηλότερη φέρουσα ικανότητα ή/και κακή ποιότητα ασφαλτοστρωμένου οδοστρώματος. Ωστόσο, η διέλευση των φορτηγών μπορεί να προκαλέσει σοβαρές βλάβες σε αυτά. Η βελτίωση των οδών αυτών πριν από τη μεταφορά των κατασκευαστικών στοιχείων ανεμογεννητριών ή/και η επισκευή μετά τη μεταφορά πρέπει να αξιολογηθεί και να προβλεφθεί.

➤ **ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗΣ:**

Η αποστράγγιση των οδών πρέπει να είναι σχεδιασμένη έτσι ώστε να ελέγχεται η ροή του νερού της βροχής κατά μήκος των δρόμων και να επιτρέπει την αποστράγγιση του δρόμου.

➤ **ΑΛΛΑΓΗ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ:**

Στην περιοχή εγκατάστασης της τελευταίας ανεμογεννήτριας, στο τέλος των αδιέξοδων δρόμων εσωτερικά του πάρκου είναι συνήθως προβληματικό για τα φορτηγά να εκτελούν ελιγμό 180° και να εξέρχονται από τον ίδιο τρόπο που εισήλθαν. Στις θέσεις αυτές πρέπει να προβλέπεται επαρκής χώρος στροφής για τον ελιγμό αυτό των φορτηγών. Σε ορισμένες περιπτώσεις, μέρος του υπάρχοντος δύσκαμπτου δρόμου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον ελιγμό. Όταν αυτό δεν είναι δυνατό για πρακτικούς λόγους ή λόγους ασφαλείας, σχεδιάζεται μια ειδική περιοχή με ισοπέδωση και συμπίεση. Οι διαστάσεις και τα ελάχιστη μήκη των εν λόγω δρόμων δίνονται από την κατασκευάστρια εταιρεία.

➤ **ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ:**

Όλες οι οδοί εσωτερικά και κατά την πρόσβαση, πλάτους μόνο 5 m και μήκους άνω των 5 km πρέπει να είναι εφοδιασμένοι με περιοχές στάθμευσης οχημάτων (lay-by areas) σχεδιασμένες να έχουν επιπλέον πλάτος 5 m και μήκος 50 m. Οι εν λόγω περιοχές καθορίζονται σε διαστήματα 4 έως 5 χιλιομέτρων, καθώς και σε αντιστοιχία οποιουδήποτε κρίσιμου οδικού σημείου. Οι περιοχές στάθμευσης πρέπει να είναι καθαρές από τυχόν συντρίμμια, ισοπεδωμένες, συμπίεσμένες και απαλλαγμένες από οποιοδήποτε αποστραγγιστικό σύστημα.

➤ **ΣΗΜΑΤΑ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ:**

Τα απαραίτητα σήματα κυκλοφορίας θα τοποθετηθούν κατά μήκος του δρόμου για να εξασφαλιστεί η ασφάλεια οδήγησης. Ειδικότερα, θα τοποθετηθεί κατάλληλη σηματοδότηση για τις υψηλές πλαγίες και την τελική ταχύτητα των οχημάτων.

➤ **ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΟΔΩΝ:**

Οι οδοί πρόσβασης και το εσωτερικό οδικό δίκτυο πρέπει να συντηρούνται επαρκώς καθ' όλη τη διάρκεια της περιόδου κατασκευής και εγκατάστασης του αιολικού πάρκου, ως εξής:

- Διαβροχή των δρόμων όταν δημιουργείται σκόνη από τη διέλευση των οχημάτων. Αυτό γίνεται για να ελαχιστοποιηθεί ο διαχωρισμός των λεπτόκοκκων αδρανών του οδοστρώματος και να αποφευχθούν προβλήματα υγείας και ασφάλειας.
- Περιοδικός καθαρισμός όλων των πλευρικών τάφρων και αποστραγγιστικών τοιχοποιιών για να εξασφαλιστεί ότι παρεμποδίζεται το νερό της βροχής από τη ροή και επιδεινώνεται η αποτελεσματικότητα του συστήματος αποστράγγισης.

➤ ΕΛΕΥΘΕΡΟΥ ΕΜΠΟΔΙΩΝ ΧΩΡΟΥ

Κατά την μεταφορά των πτερυγίων απαιτείται εκκαθάριση του χώρου γύρω από το οδικό τμήμα της καμπύλης για τη δυνατότητα διέλευσης του οχήματος τόσο εσωτερικά της στροφής (κοιλιά οχήματος) όσο και εσωτερικά της στροφής (άκρο πτερυγίου).

- Για την ασφαλή διέλευση της κοιλιάς του οχήματος πρέπει να γίνει εκκαθάριση του χώρου από τη στάθμη του οδοστρώματος έως το μέγιστο αναγραφόμενο ύψος μεταφοράς
- Για την ασφαλή διέλευση του άκρου του πτερυγίου πρέπει να γίνει εκκαθάριση του χώρου σε αποστάσεις ασφαλείας άνωθεν και κάτωθεν της στάθμης του άκρου του πτερυγίου.

Οι παραπάνω ενότητες δόθηκαν σύμφωνα με τα φυλλάδια που περιλαμβάνουν τις απαιτούμενες τεχνικές προδιαγραφές των δρόμων πρόσβασης αιολικών πάρκων της εταιρείας Vestas.[12][13]

Παρατηρείται, από τις απαιτήσεις που προαναφέρθηκαν, την πιο δυσμενή αποτελεί η απαιτούμενη διαπλάτυνση των δρόμων πρόσβασης. Για το λόγο αυτό, κρίνεται αναγκαία η διερεύνηση της στο πλαίσιο εκπόνησης της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.

3.3.4. Βασικά κομμάτια εξοπλισμού κατά τη μεταφορά

Η επιλογή των οχημάτων για την μεταφορά του εξοπλισμού αποτελεί ένα από τα βασικά κομμάτια της μελετητικής διαδικασίας. Το κάθε είδος του εξοπλισμού απαιτεί αντίστοιχες μεταφορικές λύσεις που είναι ανάλογες με τις απαιτήσεις που τίθενται από τις διαστάσεις και το βάρος του.

➤ Κομμάτι διασύνδεσης πτερυγίων (Hub):

Το κομμάτι διασύνδεσης πτερυγίων μεταφέρεται πάνω σε ειδικές πλατφόρμες που να αντέχουν το σχετικά μεγάλο βαρυντικό φορτίο με κατάλληλα συστήματα ανάρτησης. Απαιτείται κατάστρωμα με ικανότητα χαμηλής απόθεσης φορτίου για να μειωθεί το απαιτούμενο ελεύθερο ύψος. Δεν αποτελεί κρίσιμο σημείο μελέτης για να ληφθεί υπόψη στο σχεδιασμό της μεταφορικής διαδικασίας.



Εικόνα 3.7: Οχήμα μεταφοράς κομματιού διασύνδεσης πτερυγίων (πηγή: Goldhofer)

➤ Άτρακτος (Nacelle):

Η άτρακτος αποτελούν το βαρύτερο κομμάτι εξοπλισμού για αυτό απαιτείται συγκριτικά με τα υπόλοιπα οχήματα μεγαλύτερος αριθμός αξόνων. Χρειάζεται ειδική προσοχή στην επιλογή της πλατφόρμας καθώς πρέπει να υπάρχει κατάλληλο σύστημα ανάρτησης για την απόσβεση των καταπονήσεων.



Εικόνα 3.8: Οχήμα μεταφοράς ατράκτου (πηγή: Wind power engineering and development)

➤ Πύργος (Tower):

Ο πύργος για την διαδικασία της μεταφοράς διασπάται σε τρία έως τέσσερα συνήθως κομμάτια. Απαιτείται ειδική πλατφόρμα με εξειδικευμένα σημεία πρόσδεσης λόγω της

κυλινδρικής μορφής των κομματιών. Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται στο ελεύθερο ύψος του δρόμου κατά τη μεταφορά των κομματιών του πύργου.



Εικόνα 3.9: Όχημα μεταφοράς πύργου (πηγή: Engineering.com)

➤ Πτερύγια(Blades):

Τα πτερύγια μεταφέρονται σε πλατφόρμες με ένα πτερύγιο ανά όχημα και ελέγχουν τις διαστάσεις του οχήματος σχεδιασμού. Συνήθης πρακτική αποτελεί η χρήση ρυμουλκούμενων πλατφορμών με συστήματα ανάρτησης, προκειμένου να απορροφήσουν τις δυνάμεις καταπόνησης και μεταφερθούν τα πτερύγια οικονομικά και με ασφάλεια, ακόμη και πάνω από ανισόπεδο έδαφος

3.3.5. Μεταφορικός εξοπλισμός πτερυγίων

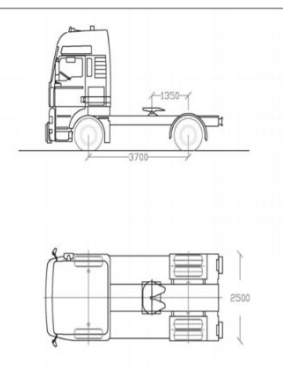
Ο βασικός μεταφορικός εξοπλισμός αποτελείται από τα φορτηγά και τις πλατφόρμες.

I. Φορτηγά (trucks):

Τα φορτηγά είναι μηχανοκίνητα οχήματα τα οποία έχουν την λειτουργία του ελκυστήρα για να πραγματοποιηθεί η κίνηση των ρυμουλκών. Ιδιαίτερη προσοχή κατά την επιλογή των φορτηγών πρέπει να δοθεί στις παρακάτω ενότητες:

- ✓ Αριθμός αξόνων
- ✓ Κίνηση τροχών
- ✓ Ισχύς κινητήρα
- ✓ Έλξη
- ✓ Μικτό βάρος
- ✓ Διαστάσεις οχήματος
- ✓ Λειτουργικό κόστος

Κατασκευαστής	: SCANIA
Μοντέλο	: 19.400
Αριθμός αξόνων	: 2
Κίνηση τροχών	: 4x2
Ισχύς κινητήρα	: 400 ίπποι
Έλξη	: 50 τόνοι
Μικτό	: 20.5 τόνοι
Κατηγορία	: Ελκυστήρας



Εικόνα 3.10: Τράκτορας SCANIA 19.400 (πηγή: Anipsotiki)

II. Πλατφόρμες (trailers):

Οι πλατφόρμες αποτελούν το κομμάτι της μεταφοράς, πάνω στις οποίες γίνεται η τοποθέτηση των πτερυγίων και γενικά του εξοπλισμού των ανεμογεννητριών. Οι πλατφόρμες μπορούν να είναι ρυμουλκούμενες ή ημι-ρυμουλκούμενες. Γίνεται τοποθέτηση του εξοπλισμού και ασφάλιση του με μηχανισμούς που να μην επιτρέπουν την πιθανότητα κάποιου ατυχήματος. Βασικά χαρακτηριστικά που εξετάζονται στην επιλογή τους είναι:

- ✓ Ολική ωφέλιμη ικανότητα
- ✓ Αριθμός αξόνων
- ✓ Ικανότητα επιμήκυνσης
- ✓ Διάσταση ελαστικών
- ✓ Μικτό βάρος
- ✓ Ύψος φόρτωσης
- ✓ Ικανότητα ελιγμών
- ✓ Διαστάσεις οχήματος
- ✓ Σύστημα φρένων
- ✓ Λειτουργικό κόστος

Οι ρυμούλκες μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις βασικές κατηγορίες :

➤ Πλατφόρμα απλού τύπου:



Εικόνα 3.11: Πλατφόρμα απλού τύπου (πηγή: CNN)

Αυτός ο τύπος μεταφοράς χρησιμοποιείται σε δρόμους μεγάλου πλάτους και χωρίς εμπόδια. Απαιτεί τον περισσότερο χώρο, λόγω του αυξημένου πλάτους, όσον αφορά την εκκαθάριση των εμποδίων και την απαιτούμενη διαπλάτυνση.

Πλεονέκτημα αυτού του τύπου μεταφοράς είναι η ευκολία στην πρόσδεση και τη μεταφορά.

➤ Πλατφόρμα τύπου ελεύθερου αντάπτορα:



Εικόνα 3.12: Πλατφόρμα ελεύθερου αντάπτορα (πηγή: DOLL)

Ο μηχανισμός τύπου ελεύθερου αντάπτορα αποτελεί μία από τις πιο καινοτόμες τεχνολογίες στον τομέα της μεταφοράς των πτερυγίων των ανεμογεννητριών. Αποτελείται από εύρος περιστροφής $\pm 85^\circ$ με ακριβές υδραυλικό τιμόνι με δυνατότητα ελέγχου με τηλεχειριστήριο. Πλεονεκτήματα από τη χρήση αυτής της τεχνολογίας είναι[15] :

- Μεταφορά πτερυγίων με βάρος έως 35 t
- Κατάλληλο για όλους τους τύπους πτερυγίων
- Ασφαλές και πολύ ανθεκτικό σύστημα μετάβασης
- Ασφαλής οδήγηση με υψηλά κέντρα βάρους
- Μεταφορά πτερυγίων έως 120 m συνολικού μήκους
- Μειωμένη απόσταση από το έδαφος
- Μειωμένο κόστος μεταφοράς και προσωπικού
- Μειωμένο αξονικό φορτίο καταπόνησης

➤ Πλατφόρμα τύπου ανύψωσης πτερυγίου (blade lifter):



Εικόνα 3.13: Πλατφόρμα ανύψωσης πτερυγίου (πηγή: Felbermayr)

Η τεχνολογία blade lifter παρέχει την πιο ασφαλή λύση για την αποφυγή εμποδίων όπως δέντρα ή κτίρια ακόμα πιο αποτελεσματικά. Απαιτεί τον λιγότερο χώρο από τις τρεις μεταφορικές λύσεις καθώς έχει την δυνατότητα να προσαρμόζει το φορτίο κάθε στιγμή που απαιτείται χωρίς να σταματάει η μεταφορά. Ταυτόχρονα, ένας αισθητήρας ανέμου προειδοποιεί κατά της υπέρβασης της μέγιστης ανά μοντέλο επιτρεπτής ταχύτητας ανέμου. Χαρακτηριστικά αυτής της τεχνολογίας αποτελούν [15] :

- Γωνία κλίσης έως 60°
- Μέγιστη γωνία περιστροφής της λάμας του δρομέα $\pm 110^\circ$
- Μέγιστη σταθερότητα λόγω υδραυλικής λειτουργίας, συρόμενου αντίβαρου σε διαμήκεις και οριζόντιες κατευθύνσεις ανάλογα με τη θέση της λάμας του στροφείου
- Θερμοκρασία λειτουργίας -20°C έως $+40^\circ\text{C}$
- Ραδιοτηλεχειριστήριο με επίδειξη της ταχύτητας αέρα, κλίσης, θέσης πτερυγίων, θέσης έρματος

Το blade lifter χρησιμοποιείται όταν δεν υπάρχει δυνατότητα μεταφοράς του εξοπλισμού με άλλου τύπου πλατφόρμες, εξαιτίας του υπερβολικά υψηλού κόστους και της χαμηλής ταχύτητας μεταφοράς. Συνήθως, γίνεται χρήση του Blade lifter σε συνδυασμό με άλλου τύπου πλατφόρμες και μόνο στα σημεία της διαδρομής που είναι απολύτως αδύνατη η μεταφορά με άλλου είδους όχημα.

3.4. Πρόγραμμα προσομοίωσης πορείας οχήματος Autoturn

Εξαιτίας του μεγέθους των μεταφορών του εξοπλισμού των ανεμογεννητριών , της οικονομικής διάστασης των πιθανών επεμβάσεων όπως επίσης και του γενικότερου προϋπολογισμού τέτοιου εγχειρήματος , πριν πραγματοποιηθεί η μεταφορά των ανεμογεννητριών κρίνεται αναγκαίος ο έλεγχος της πορείας των οχημάτων σε ρεαλιστικές συνθήκες. Για το λόγο αυτό κρίνεται αναγκαία η προσομοίωση της μεταφοράς σε προγραμματιστικό περιβάλλον (Swept path analysis).

Το Autoturn, αποτελεί ένα πρόγραμμα που βασίζεται σε CAD περιβάλλον , το οποίο προσομοιώνει ελιγμούς στροφής χαμηλών ταχυτήτων. Χρησιμοποιείται για:

- ✓ καθορισμό χαρακτηριστικών των οχημάτων
- ✓ παρακολούθηση της πορείας των τροχών των εν λόγω οχημάτων και
- ✓ ψηφιακή αναπαράσταση των διαδρομών.

Είναι ικανό να υπολογίζει τη θέση και τον προσανατολισμό του οχήματος, καθώς ο χρήστης μετακινεί το ποντίκι ή κατευθύνει το όχημα μέσα από μια σειρά ελιγμών, ή ακόμα και να ακολουθεί μια προκαθορισμένη διαδρομή. Η διαδρομή είναι της διεύθυνσης του άξονα του οχήματος, και είτε παράγεται από το πρόγραμμα είτε προσχεδιάζεται σε περιβάλλον CAD χρησιμοποιώντας ένα συνδυασμό τόξων και εφαπτομένων. Περιλαμβάνει μία μεγάλη βιβλιοθήκη προσχεδιασμένων οχημάτων που διαφέρουν από χώρα σε χώρα και αποσκοπούν στην διευκόλυνση του χρήστη όταν βρίσκεται στο στάδιο καθορισμού οχήματος καθώς μπορεί ο χρήστης να διαμορφώσει ένα υπάρχον στη βιβλιοθήκη όχημα σύμφωνα με τις δικές του σχεδιαστικές απαιτήσεις[16][17].

Πριν από την χρήση τέτοιου εργαλείου θα πρέπει ο χρήστης να γνωρίζει σημαντικούς περιορισμούς της φιλοσοφίας του προγράμματος :

- ✓ Το πρόγραμμα δεν είναι ενημερωμένο για τις κατευθυντήριες γραμμές του κώδικα οδικής κυκλοφορίας (ΚΟΚ) της κάθε χώρας με αποτέλεσμα να χρειάζεται σημαντική προσοχή στις τοπικές ιδιαιτερότητες των κανόνων και περιορισμών.
- ✓ Το πρόγραμμα αποτελεί ένα κινηματικό μοντέλο το οποίο δεν μπορεί να λάβει υπόψιν τις δυνάμεις αδρανείας του οχήματος ή τις συνθήκες του οδοστρώματος. Για το λόγο αυτό, τα αποτελέσματα θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν συντηρητικά, με μεγάλο περιθώριο αλλαγών για τις ρεαλιστικές συνθήκες οδήγησης και κατάστασης των δρόμων.
- ✓ Το πρόγραμμα δεν λαμβάνει υπόψιν την επιτάχυνση ή την επιβράδυνση των οχημάτων. Ως εκ τούτου θεωρείται ότι η επιβράδυνση-επιτάχυνση του οχήματος δεν επηρεάζει στο ελάχιστο την απαιτούμενη ακτίνα στροφής.[16][17]

Το πρόγραμμα αποδίδει τα ίχνη των αξόνων, του οχήματος (διάγραμμα οπισθοτροχιών) καθώς και το περίγραμμα του οχήματος. Γίνεται έλεγχος για τη δυνατότητα διέλευσης και ταυτόχρονα επισημαίνονται αν υπάρχουν σημεία που απαιτούν επέμβαση.

Το Autoturn, όντας πρόγραμμα προσομοίωσης πολύπλοκων διαδρομών, στα πλαίσια μεταφοράς εξοπλισμού ανεμογεννητριών, χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της πραγματικής πρόσθετης διαπλάτυνσης του δρόμου όπως επίσης και της απαραίτητης επιφάνειας εκκένωσης πλευρικών εμποδίων για την διέλευση του ίχνους καθώς οι πίνακες που παρέχονται από τους κατασκευαστές ανεμογεννητριών αποτελούν γενικής φύσεως κατευθύνσεις .

3.5 Πρόγραμμα οδοποιίας Anadelta Tessera

Το Anadelta Tessera αποτελεί ένα ολοκληρωμένο λογισμικό σχεδιασμού οδικών έργων , μια συνεχώς εξελισσόμενη πλατφόρμα σχεδιασμού , εξειδικευμένη και εξοπλισμένη με μία τεράστια ποικιλία εργαλείων που αποσκοπεί στην απλοποίηση και επιτάχυνση της διαδικασίας μελέτης οδοποιίας , αυτοματοποιώντας τη διαδικασία της χάραξης και του σχεδιασμού ενός νέου οδικού έργου. Το περιβάλλον του Anadelta Tessera έχει σχεδιαστεί εξ αρχής και ειδικά για Οδοποιία. Διαθέτει όμως τόσο εξελιγμένες CAD δυνατότητες όσο και πλήρες περιβάλλον υπολογισμού και επεξεργασίας μοντέλων εδάφους μειώνοντας την ανάγκη χρήσης άλλων προγραμμάτων. Ο συνδυασμός λειτουργιών CAD και λειτουργιών Χάραξης, μέσα στο ίδιο πρόγραμμα, διευρύνει τους ορίζοντες σχεδιασμού. Δίνει τη δυνατότητα στο μελετητή να επινοήσει εύκολες εναλλακτικές τεχνικές σχεδιασμού χωρίς να χρειάζεται να αλλάξει περιβάλλον. Η συνύπαρξη της επεξεργασίας εδάφους με την Οδοποιία, μέσα στο ίδιο πρόγραμμα, επιτρέπουν στο μελετητή να έχει πλήρη έλεγχο του υποβάθρου πάνω στο οποίο θα κάνει τη νέα χάραξη ή τη βελτίωση[18]. Βασικές ενότητες:

- **ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ:**

Το Tessera έχει εξελιγμένα χαρακτηριστικά υπολογισμού και επεξεργασίας μοντέλων εδάφους. Η συνύπαρξή τους με την Οδοποιία, μέσα στο ίδιο πρόγραμμα, επιτρέπουν στο μελετητή να μην έχει μια απλή “φωτογραφία” του υποβάθρου που θα χειριστεί ή έστω ένα “μαύρο κουτί” από το οποίο μπορεί μόνο να ζητήσει δεδομένα, αλλά ένα υπόβαθρο “ζωντανό”, στο οποίο θα μπορεί να επέμβει. Μπορούν να συνυπάρχουν πολλά εδάφη το καθένα με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά. Υπάρχουν λειτουργίες αλληλεπίδρασης και ογκομετρικού υπολογισμού μεταξύ εδαφών.

- **ΧΑΡΑΞΗ:**

Στο Tessera μπορείτε δύναται η εισαγωγή και επεξεργασία απεριόριστου αριθμού δρόμων. Για κάθε δρόμο (σε οποιοδήποτε στάδιο της μελέτης) μπορούν να αλλάξουν οι αρχικές παράμετροι, που έχουν προταθεί από το πρόγραμμα. Στις ιδιότητες των δρόμων περιλαμβάνονται τα γενικά στοιχεία (ταχύτητα μελέτης κλπ.), τα αρχικά πλάτη (οδοστρώματος, ερεισμάτων, λωρίδων κλπ), οι οριακές ή χαρακτηριστικές τιμές κλίσεων και επικλίσεων, ο τρόπος υπολογισμού του διαγράμματος επικλίσεων και άλλα που αναφέρονται στις αντίστοιχες παραγράφους.

- **ΔΙΑΤΟΜΕΣ:**

Η επεξεργασία και ο υπολογισμός των διατομών βασίζονται σε μια φιλοσοφία που επιτρέπει τόσο τον μαζικό υπολογισμό βασισμένο σε τυπικές διατομές όσο και την εκ των υστέρων τροποποίησή τους όπου χρειάζεται. Είναι δυνατός επίσης ο μαζικός υπολογισμός χωρίς τυπική διατομή όταν είναι ορισμένες οι διάφορες γραμμές. Το πρόγραμμα λειτουργεί σαν μελετητικό και σαν επιμετρητικό ταυτόχρονα. [19]

3.6 Μέθοδοι στατιστικής ανάλυσης

Μελετάται η απόκριση μίας εξαρτημένης μεταβλητής ως γραμμικό αποτέλεσμα της δράσης πολλών ανεξάρτητων μεταβλητών μέσω της δημιουργίας της εξίσωσης πολλαπλής παλινδρόμησης. Επιστρατεύονται οι μηχανισμοί της άριστης επιλογής των υποψήφιων ανεξάρτητων μεταβλητών προς ένταξη στο μοντέλο της παλινδρόμησης, η εγκυρότητα και αξιοπιστία του οποίου ελέγχεται με ειδικά διαγνωστικά κριτήρια βασισμένα κυρίως στη συμπεριφορά των υπολειμμάτων της εξίσωσης. Στην απλή παλινδρόμηση εκτιμάται η σχέση μίας μεταβλητής (X) με μία άλλη (Y), εκφράζοντας αυτή τη σχέση ως γραμμικό αποτέλεσμα της πρώτης (X) επί της δεύτερης (Y). Η παλινδρόμηση εκφράζει την εξάρτηση της μεταβλητής Y από την ανεξάρτητη X με μορφή ευθείας γραμμής με τη χρήση της μαθηματικής εξίσωσης,

$$Y = a + bX$$

και η έννοιά της προήλθε από την αρχική απόδοση του όρου σε θέματα βιομετρίας ότι «επιστρέφει» ή «επανέρχεται» ή «γυρίζει πίσω». Η σχέση αυτή μεταξύ των δύο μεταβλητών είναι ουσιαστικά εξάρτηση της πρώτης από τη δεύτερη, δηλαδή το μέγεθος της μεταβολής της πρώτης προσδιορίζεται ως το αποτέλεσμα της δράσης της δεύτερης, χωρίς να ισχύει το αντίθετο. Η πρώτη μεταβλητή καλείται εξαρτημένη (dependent) ή μεταβλητή απόκρισης (response) ή προβλέψιμη (predicted) και συμβολίζεται με Y και η δεύτερη καλείται ανεξάρτητη (independent) ή προβλεπτική (predictive) ή επεξηγηματική (explanatory) και συμβολίζεται με X. Η μεταβλητή X εκλαμβάνεται ως ανεξάρτητη,

καθόσον ελέγχεται με μετρήσεις που διεξάγει ο ερευνητής, το αποτέλεσμα των οποίων αναμένεται να διαπιστωθεί επί της μεταβλητής Y της οποίας οι τιμές εξαρτώνται άμεσα από τις τιμές της X . Τέτοια εξαρτημένη σχέση καλείται παλινδρόμηση και πιο συγκεκριμένα απλή παλινδρόμηση, όταν εμπλέκονται δύο μόνο μεταβλητές.

Η συμμετοχή περισσότερων των δύο μεταβλητών σε μία ανάλυση παλινδρόμησης είναι γνωστή ως πολλαπλή παλινδρόμηση (Multiple Regression Analysis- MRA).[20]

3.6.1. Εξίσωση της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης

Αναφορικά με το θεσμό της απλής γραμμικής παλινδρόμησης για ένα πληθυσμό με ένα ζεύγος μεταβλητών X - Y , θα ισχύει η σχέση, $\hat{Y}=a+bX$. Όταν η εξαρτημένη μεταβλητή Y θεωρείται ότι είναι γραμμικά εξαρτημένη, επιπλέον, και από μία δεύτερη μεταβλητή (X_2) ή και από μία τρίτη (X_3) ή τελικά από ένα σύνολο m μεταβλητών X , η παραπάνω σχέση διαμορφώνεται σε

$$\hat{Y}=a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_mX_m,$$

η πιο συνεπτυγμένα σε

$$\hat{Y} = a + \sum_{i=1}^m b_i X_i$$

Οι συντελεστές $b_1, b_2 \dots b_m$ καλούνται μερικοί συντελεστές παλινδρόμησης. Ο μερικός συντελεστής b_1 εκφράζει το μέγεθος μεταβολής της Y , όταν μεταβάλλεται η μεταβλητή X_1 κατά μία μονάδα, ενώ παράλληλα οι υπόλοιπες μεταβλητές X_i διατηρούνται σταθερές στην τιμή του μέσου όρου τους. Παρόμοια, ο συντελεστής b_2 εκφράζει το βαθμό μεταβολής της Y , όταν μεταβάλλεται μόνο η X_2 κοκ. Οι συντελεστές της πολλαπλής παλινδρόμησης καλούνται μερικοί, επειδή εκφράζουν μέρος μόνο της εξαρτημένης σχέσης της Y με τις μεταβλητές X_i . Η παράμετρος a είναι η τιμή της Y , όταν όλες οι μεταβλητές X_i είναι μηδενικές. [20]

3.6.2. Πολυωνυμική παλινδρόμηση

Ειδική μορφή της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης αποτελεί η πολυωνυμική εξίσωση που εκφράζεται από τη σχέση:

$$\hat{Y}=a + b_1X + b_2X^2 + b_3X^3 \dots + b_mX^m$$

όπου m είναι το πλήθος των διαφορετικών δυνάμεων της μεταβλητής X . Μία τέτοια σχέση παριστάνει αυξανόμενες δυνάμεις της ανεξάρτητης μεταβλητής X , με διαφορετικό μερικό συντελεστή για κάθε δύναμη της X . Με άλλα λόγια, η εξίσωση περιλαμβάνει μία μόνο ανεξάρτητη μεταβλητή X , υψωμένη σε διαφορετικές δυνάμεις, γι' αυτό και η ποσότητα b_iX^i της εξίσωσης αποτελεί τον πολυωνυμικό όρο (multinomial term). Για λόγους καθαρά υπολογιστικούς, κάθε δύναμη της X λογίζεται ως μία

διαφορετική ανεξάρτητη μεταβλητή, γιατί μόνο με αυτήν την προϋπόθεση γίνεται αποδεκτή η λύση της πολυωνυμικής εξίσωσης από τα στατιστικά προγράμματα. Οι πολυωνυμικές εξισώσεις, γενικά, έχουν το χαρακτηριστικό της εμπειρικής προσαρμογής και μόνο γιατί οι πολυωνυμικοί όροι, X^2 , X^3 κτλ., σε μία εξίσωση δεν παρέχουν ιδιαίτερη επιστημονική πληροφόρηση. Κάθε εξίσωση εκφράζεται γραφικά με καμπύλες διάφορων σχημάτων που εξαρτώνται αποκλειστικά από το πλήθος και τη φύση των εντασσόμενων πολυωνυμικών όρων. Όταν ο άξονας X στα γραφήματα αντικατασταθεί με τις τιμές όλων των πολυωνυμικών όρων, τότε οι καμπύλες μετατρέπονται σε ευθεία γραμμή, συνεπώς η επίλυση της πολυωνυμικής εξίσωσης αποτελεί στην πραγματικότητα την περιγραφή μίας γραμμικής σχέσης μεταξύ δύο μεταβλητών X και Y με τη χρήση μετασχηματισμένων τιμών X_i . [20]

3.6.3.Κριτήρια αποδοχής μοντέλου

Στην περίπτωση που δημιουργηθεί ένα μαθηματικό μοντέλο πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης θα πρέπει να πραγματοποιηθεί η αξιολόγηση και εν συνεχεία η επικύρωση του βάσει κριτηρίων κατάλληλα διαμορφωμένων για αυτό το σκοπό. Τέτοια κριτήρια είναι :

❖ Λογική ερμηνεία των πρόσημων των συντελεστών των ανεξάρτητων μεταβλητών :

Τα πρόσημα των συντελεστών καθορίζουν το είδος της ποσοτικής μεταβολής της ανεξάρτητης μεταβλητής σε συνέπεια της μεταβολής των εξαρτημένων μεταβλητών. Αν ένας συντελεστής έχει θετικό πρόσημο συμπεραίνεται πως αύξηση της τιμής της ανεξάρτητης μεταβλητής του θα οδηγήσει σε αύξηση της τιμής της εξαρτημένης μεταβλητής (με την προϋπόθεση πως οι υπόλοιπες ανεξάρτητες μεταβλητές παραμείνουν σταθερές). Η φυσική σημασία αυτής της μεταβολής αποτελεί τη βασικότερη προϋπόθεση αποδοχής μοντέλου.

❖ Έλεγχος των τιμών του συντελεστή t της κατανομής student

Μέσω του δείκτη t προσδιορίζεται η στατιστική εμπιστοσύνη των ανεξάρτητων μεταβλητών , δηλαδή πραγματοποιείται η επιλογή εκείνων που θα συμπεριληφθούν στο τελικό μοντέλο. Ο συντελεστής t προσδιορίζεται από την σχέση :

$$t = \frac{\beta_i}{s.e.}$$

όπου s.e. : το τυπικό σφάλμα (standard error)

Παρατηρείται πως μείωση του τυπικού σφάλματος συνεπάγεται σε αύξηση του συντελεστή t και συνεπώς αύξηση επάρκειας (efficiency). Όσο μεγαλύτερη είναι κατά απόλυτη τιμή η τιμή του t , τόσο μεγαλύτερη είναι και η επιρροή της συγκεκριμένης μεταβλητής στο τελικό αποτέλεσμα. Για επίπεδο εμπιστοσύνης 95 %, πρέπει ο συντελεστής t να είναι κατά απόλυτη τιμή μεγαλύτερος από την τιμή 1,96.

Πίνακας 3.1: Στατιστικός πίνακας κατανομής Student

Βαθμοί Ελευθερίας	Επίπεδο Εμπιστοσύνης				
	0,900	0,950	0,975	0,990	0.995
80	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660
120	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617
∞	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576

❖ Πολυσυγγραμικότητα:

Στόχος πρέπει να είναι οι ανεξάρτητες μεταβλητές που αποτελούν το μοντέλο να είναι μεταξύ τους μη συσχετισμένες. Όταν παρατηρούνται σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών καθίσταται δύσκολο να αξιολογηθεί η προσφορά μιας συγκεκριμένης ανεξάρτητης μεταβλητής στην εξαρτημένη μεταβλητή που να οφείλεται αποκλειστικά στην εν λόγω ανεξάρτητη μεταβλητή. Η κατάσταση η οποία δημιουργείται όταν υπάρχουν ισχυρές συσχετίσεις μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών στην πολλαπλή παλινδρόμηση ονομάζεται πολυσυγγραμικότητα (multicollinearity).

❖ Συντελεστής πολλαπλού προσδιορισμού R^2 και προσαρμοσμένος συντελεστής R^2

Ο συντελεστής προσαρμογής R^2 εκφράζει το ποσοστό του πλήθους της εξαρτημένης μεταβλητής που εξηγείται από το γραμμικό μοντέλο παλινδρόμησης. Αποτελεί ένα στατιστικό μέτρο για το πόσο κοντά βρίσκονται τα δεδομένα στην προσαρμοσμένη γραμμή παλινδρόμησης. Λαμβάνει τιμές μεταξύ 0-100 %.

Η μαθηματική σχέση που εκφράζει την τιμή του συντελεστή προσαρμογής είναι:

$$R^2 = 1 - \frac{SS_{RES}}{SS_{TOT}} = 1 - \frac{\sum_i (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_i (y_i - \bar{y})^2}$$

Όπου SS_{RES} : το άθροισμα των τετραγώνων των σφαλμάτων

SS_{TOT} : το άθροισμα το συνόλου τετραγώνων.

Η προσθήκη περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών ή προβλέψεων σε ένα μοντέλο παλινδρόμησης τείνει να αυξήσει την τιμή του R^2 . Αυτό ονομάζεται overfitting και

$$R^2_{adj} = 1 - ((1 - R^2) \frac{N - 1}{N - M - 1})$$

μπορεί να επιστρέψει μια αδικαιολόγητη υψηλή του R^2 . Το προσαρμοσμένο R^2 χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει πόσο αξιόπιστη είναι η συσχέτιση και πόσο καθορίζεται από την προσθήκη ανεξάρτητων μεταβλητών. Σε ένα μοντέλο παλινδρόμησης που έχει περισσότερες ανεξάρτητες μεταβλητές, το προσαρμοσμένο R^2 θα βοηθήσει τον βαθμό της συσχέτισης με τα δεδομένα που οφείλεται στην προσθήκη αυτών των μεταβλητών. Το προσαρμοσμένο R^2 αντισταθμίζει την προσθήκη μεταβλητών και αυξάνεται μόνο εάν ο νέος προγνωστικός δείκτης ενισχύσει το μοντέλο πάνω από αυτό που θα μπορούσε να ληφθεί με πιθανότητα. Αντίθετα, θα μειωθεί όταν ένας προγνωστικός δείκτης βελτιώνει το μοντέλο λιγότερο από αυτό που προβλέπεται τυχαία. Η μαθηματική σχέση που εκφράζει την τιμή του προσαρμοσμένου συντελεστή προσαρμογής είναι:

Όπου N : ο αριθμός των παρατηρήσεων

M : ο αριθμός των ανεξάρτητων μεταβλητών

❖ Τυπικό σφάλμα (Standard error) και σημαντικότητα (F-significance):

Το τυπικό σφάλμα της παλινδρόμησης, επίσης γνωστό ως το τυπικό σφάλμα της εκτίμησης, αντιπροσωπεύει τη μέση απόσταση που οι παρατηρούμενες τιμές πέφτουν από τη γραμμή παλινδρόμησης.

Η δοκιμή F στατιστικής σημασίας καλείται να απαντήσει σε δύο σημαντικές στατιστικές υποθέσεις :

1. Η μηδενική υπόθεση (null hypothesis) η οποία εκφράζει την περίπτωση πως ένα μοντέλο με καθόλου ανεξάρτητες μεταβλητές αντιπροσωπεύει τα δεδομένα το ίδιο καλά με το μοντέλο που εξετάζεται.
2. Η εναλλακτική υπόθεση (alternative hypothesis) η οποία εκφράζει την περίπτωση πως το μοντέλο που εξετάζεται αντιπροσωπεύει τα δεδομένα καλύτερα από ένα μοντέλο που αποτελείται μόνο από τιμή σταθεράς.

Επομένως, εάν απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση, εγκρίνεται η εναλλακτική υπόθεση, η οποία δηλώνει ότι το αποτέλεσμα υπάρχει (δεν ισούται με το μηδέν) σε επίπεδο

πληθυσμού δεδομένων. Όσο πιο κοντά στο μηδέν είναι η τιμή του F-test τόσο πιο στατιστικά σημαντική είναι η υπόθεση πάνω στην οποία βασίζεται το μοντέλο . Συνήθεις τιμές για ένα στατιστικά σημαντικό μοντέλο αποτελούν 1%, 3%, 5% .

❖ P-value:

Η στατιστική τιμή της p μίας ανεξάρτητης μεταβλητής υποδηλώνει την στατιστική σημαντικότητα που έχει η μεταβλητή αυτή στο μοντέλο που σχηματίστηκε . Για να έχει στατιστική σημασία η μεταβλητή θα πρέπει η τιμή της p -value να είναι μικρότερη από 0.05. Πρακτικά σημαίνει πως είναι δυνατόν να απορριφθεί η μηδενική υπόθεση για αυτή τη μεταβλητή , δηλαδή πως η μεταβλητή αυτή έχει μεγάλη πιθανότητα να ισούται με μηδέν.

❖ Έλεγχος υπολειμμάτων

Όταν τελικά επιλεγεί κάποιο μοντέλο τότε επιβάλλεται απαραίτητα και η γραφική εξέταση των υπολειμμάτων (normal probability plot) ως προς την ομαλότητα της κατανομής τους και την ομοιογένεια των διακυμάνσεων (residuals vs fitted values): Τα υπολείμματα θα ακολουθούν την κανονική κατανομή όταν κείνται επί ευθείας και θα παρουσιάζουν ομοιογένεια όταν έχουν διάσπαρτη κατανομή σε σχέση με τις προσαρμοσμένες τιμές.

Παρατίθεται συνοπτικός πίνακας των κριτηρίων αποδοχής μοντέλου:

Πίνακας 3.2: Κριτήρια αποδοχής μοντέλου

Κριτήρια αποδοχής μοντέλου	
ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ	Λογική
T-STUDENT	> 1.96
ΠΟΛΥΣΥΓΓΡΑΜΙΚΟΤΗΤΑ	Μικρή
R ²	Μεγάλο
ADJUSTED R ²	Μεγάλο
ΤΥΠΙΚΟ ΣΦΑΛΜΑ (STANDARD ERROR)	Μικρό
F-SIGNIFICANCE	Κοντά στο μηδέν
P-VALUES	<0.05
NORMAL PROBABILITY PLOT	Ευθεία
RESIDUALS VS FITTED VALUES	Διάσπαρτα

4 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

4.1. Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει αναφορά της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε. Αρχικά, έγινε καταγραφή των δεδομένων και στη συνέχεια κατάλληλη επεξεργασία έτσι ώστε να ληφθούν τα τελικά αποτελέσματα για την πραγματοποίηση της εν λόγω διπλωματικής εργασίας.

4.2. Μέθοδος συλλογής στοιχείων

Αρχικά, έγινε επιλογή τριών μοντέλων ανεμογεννητριών Nordex που θα αποτελούσαν τον κορμό των προσομοιώσεων. Μέσα από τα τεχνικά χαρακτηριστικά του εξοπλισμού δημιουργήθηκε σε προγραμματιστικό περιβάλλον το μελετώμενο όχημα μεταφοράς που αντιστοιχεί στο κάθε μοντέλο. Στη συνέχεια, επιλέχθηκαν οι παράμετροι πάνω στις οποίες πραγματοποιήθηκε η δημιουργία των πρότυπων στροφών.

4.2.1. Κατηγορίες ανεμογεννητριών Nordex

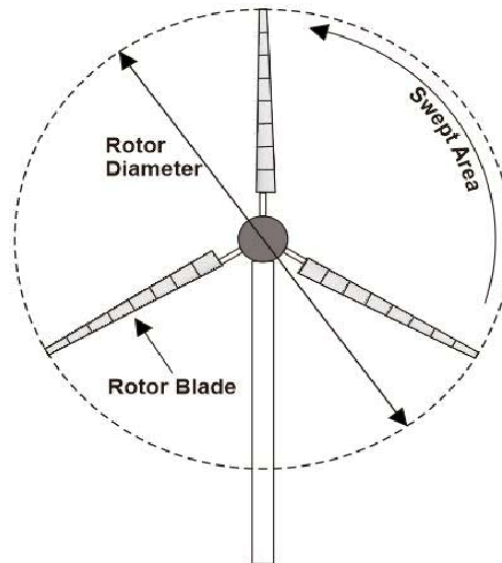
Για την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας, χρησιμοποιήθηκαν μοντέλα ανεμογεννητριών Nordex, μία από τις μεγαλύτερες κατασκευάστριες εταιρείες ανεμογεννητριών σε όλο τον κόσμο. Συγκεκριμένα, επιλέχθηκαν τα εξής μοντέλα :

→ Nordex N117

→ Nordex N131

→ Nordex N149

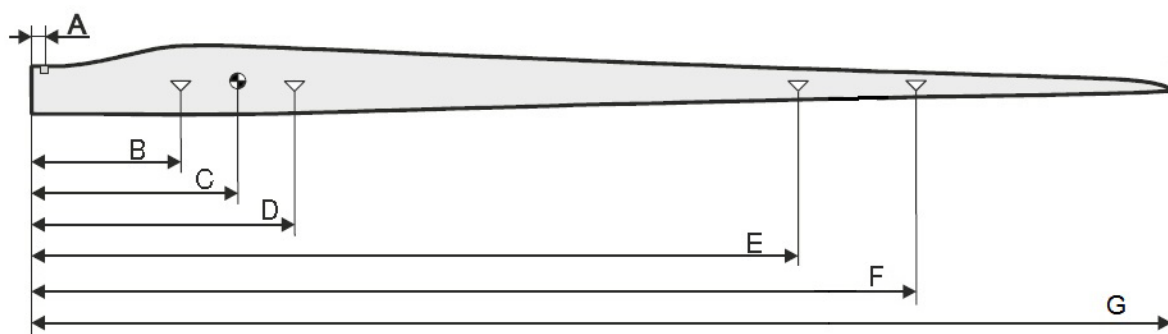
Όπου N: αποτελεί το αρχικό γράμμα της εταιρείας κατασκευής . Ο τριψήφιος αριθμός που συνοδεύει κάθε μοντέλο υποδηλώνει τη διάμετρο του νοητού σχηματιζόμενου κύκλου από τα μήκη των πτερυγίων και τις διαστάσεις του δρομέα της ανεμογεννήτριας.



Εικόνα 4.1: Γραφική απεικόνιση δρομέα (rotor) (πηγή: Semantic Scholar)

Τα συγκεκριμένα μοντέλα επιλέχθηκαν με γνώμονα τα διαστασιακά τους χαρακτηριστικά καθώς αποτελούν τον κορμό των ανεμογεννητριών που χρησιμοποιούνται σήμερα στον ελλαδικό χώρο από την εταιρεία Nordex. Τα μικρότερα μοντέλα από το N117 έχουν σταματήσει να κατασκευάζονται πλέον από την εταιρεία κατασκευής λόγω των συνεχώς αυξανόμενων απαιτήσεων για μεγαλύτερες ανεμογεννήτριες. Τα μεγαλύτερα μοντέλα από το N149 χρησιμοποιούνται σε εξειδικευμένα έργα και σε πειραματικό ακόμα στάδιο και όχι στον ελλαδικό χώρο.

Για την πραγματοποίηση των προσομοιώσεων, λήφθηκαν υπόψιν μόνο τα χαρακτηριστικά των πτερυγίων των εν λόγω ανεμογεννητριών καθώς οι απαιτήσεις μεταφοράς των πτερυγίων υπερκαλύπτουν τις απαιτήσεις μεταφοράς των άλλων βασικών κομματιών εξοπλισμού (νασέλλα, κομμάτι διασύνδεσης πτερυγίων, πύργος) όπως φαίνεται από τα φυλλάδια της Nordex με τα τεχνικά χαρακτηριστικά του εξοπλισμού (Transport, access roads and crane requirements) [22][23].



Εικόνα 4.2: Σημεία αναφοράς πτερυγίου (πηγή: Nordex)

Παρατίθενται οι πίνακες :

Διερεύνηση της απαιτούμενης διαπλάτυνσης
ως προς τη διέλευση βαρέων οχημάτων μεταφοράς εξοπλισμού ανεμογεννητριών

Πίνακας 4.1: Χαρακτηριστικές τιμές σημείων αναφοράς N117,N131 (πηγή: Nordex)

Rotor blade		NR58.5	NR65.5
A	Lifting point root	0.32/1.0 ¹	0.30/0.9 ¹
B	Lifting point for single blade assembly (SBA)	Upon request	
C	Center of gravity	15.90	17.80
D	Lifting point SBA	Upon request	
E	Start of handling area	38.00	42.50
F	End of handling area	43.00	53.50
G	Length	57.60	64.70
J	Transport width		4.20
	Road transport	3.36	-
	Sea transport	3.22	-
K	Transport height		3.18/3.32 ²
	Road transport	2.51	-
	Sea transport	3.30	-

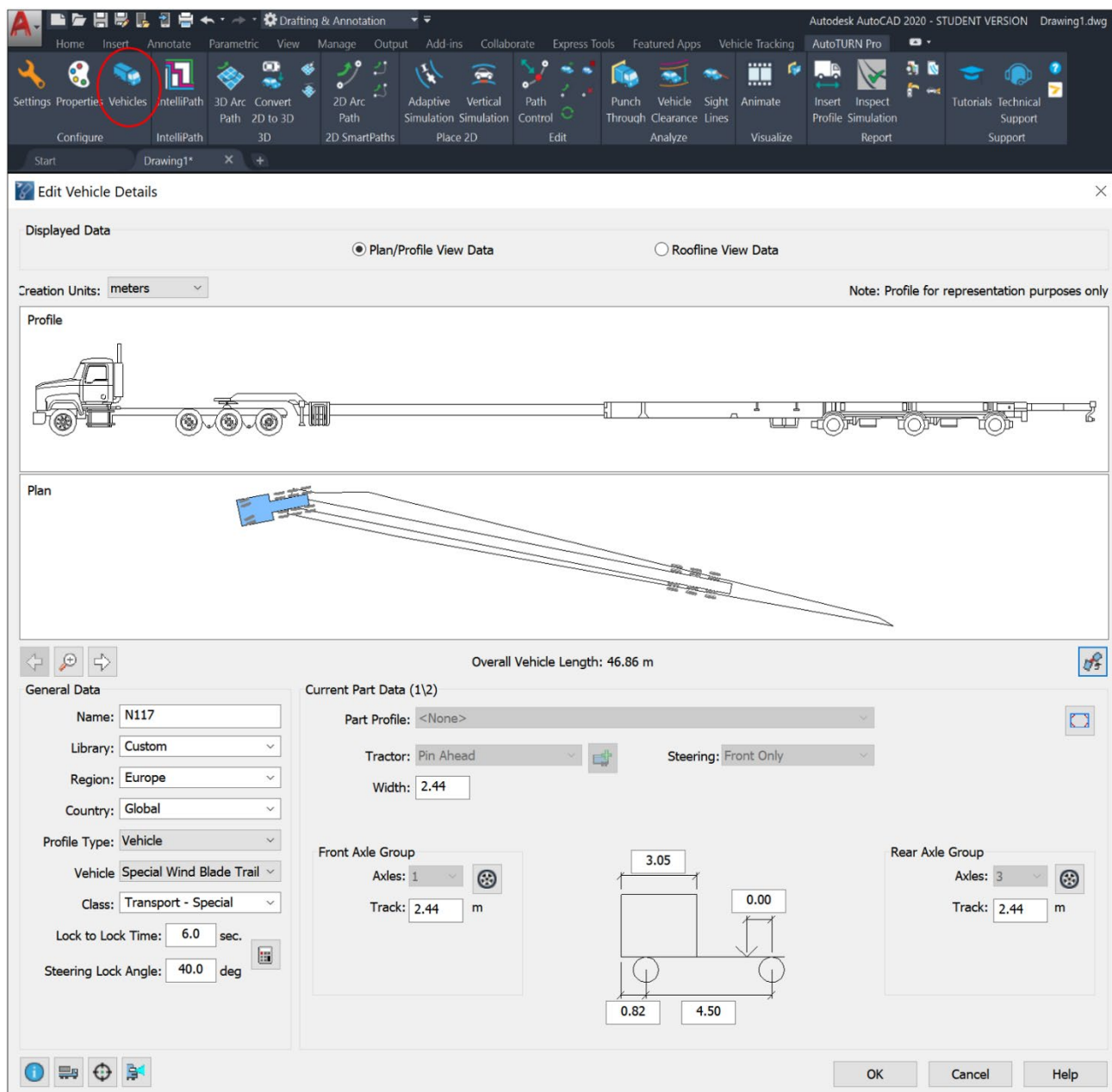
Πίνακας 4.2: Χαρακτηριστικές τιμές σημείων αναφοράς N149 (πηγή: Nordex)

Rotor blade*		NR74.5 [m]
A	Lifting point at the root	0.30/0.9 ¹⁾
B	Lifting point for single blade assembly (SBA)	tbd.
C	Center of gravity	Approx. 20.30
D	Lifting point for SBA	tbd.
E	Start of handling area	Approx. 54.40
F	End of handling area	Approx. 60.40
G	Length	72.40
J	Transport width	Approx. 4.50
K	Transport height	Approx. 3.20 ²⁾

Στο πλαίσιο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, σημαντικά στοιχεία των παραπάνω πινάκων αποτελούν τα σημεία E και F τα οποία οριοθετούν την αρχή και το τέλος της επιτρεπόμενης , μετρημένη από την βάση του πτερυγίου, απόστασης που μπορεί να προσδεθεί το πτερύγιο στην πλατφόρμα μεταφοράς του. Γίνεται αναφορά σε αυτό το εύρος λόγω της ανάγκης ανάληψης των βαρυτικών δυνάμεων του πτερυγίου και την κατανομή τους από το κέντρο βάρους του σε ανάλογα αξονικά φορτία. Το σημείο πρόσδεσης στην πλατφόρμα αποτελεί, σε μεγάλη κατασκευαστική πλειοψηφία, το κέντρο βάρους των πίσω αξόνων της. Η επιλογή του αριθμού των αξόνων γίνεται με βάση τις ικανότητες του οχήματος, την κατανομή του βαρυτικού φορτίου στα αντίστοιχα

αξονικά και την ικανότητα του οδοστρώματος να αναλάβει το εν λόγω αξονικό φορτίο. Βάσει αυτού του επιτρεπόμενου εύρους πρόσδεσης έγινε η δημιουργία των μεταφορικών οχημάτων στο προγραμματιστικό περιβάλλον του Autoturn.

4.2.2. Καθορισμός χαρακτηριστικών οχήματος σχεδιασμού



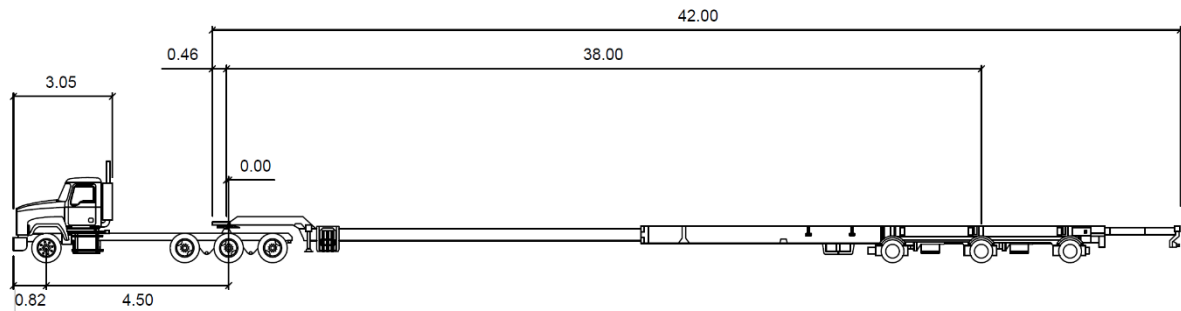
Εικόνα 4.3: Επεξεργασία λεπτομερειών οχήματος στο Autoturn

Με βάση τα χαρακτηριστικά των διαστάσεων της προηγούμενης ενότητας, γίνεται η δημιουργία του οχήματος σχεδιασμού για κάθε μοντέλο ανεμογεννητριών που επιλέχθηκε. Συγκεκριμένα, μέσω της εντολής Vehicles από το CAD περιβάλλον του προγράμματος προσομοίωσης Autoturn, είναι δυνατή η επιλογή οχήματος μέσα από τη βιβλιοθήκη του προγράμματος ή η διαμόρφωση

ενός καινούργιου οχήματος αλλάζοντας τα χαρακτηριστικά κάποιου ήδη υπάρχοντος στη βιβλιοθήκη αυτή.

Με βάση τα πρότυπα οχήματα Special Wind Blade Trailers της βιβλιοθήκης του προγράμματος δημιουργήθηκαν τα οχήματα σχεδιασμού για τα προαναφερθέντα μοντέλα ανεμογεννητριών :

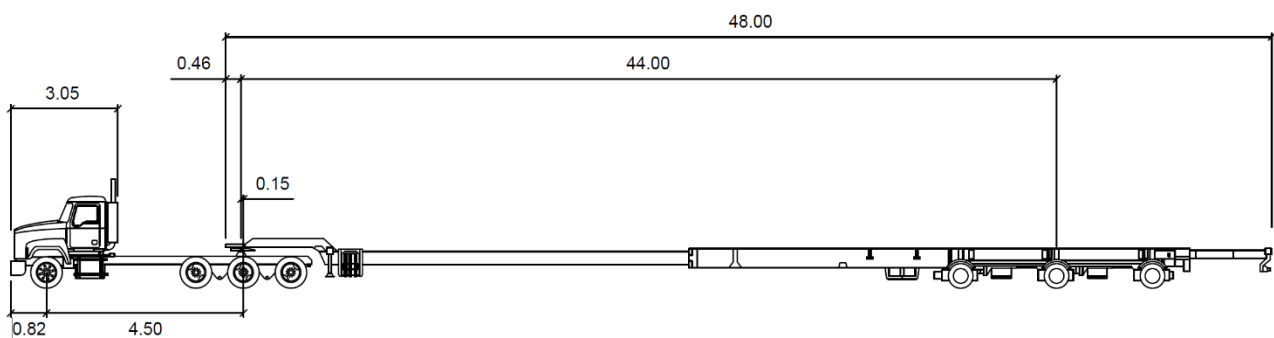
 Nordex N117:



N117			
	meters		
First Unit Width	: 2.44	Lock to Lock Time	: 6.0
Trailer Width	: 1.00	Steering Angle	: 40.0
First Unit Track	: 2.44	Articulating Angle	: 70.0
Trailer Track	: 2.44		

Εικόνα 4.4: Όχημα μεταφοράς πτερυγίου N117

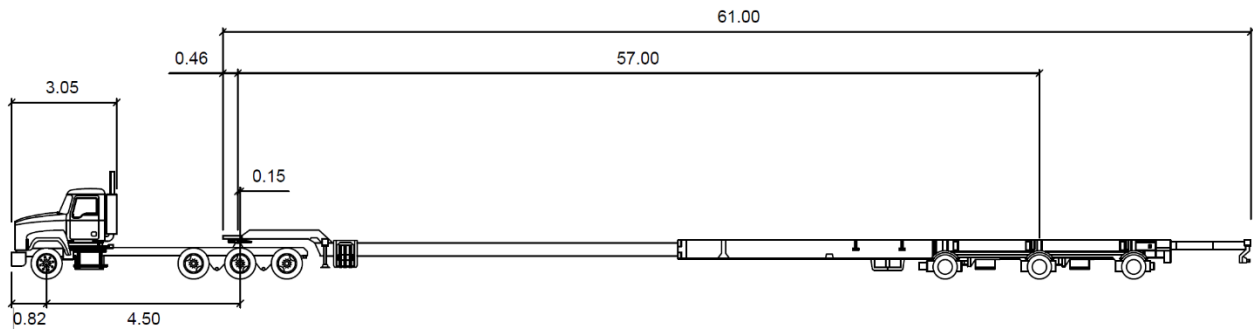
 Nordex N131:



NORDEX N131			
	meters		
First Unit Width	: 2.44	Lock to Lock Time	: 6.0
Trailer Width	: 0.91	Steering Angle	: 40.0
First Unit Track	: 2.44	Articulating Angle	: 70.0
Trailer Track	: 2.44		

Εικόνα 4.5: Όχημα μεταφοράς πτερυγίου N131

 Nordex N149:



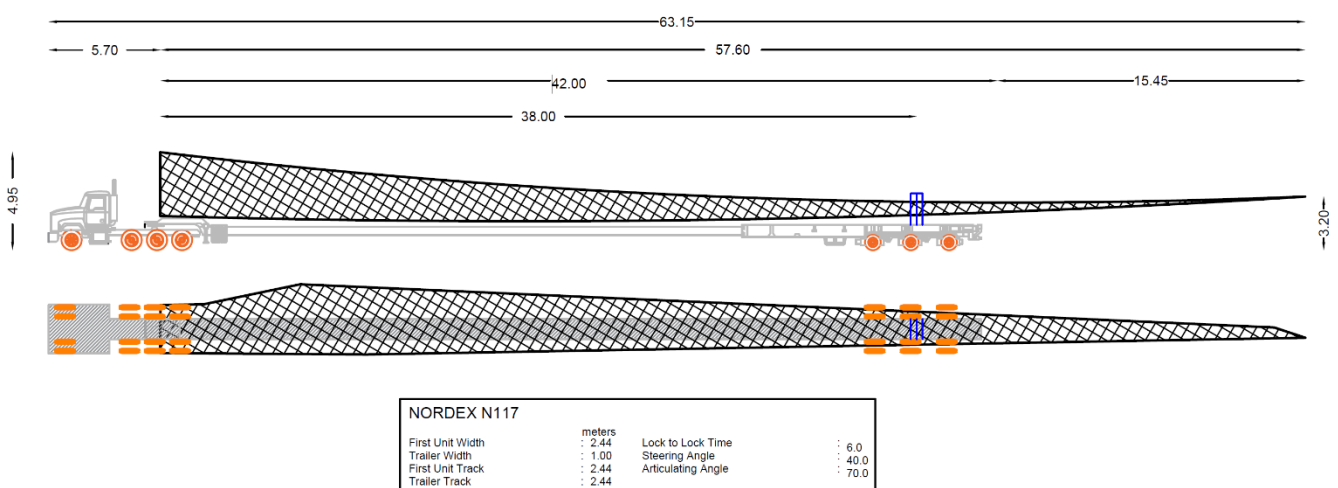
NORDEX N149

First Unit Width	: 2.44	Lock to Lock Time	: 6.0
Trailer Width	: 0.91	Steering Angle	: 40.0
First Unit Track	: 2.44	Articulating Angle	: 70.0
Trailer Track	: 2.44		

Εικόνα 4.6: Όχημα μεταφοράς πτερυγίου N149

Τα τελικά οχήματα σχεδιασμού επωμιζόμενα το αντίστοιχο πτερύγιο ανά κατηγορία ανεμογεννήτριας για τις προσομοιώσεις πορείας είναι ως εξής:

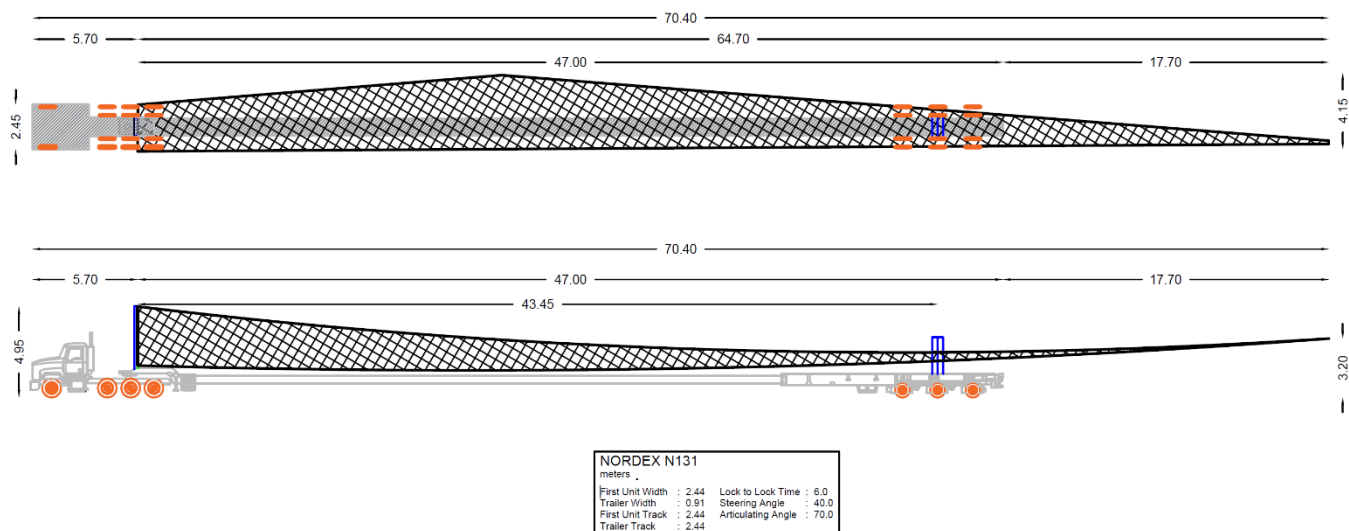
➤ Nordex N117:



NORDEX N117			
First Unit Width	: 2.44	Lock to Lock Time	: 6.0
Trailer Width	: 1.00	Steering Angle	: 40.0
First Unit Track	: 2.44	Articulating Angle	: 70.0
Trailer Track	: 2.44		

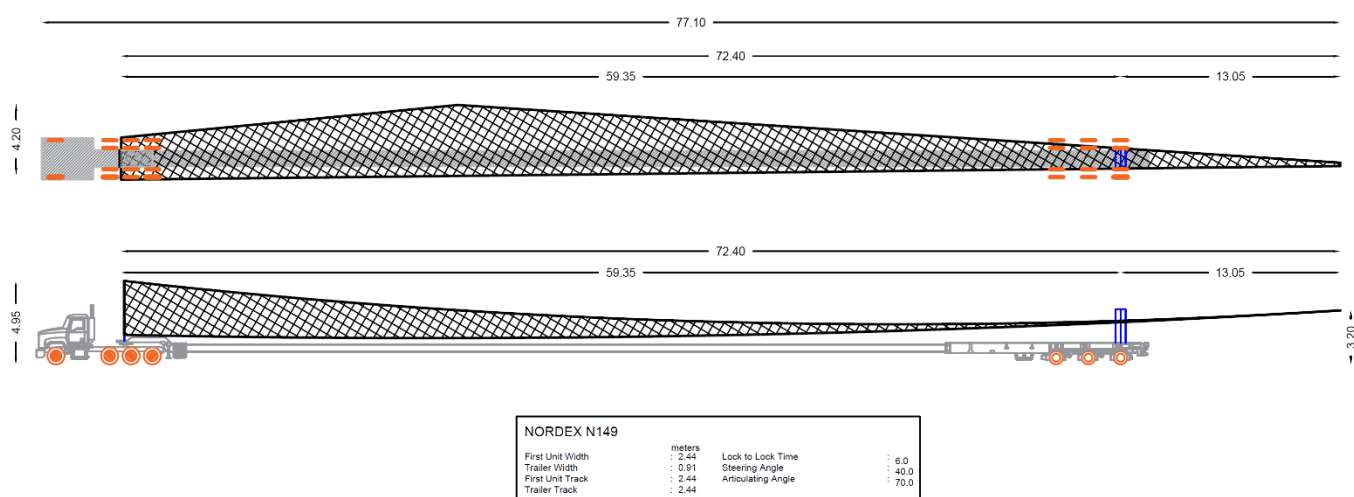
Εικόνα 4.7: Τελικό όχημα σχεδιασμού N117

➤ Nordex N131:



Εικόνα 4.8: Τελικό όχημα σχεδιασμού N131

➤ Nordex N149:



Εικόνα 4.9: Τελικό όχημα σχεδιασμού N149

4.2.3. Καθορισμών παραμέτρων διαφοροποίησης για πρότυπες στροφές

Δημιουργήθηκαν οριζοντιογραφικά συνολικά 60 πρότυπες στροφές με διαφοροποίηση στις εξής παραμέτρους και επιλέχθηκαν οι αντίστοιχες τιμές :

Πίνακας 4.3: Παράμετροι σχεδιασμού στροφικών σεναρίων

Παράμετρος	Μονάδα μέτρησης	Τιμές
Ακτίνα καμπυλότητας	μέτρα	35
		40
		45
		50
		55
Γωνία στροφής	μοίρες	45
		60
		75
		90
Πλάτος δρόμου	μέτρα	5
		6
		7

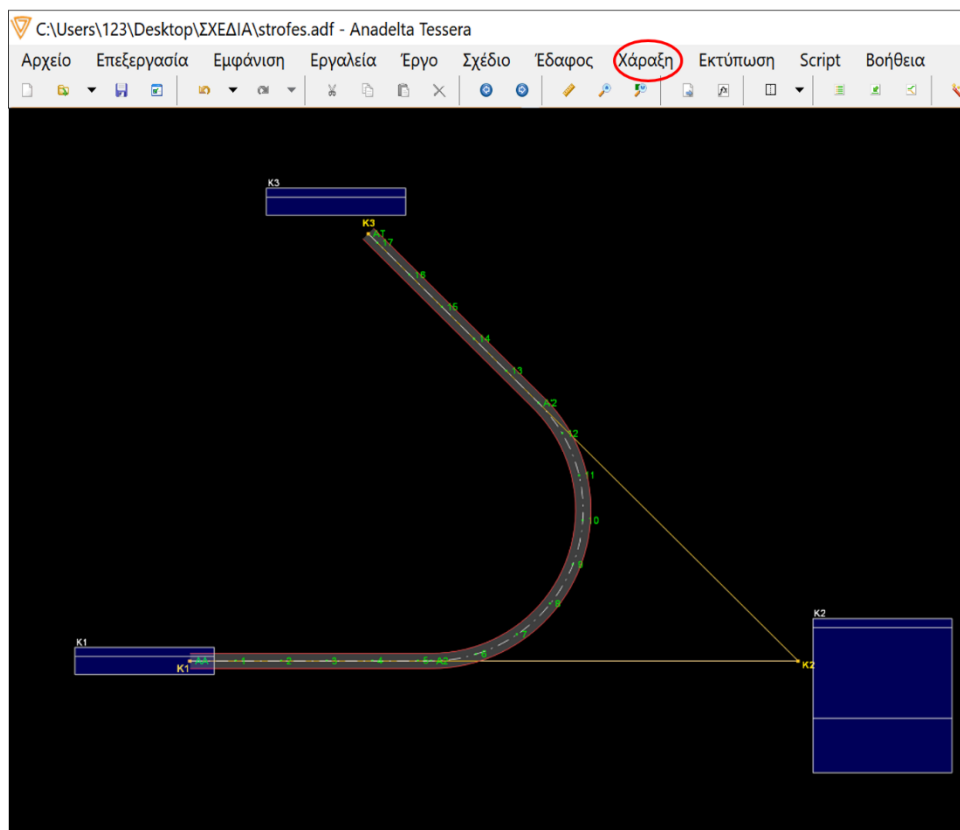
5 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

5.1. Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε ώστε να καταγραφούν τα δεδομένα και στη συνέχεια να επεξεργαστούν κατάλληλα για να εξαχθούν τα αποτελέσματα της μελέτης.

5.2. Χάραξη πρότυπων στροφών στο Anadelta Tessera

Με την εντολή Χάραξη δημιουργούνται οι διαφορετικές περιπτώσεις στροφής που θα μελετηθούν στο πλαίσιο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Δημιουργούνται ,αρχικά, οι κορυφές της πολυγωνικής (σημεία K1,K2,K3) και στη συνέχεια το πρόγραμμα πραγματοποιεί χάραξη σύμφωνα με τις προδιαγραφές του δρόμου που έχουν οριστεί.

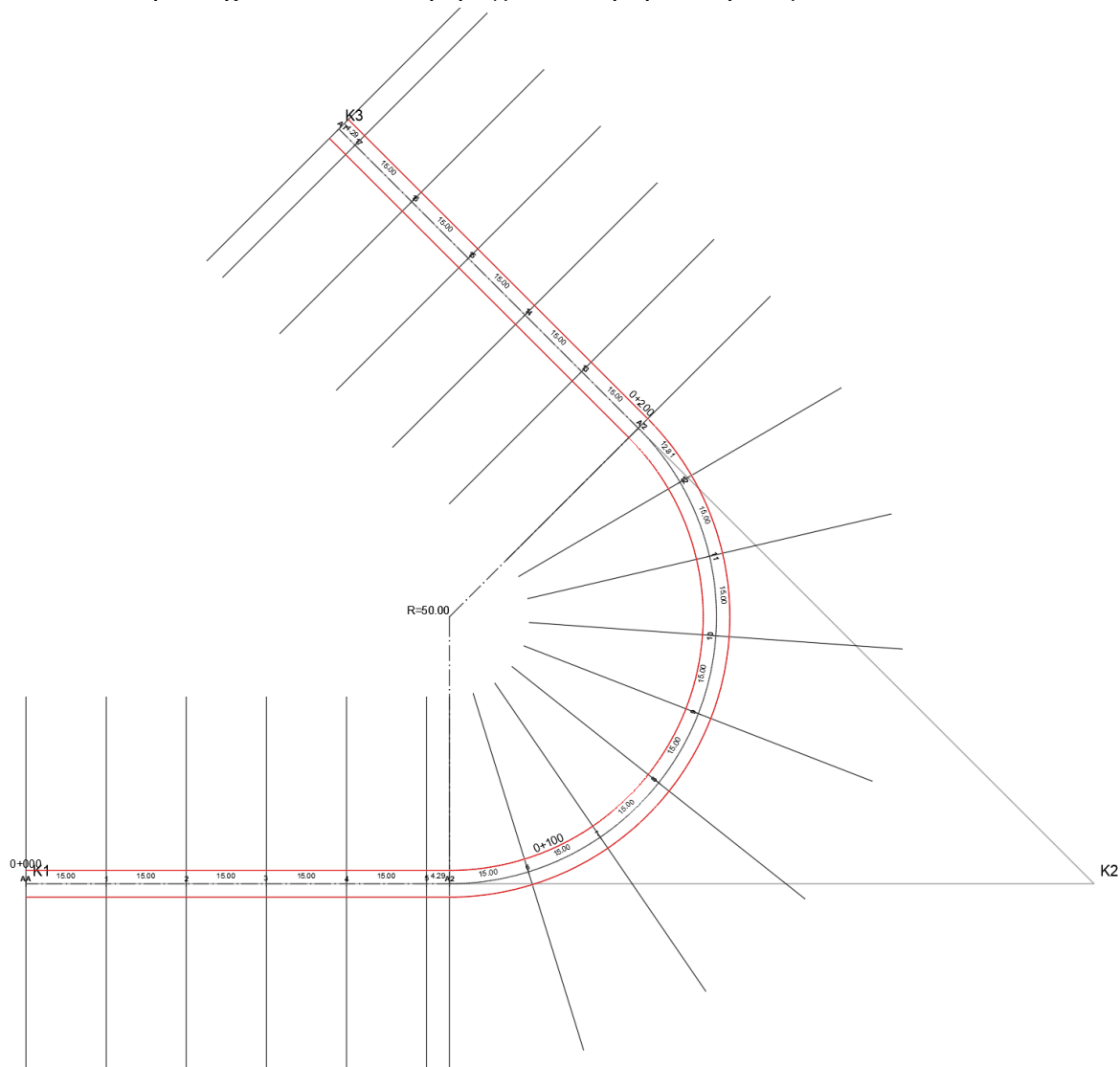


Εικόνα 5.1: Παράδειγμα χάραξης στροφής με Anadelta Tessera

Οι στροφές που χαράχθηκαν διαφέρουν αλλάζοντας τις τιμές των παραμέτρων σχεδιασμού που αναφέραμε στην προηγούμενη ενότητα, κρατώντας σταθερό τα μήκη των πλευρών της

πολυγωνικής, δημιουργώντας κατά αυτό τον τρόπο μία βιβλιοθήκη 60 διαφορετικών στροφών στις οποίες θα πραγματοποιηθούν οι προσομοιώσεις μεταφοράς.

Στη συνέχεια, με την εντολή Εξαγωγή σε DXF το αρχείο σώνεται σε μορφή dxf (Drawing Exchange File) η οποία είναι υποστηριζόμενη από τα προγράμματα που βασίζονται σε CAD περιβάλλον όπως AutoCAD και Autoturn. Έπειτα ακολουθεί το άνοιγμα του αρχείου από το AutoCAD και στη συνέχεια ακολουθεί η πραγματοποίηση των προσομοιώσεων.

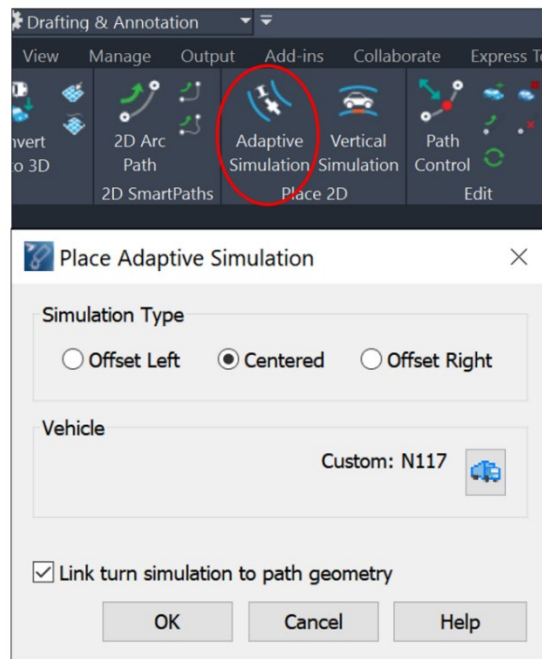


Εικόνα 5.2: Παράδειγμα στροφής μετά την εισαγωγή στο AutoCAD

5.2.2. Χάραξη τρογιάς μέσω του προγράμματος προσομοίωσης Autoturn

Με τον καθορισμό των χαρακτηριστικών των οχημάτων σχεδιασμού γίνεται δυνατή η πραγματοποίηση προσομοίωσης πορείας πάνω στις στροφές μελέτης που εισήχθησαν στο πρόγραμμα από το Anadelta Tessera. Η προσομοίωση θα πραγματοποιηθεί με την εντολή

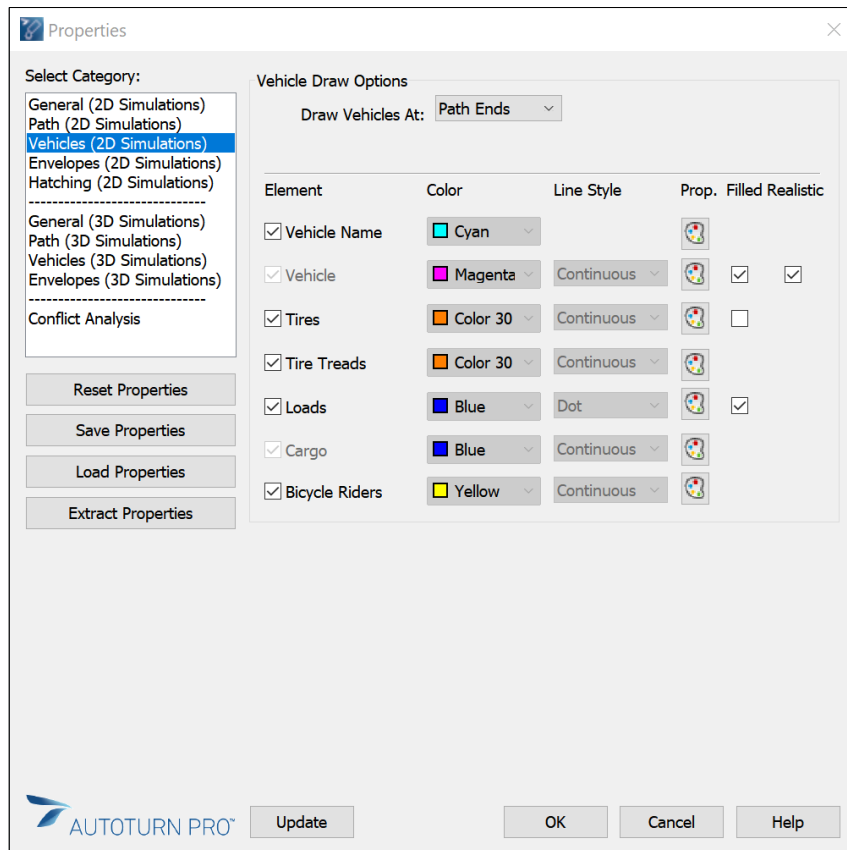
Τοποθέτηση Προσαρμοσμένης προσομοίωσης «Place Adaptive simulation». Η εντολή αυτή πραγματοποιεί προσομοίωση πορείας η οποία προσαρμόζεται στην κατεύθυνση του άξονα της οδού και επιχειρείται βέλτιστη διατήρηση του οχήματος στην οδό. Επιλέχθηκε αυτή η εντολή στο πλαίσιο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας καθώς αποτελεί την ασφαλέστερη μορφή διέλευσης.



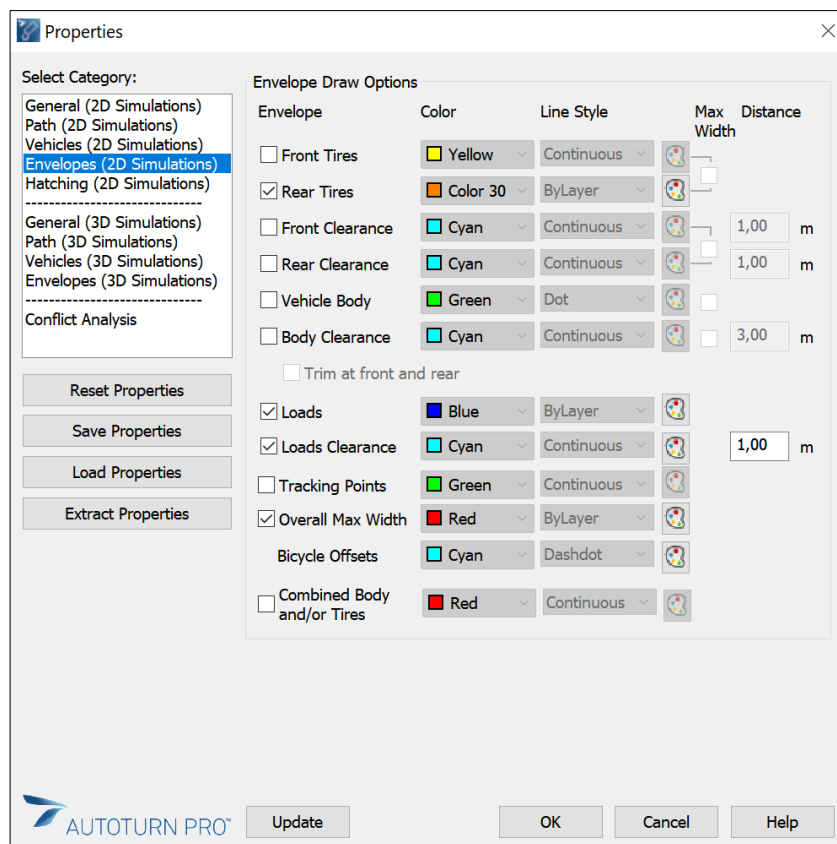
Εικόνα 5.3: Τοποθέτηση προσαρμοσμένης προσομοίωσης μέσω Autoturn

Μετά την επιλογή της εντολής, και την επιλογή του μελετώμενου άξονα της στροφής σχεδιασμού παρουσιάζεται το εξής μενού:

Επιλέχθηκε η επιλογή «τύπος προσομοίωσης στο κέντρο» (centered simulation type) και σύνδεση της προσομοίωσης στη γεωμετρία της οδού (link turn simulation to path geometry). Αφού πραγματοποιηθεί η προσομοίωση ακολουθεί η εντολή Properties για τον καθορισμό των σχεδιαστικών στοιχείων της πορείας που έχει δημιουργηθεί :

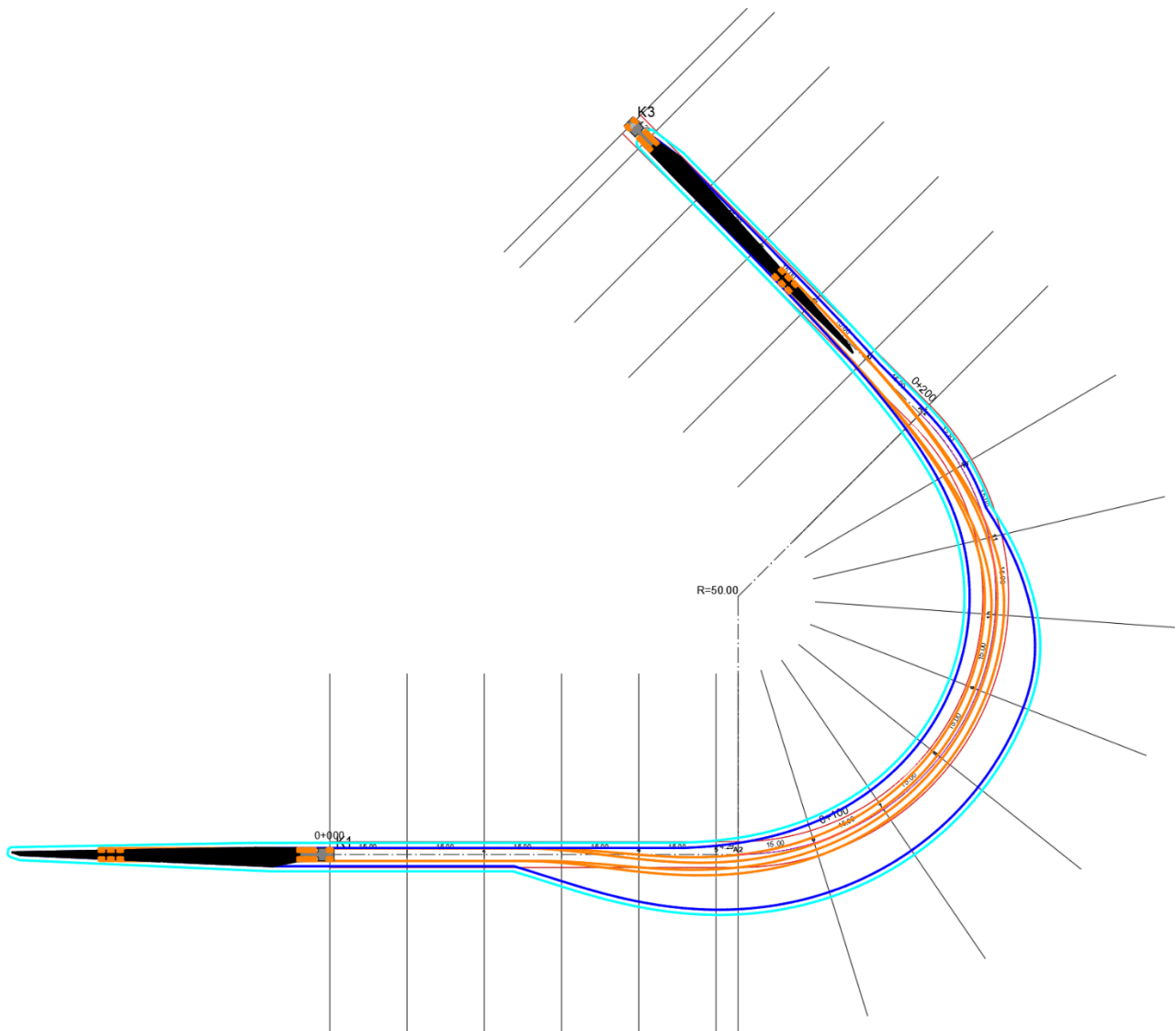


Εικόνα 5.4: Ιδιότητες σχεδίου οχημάτων στο Autoturn (1)



Εικόνα 5.5: Ιδιότητες σχεδίου οχημάτων στο Autoturn (2)

Το αρχικό αποτέλεσμα της διαδικασίας προσομοίωσης πορείας όπως εξάγεται από το πρόγραμμα είναι το εξής:



Εικόνα 5.6: Αρχικό αποτέλεσμα διαδικασίας προσομοίωσης

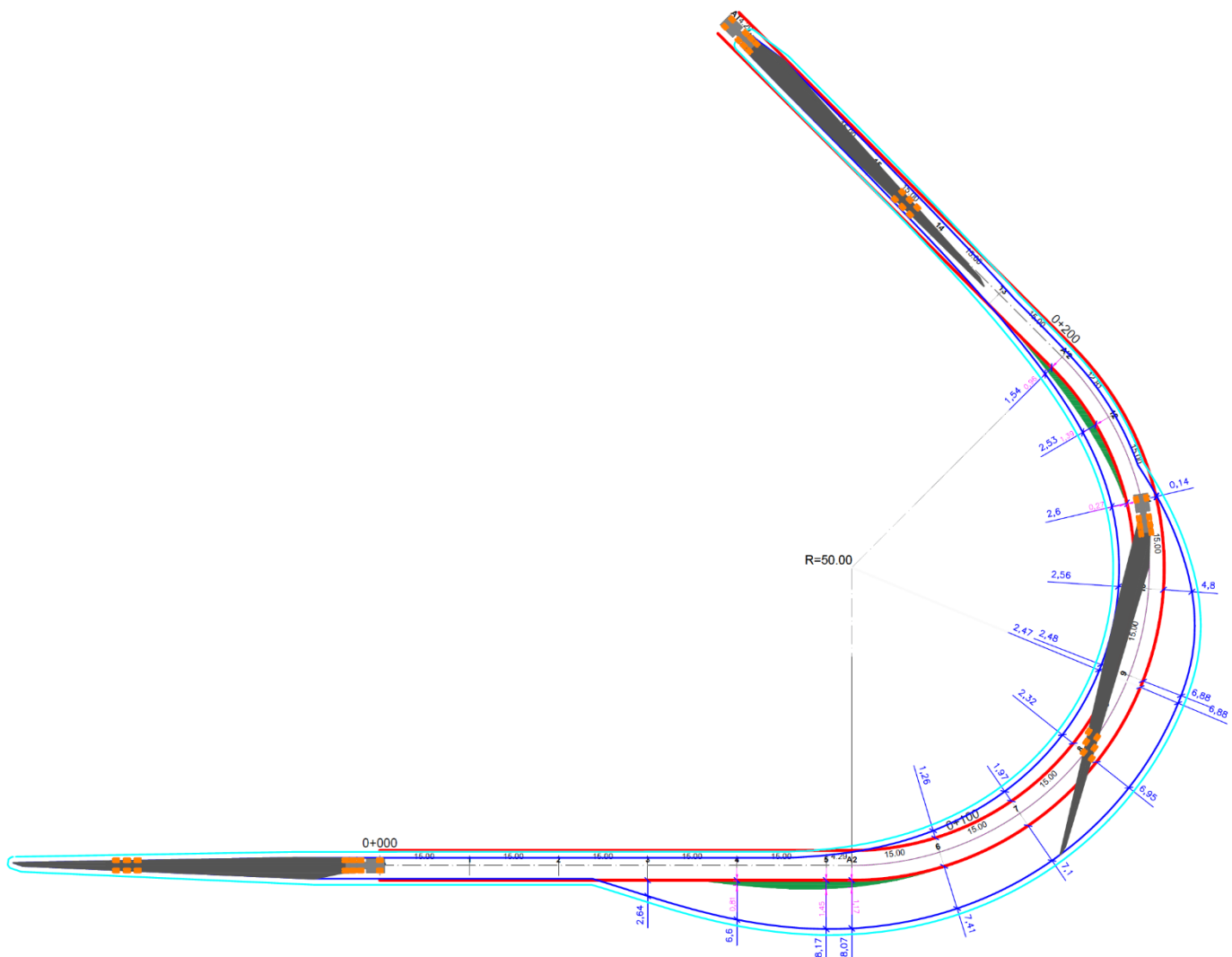
Με γνώμονα την παρουσίαση μιας ολοκληρωμένης και πλήρους σχεδιαστικής στροφής που θα αποτελέσει από μόνη της εργαλείο στην αντιμετώπιση των δυσκολιών διέλευσης έγινε υπολογογισμός του κάθετου στον άξονα μήκους των εξής στοιχείων από την πλησιέστερη οριογραμμή της οδού ,πάνω στις διατομές που είχαν σχεδιασθεί από το Anadelta Tessera :

- Διαγραφόμενη διαδρομή πίσω τροχών από την πλησιέστερη οριογραμμή
- Διαγραφόμενη πορεία του ίχνους του πτερυγίου από την πλησιέστερη οριογραμμή

Συνολικά χαράχθηκαν 180 στροφές σχεδιασμού, πλήθος το οποίο θεωρείται ικανοποιητικό για τα πλαίσια της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Στις στροφές σχεδιασμού πραγματοποιήθηκε εμβαδομέτρηση των παρακάτω εμβαδών:

- Εμβαδόν εξωτερικής διαπλάτυνσης οδοστρώματος
- Εμβαδόν εσωτερικής διαπλάτυνσης οδοστρώματος
- Εμβαδόν συνολικής διαπλάτυνσης οδοστρώματος

Παρακάτω παρατίθεται το τελικό αποτέλεσμα της προσομοίωσης:



Εικόνα 5.7 : Τελικό αποτέλεσμα διαδικασίας προσομοίωσης

Όπου: Μπλε γραμμή : οριοθέτηση του απαιτούμενου ελευθέρου εμποδίων χώρου

Κυανή γραμμή : απόσταση ασφαλείας ίση με 1 μέτρο

Πράσινη περιοχή : απαιτούμενη διαπλάτυνση οδοστρώματος

5.3. Καταγραφή και στατιστική ανάλυση αποτελεσμάτων

Μετά την ολοκλήρωση των προσομοιώσεων και την εξαγωγή των τιμών των εμβαδών των απαιτούμενων διαπλάτυνσεων του οδοστρώματος των στροφών σχεδιασμού γίνεται η καταγραφή των αποτελεσμάτων σε υπολογιστικό φύλλο του Minitab. Στην πρώτη στήλη, καταχωρήθηκαν οι τιμές της ακτίνας στην οριζοντιογραφία ανά περίπτωση στροφής σχεδιασμού. Στην δεύτερη στήλη, καταχωρήθηκαν οι τιμές του μήκους πατήματος του εκάστοτε οχήματος σχεδιασμού. Συγκεκριμένα, το μήκος πατήματος αποτελεί την απόσταση από τον άξονα των πρώτων εμπρόσθιων τροχών μέχρι τον άξονα των τελευταίων οπίσθιων τροχών. Στην τρίτη στήλη, καταχωρήθηκαν οι τιμές της γωνίας στροφής μετρημένη σε μοίρες ανά περίπτωση σχεδιασμού και στην τέταρτη στήλη καταχωρήθηκαν οι τιμές του πλάτους του δρόμου. Στην πέμπτη, έκτη και έβδομη στήλη καταχωρήθηκαν τα αποτελέσματα της εσωτερικής, εξωτερικής και συνολικής διαπλάτυνσης. Παρακάτω παρατίθεται η μορφή σύνθεσης του υπολογιστικού φύλλου Minitab:

Στη συνέχεια το υπολογιστικό φύλλο διαβάζεται από το Minitab , στο περιβάλλον του οποίου θα πραγματοποιηθεί η στατιστική ανάλυση.

5.3.1.Γραμμική παλινδρόμηση

Μέσα από τη διαδικασία της στατιστικής ανάλυσης της γραμμικής παλινδρόμησης γίνεται απόπειρα για καλύτερη κατανόηση των παραγόντων και του βαθμού επιρροής τους στον υπολογισμό του εμβαδού διαπλάτυνσης. Πραγματοποιούνται τρεις διαφορετικές γραμμικές παλινδρομήσεις. Γίνεται η θεώρηση πως εξαρτημένες μεταβλητές αποτελούν η εξωτερική διαπλάτυνση, η εσωτερική διαπλάτυνση και η συνολική διαπλάτυνση. Ως ανεξάρτητες μεταβλητές στο μοντέλο εισάγονται η ακτίνα καμπύλης στην οριζοντιογραφία, το μήκος πατήματος, η γωνία στροφής και το πλάτος του δρόμου. Οι μεταβλητές είναι όλες συνεχείς (continuous data) και όχι μεταβλητές κατηγοριοποίησης (categorical data).

Minitab - Minitab.mpx

File Edit Data Calc Stat Graph View Help Assistant Additional Tools

Navigator

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
	Ακτίνα καμπυλότητας	Μήκος πατήματος	Γωνία στροφής	Πλάτος δρόμου	Εξωτερική διαπλάτυνση	Εσωτερική διαπλάτυνση	Συνολική διαπλάτυνση	
1	35,0	44,31	45,0	5,0	87,6	72,8	160,4	
2	35,0	44,31	45,0	6,0	59,7	50,4	110,1	
3	35,0	44,31	45,0	7,0	38,4	32,6	71,0	
4	40,0	44,31	45,0	5,0	64,8	56,4	121,2	
5	40,0	44,31	45,0	6,0	40,8	35,8	76,5	
6	40,0	44,31	45,0	7,0	23,0	20,0	43,0	
7	45,0	44,31	45,0	5,0	48,9	43,5	92,4	
8	45,0	44,31	45,0	6,0	27,9	24,8	52,7	
9	45,0	44,31	45,0	7,0	13,0	11,2	24,2	
10	50,0	44,31	45,0	5,0	37,4	33,6	71,0	
11	50,0	44,31	45,0	6,0	18,9	16,7	35,5	
12	50,0	44,31	45,0	7,0	6,5	5,2	11,7	
13	55,0	44,31	45,0	5,0	27,8	25,8	53,6	
14	55,0	44,31	45,0	6,0	12,4	10,7	23,0	
15	55,0	44,31	45,0	7,0	2,3	1,4	3,8	
16	35,0	44,31	60,0	5,0	87,5	69,3	156,8	
17	35,0	44,31	60,0	6,0	59,7	47,6	107,4	
18	35,0	44,31	60,0	7,0	38,4	30,4	68,9	
19	40,0	44,31	60,0	5,0	64,5	54,5	119,0	
20	40,0	44,31	60,0	6,0	40,8	34,4	75,1	
21	40,0	44,31	60,0	7,0	23,0	19,0	42,0	
22	45,0	44,31	60,0	5,0	48,9	42,6	91,5	
23	45,0	44,31	60,0	6,0	27,9	24,1	52,1	
24	45,0	44,31	60,0	7,0	13,0	10,8	23,7	
25	50,0	44,31	60,0	5,0	37,4	33,1	70,5	
26	50,0	44,31	60,0	6,0	18,9	16,4	35,2	
27	50,0	44,31	60,0	7,0	6,5	5,0	11,5	
28	55,0	44,31	60,0	5,0	28,8	25,6	54,3	
29	55,0	44,31	60,0	6,0	12,4	12,5	24,9	
30	55,0	44,31	60,0	7,0	2,3	1,4	3,7	
31	35,0	44,31	75,0	5,0	86,2	64,5	150,7	
32	35,0	44,31	75,0	6,0	59,7	43,8	103,5	
33	35,0	44,31	75,0	7,0	38,4	27,4	65,8	
34	40,0	44,31	75,0	5,0	64,8	51,7	116,5	
35	40,0	44,31	75,0	6,0	40,8	32,2	73,0	
36	40,0	44,31	75,0	7,0	23,0	17,5	40,4	
37	45,0	44,31	75,0	5,0	48,9	41,0	90,0	
38	45,0	44,31	75,0	6,0	27,9	23,0	50,9	
39	45,0	44,31	75,0	7,0	13,0	10,0	23,0	
40	50,0	44,31	75,0	5,0	37,4	32,2	69,6	
41	50,0	44,31	75,0	6,0	18,9	15,8	34,6	
42	50,0	44,31	75,0	7,0	6,5	4,7	11,1	
43	55,0	44,31	75,0	5,0	28,8	25,1	53,8	
44	55,0	44,31	75,0	6,0	12,4	10,2	22,6	
45	55,0	44,31	75,0	7,0	2,3	1,2	3,6	
46	35,0	44,31	90,0	5,0	82,5	58,0	140,5	
47	35,0	44,31	90,0	6,0	58,9	38,6	97,4	
48	35,0	44,31	90,0	7,0	38,4	23,3	61,7	
49	40,0	44,31	90,0	5,0	64,4	47,5	111,9	
50	40,0	44,31	90,0	6,0	40,8	29,0	69,8	

Worksheet 1 Sheet1 Sheet1(W3)

Εικόνα 5.8 : Εξαγωγή αποτελεσμάτων στο Minitab

1) Γραμμική παλινδρόμηση για Εξωτερική διαπλάτυνση

Εξίσωση παλινδρόμησης (Regression Equation)

Πίνακας 5.1: Εξίσωση γραμμικής παλινδρόμησης Εξ. Διαπλάτυνσης

Εξωτερική διαπλάτυνση	=	-72,0 - 4,464 Ακτίνα + 10,867 Μήκος πατήματος - 0,2315 Γωνία στροφής - 28,02 Πλάτος δρόμου
-----------------------	---	---

Συντελεστές (Coefficients)

Πίνακας 5.2: Συντελεστές γραμμικής παλινδρόμησης Εξ. Διαπλάτυνσης

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value
Constant	-72,0	18,7	-3,84	0,000
Ακτίνα	-4,464	0,212	-21,03	0,000
Μήκος πατήματος	10,867	0,190	57,28	0,000
Γωνία στροφής	-0,2315	0,0895	-2,59	0,010
Πλάτος δρόμου	-28,02	1,84	-15,25	0,000

Σύνοψη μοντέλου (Model Summary)

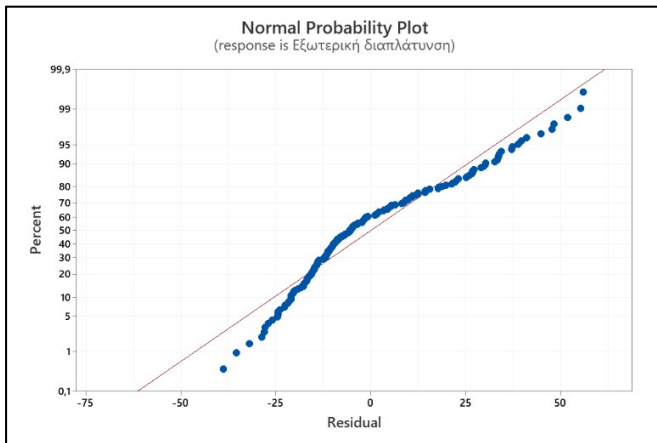
Πίνακας 5.3: Σύνοψη μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης Εξ. Διαπλάτυνσης

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
20,1328	95,77%	95,67%	95,50%

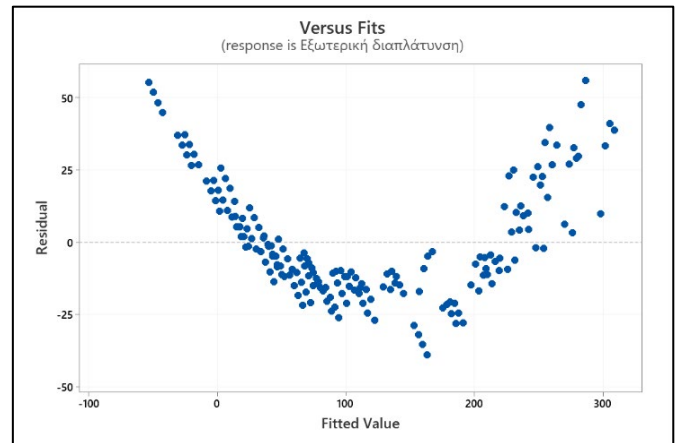
Ανάλυση διακύμανσης (ANOVA)

Πίνακας 5.4: Ανάλυση διακύμανσης γραμμικής παλινδρόμησης Εξ. Διαπλάτυνσης

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	4	1605929	401482	990,51	0,000
Ακτίνα	1	179320	179320	442,41	0,000
Μήκος πατήματος	1	1329676	1329676	3280,48	0,000
Γωνία στροφής	1	2713	2713	6,69	0,010
Πλάτος δρόμου	1	94220	94220	232,45	0,000
Error	175	70933	405		
Total	179	1676861			



Γράφημα 5.1: Έλεγχος κανονικότητας των υπολειμμάτων γραμμικής παλινδρόμησης Εξ. Διαπλάτυνσης



Γράφημα 5.2: Έλεγχος ομοιογένειας των διακυμάνσεων γραμμικής παλινδρόμησης Εξ. Διαπλάτυνσης

Πίνακας 5.5: Κριτήρια αποδοχής μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης Εξ. Διαπλάτυνσης

Κριτήρια αποδοχής μοντέλου	
ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ	Λογική
T-STUDENT	> 1.96
ΠΟΛΥΣΥΓΓΡΑΜΙΚΟΤΗΤΑ	Μικρή
R2	Μεγάλο
ADJUSTED R2	Μεγάλο
ΤΥΠΙΚΟ ΣΦΑΛΜΑ (STANDARD ERROR)	Μικρό
F-SIGNIFICANCE	Κοντά στο μηδέν
P-VALUES	<0.05
NORMAL PROBABILITY PLOT	Ευθεία
RESIDUALS VS FITTED VALUES	Διάσπαρτα

2) Γραμμική παλινδρόμηση για Εσωτερική διαπλάτυνση

Εξίσωση παλινδρόμησης (Regression Equation)

Πίνακας 5.6: Εξίσωση γραμμικής παλινδρόμησης Εσ. Διαπλάτυνσης

Εσωτερική διαπλάτυνση	=	-17,7 - 3,529 Ακτίνα + 8,703 Μήκος πατήματος - 0,652 Γωνία στροφής - 24,10 Πλάτος δρόμου
-----------------------	---	---

Συντελεστές (Coefficients)

Πίνακας 5.7: Συντελεστές γραμμικής παλινδρόμησης Εσ. Διαπλάτυνσης

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value
Constant	-17,7	23,2	-0,77	0,445
Ακτίνα	-3,529	0,262	-13,45	0,000
Μήκος πατήματος	8,703	0,235	37,10	0,000
Γωνία στροφής	-0,652	0,111	-5,89	0,000
Πλάτος δρόμου	-24,10	2,27	-10,60	0,000

Σύνοψη μοντέλου (Model Summary)

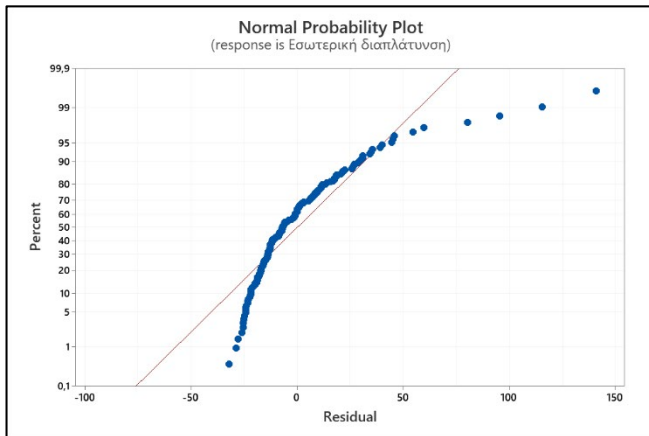
Πίνακας 5.8: Σύνοψη μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης Εσ. Διαπλάτυνσης

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
24,8934	90,69%	90,48%	89,99%

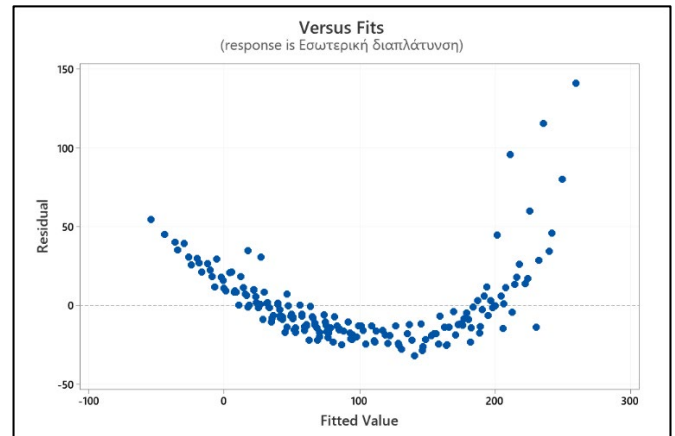
Ανάλυση διακύμανσης (ANOVA)

Πίνακας 5.9: Ανάλυση διακύμανσης γραμμικής παλινδρόμησης Εσ. Διαπλάτυνσης

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	4	1056180	264045	426,10	0,000
Ακτίνα	1	112085	112085	180,88	0,000
Μήκος πατήματος	1	852889	852889	1376,34	0,000
Γωνία στροφής	1	21523	21523	34,73	0,000
Πλάτος δρόμου	1	69683	69683	112,45	0,000
Error	175	108444	620		
Total	179	1164624			



Γράφημα 5.3: Έλεγχος κανονικότητας των υπολειμμάτων γραμμικής παλινδρόμησης Εσ. Διαπλάτυνσης



Γράφημα 5.4: Έλεγχος ομοιογένειας των διακυμάνσεων γραμμικής παλινδρόμησης Εσ. Διαπλάτυνσης

Πίνακας 5.10: Κριτήρια αποδοχής μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης Εσ. Διαπλάτυνσης

Κριτήρια αποδοχής μοντέλου	
ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ	Λογική
T-STUDENT	> 1.96
ΠΟΛΥΣΥΓΓΡΑΜΙΚΟΤΗΤΑ	Μικρή
R2	Μεγάλο
ADJUSTED R2	Μεγάλο
ΤΥΠΙΚΟ ΣΦΑΛΜΑ (STANDARD ERROR)	Μικρό
F-SIGNIFICANCE	Κοντά στο μηδέν
P-VALUES	<0.05
NORMAL PROBABILITY PLOT	Ευθεία
RESIDUALS VS FITTED VALUES	Διάσπαρτα

Παρατήρηση:

Από τον πίνακα των συντελεστών της γραμμικής παλινδρόμησης παρατηρούμε πως η σταθερά δεν έχει στατιστική σημαντικότητα καθώς η τιμή p-value είναι ίση με 0,445 , τιμή μεγαλύτερη από την απαιτούμενη. Θα γίνει έλεγχος κατασκευής του μοντέλου χωρίς την ύπαρξη σταθεράς με κατάλληλη εντολή στο Minitab.

Γραμμική παλινδρόμηση για Εσωτερική διαπλάτυνση με μηδενική σταθερά

Εξίσωση παλινδρόμησης (Regression Equation)

Πίνακας 5.11: Εξίσωση γραμμικής παλινδρόμησης Εσ. Διαπλάτυνσης με μηδενική σταθερά

Εσωτερική διαπλάτυνση	=	-3,631 Ακτίνα + 8,607 Μήκος πατήματος - 0,679 Γωνία στροφής - 25,12 Πλάτος δρόμου
-----------------------	---	--

Συντελεστές (Coefficients)

Πίνακας 5.12: Συντελεστές γραμμικής παλινδρόμησης Εσ. Διαπλάτυνσης με μηδενική σταθερά

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value
Ακτίνα	-3,631	0,226	-16,10	0,000
Μήκος πατήματος	8,607	0,198	43,40	0,000
Γωνία στροφής	-0,679	0,105	-6,49	0,000
Πλάτος δρόμου	-25,12	1,84	-13,69	0,000

Σύνοψη μοντέλου (Model Summary)

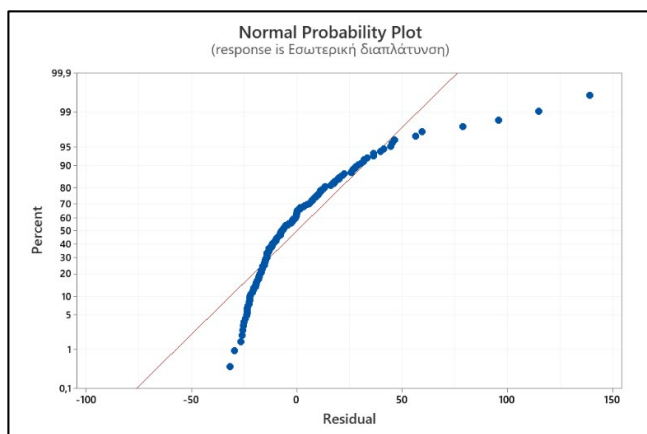
Πίνακας 5.13: Σύνοψη μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης Εσ. Διαπλάτυνσης με μηδενική σταθερά

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
24,8641	95,99%	95,89%	95,73%

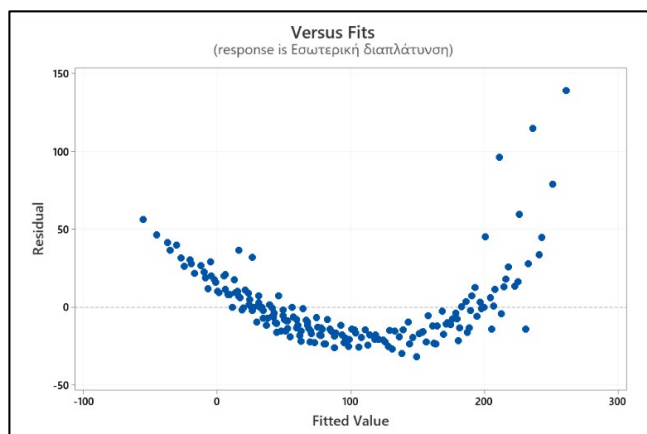
Ανάλυση διακύμανσης (ANOVA)

Πίνακας 5.14: Ανάλυση διακύμανσης γραμμικής παλινδρόμησης Εσ. Διαπλάτυνσης με μηδενική σταθερά

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	4	2601656	650414	1052,07	0,000
Ακτίνα	1	160323	160323	259,33	0,000
Μήκος πατήματος	1	1164609	1164609	1883,80	0,000
Γωνία στροφής	1	26071	26071	42,17	0,000
Πλάτος δρόμου	1	115848	115848	187,39	0,000
Error	176	108807	618		
Total	180	2710463			



Γράφημα 5.5: Έλεγχος κανονικότητας των υπολειμμάτων γραμμικής παλινδρόμησης Εσ. Διαπλάτυνσης με μηδενική σταθερά.



Γράφημα 5.6: Έλεγχος ομοιογένειας των διακυμάνσεων γραμμικής παλινδρόμησης Εσ. Διαπλάτυνσης με μηδενική σταθερά

Πίνακας 5.15: Κριτήρια αποδοχής μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης Εσ. Διαπλάτυνσης με μηδενική σταθερά

Κριτήρια αποδοχής μοντέλου	
ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ	Λογική
T-STUDENT	> 1.96
ΠΟΛΥΣΥΓΓΡΑΜΙΚΟΤΗΤΑ	Μικρή
R2	Μεγάλο
ADJUSTED R2	Μεγάλο
ΤΥΠΙΚΟ ΣΦΑΛΜΑ (STANDARD ERROR)	Μικρό
F-SIGNIFICANCE	Κοντά στο μηδέν
P-VALUES	<0.05
NORMAL PROBABILITY PLOT	Ευθεία
RESIDUALS VS FITTED VALUES	Διάσπαρτα

3) Γραμμική παλινδρόμηση για Συνολική διαπλάτυνση

Εξίσωση παλινδρόμησης (Regression Equation)

Πίνακας 5.16: Εξίσωση γραμμικής παλινδρόμησης Συν. Διαπλάτυνσης

Συνολική διαπλάτυνση	=	-89,7 - 7,993 Ακτίνα + 19,570 Μήκος πατήματος - 0,884 Γωνία στροφής - 52,12 Πλάτος δρόμου
----------------------	---	--

Συντελεστές (Coefficients)

Πίνακας 5.17: Συντελεστές γραμμικής παλινδρόμησης Συν. Διαπλάτυνσης

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value
Constant	-89,7	39,7	-2,26	0,025
Ακτίνα	-7,993	0,449	-17,80	0,000
Μήκος πατήματος	19,570	0,401	48,75	0,000
Γωνία στροφής	-0,884	0,189	-4,67	0,000
Πλάτος δρόμου	-52,12	3,89	-13,40	0,000

Σύνοψη μοντέλου (Model Summary)

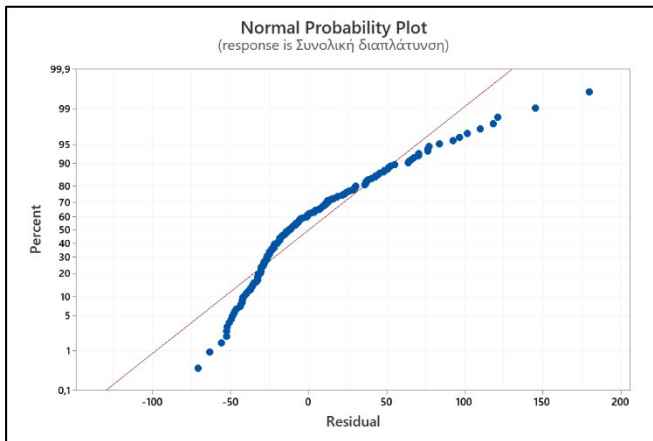
Πίνακας 5.18: Σύνοψη μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης Συν. Διαπλάτυνσης

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
42,6010	94,30%	94,17%	93,90%

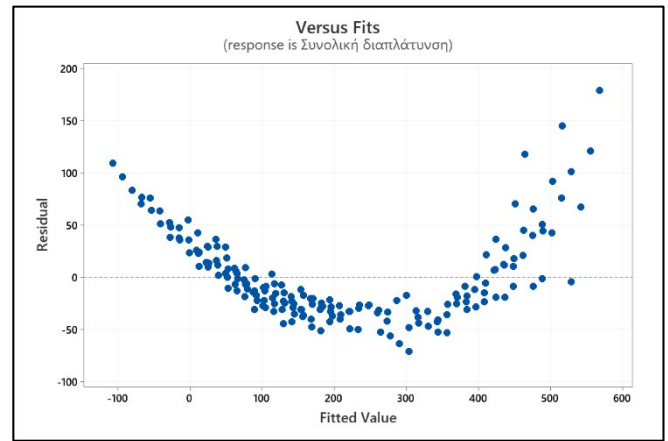
Ανάλυση διακύμανσης (ANOVA)

Πίνακας 5.19: Ανάλυση διακύμανσης γραμμικής παλινδρόμησης Συν. Διαπλάτυνσης

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	4	5252840	1313210	723,59	0,000
Ακτίνα	1	574948	574948	316,80	0,000
Μήκος πατήματος	1	4312417	4312417	2376,19	0,000
Γωνία στροφής	1	39518	39518	21,77	0,000
Πλάτος δρόμου	1	325958	325958	179,61	0,000
Error	175	317598	1815		
Total	179	5570438			



Γράφημα 5.7: Έλεγχος κανονικότητας των υπολειμμάτων γραμμικής παλινδρόμησης Εσ. Διαπλάτυνσης με μηδενική σταθερά



Γράφημα 5.8: Έλεγχος ομοιογένειας των διακυμάνσεων γραμμικής παλινδρόμησης Εσ. Διαπλάτυνσης με μηδενική σταθερά

Πίνακας 5.20: Κριτήρια αποδοχής μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης Συν. Διαπλάτυνσης

Κριτήρια αποδοχής μοντέλου	
ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ	Λογική
T-STUDENT	> 1.96
ΠΟΛΥΣΥΓΓΡΑΜΙΚΟΤΗΤΑ	Μικρή
R ²	Μεγάλο
ADJUSTED R ²	Μεγάλο
ΤΥΠΙΚΟ ΣΦΑΛΜΑ (STANDARD ERROR)	Μικρό
F-SIGNIFICANCE	Κοντά στο μηδέν
P-VALUES	<0.05
NORMAL PROBABILITY PLOT	Ευθεία
RESIDUALS VS FITTED VALUES	Διάσπαρτα

5.3.2. Στατιστικός έλεγχος μοντέλων γραμμικής παλινδρόμησης

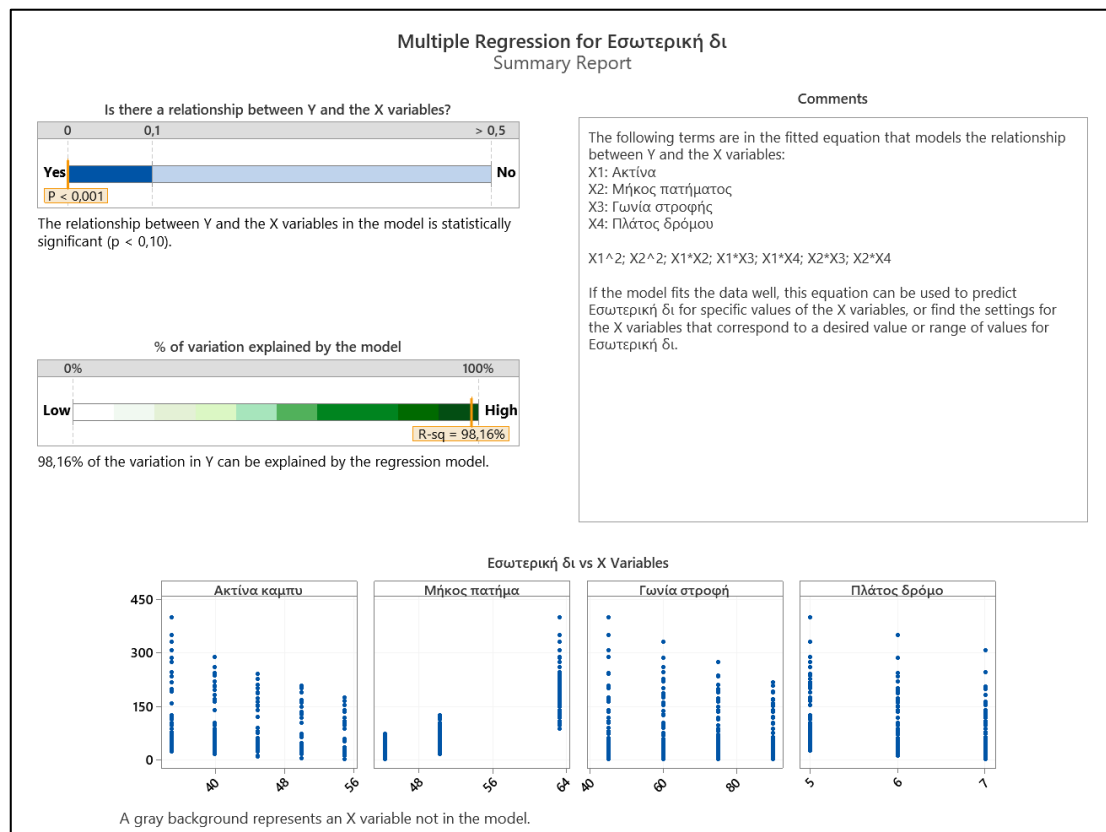
Παρατηρείται πως ενώ καλύπτονται πλήρως τα κριτήρια αποδοχής μοντέλων γραμμικής παλινδρόμησης που μετονομάστηκαν στο κεφάλαιο 3.6.3., εξακολουθεί να εμφανίζεται το πρόβλημα της διακύμανσης των υπολειμμάτων. Συγκεκριμένα, στα γραφήματα ελέγχου διακυμάνσεων των υπολειμμάτων (Residuals-Fitted Values) τα υπολείμματα λαμβάνουν θετικές τιμές με μικρές ή μεγάλες προσαρμοσμένες τιμές και αρνητικές τιμές στη μέση. Τα σημεία δεν είναι τυχαία διάσπαρτα γύρω από τη γραμμή μηδέν από αριστερά προς τα δεξιά. Εξάγεται, λοιπόν, το συμπέρασμα πως η προσθήκη όρων δευτέρας τάξης θα εξομαλύνει την καμπύλη κίνηση των υπολειμμάτων και θα βελτιώσει τα υπάρχοντα μοντέλα. Οι όροι ανώτερης τάξης των ανεξάρτητων μεταβλητών θα εξεταστούν εκ νέου ως ανεξάρτητες μεταβλητές. Η γραμμική συσχέτιση θα εξεταστεί κανονικά κάνοντας την θεώρηση πως μια ανεξάρτητη μεταβλητή υψωμένη σε δύναμη θα ληφθεί ως μια ξεχωριστή ανεξάρτητη μεταβλητή χωρίς εκθέτη της οποίας όμως η τιμή θα είναι ίση με το αποτέλεσμα της έκθεσης σε δύναμη της τιμής της άλλης. Το ίδιο ισχύει και για τους όρους αλληλεπίδρασης.

5.3.3 Πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση με όρους αλληλεπίδρασης και δευτέρας τάξης

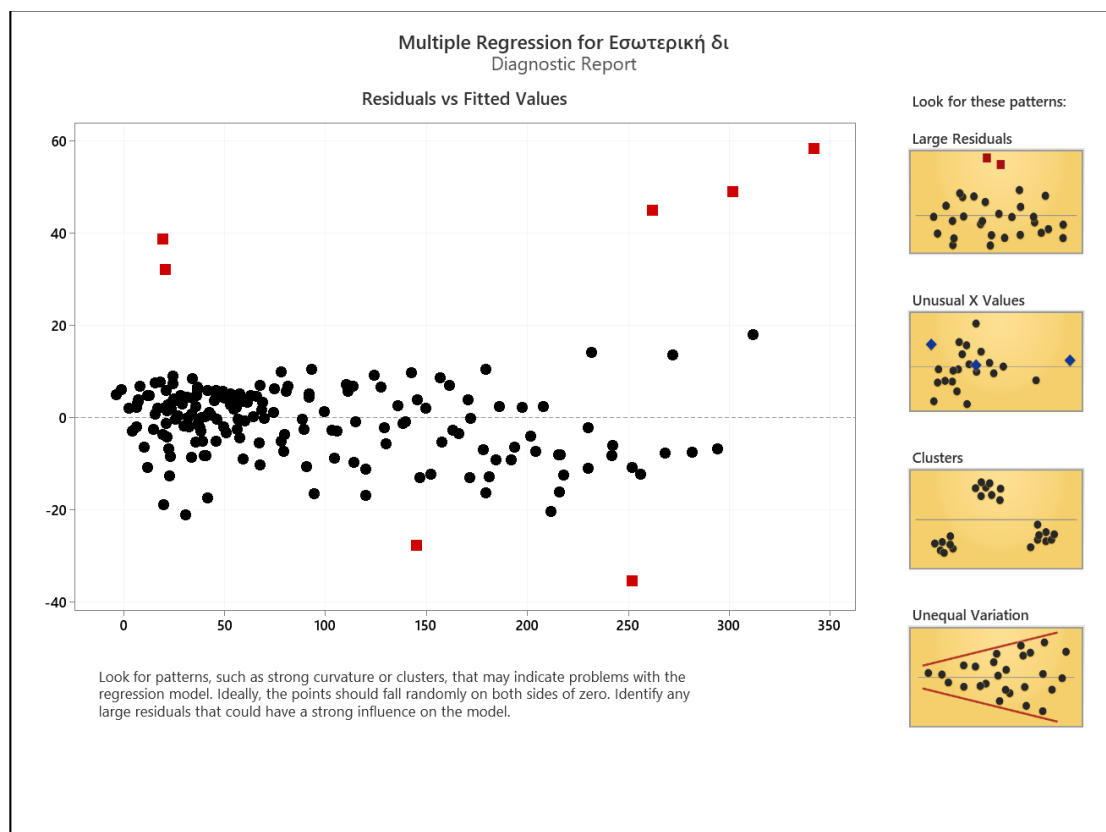
Το Minitab χρησιμοποιεί μια διαδικασία σταδιακής παλινδρόμησης για να προσαρμόζει αυτόματα ένα μοντέλο στα δεδομένα. Στο πρώτο βήμα, η διαδικασία επιλέγει πάντα τον όρο που έχει την υψηλότερη συσχέτιση με το Y. Στα επόμενα βήματα, η διαδικασία εξετάζει εάν μπορούν να προστεθούν όροι στο τρέχον μοντέλο και εάν τυχόν όροι πρέπει να αφαιρεθούν από το τρέχον μοντέλο. Η αναφορά Model Building δείχνει τις αλλαγές που έγιναν στο μοντέλο σε κάθε βήμα και την ικανότητα του μοντέλου να προβλέψει το Y.

Το μοντέλο μπορεί να ενσωματώσει γραμμικούς και τετραγωνικούς όρους για όλες τις αριθμητικές X μεταβλητές, καθώς και αμφίδρομες αλληλεπιδράσεις μεταξύ όλων των X μεταβλητών. Στον Βοηθό (assistant), τα μοντέλα παλινδρόμησης πρέπει να ακολουθούν κανόνες ιεραρχίας. Εάν ένας από τους όρους υψηλότερης τάξης είναι στατιστικά σημαντικός, το μοντέλο πρέπει να περιλαμβάνει όλους τους όρους χαμηλότερης τάξης που αποτελούν τον όρο υψηλότερης τάξης. Για παράδειγμα, εάν ο όρος αλληλεπίδρασης X_1X_2 είναι σημαντικός, το μοντέλο πρέπει επίσης να περιλαμβάνει κάθε ξεχωριστό γραμμικό όρο, X_1 και X_2 , ακόμη και αν τα X_1 και X_2 δεν είναι στατιστικά σημαντικά από μόνα τους.[27]

Πολλαπλή παλινδρόμηση (Multiple regression) για την Εσωτερική διαπλάτυνση



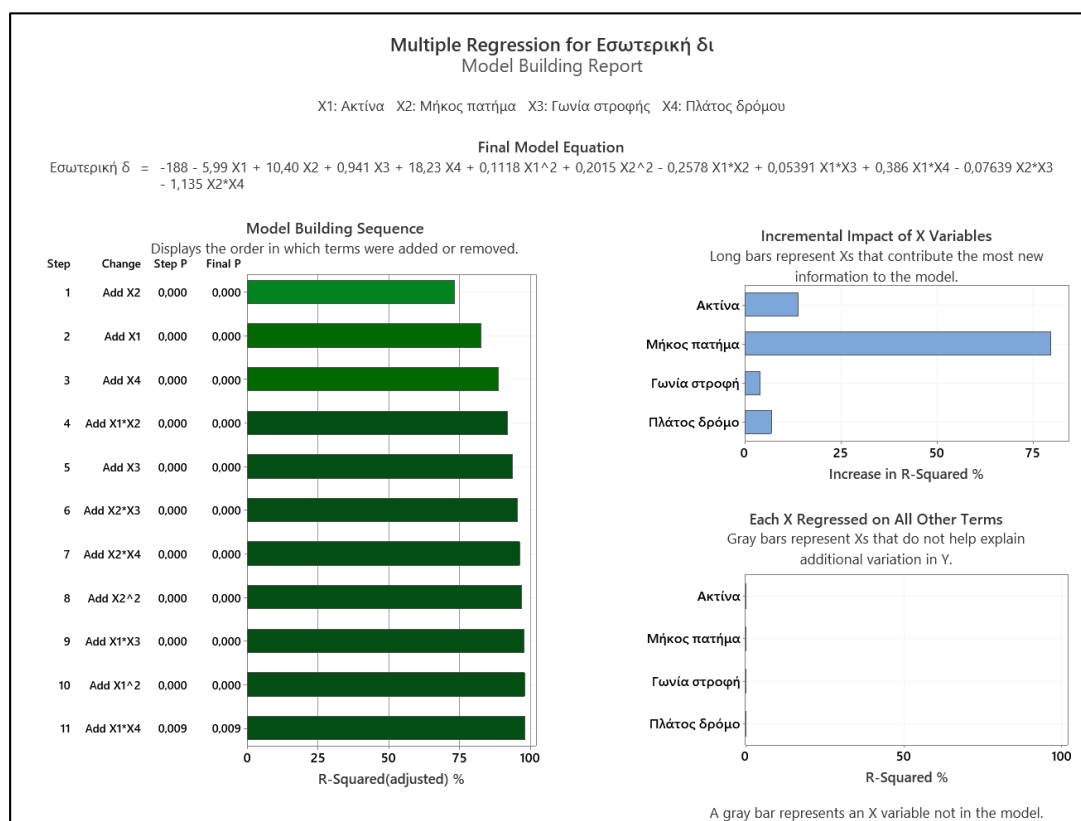
Εικόνα 5.9: Πολλαπλή παλινδρόμηση για Εσ. Διαπλάτυνση (1)



Εικόνα 5.10: Πολλαπλή παλινδρόμηση για Εσ. Διαπλάτυνση (2)

Διερεύνηση της απαιτούμενης διαπλάτυνσης

ως προς τη διέλευση βαρέων οχημάτων μεταφοράς εξοπλισμού ανεμογεννητριών

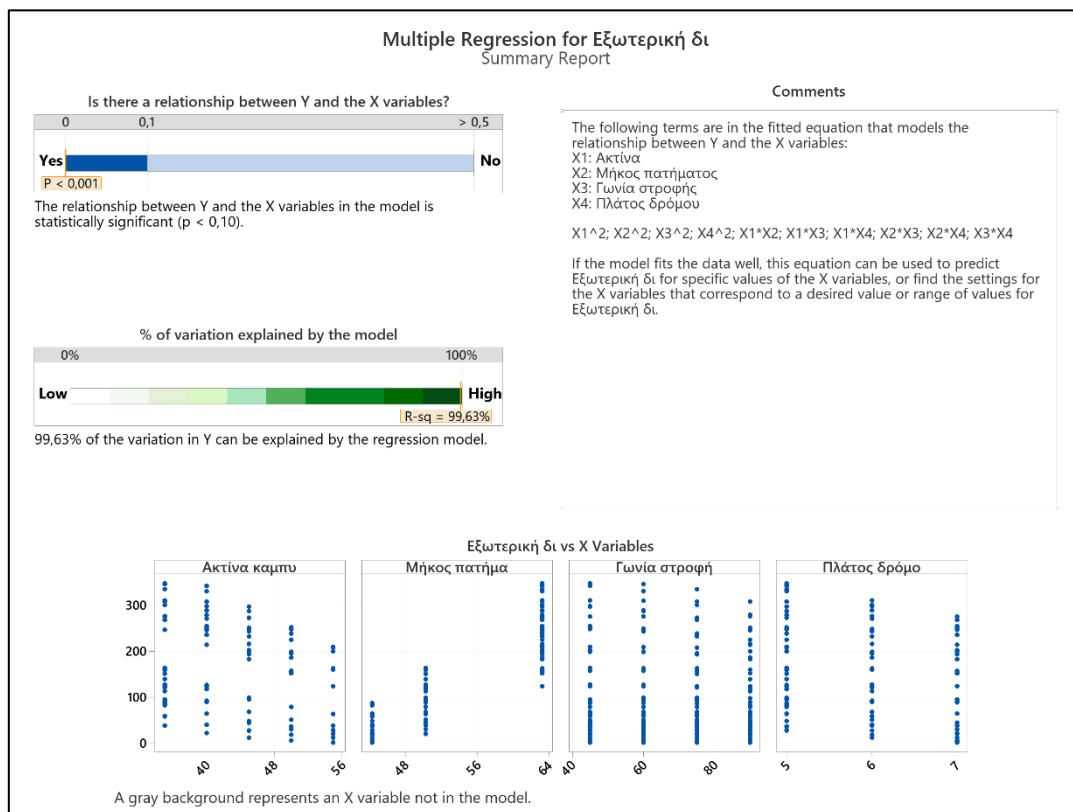


Εικόνα 5.11: Πολλαπλή παλινδρόμηση για Εσ. Διαπλάτυνση (3)

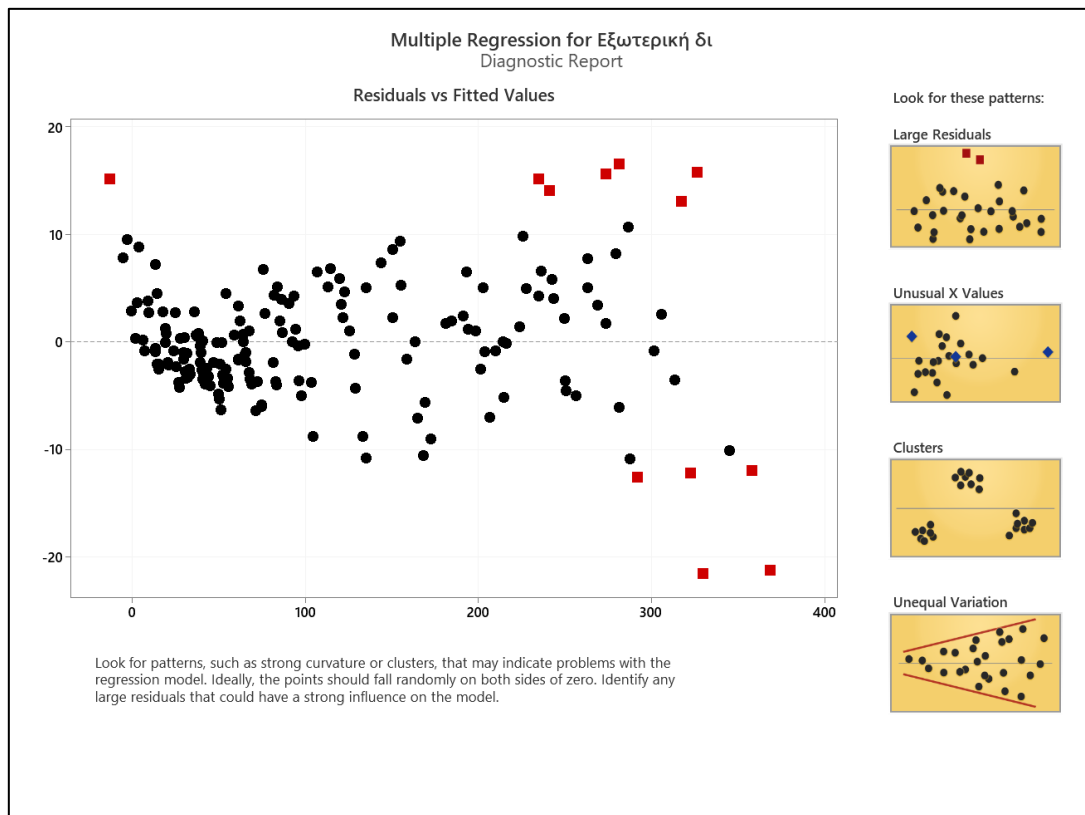
Multiple Regression for Εσωτερική δι Report Card		
Check	Status	Description
Amount of Data		Your sample is large enough (n = 180) to obtain a precise estimate of the strength of the relationship.
Unusual Data		7 data points have large residuals and are not well fit by the equation. These points are marked in red on the Diagnostic Report. You can hover over a point or use Minitab's brushing feature to identify the worksheet rows. Because unusual data can have a strong influence on the results, try to identify the cause for their unusual nature. Correct any data entry or measurement errors. Consider removing data that are associated with special causes and redoing the analysis.
Normality		Because you have at least 15 data points, normality is not an issue. If the number of data points is small and the residuals are not normally distributed, the p-values used to determine whether there is a significant relationship between the Xs and Y may not be accurate.

Εικόνα 5.12: Πολλαπλή παλινδρόμηση για Εσ. Διαπλάτυνση (4)

Πολλαπλή παλινδρόμηση (Multiple regression) για την Εξωτερική διαπλάτυνση



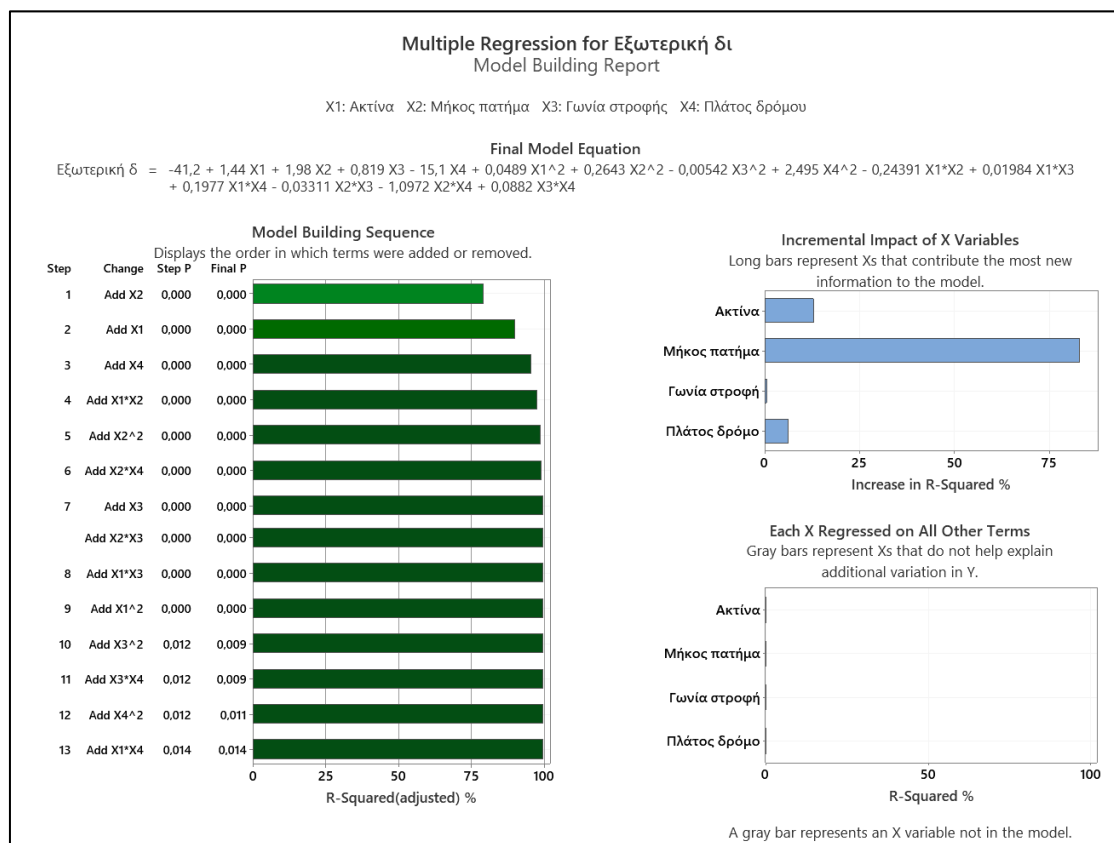
Εικόνα 5.13: Πολλαπλή παλινδρόμηση για Εξ. Διαπλάτυνση (1)



Εικόνα 5.14: Πολλαπλή παλινδρόμηση για Εξ. Διαπλάτυνση (2)

Διερεύνηση της απαιτούμενης διαπλάτυνσης

ως προς τη διέλευση βαρέων οχημάτων μεταφοράς εξοπλισμού ανεμογεννητριών

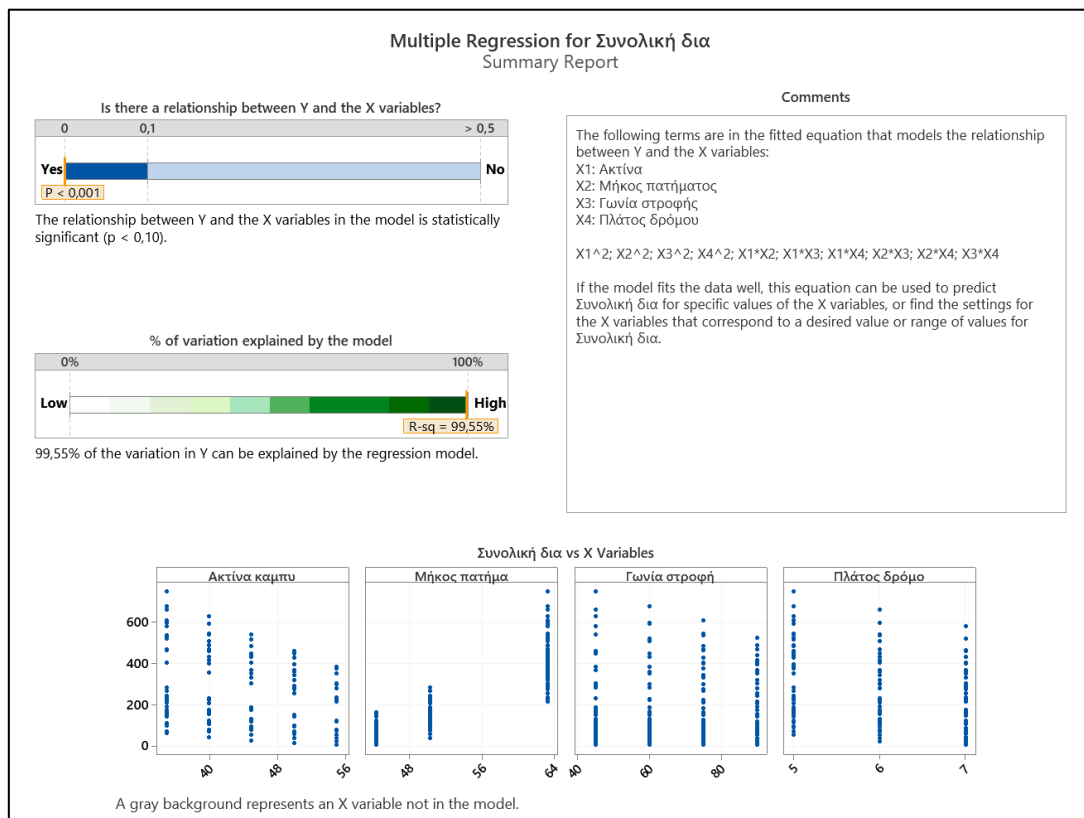


Εικόνα 5.15: Πολλαπλή παλινδρόμηση για Εξ. Διαπλάτυνση (3)

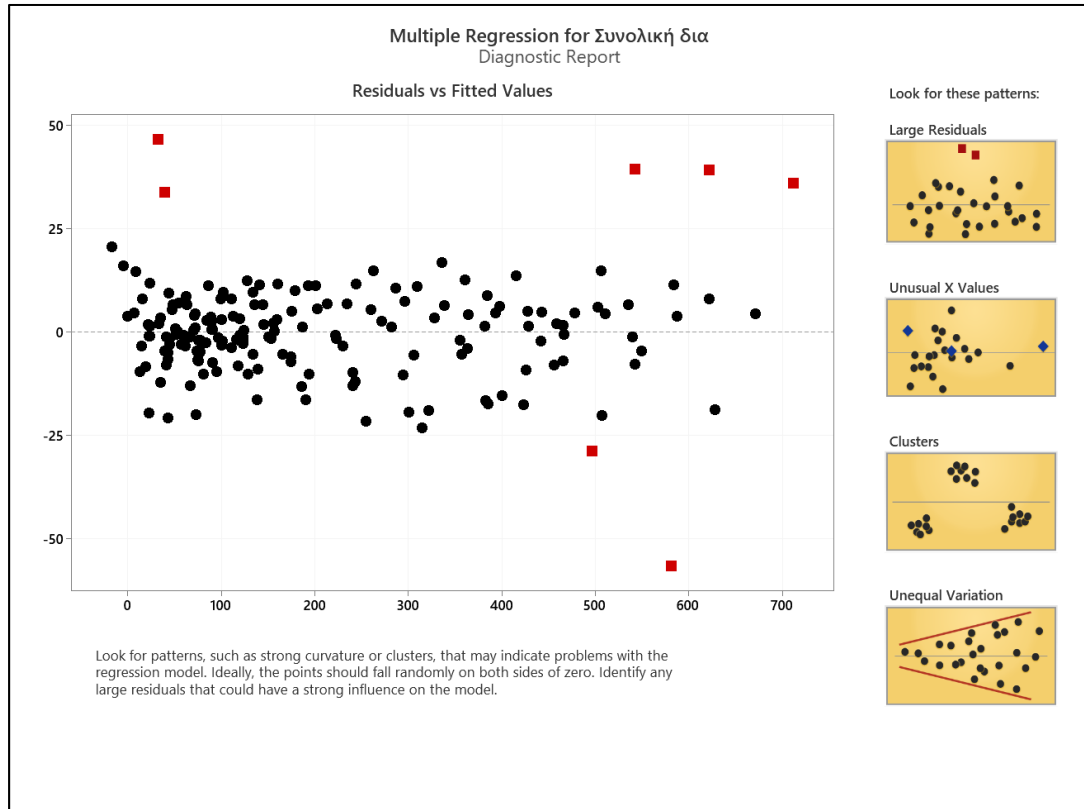
Multiple Regression for Εξωτερική δι Report Card		
Check	Status	Description
Amount of Data		Your sample is large enough (n = 180) to obtain a precise estimate of the strength of the relationship.
Unusual Data		12 data points have large residuals and are not well fit by the equation. These points are marked in red on the Diagnostic Report. You can hover over a point or use Minitab's brushing feature to identify the worksheet rows. Because unusual data can have a strong influence on the results, try to identify the cause for their unusual nature. Correct any data entry or measurement errors. Consider removing data that are associated with special causes and redoing the analysis.
Normality		Because you have at least 15 data points, normality is not an issue. If the number of data points is small and the residuals are not normally distributed, the p-values used to determine whether there is a significant relationship between the Xs and Y may not be accurate.

Εικόνα 5.16: Πολλαπλή παλινδρόμηση για Εξ. Διαπλάτυνση (4)

Πολλαπλή παλινδρόμηση (Multiple regression) για την Συνολική διαπλάτυνση



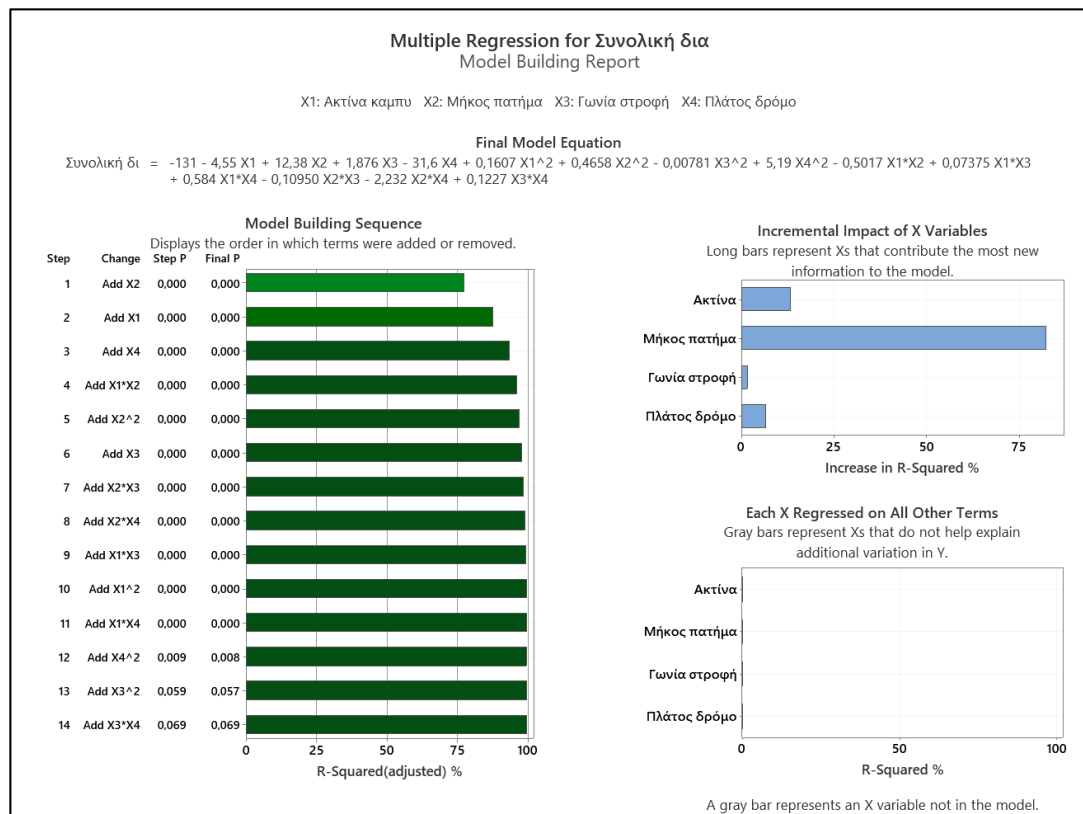
Εικόνα 5.17: Πολλαπλή παλινδρόμηση για Συν. Διαπλάτυνση (1)



Εικόνα 5.18: Πολλαπλή παλινδρόμηση για Συν. Διαπλάτυνση (2)

Διερεύνηση της απαιτούμενης διαπλάτυνσης

ως προς τη διέλευση βαρέων οχημάτων μεταφοράς εξοπλισμού ανεμογεννητριών



Εικόνα 5.19: Πολλαπλή παλινδρόμηση για Συν. Διαπλάτυνση (3)

Multiple Regression for Συνολική δια
Report Card

Check	Status	Description
Amount of Data		Your sample is large enough (n = 180) to obtain a precise estimate of the strength of the relationship.
Unusual Data		7 data points have large residuals and are not well fit by the equation. These points are marked in red on the Diagnostic Report. You can hover over a point or use Minitab's brushing feature to identify the worksheet rows. Because unusual data can have a strong influence on the results, try to identify the cause for their unusual nature. Correct any data entry or measurement errors. Consider removing data that are associated with special causes and redoing the analysis.
Normality		Because you have at least 15 data points, normality is not an issue. If the number of data points is small and the residuals are not normally distributed, the p-values used to determine whether there is a significant relationship between the Xs and Y may not be accurate.

Εικόνα 5.20: Πολλαπλή παλινδρόμηση για Συν. Διαπλάτυνση (4)

Από τις αναφορές των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από το Minitab παρατηρείται πως καλύπτονται τα κριτήρια αποδοχής μοντέλων. Η διακύμανση των υπολειμμάτων, συγκεκριμένα, είναι διάσπαρτη, γεγονός που ικανοποιεί την κανονική κατανομή και επιβεβαιώνει την καλύτερη δομή νέων μοντέλων.

5.3.4 Απλοποίηση μοντέλων γραμμικής παλινδρόμησης με όρους αλληλεπίδρασης και δευτέρας τάξης

Σε συνέχεια της κατασκευής των μοντέλων, αφού καλύφθηκαν τα κριτήρια αποδοχής, γίνεται μετάβαση στην απλοποίηση τους διατηρώντας πάντα τους κανόνες ιεραρχικής κατασκευής στατιστικών μοντέλων ανά περίπτωση. Το αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι ως εξής:

1. Γραμμική παλινδρόμηση δευτέρας τάξης για Εσωτερική διαπλάτυνση

Εξίσωση παλινδρόμησης (Regression Equation)

Πίνακας 5.21: Εξίσωση γραμμικής παλινδρόμησης δευτέρας τάξης Εσ. Διαπλάτυνσης

Εσωτερική διαπλάτυνση	=	$-8,31 A + 6,55 M + 0,708 \Gamma + 9,51 \Pi + 0,1246 A^2 + 0,2272 M^2 - 0,2492 A*M + 0,05635 A*\Gamma + 0,478 A*\Pi - 0,07411 M*\Gamma - 1,050 M*\Pi$
-----------------------	---	---

Συντελεστές (Coefficients)

Πίνακας 5.22: Συντελεστές γραμμικής παλινδρόμησης δευτέρας τάξης Εσ. Διαπλάτυνσης

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value
A	-8,31	1,78	-4,68	0,000
M	6,55	1,72	3,81	0,000
Γ	0,708	0,448	1,58	0,116
Π	9,51	8,16	1,17	0,245
A ²	0,1246	0,0188	6,61	0,000
M ²	0,2272	0,0185	12,25	0,000
A*M	-0,2492	0,0143	-17,42	0,000
A*Γ	0,05635	0,00700	8,05	0,000
A*Π	0,478	0,137	3,50	0,001
M*Γ	-0,07411	0,00625	-11,87	0,000
M*Π	-1,050	0,121	-8,65	0,000

Σύνοψη μοντέλου (Model Summary)

Πίνακας 5.23: Σύνοψη μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης δευτέρας τάξης Εσ. Διαπλάτυνσης

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
11,3622	99,20%	99,14%	99,00%

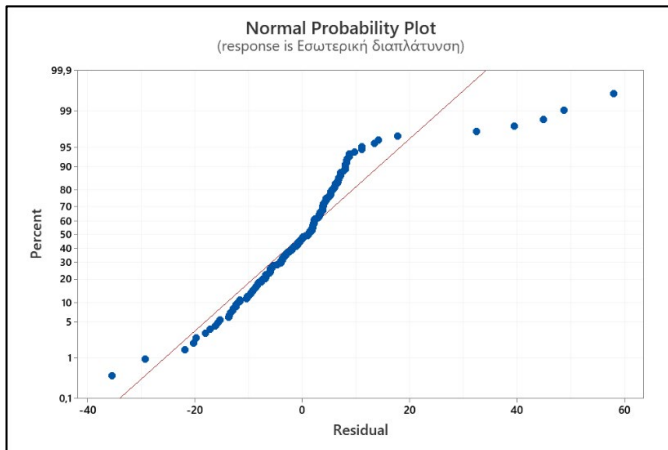
Ανάλυση διακύμανσης (ANOVA)

Πίνακας 5.24: Ανάλυση διακύμανσης γραμμικής παλινδρόμησης δευτέρας τάξης Εσ. Διαπλάτυνσης

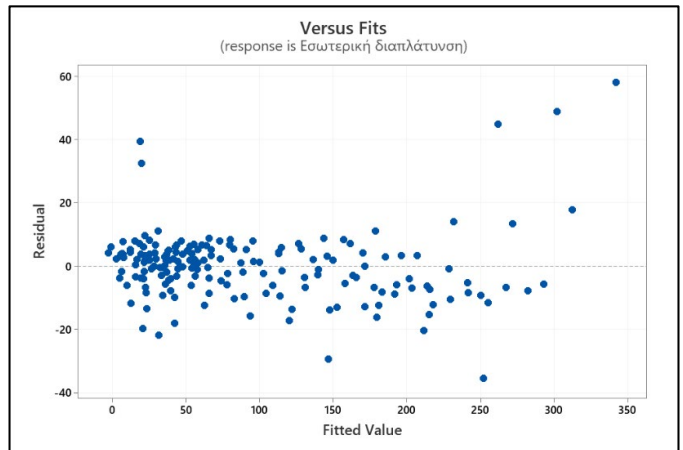
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	11	2688645	244422	1893,28	0,000
A	1	2824	2824	21,87	0,000
M	1	1874	1874	14,52	0,000
Γ	1	323	323	2,50	0,116
Π	1	175	175	1,36	0,245
A ²	1	5643	5643	43,71	0,000
M ²	1	19371	19371	150,05	0,000
A*M	1	39174	39174	303,44	0,000
A*Γ	1	8367	8367	64,81	0,000
A*Π	1	1577	1577	12,22	0,001
M*Γ	1	18177	18177	140,80	0,000
M*Π	1	9655	9655	74,79	0,000
Error	169	21818	129		
Total	180				

Διερεύνηση της απαιτούμενης διαπλάτυνσης

ως προς τη διέλευση βαρέων οχημάτων μεταφοράς εξοπλισμού ανεμογεννητριών



Γράφημα 5.9: Έλεγχος κανονικότητας των υπολειμμάτων γραμμικής παλινδρόμησης δευτέρας τάξης Εσ. Διαπλάτυνσης



Γράφημα 5.10: Έλεγχος ομοιογένειας των διακυμάνσεων γραμμικής παλινδρόμησης δευτέρας τάξης Εσ. Διαπλάτυνσης

Όπου:

A: Ακτίνα στροφής

M: Μήκος πατήματος

Γ: Γωνία στροφής

Π: Πλάτος δρόμου

Πίνακας 5.25: Κριτήρια αποδοχής γραμμικής παλινδρόμησης δευτέρας τάξης Εσ. Διαπλάτυνσης

Κριτήρια αποδοχής μοντέλου	
ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ	Λογική
T-STUDENT	> 1.96
ΠΟΛΥΣΥΓΓΡΑΜΙΚΟΤΗΤΑ	Μικρή
R ²	Μεγάλο
ADJUSTED R ²	Μεγάλο
ΤΥΠΙΚΟ ΣΦΑΛΜΑ (STANDARD ERROR)	Μικρό
F-SIGNIFICANCE	Κοντά στο μηδέν
P-VALUES	<0.05
NORMAL PROBABILITY PLOT	Ευθεία
RESIDUALS VS FITTED VALUES	Διάσπαρτα

Διερεύνηση της απαιτούμενης διαπλάτυνσης

ως προς τη διέλευση βαρέων οχημάτων μεταφοράς εξοπλισμού ανεμογεννητριών

2. Γραμμική παλινδρόμηση δευτέρας τάξης για Εξωτερική διαπλάτυνση Εξίσωση παλινδρόμησης (Regression Equation)

Πίνακας 5.26 : Εξίσωση γραμμικής παλινδρόμησης δευτέρας τάξης Εξ. Διαπλάτυνσης

Εξωτερική διαπλάτυνση	=	-238,4 + 5,840 A + 1,97 M + 0,617 Γ + 20,80 Π + 0,2643 M ² - 0,24390 A*M + 0,01985 A*Γ + 0,1977 A*Π - 0,03310 M*Γ - 1,0972 M*Π
-----------------------	---	--

Συντελεστές (Coefficients)

Πίνακας 5.27: Συντελεστές γραμμικής παλινδρόμησης δευτέρας τάξης Εξ. Διαπλάτυνσης

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value
Constant	-238,4	60,7	-3,92	0,000
A	5,840	0,768	7,60	0,000
M	1,97	1,68	1,17	0,243
Γ	0,617	0,279	2,21	0,028
Π	20,80	5,73	3,63	0,000
M ²	0,2643	0,0142	18,61	0,000
A*M	-0,24390	0,00904	-26,98	0,000
A*Γ	0,01985	0,00426	4,66	0,000
A*Π	0,1977	0,0876	2,26	0,025
M*Γ	-0,03310	0,00381	-8,69	0,000
M*Π	-1,0972	0,0783	-14,02	0,000

Σύνοψη μοντέλου (Model Summary)

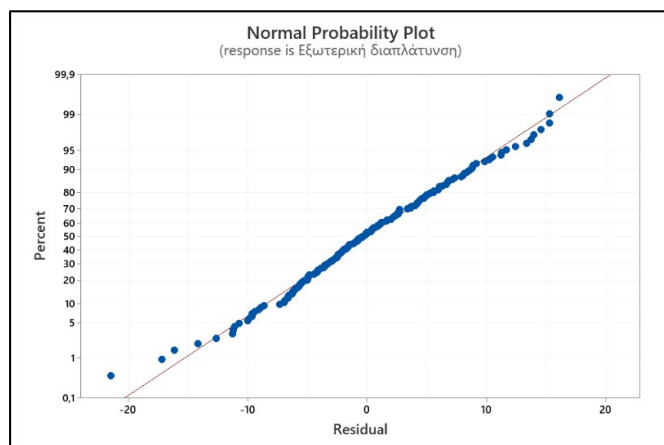
Πίνακας 5.28: Σύνοψη μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης δευτέρας τάξης Εξ. Διαπλάτυνσης

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
6,78230	99,54%	99,51%	99,46%

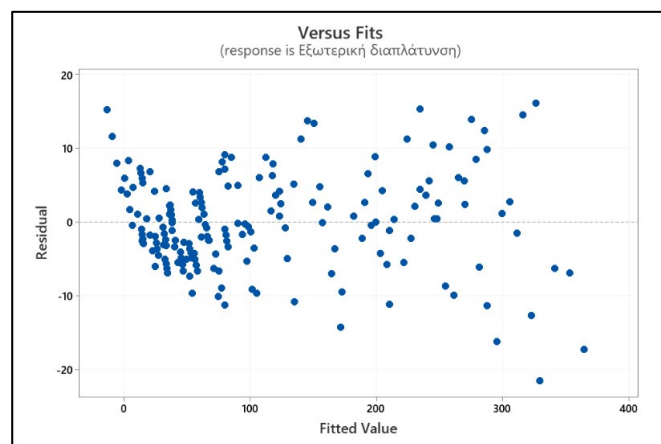
Ανάλυση διακύμανσης (ANOVA)

Πίνακας 5.29: Ανάλυση διακύμανσης γραμμικής παλινδρόμησης δευτέρας τάξης Εξ. Διαπλάτυνσης

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	10	1669087	166909	3628,49	0,000
A	1	2659	2659	57,81	0,000
M	1	63	63	1,38	0,243
Γ	1	225	225	4,88	0,028
Π	1	606	606	13,16	0,000
M ²	1	15927	15927	346,25	0,000
A*M	1	33491	33491	728,08	0,000
A*Γ	1	997	997	21,67	0,000
A*Π	1	235	235	5,10	0,025
M*Γ	1	3470	3470	75,45	0,000
M*Π	1	9038	9038	196,48	0,000
Error	169	7774	46		
Total	179				



Γράφημα 5.11: Έλεγχος κανονικότητας των υπολειμμάτων γραμμικής παλινδρόμησης δευτέρας τάξης Εξ. Διαπλάτυνσης



Γράφημα 5.12: Έλεγχος ομοιογένειας των διακυμάνσεων γραμμικής παλινδρόμησης δευτέρας τάξης Εξ. Διαπλάτυνσης

Όπου:

A: Ακτίνα στροφής

M: Μήκος πατήματος

Γ: Γωνία στροφής

Π: Πλάτος δρόμου

Πίνακας 5.30: Κριτήρια αποδοχής γραμμικής παλινδρόμησης δευτέρας τάξης Εξ. Διαπλάτυνσης

Κριτήρια αποδοχής μοντέλου	
ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ	Λογική
T-STUDENT	> 1.96
ΠΟΛΥΣΥΓΓΡΑΜΙΚΟΤΗΤΑ	Μικρή
R ²	Μεγάλο
ADJUSTED R ²	Μεγάλο
ΤΥΠΙΚΟ ΣΦΑΛΜΑ (STANDARD ERROR)	Μικρό
F-SIGNIFICANCE	Κοντά στο μηδέν
P-VALUES	<0.05
NORMAL PROBABILITY PLOT	Ευθεία
RESIDUALS VS FITTED VALUES	Διάσπαρτα

3. Γραμμική παλινδρόμηση δευτέρας τάξης για Συνολική διαπλάτυνση

Εξίσωση παλινδρόμησης (Regression Equation)

Πίνακας 5.31: Εξίσωση γραμμικής παλινδρόμησης δευτέρας τάξης Συν. Διαπλάτυνσης

Συνολική διαπλάτυνση	=	$-648 + 9,91 A + 12,37 M + 1,557 \Gamma + 39,0 \Pi + 0,4658 M^2 - 0,5016 A * M + 0,07376 A * \Gamma + 0,584 A * \Pi - 0,10950 M * \Gamma - 2,232 M * \Pi$
----------------------	---	---

Συντελεστές (Coefficients)

Πίνακας 5.32: Συντελεστές γραμμικής παλινδρόμησης δευτέρας τάξης Συν. Διαπλάτυνσης

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value
Constant	-648	129	-5,01	0,000
A	9,91	1,64	6,06	0,000
M	12,37	3,58	3,45	0,001
Γ	1,557	0,594	2,62	0,010
Π	39,0	12,2	3,20	0,002
M ²	0,4658	0,0302	15,40	0,000
A*M	-0,5016	0,0192	-26,07	0,000
A*Γ	0,07376	0,00908	8,13	0,000
A*Π	0,584	0,186	3,13	0,002
M*Γ	-0,10950	0,00811	-13,49	0,000
M*Π	-2,232	0,167	-13,39	0,000

Σύνοψη μοντέλου (Model Summary)

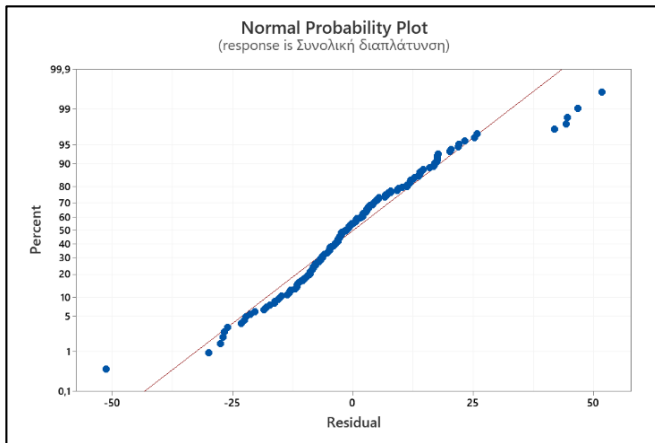
Πίνακας 5.33: Σύνοψη μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης δευτέρας τάξης Συν. Διαπλάτυνσης

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
14,4411	99,37%	99,33%	99,24%

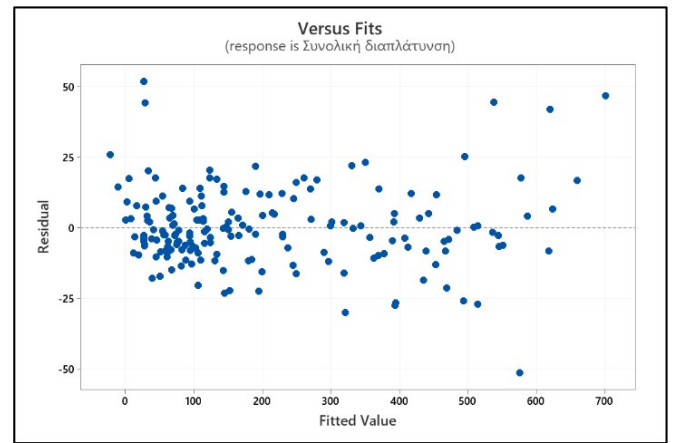
Ανάλυση διακύμανσης (ANOVA)

Πίνακας 5.34: Ανάλυση διακύμανσης γραμμικής παλινδρόμησης δευτέρας τάξης Συν. Διαπλάτυνσης

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	10	5535194	553519	2654,17	0,000
A	1	7660	7660	36,73	0,000
M	1	2486	2486	11,92	0,001
Γ	1	1432	1432	6,87	0,010
Π	1	2132	2132	10,22	0,002
M ²	1	49469	49469	237,21	0,000
A*M	1	141684	141684	679,38	0,000
A*Γ	1	13770	13770	66,03	0,000
A*Π	1	2047	2047	9,82	0,002
M*Γ	1	37970	37970	182,07	0,000
M*Π	1	37413	37413	179,40	0,000
Error	169	35244	209		
Total	179				



Γράφημα 5.13: Έλεγχος κανονικότητας των υπολειμμάτων γραμμικής παλινδρόμησης δευτέρας τάξης Εξ. Διαπλάτυνσης



Γράφημα 5.14: Έλεγχος ομοιογένειας των διακυμάνσεων γραμμικής παλινδρόμησης δευτέρας τάξης Εξ. Διαπλάτυνσης

Όπου:

A: Ακτίνα στροφής

M: Μήκος πατήματος

Γ: Γωνία στροφής

Π: Πλάτος δρόμου

Πίνακας 5.35: Κριτήρια αποδοχής γραμμικής παλινδρόμησης δευτέρας τάξης Συν. Διαπλάτυνσης

Κριτήρια αποδοχής μοντέλου	
ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ	Λογική
T-STUDENT	> 1.96
ΠΟΛΥΣΥΓΓΡΑΜΙΚΟΤΗΤΑ	Μικρή
R ²	Μεγάλο
ADJUSTED R ²	Μεγάλο
ΤΥΠΙΚΟ ΣΦΑΛΜΑ (STANDARD ERROR)	Μικρό
F-SIGNIFICANCE	Κοντά στο μηδέν
P-VALUES	<0.05
NORMAL PROBABILITY PLOT	Ευθεία
RESIDUALS VS FITTED VALUES	Διάσπαρτα

Διερεύνηση της απαιτούμενης διαπλάτυνσης

ως προς τη διέλευση βαρέων οχημάτων μεταφοράς εξοπλισμού ανεμογεννητριών

6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

6.1. Σύνοψη Διπλωματικής Εργασίας

Η βιώσιμη ανάπτυξη των τελευταίων δεκαετιών γίνεται έναυσμα για την βελτίωση της γεωμετρίας των υφιστάμενων οδών για να μπορούν να αντιμετωπιστούν με οργάνωση και επιτυχία οι κίνδυνοι που παρουσιάζονται. Για το λόγο αυτό, στο πλαίσιο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, γίνεται ανάλυση της συμπεριφοράς των οχημάτων μεταφοράς εξοπλισμού με σκοπό την διερεύνηση της απαιτούμενης διαπλάτυνσης και εν γένει του ελευθέρου εμποδίων χώρου. Ως εργαλείο μελέτης επιλέχθηκε η προσομοίωση της πορείας των οχημάτων στο προγραμματιστικό περιβάλλον του Autoturn.

Αρχικά, καταγράφηκαν οι απαιτήσεις μεταφοράς ενός αιολικού πάρκου. Στη συνέχεια, δόθηκαν τα χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει το όχημα μεταφοράς για κάθε κομμάτι εξοπλισμού. Λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά αυτά σχεδιάστηκαν σε πρόγραμμα προσομοίωσης πορείας Autoturn τα αντίστοιχα ψηφιακά οχήματα μεταφοράς πτερυγίων, καθώς αποτελούν το κομμάτι του εξοπλισμού του οποίου οι απαιτήσεις μεταφοράς υπερκαλύπτουν ως επί το πλείστο τα άλλα κομμάτια εξοπλισμού. Έπειτα, δημιουργήθηκαν πρότυπες στροφές σχεδιασμού πάνω στις οποίες πραγματοποιήθηκαν προσομοιώσεις πορείας. Στο πλαίσιο της σχεδίασης, έγινε επιλογή τριών μοντέλων ανεμογεννητριών της κατασκευάστριας εταιρείας Nordex. Οι παράμετροι σχεδιασμού που διαφοροποιήθηκαν για την δημιουργία του πλήθους των σεναρίων είναι η ακτίνα καμπύλης στην οριζοντιογραφία, η γωνία στροφής και το πλάτος του δρόμου. Μετά την υλοποίηση της προσομοίωσης, η βάση δεδομένων αποτελούνταν από 180 διαφορετικά σενάρια στροφής και κατασκευάστηκαν με γνώμονα την πληρότητα τα αντίστοιχα διαγράμματα. Σε κάθε ένα από αυτά τα σενάρια εμβαδομετρήθηκε η απαιτούμενη διαπλάτυνση του οδικού τμήματος τόσο εξωτερικά όσο και εσωτερικά της στροφής. Στη συνέχεια, έγινε κατάλληλη επεξεργασία των δεδομένων στο στατιστικό πρόγραμμα Minitab. Συγκεκριμένα, ως ανεξάρτητες μεταβλητές θεωρήθηκαν οι παράμετροι σχεδιασμού (ακτίνα, γωνία, πλάτος) και το μήκος πατήματος του οχήματος σχεδιασμού.

Με στόχο τη μοντελοποίηση των απαιτήσεων διαπλάτυνσης, η στατιστική ανάλυση αποκάλυψε μια ισχυρή εξίσωση γραμμικής παλινδρόμησης, η οποία εξαιτίας της προφανής σχηματικής αναπαράστασης των υπολειμμάτων απορρίφθηκε. Το εν λόγω γράφημα αποδείκνυε λόγω της καμπύλης μορφής του πως απαιτούνταν για λόγους πληρότητας η προσθήκη όρων δευτέρας τάξης στο μοντέλο. Το τελικό αποτέλεσμα ήταν η δημιουργία ενός μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης

δευτέρας τάξης με όρους συσχέτισης με επίπεδο εμπιστοσύνης μεγαλύτερο του 99% σε όλες τις διερευνώμενες εξαρτημένες μεταβλητές.

6.2 Συμπεράσματα

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που προέκυψαν από το προηγούμενο κεφάλαιο είναι εφικτή η διατύπωση των συμπερασμάτων της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας:

- Από την στατιστική ανάλυση των δεδομένων και την μετέπειτα δημιουργία των στατιστικών μοντέλων παρατηρήθηκε ότι οι μεταβλητές που λήφθηκαν υπόψη δεν είχαν την ίδια επιρροή στα επιμέρους μοντέλα. Πιο συγκεκριμένα:
 - Το μέγεθος που επηρεάζει περισσότερο σε σχέση με τους υπόλοιπους παράγοντες για την πρόβλεψη της απαιτούμενης διαπλάτυνσης είναι το μήκος του οχήματος. Η μεταβλητή αυτή, έχει τη μεγαλύτερη επιρροή στα μοντέλα που δημιουργήθηκαν. Αύξηση του μήκους του οχήματος επιφέρει και αύξηση της απαιτούμενης διαπλάτυνσης.
 - Το μέγεθος που επηρεάζει λιγότερο σε σχέση με τους υπόλοιπους παράγοντες για την πρόβλεψη της απαιτούμενης διαπλάτυνσης είναι η γωνία στροφής. Η μεταβλητή αυτή, έχει τη μικρότερη επιρροή στα μοντέλα που δημιουργήθηκαν. Αύξηση της γωνίας στροφής επιφέρει και μείωση της απαιτούμενης διαπλάτυνσης.
 - Τα μοντέλα γραμμικής παλινδρόμησης που δημιουργήθηκαν είναι αποδεκτά καθώς όλα τα κριτήρια αποδοχής μοντέλων καλύπτονται. Για λόγους πληρότητας διερευνήθηκε η προσθήκη όρων δευτέρας τάξης και συσχέτισης.
 - Τα μοντέλα παλινδρόμησης με όρους δευτέρας τάξης και όρους συσχέτισης αποτελούν την βέλτιστη προσέγγιση για την καλύτερη κατανόηση της επιρροής των παραγόντων από τους οποίους εξαρτάται η απαιτούμενη διαπλάτυνση.
 - Τα γραφήματα υπολειμμάτων-προσαρμοσμένων τιμών παρουσιάζουν κάποιες ακραίες τιμές οι οποίες λόγω του μικρού πλήθους δεν επηρεάζουν την σημαντικότητα των μοντέλων. Το φαινόμενο αυτό πιθανά οφείλεται σε λάθος μέτρηση του χρήστη. Όμως, στατιστικά αποτελούν κάτω του 15% του συνολικού δείγματος.
- Τα στατιστικά μοντέλα που αναπτύχθηκαν είναι κατάλληλα για την επίτευξη του στόχου της Διπλωματικής Εργασίας. Οι δείκτες αξιοπιστίας ξεπερνούν το 99% , γεγονός που αποτελεί έναυσμα για την χρήση των μοντέλων στη διαδικασία πρόβλεψης της απαιτούμενης διαπλάτυνσης.
- Από την κατασκευή των σχεδίων των πρότυπων σεναρίων στροφής δίνεται μία πλήρης εικόνα της πορείας που ακολουθεί το όχημα σε κάθε περίπτωση προσομοίωσης. Τα σχέδια αποτελούν από

μόνα τους ένα εργαλείο για τον εντοπισμό της περιοχής απαιτούμενου καθαρισμού εμποδίων για την διέλευση του άκρου του πτερυγίου.

- Για την ολοκλήρωση μιας επιτυχημένης μεταφοράς εξοπλισμού ανεμογεννητριών απαιτείται μελέτη σε όλους τους τομείς των προδιαγραφών όπως έλεγχος δομικής αντοχής υφιστάμενου οδοστρώματος, μελέτη νέου οδοστρώματος στην διαπλάτυνση, μελέτη κυκλοφοριακής ρύθμισης.

Συνολικά, η προτεινόμενη προσέγγιση αποτελεί ένα πολύτιμο εργαλείο για τους κατασκευαστές αιολικών πάρκων και τις οδικές αρχές προκειμένου να εκτιμήσουν τους περιορισμούς, το κόστος, τις πρόσθετες χωρικές απαιτήσεις, καθώς και τις πιθανές περιβαλλοντικές επιπτώσεις κατά την εγκατάσταση αιολικών πάρκων. Συμβάλλει στην βελτιστοποίηση της μεταφορικής διαδικασίας τόσο με την αναφορά των απαιτήσεων και της κατάλληλης νομοθεσίας που πρέπει να ληφθεί υπόψη για την μεταφορά του εξοπλισμού όσο με την παροχή των μοντέλων πρόβλεψης δίνοντας μία χωρική και κοστολογική προσέγγιση.

6.3 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Η παρούσα ανάλυση της διέλευσης βαρέων οχημάτων μεταφοράς εξοπλισμού ανεμογεννητριών αποτελεί ένα αρχικό παράδειγμα για το πως μπορεί να τυποποιηθεί η απαιτούμενη διαπλάτυνση. Γίνεται, λοιπόν, κατανοητό ότι υπάρχουν περιθώρια εκτενέστερης διερεύνησης της διέλευσης βαρέων οχημάτων στην κοινωνία και το περιβάλλον.

Για την περαιτέρω μελέτη του αντικειμένου της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας ενδιαφέρον θα παρουσίαζε η διερεύνηση με τις παρακάτω τεχνικές:

- ✓ Ποσοτικοποίηση της επίδρασης πρόσθετων παραμέτρων, όπως οι απαιτούμενες κλίσεις, η φέρουσα ικανότητα οδοστρώματος, το πλάτος οχήματος, το μέγεθος των ελαστικών και η ταχύτητα μελέτης.
- ✓ Διεύρυνση του φάσματος δεδομένων με την πραγματοποίηση περισσότερων προσομοιώσεων για διαφορετικές τιμές των παραμέτρων σχεδιασμού με σκοπό την παροχή αποτελεσμάτων για ένα ευρύτερο διάστημα τιμών των ανεξάρτητων μεταβλητών.

Βιβλιογραφία

1. IRENA: International Renewable Energy Agency (2019) “*FUTURE OF WIND: Deployment, investment, technology, grid integration and socio-economic aspects*”
2. B Roscher¹, P Mortimer, R Schelenz, G Jacobs, A Baseer (2020) “*Optimizing a wind farm layout considering access roads*”, Center for Wind Power Drives, Campus-Boulevard 61, 52074, Germany.
3. Wind Europe (2021) “*Wind Energy in Europe 2020 - Trends and Statistics*”,
<https://windeurope.org/>
4. GWEC: Global Wind Energy Council
<https://gwec.net/>
5. ΕΛΕΤΑΕΝ: Ελληνική Επιστημονική Ένωση Αιολικής Ενέργειας (2020) “*HWEA Wind Energy Statistics- 2020*”,
<https://eletaen.gr/>
6. Wikipedia, the free Encyclopedia
<https://www.wikipedia.org/>
7. EERE: Office of Energy Efficiency & Renewable Energy
<https://www.energy.gov/eere/office-energy-efficiency-renewable-energy>
8. Ramūnas Palšaitis¹, Artūras Petraška² (Vol. 13, No. 1, 2012) “*Heavyweight and Oversized Cargo Transportation Risk Management*”, Vilnius Gediminas Technical University Plytines 27, Vilnius, LT-10105 Lithuania
9. Artūras PETRAŠKA¹, Kristina ČIŽIŪNIENĖ², Aldona JARAŠŪNIENĖ³, Pavlo MARUSCHAK⁴, Olegas PRENTKOVSKIS⁵ (2017) “*Algorithm for The Assessment Of Heavyweight And Oversize Cargo Transportation Routes*”, ^{1, 2, 3}Department of Logistics and Transport Management, Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania, ⁴Department of Industrial Automation, Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, Ukraine, ⁵Department of Mobile Machinery and Railway Transport, Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania
10. Júlia Mihoková Jakubčeková¹, Mária Lusková², Miroslav Tomek³ (2016) “*Safety of Transportation of Oversized and Excessive Loads*”
11. Κώδικας Οδικής κυκλοφορίας (Κ.Ο.Κ) Ν.2696/1999 “*Άρθρο 53 : Διαστάσεις και βάρη οχημάτων*”
12. Vestas
<https://www.vestas.com/>
13. Vestas “*Wind Farm Roads Requirements*”, Construction Department

14. Ανυψωτική Α.Ε.
<https://www.anipsotiki.gr/>
15. DOLL
<https://www.doll.eu/en/home/>
16. Transoft Solutions
<https://www.transoftsolutions.com/>
17. Transoft Solutions “*Autoturn 8.0 Essentials and advanced training manual*”
18. Anadelta Tessera (2015) “*Manual*”
<https://anadelta.com/index-gr.php>
19. Καλιαμπέτσος Γεώργιος (2005) “*Λογισμικό οδοποιίας Anadelta Tessera*” , 2ο Πανελλήνιο Συνέδριο Οδοποιίας, Βόλος
20. Δημήτριος Πετρίδης (2015) “*Ανάλυση Πολυμεταβλητών τεχνικών: Εφαρμογές Περιπτώσεων*” , Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλίων Heal Link
21. Αλβέρτης Αλέξανδρος (2020) “*Διερεύνηση της τροχιάς οχημάτων κατά τη διαδικασία προσπέρασης με χρήση προσομοιωτή οδήγησης*” , Διπλωματική Εργασία, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Ιούλιος 2020
22. Nordex
<https://www.nordex-online.com/en/>
23. Nordex (2017) “*Transport, access roads and crane requirements for the K08 delta wind turbines N117/3600, N131/3600 IEC S and N131/3900 IEC S*”
24. Nordex (2017) “*Transport, access roads and crane requirements Wind turbine class Nordex Delta4000*”
25. Α. Λοΐζος, Χ. Πλατή (2020) “*Σημειώσεις για το μάθημα Κατασκευή Οδών, Ενότητα: Υλικά και Δομή*”, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
26. Υπουργείο Υποδομών και Μεταφορών “*Περιγραφικά Τιμολόγια Εργασιών Έργων Οδοποιίας*”
27. Minitab
<https://blog.minitab.com/en>
28. Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2006) “*Ευρωπαϊκές Κατευθυντήριες οδηγίες ορθής πρακτικής για ειδικές οδικές μεταφορές*”, Γενική Διεύθυνση Ενέργειας και Μεταφορών
29. Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής
<http://www.transport.ntua.gr/wp-content/uploads/ntua-dt-profile-jul2019.pdf>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Αποτελέσματα προσομοίωσης σε υπολογιστικό φύλλο Microsoft Excel

Ακτίνα στροφής	Μήκος πατήματος	Γωνία στροφής	Πλάτος δρόμου	Εξωτερική διαπλάτυνση	Εσωτερική διαπλάτυνση	Συνολική διαπλάτυνση
35,0	44,3	45,0	5,0	87,6	72,8	160,4
35,0	44,3	45,0	6,0	59,7	50,4	110,1
35,0	44,3	45,0	7,0	38,4	32,6	71,0
40,0	44,3	45,0	5,0	64,8	56,4	121,2
40,0	44,3	45,0	6,0	40,8	35,8	76,5
40,0	44,3	45,0	7,0	23,0	20,0	43,0
45,0	44,3	45,0	5,0	48,9	43,5	92,4
45,0	44,3	45,0	6,0	27,9	24,8	52,7
45,0	44,3	45,0	7,0	13,0	11,2	24,2
50,0	44,3	45,0	5,0	37,4	33,6	71,0
50,0	44,3	45,0	6,0	18,9	16,7	35,5
50,0	44,3	45,0	7,0	6,5	5,2	11,7
55,0	44,3	45,0	5,0	27,8	25,8	53,6
55,0	44,3	45,0	6,0	12,4	10,7	23,0
55,0	44,3	45,0	7,0	2,3	1,4	3,8
35,0	50,3	45,0	5,0	164,1	117,5	281,6
35,0	50,3	45,0	6,0	127,5	103,0	230,5
35,0	50,3	45,0	7,0	95,6	78,1	173,7
40,0	50,3	45,0	5,0	127,3	104,4	231,6
40,0	50,3	45,0	6,0	92,5	80,2	172,7
40,0	50,3	45,0	7,0	65,2	57,1	122,3
45,0	50,3	45,0	5,0	95,7	88,4	184,2
45,0	50,3	45,0	6,0	68,7	61,9	130,6
45,0	50,3	45,0	7,0	44,8	40,7	85,6
50,0	50,3	45,0	5,0	79,3	72,2	151,5
50,0	50,3	45,0	6,0	51,6	47,4	99,0
50,0	50,3	45,0	7,0	30,6	28,2	58,8
55,0	50,3	45,0	5,0	64,1	59,0	123,0
55,0	50,3	45,0	6,0	38,9	36,0	74,9
55,0	50,3	45,0	7,0	20,4	58,3	78,8
35,0	63,3	45,0	5,0	347,5	400,2	747,7
35,0	63,3	45,0	6,0	310,4	350,8	661,2
35,0	63,3	45,0	7,0	275,3	306,8	582,1
40,0	63,3	45,0	5,0	342,3	287,4	629,8
40,0	63,3	45,0	6,0	297,9	243,8	541,7
40,0	63,3	45,0	7,0	255,3	205,4	460,7
45,0	63,3	45,0	5,0	297,5	241,2	538,7
45,0	63,3	45,0	6,0	248,5	199,7	448,1
45,0	63,3	45,0	7,0	202,6	163,4	366,0
50,0	63,3	45,0	5,0	251,7	207,4	459,1
50,0	63,3	45,0	6,0	199,3	168,4	367,7
50,0	63,3	45,0	7,0	157,5	134,0	291,5
55,0	63,3	45,0	5,0	209,5	175,3	384,8
55,0	63,3	45,0	6,0	163,5	139,8	303,3
55,0	63,3	45,0	7,0	124,4	108,6	233,0
35,0	44,3	60,0	5,0	87,5	69,3	156,8
35,0	44,3	60,0	6,0	59,7	47,6	107,4
35,0	44,3	60,0	7,0	38,4	30,4	68,9
40,0	44,3	60,0	5,0	64,5	54,5	119,0
40,0	44,3	60,0	6,0	40,8	34,4	75,1
40,0	44,3	60,0	7,0	23,0	19,0	42,0
45,0	44,3	60,0	5,0	48,9	42,6	91,5
45,0	44,3	60,0	6,0	27,9	24,1	52,1
45,0	44,3	60,0	7,0	13,0	10,8	23,7
50,0	44,3	60,0	5,0	37,4	33,1	70,5
50,0	44,3	60,0	6,0	18,9	16,4	35,2
50,0	44,3	60,0	7,0	6,5	5,0	11,5
55,0	44,3	60,0	5,0	28,8	25,6	54,3
55,0	44,3	60,0	6,0	12,4	12,5	24,9
55,0	44,3	60,0	7,0	2,3	1,4	3,7
35,0	50,3	60,0	5,0	159,2	124,3	283,5

35,0	50,3	60,0	6,0	125,9	95,9	221,9
35,0	50,3	60,0	7,0	95,6	72,1	167,7
40,0	50,3	60,0	5,0	126,7	100,2	226,9
40,0	50,3	60,0	6,0	92,5	76,0	168,5
40,0	50,3	60,0	7,0	65,2	53,7	118,8
45,0	50,3	60,0	5,0	99,5	88,4	187,9
45,0	50,3	60,0	6,0	68,7	59,5	128,2
45,0	50,3	60,0	7,0	44,8	38,9	83,7
50,0	50,3	60,0	5,0	79,3	70,4	149,8
50,0	50,3	60,0	6,0	51,6	46,1	97,7
50,0	50,3	60,0	7,0	30,6	27,2	57,9
55,0	50,3	60,0	5,0	64,1	58,0	122,0
55,0	50,3	60,0	6,0	38,9	35,3	74,2
55,0	50,3	60,0	7,0	20,4	52,6	73,0
35,0	63,3	60,0	5,0	346,1	329,8	676,0
35,0	63,3	60,0	6,0	309,8	285,3	595,1
35,0	63,3	60,0	7,0	275,2	245,9	521,1
40,0	63,3	60,0	5,0	330,5	260,5	591,0
40,0	63,3	60,0	6,0	289,2	219,0	508,2
40,0	63,3	60,0	7,0	249,9	182,8	432,7
45,0	63,3	60,0	5,0	287,4	227,8	515,2
45,0	63,3	60,0	6,0	242,9	187,4	430,3
45,0	63,3	60,0	7,0	199,5	152,4	351,9
50,0	63,3	60,0	5,0	247,4	199,8	447,2
50,0	63,3	60,0	6,0	199,0	160,4	359,4
50,0	63,3	60,0	7,0	157,5	126,8	284,3
55,0	63,3	60,0	5,0	209,1	174,4	383,6
55,0	63,3	60,0	6,0	163,5	136,9	300,4
55,0	63,3	60,0	7,0	124,4	103,0	227,4
35,0	44,3	75,0	5,0	86,2	64,5	150,7
35,0	44,3	75,0	6,0	59,7	43,8	103,5
35,0	44,3	75,0	7,0	38,4	27,4	65,8
40,0	44,3	75,0	5,0	64,8	51,7	116,5
40,0	44,3	75,0	6,0	40,8	32,2	73,0
40,0	44,3	75,0	7,0	23,0	17,5	40,4
45,0	44,3	75,0	5,0	48,9	41,0	90,0
45,0	44,3	75,0	6,0	27,9	23,0	50,9
45,0	44,3	75,0	7,0	13,0	10,0	23,0
50,0	44,3	75,0	5,0	37,4	32,2	69,6
50,0	44,3	75,0	6,0	18,9	15,8	34,6
50,0	44,3	75,0	7,0	6,5	4,7	11,1
55,0	44,3	75,0	5,0	28,8	25,1	53,8
55,0	44,3	75,0	6,0	12,4	10,2	22,6
55,0	44,3	75,0	7,0	2,3	1,2	3,6
35,0	50,3	75,0	5,0	151,4	113,9	265,3
35,0	50,3	75,0	6,0	121,5	87,0	208,5
35,0	50,3	75,0	7,0	94,1	64,4	158,5
40,0	50,3	75,0	5,0	124,1	96,3	220,4
40,0	50,3	75,0	6,0	92,4	70,2	162,6
40,0	50,3	75,0	7,0	65,2	48,9	114,1
45,0	50,3	75,0	5,0	99,5	80,9	180,4
45,0	50,3	75,0	6,0	68,7	55,9	124,7
45,0	50,3	75,0	7,0	44,8	36,1	80,9
50,0	50,3	75,0	5,0	79,3	67,6	147,0
50,0	50,3	75,0	6,0	51,6	43,9	95,6
50,0	50,3	75,0	7,0	30,6	25,6	56,3
55,0	50,3	75,0	5,0	64,1	56,3	120,3
55,0	50,3	75,0	6,0	38,9	34,0	72,9
55,0	50,3	75,0	7,0	20,4	17,4	37,8
35,0	63,3	75,0	5,0	335,0	274,2	609,2
35,0	63,3	75,0	6,0	300,7	233,4	534,2
35,0	63,3	75,0	7,0	268,1	197,6	465,7
40,0	63,3	75,0	5,0	308,4	236,0	544,5
40,0	63,3	75,0	6,0	271,1	196,6	467,7

40,0	63,3	75,0	7,0	235,6	162,3	397,9
45,0	63,3	75,0	5,0	272,5	210,4	482,9
45,0	63,3	75,0	6,0	232,6	171,7	404,2
45,0	63,3	75,0	7,0	193,4	138,3	331,8
50,0	63,3	75,0	5,0	239,0	190,0	429,0
50,0	63,3	75,0	6,0	195,4	149,1	344,6
50,0	63,3	75,0	7,0	157,1	116,8	273,9
55,0	63,3	75,0	5,0	207,9	165,4	373,3
55,0	63,3	75,0	6,0	163,4	133,6	296,9
55,0	63,3	75,0	7,0	124,4	97,2	221,6
35,0	44,3	90,0	5,0	82,5	58,0	140,5
35,0	44,3	90,0	6,0	58,9	38,6	97,4
35,0	44,3	90,0	7,0	38,4	23,3	61,7
40,0	44,3	90,0	5,0	64,4	47,5	111,9
40,0	44,3	90,0	6,0	40,8	29,0	69,8
40,0	44,3	90,0	7,0	23,0	15,1	38,1
45,0	44,3	90,0	5,0	48,9	38,4	87,3
45,0	44,3	90,0	6,0	27,9	27,1	55,0
45,0	44,3	90,0	7,0	13,0	8,7	21,7
50,0	44,3	90,0	5,0	37,3	30,6	67,9
50,0	44,3	90,0	6,0	18,9	14,7	33,6
50,0	44,3	90,0	7,0	6,5	4,1	10,5
55,0	44,3	90,0	5,0	28,8	24,1	52,9
55,0	44,3	90,0	6,0	12,4	9,6	22,0
55,0	44,3	90,0	7,0	2,3	1,0	3,3
35,0	50,3	90,0	5,0	140,0	101,0	240,9
35,0	50,3	90,0	6,0	113,5	75,5	189,0
35,0	50,3	90,0	7,0	89,2	54,7	143,9
40,0	50,3	90,0	5,0	118,2	86,4	204,6
40,0	50,3	90,0	6,0	90,1	62,5	152,6
40,0	50,3	90,0	7,0	64,9	42,5	107,4
45,0	50,3	90,0	5,0	97,9	74,4	172,3
45,0	50,3	90,0	6,0	68,7	50,7	119,4
45,0	50,3	90,0	7,0	44,8	31,9	76,8
50,0	50,3	90,0	5,0	79,3	63,2	142,6
50,0	50,3	90,0	6,0	51,6	40,6	92,2
50,0	50,3	90,0	7,0	30,6	23,1	53,7
55,0	50,3	90,0	5,0	64,1	53,3	117,4
55,0	50,3	90,0	6,0	38,9	31,9	70,8
55,0	50,3	90,0	7,0	20,4	15,8	36,3
35,0	63,3	90,0	5,0	308,0	216,3	524,4
35,0	63,3	90,0	6,0	276,5	191,4	467,9
35,0	63,3	90,0	7,0	246,6	158,7	405,3
40,0	63,3	90,0	5,0	279,3	208,0	487,3
40,0	63,3	90,0	6,0	246,1	171,0	417,1
40,0	63,3	90,0	7,0	214,4	138,9	353,3
45,0	63,3	90,0	5,0	251,5	188,4	439,9
45,0	63,3	90,0	6,0	216,2	151,8	368,1
45,0	63,3	90,0	7,0	182,8	120,5	303,3
50,0	63,3	90,0	5,0	225,2	168,6	393,7
50,0	63,3	90,0	6,0	186,5	134,0	320,5
50,0	63,3	90,0	7,0	152,6	103,5	256,1
55,0	63,3	90,0	5,0	199,9	152,5	352,4
55,0	63,3	90,0	6,0	160,4	117,6	278,0
55,0	63,3	90,0	7,0	124,1	88,1	212,2

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Σχέδια προσομοίωσης πορείας

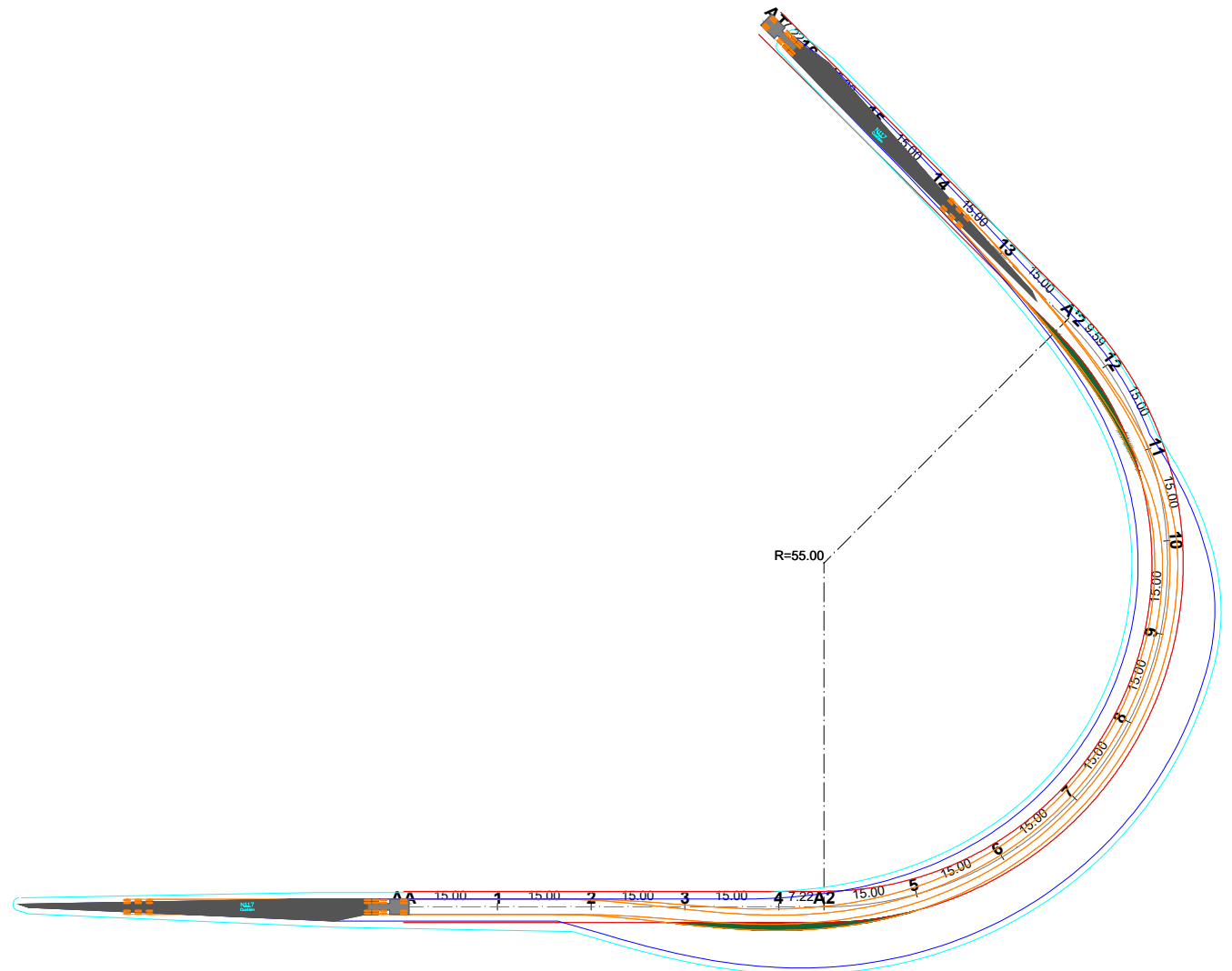
N117

V = 15.00 km/h
 β = 45.000°
 γ = 135.000°
R = 55.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



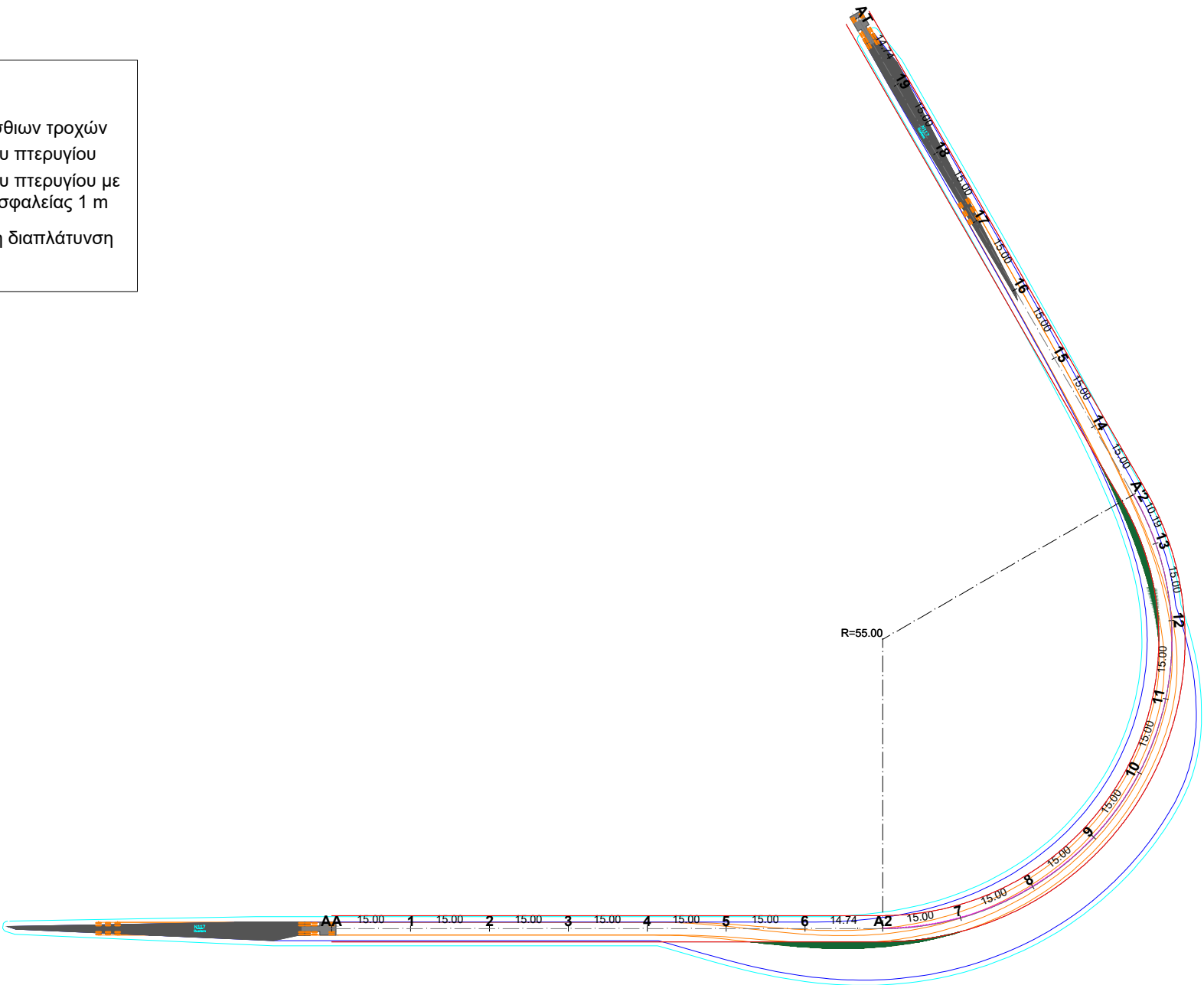
N117

V	=	15.00 km/h
β	=	60.000°
γ	=	120.000°
R	=	55.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- | | |
|---|--|
|  | Τροχιές οπίσθιων τροχών |
| | Τροχιά άκρου πτερυγίου |
|  | Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m |
|  | Απαιτούμενη διαπλάτυνση |

Κλίμακα 1:1.000



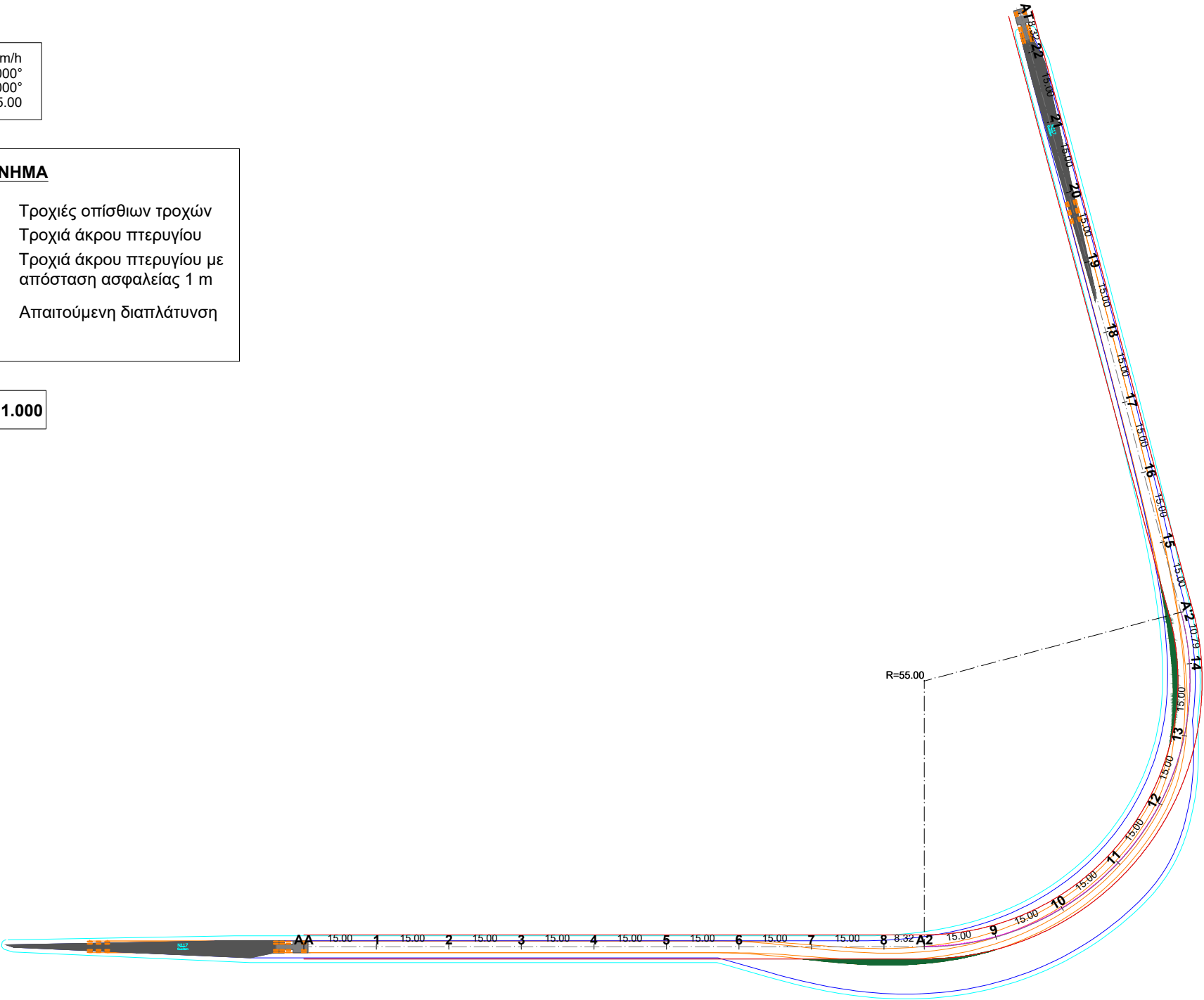
N117

V	=	15.00 km/h
β	=	75.000°
γ	=	105.000°
R	=	55.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



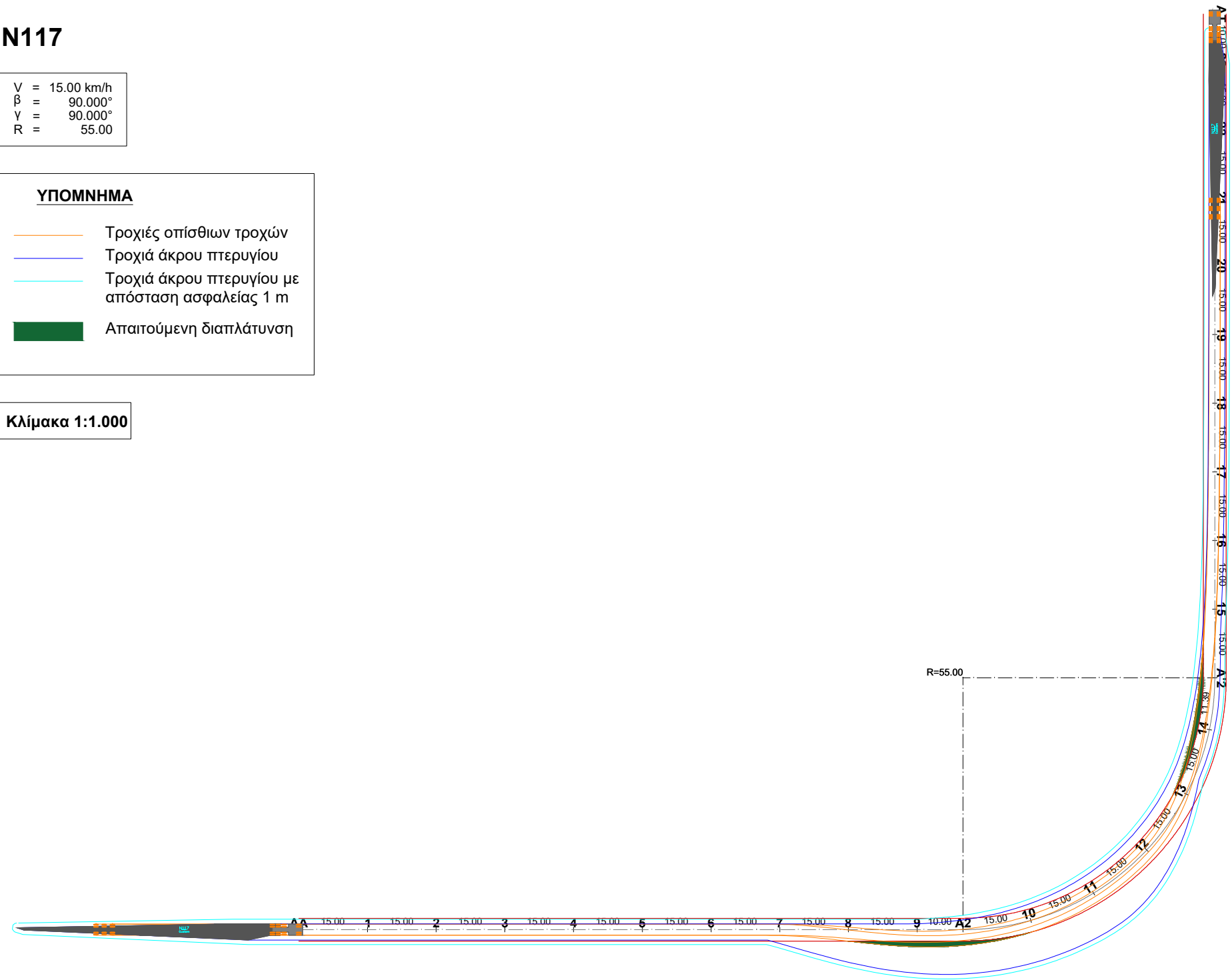
N117

V	=	15.00	km/h
β	=	90.000°	
γ	=	90.000°	
R	=	55.00	

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



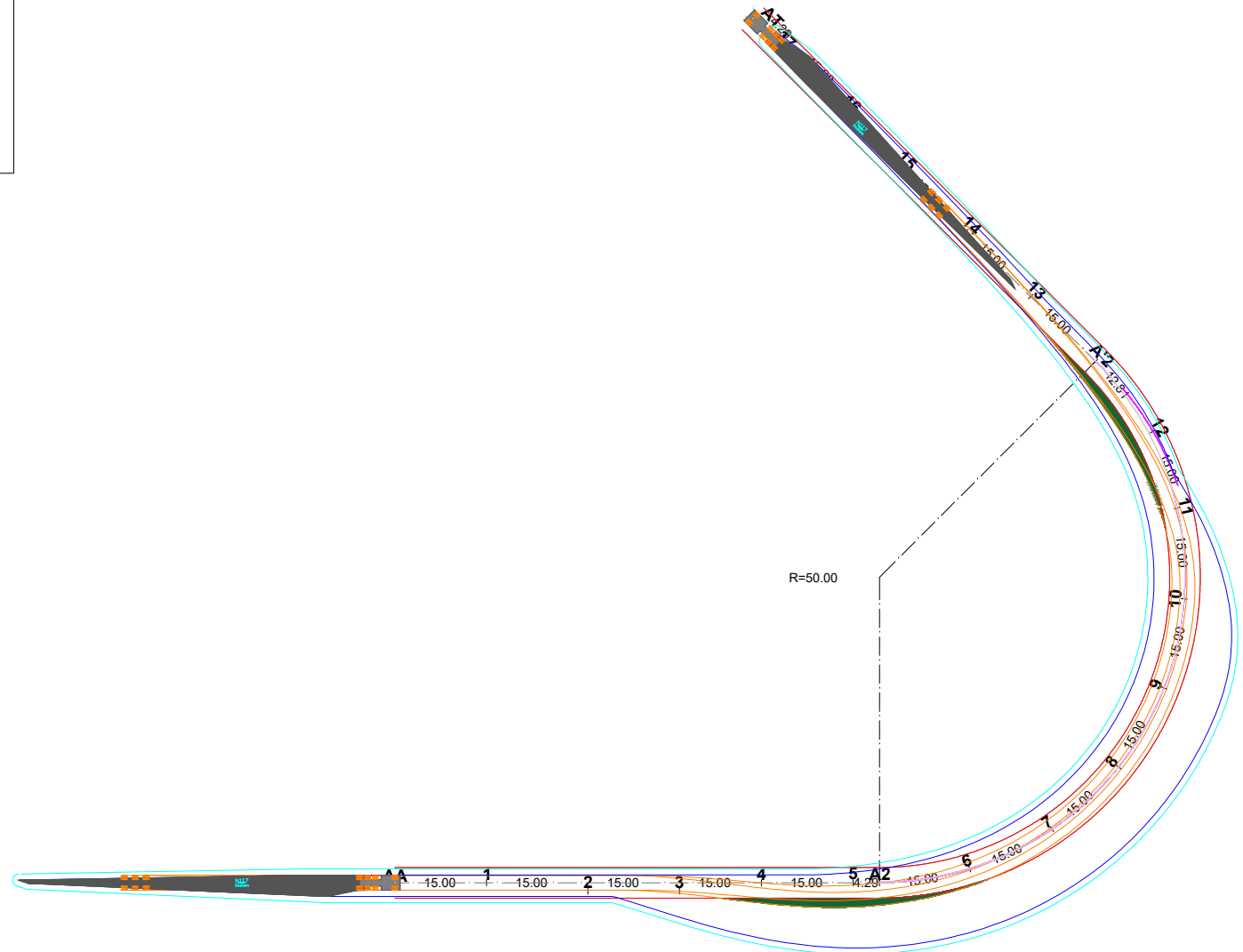
N117

V = 15.00 km/h
 β = 45.000°
Y = 135.000°
R = 50.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



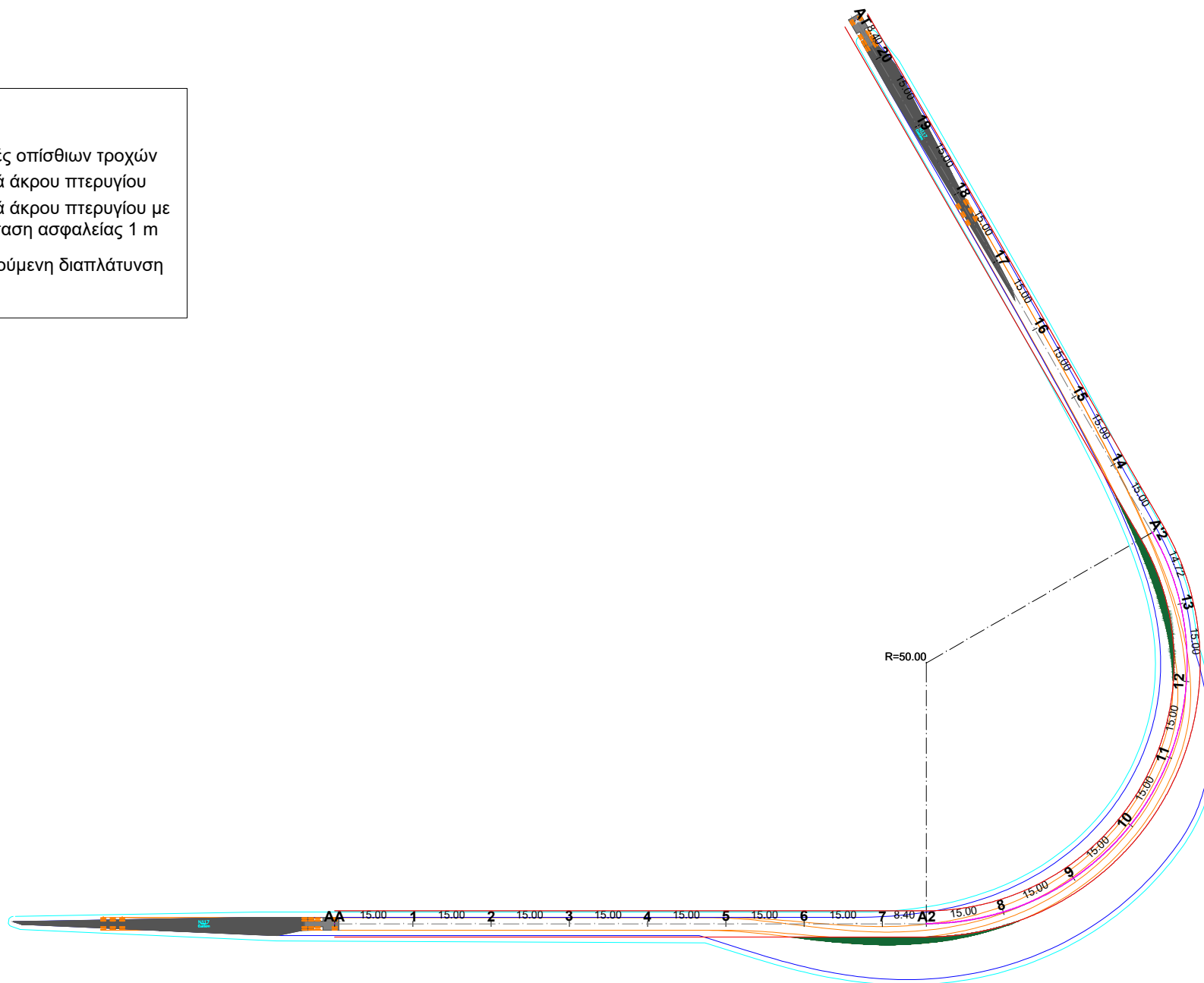
N117

V = 15.00 km/h
 β = 60.000°
 γ = 120.000°
R = 50.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



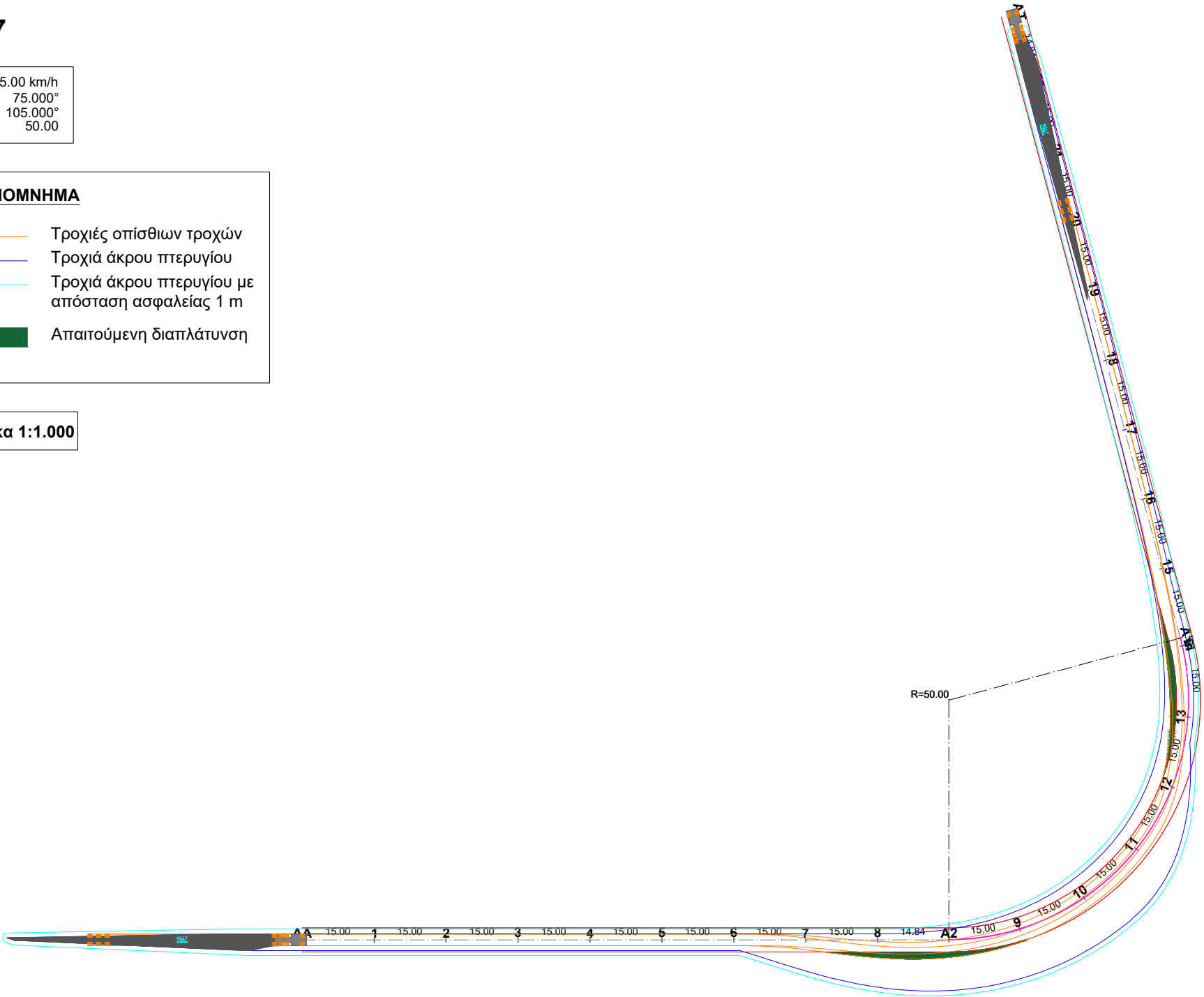
N117

V	=	15.00	km/h
β	=	75.000°	
γ	=	105.000°	
R	=	50.00	

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



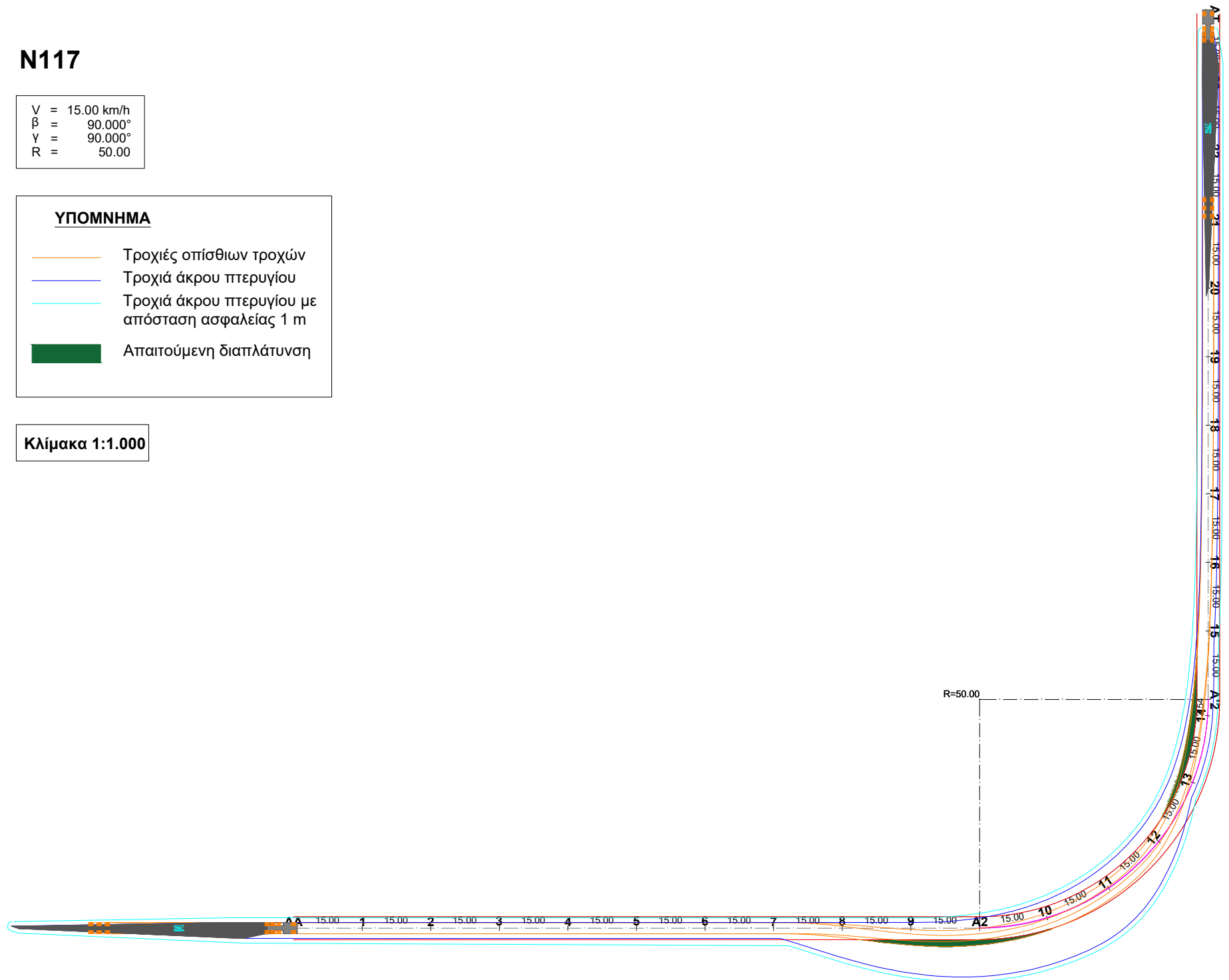
N117

V	=	15.00 km/h
β	=	90.000°
γ	=	90.000°
R	=	50.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- | | |
|---|--|
|  | Τροχιές οπίσθιων τροχών |
| | Τροχιά άκρου πτερυγίου |
|  | Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m |
|  | Απαιτούμενη διαπλάτυνση |

Κλίμακα 1:1.000



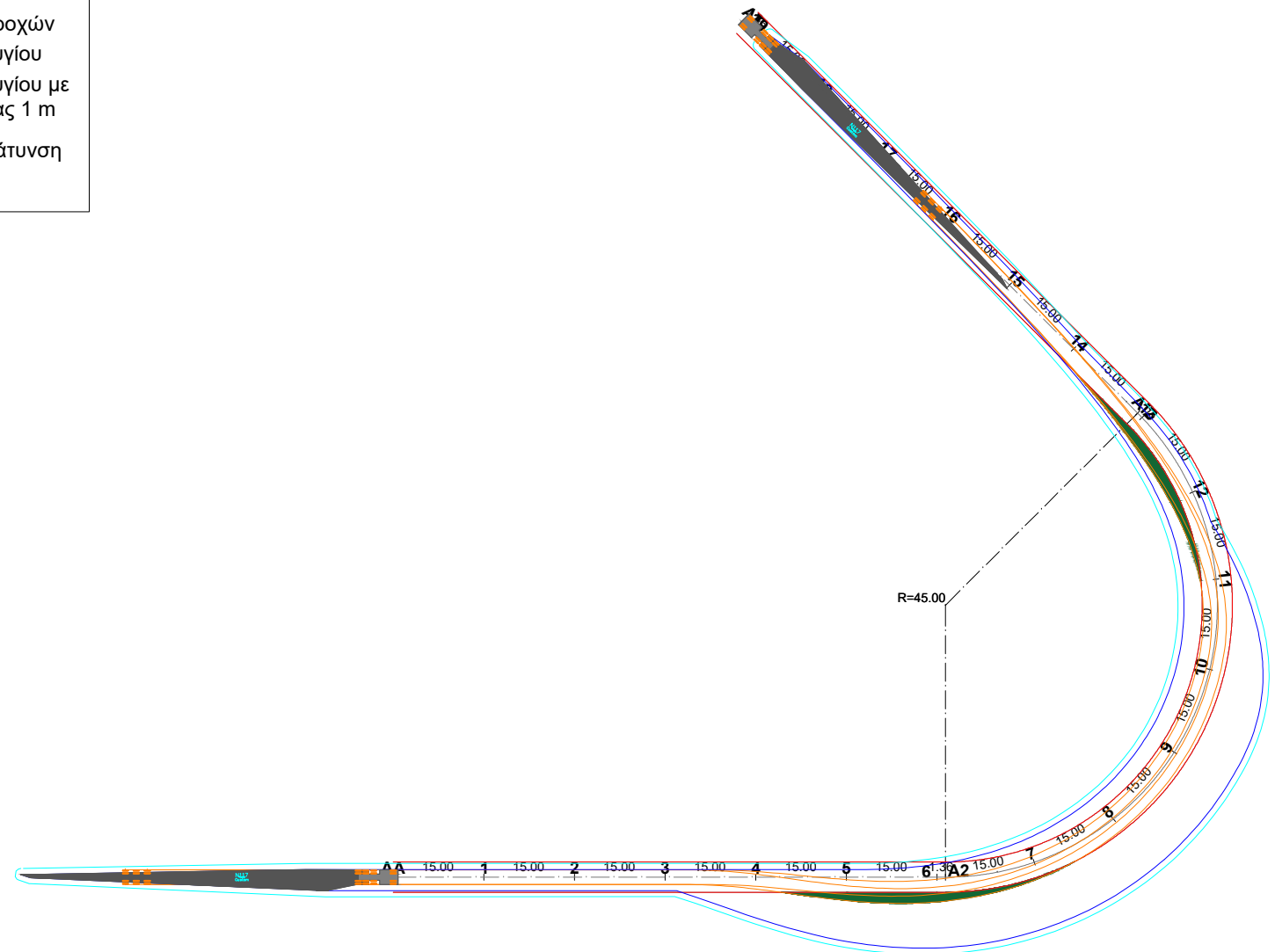
N117

V = 15.00 km/h
 β = 45.000°
Y = 135.000°
R = 45.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



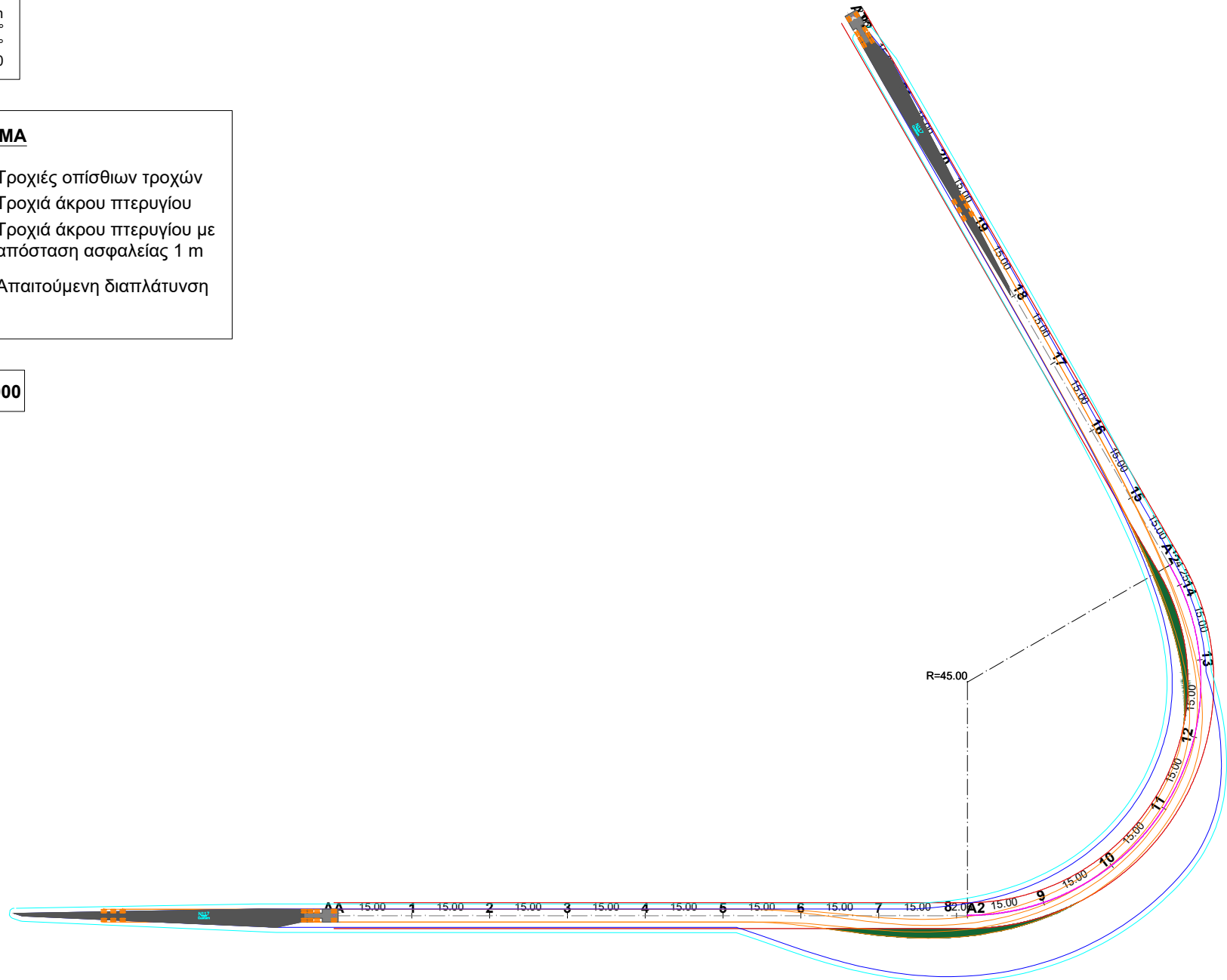
N117

V = 15.00 km/h
 β = 60.000°
 γ = 120.000°
R = 45.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



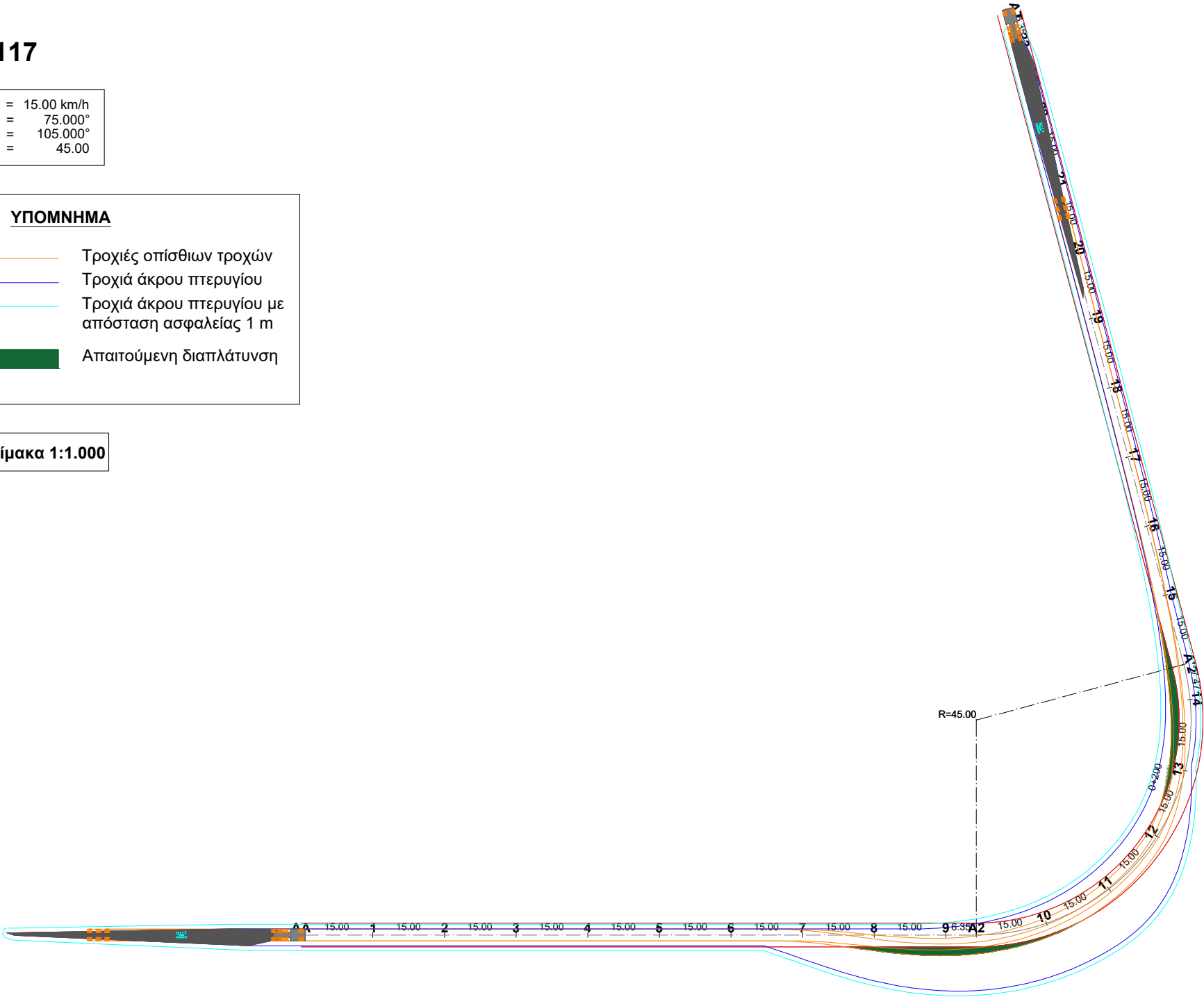
N117

V	=	15.00	km/h
β	=	75.000°	
γ	=	105.000°	
R	=	45.00	

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



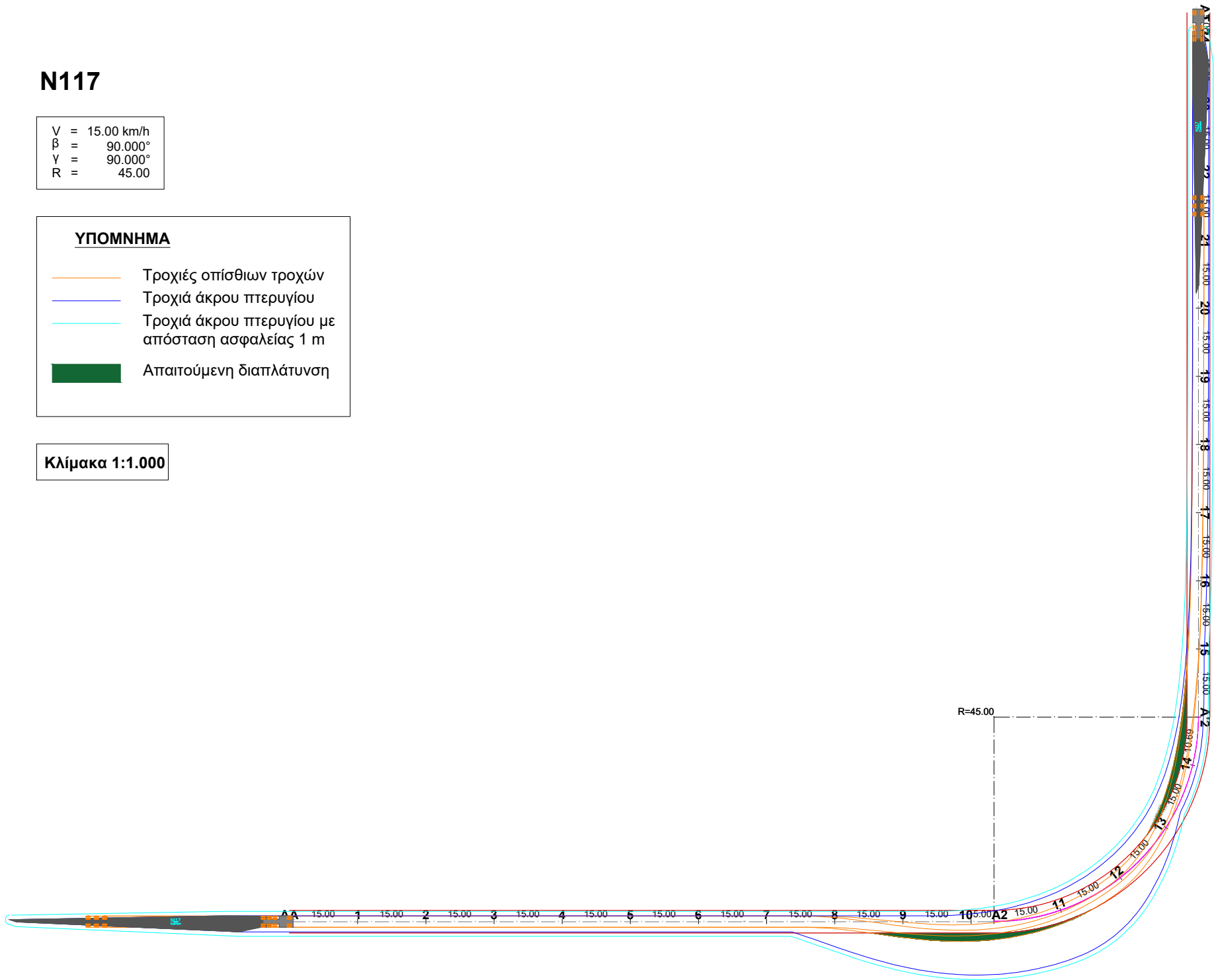
N117

V = 15.00 km/h
 β = 90.000°
 γ = 90.000°
R = 45.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- | | |
|---|--|
|  | Τροχιές οπίσθιων τροχών |
|  | Τροχιά άκρου πτερυγίου |
|  | Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m |
|  | Απαιτούμενη διαπλάτυνση |

Κλίμακα 1:1.000



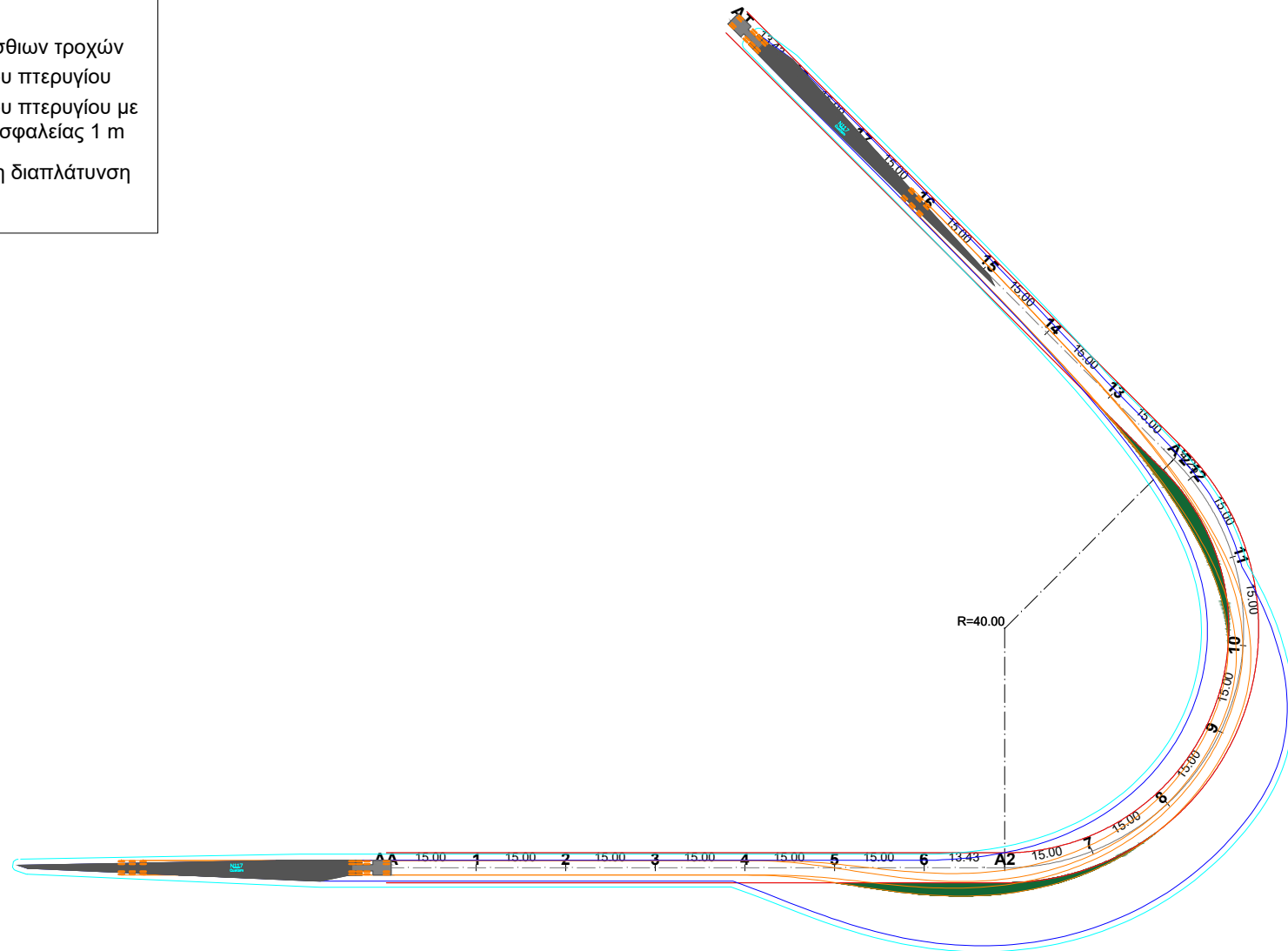
N117

V = 15.00 km/h
 β = 45.000°
 γ = 135.000°
R = 40.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



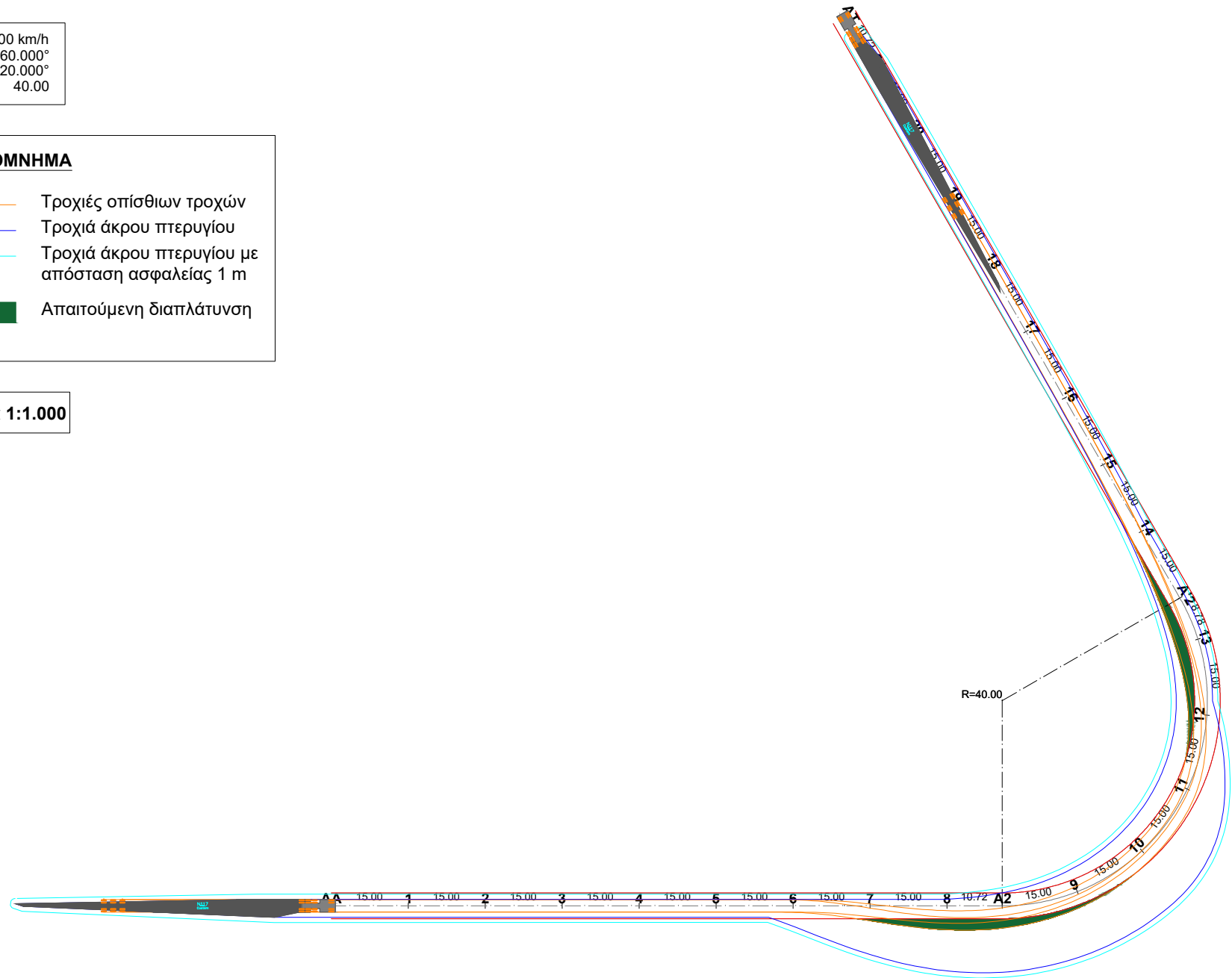
N117

V = 15.00 km/h
 β = 60.000°
 γ = 120.000°
R = 40.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



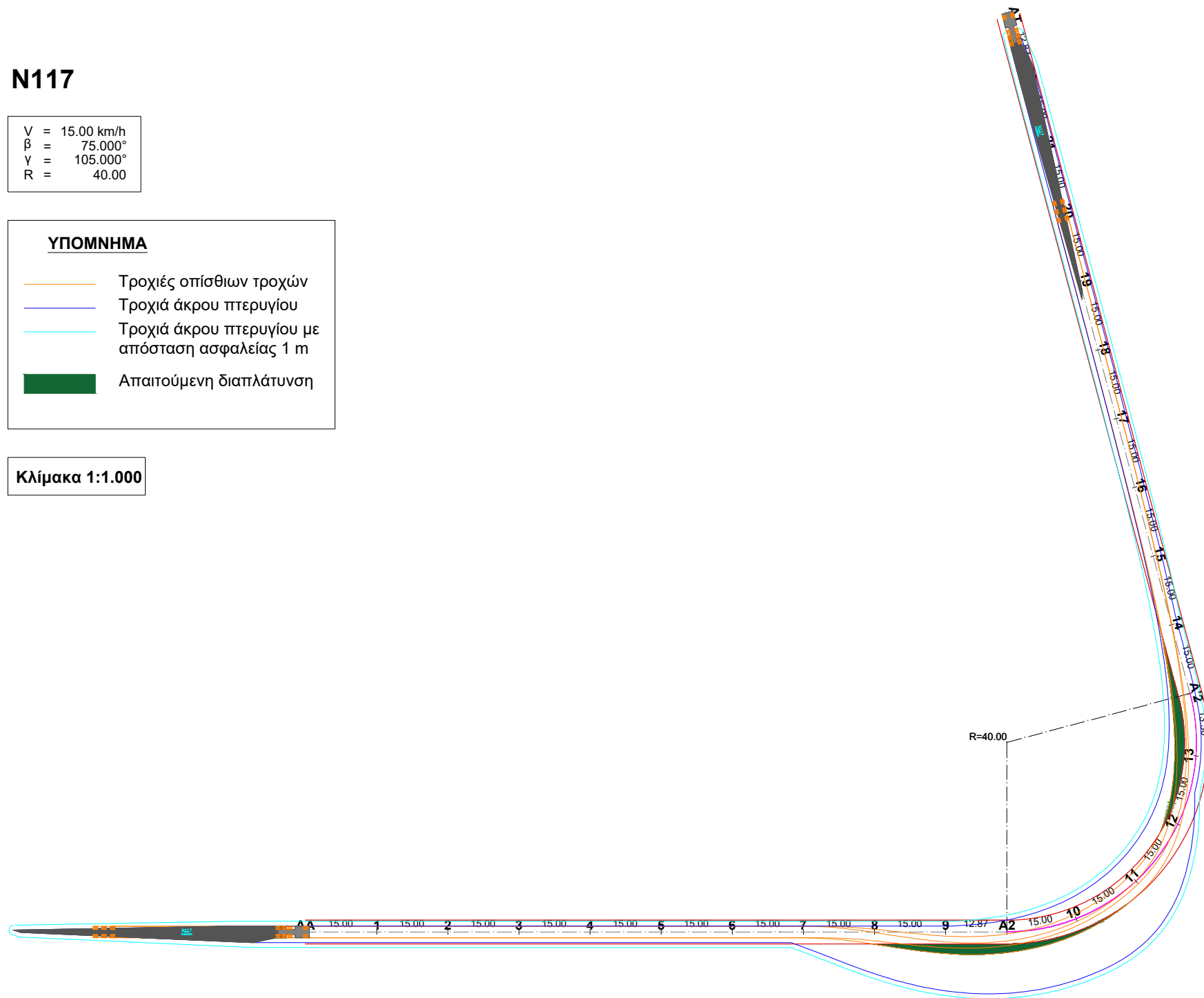
N117

V = 15.00 km/h
 β = 75.000°
 γ = 105.000°
R = 40.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



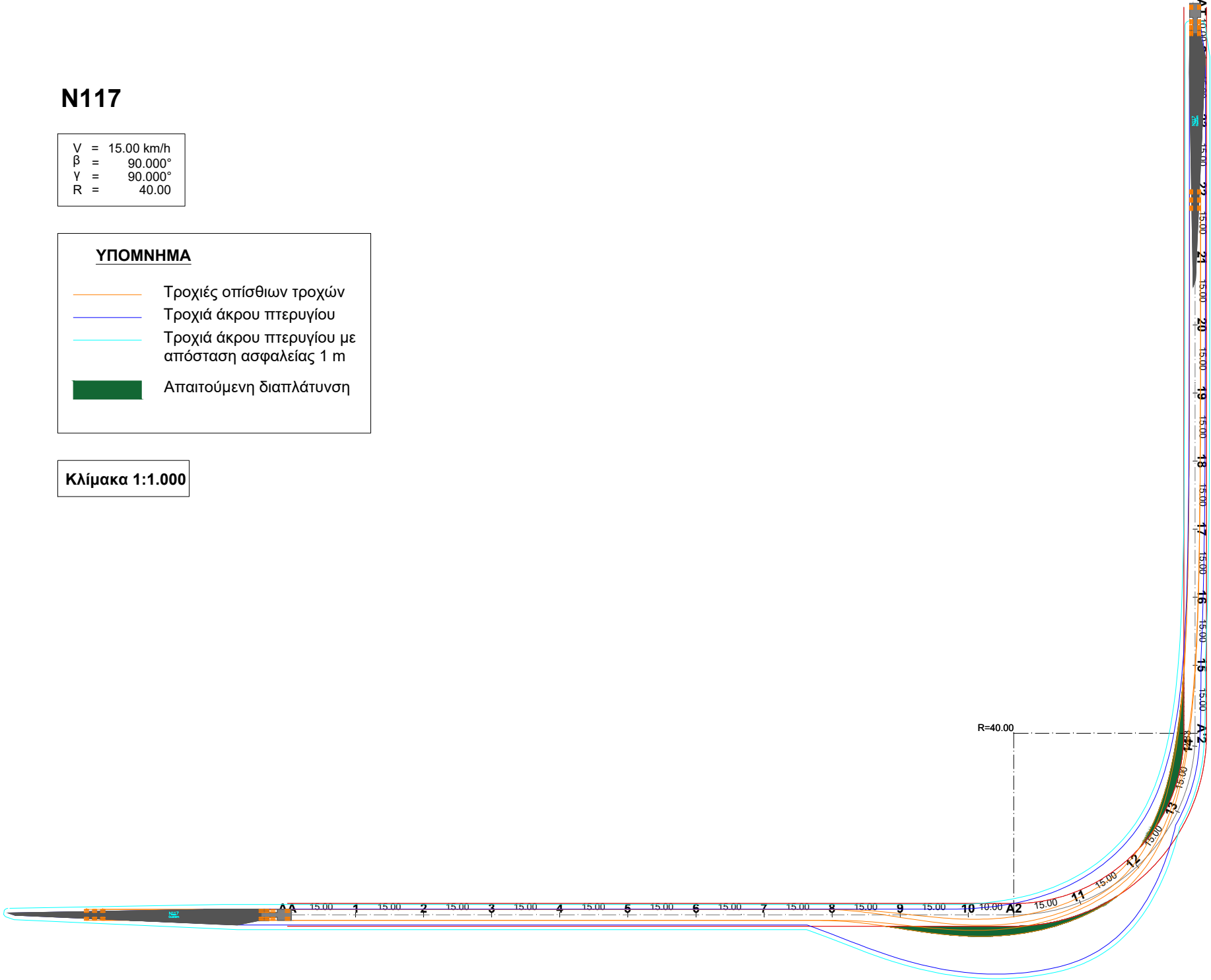
N117

V	=	15.00	km/h
β	=	90.000°	
γ	=	90.000°	
R	=	40.00	

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



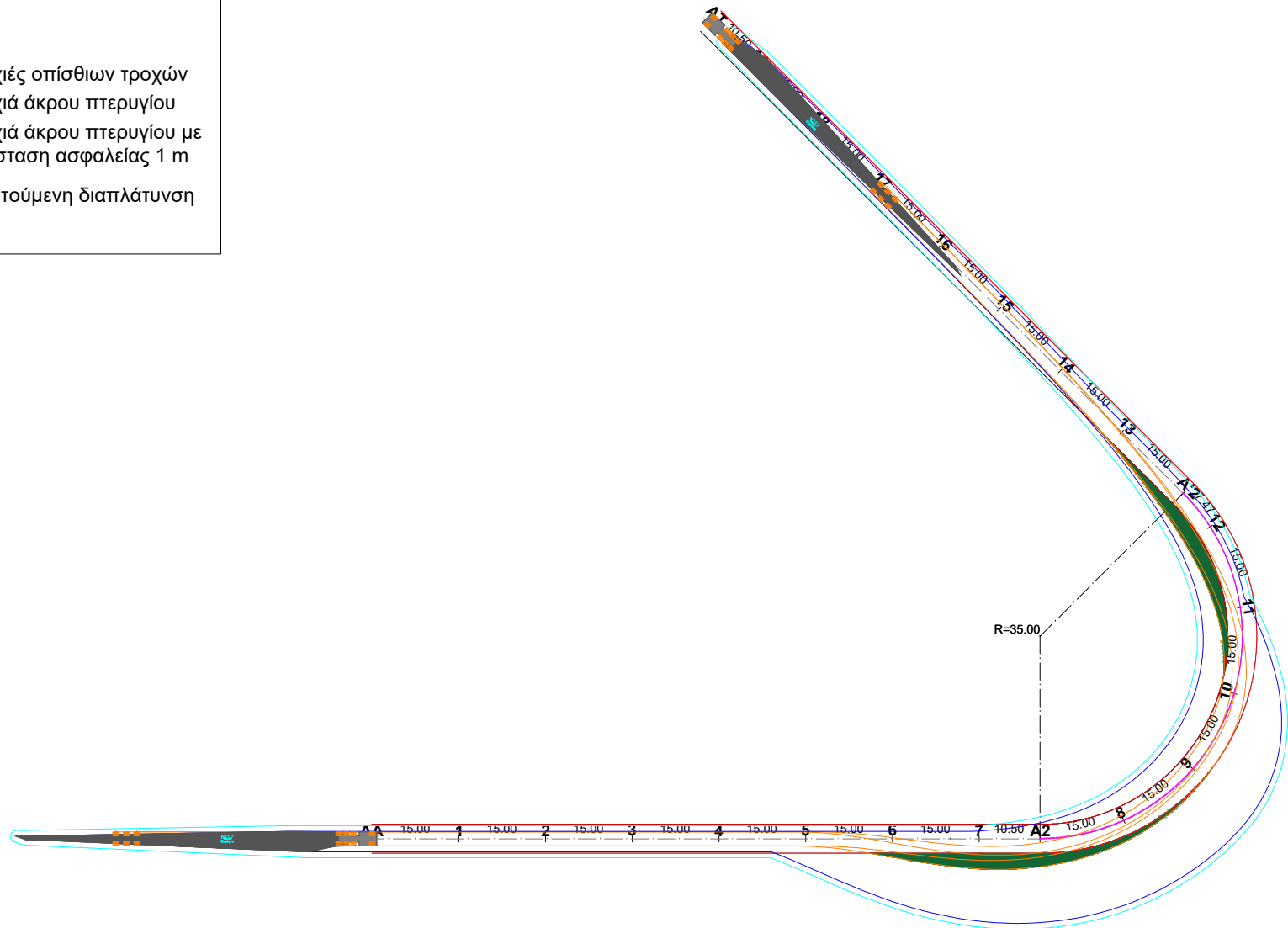
N117

V = 15.00 km/h
 β = 45.000°
Y = 135.000°
R = 35.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



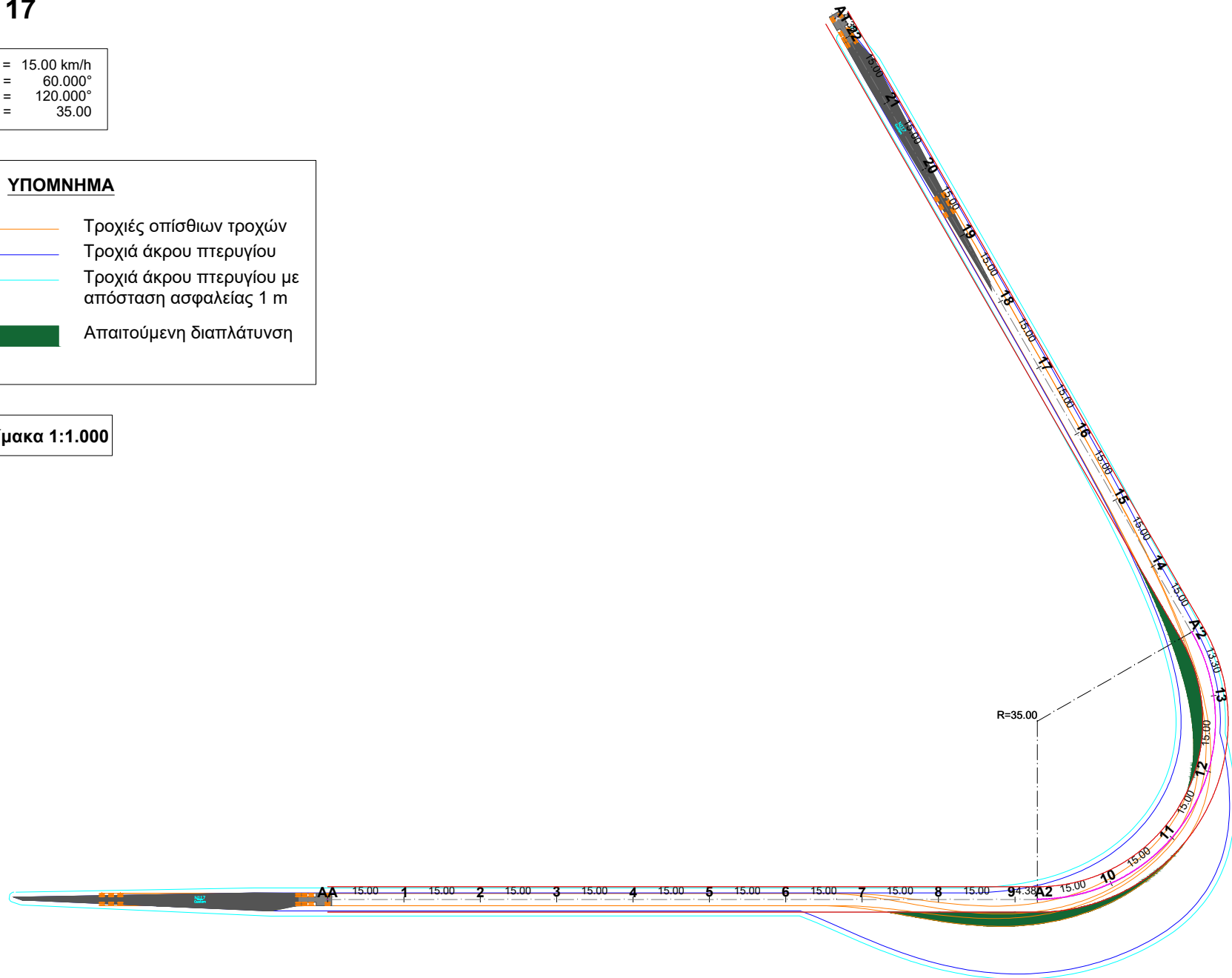
N117

V	=	15.00 km/h
β	=	60.000°
γ	=	120.000°
R	=	35.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- | | |
|---|--|
|  | Τροχιές οπίσθιων τροχών |
|  | Τροχιά άκρου πτερυγίου |
|  | Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m |
|  | Απαιτούμενη διαπλάτυνση |

Κλίμακα 1:1.000



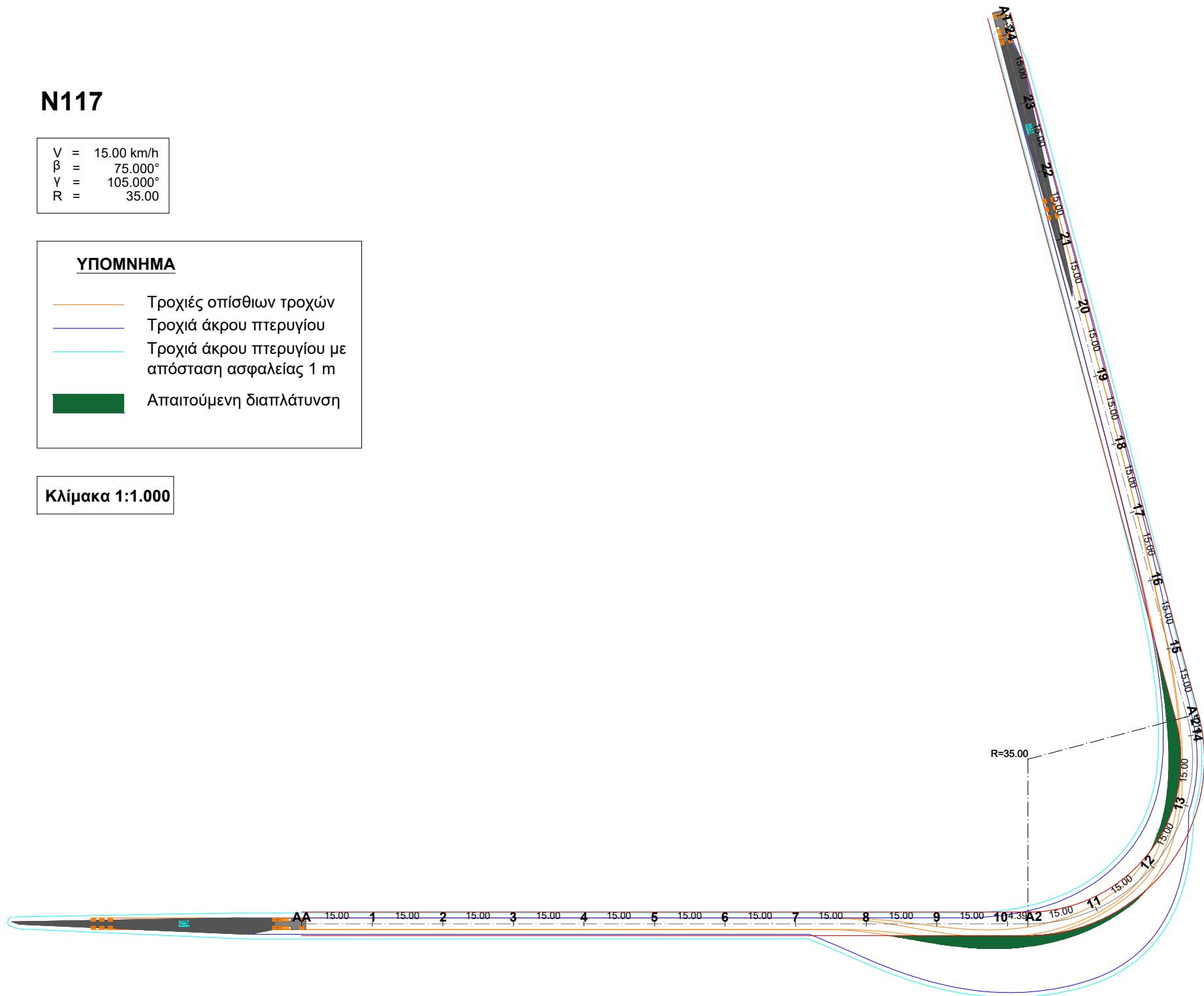
N117

V = 15.00 km/h
 β = 75.000°
 γ = 105.000°
R = 35.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



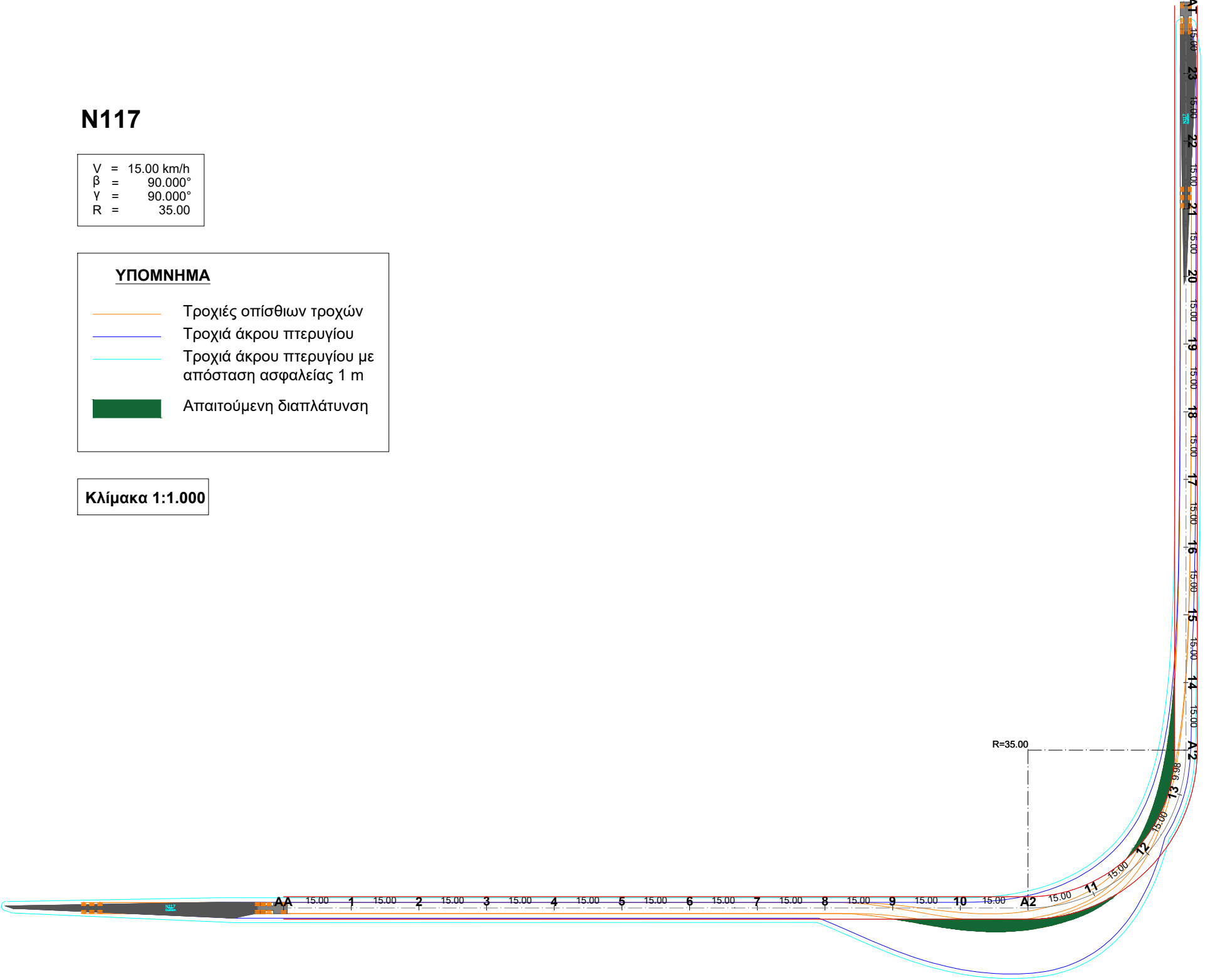
N117

V = 15.00 km/h
 β = 90.000°
 γ = 90.000°
R = 35.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



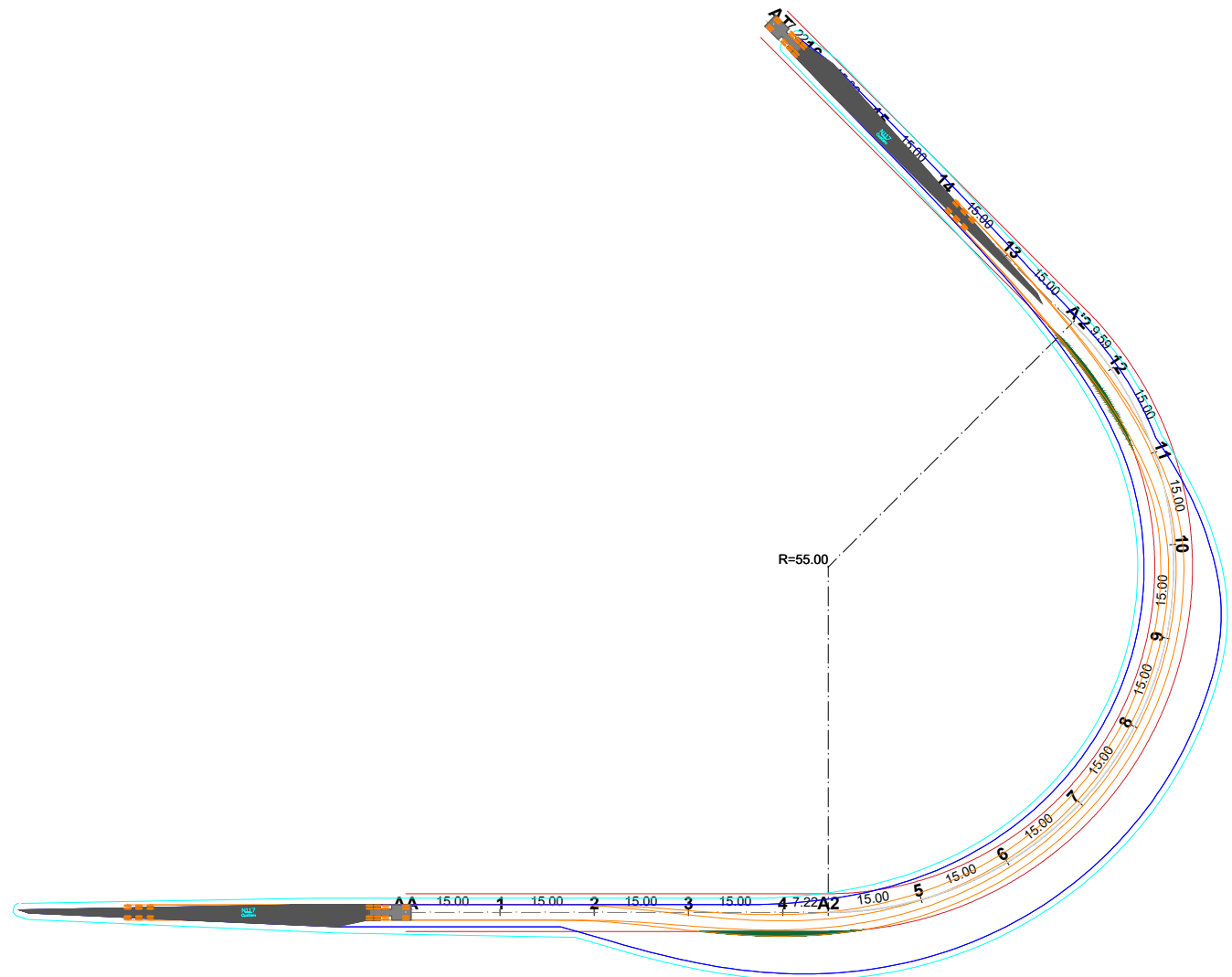
N117

V = 15.00 km/h
 β = 45.000°
 γ = 135.000°
R = 55.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



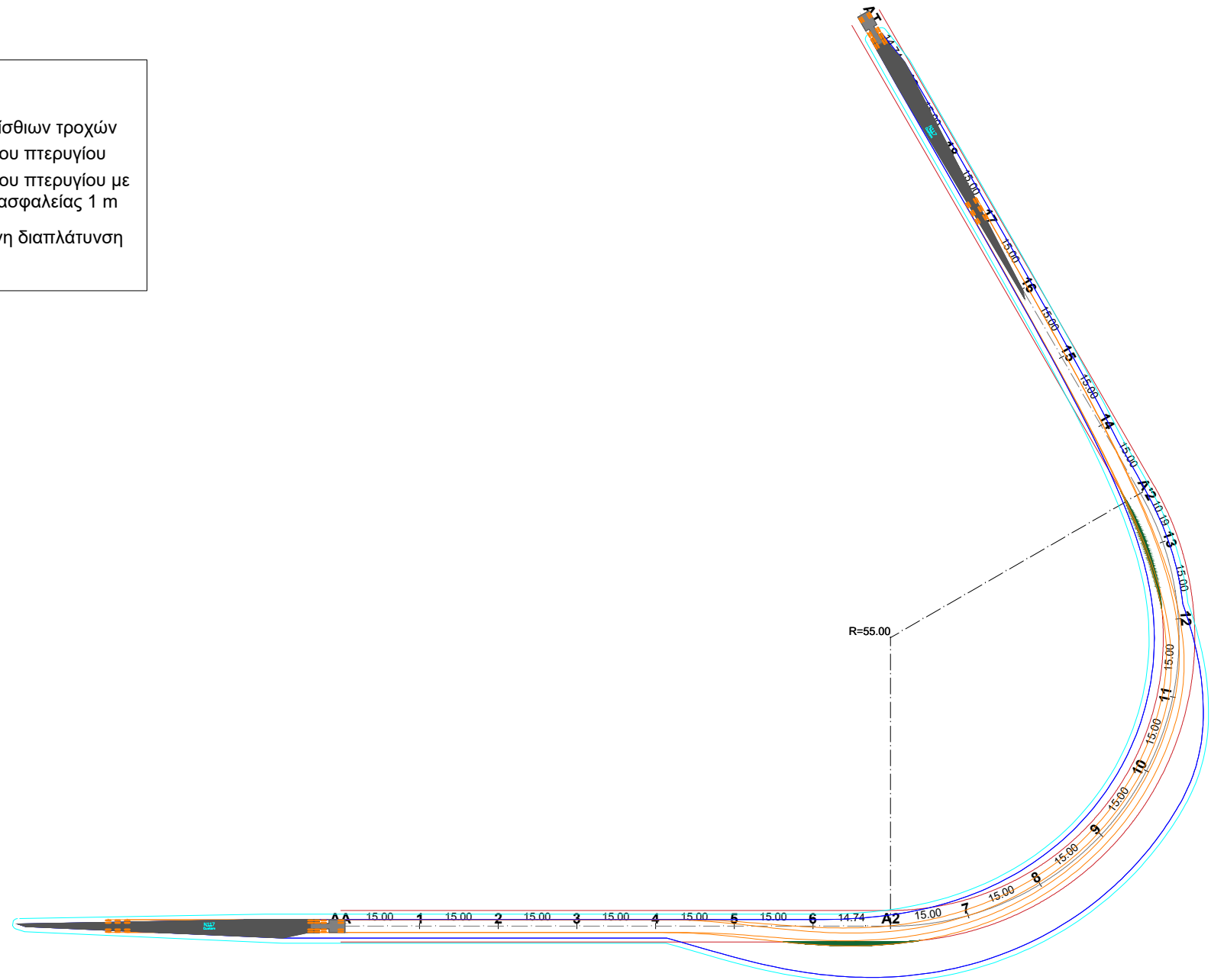
N117

V = 15.00 km/h
 β = 60.000°
 γ = 120.000°
R = 55.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



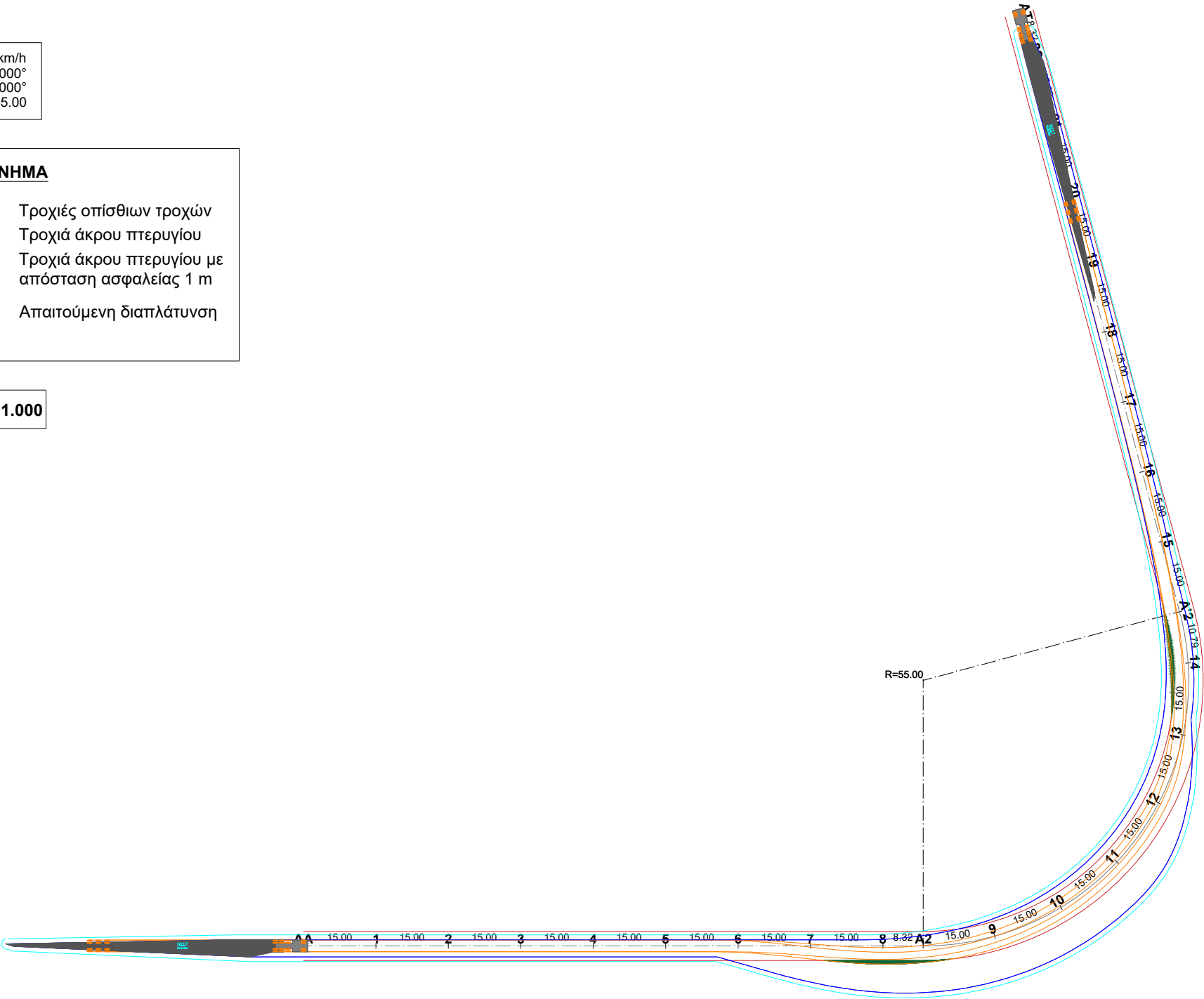
N117

V	=	15.00	km/h
β	=	75.000°	
γ	=	105.000°	
R	=	55.00	

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



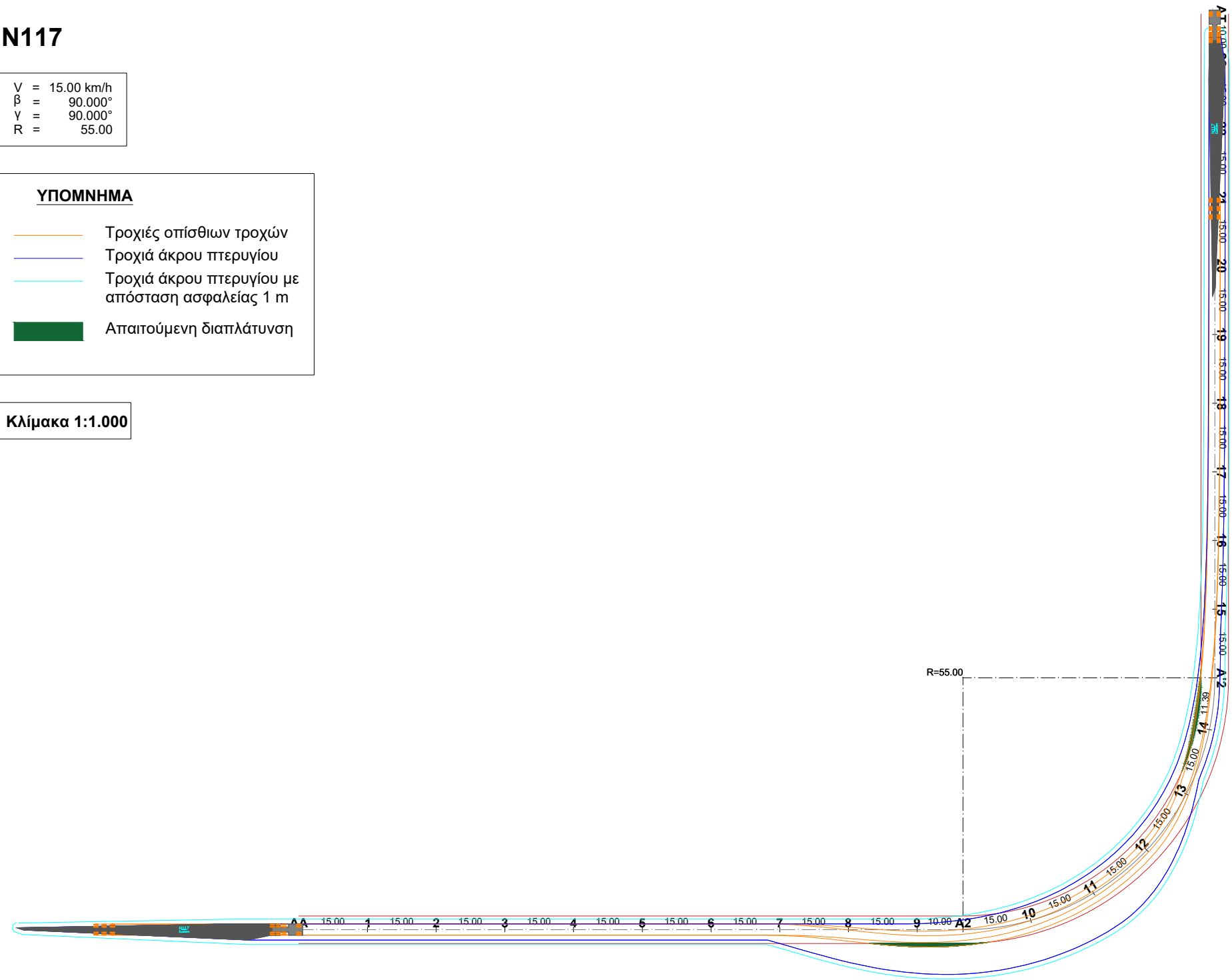
N117

V	=	15.00	km/h
β	=	90.000°	
γ	=	90.000°	
R	=	55.00	

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



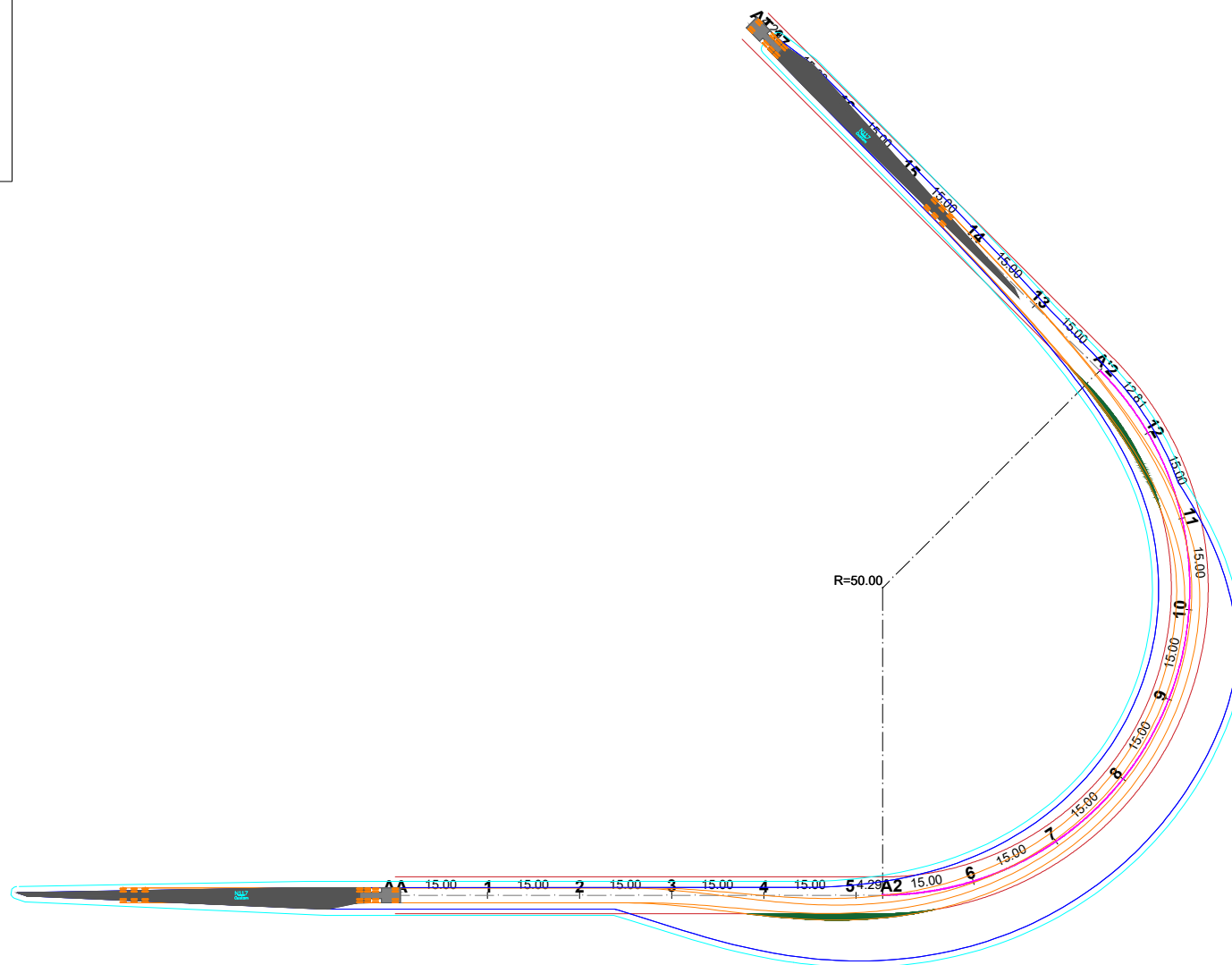
N117

V = 15.00 km/h
 β = 45.000°
Y = 135.000°
R = 50.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



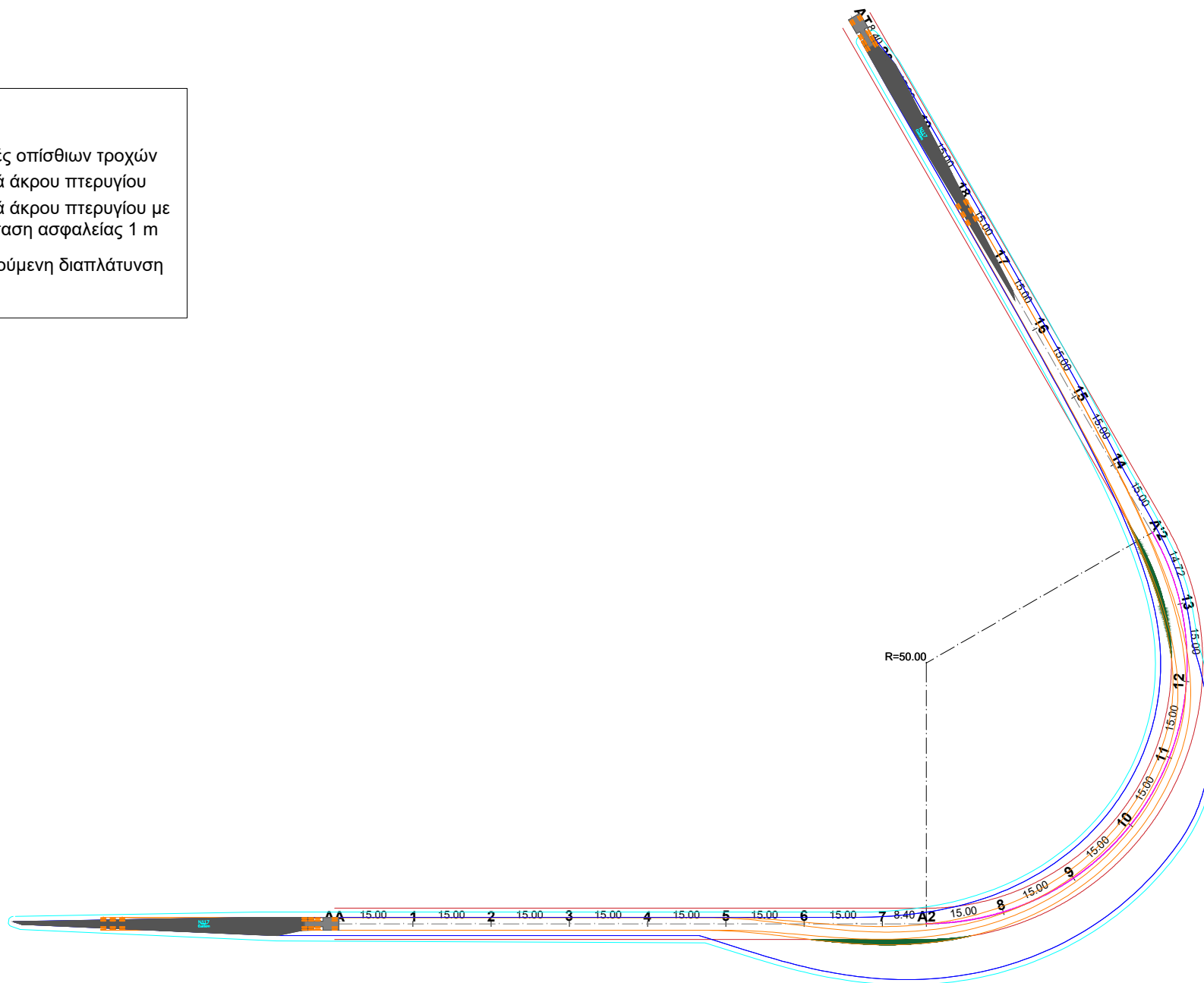
N117

V = 15.00 km/h
 β = 60.000°
 γ = 120.000°
R = 50.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



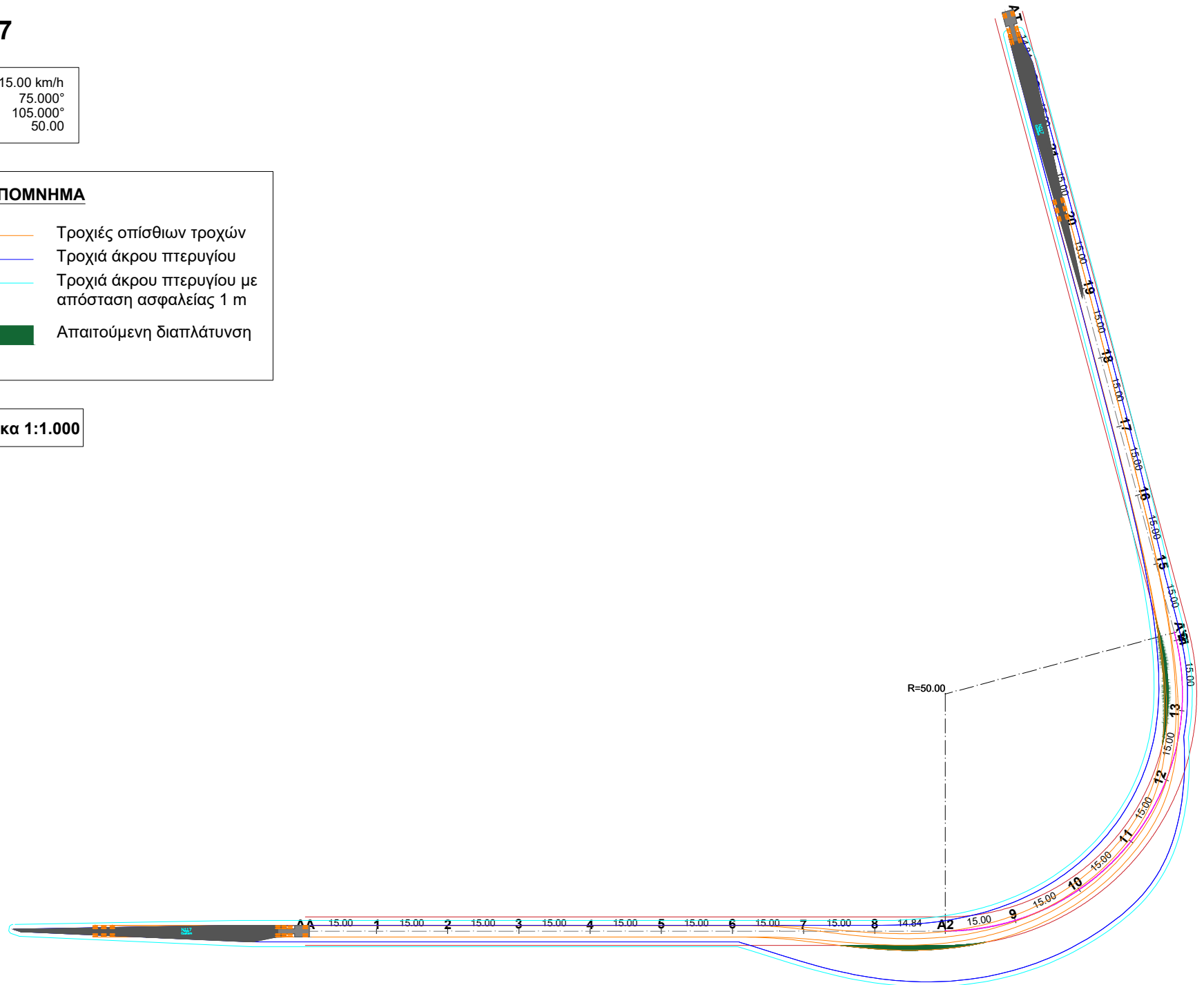
N117

V = 15.00 km/h
 β = 75.000°
 γ = 105.000°
R = 50.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



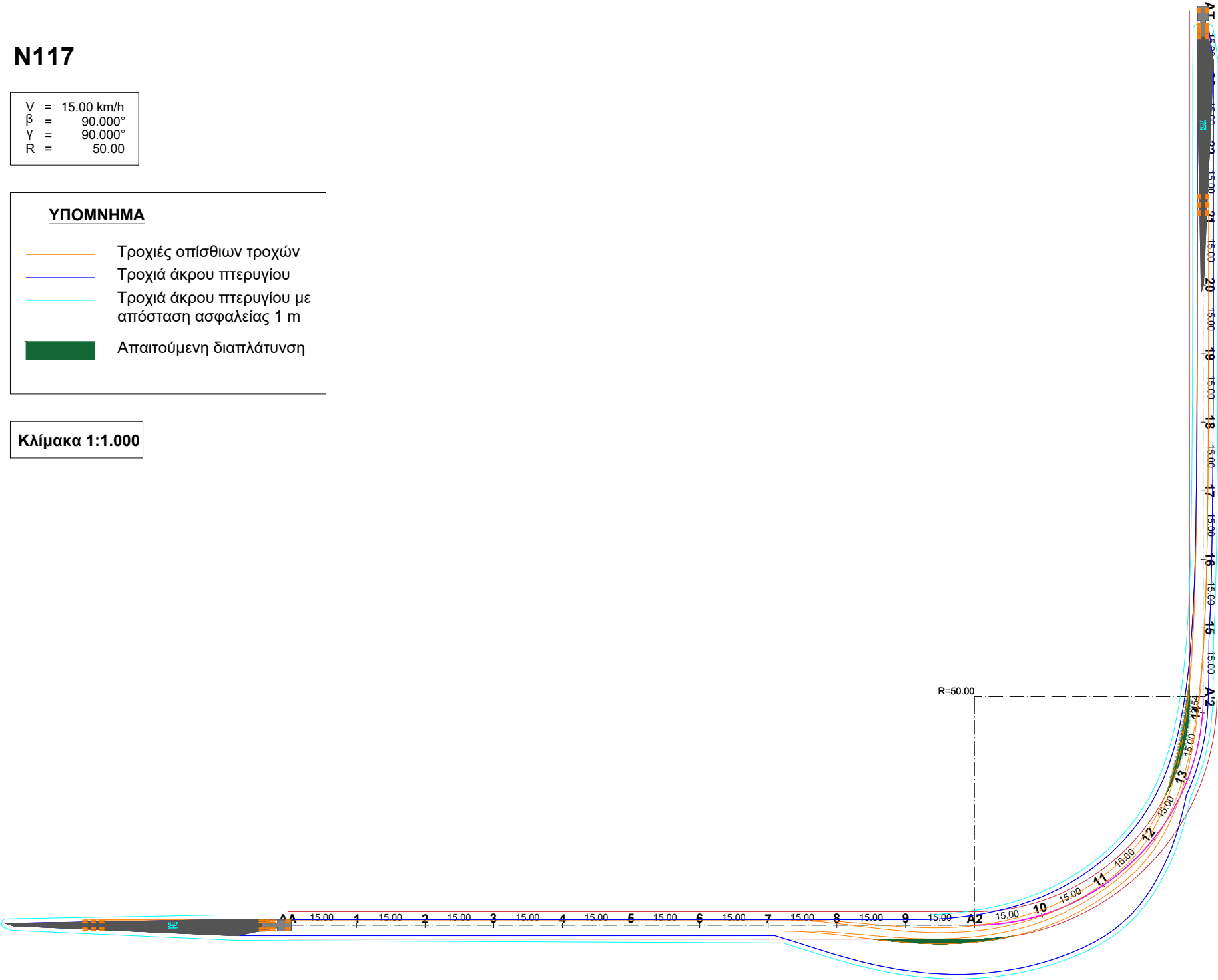
N117

V	=	15.00 km/h
β	=	90.000°
γ	=	90.000°
R	=	50.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



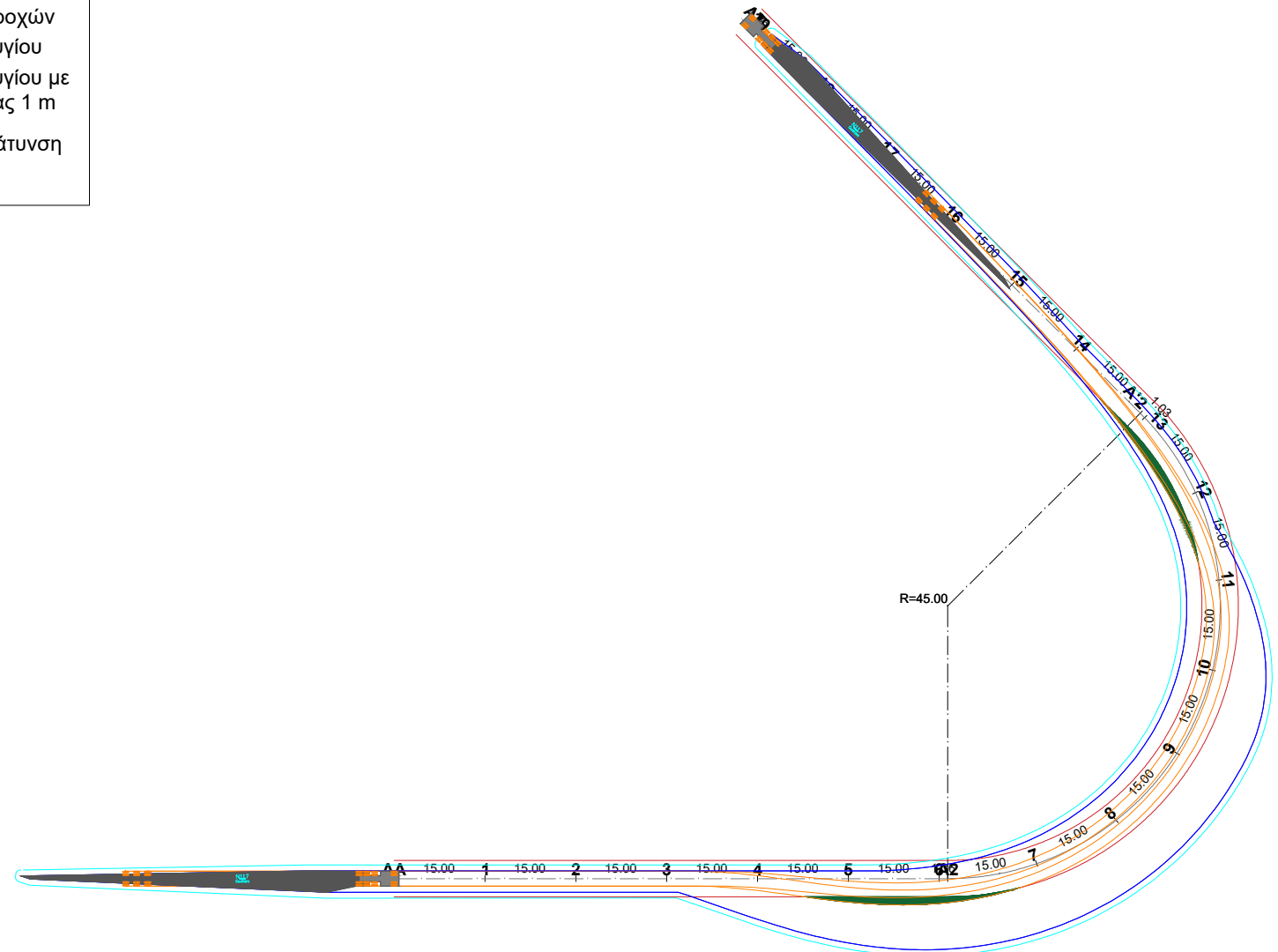
N117

V = 15.00 km/h
 β = 45.000°
 γ = 135.000°
R = 45.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



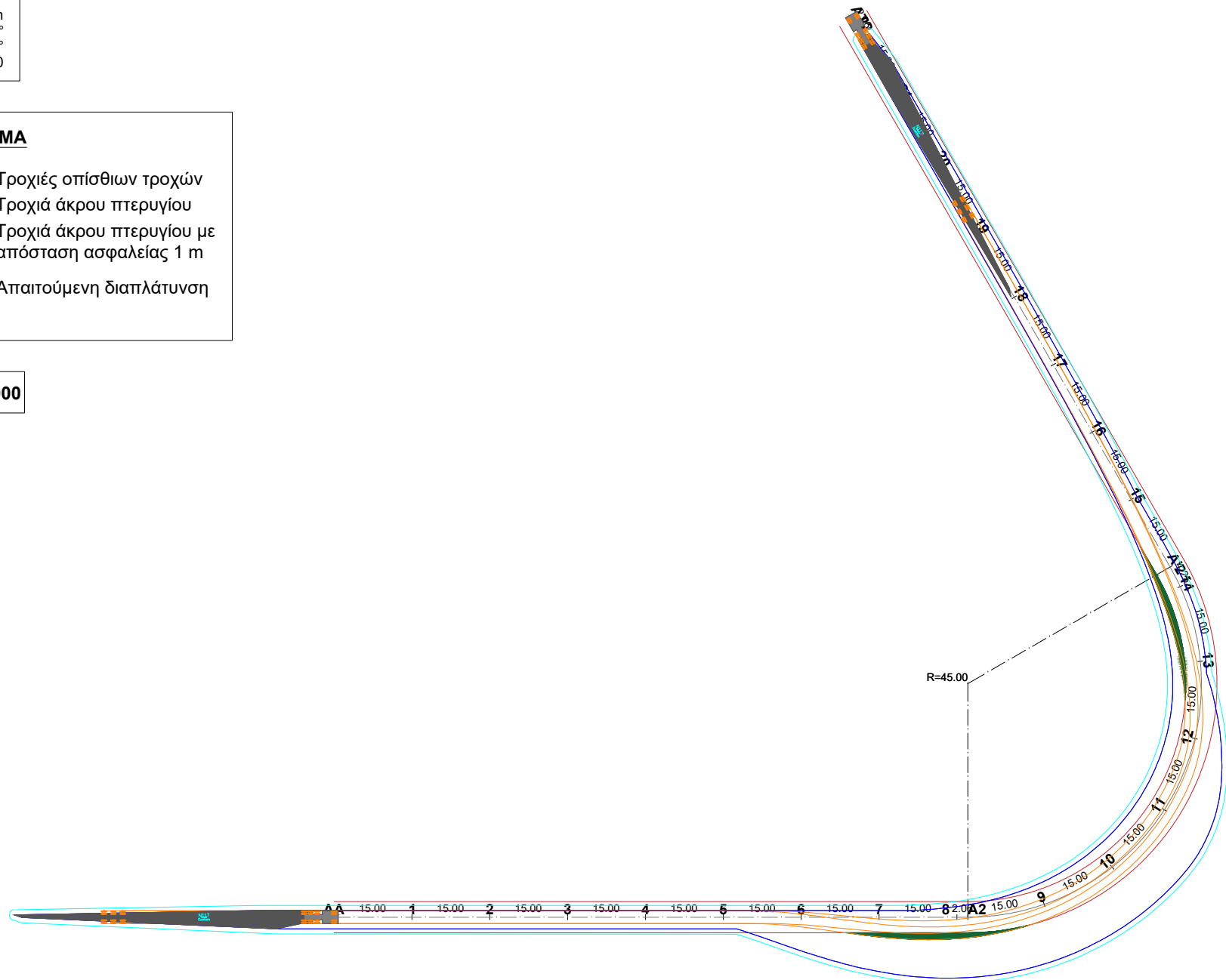
N117

V	=	15.00 km/h
β	=	60.000°
γ	=	120.000°
R	=	45.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- | | |
|---|--|
|  | Τροχιές οπίσθιων τροχών |
| | Τροχιά άκρου πτερυγίου |
| | Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m |
|  | Απαιτούμενη διαπλάτυνση |

Κλίμακα 1:1.000



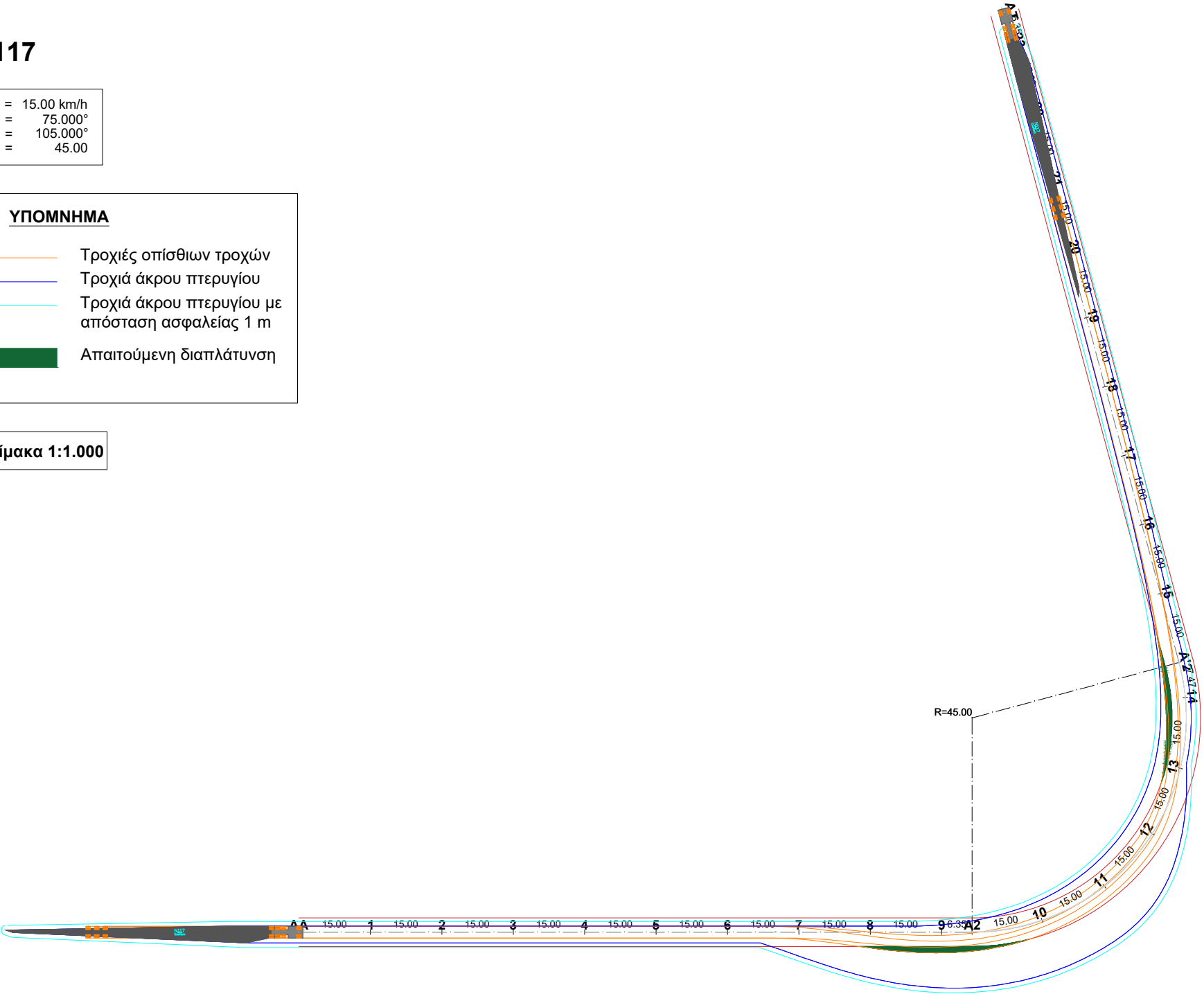
N117

V	=	15.00	km/h
β	=	75.000°	
γ	=	105.000°	
R	=	45.00	

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



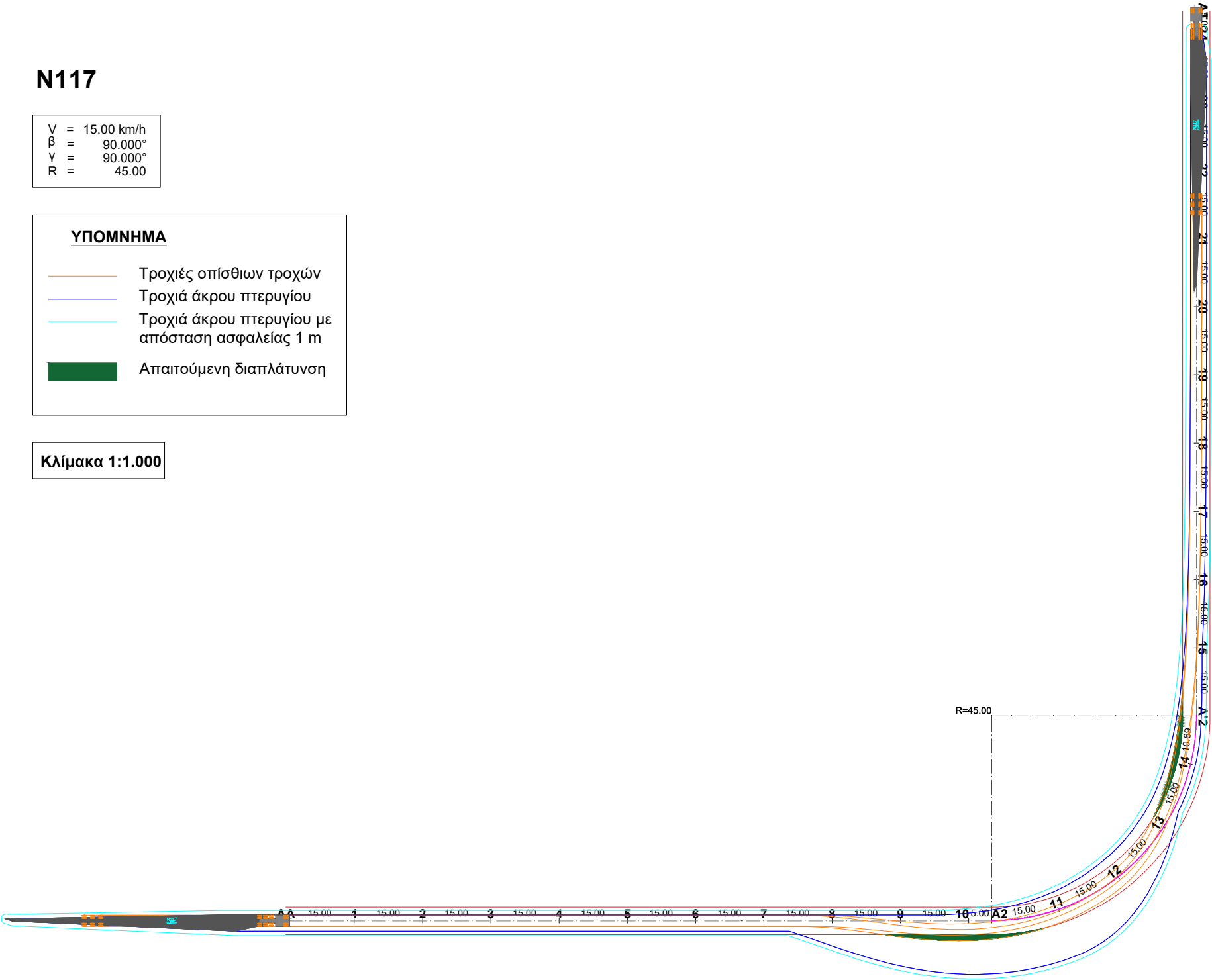
N117

V	=	15.00 km/h
β	=	90.000°
γ	=	90.000°
R	=	45.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



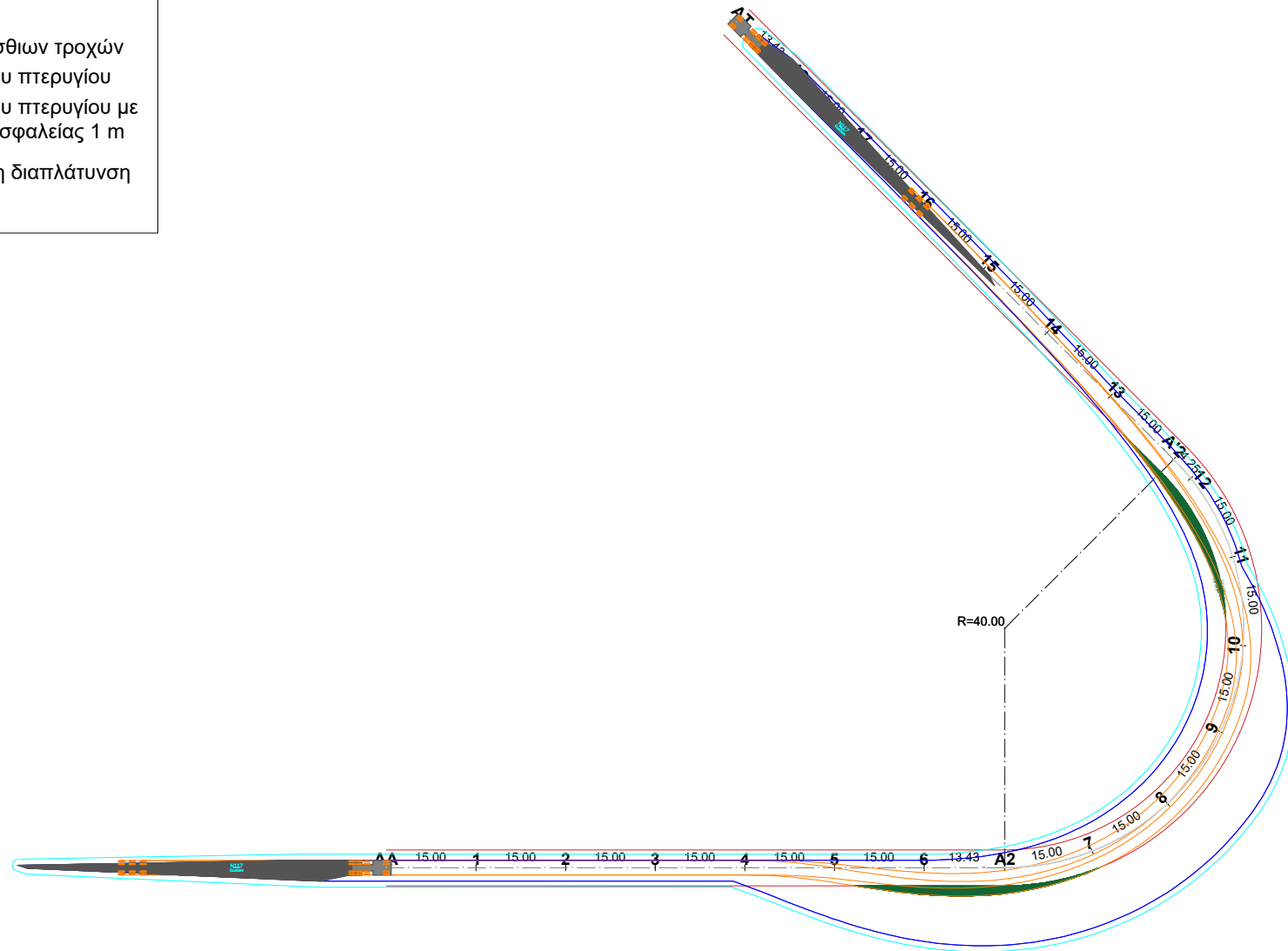
N117

V = 15.00 km/h
 β = 45.000°
 γ = 135.000°
R = 40.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



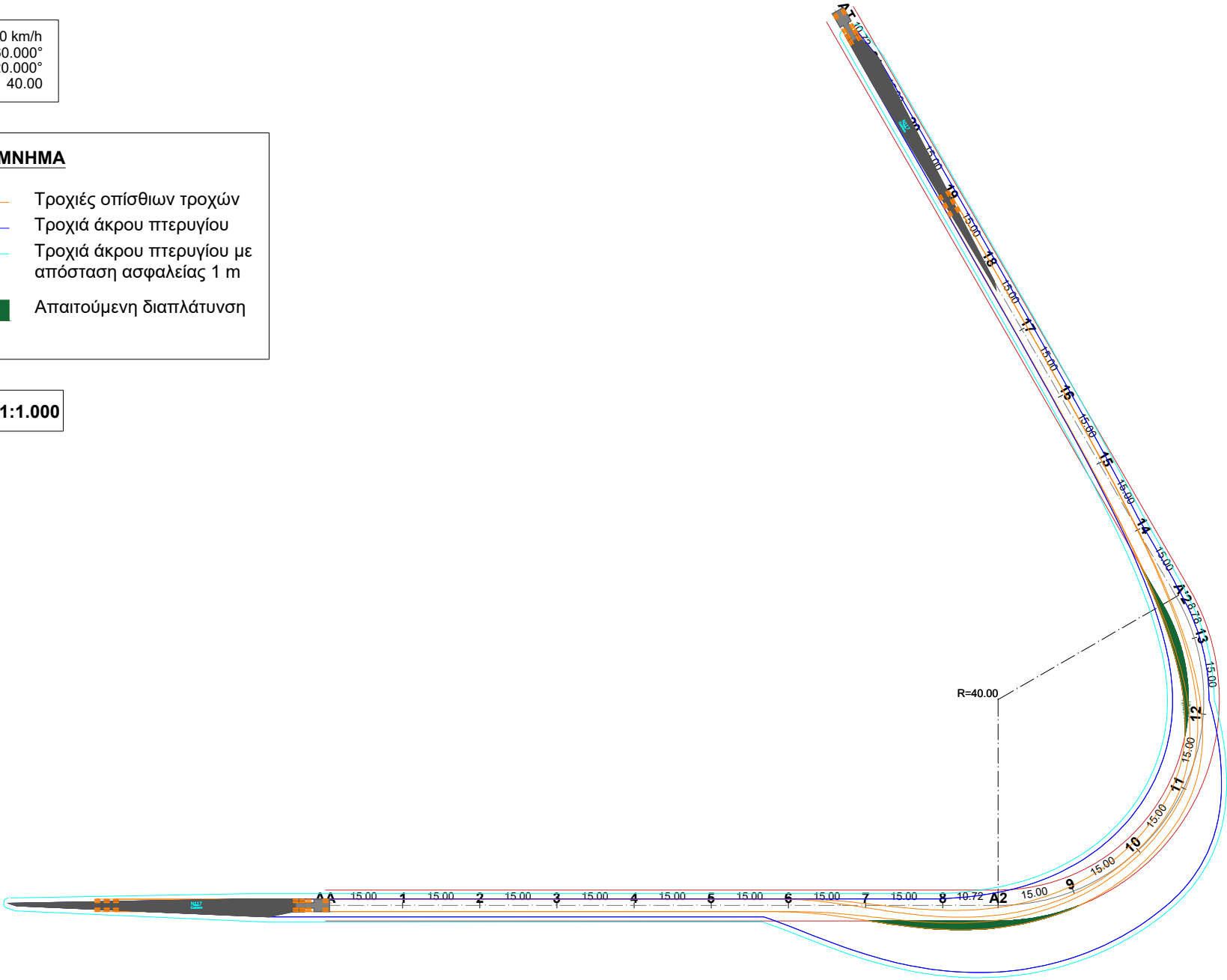
N117

V	=	15.00 km/h
β	=	60.000°
γ	=	120.000°
R	=	40.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



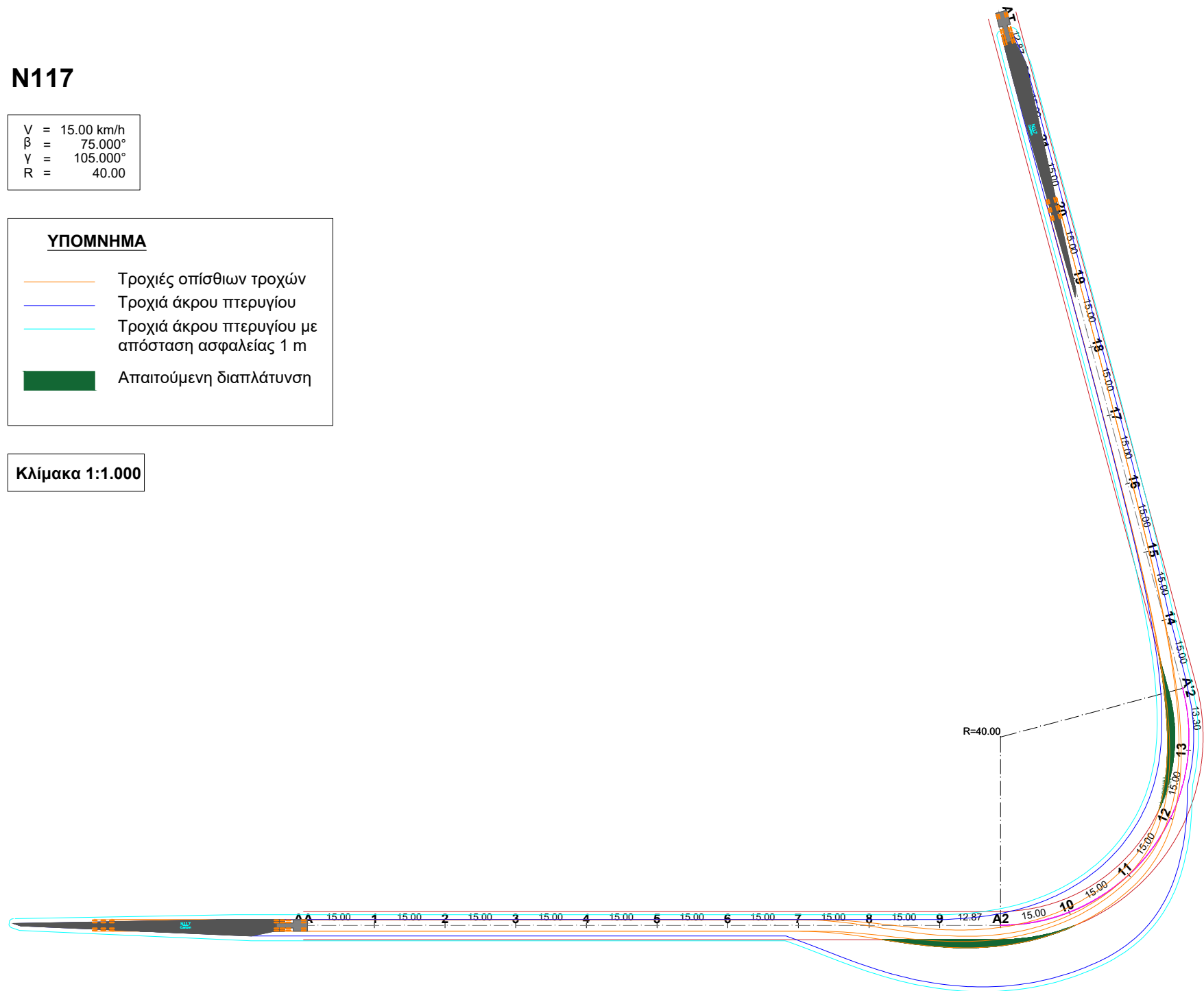
N117

V = 15.00 km/h
 β = 75.000°
 γ = 105.000°
R = 40.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



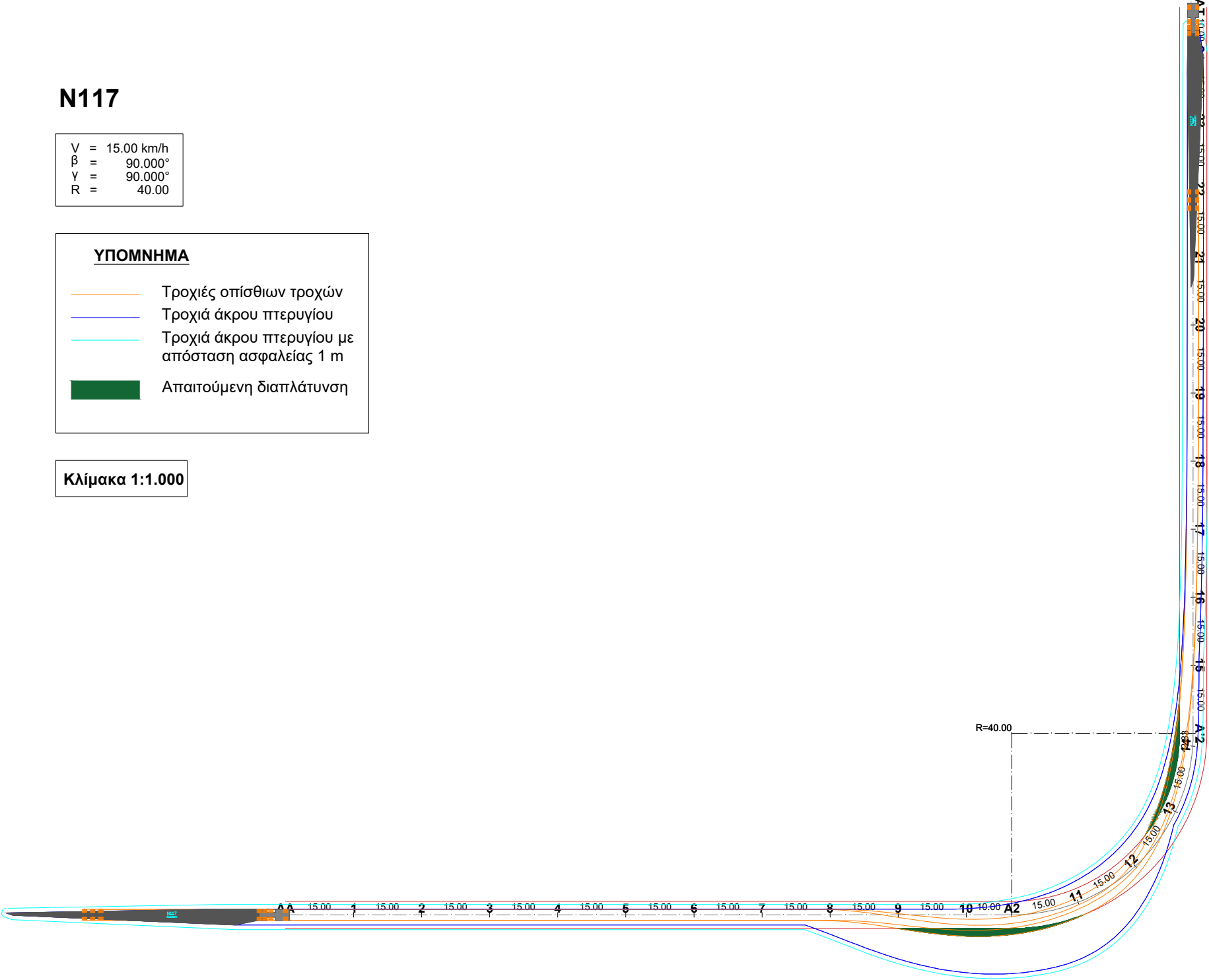
N117

V	=	15.00	km/h
β	=	90.000°	
γ	=	90.000°	
R	=	40.00	

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



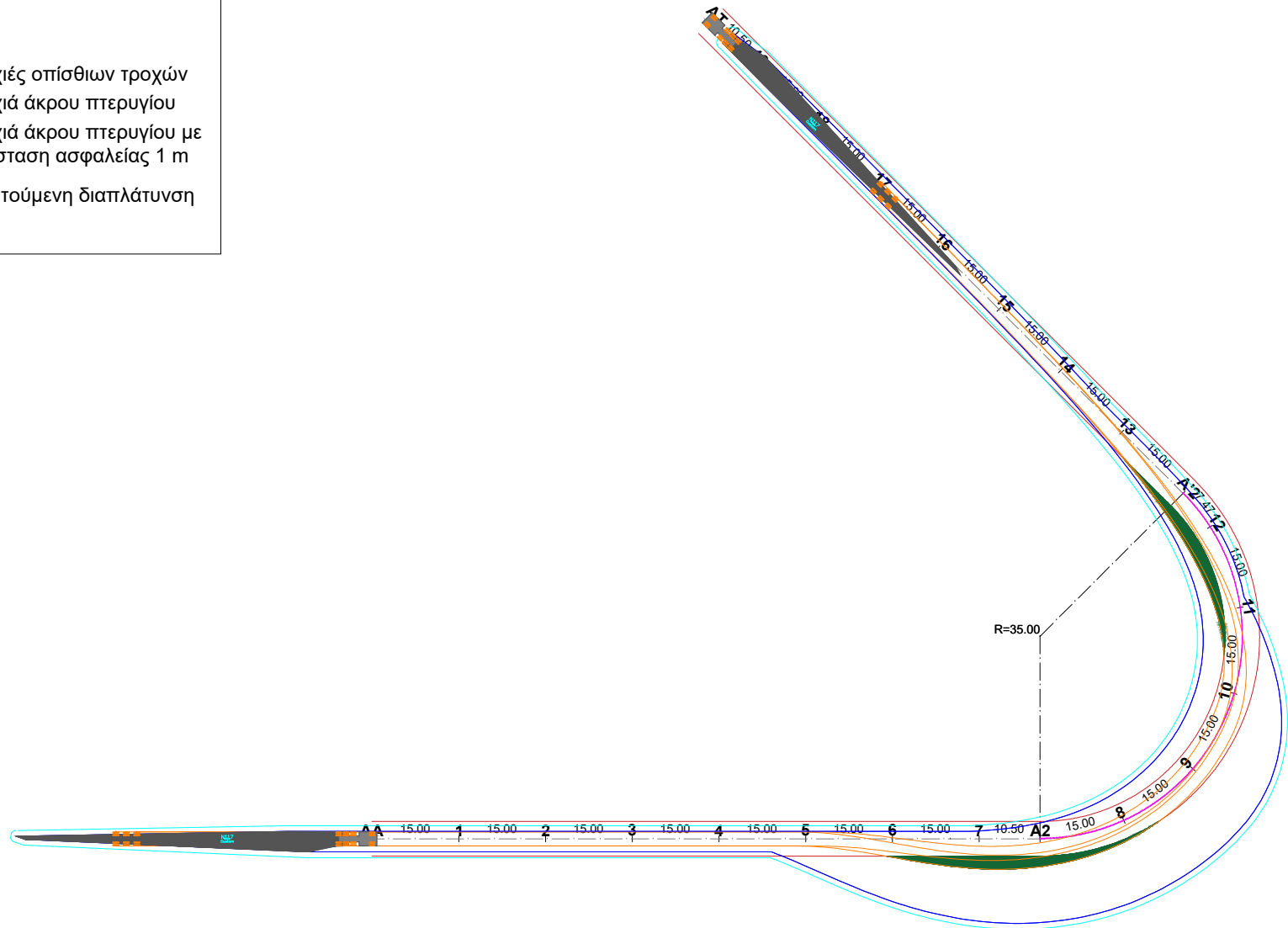
N117

V = 15.00 km/h
 β = 45.000°
 γ = 135.000°
R = 35.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



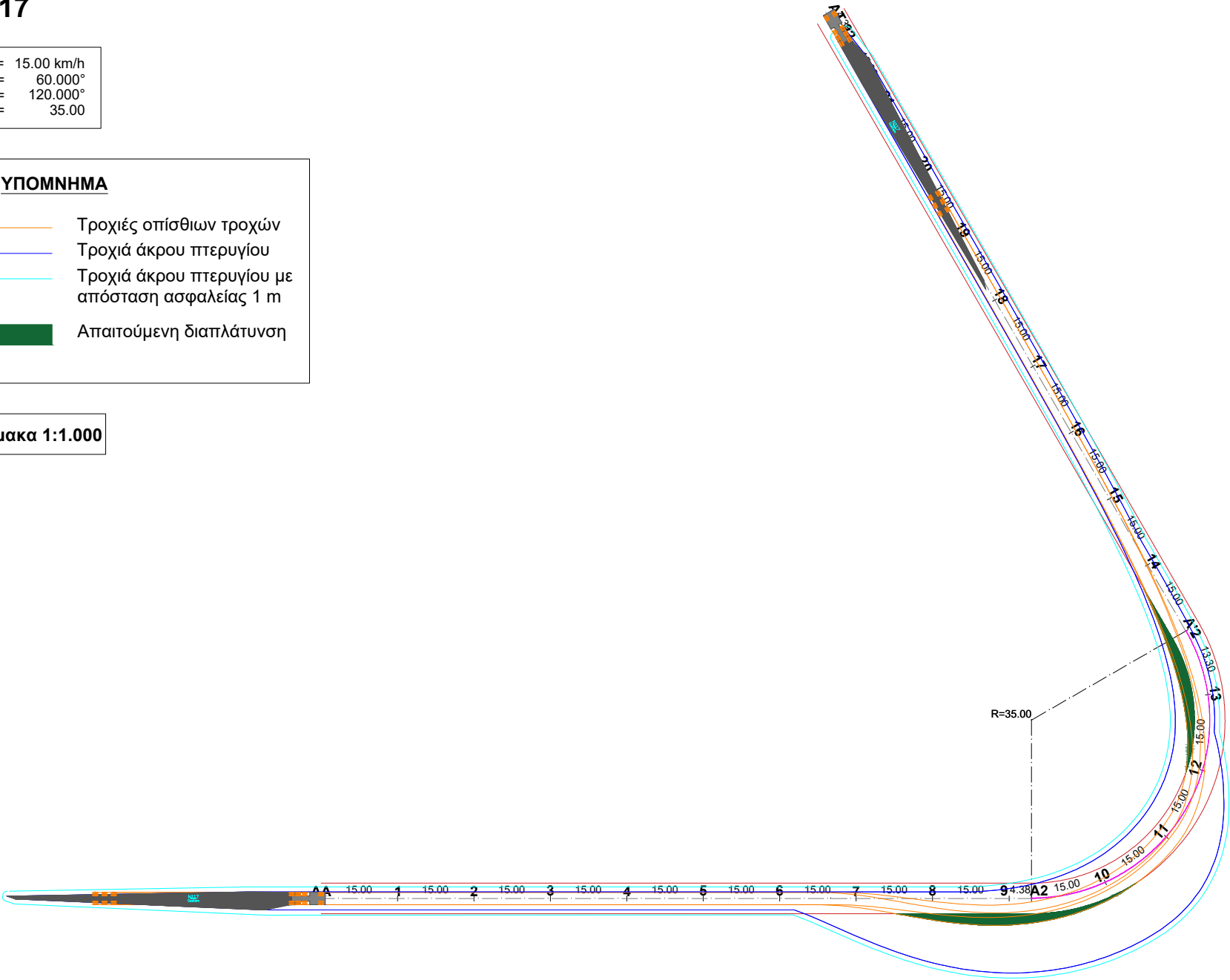
N117

V	=	15.00	km/h
β	=	60.000°	
Υ	=	120.000°	
R	=	35.00	

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



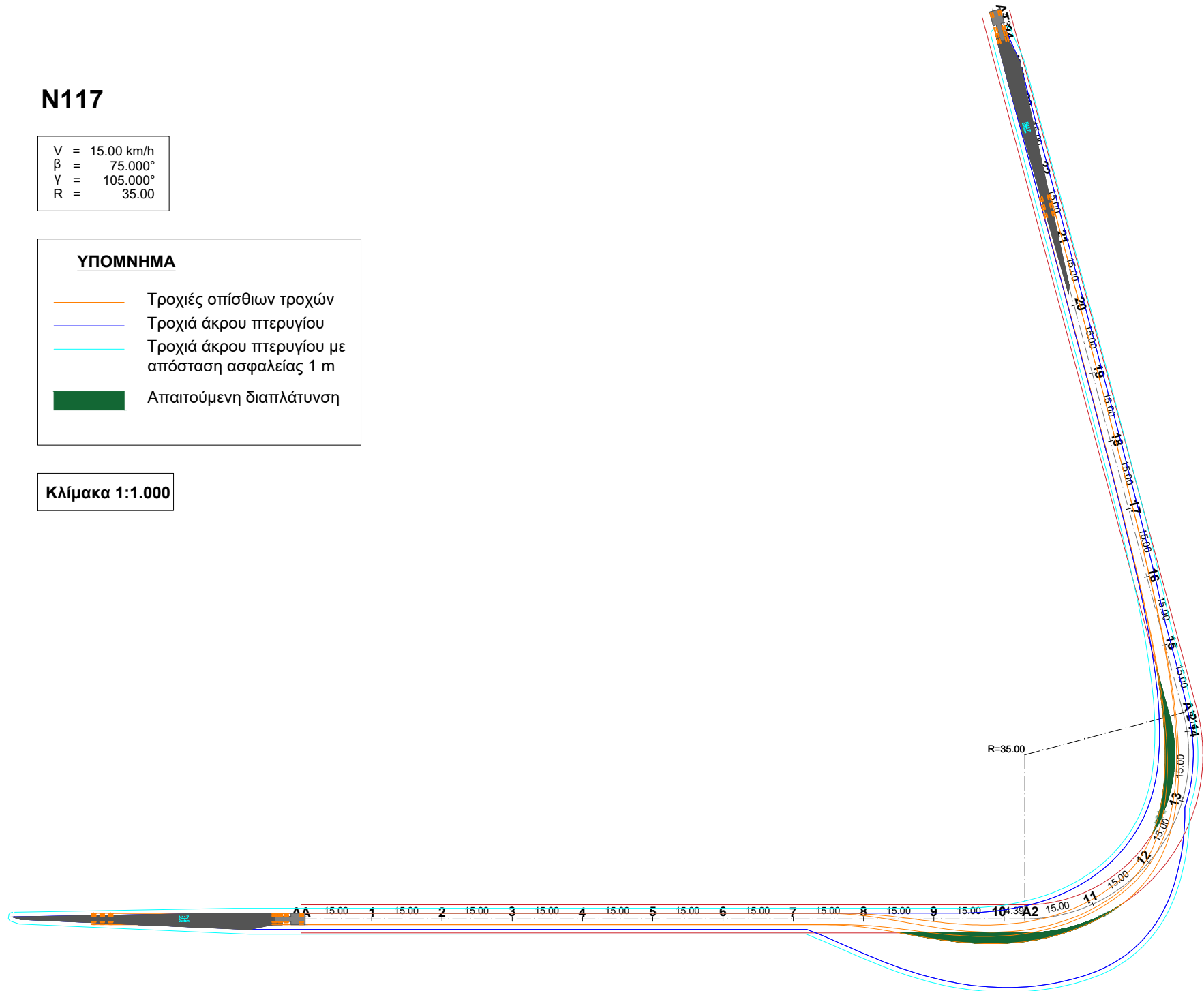
N117

V = 15.00 km/h
 β = 75.000°
 γ = 105.000°
R = 35.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



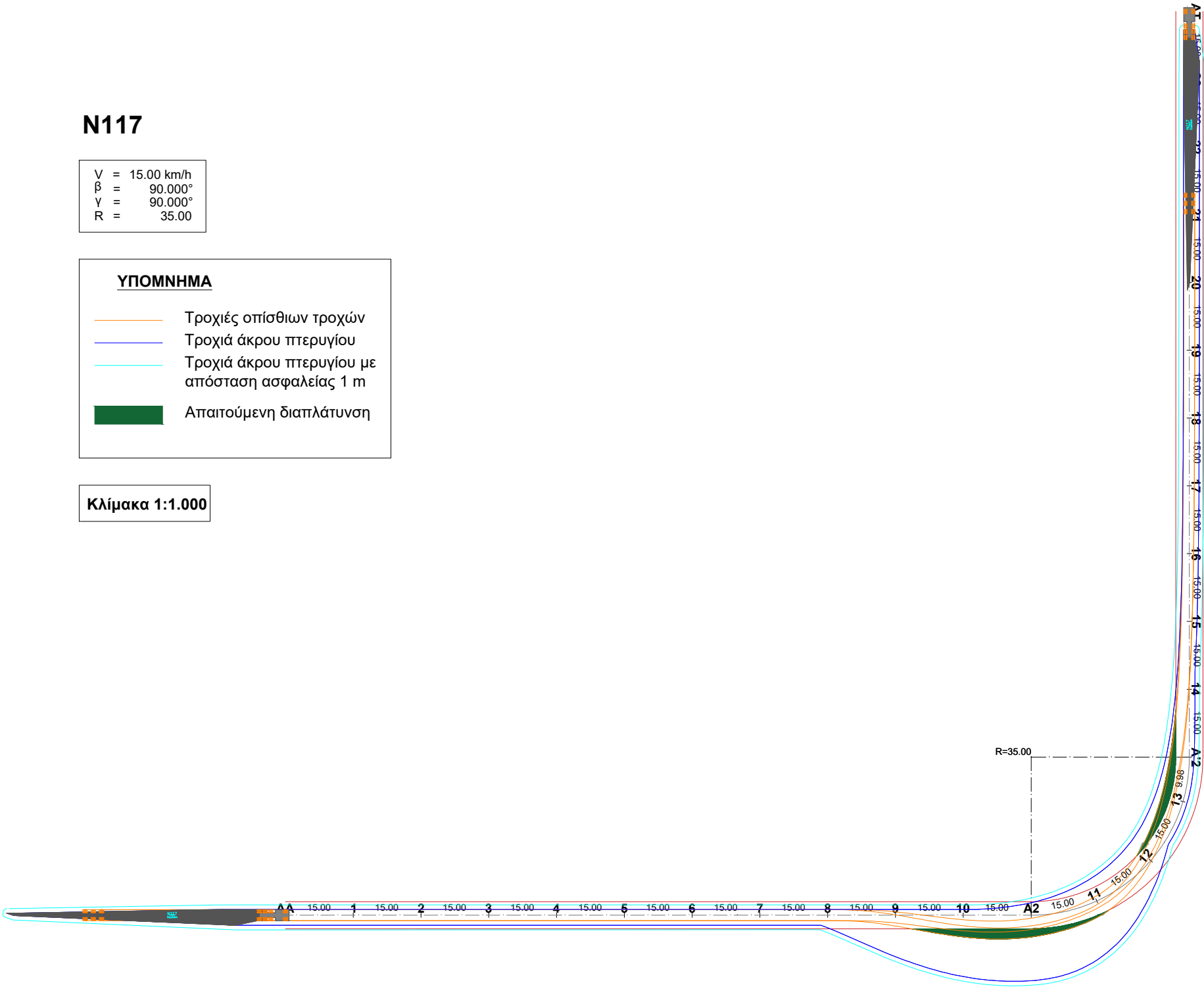
N117

V	=	15.00 km/h
β	=	90.000°
γ	=	90.000°
R	=	35.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



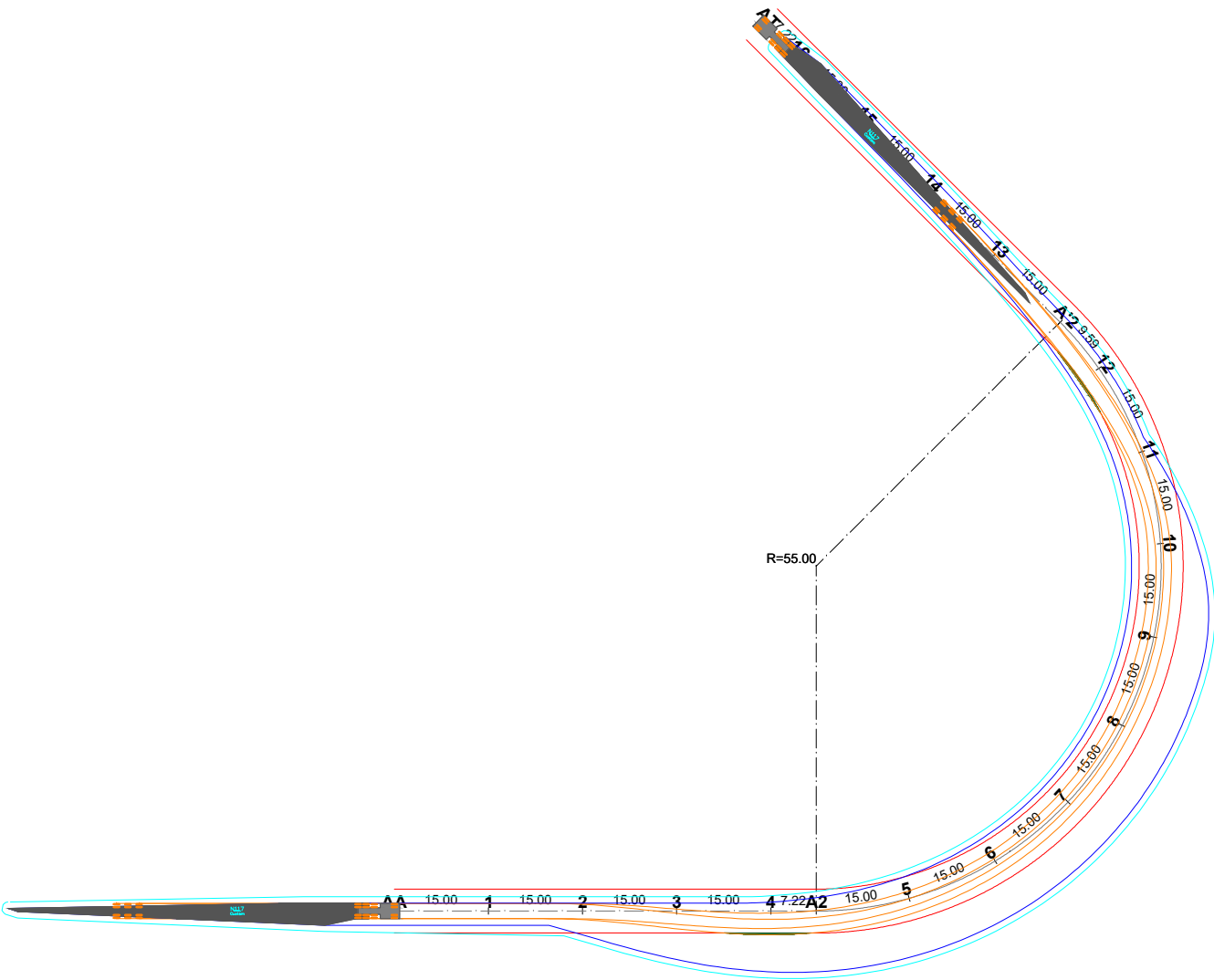
N117

V	=	15.00	km/h
β	=	45.000°	
γ	=	135.000°	
R	=	55.00	

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



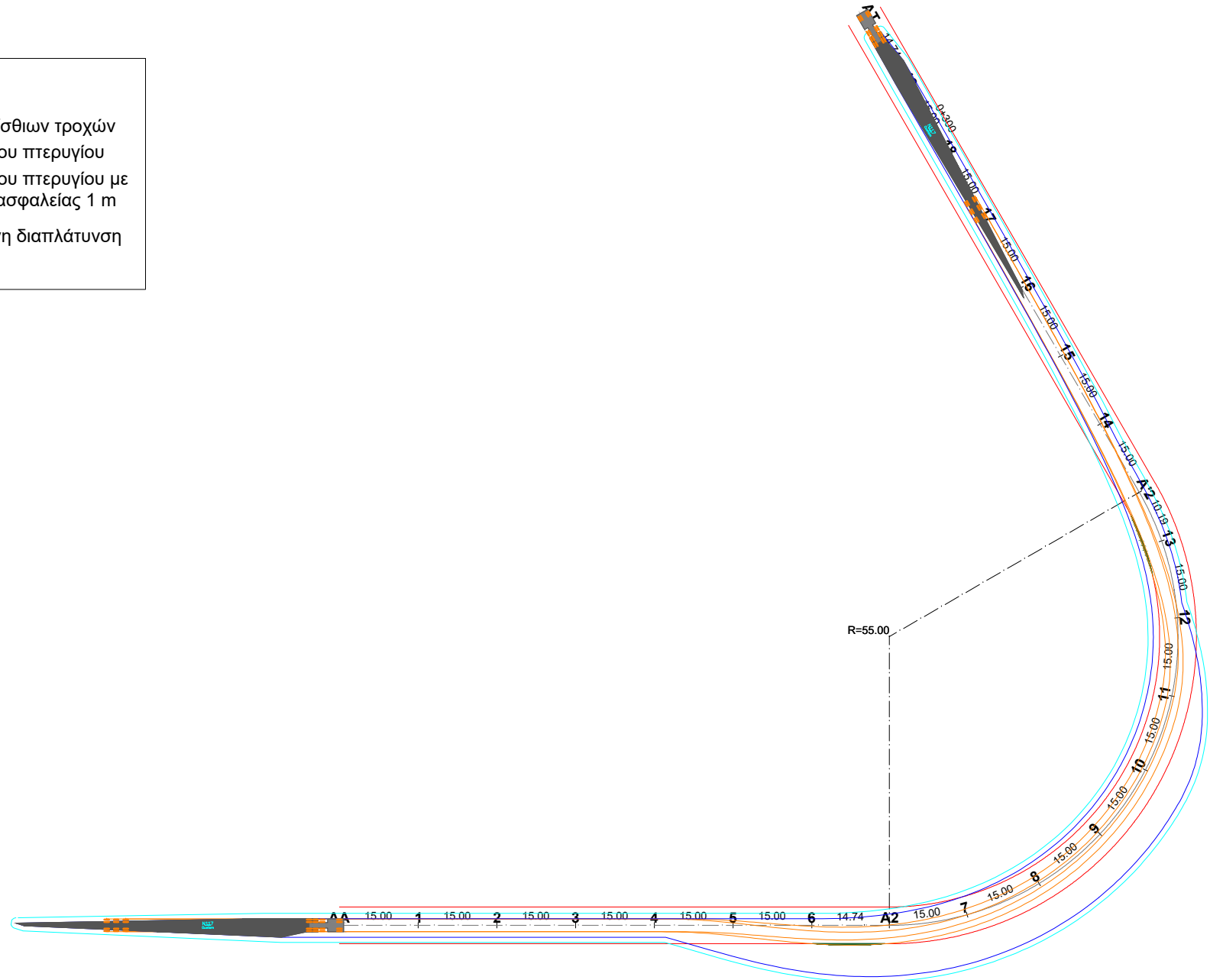
N117

V = 15.00 km/h
 β = 60.000°
 γ = 120.000°
R = 55.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



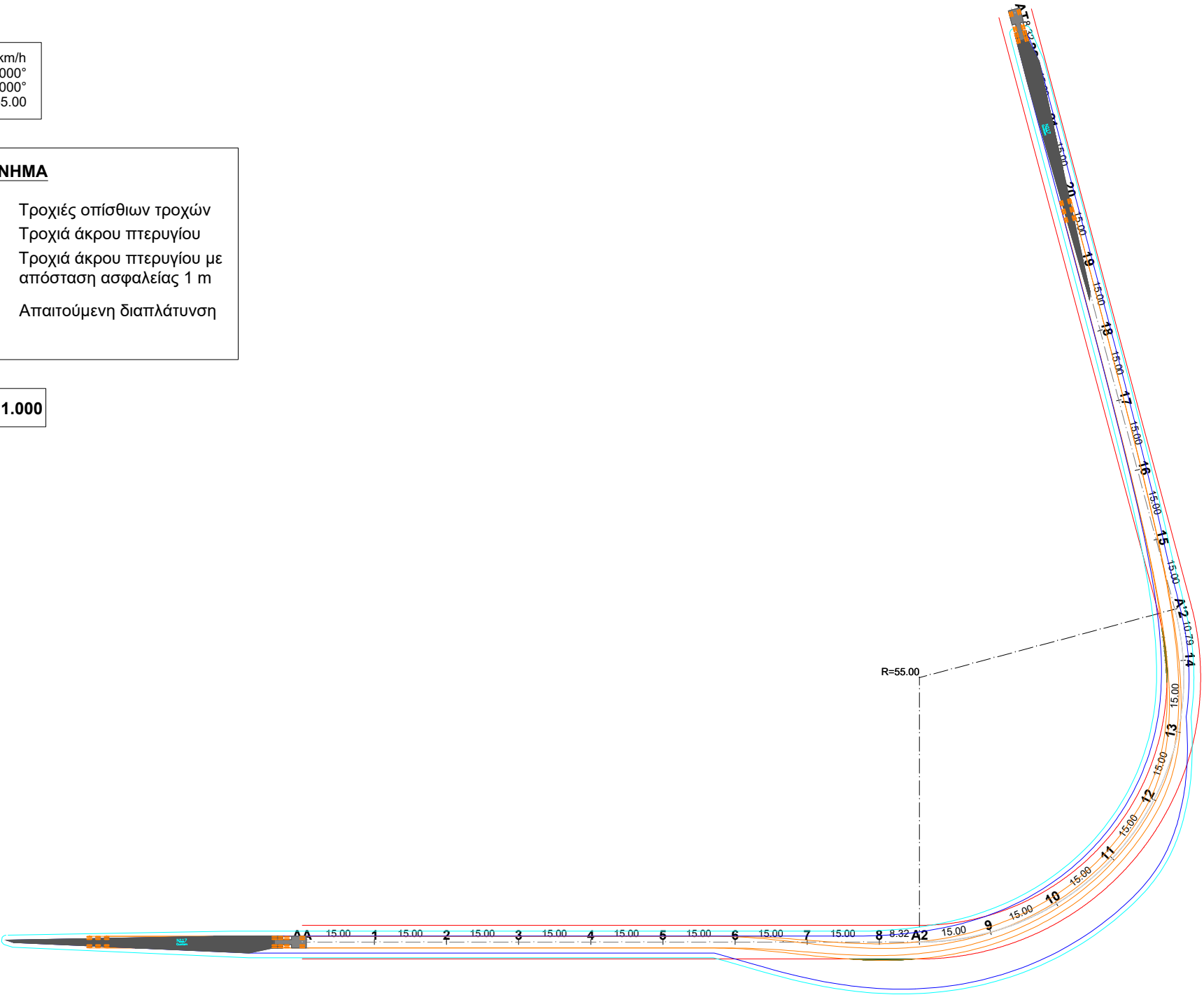
N117

V	=	15.00	km/h
β	=	75.000°	
γ	=	105.000°	
R	=	55.00	

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



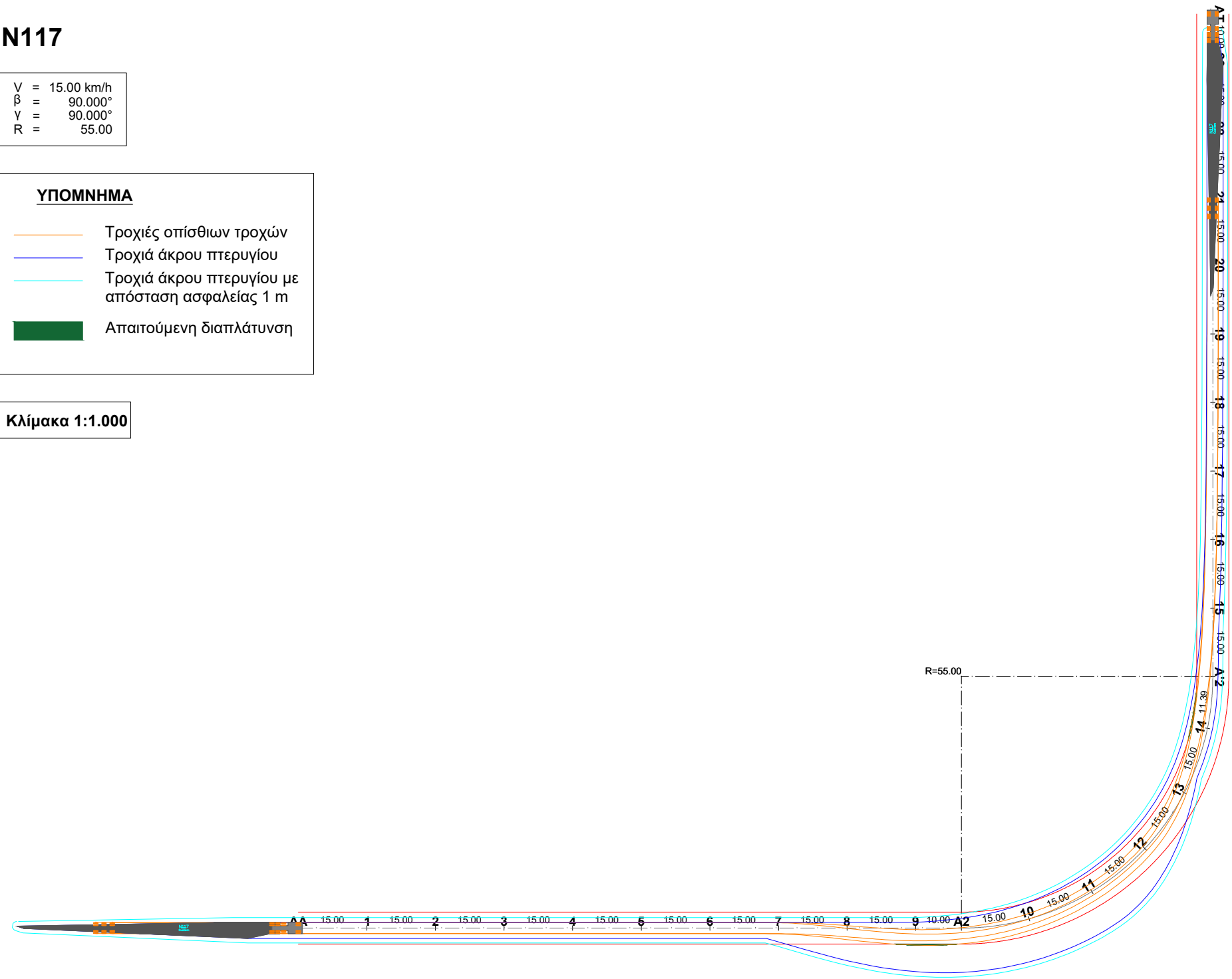
N117

V	=	15.00	km/h
β	=	90.000°	
γ	=	90.000°	
R	=	55.00	

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



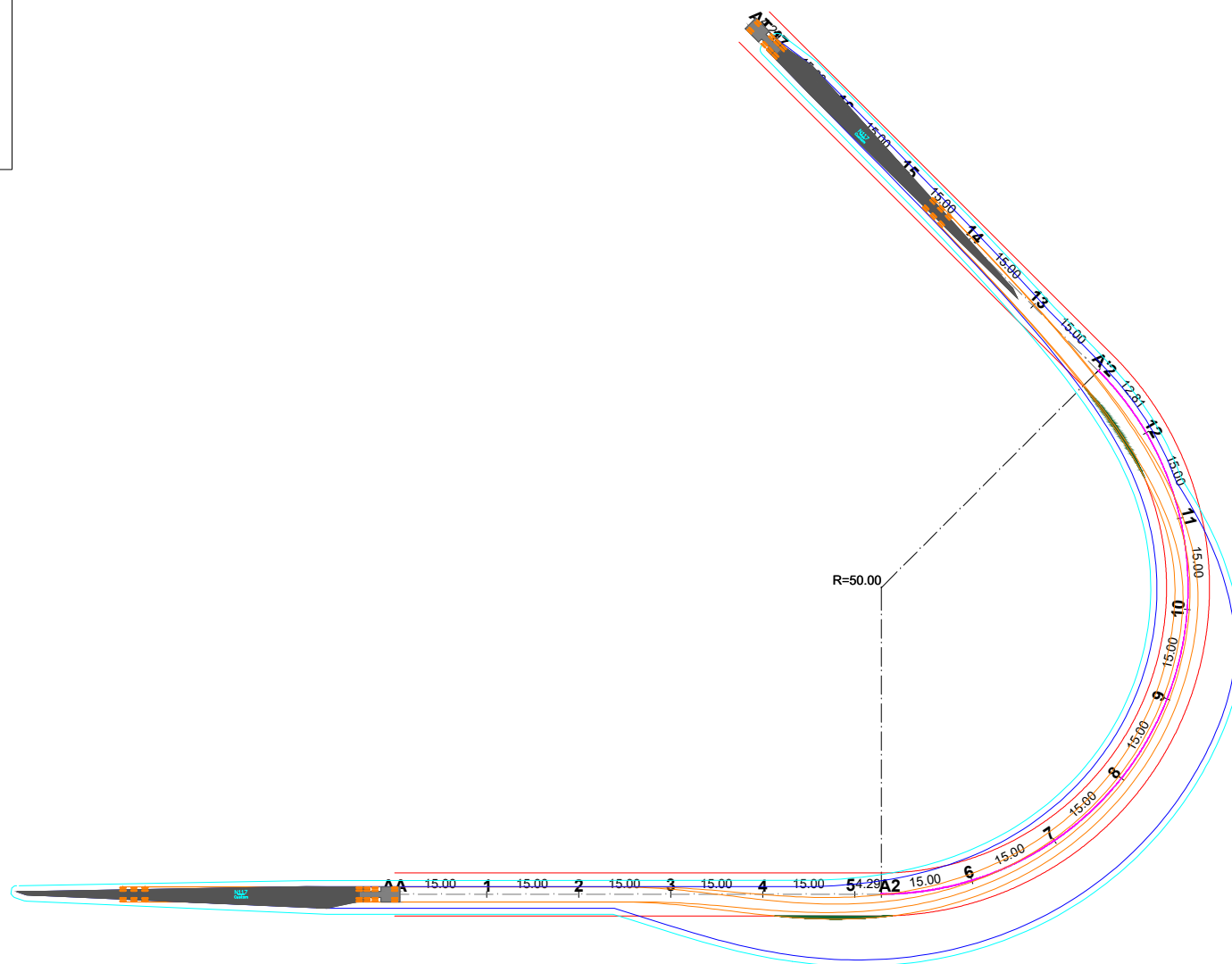
N117

V = 15.00 km/h
 β = 45.000°
Y = 135.000°
R = 50.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



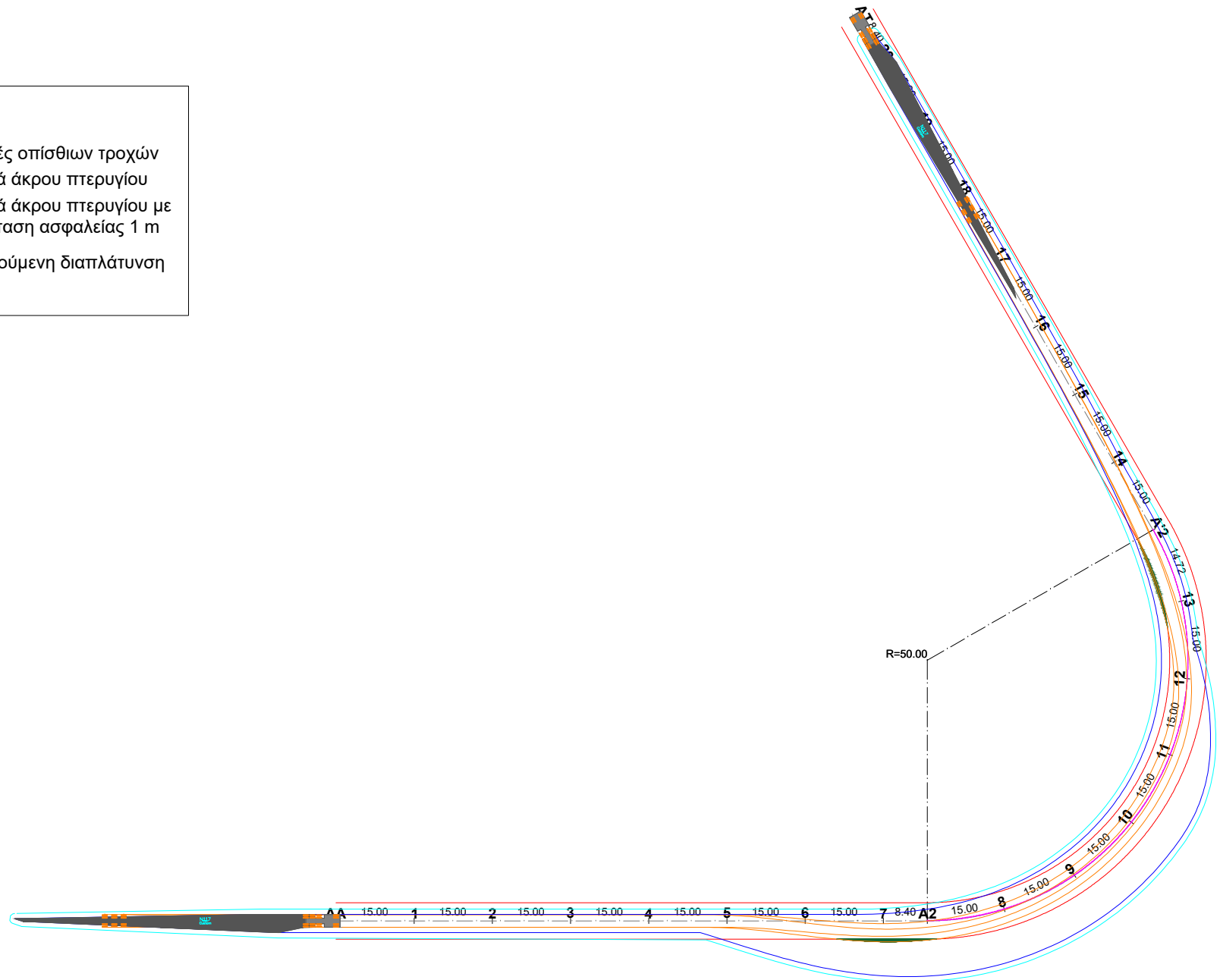
N117

V = 15.00 km/h
 β = 60.000°
 γ = 120.000°
R = 50.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



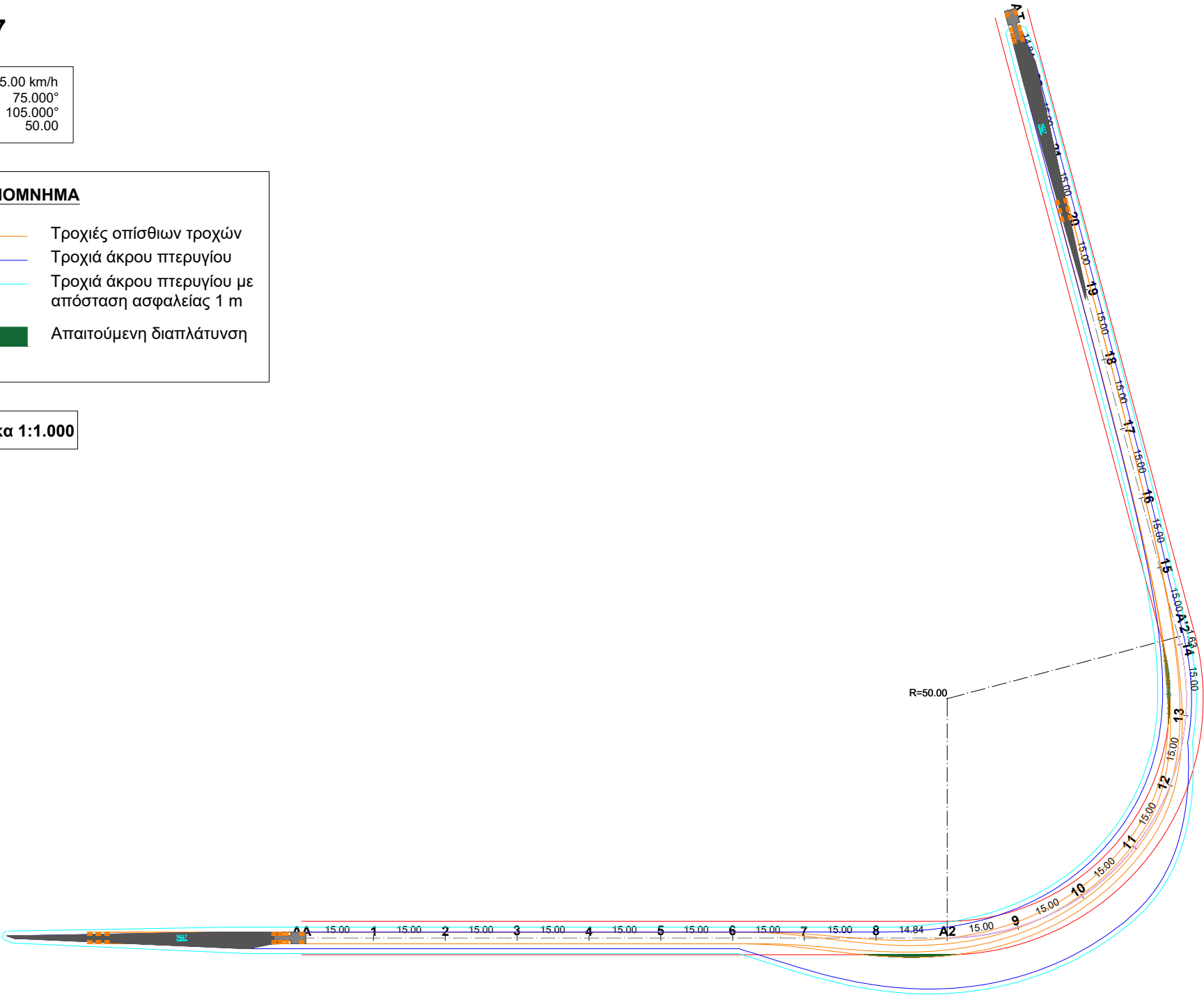
N117

V	=	15.00 km/h
β	=	75.000°
γ	=	105.000°
R	=	50.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



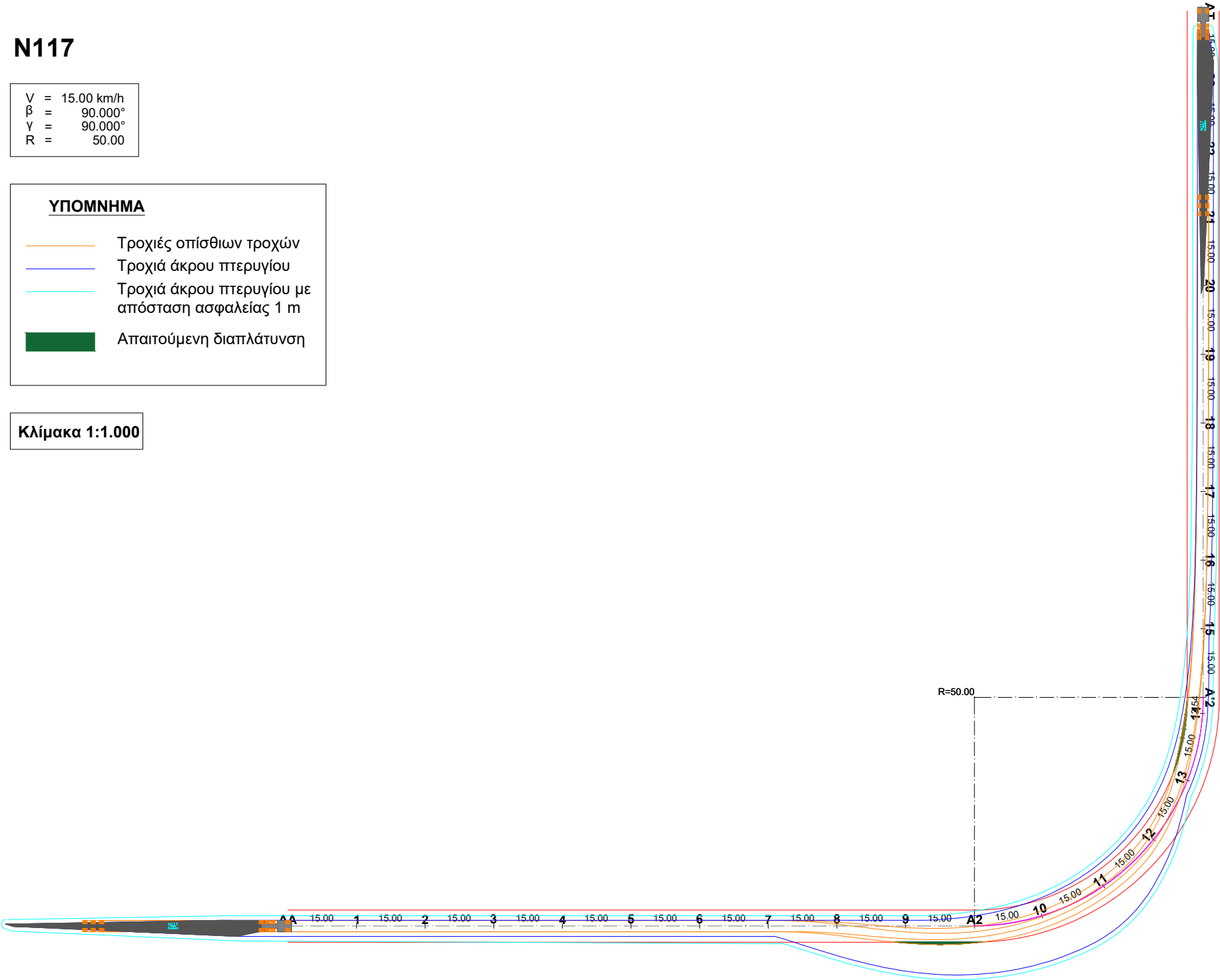
N117

V	=	15.00	km/h
β	=	90.000°	
γ	=	90.000°	
R	=	50.00	

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



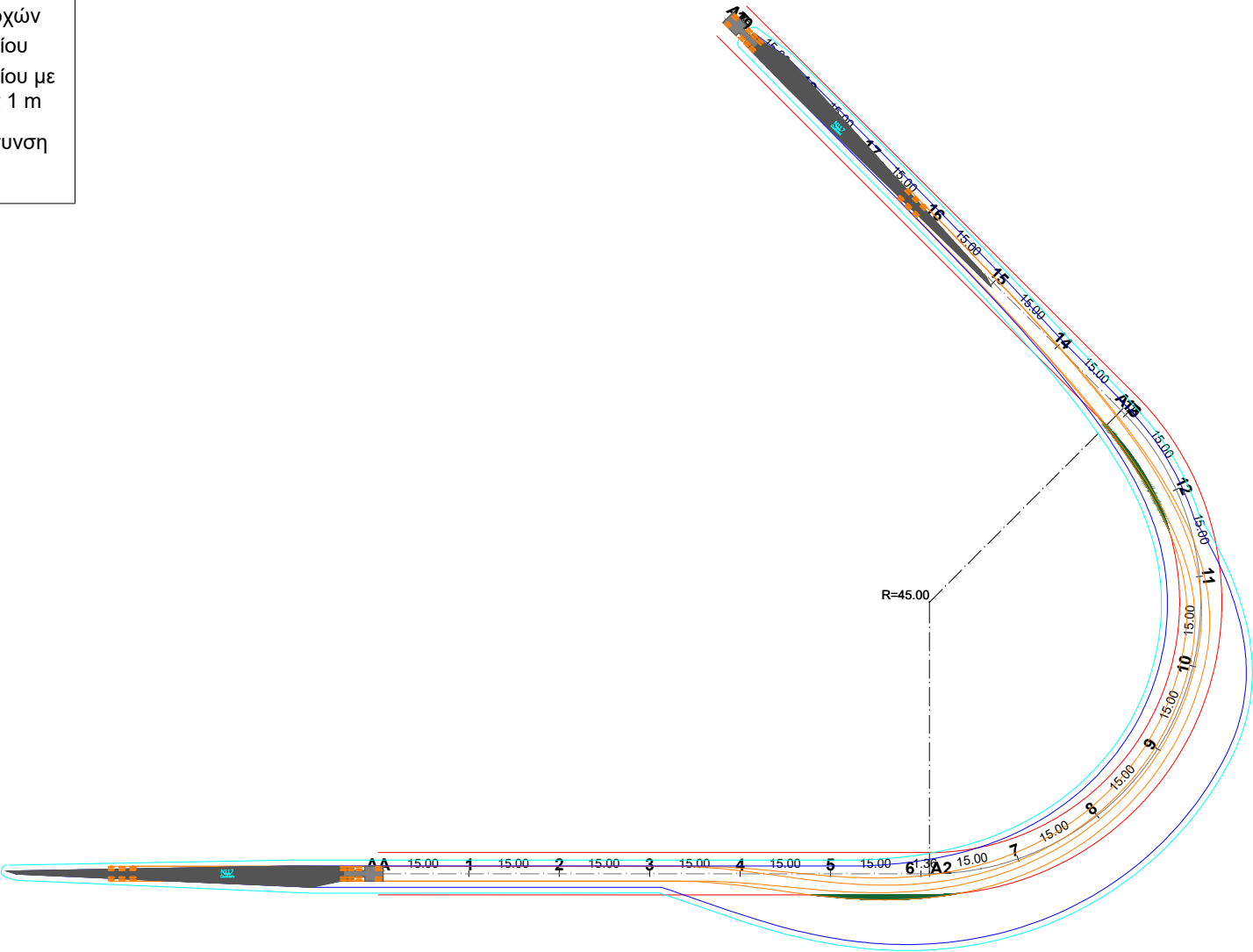
N117

V	=	15.00	km/h
β	=	45.000°	
γ	=	135.000°	
R	=	45.00	

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



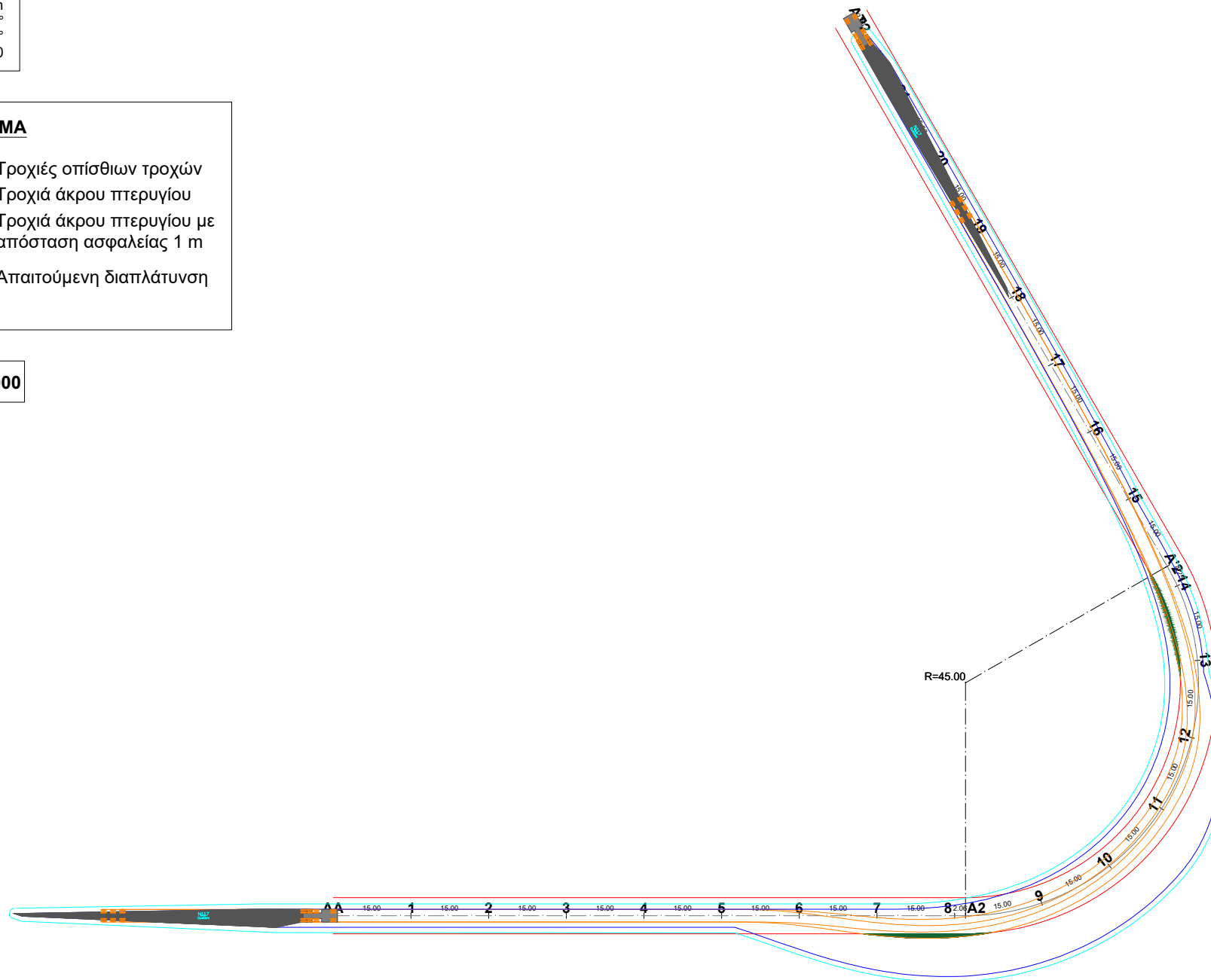
N117

V = 15.00 km/h
 β = 60.000°
 γ = 120.000°
R = 45.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



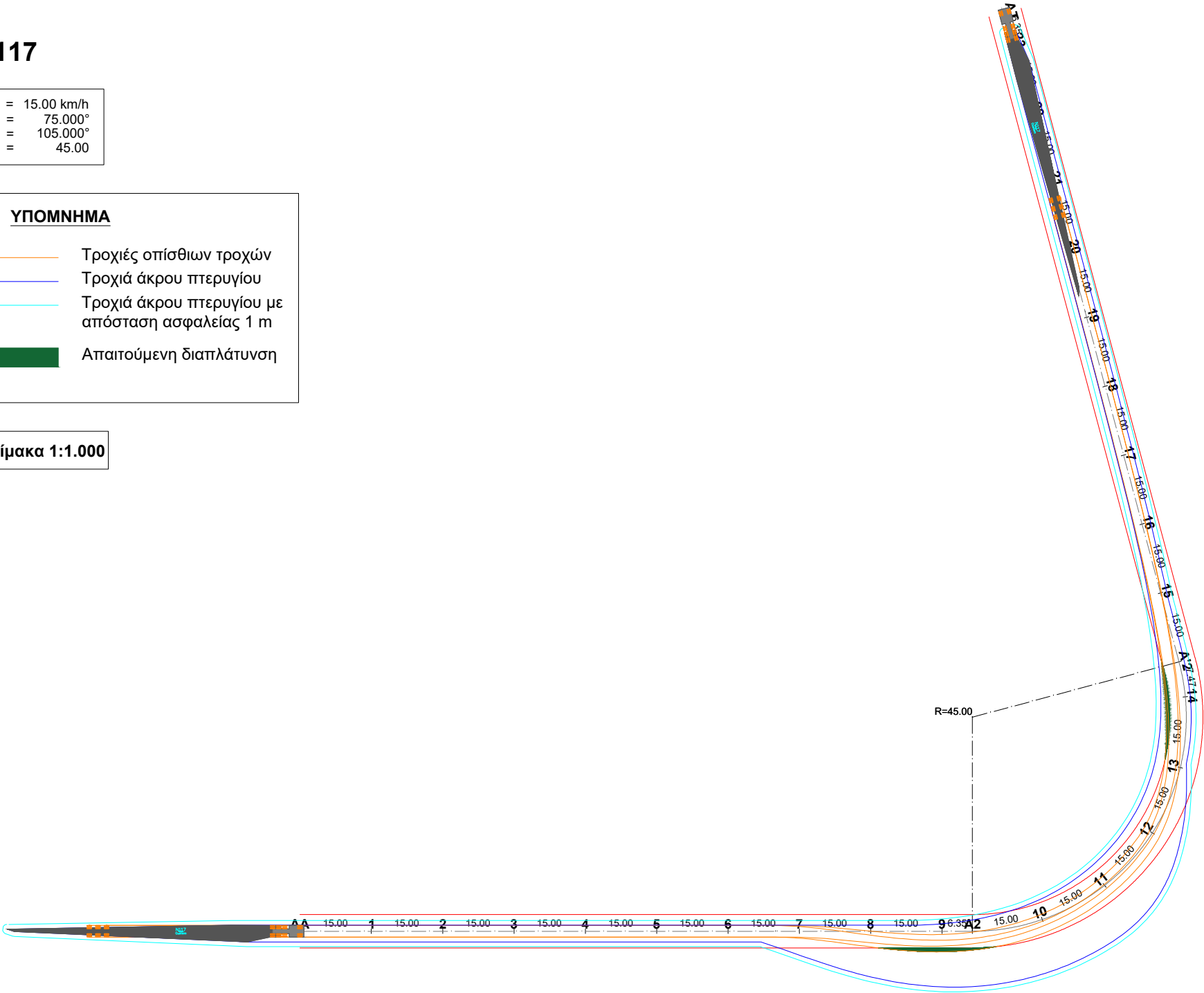
N117

V	=	15.00 km/h
β	=	75.000°
γ	=	105.000°
R	=	45.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



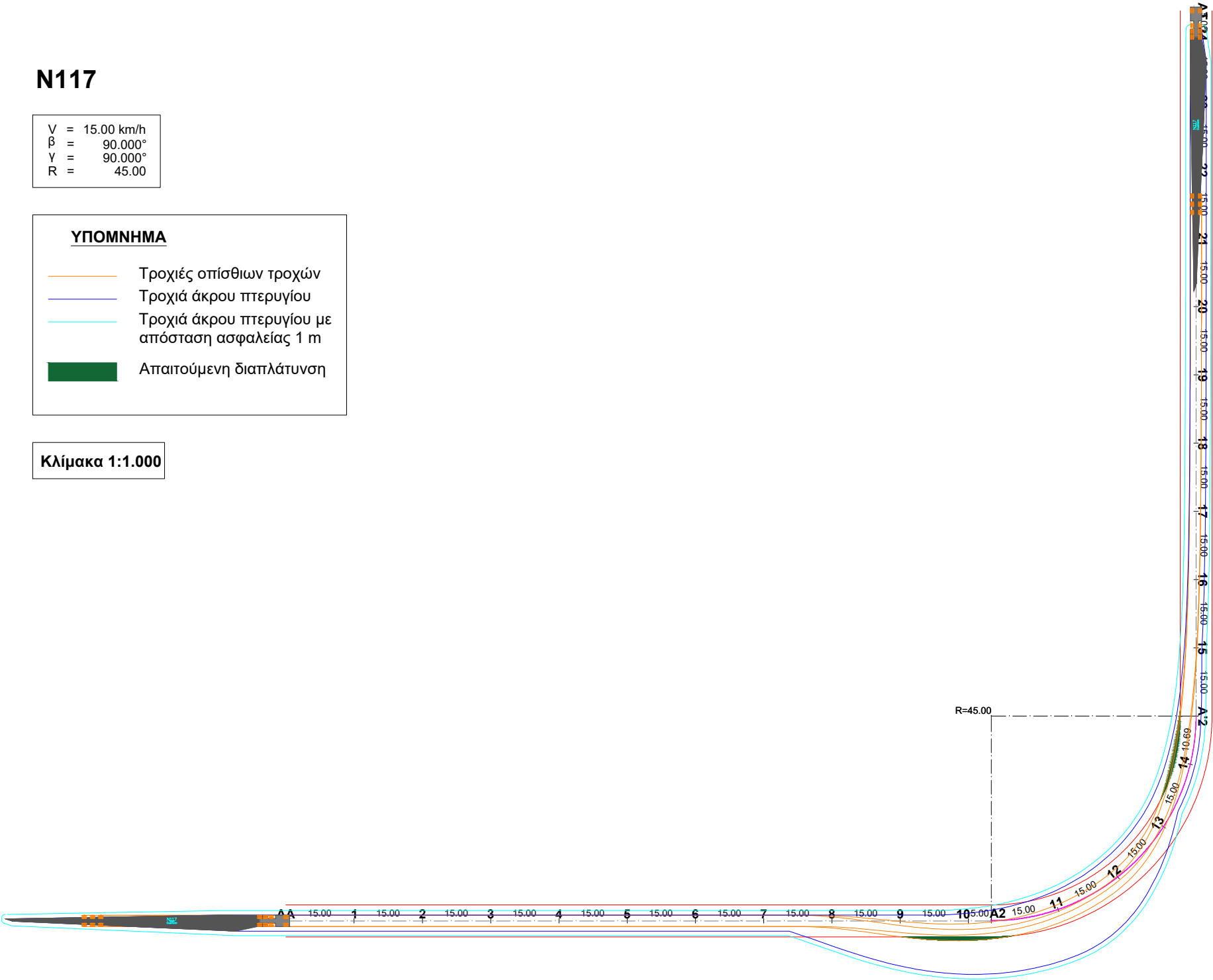
N117

V	=	15.00	km/h
β	=	90.000°	
γ	=	90.000°	
R	=	45.00	

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



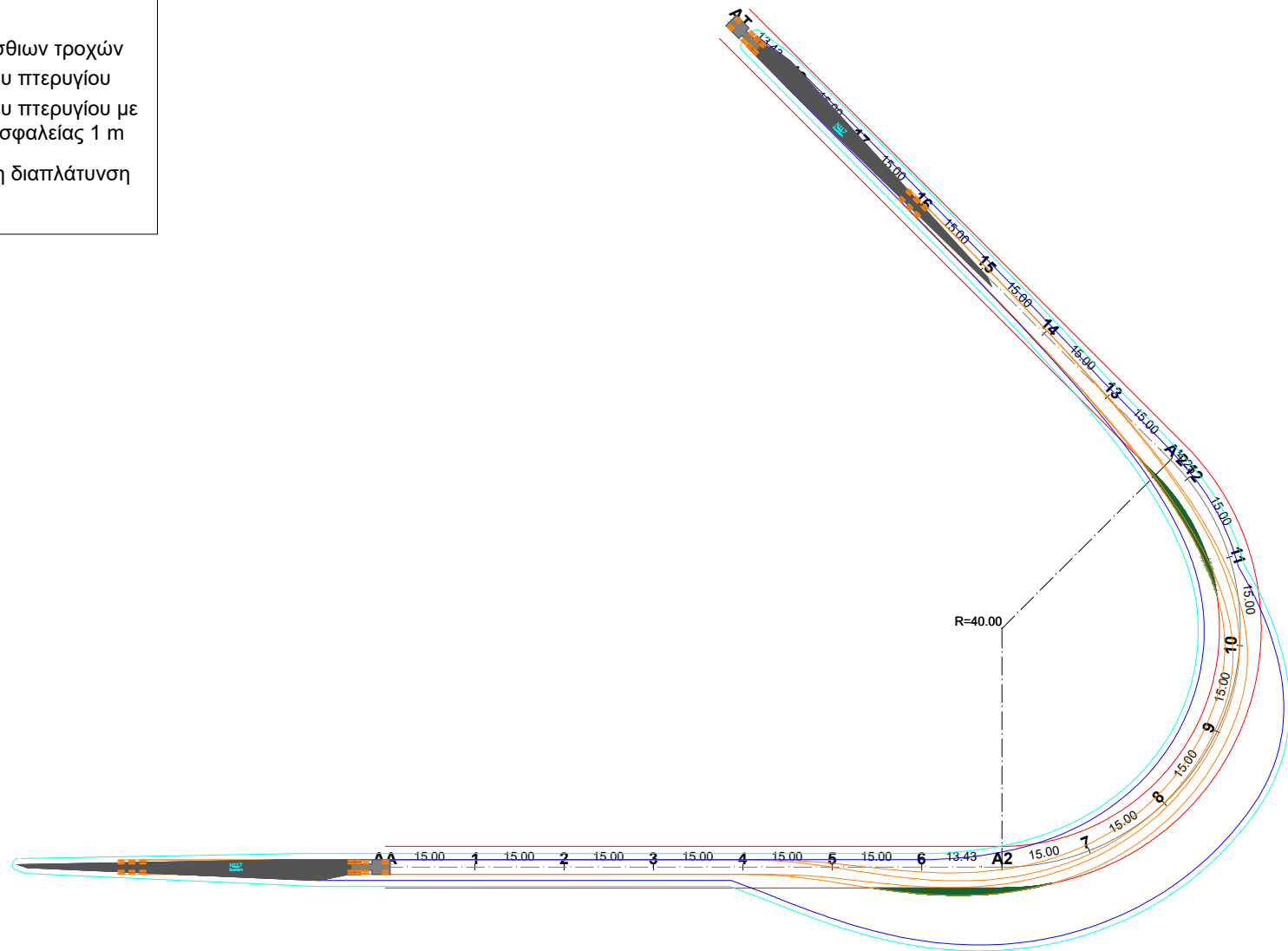
N117

V = 15.00 km/h
 β = 45.000°
 γ = 135.000°
R = 40.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



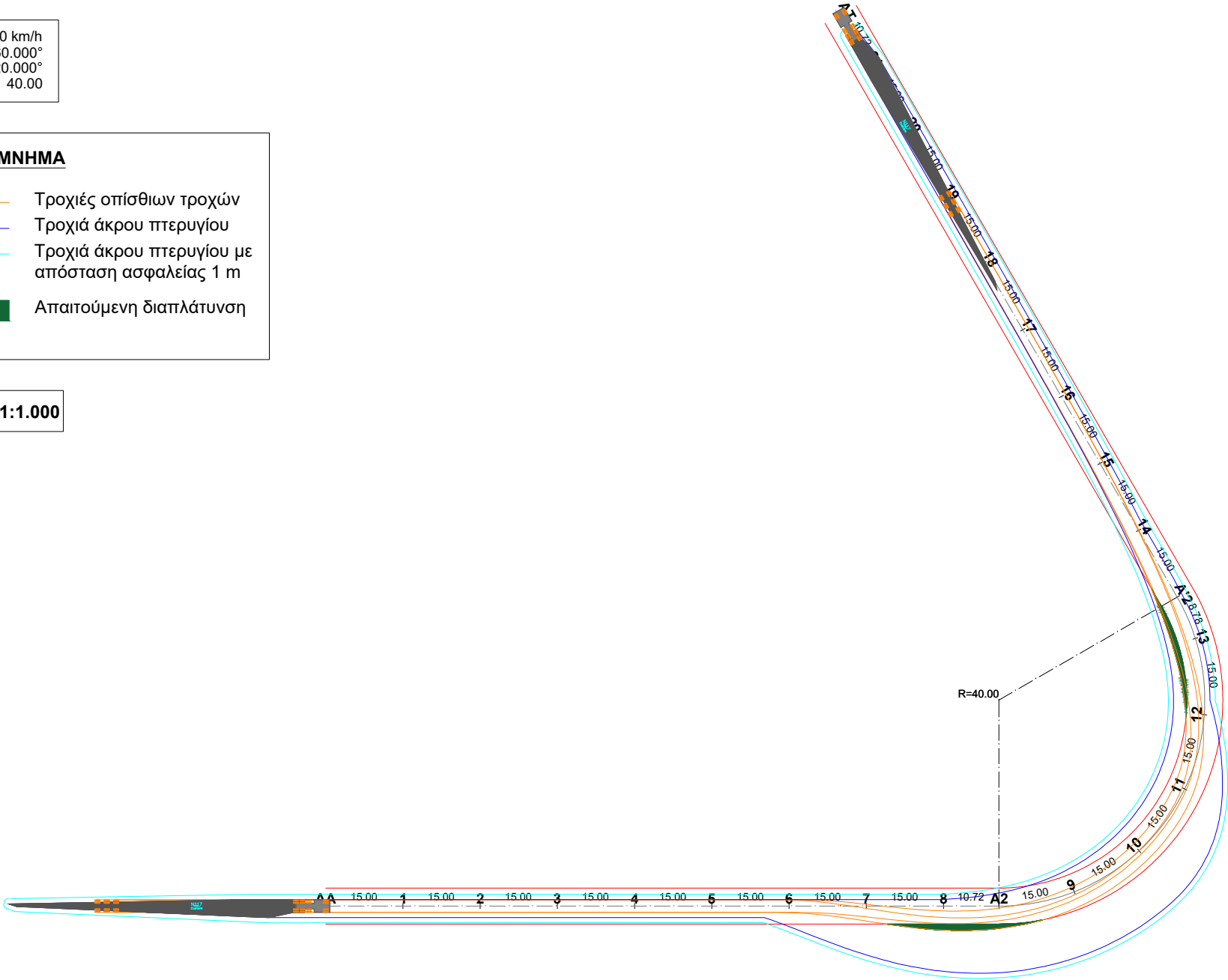
N117

V	=	15.00	km/h
β	=	60.000°	
γ	=	120.000°	
R	=	40.00	

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



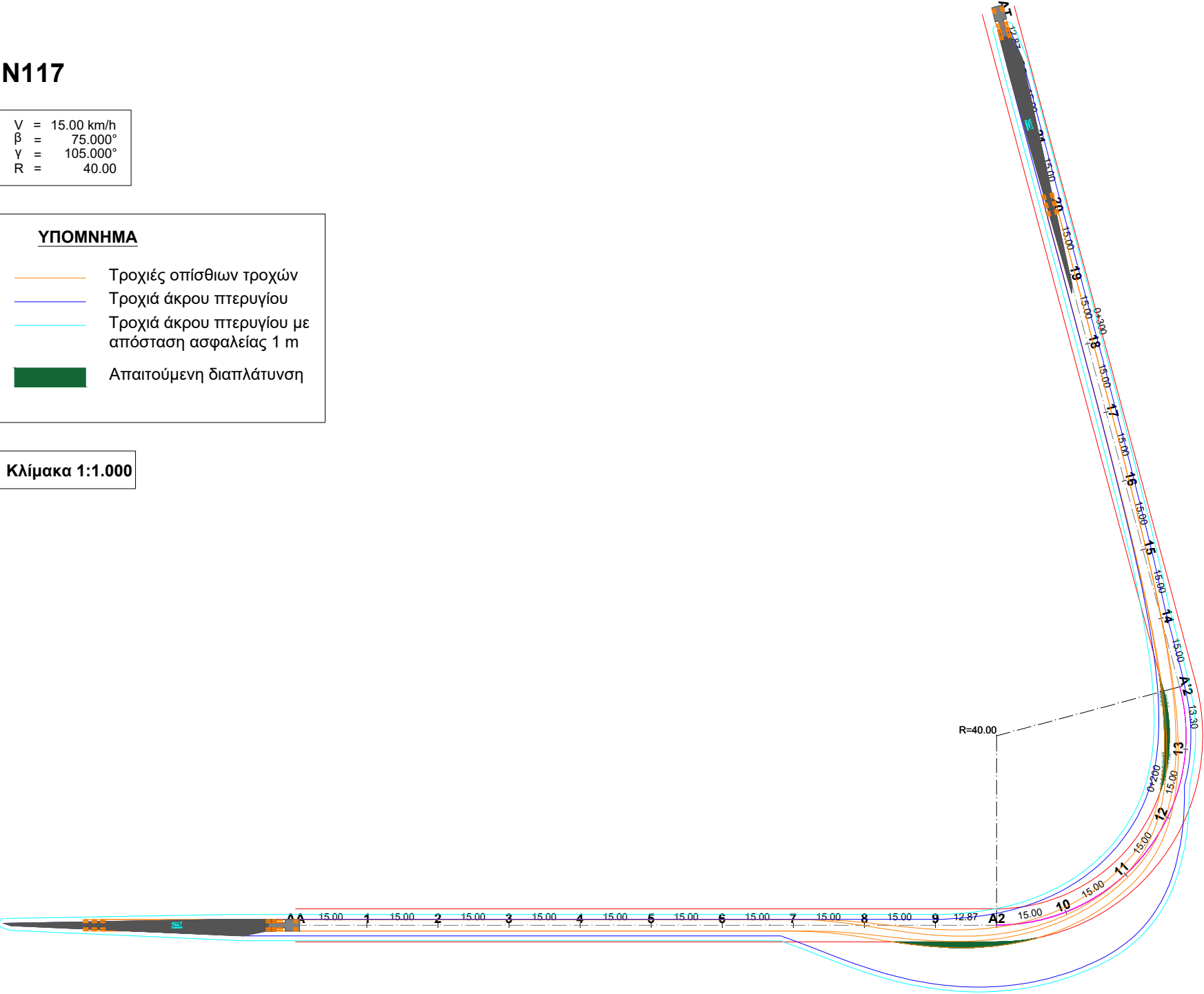
N117

V	=	15.00	km/h
β	=	75.000°	
γ	=	105.000°	
R	=	40.00	

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



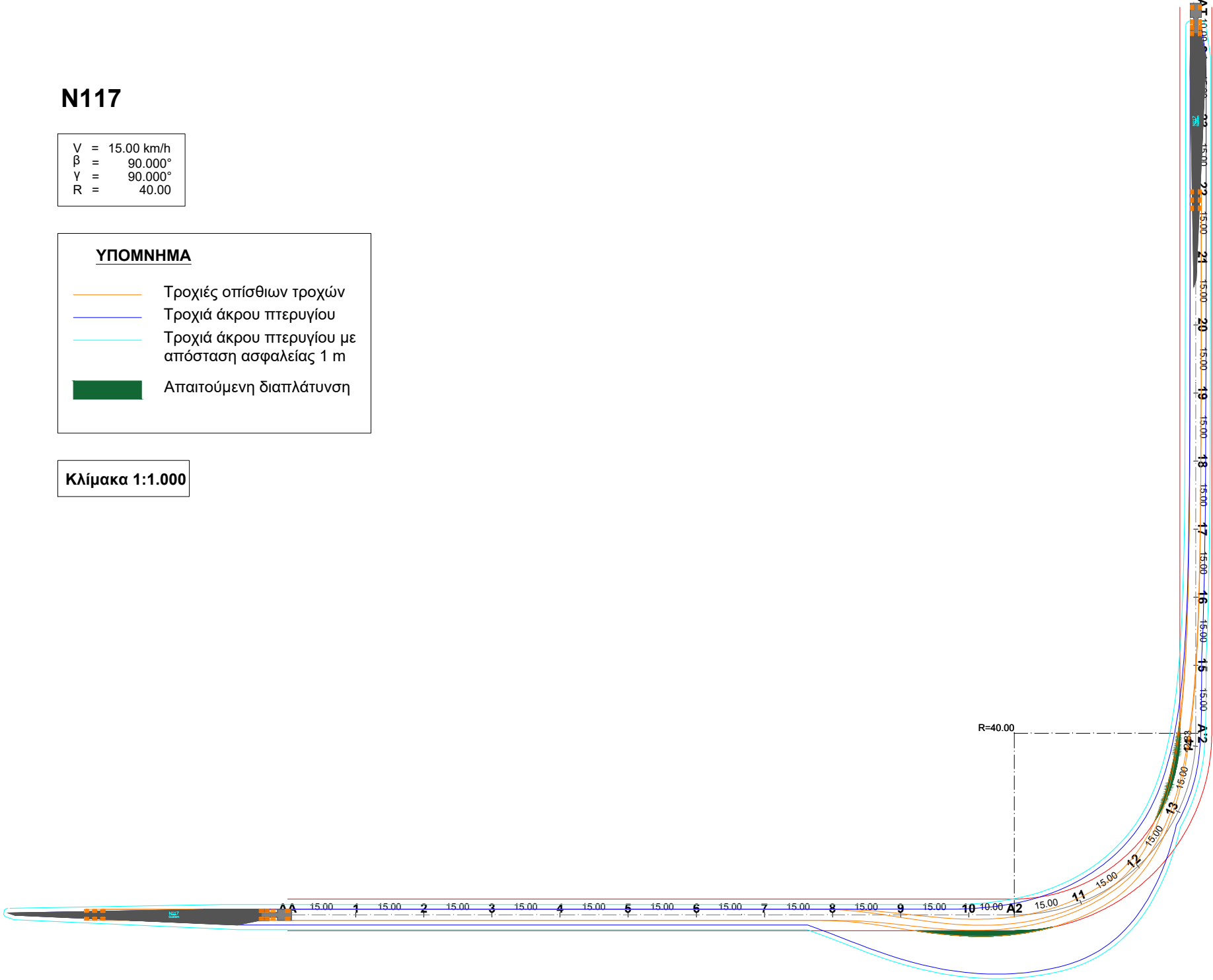
N117

V = 15.00 km/h
β = 90.000°
Υ = 90.000°
R = 40.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



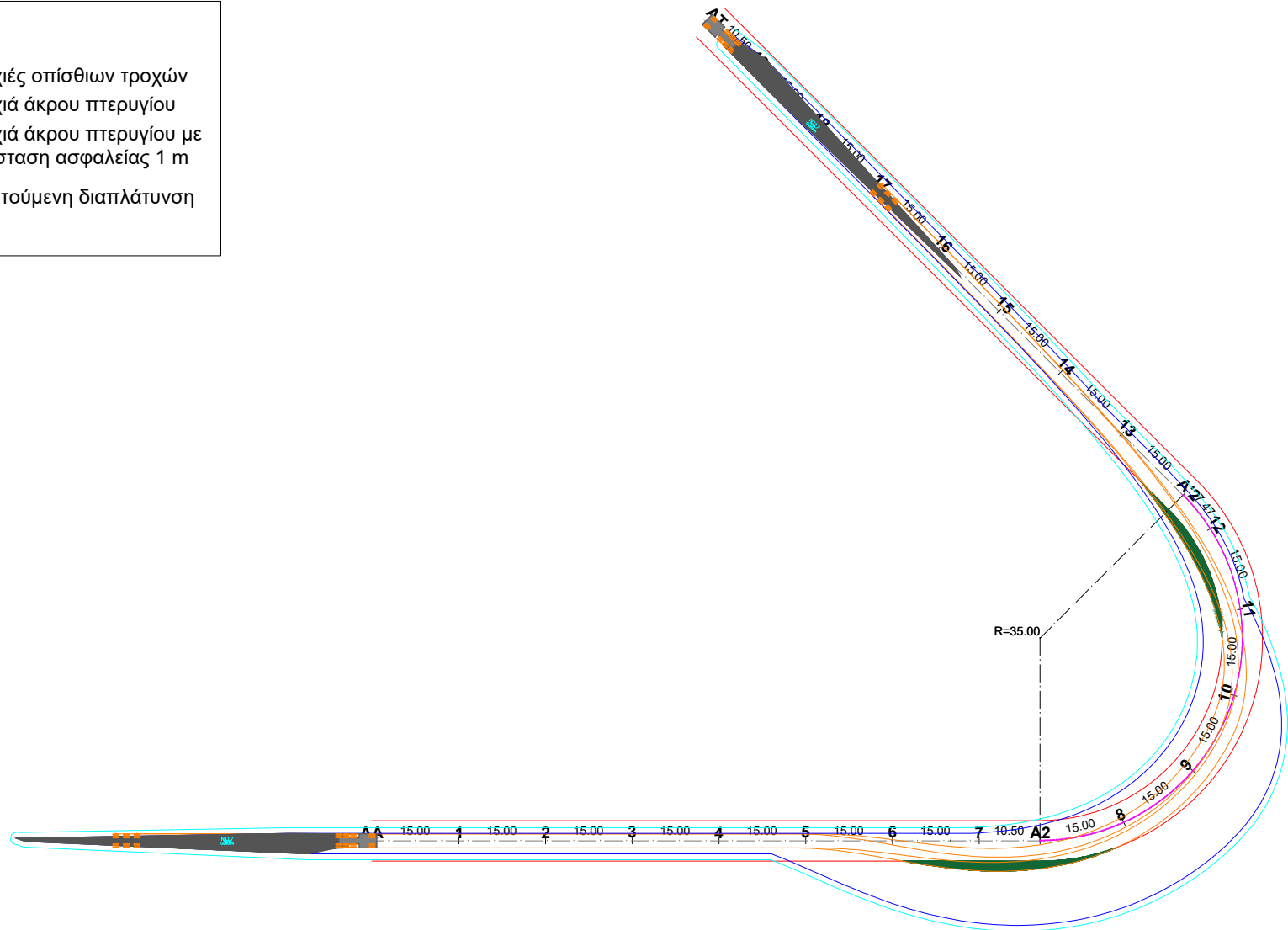
N117

V = 15.00 km/h
 β = 45.000°
 γ = 135.000°
R = 35.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



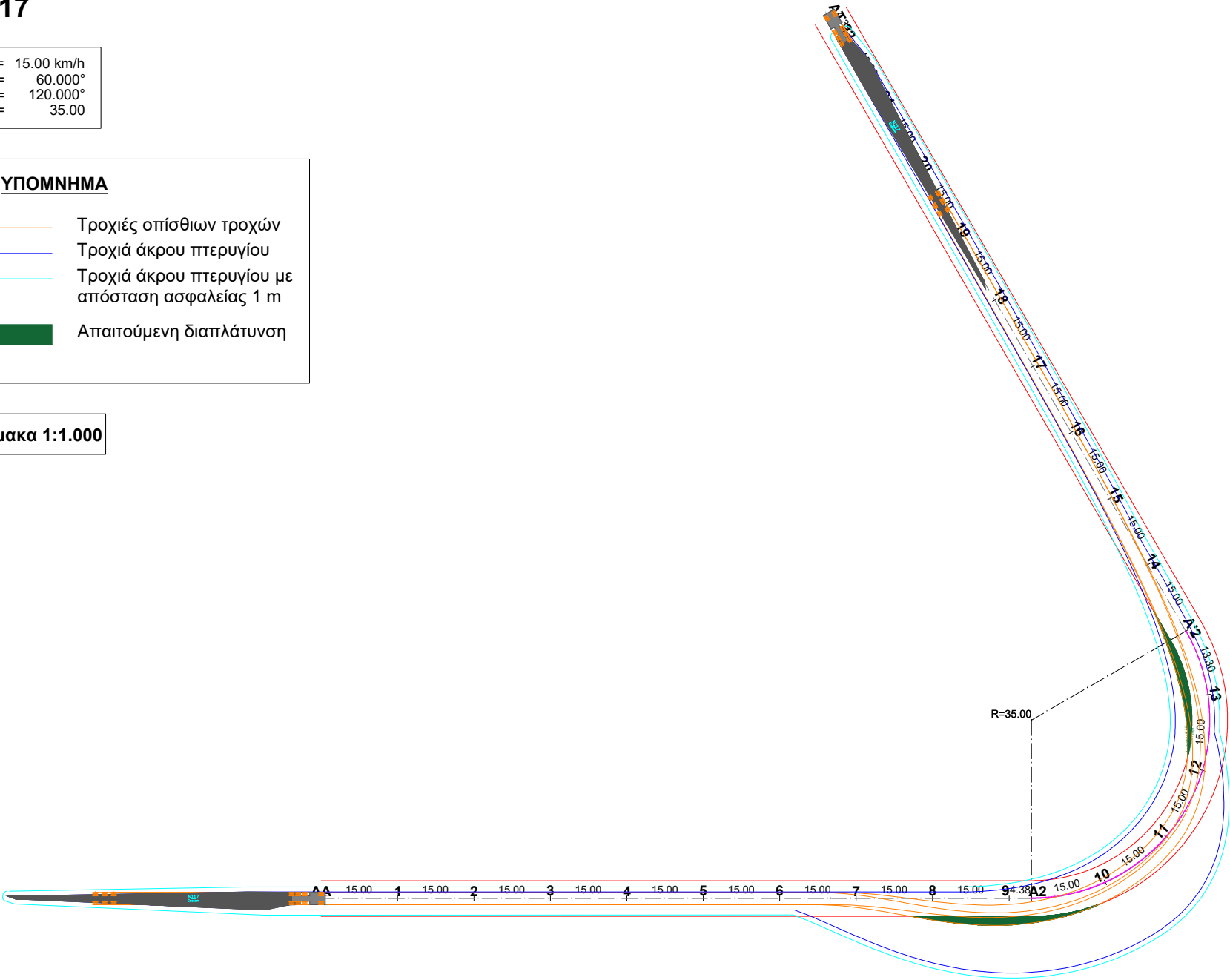
N117

V	=	15.00	km/h
β	=	60.000°	
Υ	=	120.000°	
R	=	35.00	

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



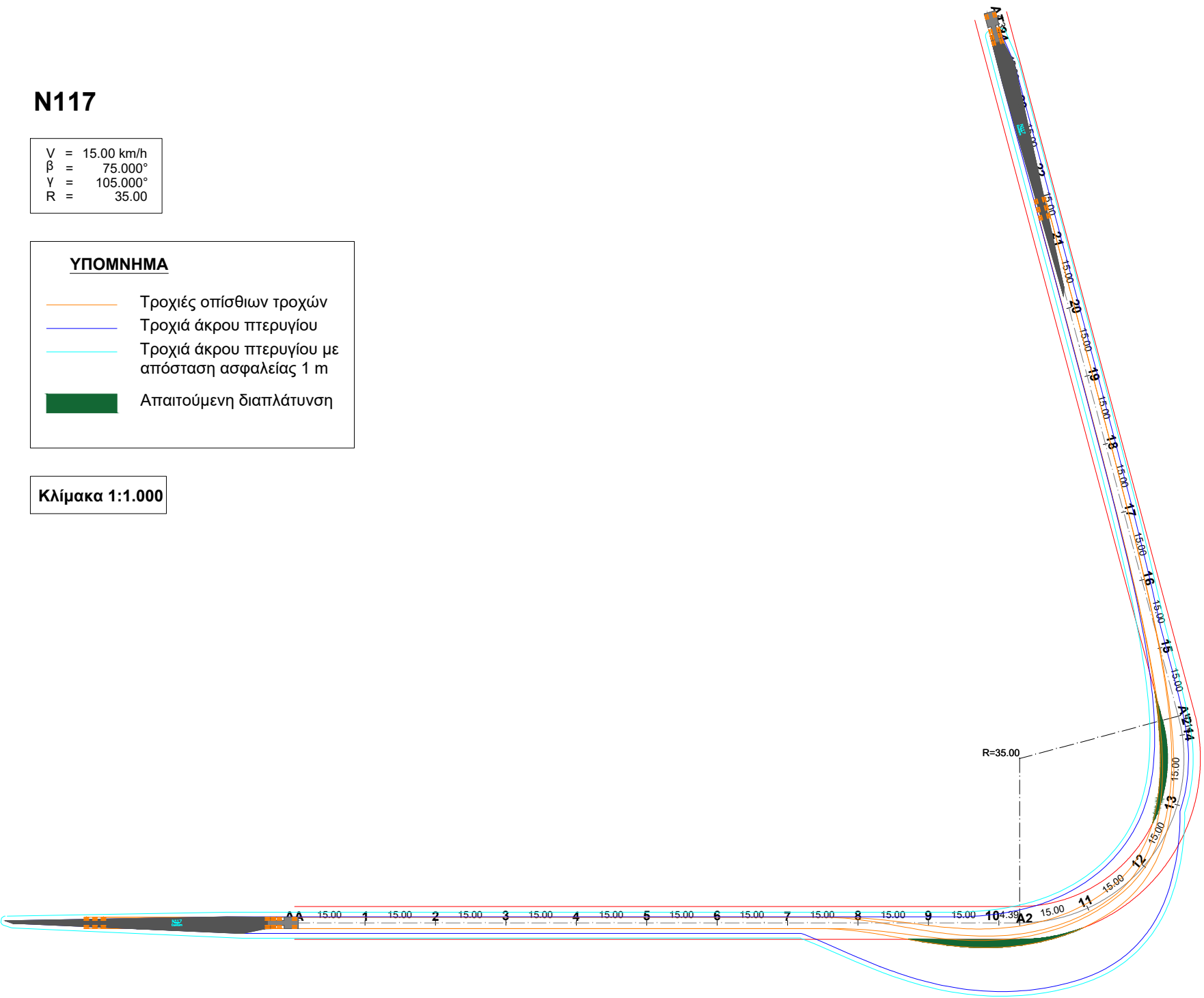
N117

V = 15.00 km/h
 β = 75.000°
 γ = 105.000°
R = 35.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



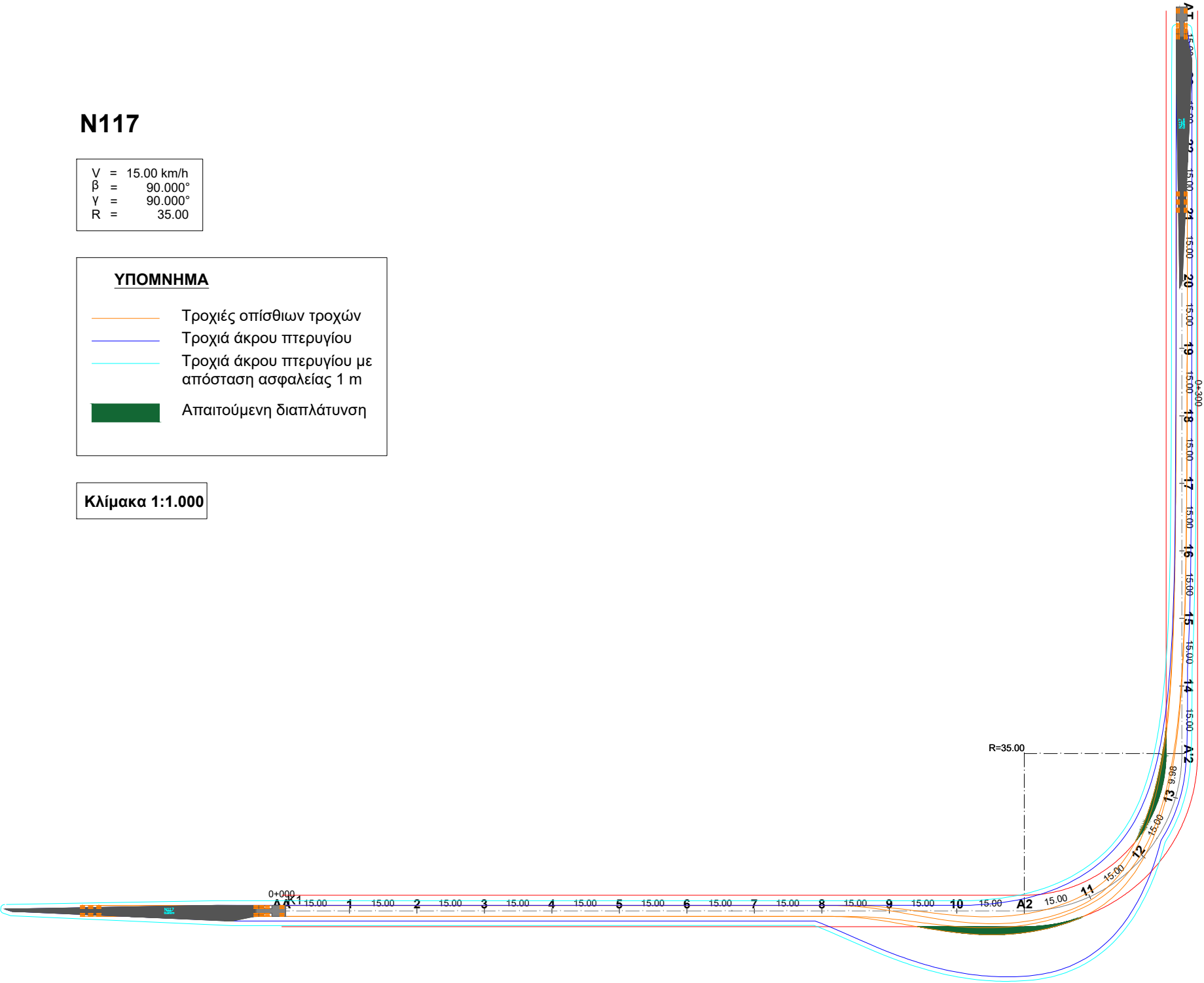
N117

V	=	15.00 km/h
β	=	90.000°
γ	=	90.000°
R	=	35.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



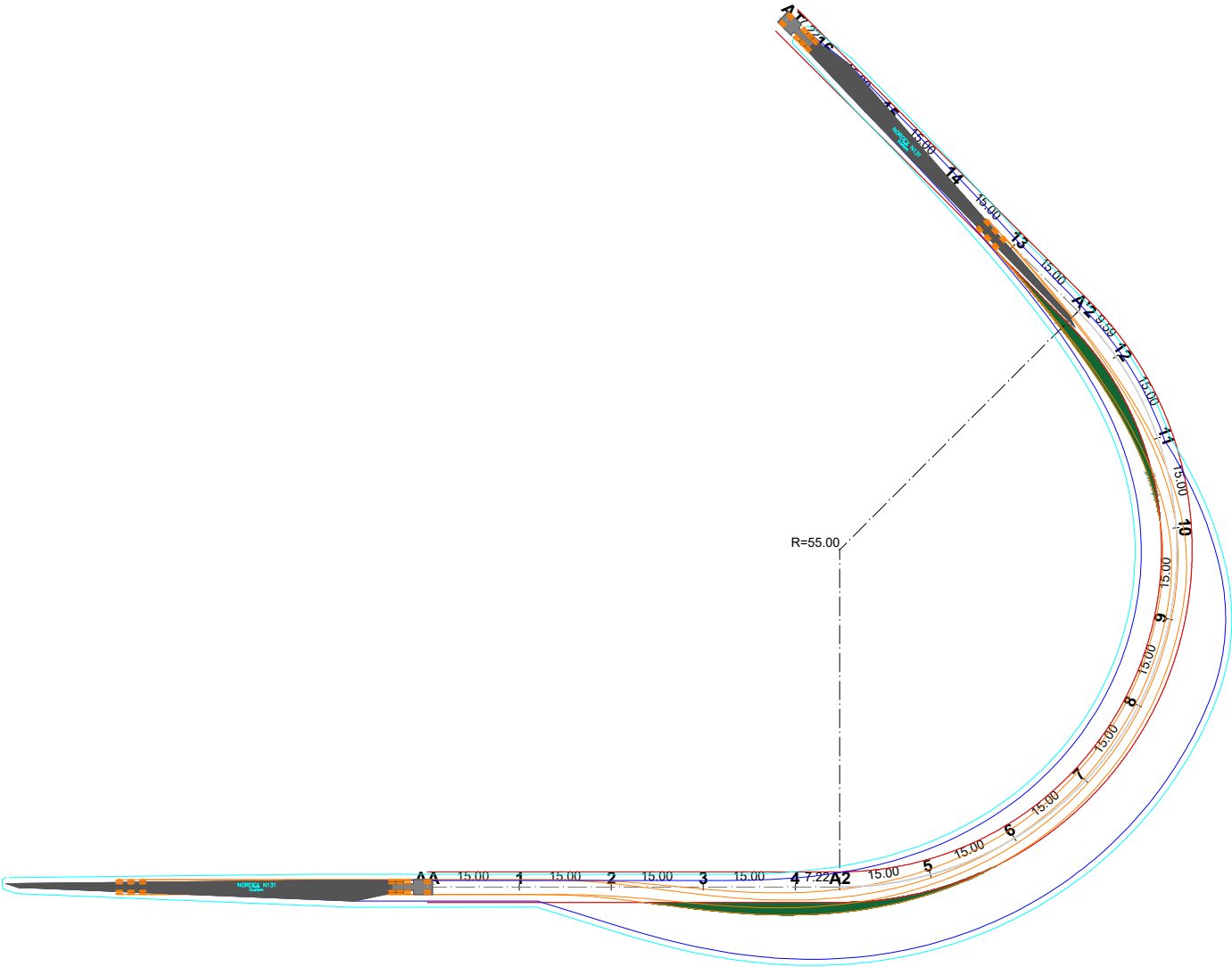
N131

V	=	15.00 km/h
β	=	45.000°
γ	=	135.000°
R	=	55.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



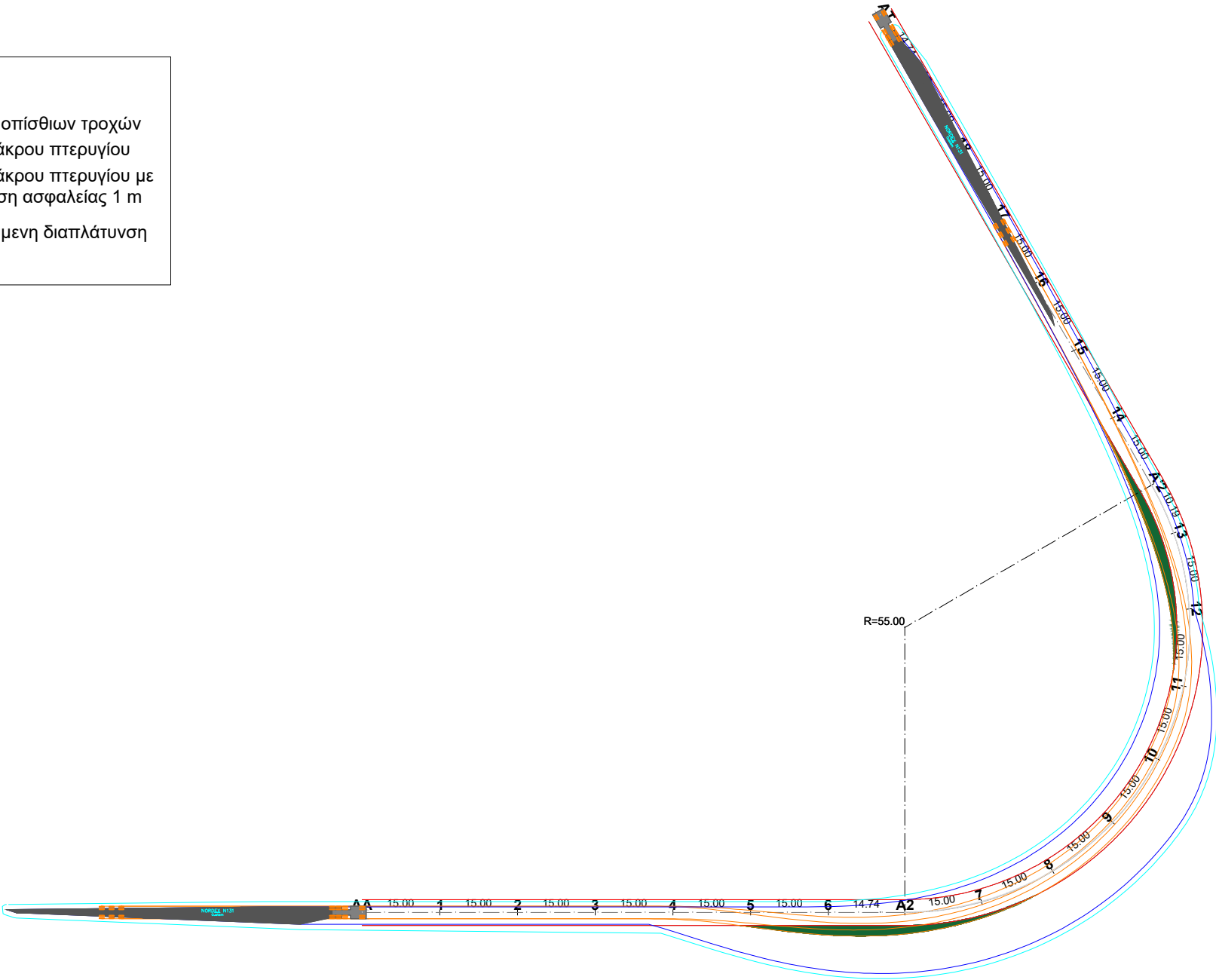
N131

V	=	15.00	km/h
β	=	60.000°	
γ	=	120.000°	
R	=	55.00	

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



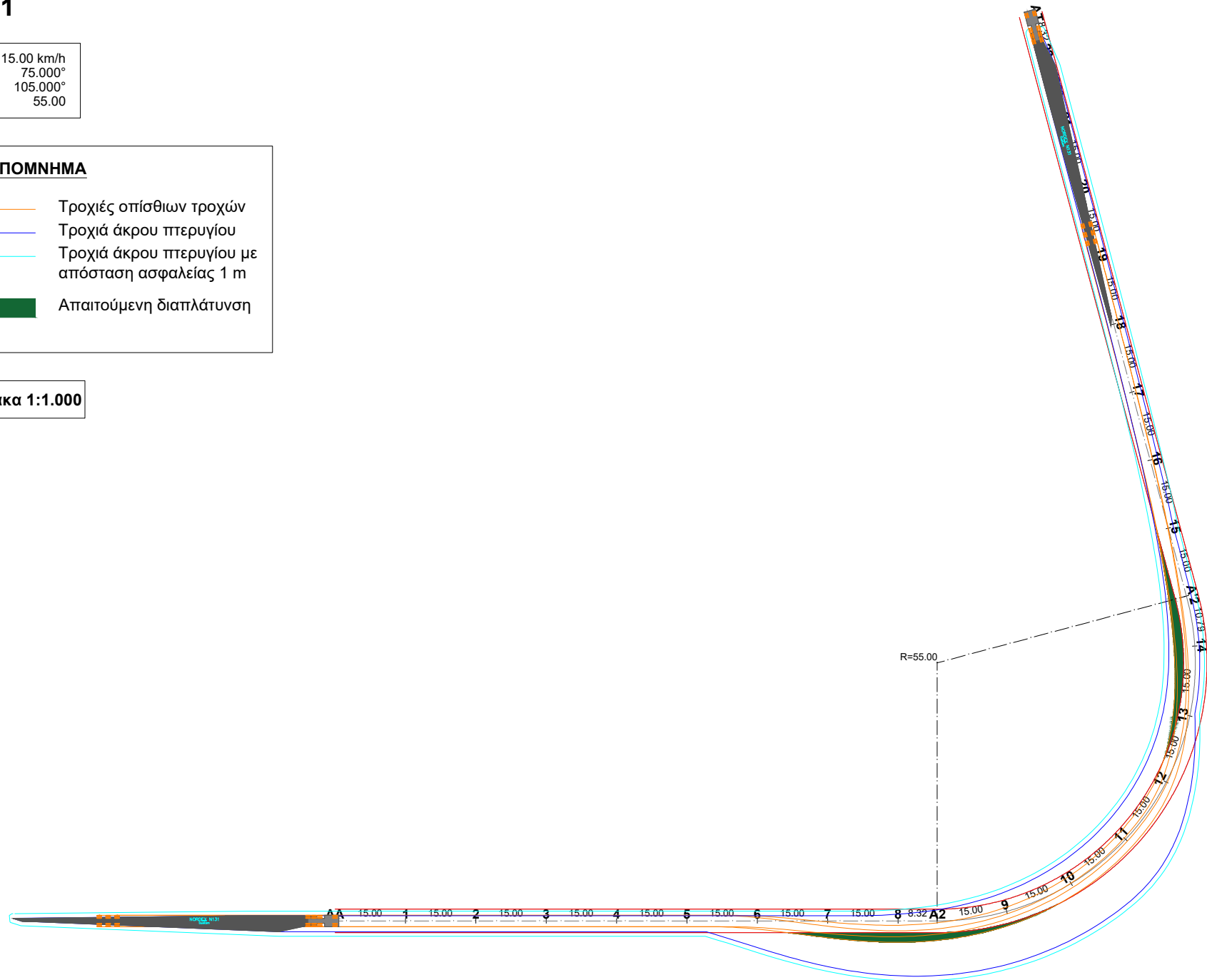
N131

V = 15.00 km/h
 β = 75.000°
 γ = 105.000°
R = 55.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



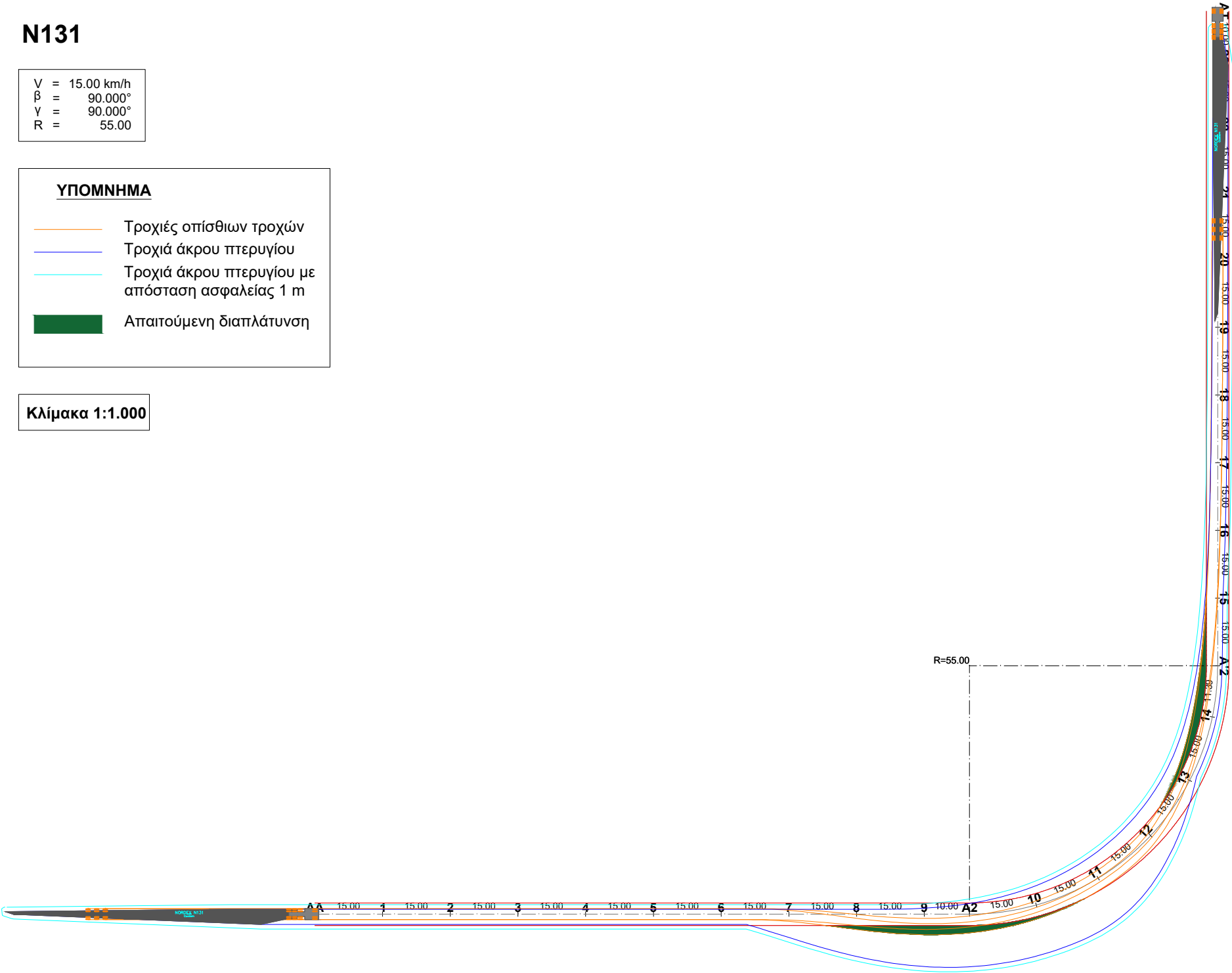
N131

V	=	15.00	km/h
β	=	90.000°	
γ	=	90.000°	
R	=	55.00	

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



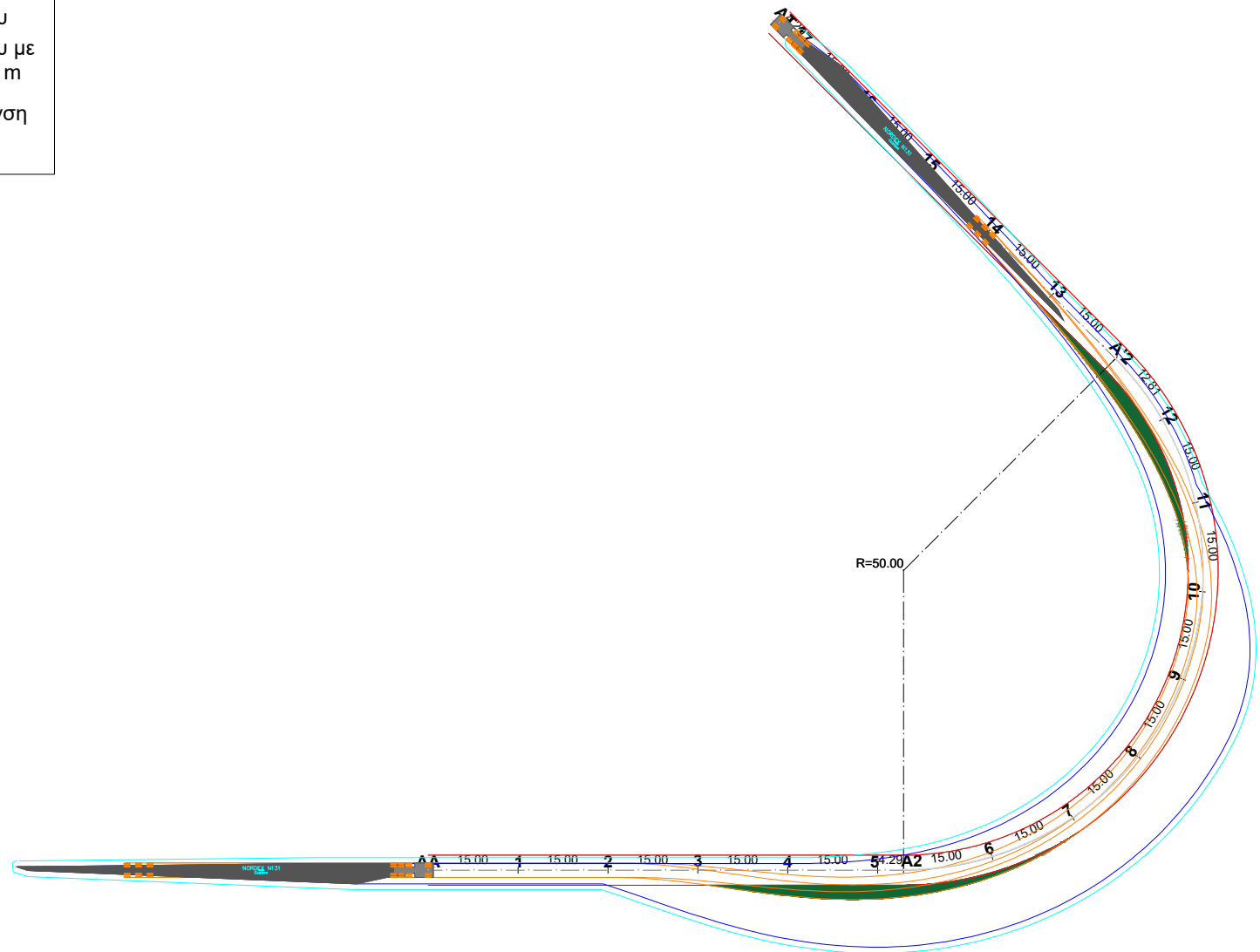
N131

V = 15.00 km/h
 β = 45.000°
Y = 135.000°
R = 50.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



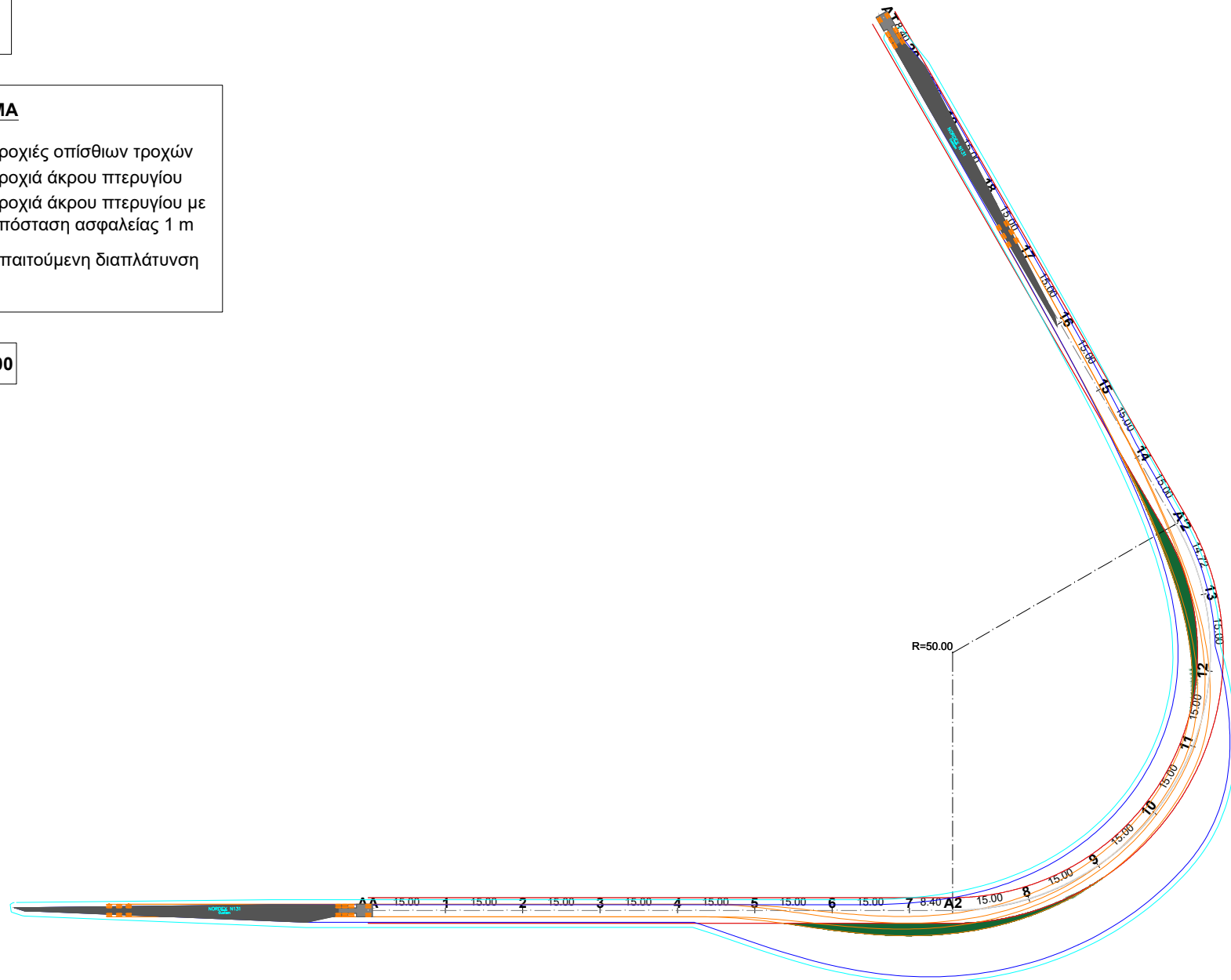
N131

V = 15.00 km/h
 β = 60.000°
 γ = 120.000°
R = 50.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



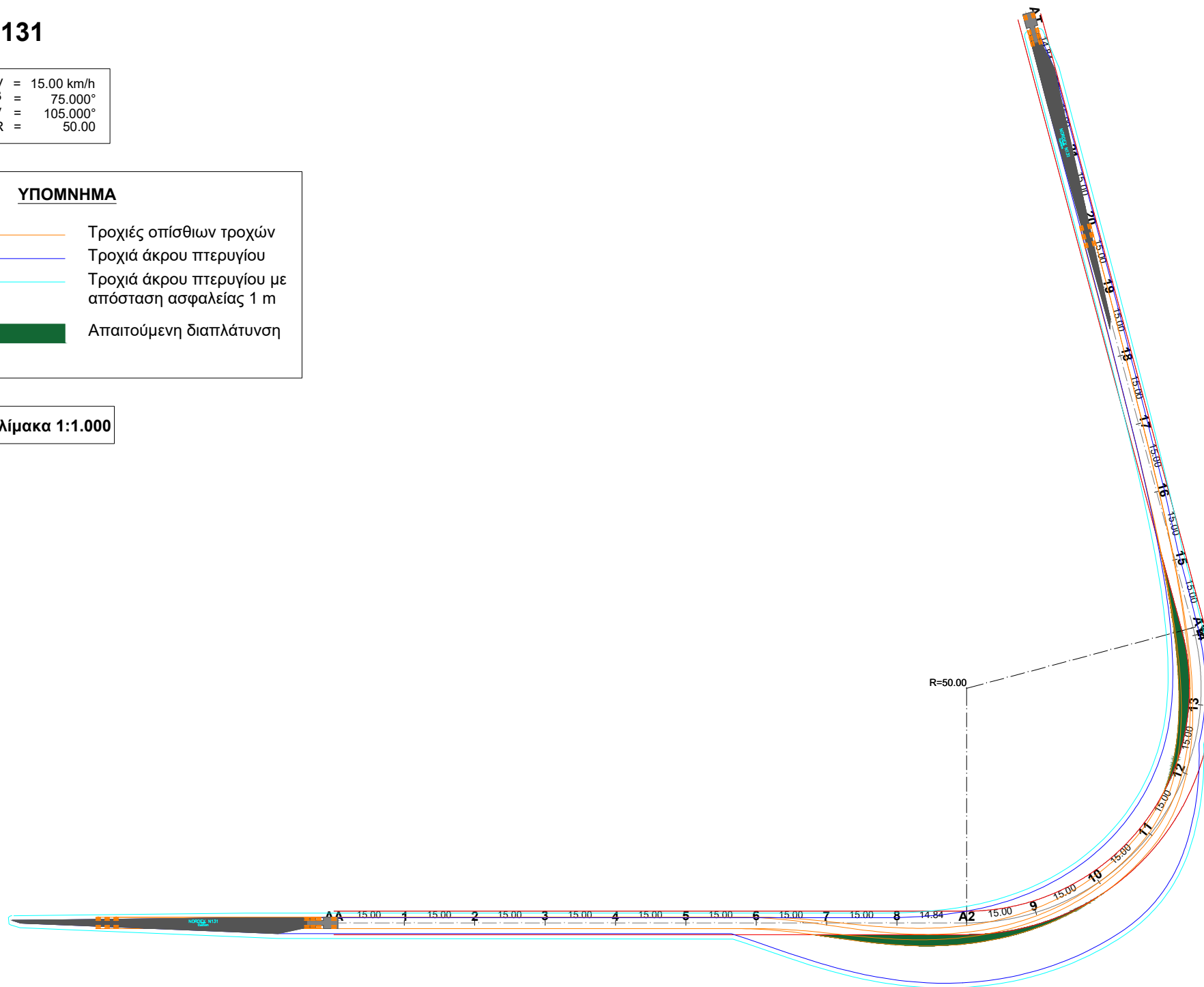
N131

V = 15.00 km/h
 β = 75.000°
 γ = 105.000°
R = 50.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



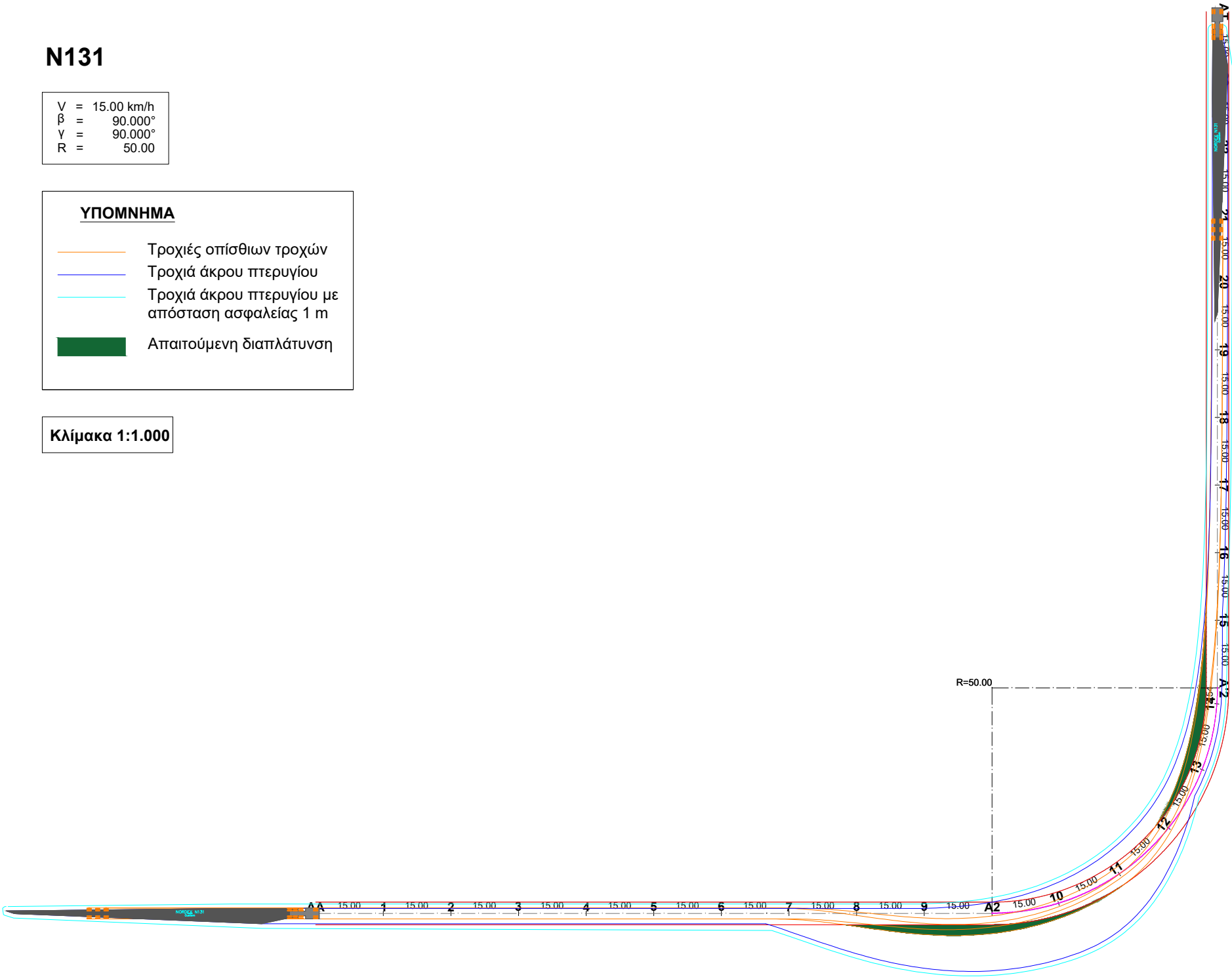
N131

V	=	15.00	km/h
β	=	90.000°	
γ	=	90.000°	
R	=	50.00	

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



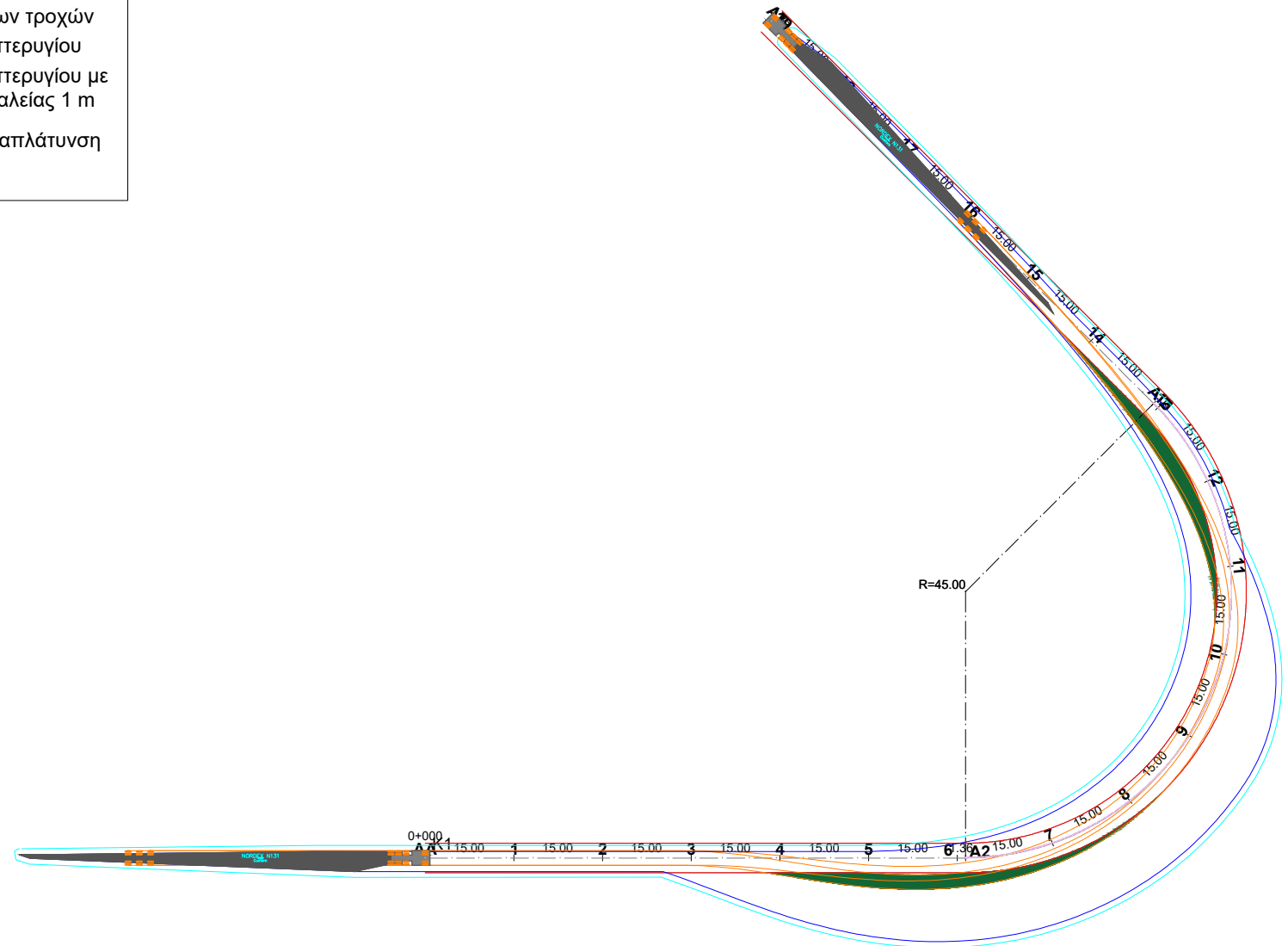
N131

V = 15.00 km/h
 β = 45.000°
 γ = 135.000°
R = 45.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



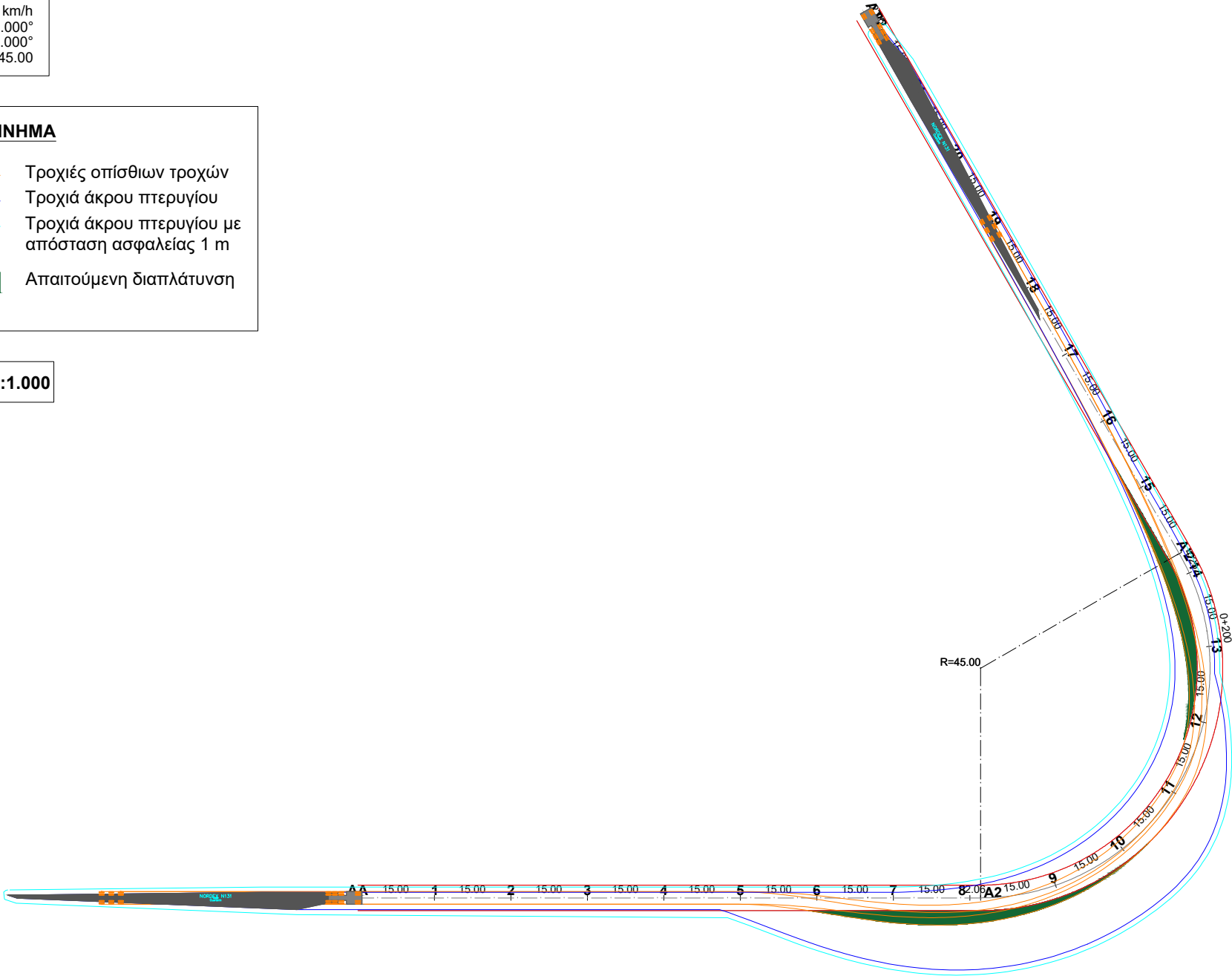
N131

V	=	15.00 km/h
β	=	60.000°
γ	=	120.000°
R	=	45.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



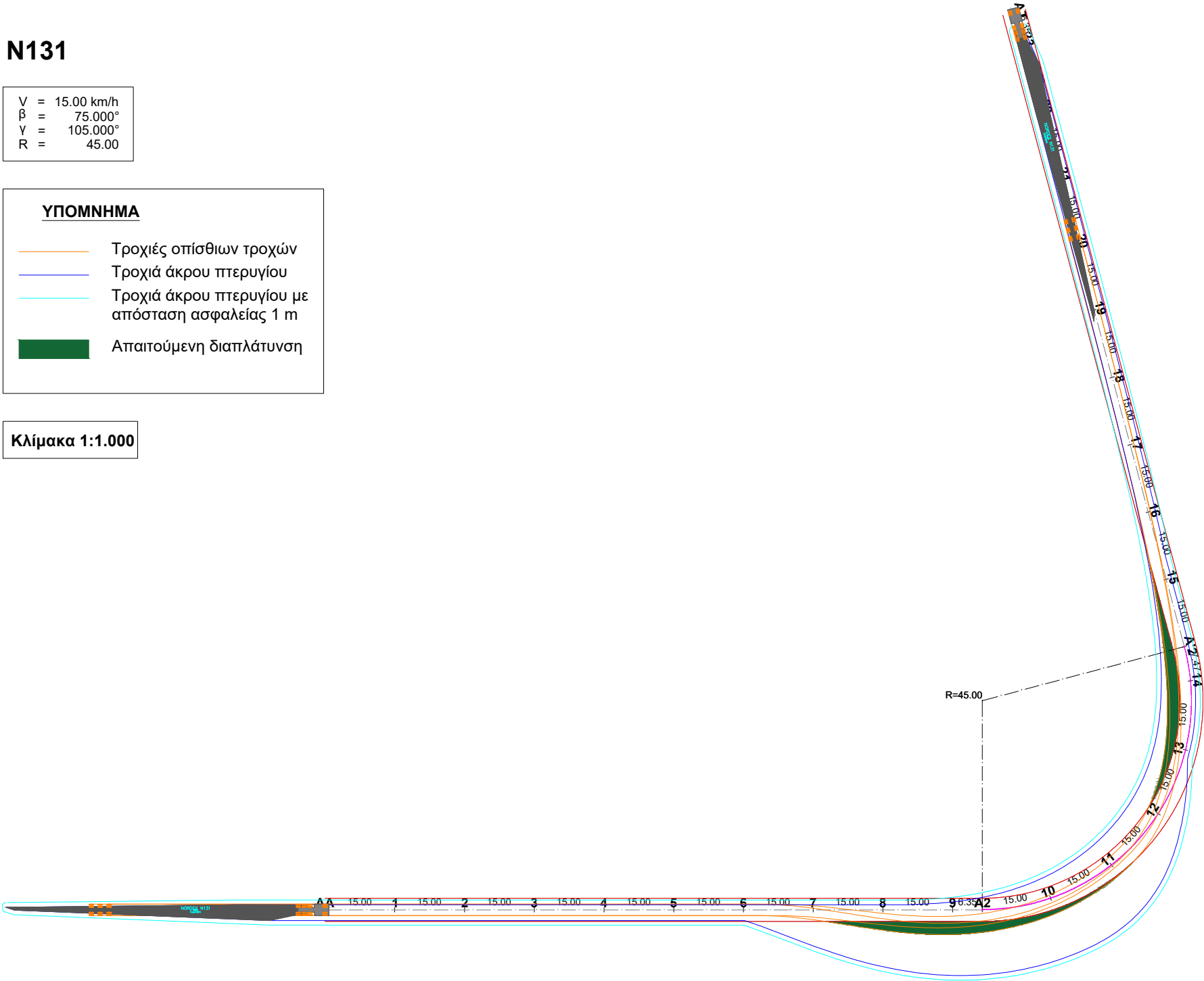
N131

V	=	15.00	km/h
β	=	75.000°	
γ	=	105.000°	
R	=	45.00	

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



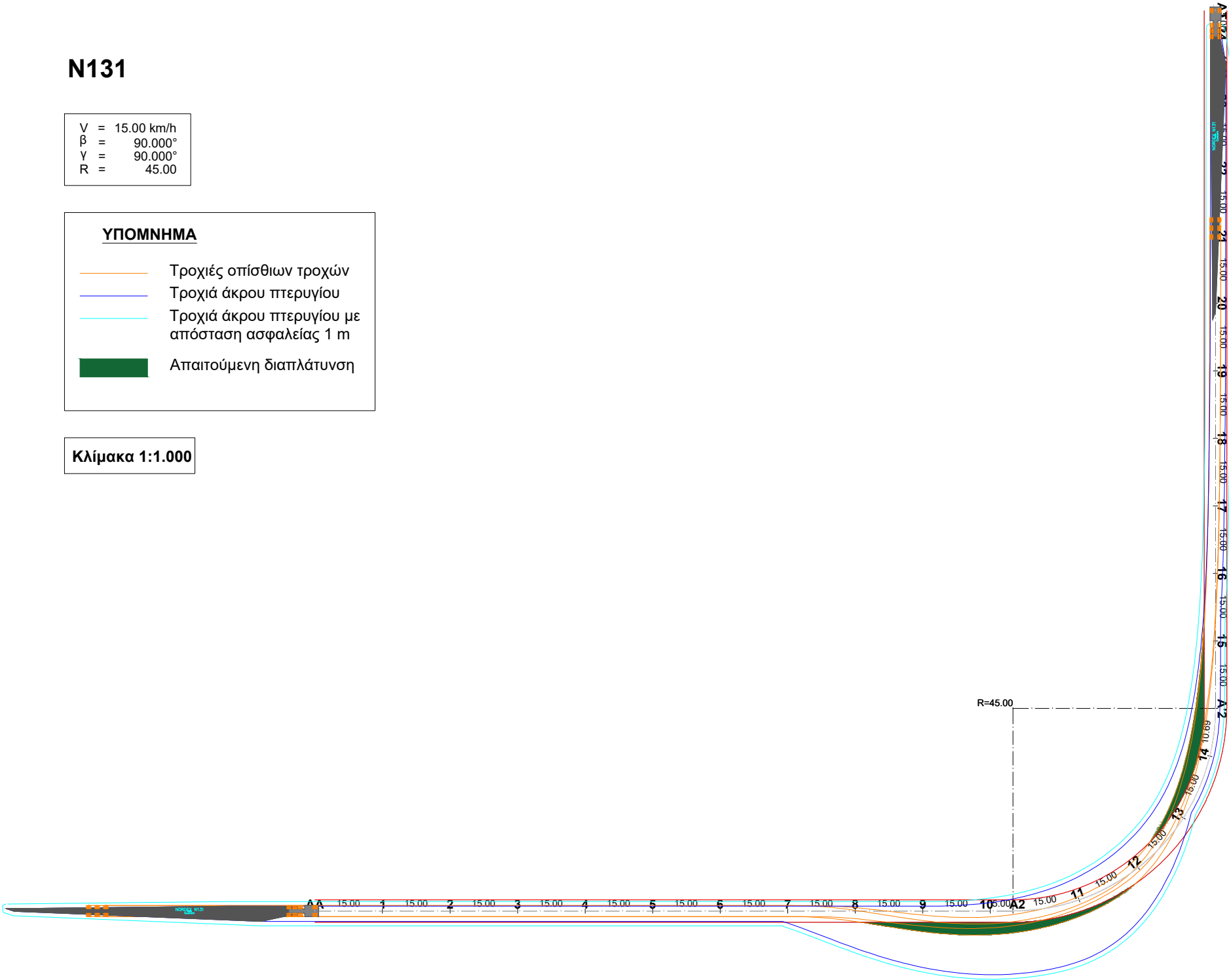
N131

V	=	15.00 km/h
β	=	90.000°
Υ	=	90.000°
R	=	45.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



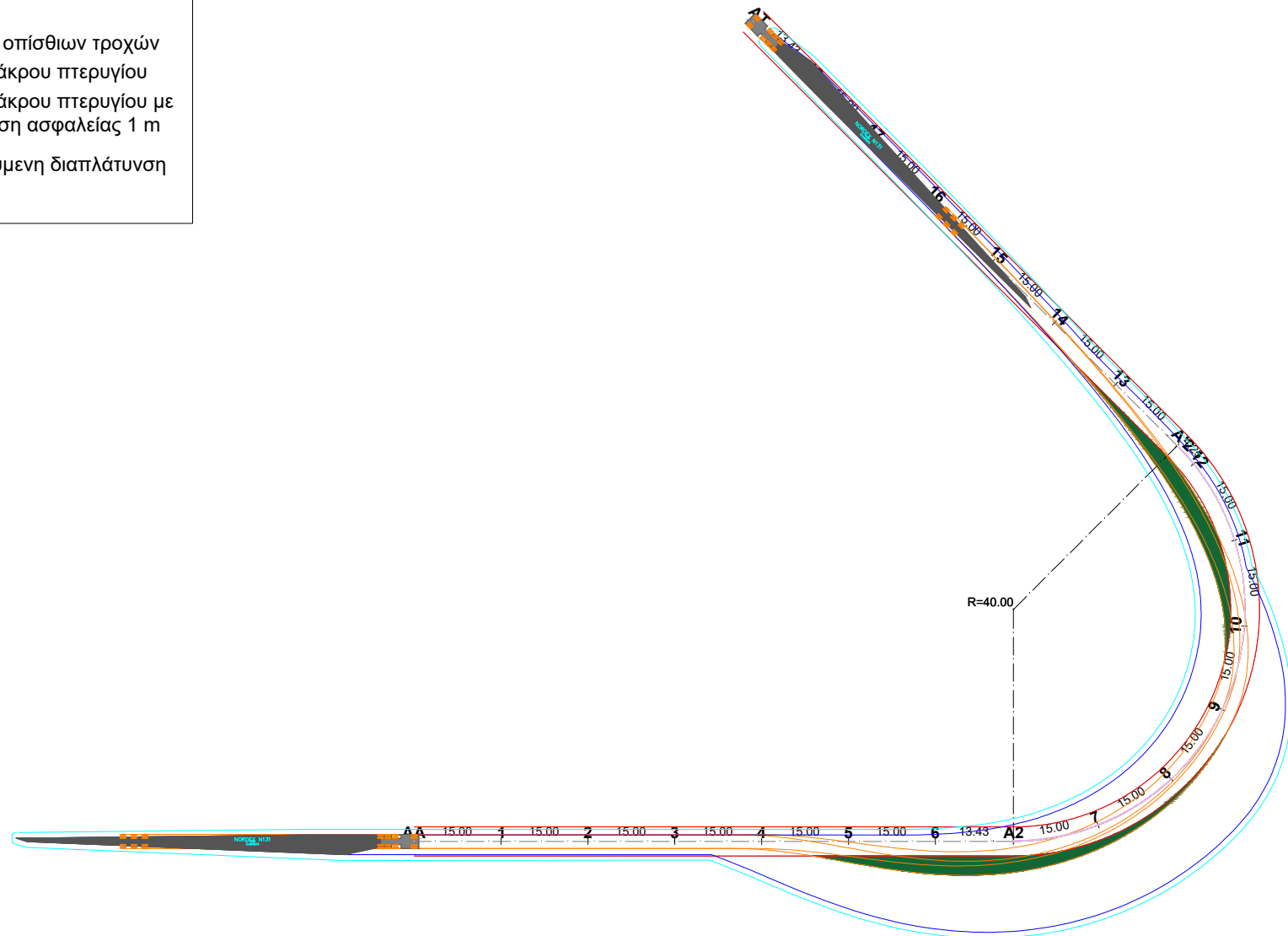
N131

V = 15.00 km/h
 β = 45.000°
Y = 135.000°
R = 40.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



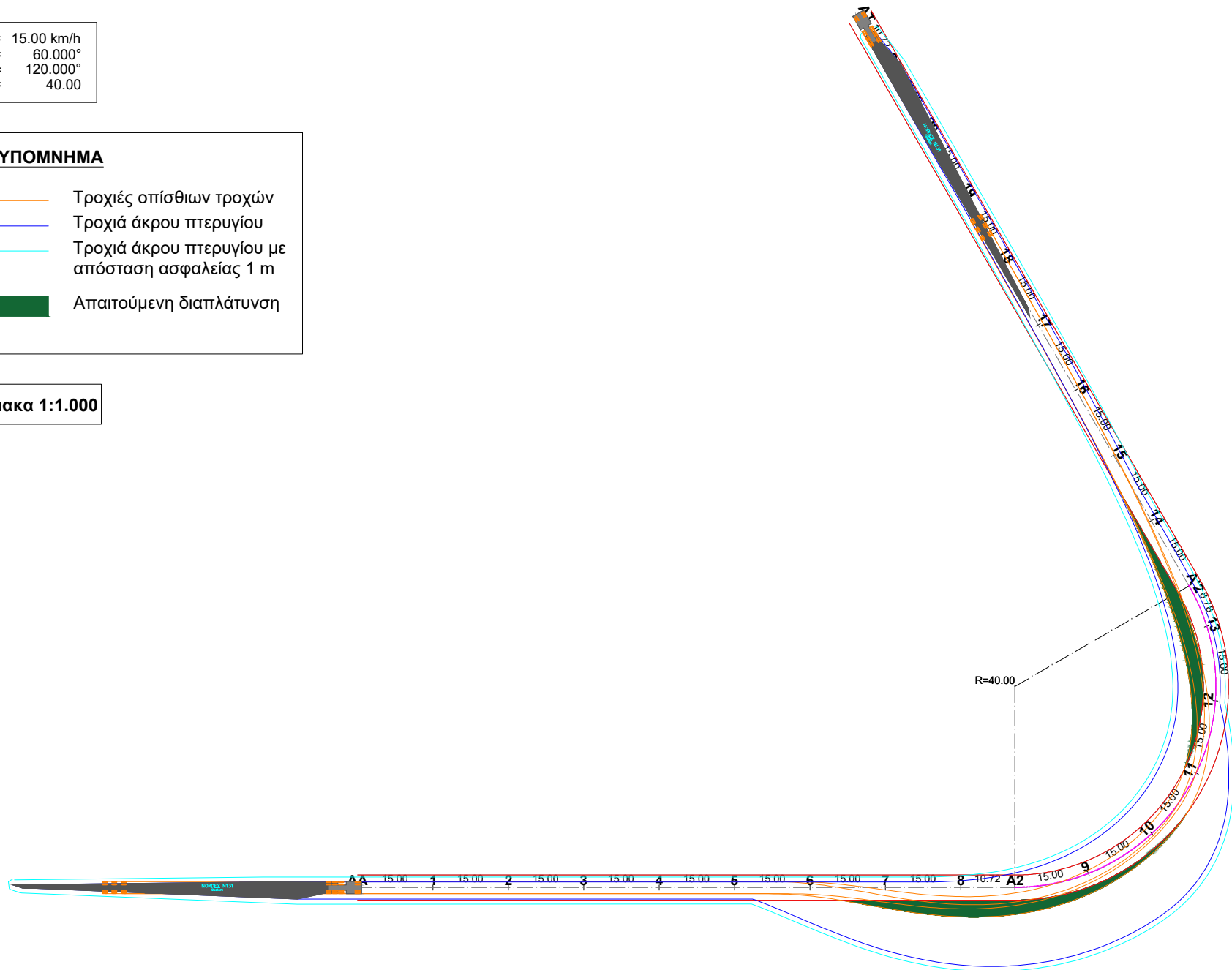
N131

V = 15.00 km/h
 β = 60.000°
 γ = 120.000°
R = 40.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



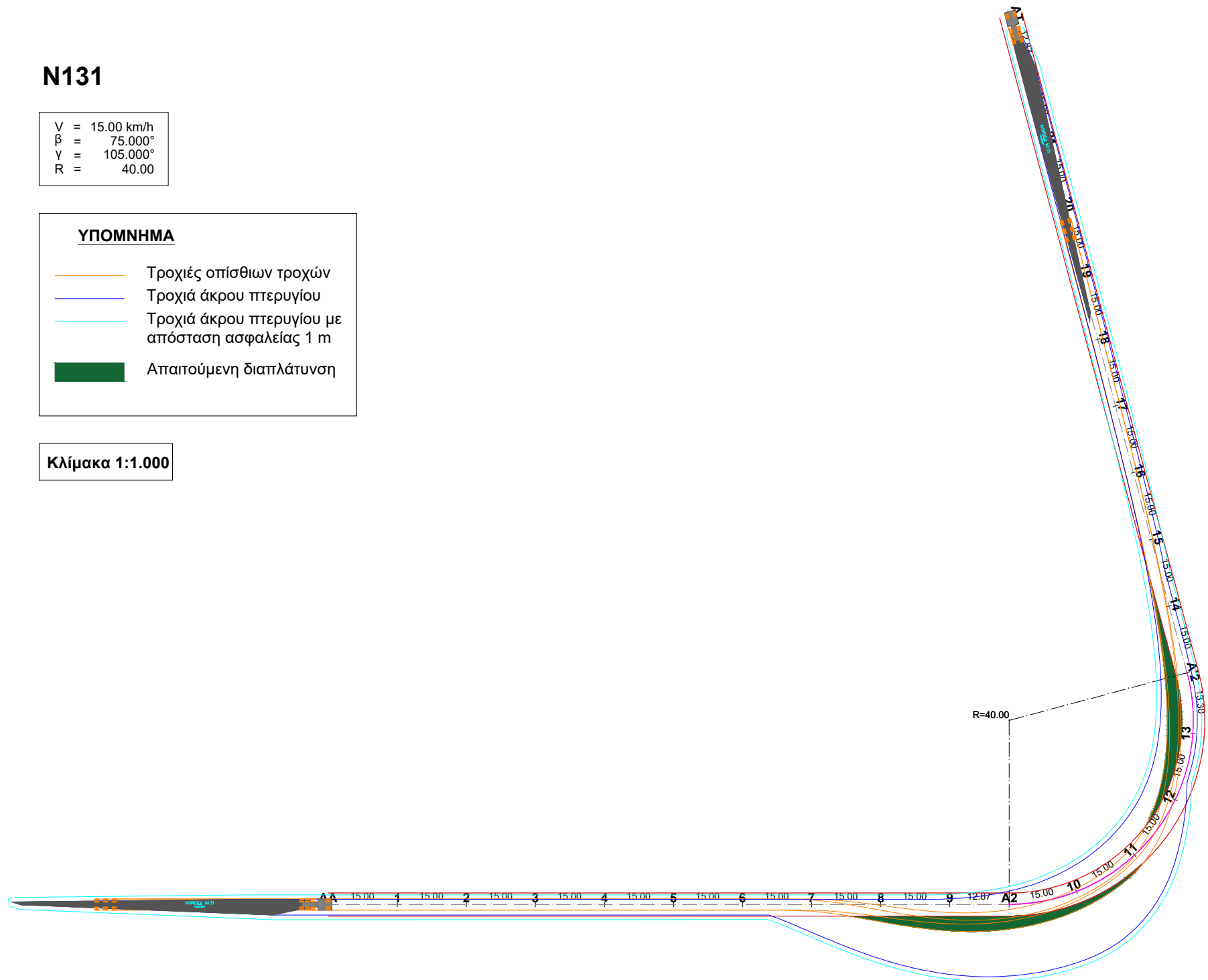
N131

V = 15.00 km/h
 β = 75.000°
 γ = 105.000°
R = 40.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



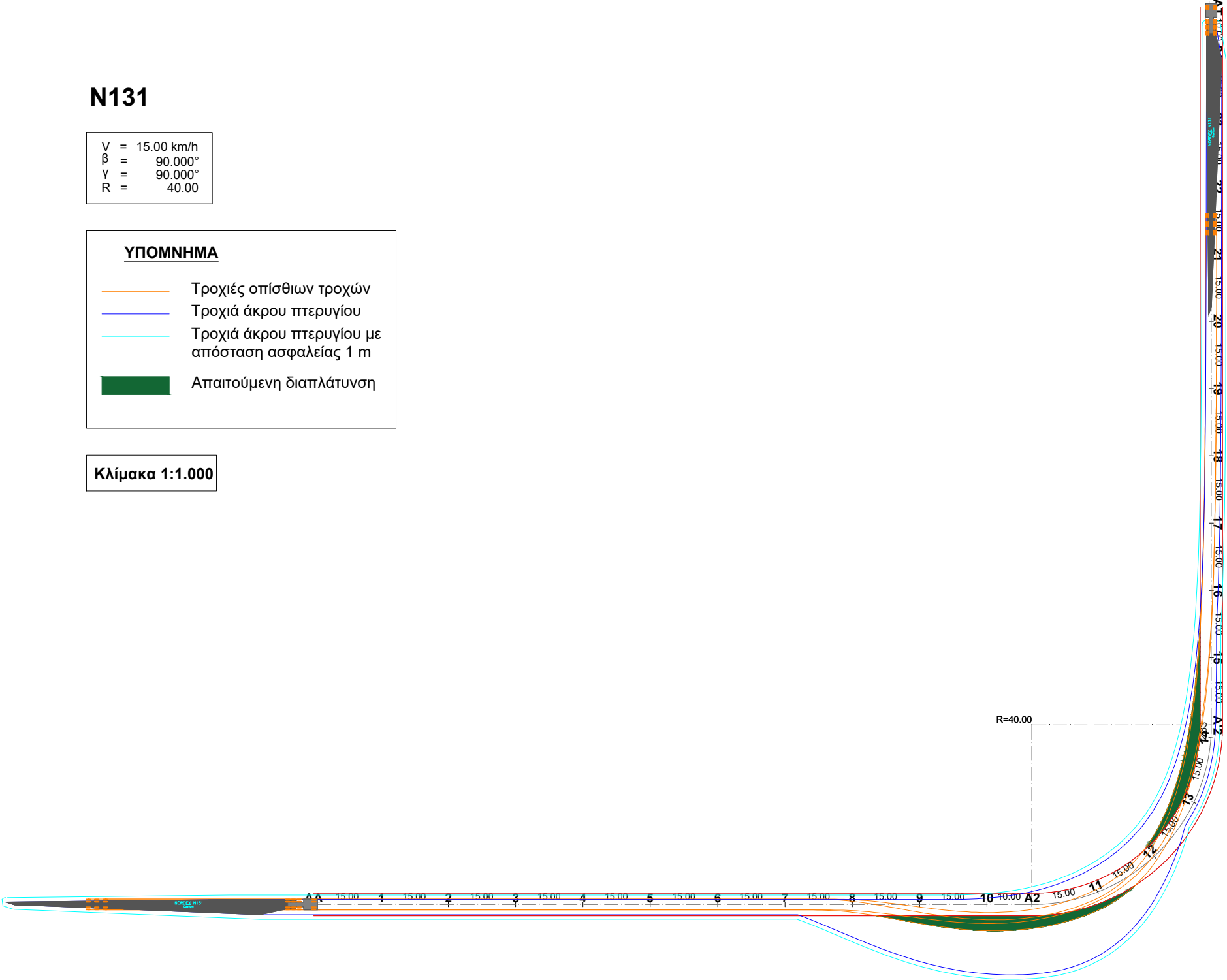
N131

V	=	15.00	km/h
β	=	90.000°	
γ	=	90.000°	
R	=	40.00	

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



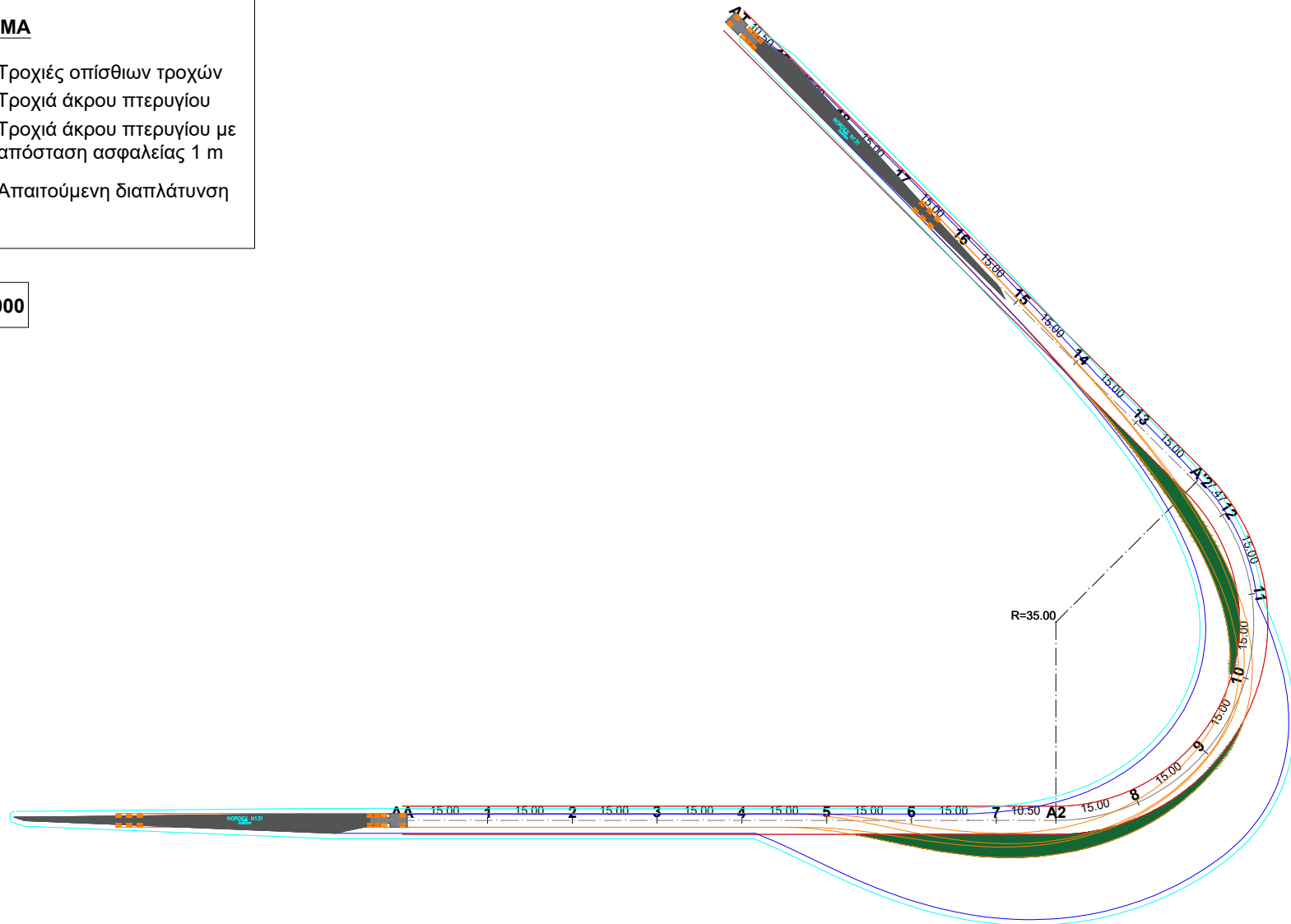
N131

V = 15.00 km/h
 β = 45.000°
 γ = 135.000°
R = 35.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



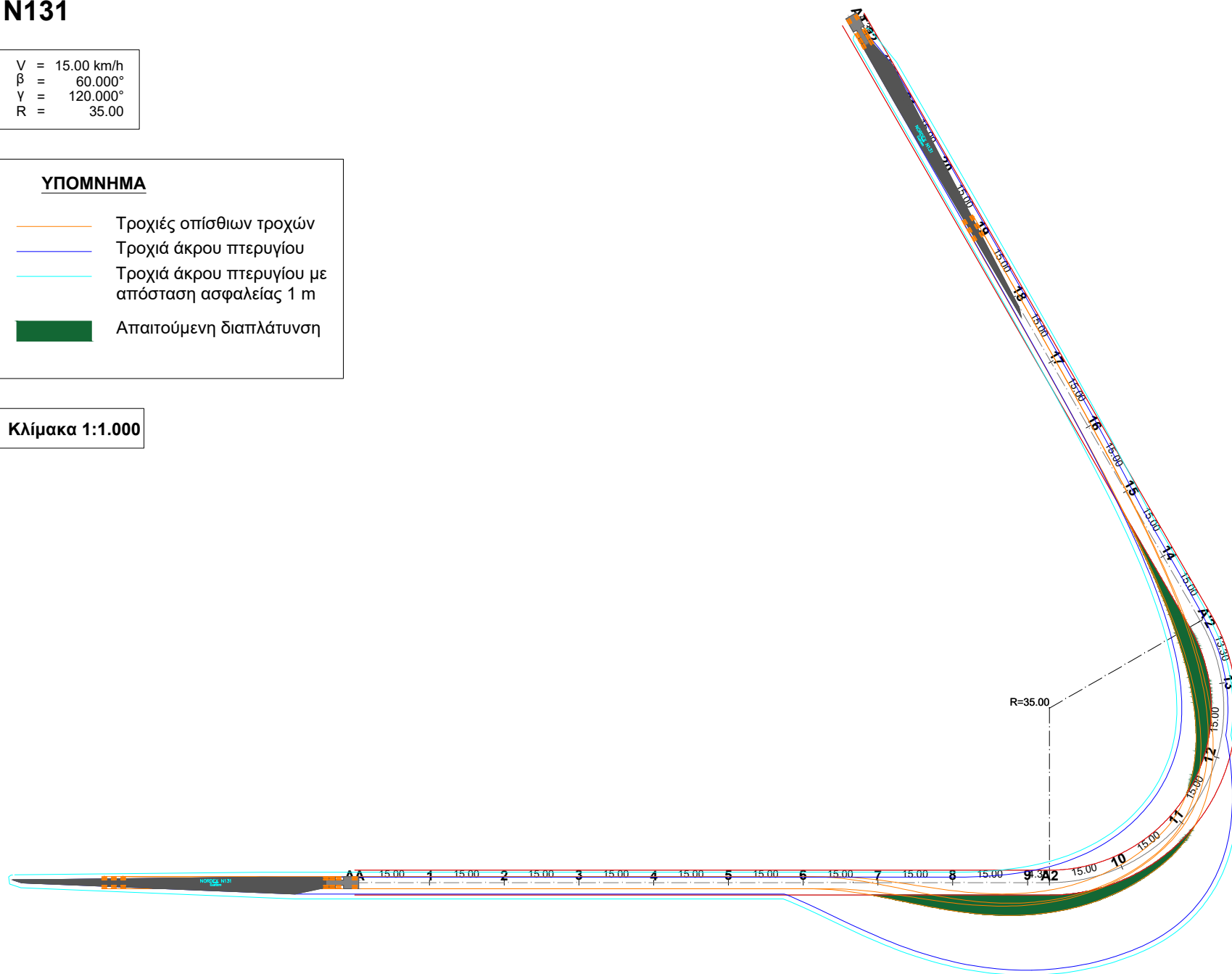
N131

V = 15.00 km/h
 β = 60.000°
 γ = 120.000°
R = 35.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



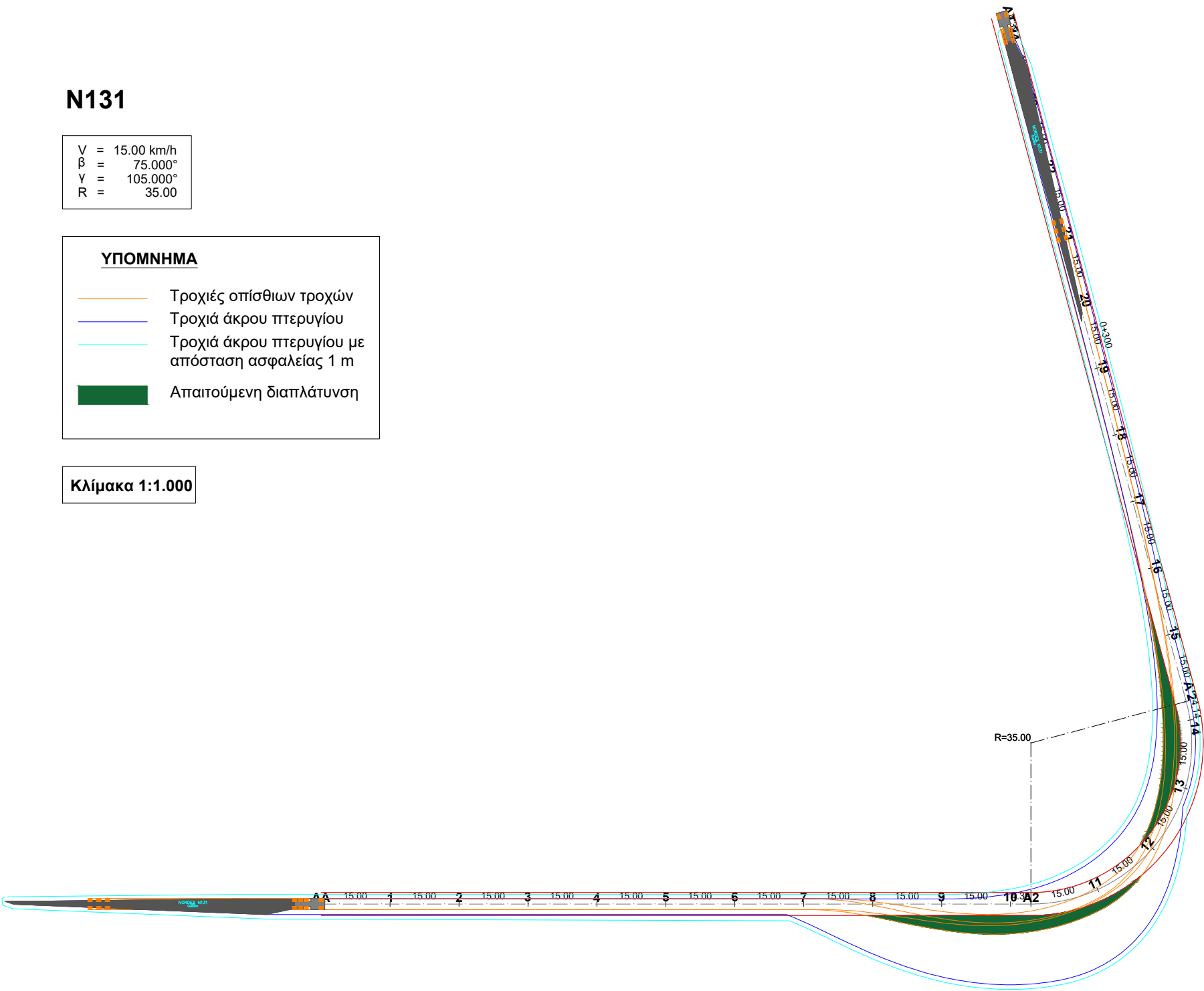
N131

V	=	15.00 km/h
β	=	75.000°
γ	=	105.000°
R	=	35.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



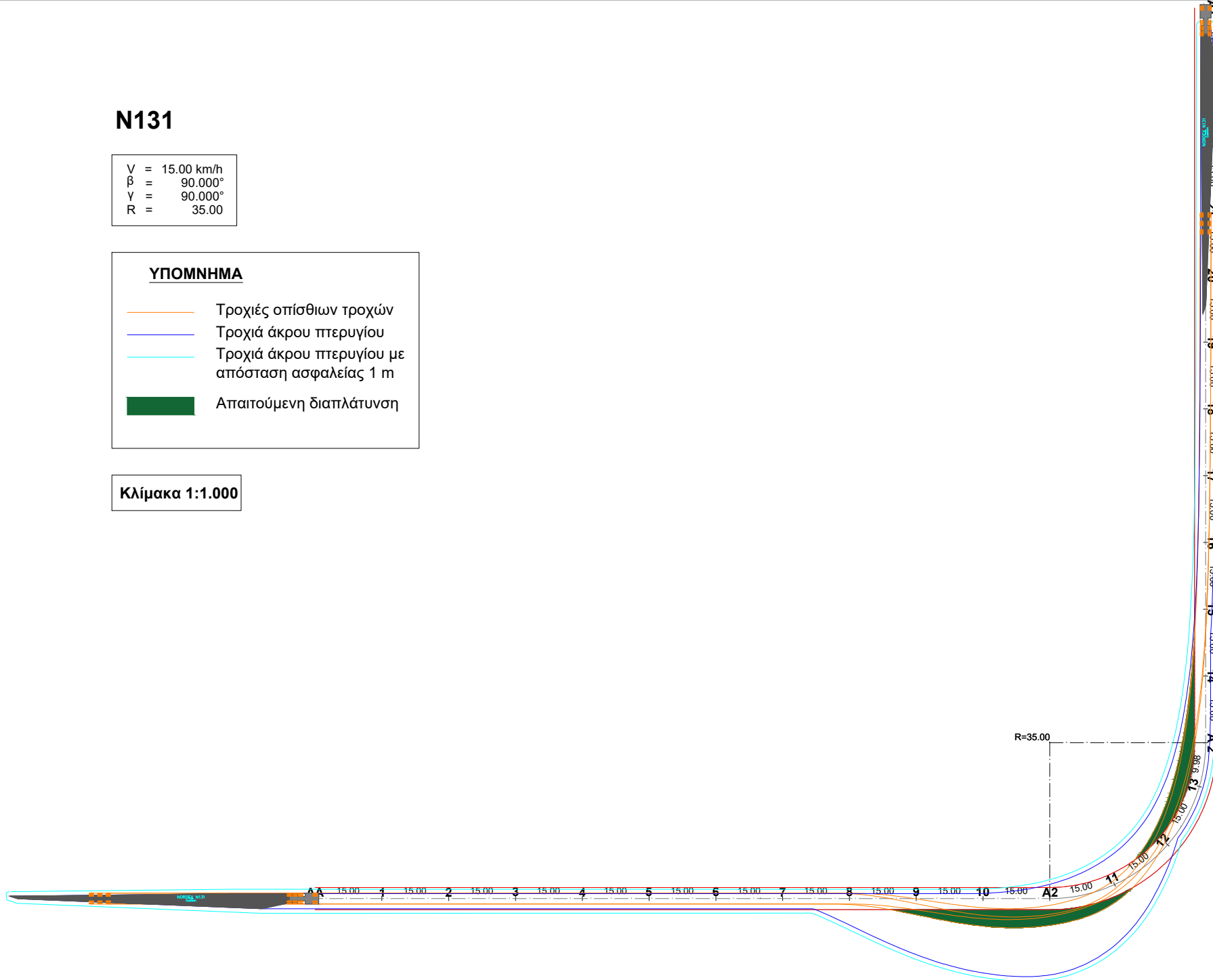
N131

V = 15.00 km/h
 β = 90.000°
 γ = 90.000°
R = 35.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



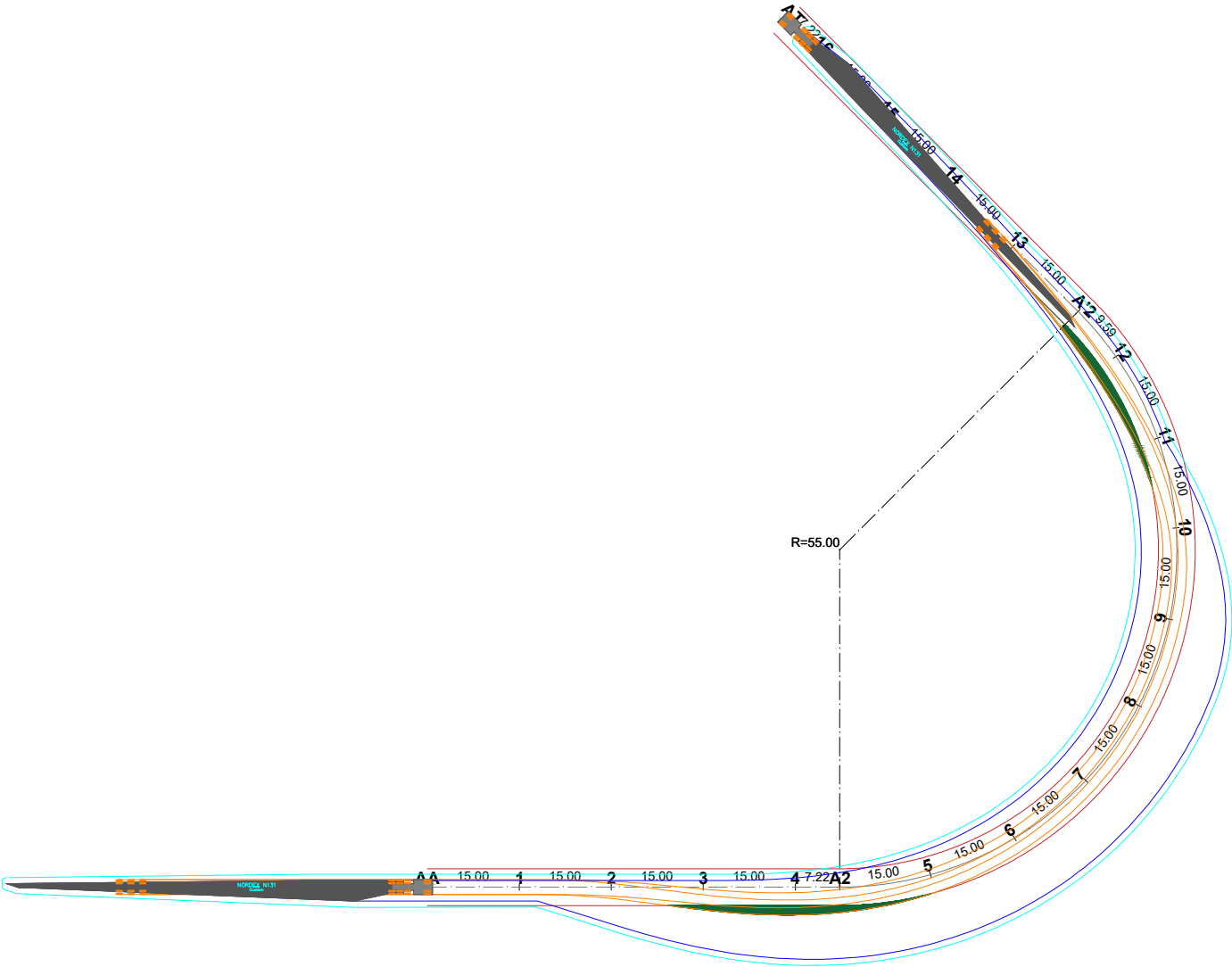
N131

V	=	15.00	km/h
β	=	45.000°	
γ	=	135.000°	
R	=	55.00	

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



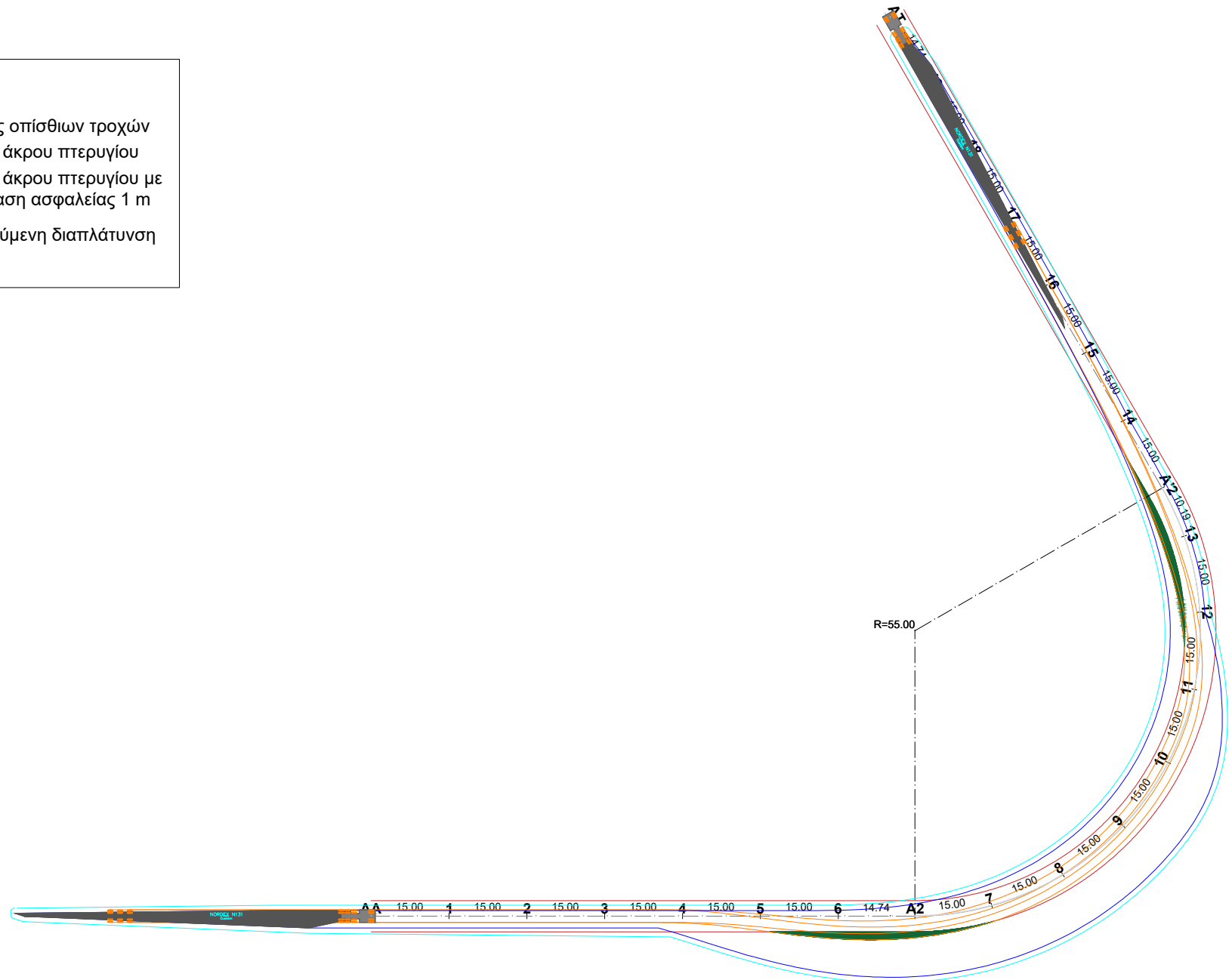
N131

V = 15.00 km/h
 β = 60.000°
 γ = 120.000°
R = 55.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



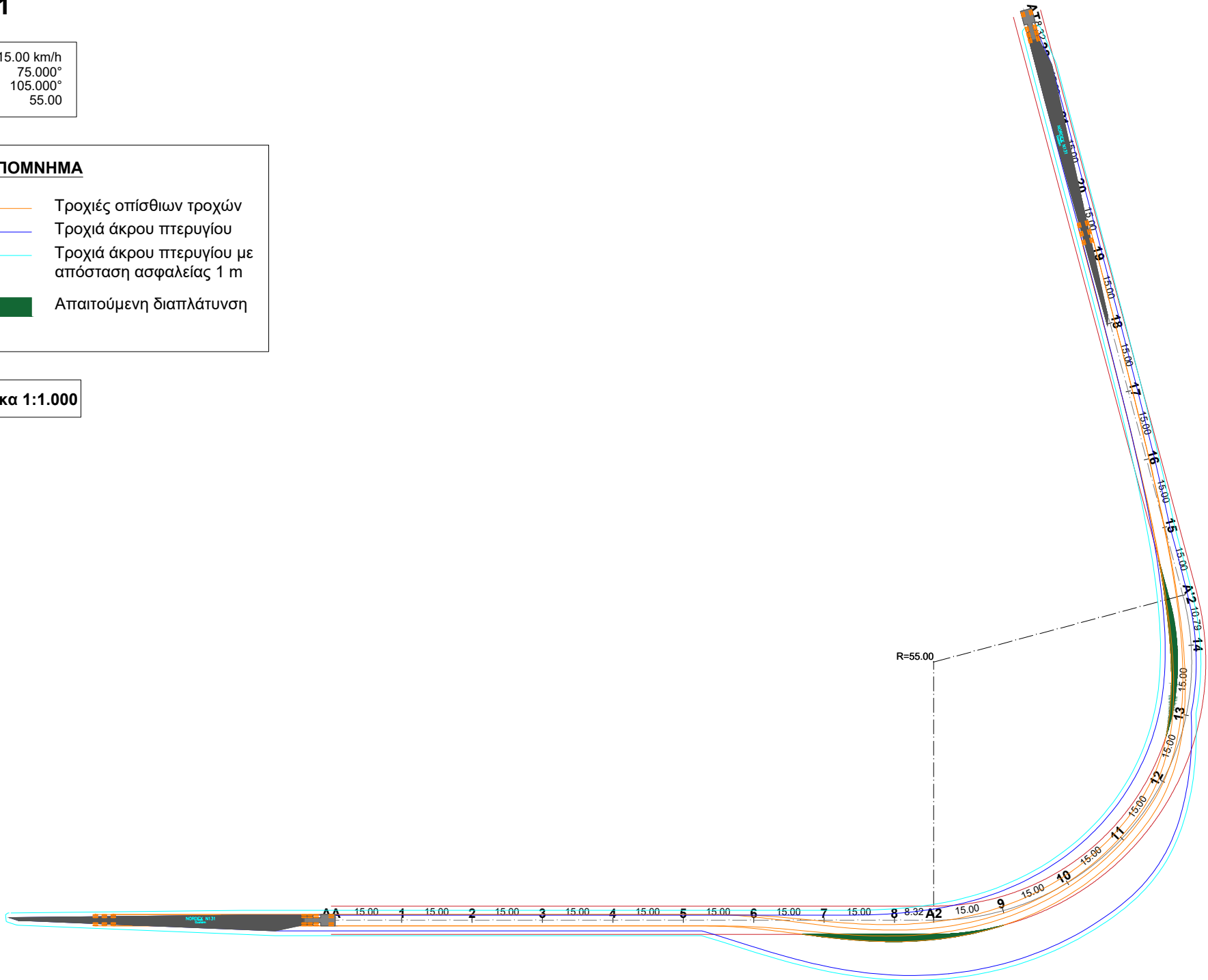
N131

V	=	15.00	km/h
β	=	75.000°	
Υ	=	105.000°	
R	=	55.00	

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



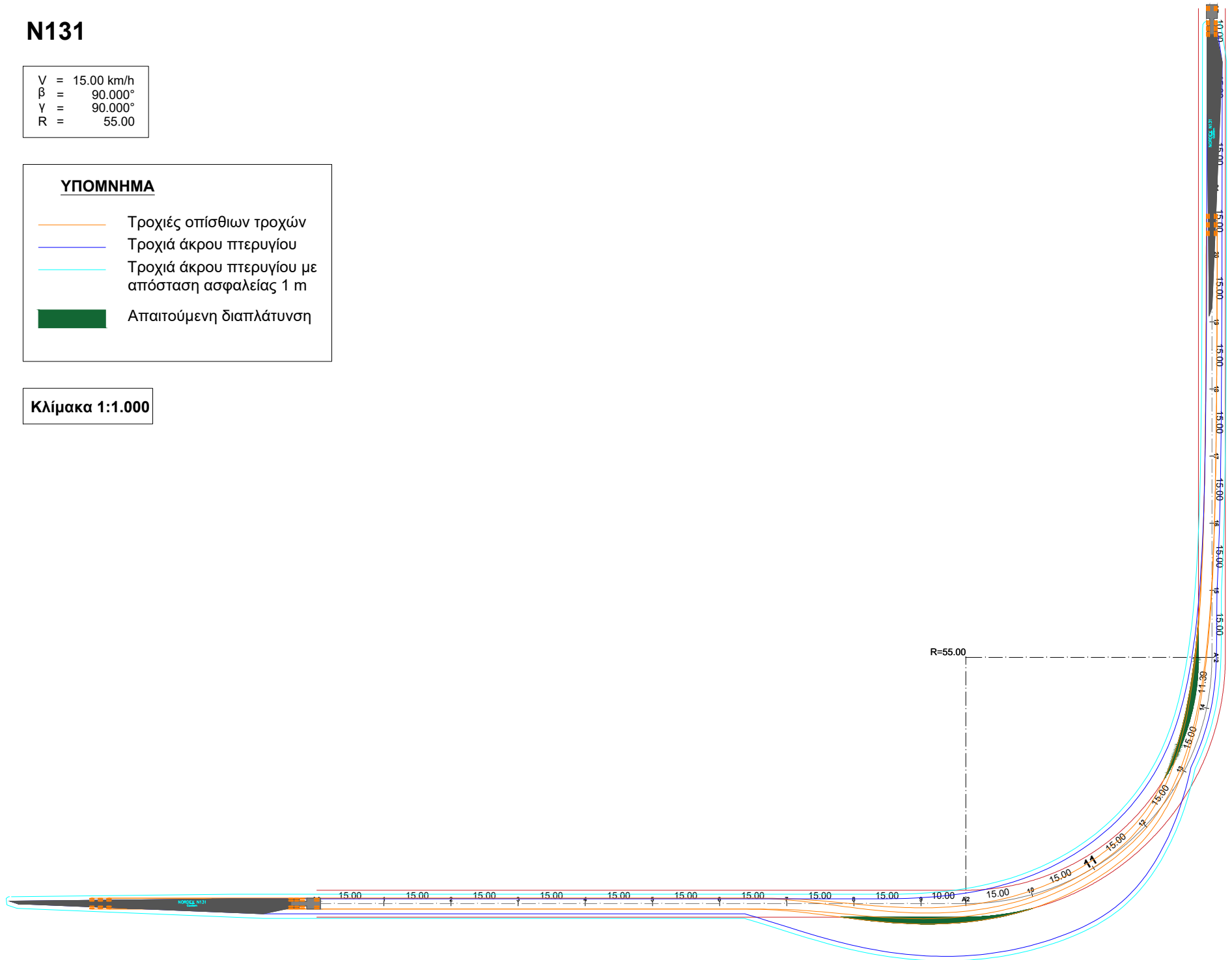
N131

V = 15.00 km/h
 β = 90.000°
 γ = 90.000°
R = 55.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



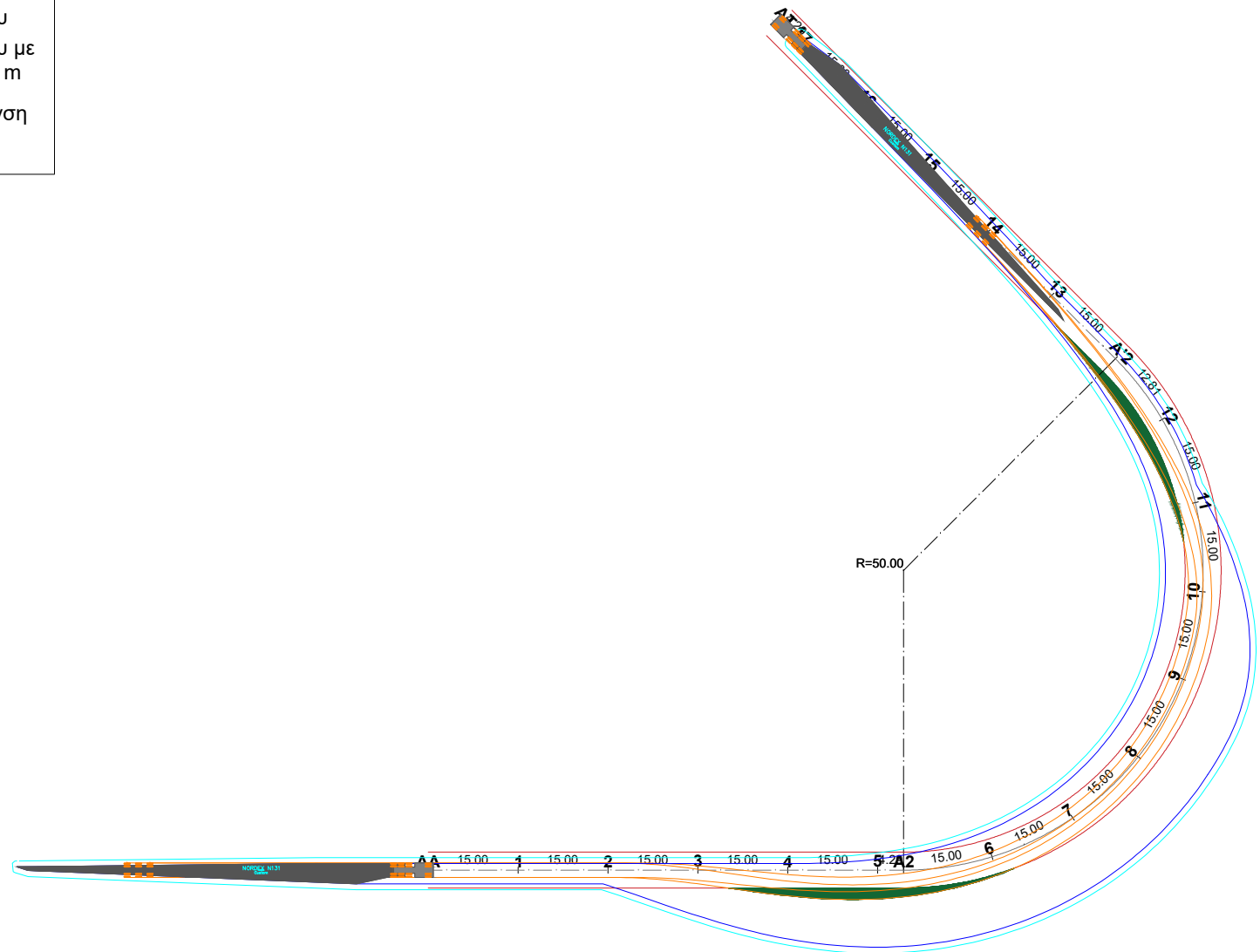
N131

V = 15.00 km/h
 β = 45.000°
 γ = 135.000°
R = 50.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



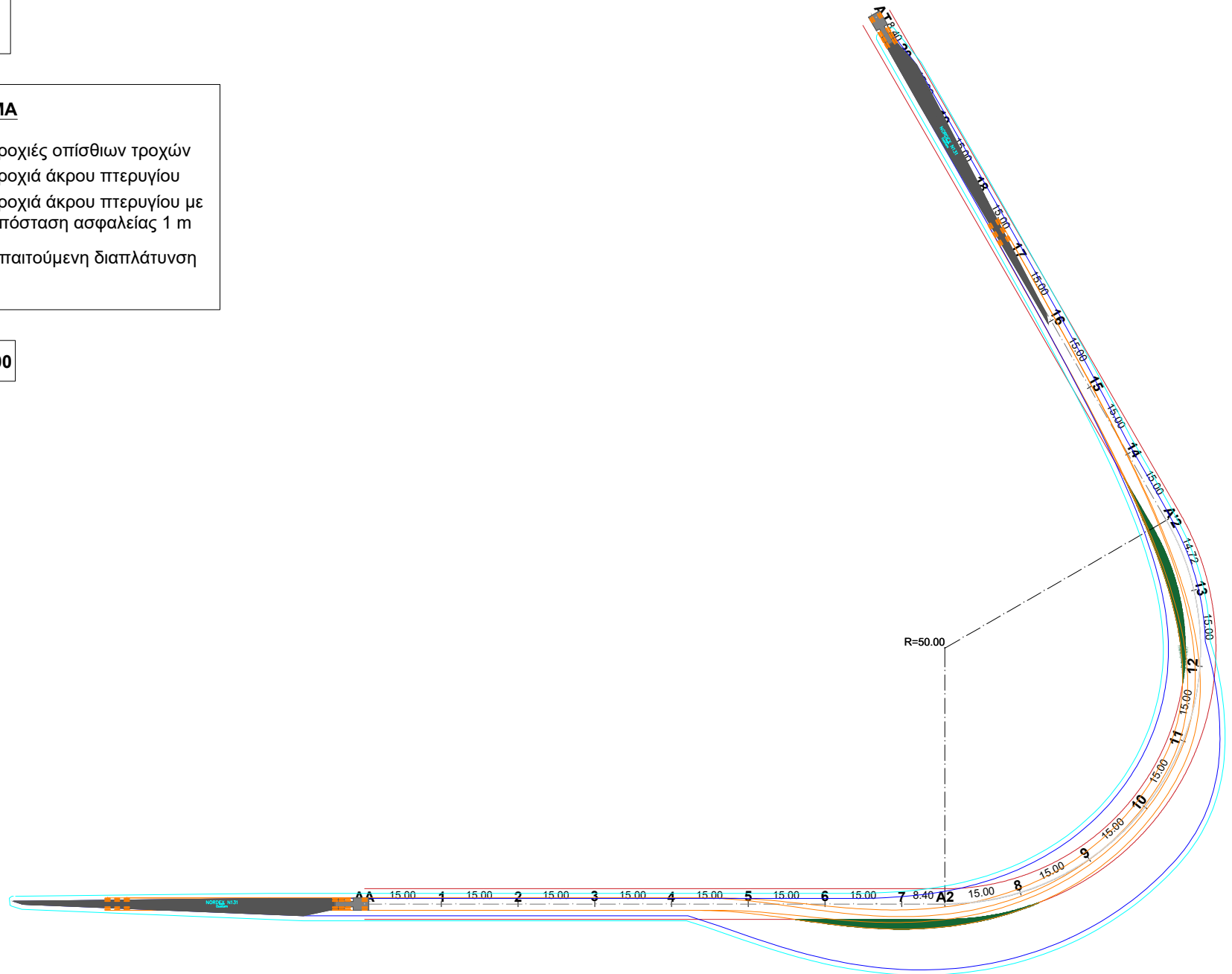
N131

V = 15.00 km/h
 β = 60.000°
 γ = 120.000°
R = 50.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



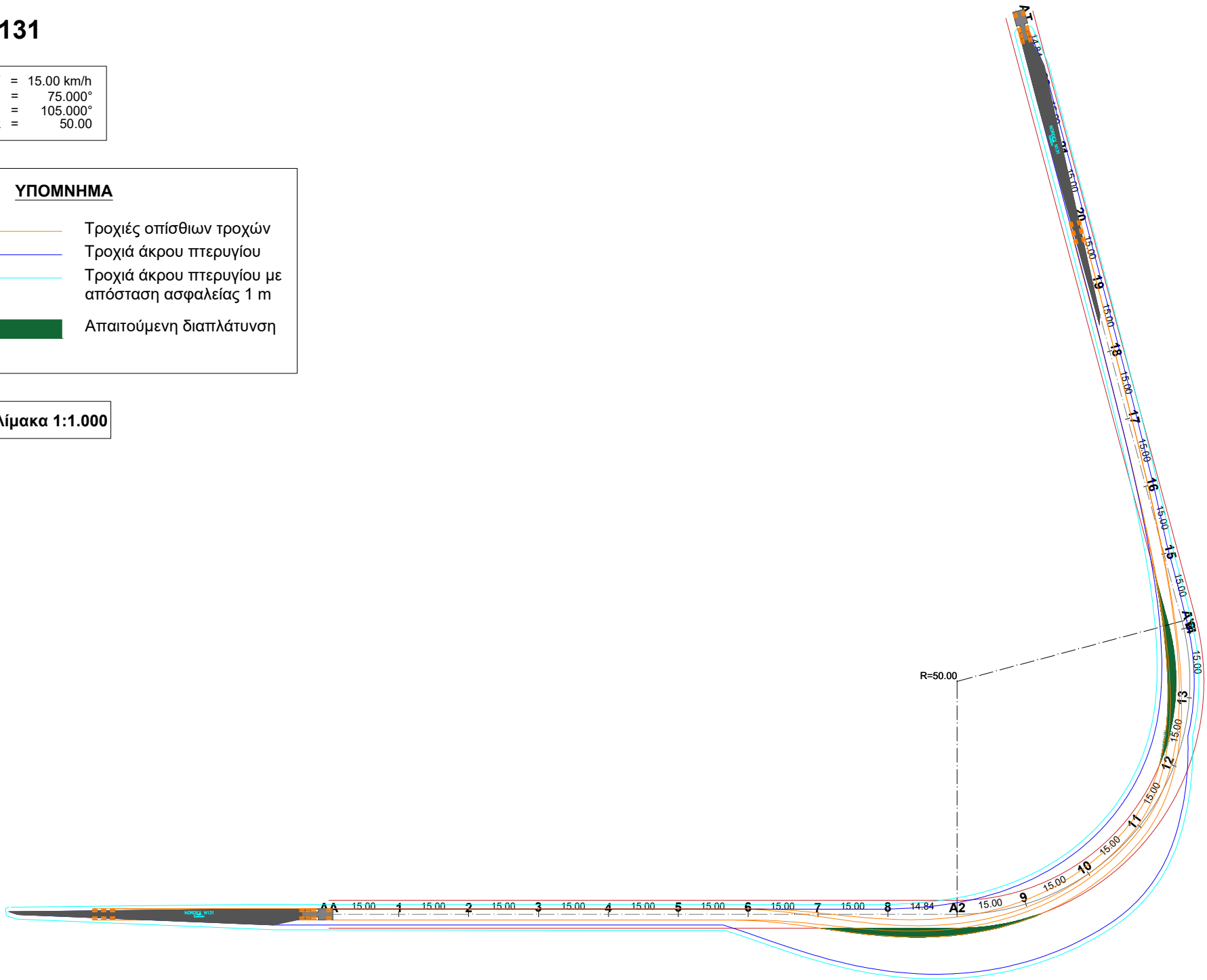
N131

V	=	15.00	km/h
β	=	75.000°	
Υ	=	105.000°	
R	=	50.00	

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



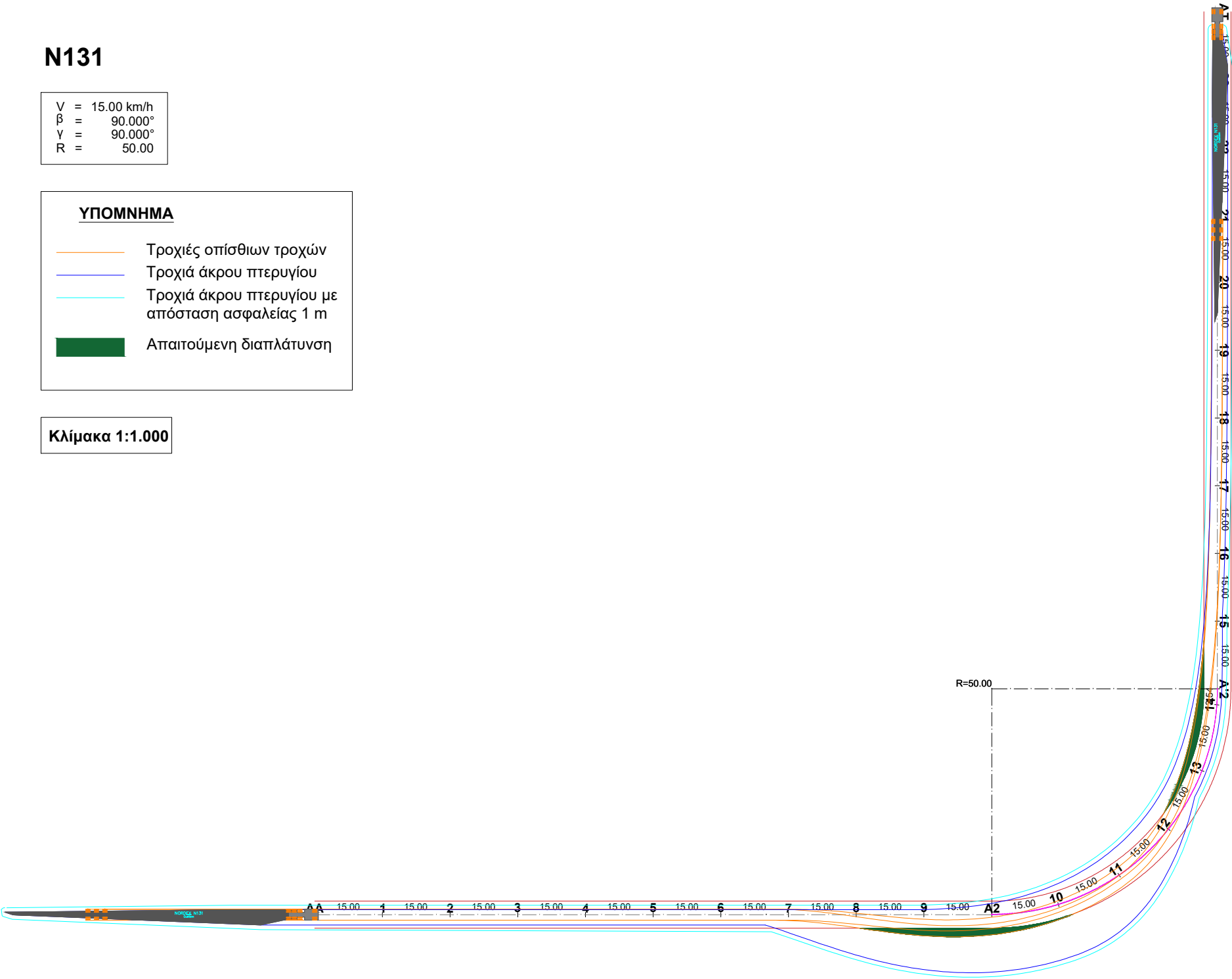
N131

V	=	15.00 km/h
β	=	90.000°
γ	=	90.000°
R	=	50.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



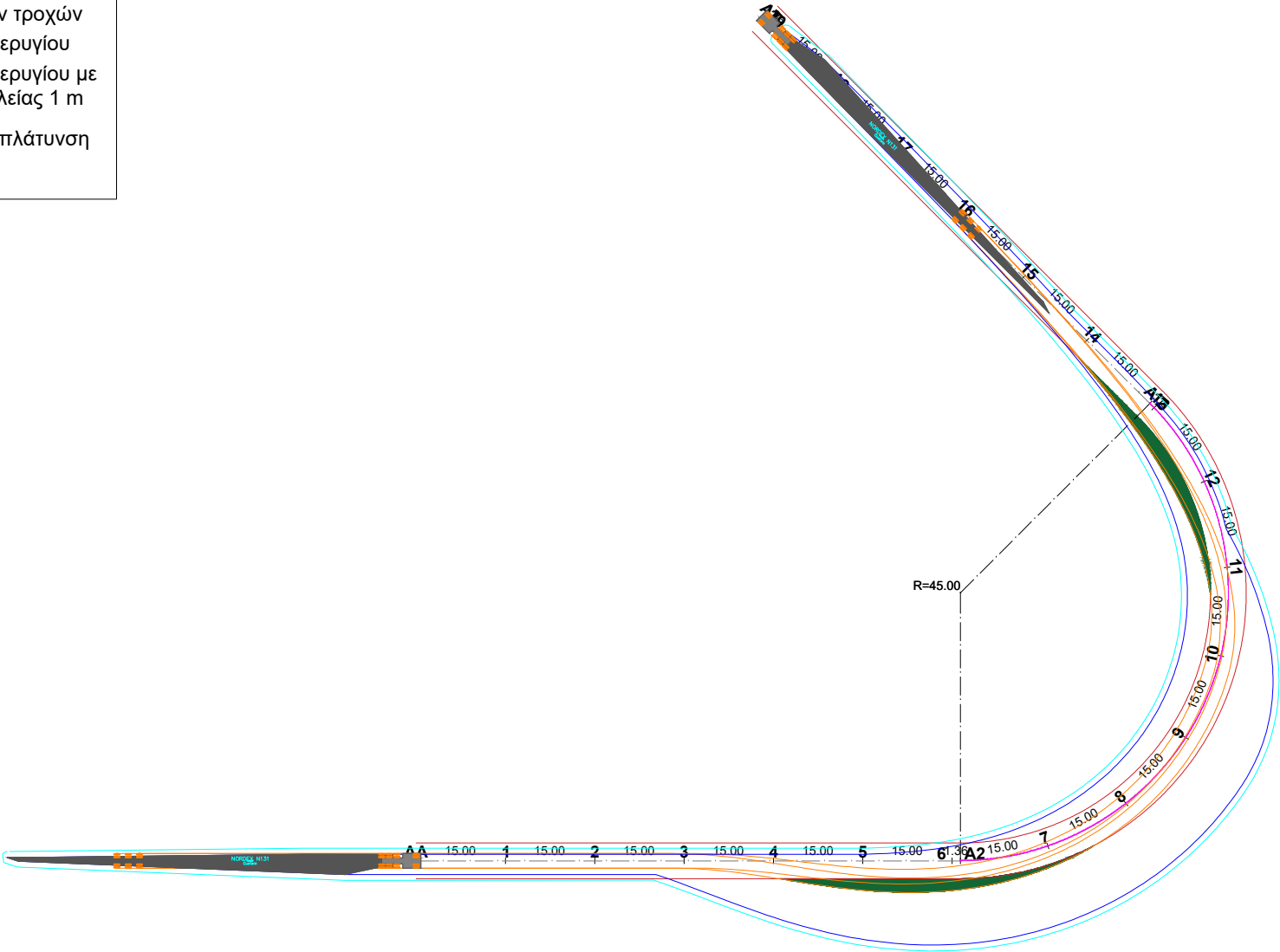
N131

V	=	15.00 km/h
β	=	45.000°
γ	=	135.000°
R	=	45.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



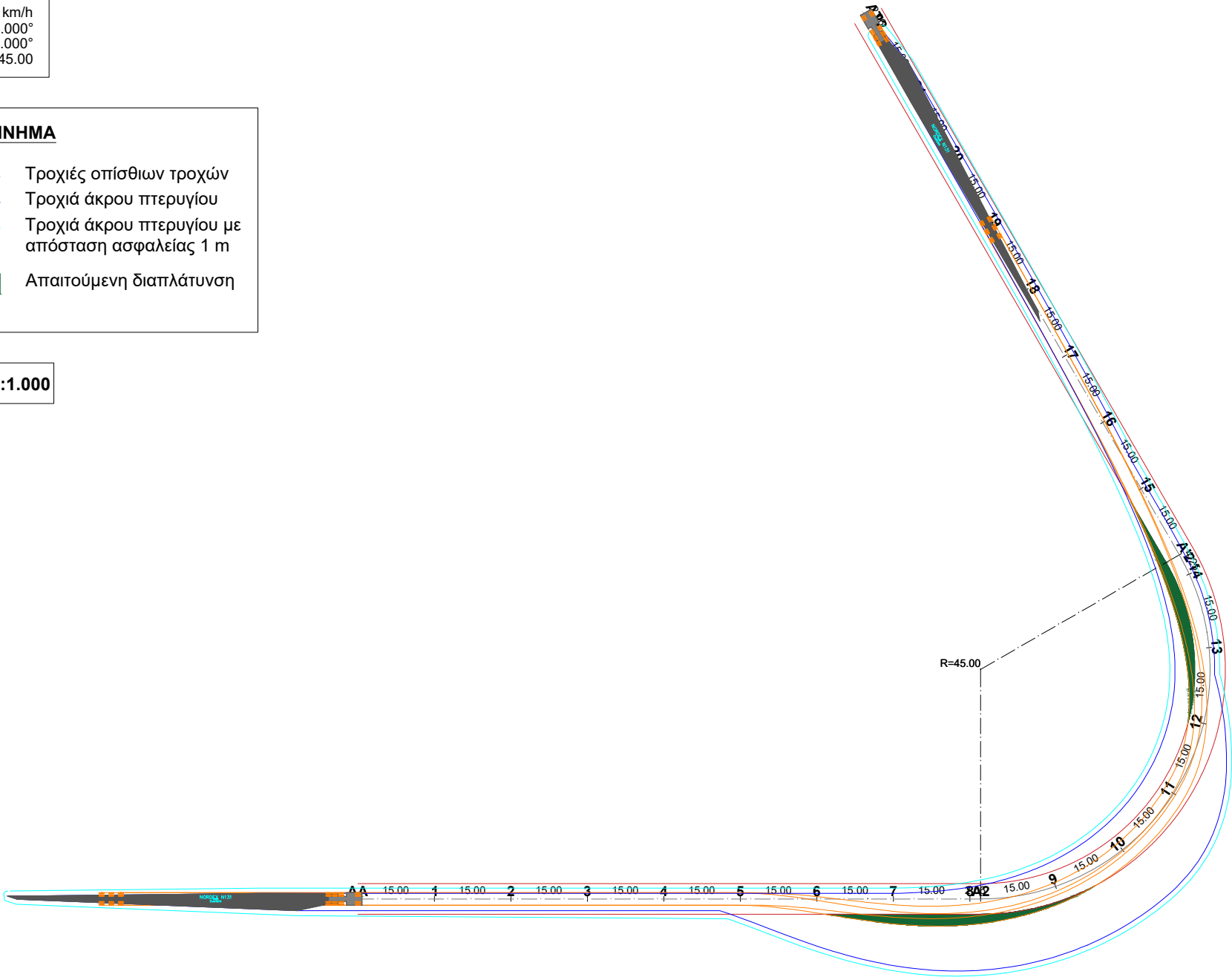
N131

V	=	15.00 km/h
β	=	60.000°
γ	=	120.000°
R	=	45.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



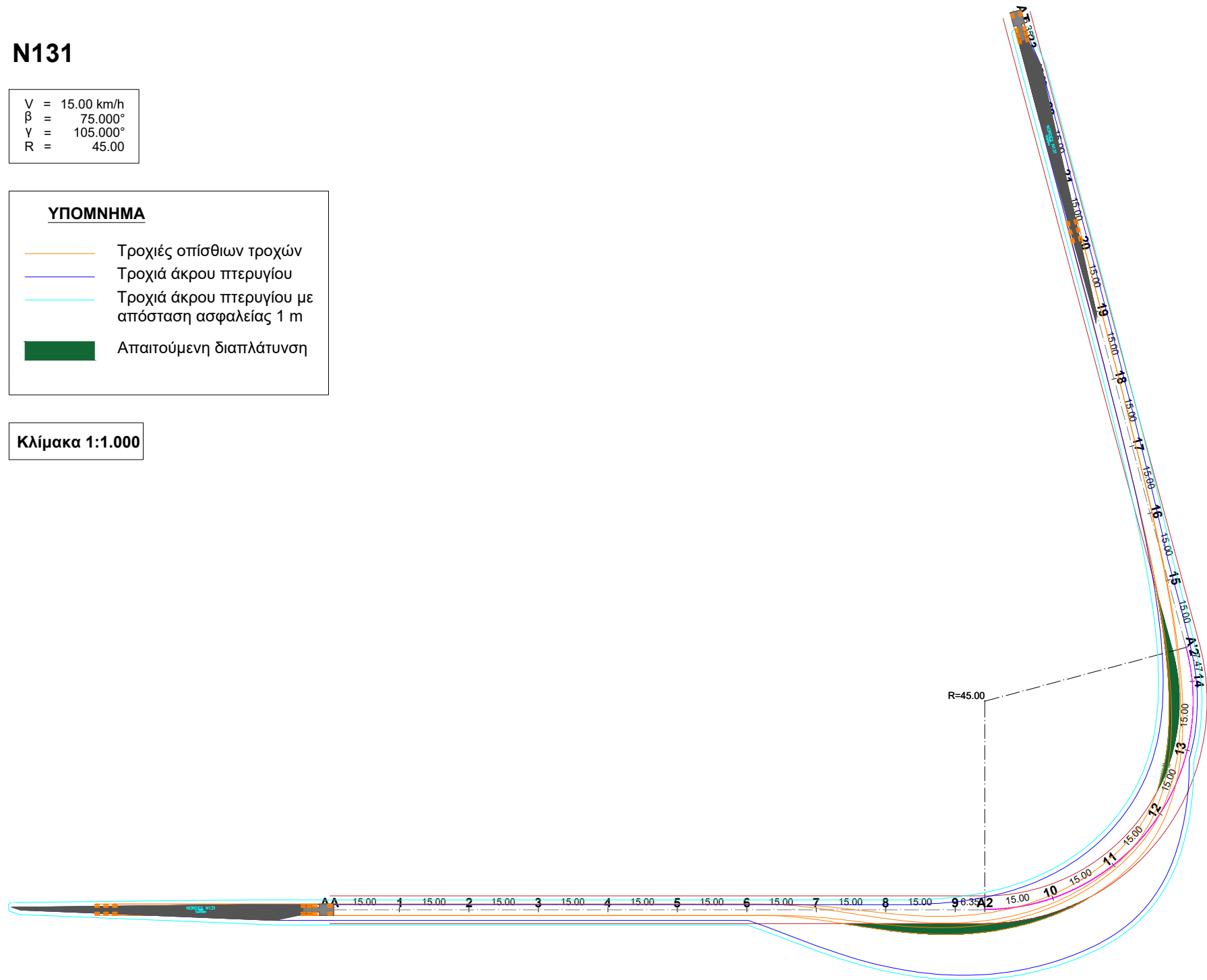
N131

V = 15.00 km/h
 β = 75.000°
 γ = 105.000°
R = 45.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



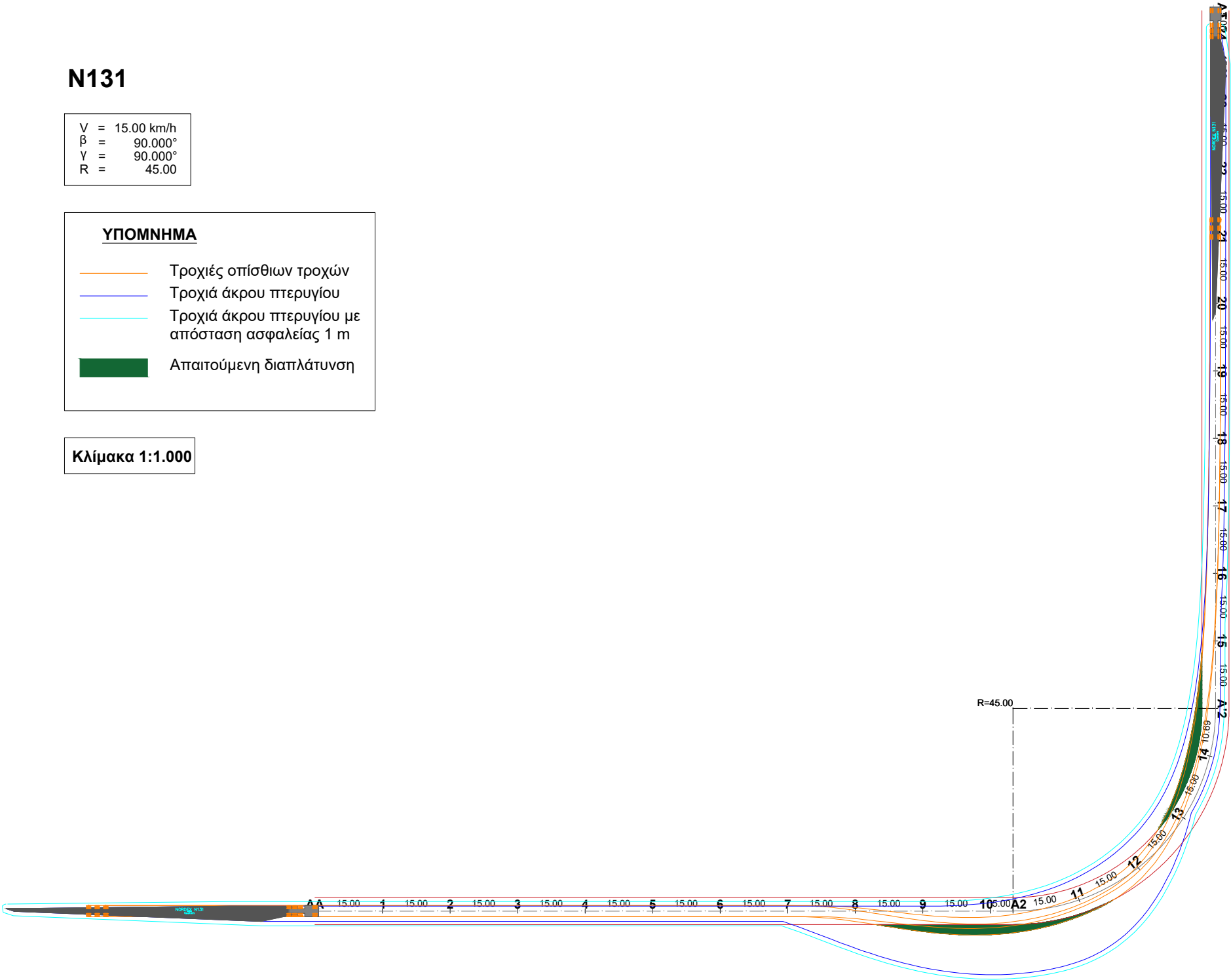
N131

V	=	15.00 km/h
β	=	90.000°
γ	=	90.000°
R	=	45.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



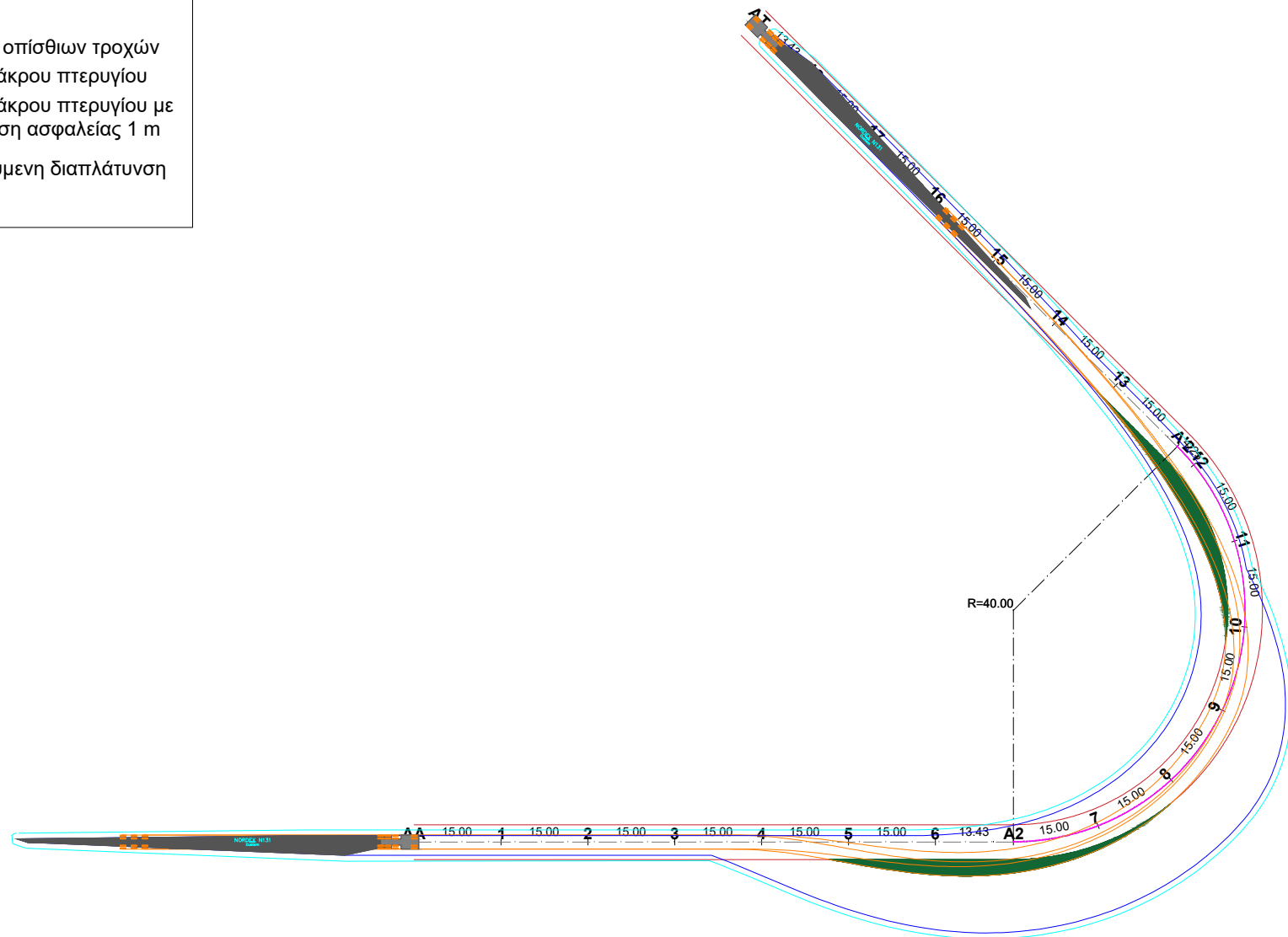
N131

V = 15.00 km/h
 β = 45.000°
 γ = 135.000°
R = 40.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



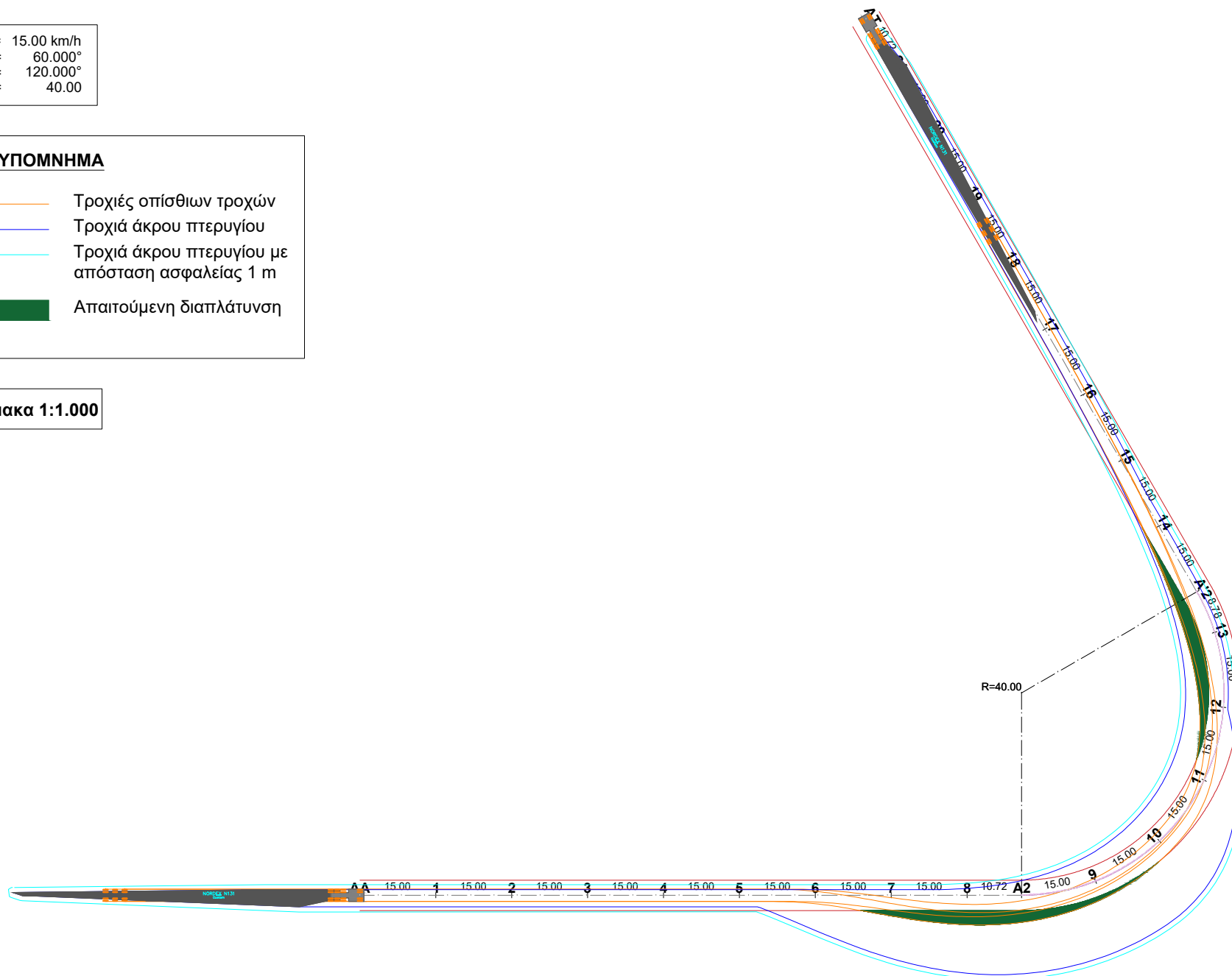
N131

V = 15.00 km/h
 β = 60.000°
 γ = 120.000°
R = 40.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



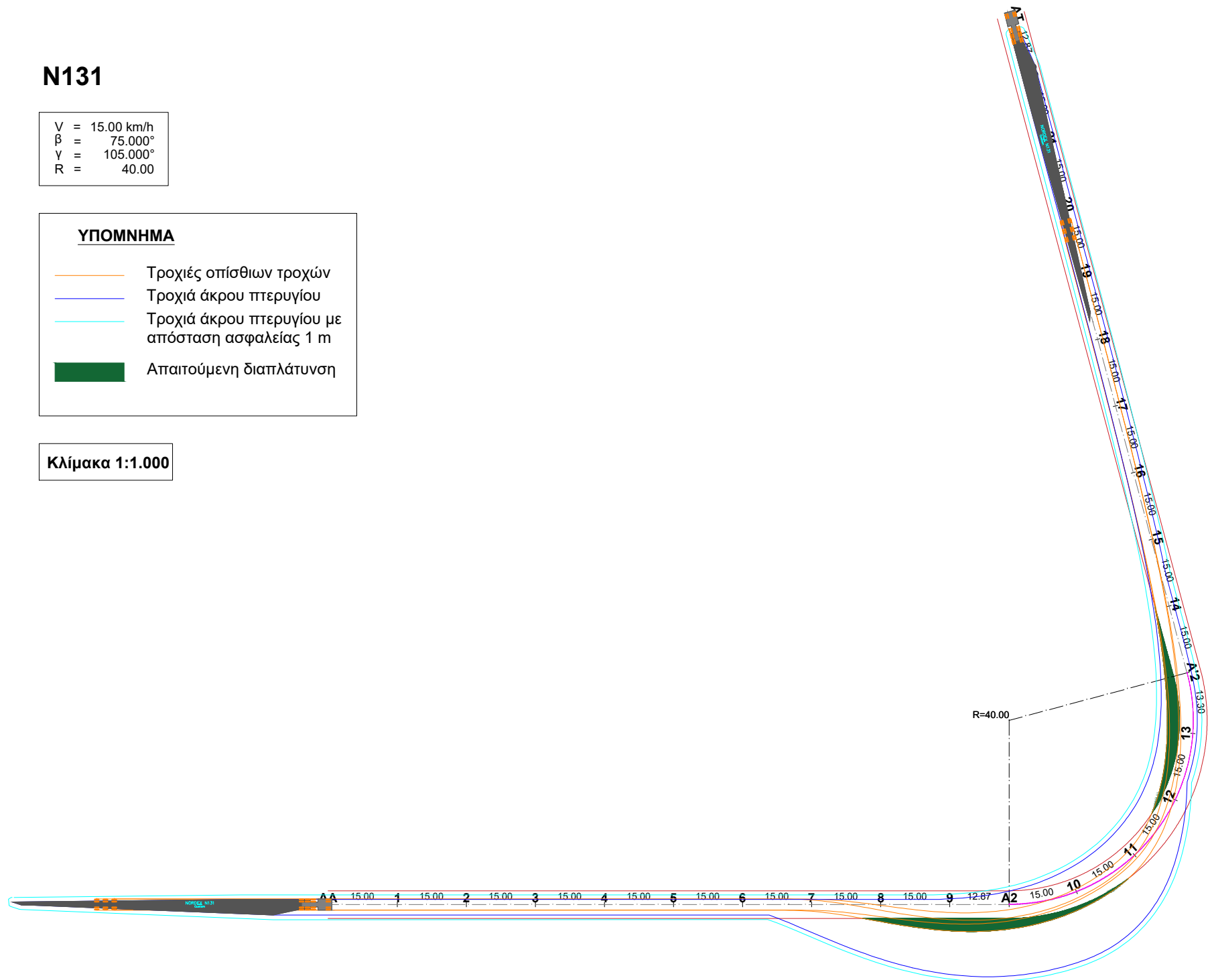
N131

V = 15.00 km/h
 β = 75.000°
 γ = 105.000°
R = 40.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



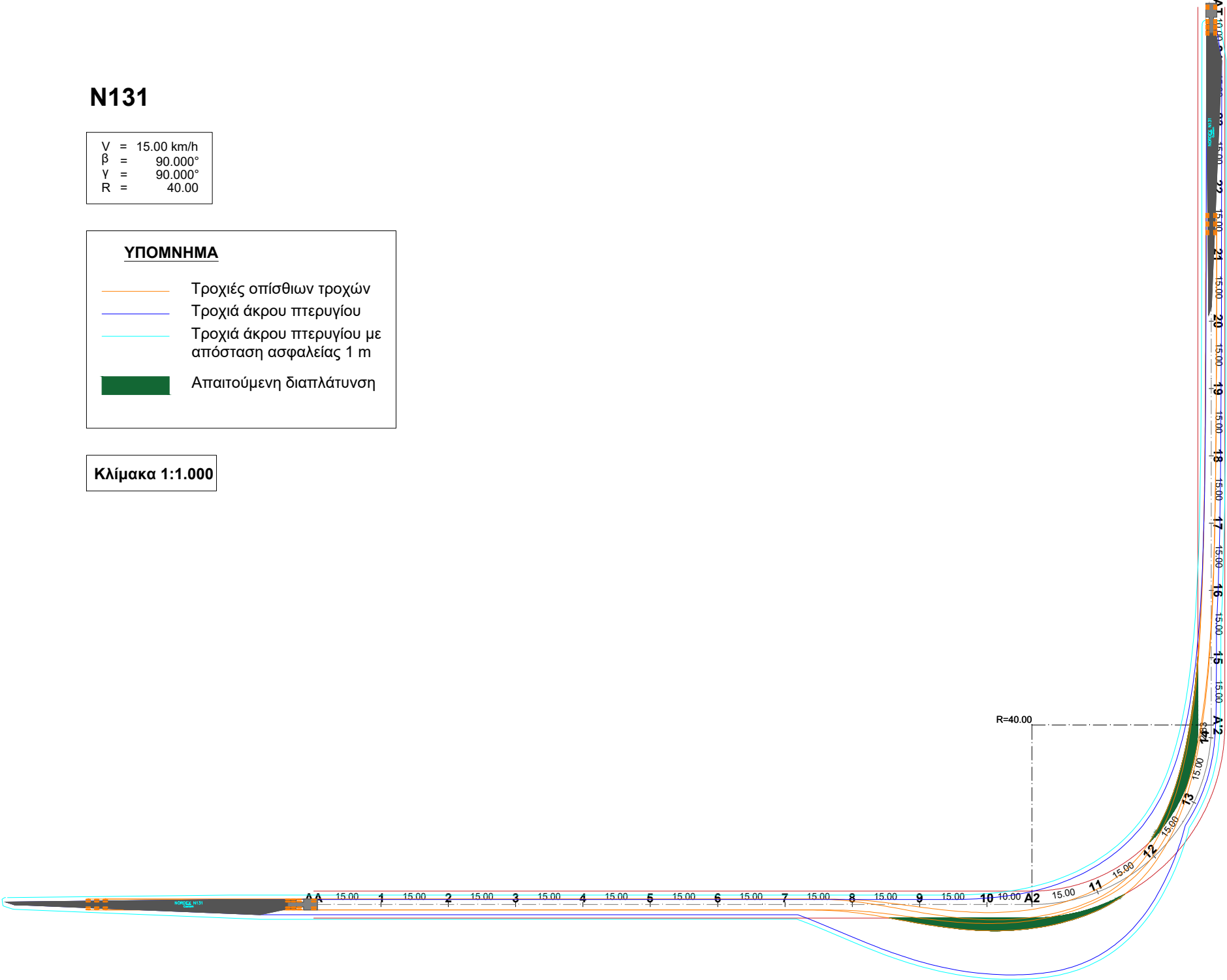
N131

V = 15.00 km/h
β = 90.000°
Υ = 90.000°
R = 40.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



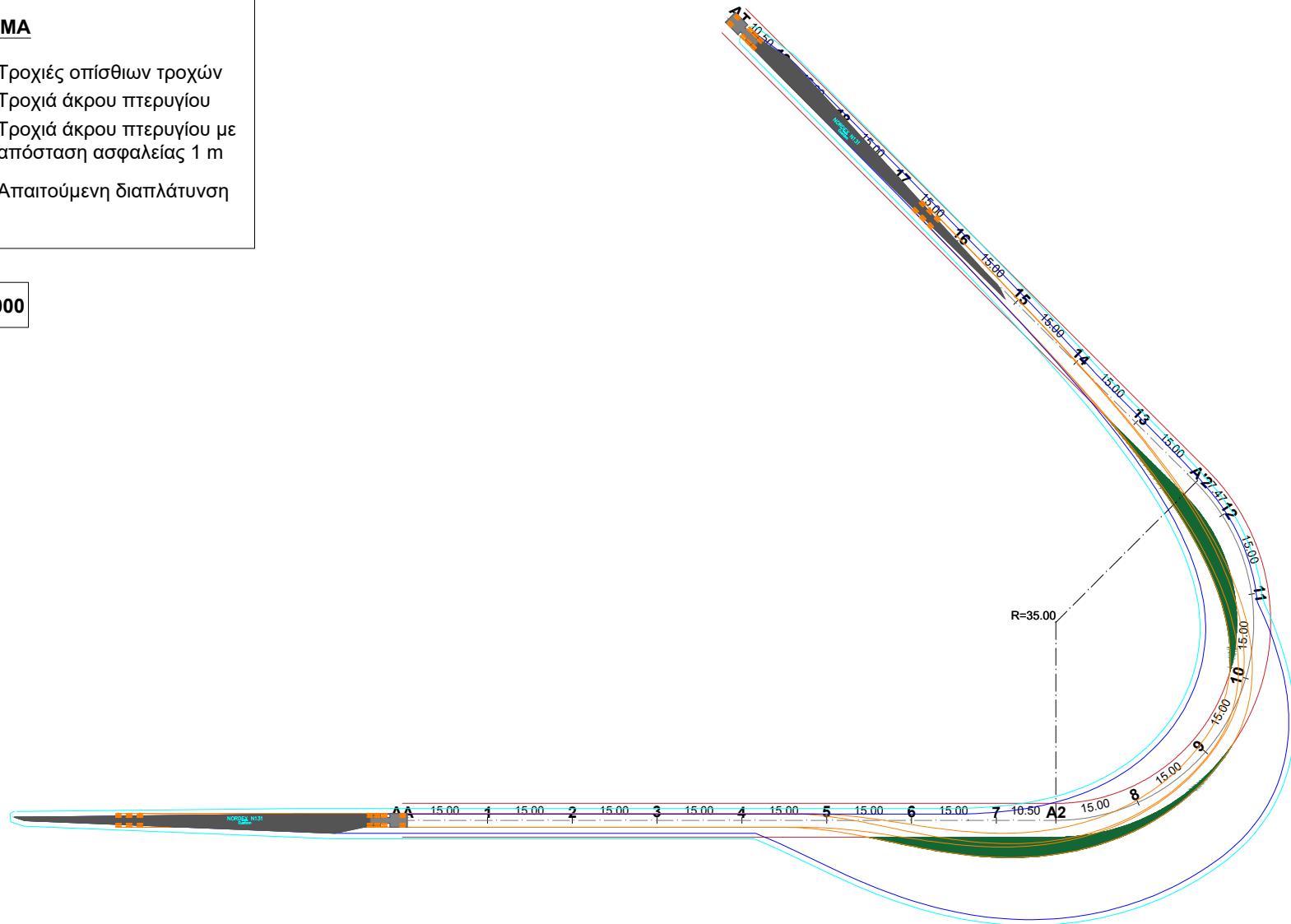
N131

V = 15.00 km/h
 β = 45.000°
 γ = 135.000°
R = 35.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



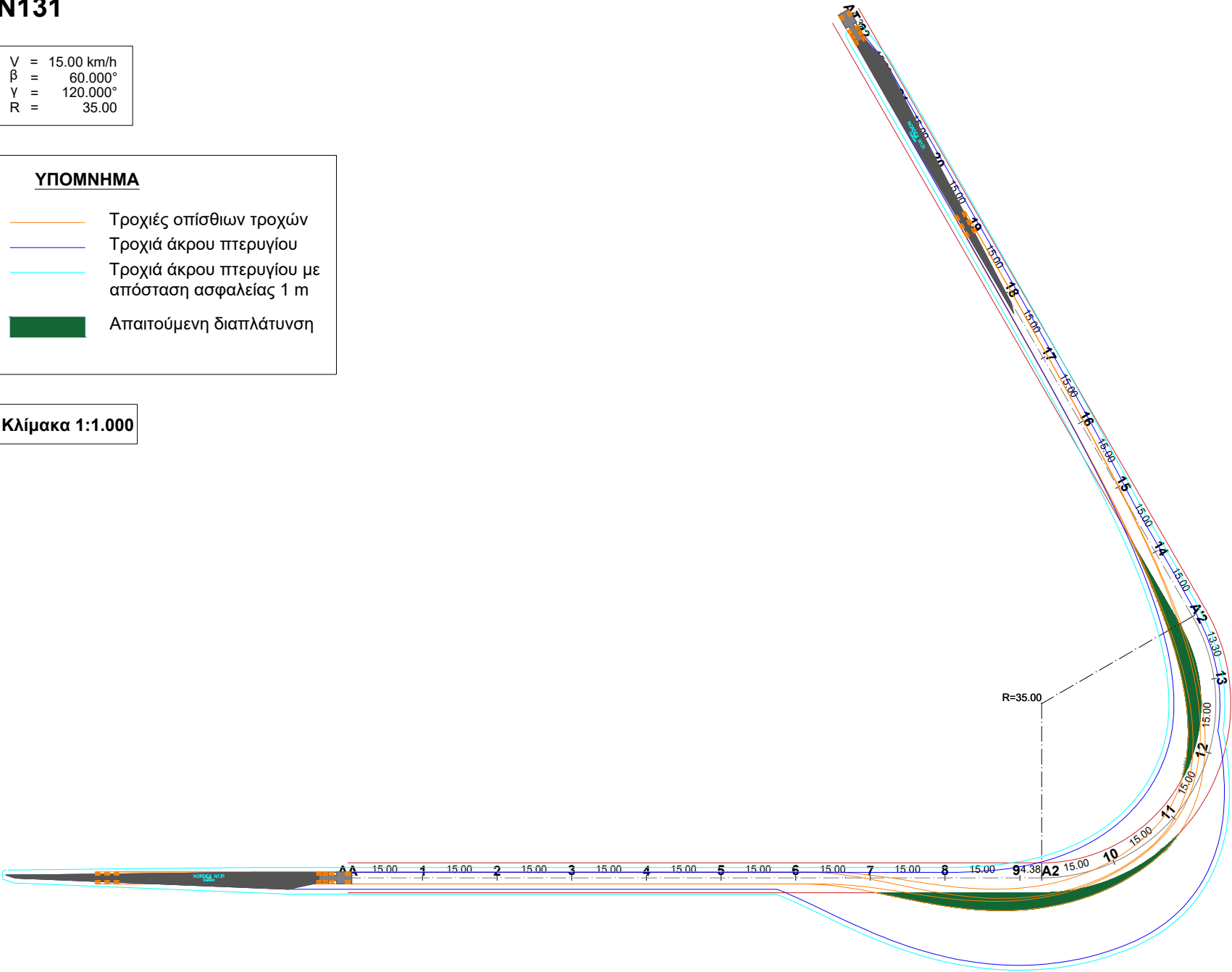
N131

V	=	15.00 km/h
β	=	60.000°
Υ	=	120.000°
R	=	35.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



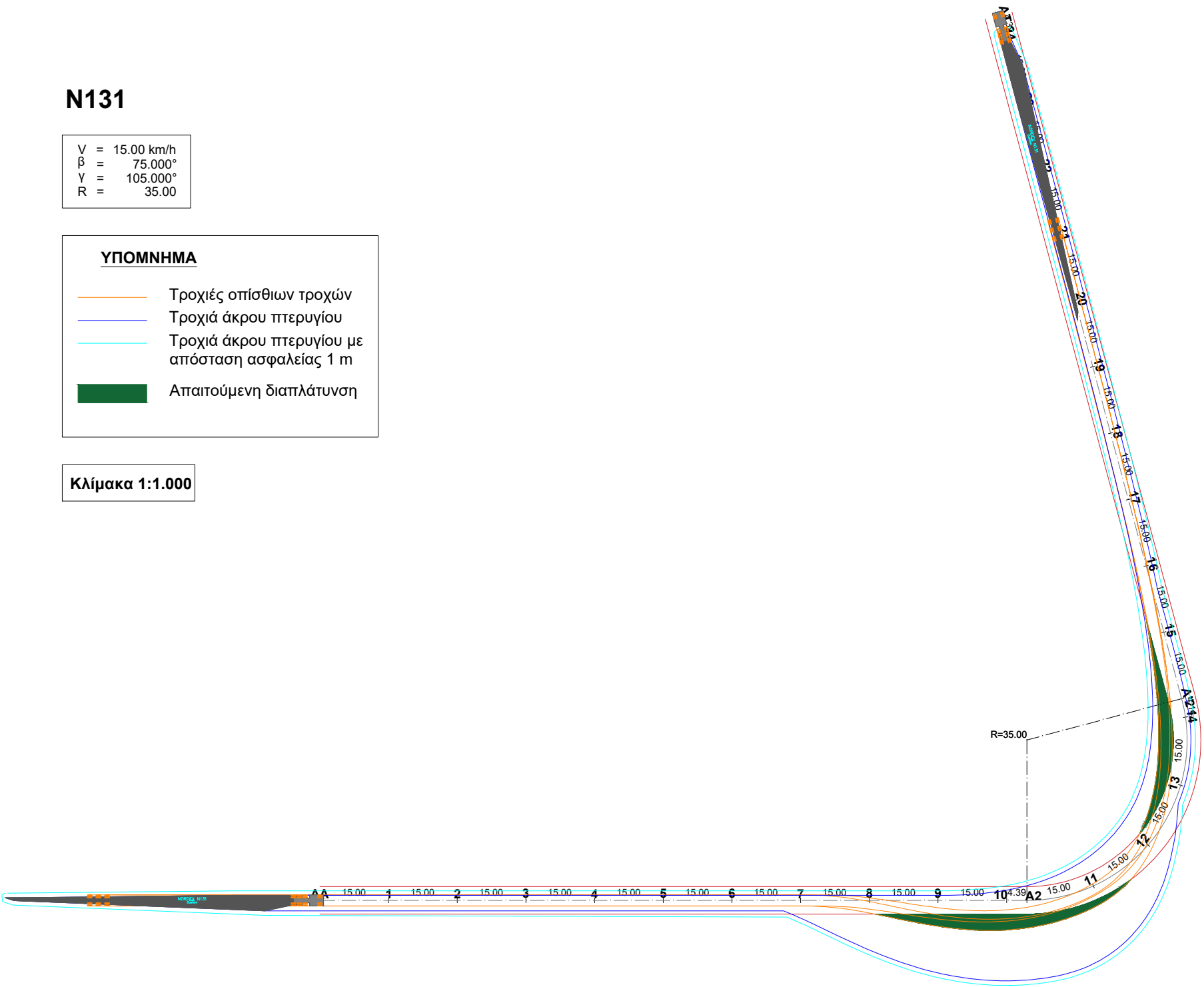
N131

V	=	15.00	km/h
β	=	75.000°	
γ	=	105.000°	
R	=	35.00	

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



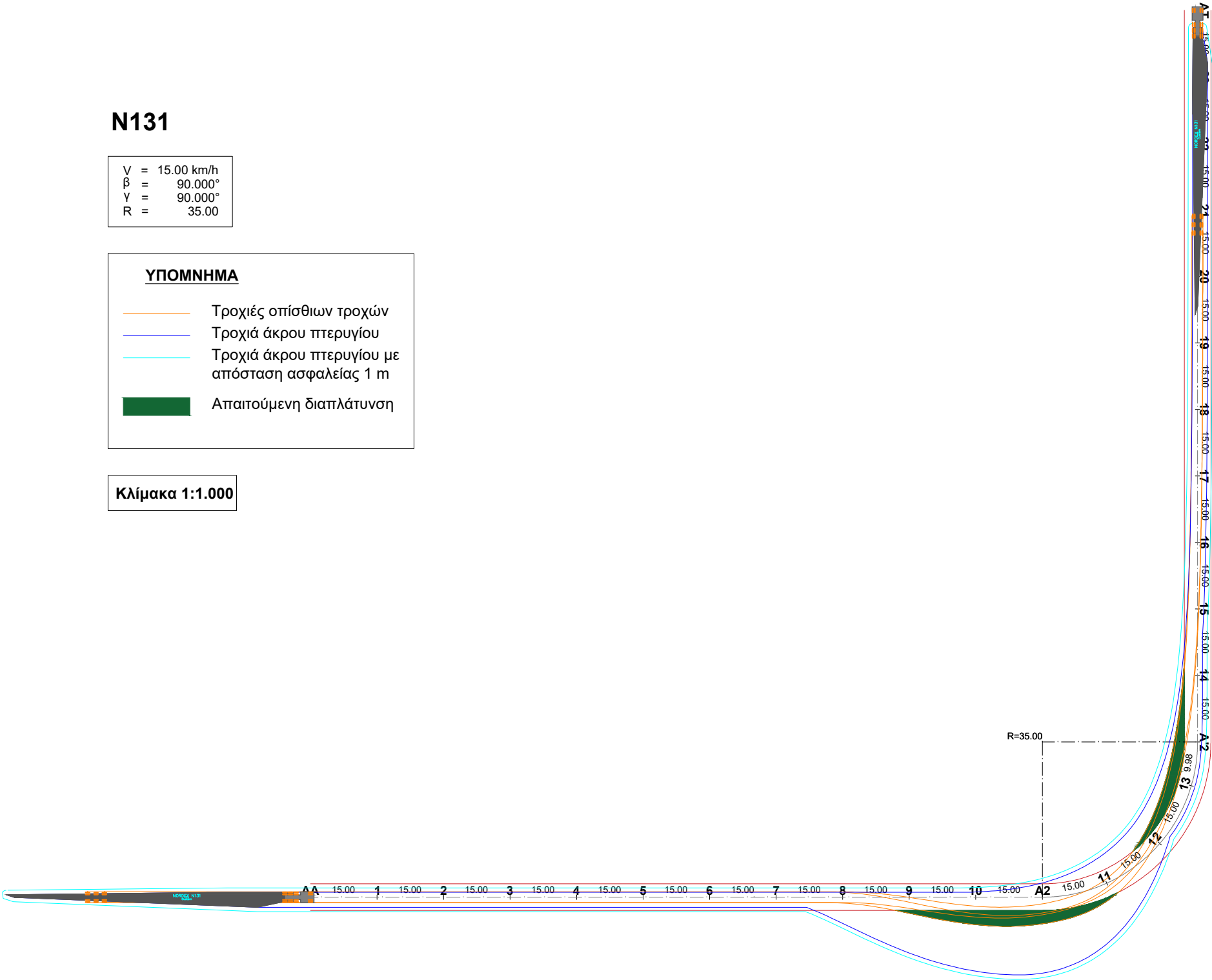
N131

V = 15.00 km/h
β = 90.000°
Υ = 90.000°
R = 35.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



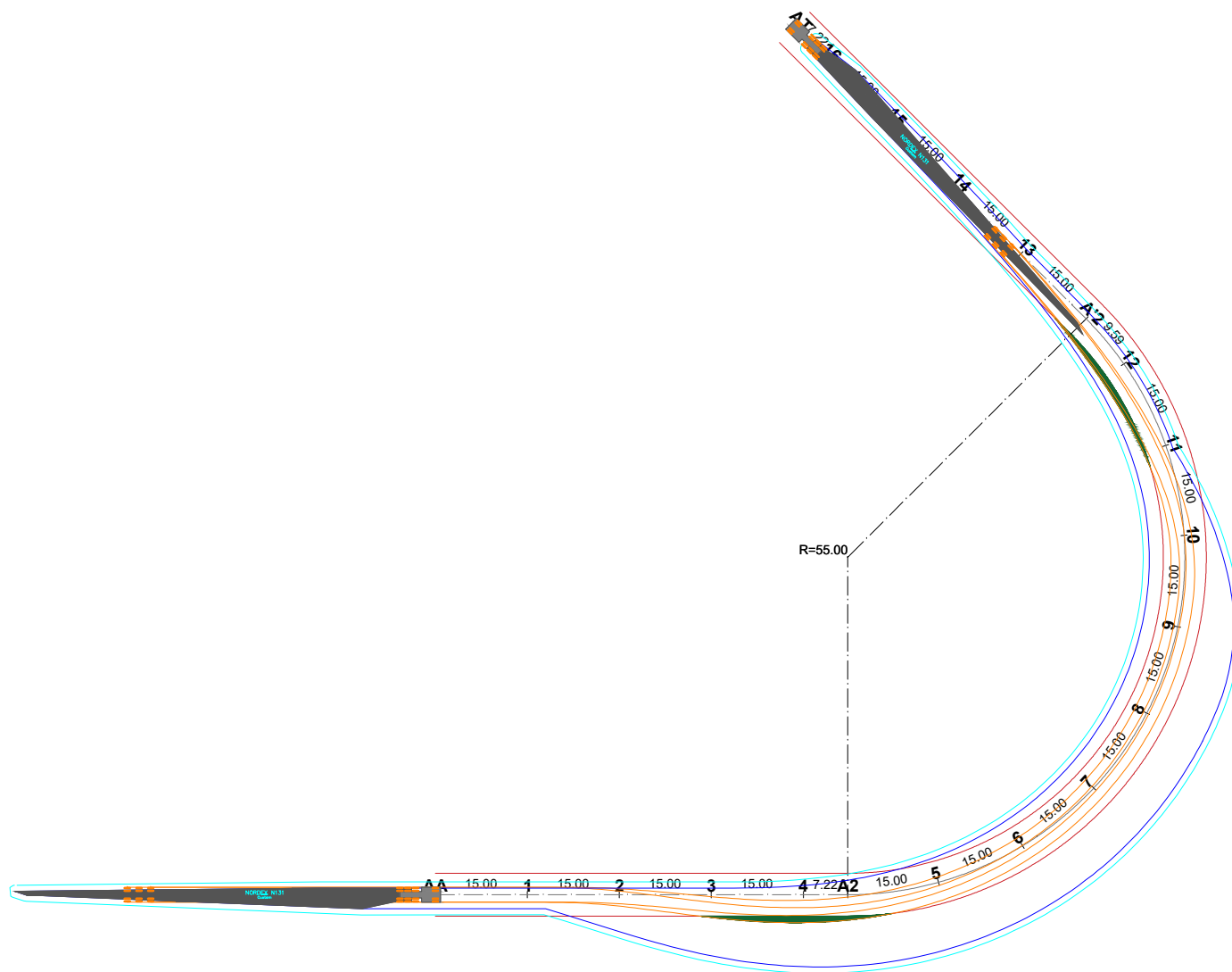
N131

V = 15.00 km/h
 β = 45.000°
 γ = 135.000°
R = 55.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



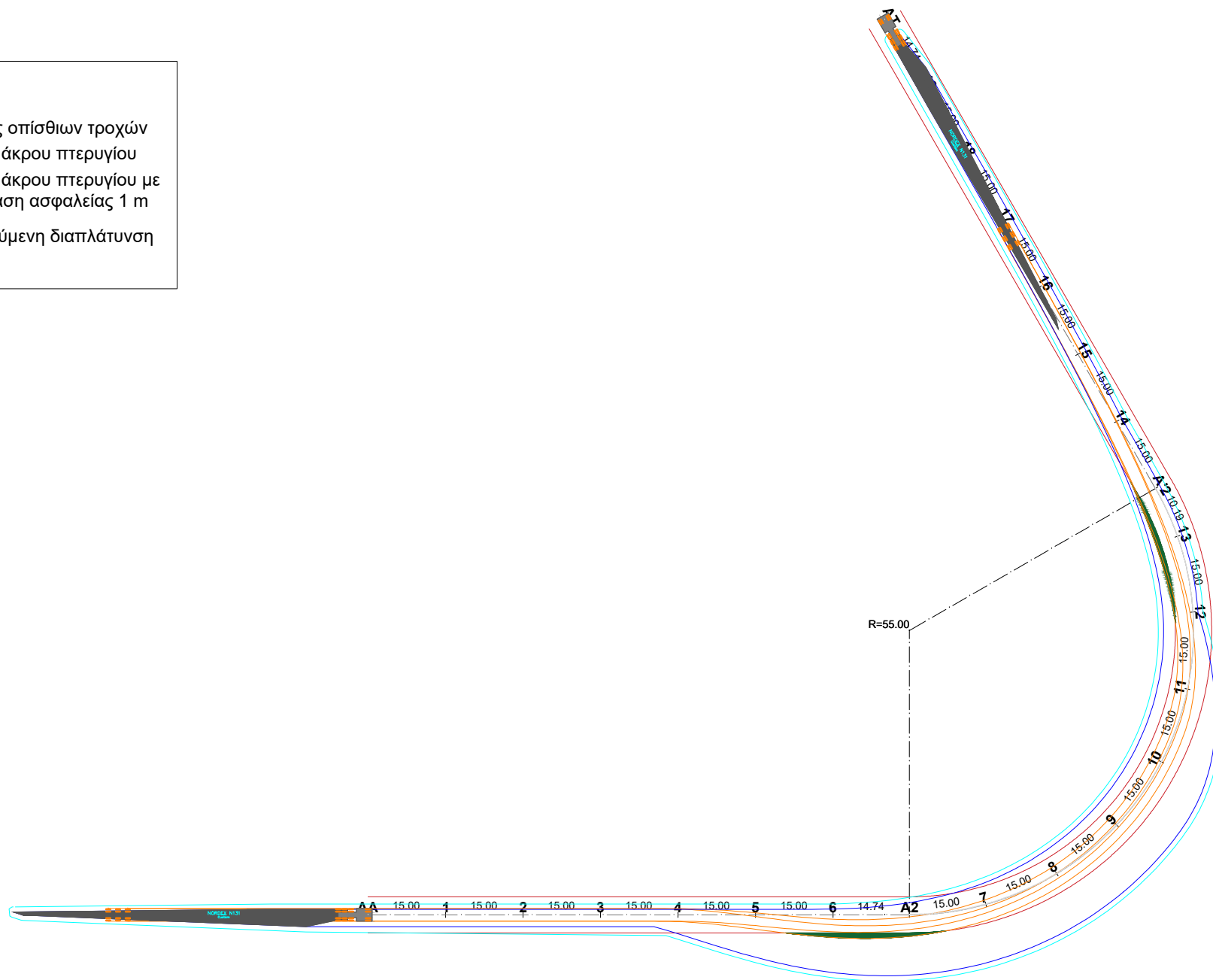
N131

V = 15.00 km/h
 β = 60.000°
 γ = 120.000°
R = 55.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



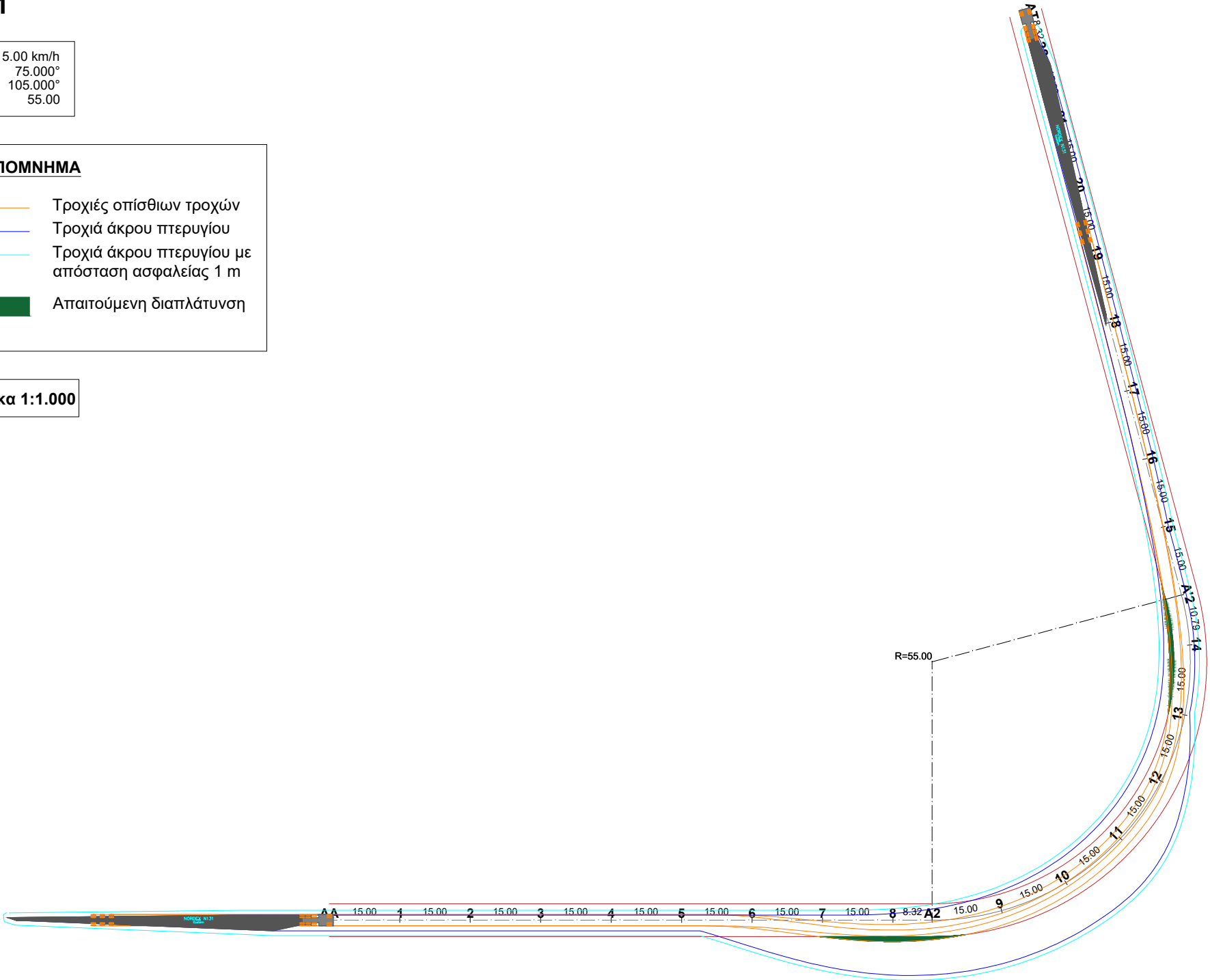
N131

V	=	15.00	km/h
β	=	75.000°	
Υ	=	105.000°	
R	=	55.00	

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



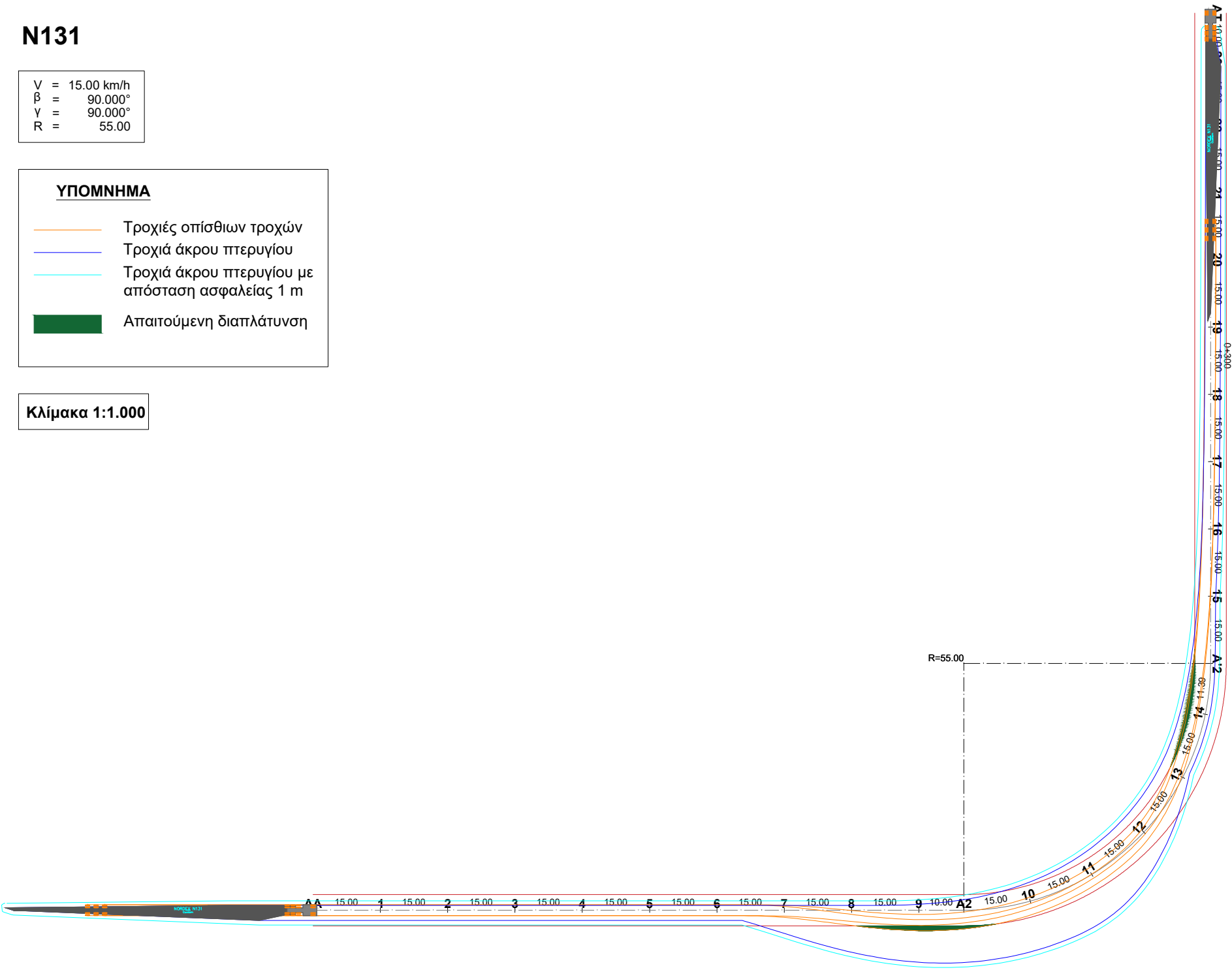
N131

V	=	15.00	km/h
β	=	90.000°	
γ	=	90.000°	
R	=	55.00	

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



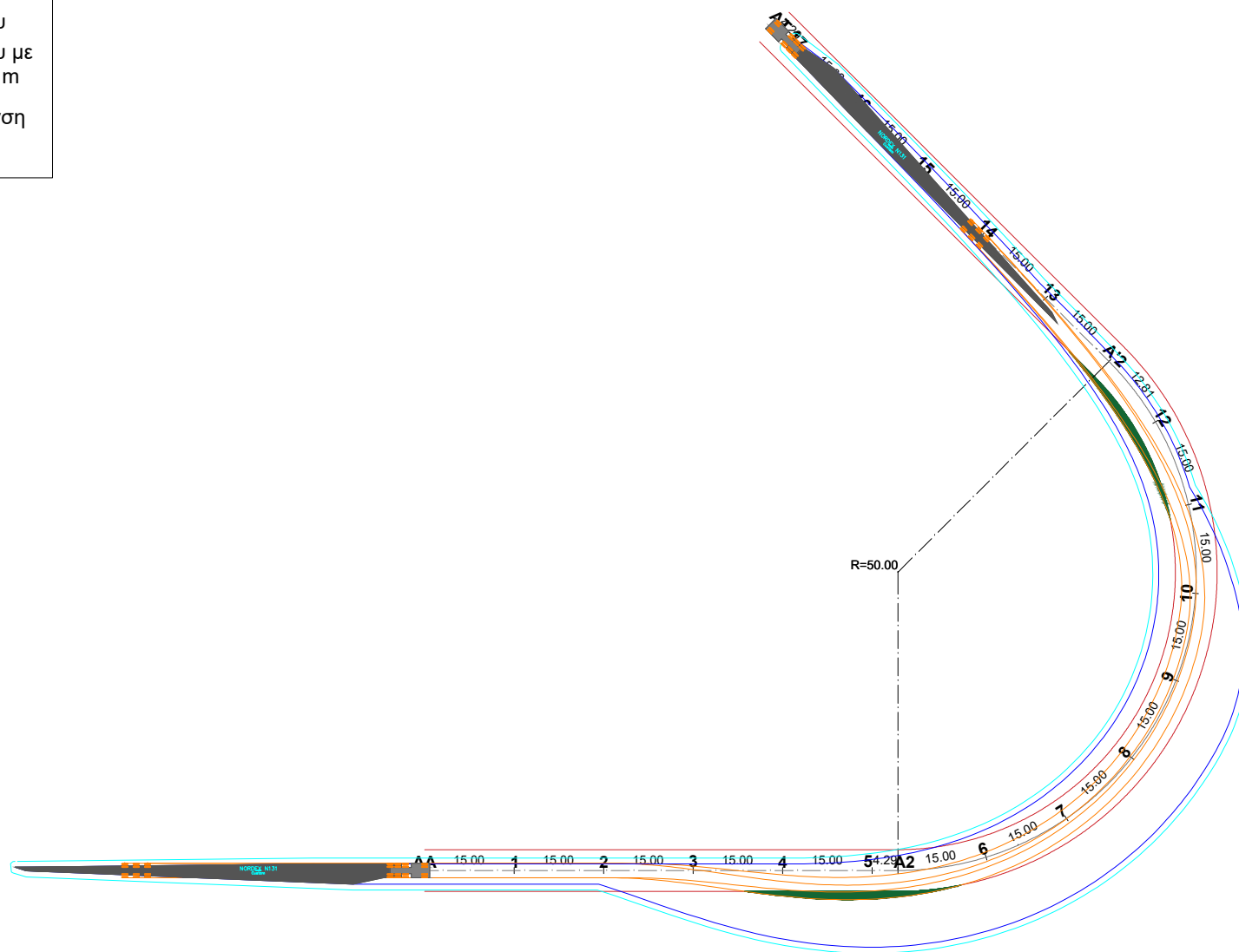
N131

V = 15.00 km/h
 β = 45.000°
Y = 135.000°
R = 50.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



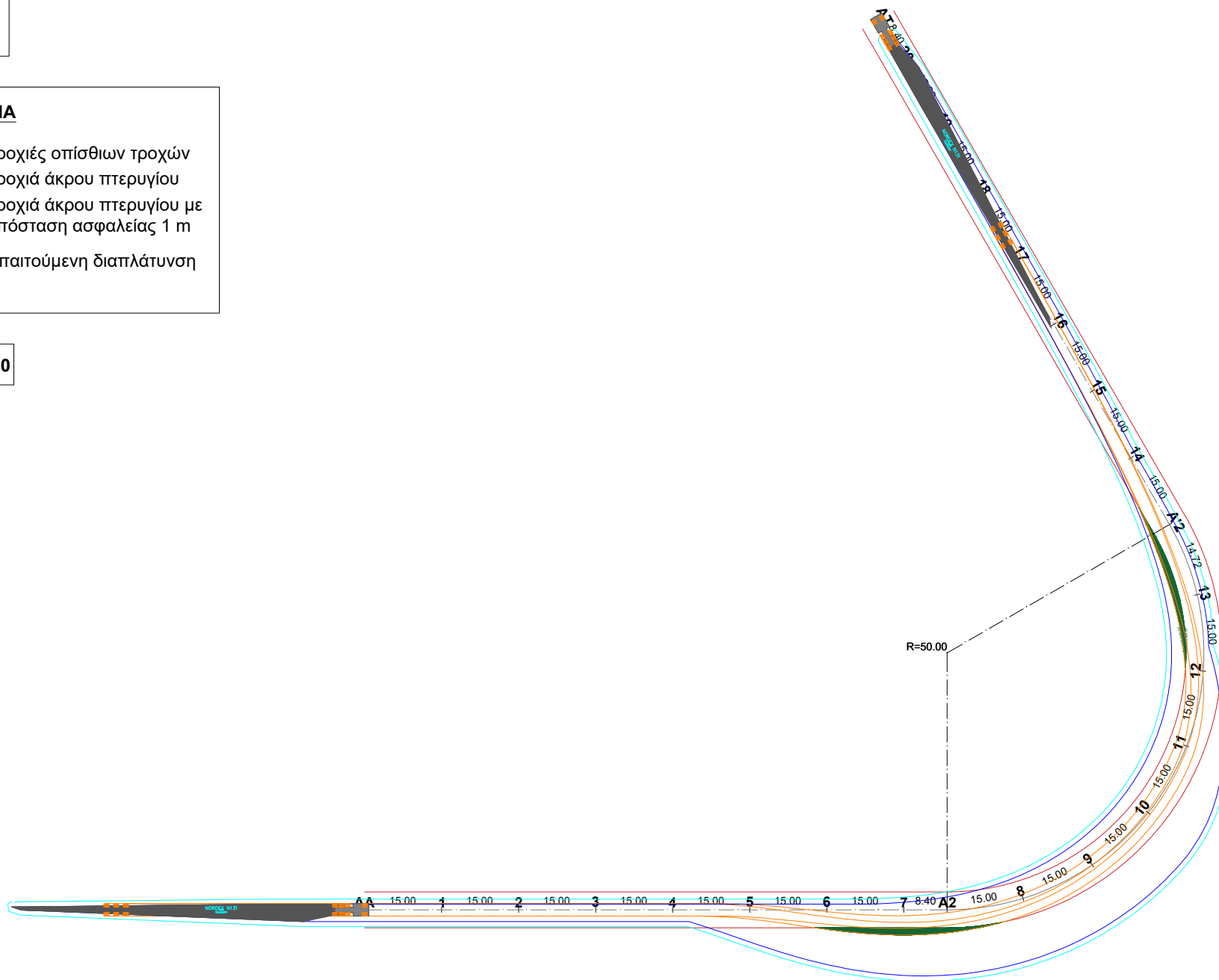
N131

V = 15.00 km/h
 β = 60.000°
 γ = 120.000°
R = 50.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



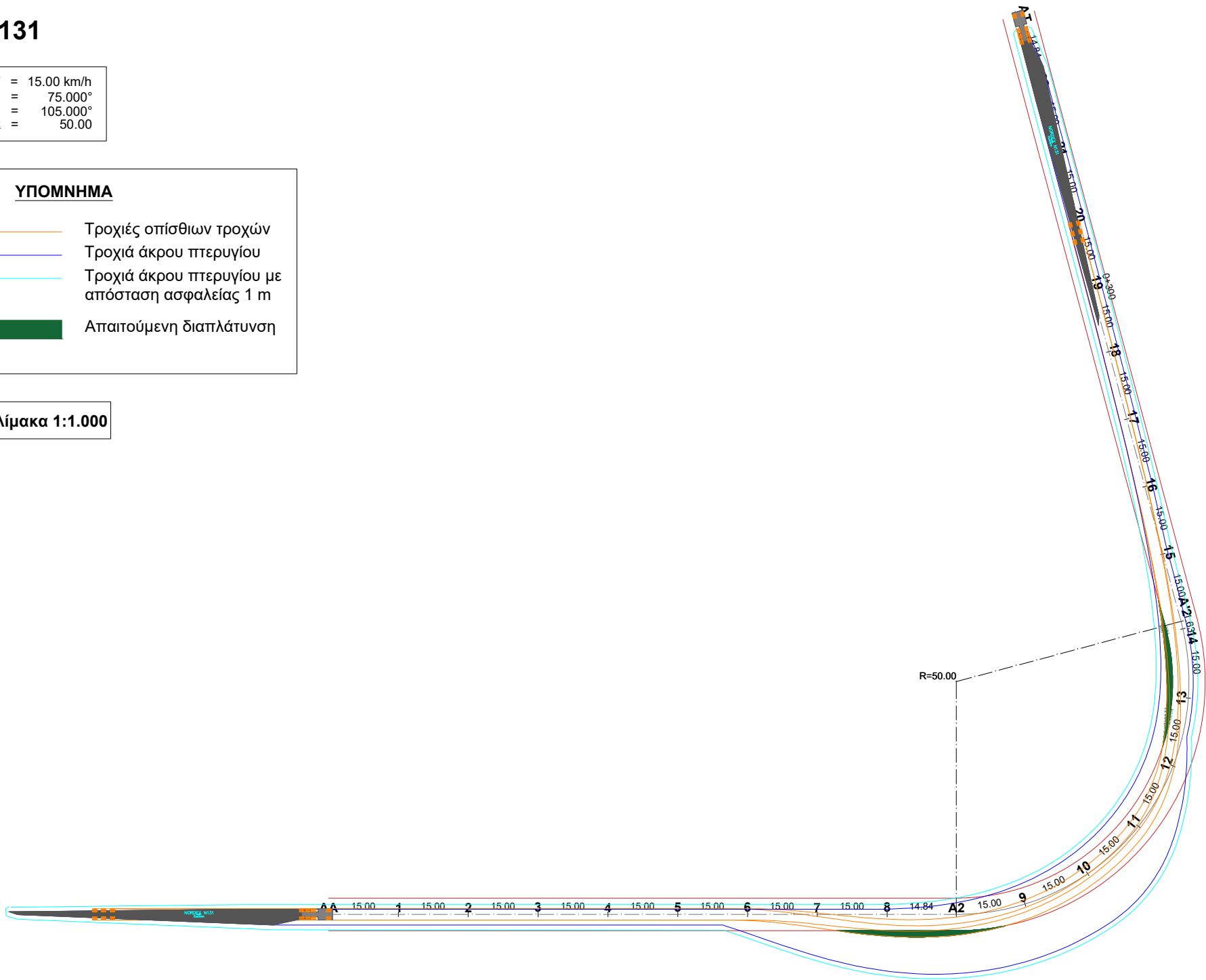
N131

V	=	15.00	km/h
β	=	75.000°	
Υ	=	105.000°	
R	=	50.00	

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



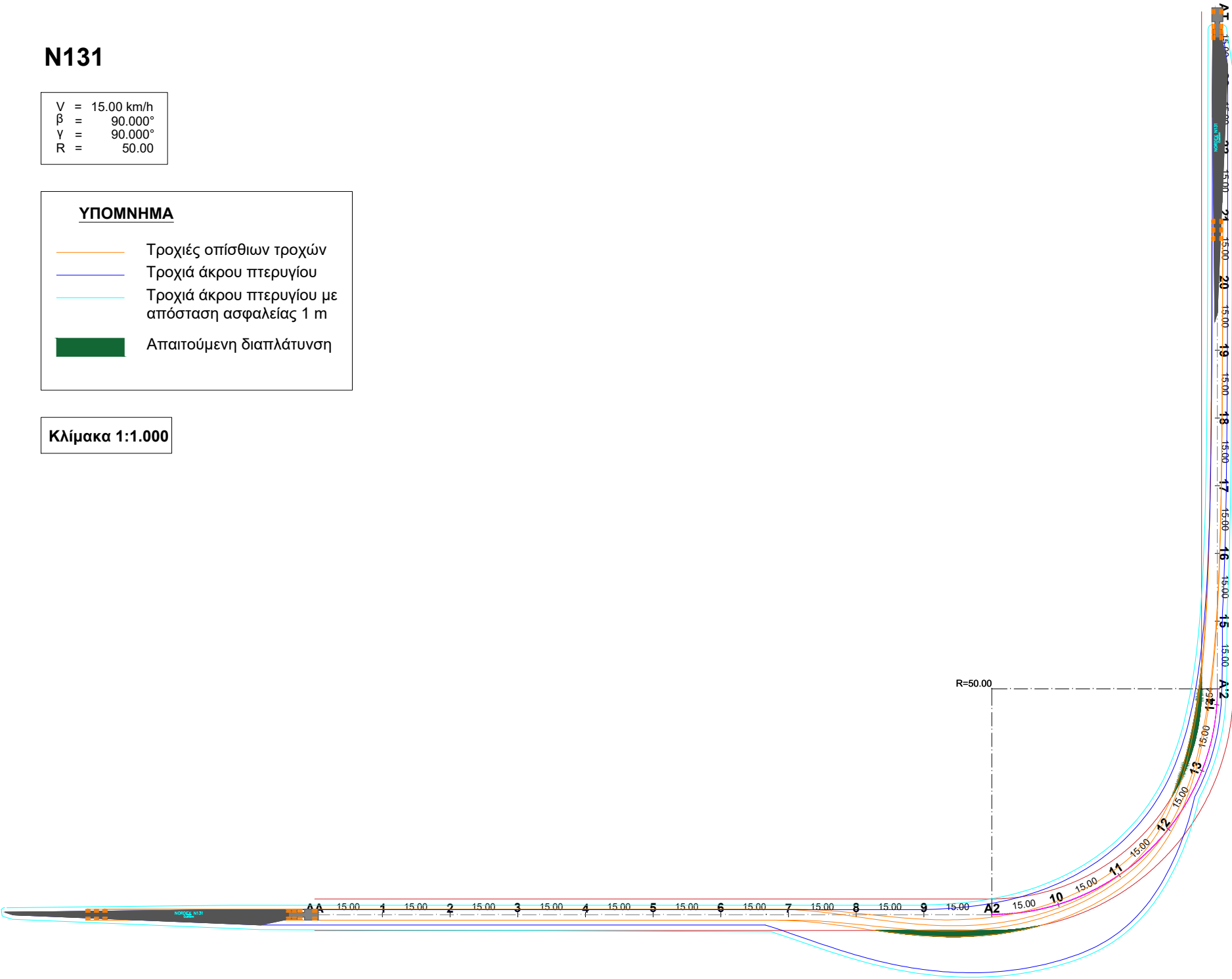
N131

V	=	15.00 km/h
β	=	90.000°
γ	=	90.000°
R	=	50.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



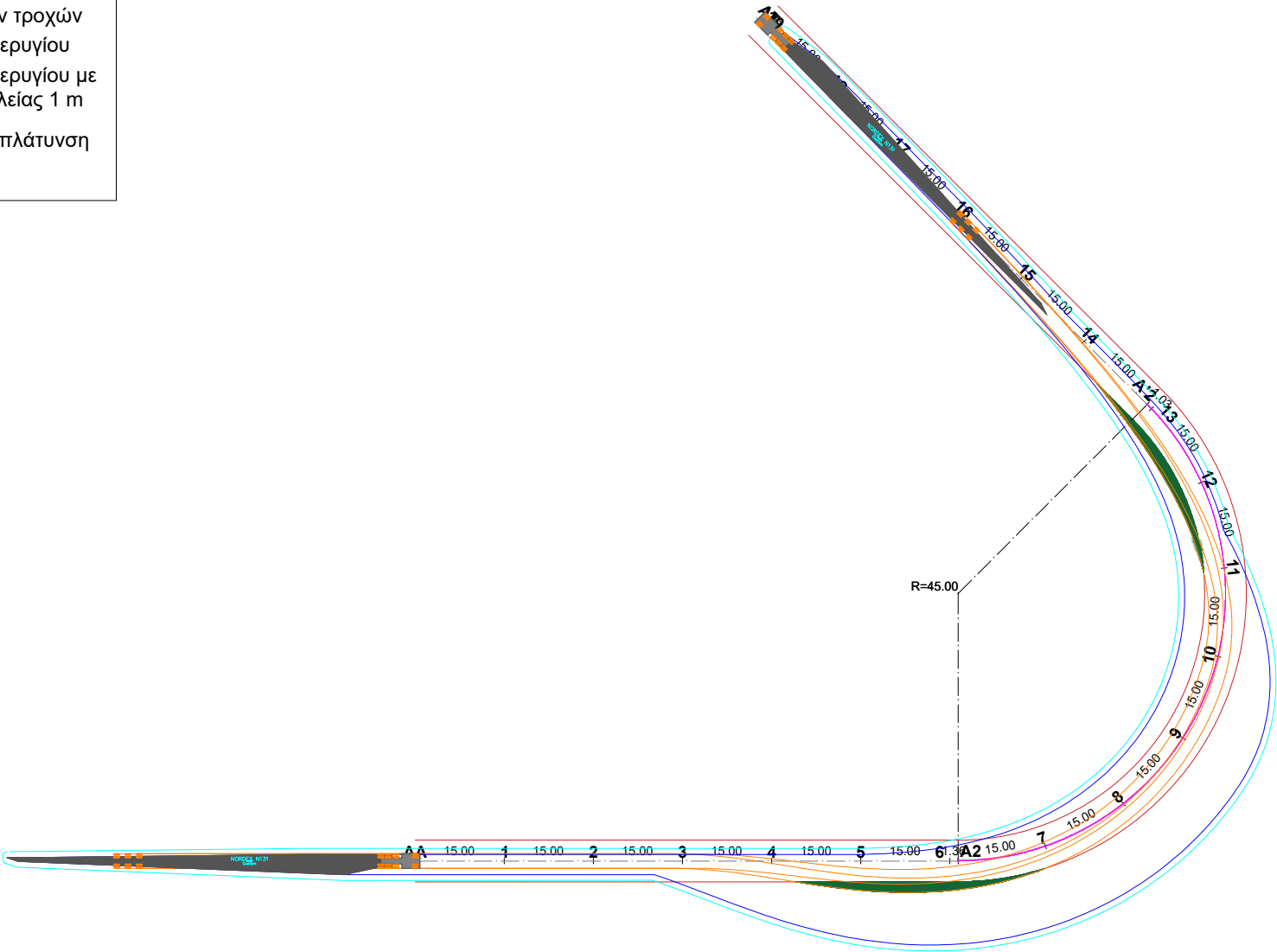
N131

V	=	15.00 km/h
β	=	45.000°
γ	=	135.000°
R	=	45.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



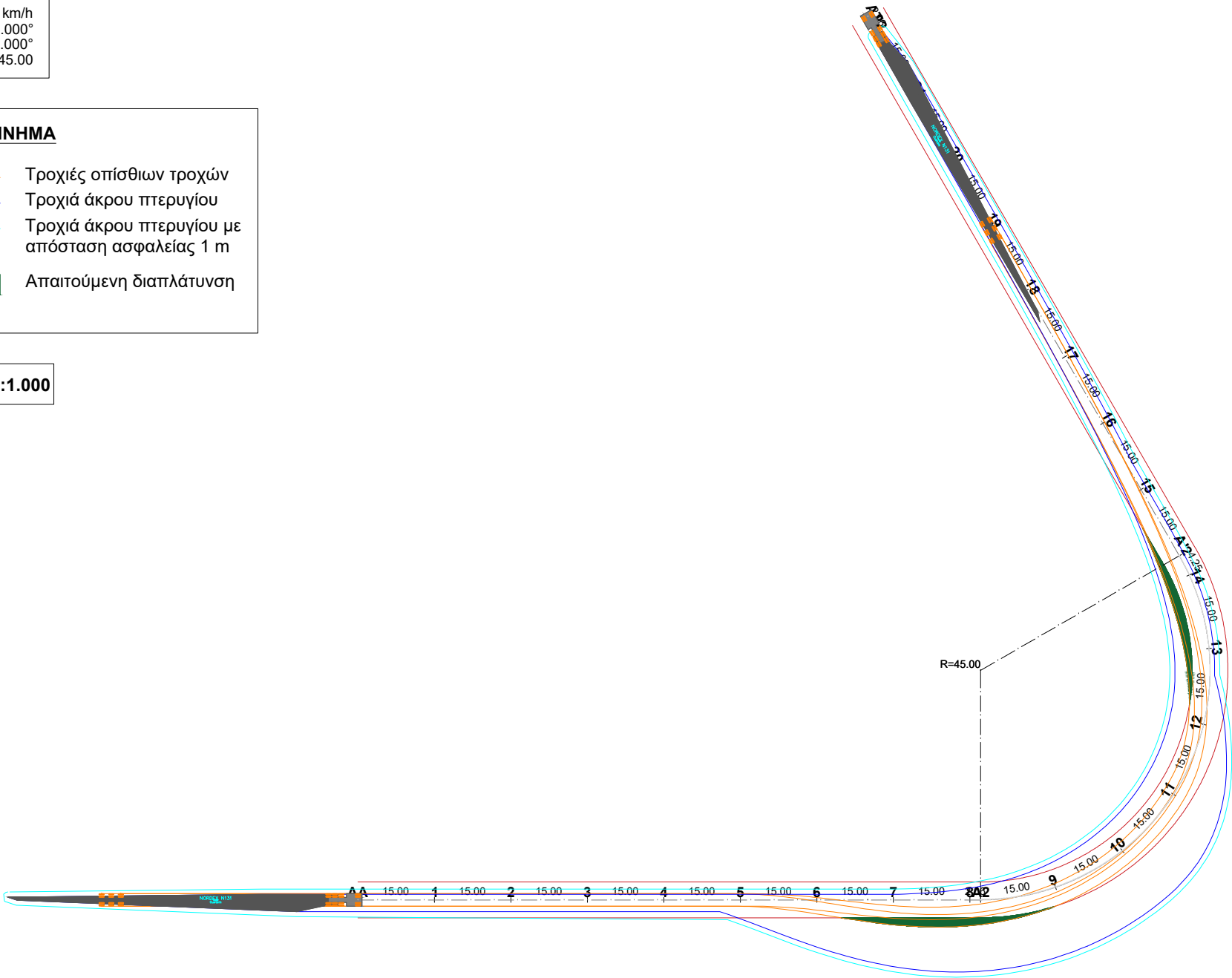
N131

V	=	15.00	km/h
β	=	60.000°	
γ	=	120.000°	
R	=	45.00	

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



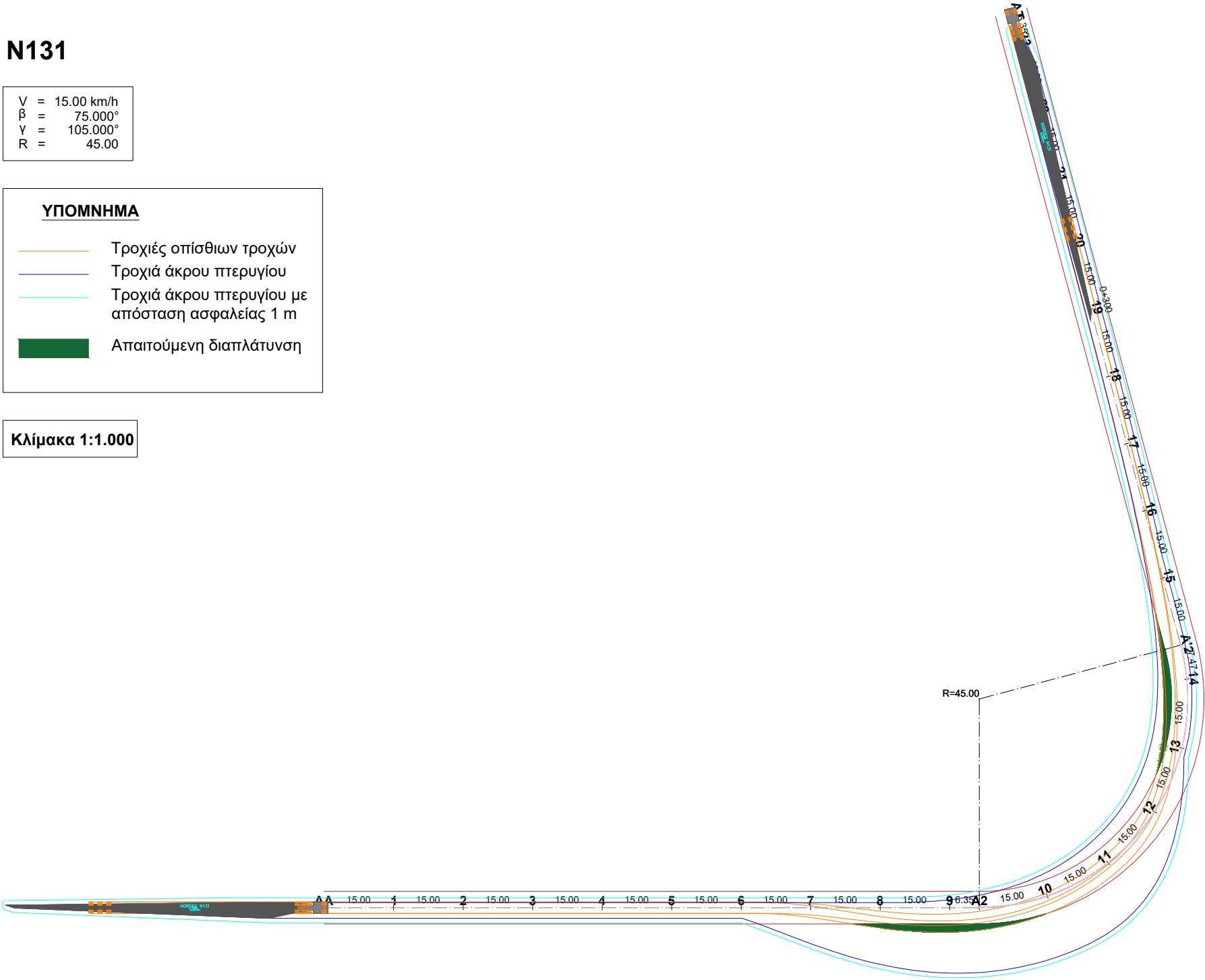
N131

V	=	15.00 km/h
β	=	75.000°
γ	=	105.000°
R	=	45.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



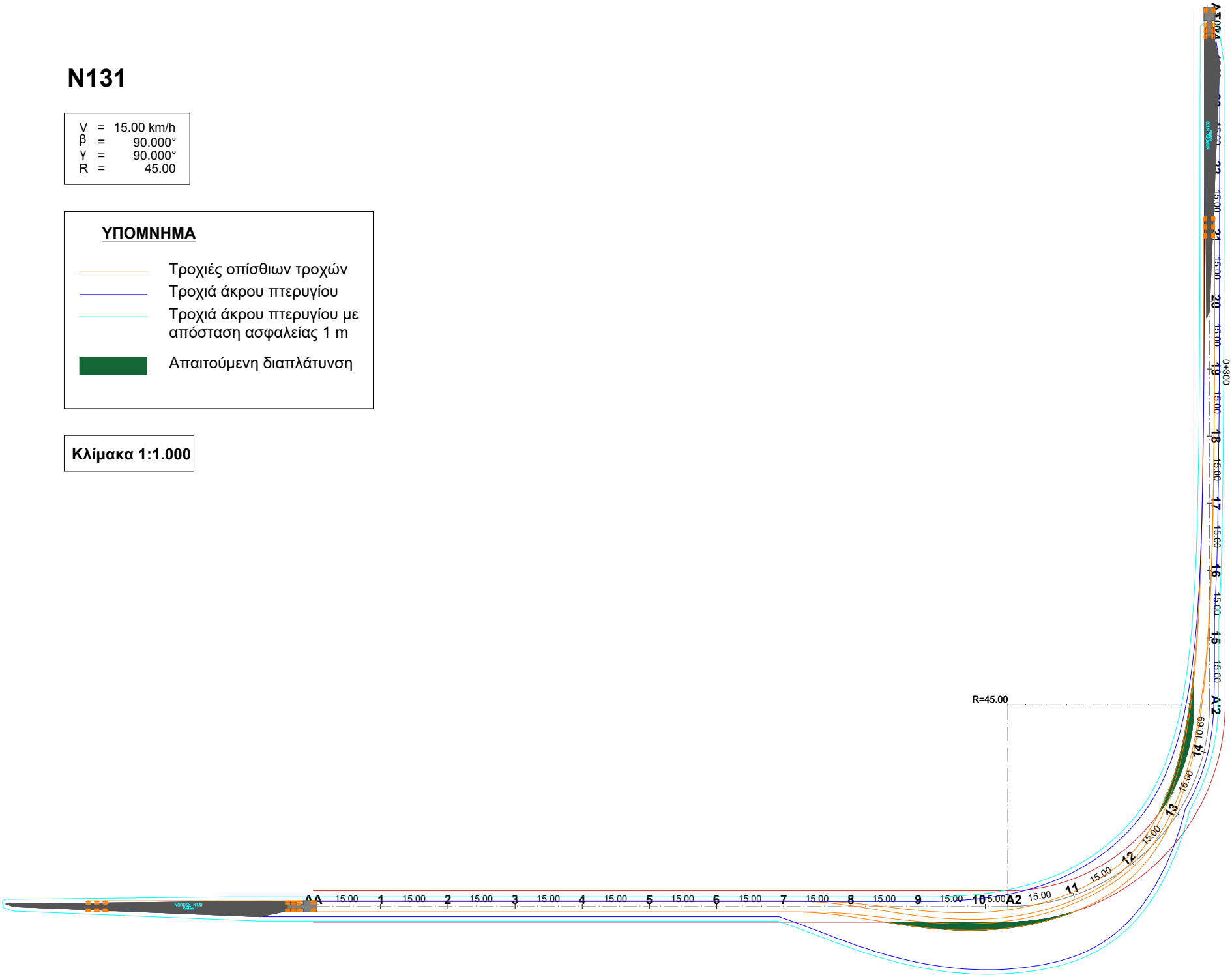
N131

V	=	15.00 km/h
β	=	90.000°
γ	=	90.000°
R	=	45.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



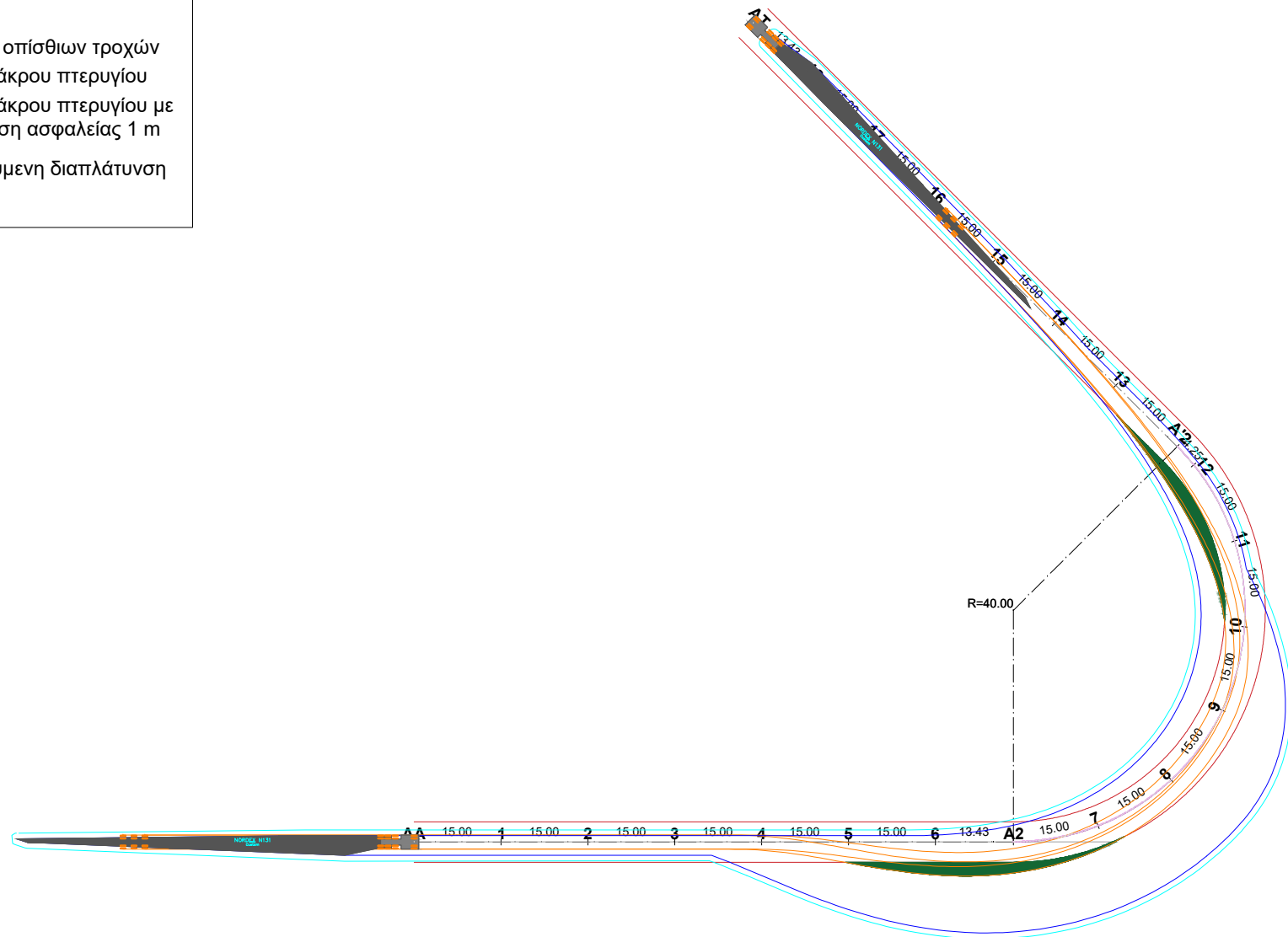
N131

V = 15.00 km/h
 β = 45.000°
 γ = 135.000°
R = 40.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



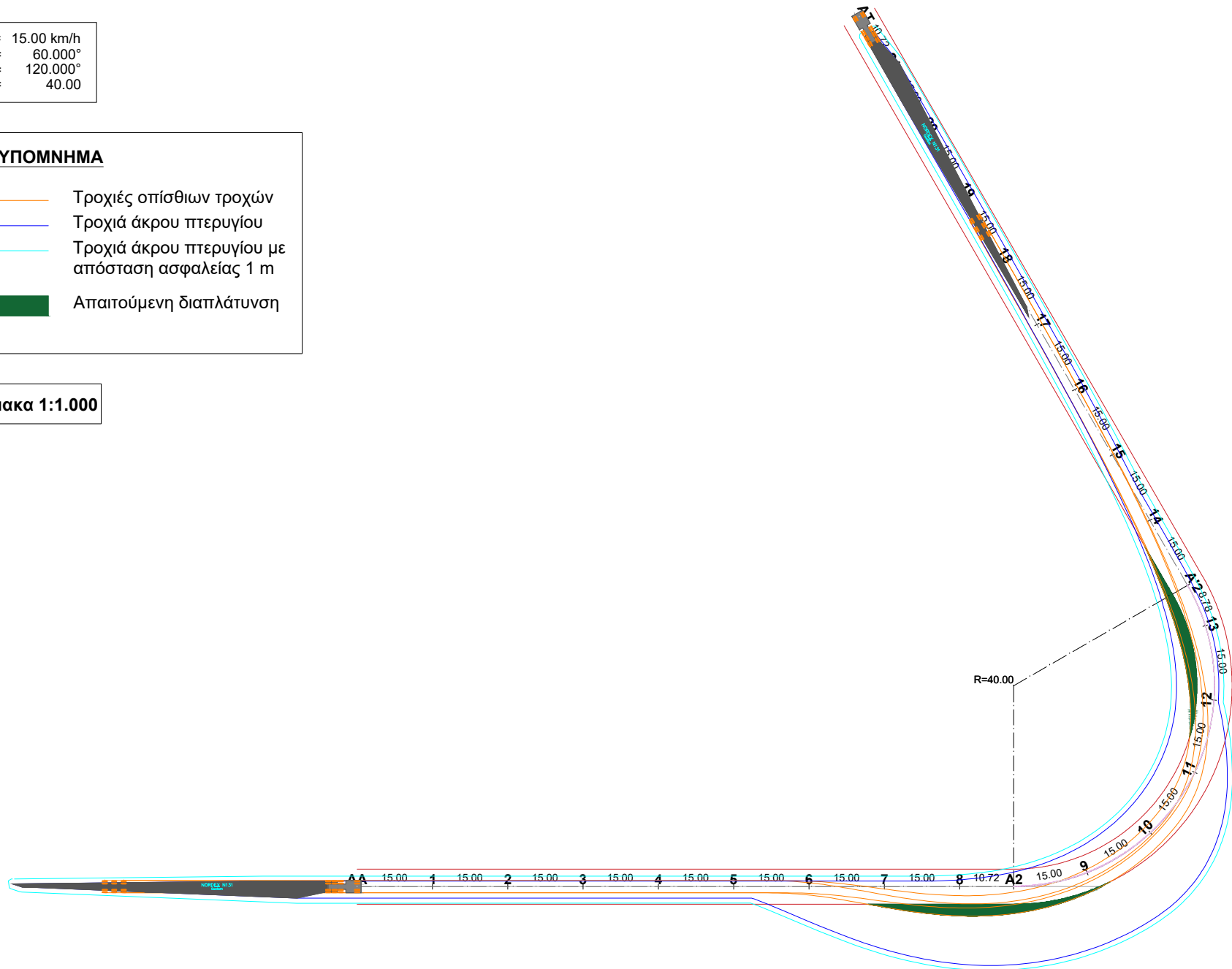
N131

V = 15.00 km/h
 β = 60.000°
 γ = 120.000°
R = 40.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



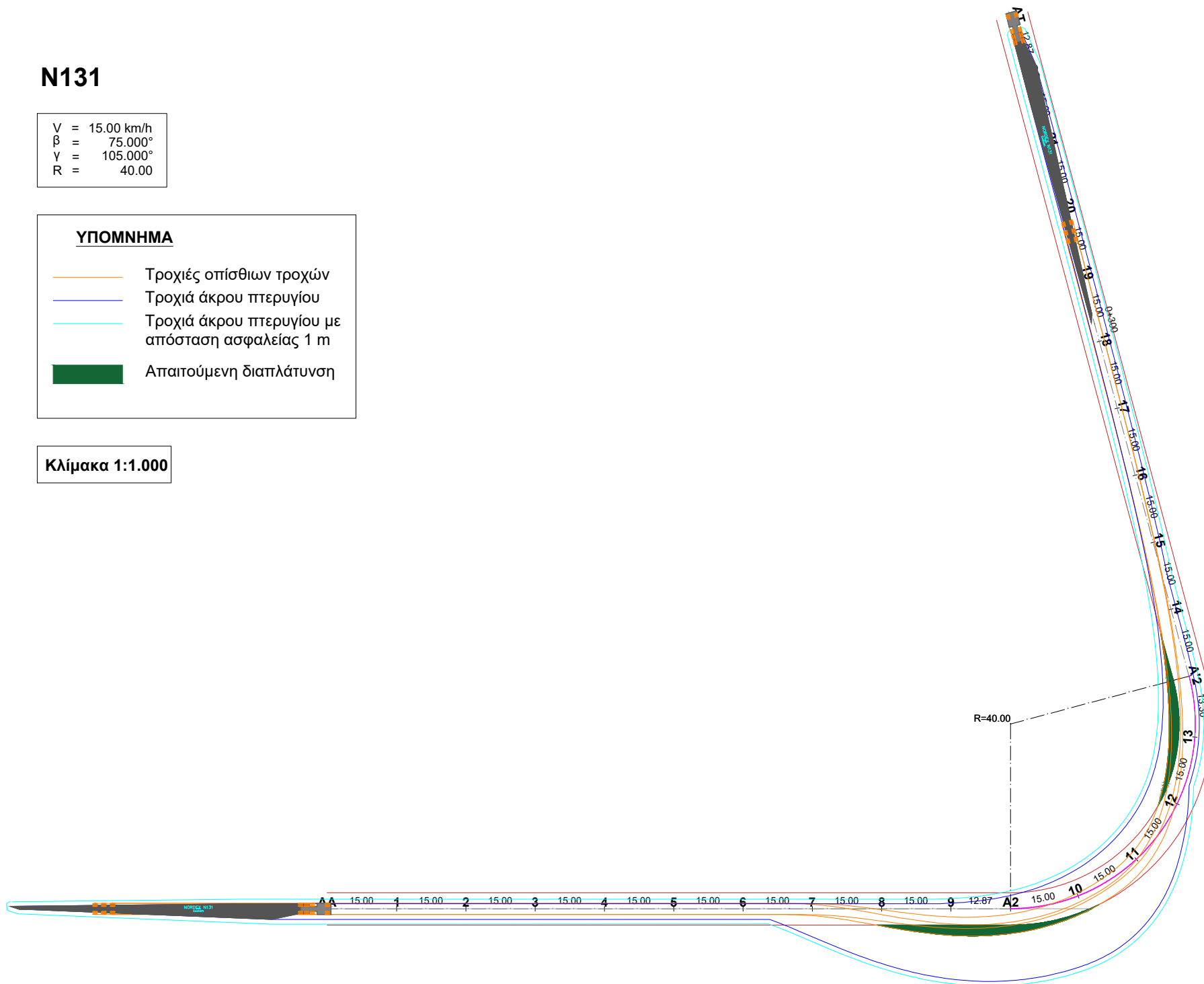
N131

V = 15.00 km/h
 β = 75.000°
 γ = 105.000°
R = 40.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



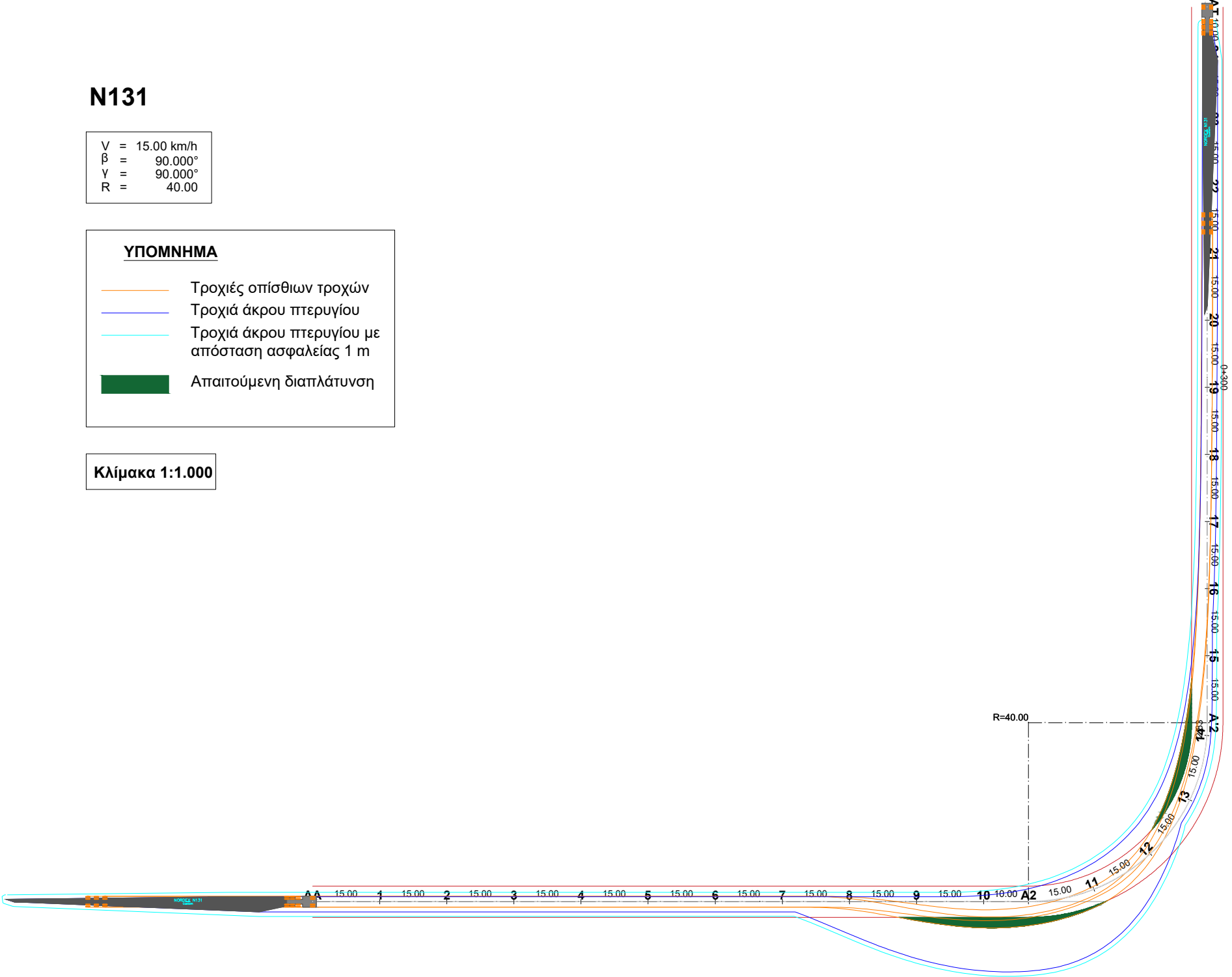
N131

V	=	15.00 km/h
β	=	90.000°
γ	=	90.000°
R	=	40.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



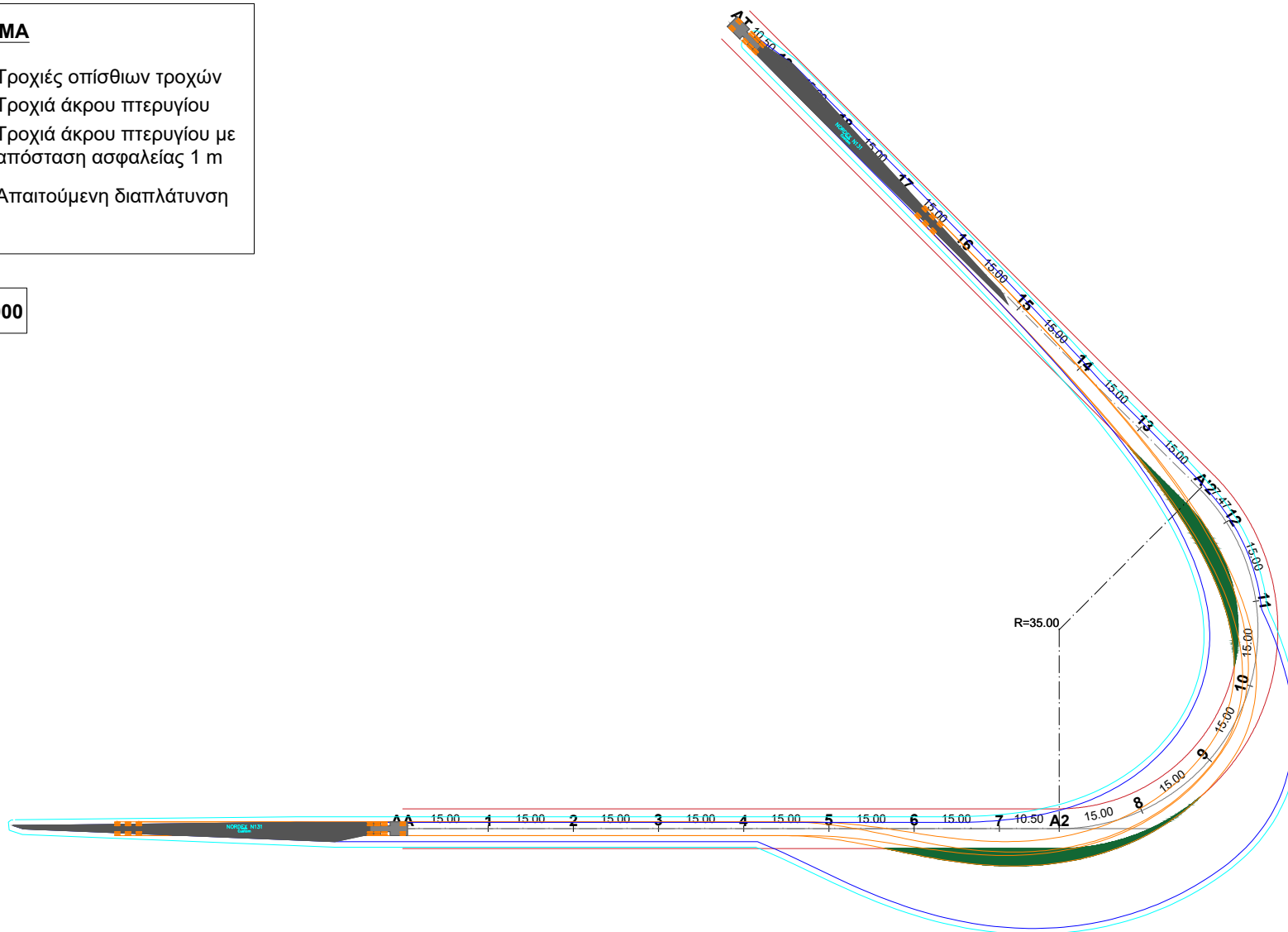
N131

V = 15.00 km/h
 β = 45.000°
 γ = 135.000°
R = 35.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



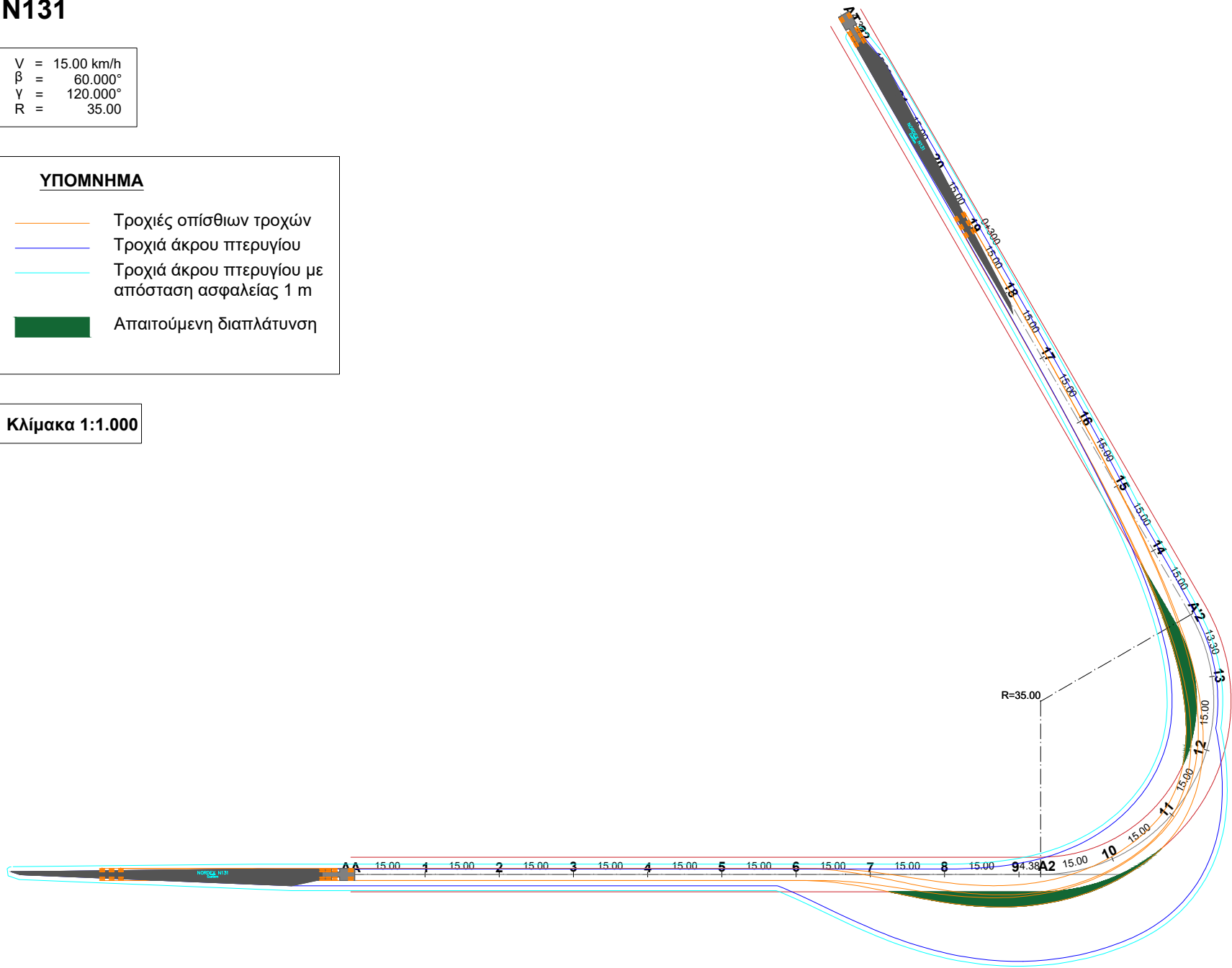
N131

V	=	15.00 km/h
β	=	60.000°
Υ	=	120.000°
R	=	35.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



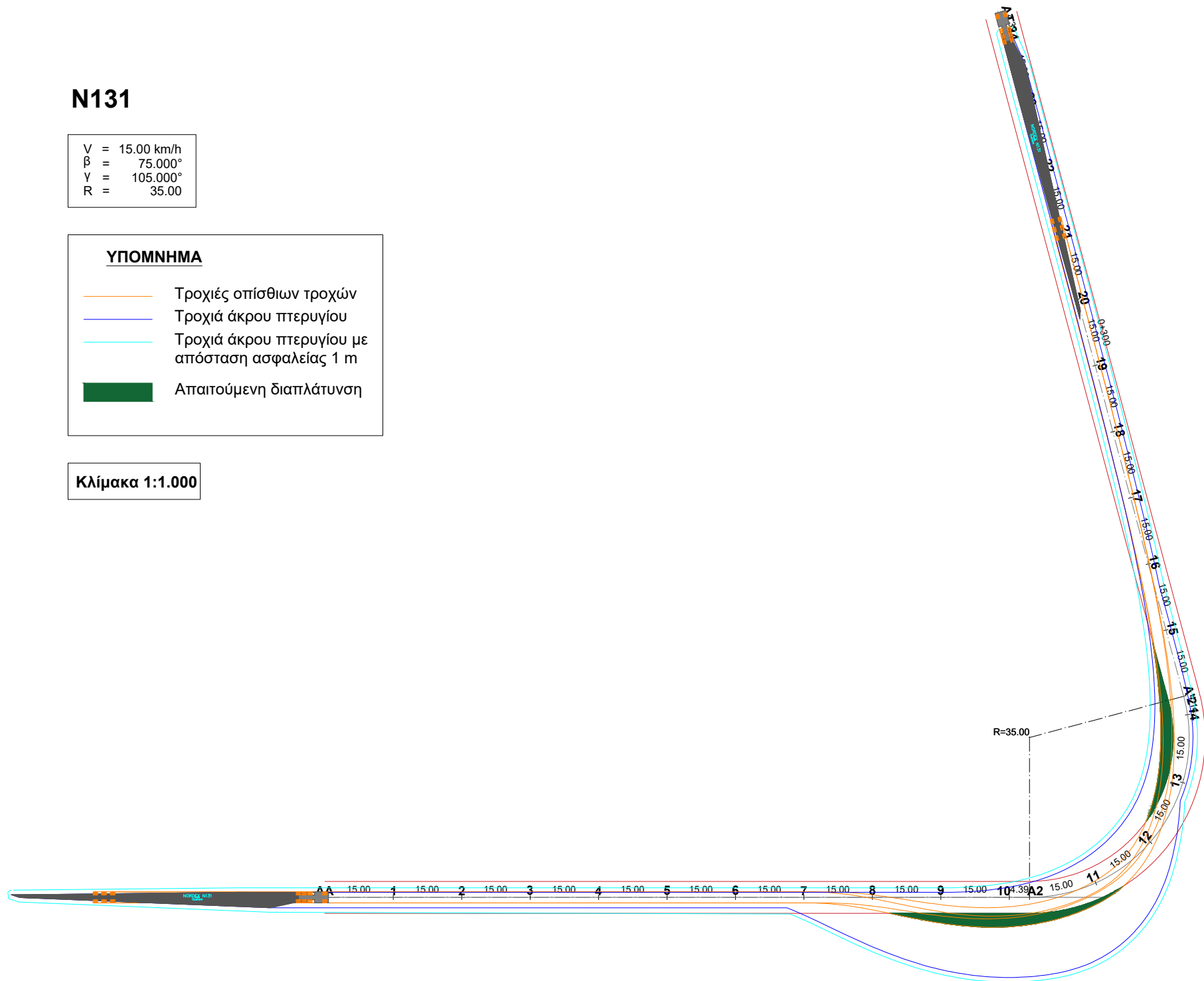
N131

V = 15.00 km/h
 β = 75.000°
 γ = 105.000°
R = 35.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- | | |
|---|--|
|  | Τροχιές οπίσθιων τροχών |
|  | Τροχιά άκρου πτερυγίου |
|  | Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m |
|  | Απαιτούμενη διαπλάτυνση |

Κλίμακα 1:1.000



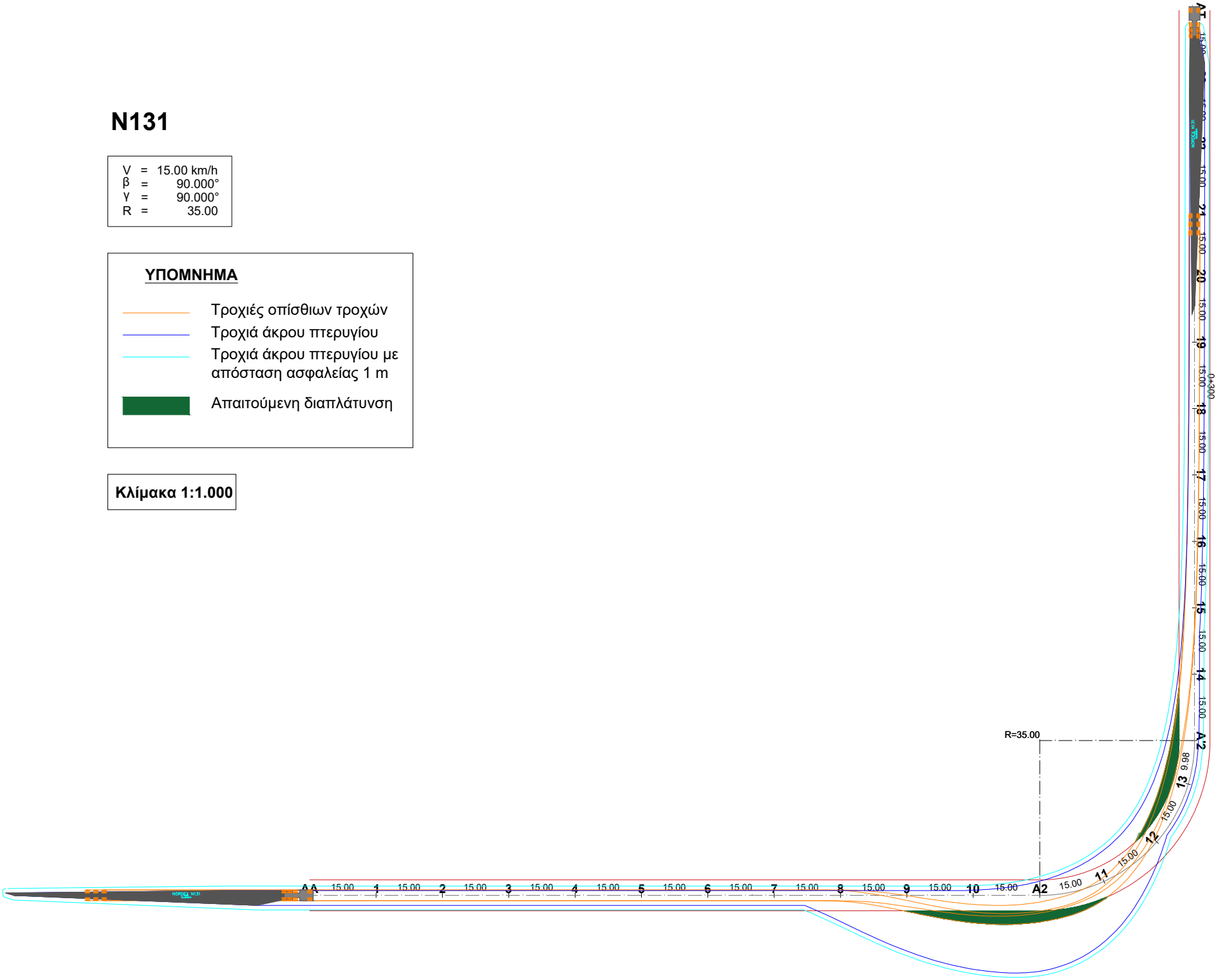
N131

V = 15.00 km/h
 β = 90.000°
 γ = 90.000°
R = 35.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



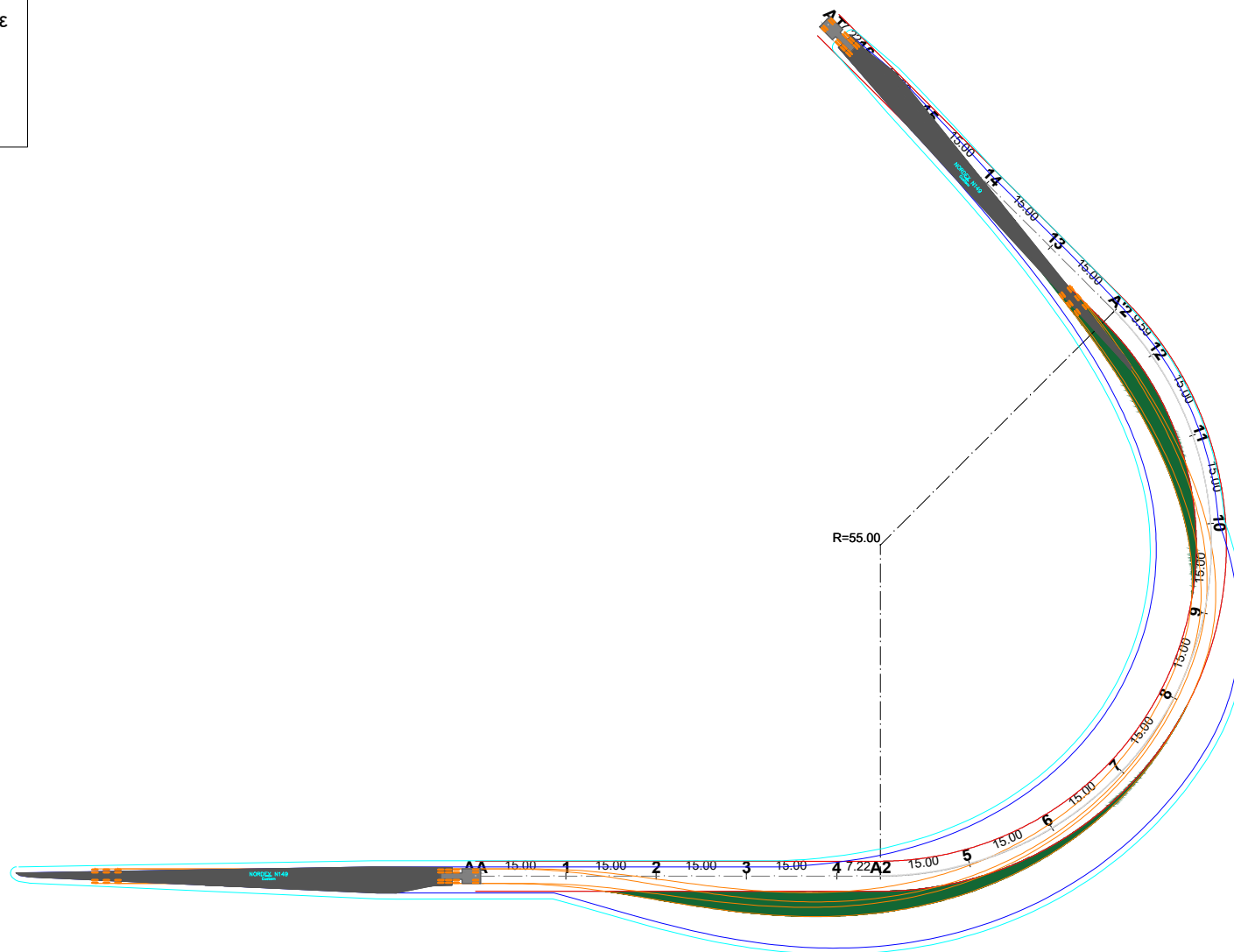
N149

V = 15.00 km/h
 β = 45.000°
 γ = 135.000°
R = 55.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



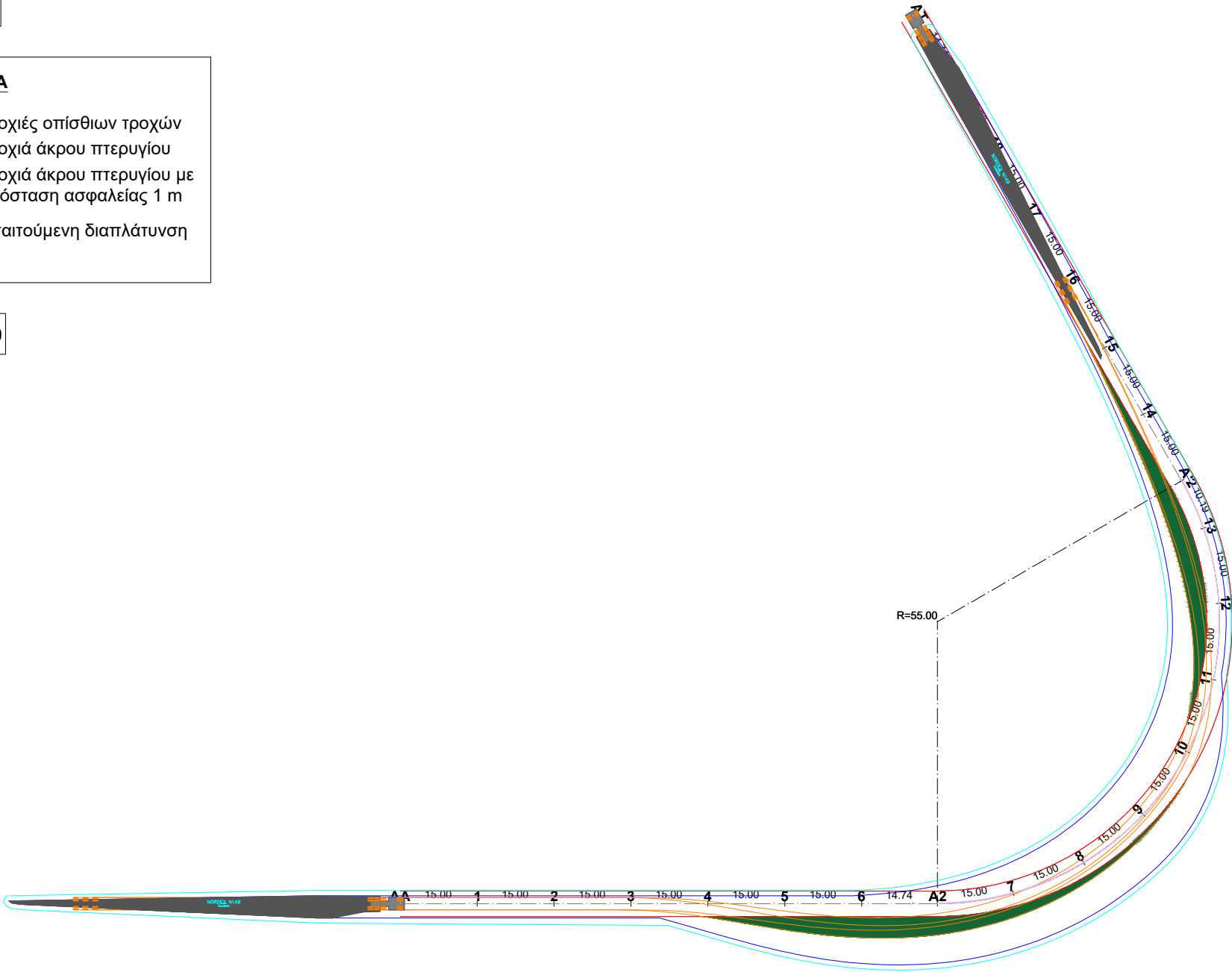
N149

V	=	15.00	km/h
β	=	60.000°	
γ	=	120.000°	
R	=	55.00	

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



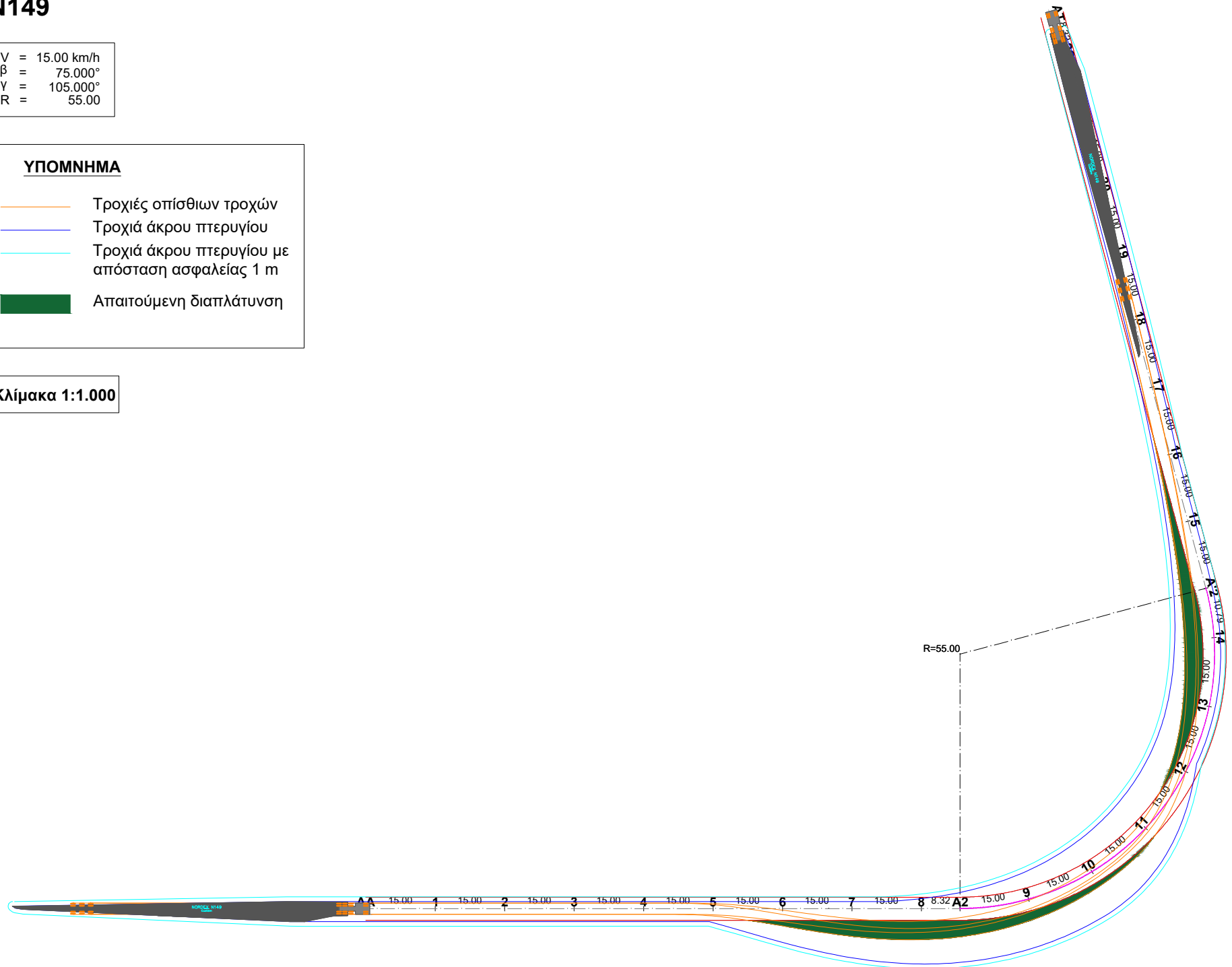
N149

V	=	15.00 km/h
β	=	75.000°
γ	=	105.000°
R	=	55.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- | | |
|---|--|
| | Τροχιές οπίσθιων τροχών |
| | Τροχιά άκρου πτερυγίου |
| | Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m |
| | Απαιτούμενη διαπλάτυνση |

Κλίμακα 1:1.000



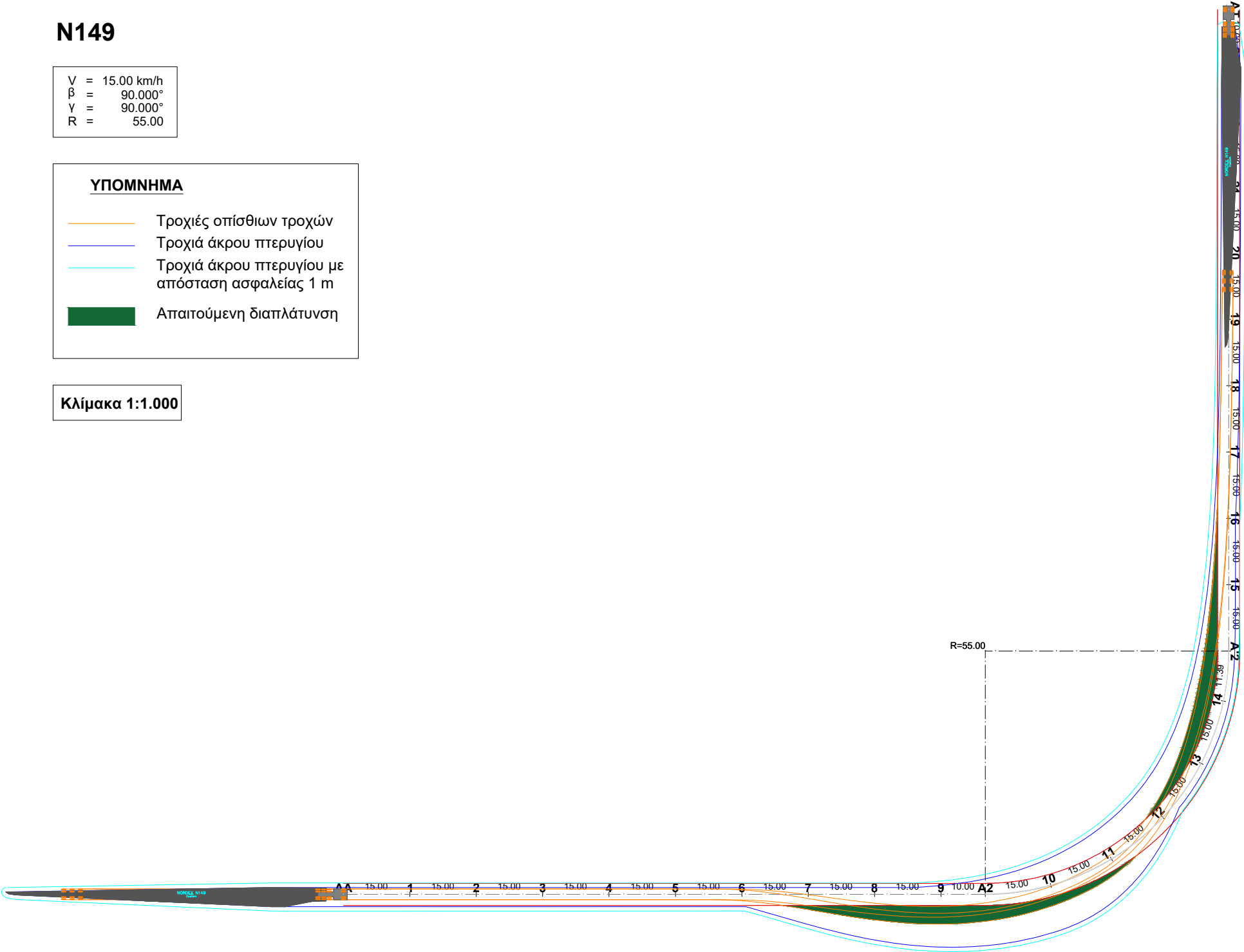
N149

V	=	15.00 km/h
β	=	90.000°
γ	=	90.000°
R	=	55.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



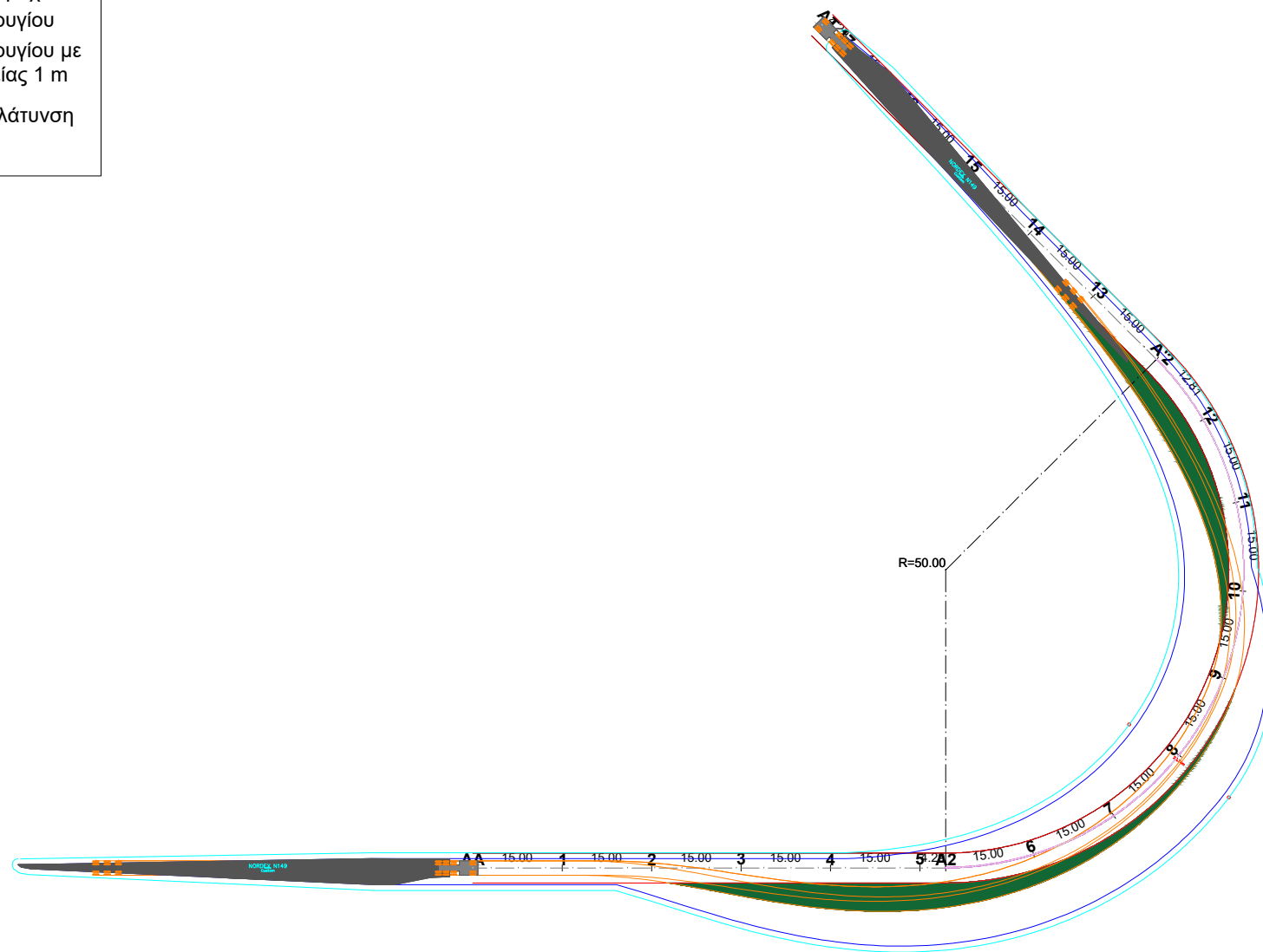
N149

V = 15.00 km/h
 β = 45.000°
Y = 135.000°
R = 50.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



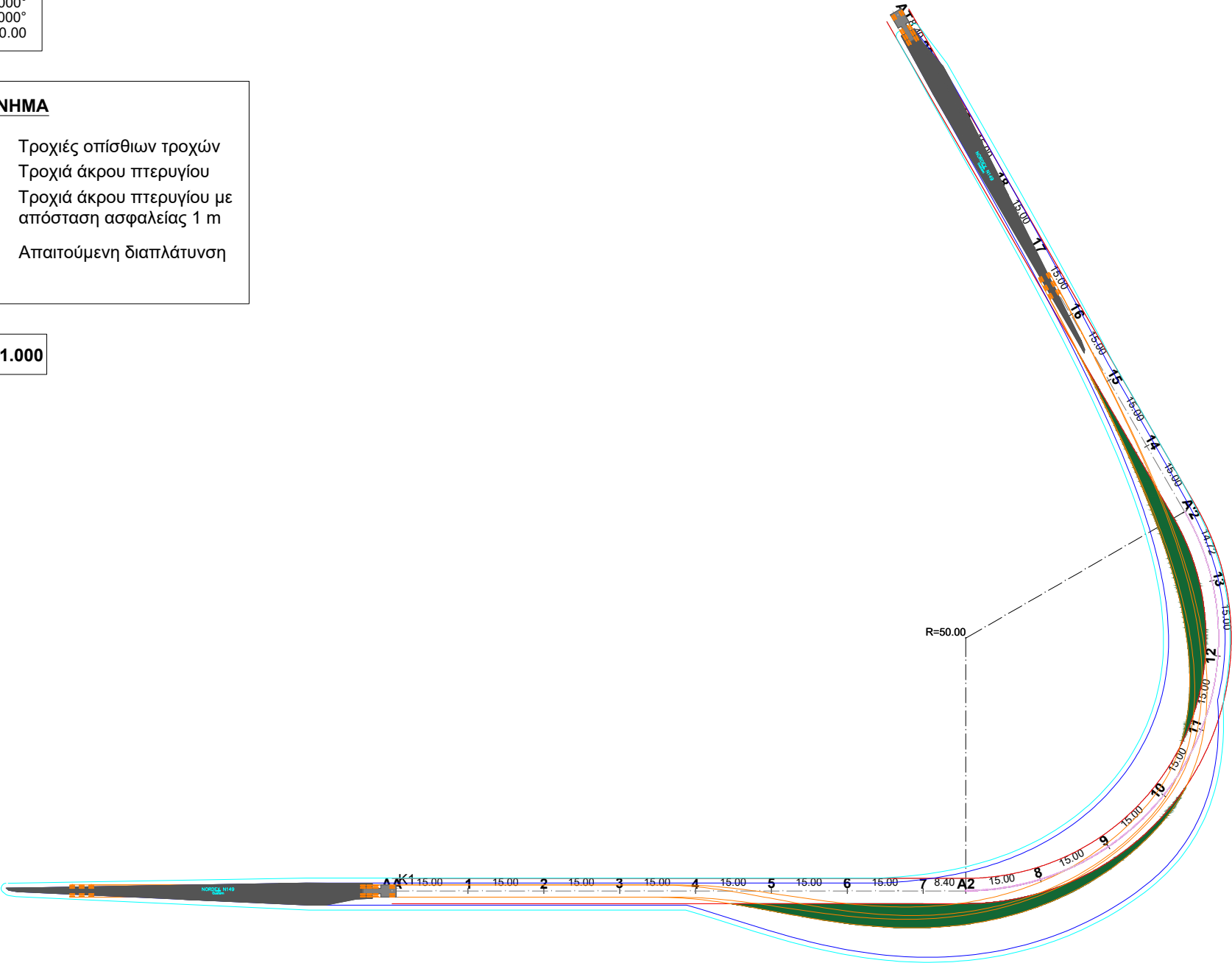
N149

V	=	15.00	km/h
β	=	60.000°	
γ	=	120.000°	
R	=	50.00	

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



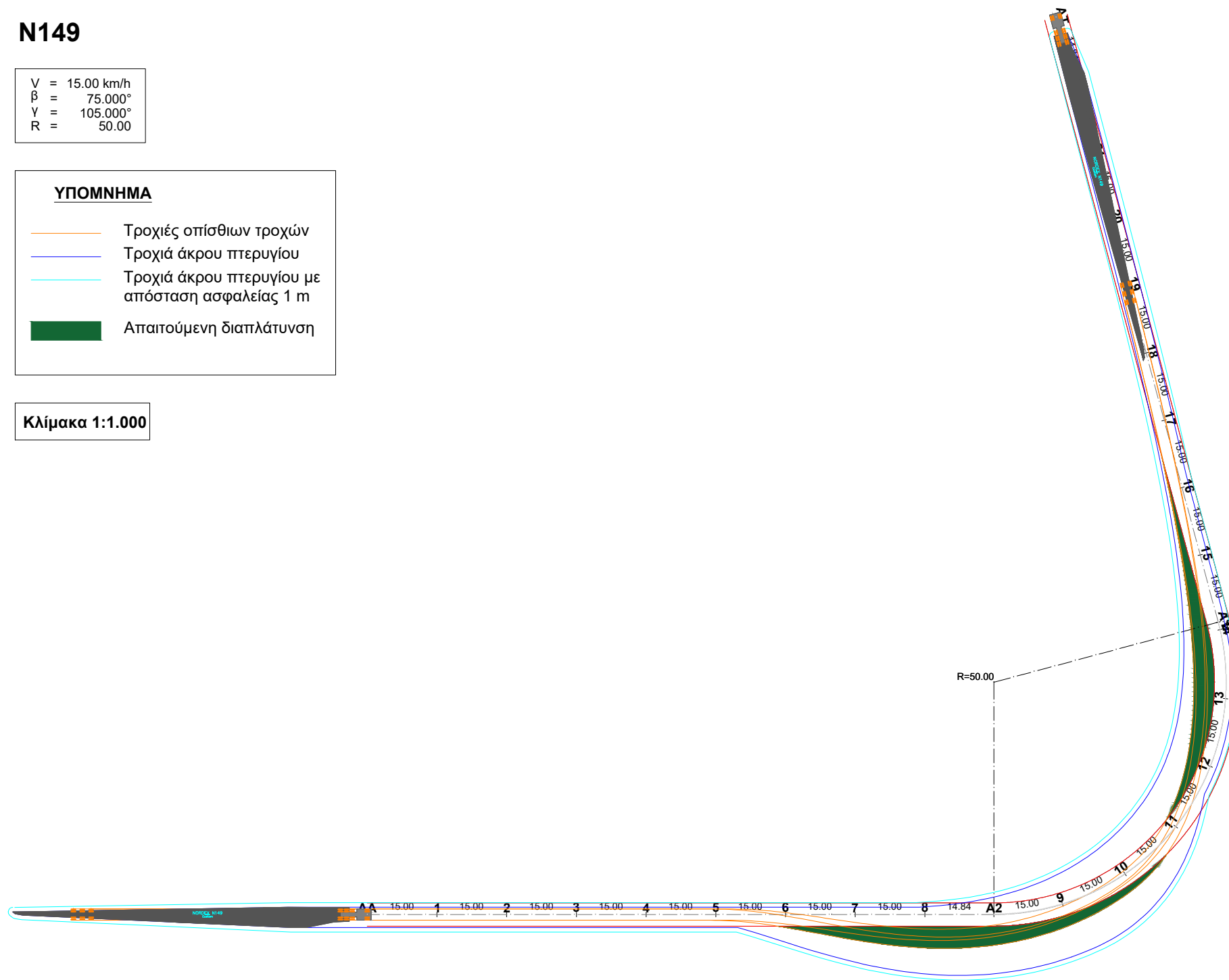
N149

V = 15.00 km/h
 β = 75.000°
Y = 105.000°
R = 50.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



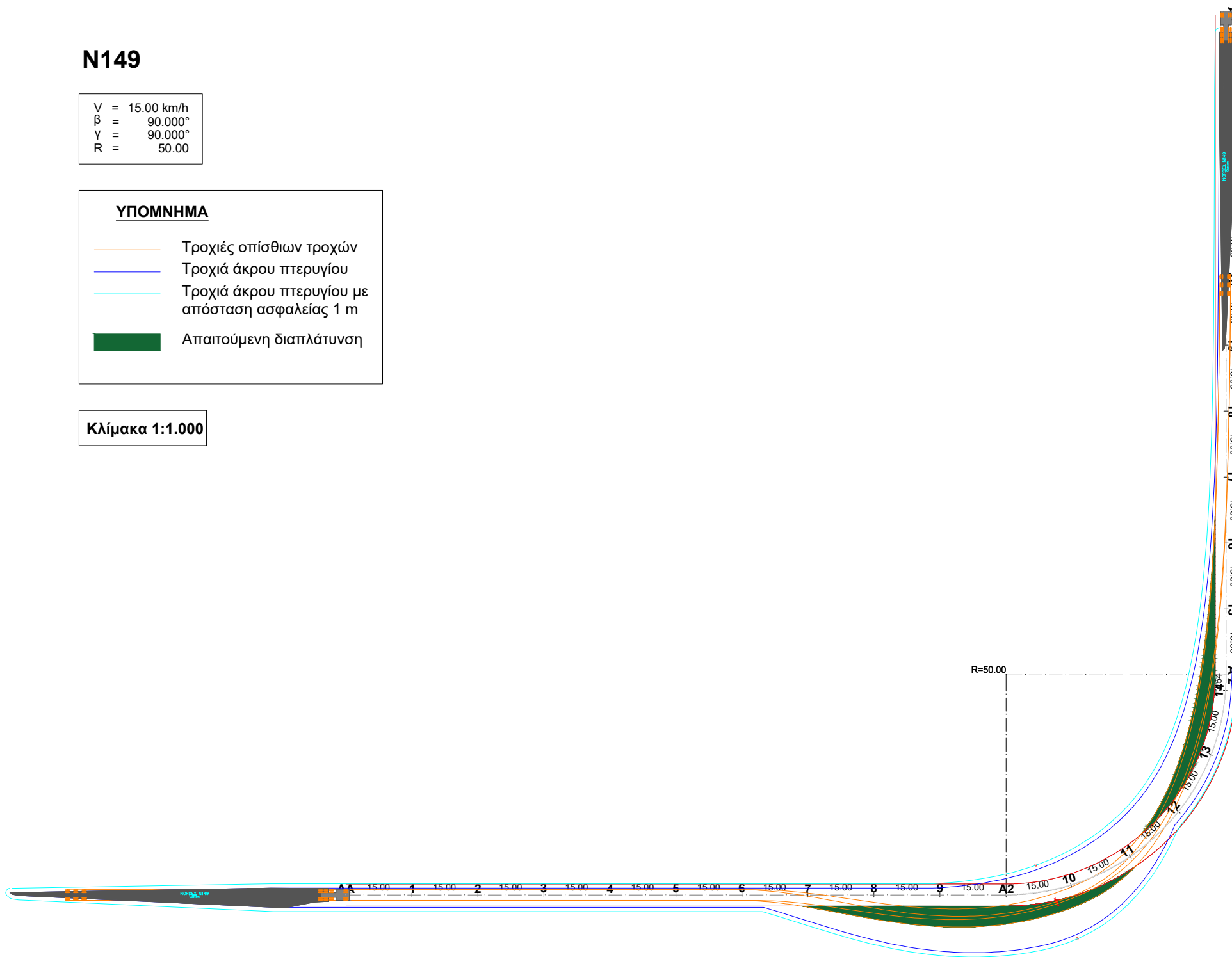
N149

V	=	15.00 km/h
β	=	90.000°
Y	=	90.000°
R	=	50.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- | | |
|---|--|
| | Τροχιές οπίσθιων τροχών |
|  | Τροχιά άκρου πτερυγίου |
|  | Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m |
|  | Απαιτούμενη διαπλάτυνση |

Κλίμακα 1:1.000



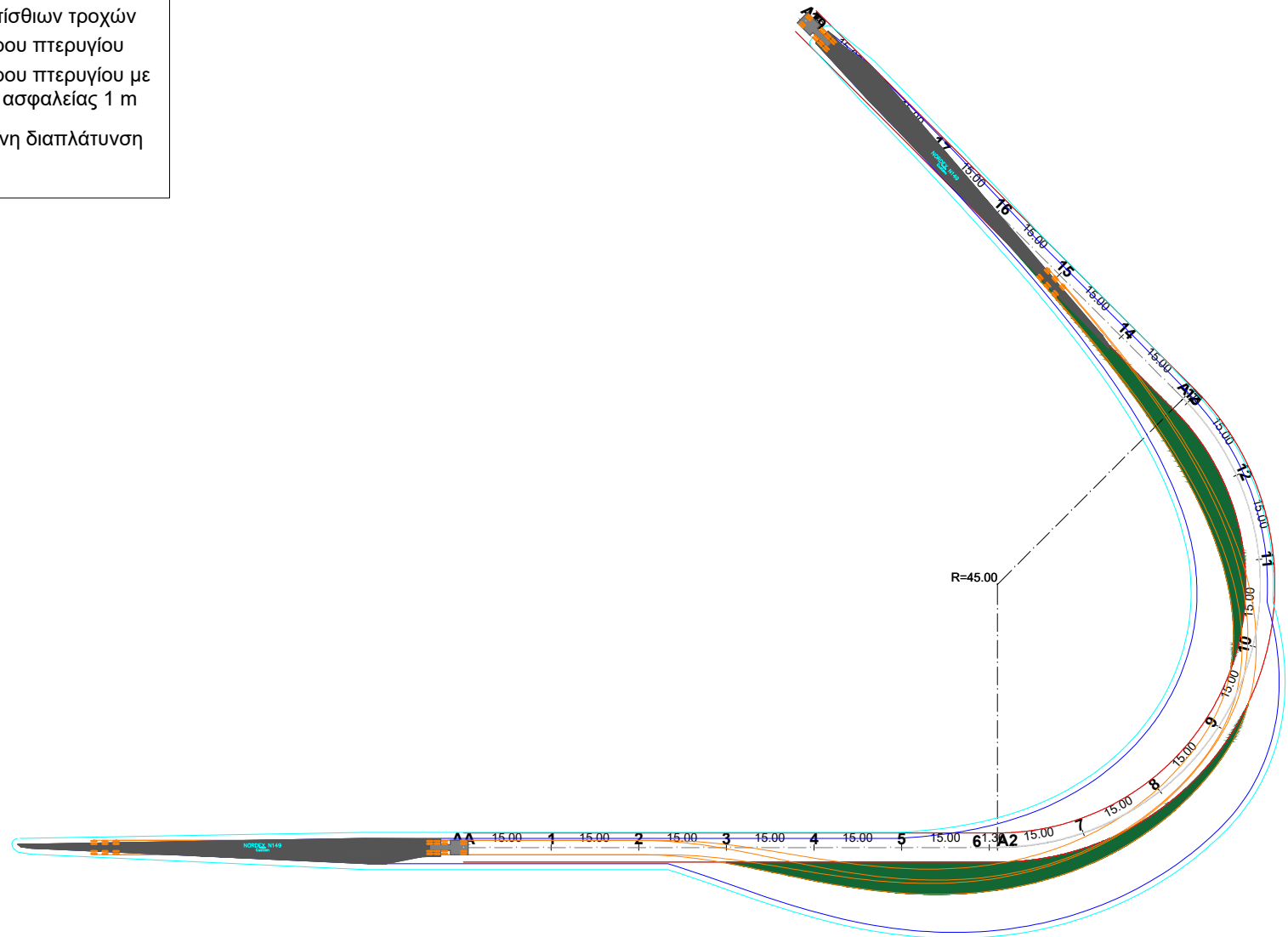
N149

V = 15.00 km/h
 β = 45.000°
 γ = 135.000°
R = 45.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



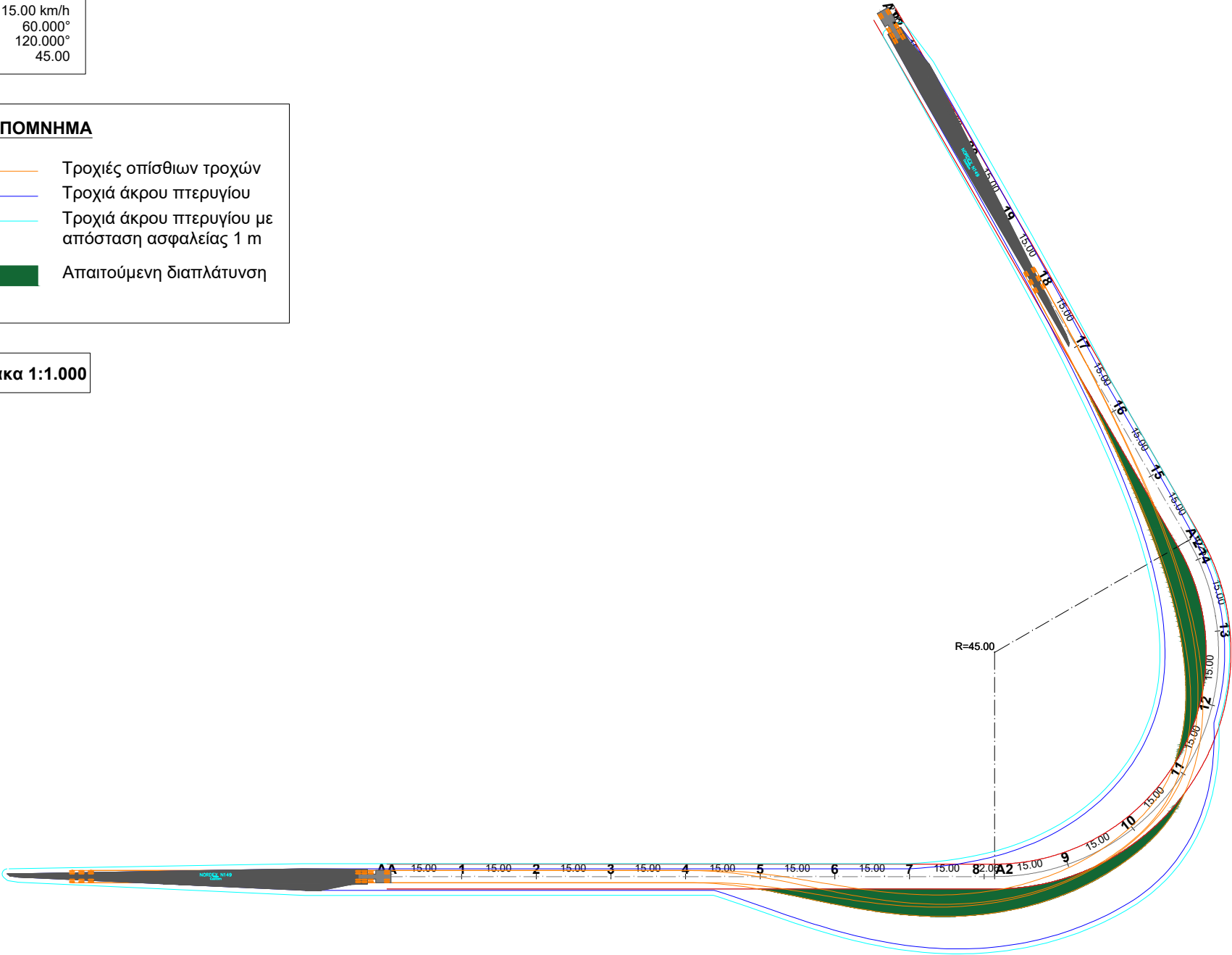
N149

V	=	15.00 km/h
β	=	60.000°
γ	=	120.000°
R	=	45.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



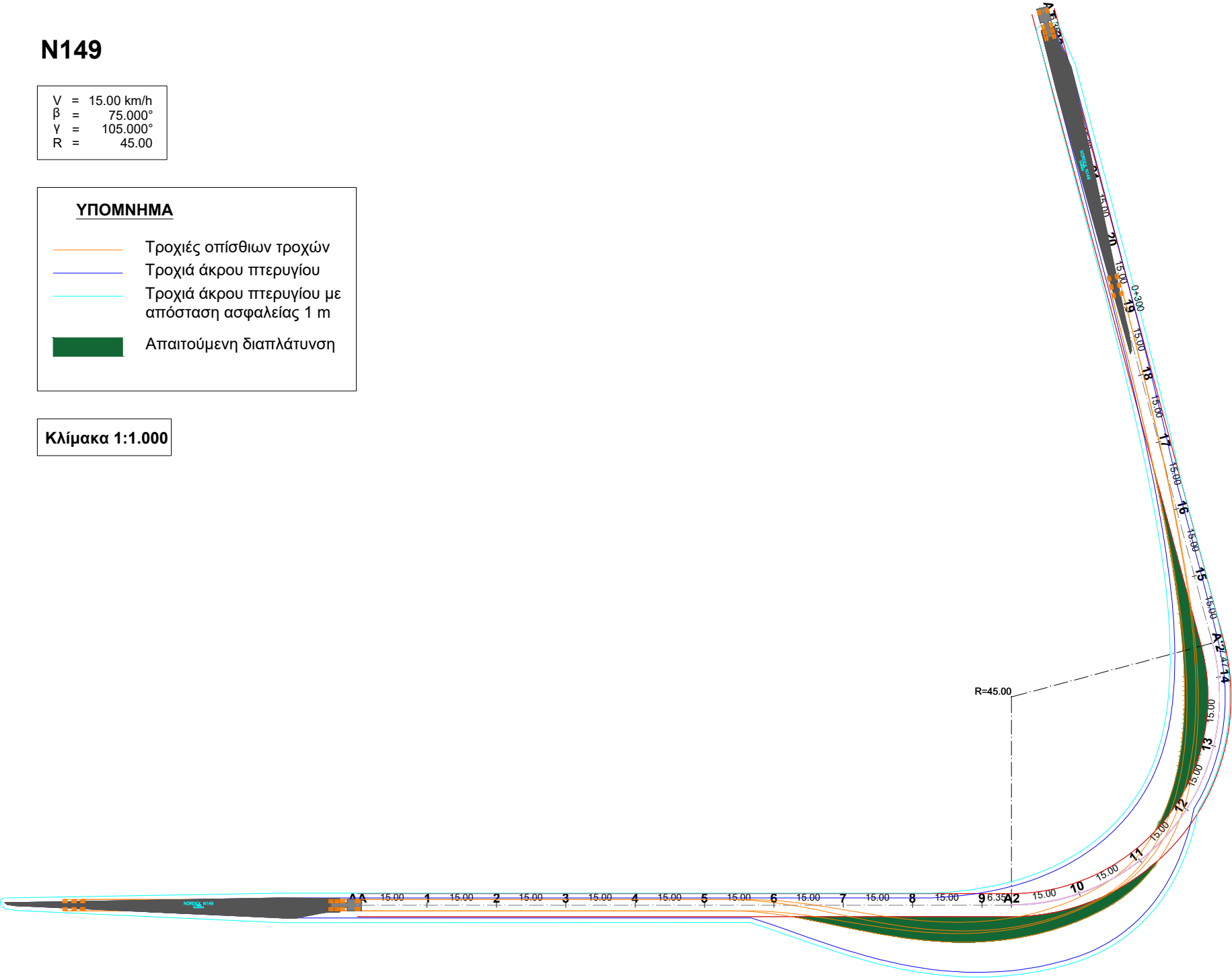
N149

V	=	15.00	km/h
β	=	75.000°	
γ	=	105.000°	
R	=	45.00	

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



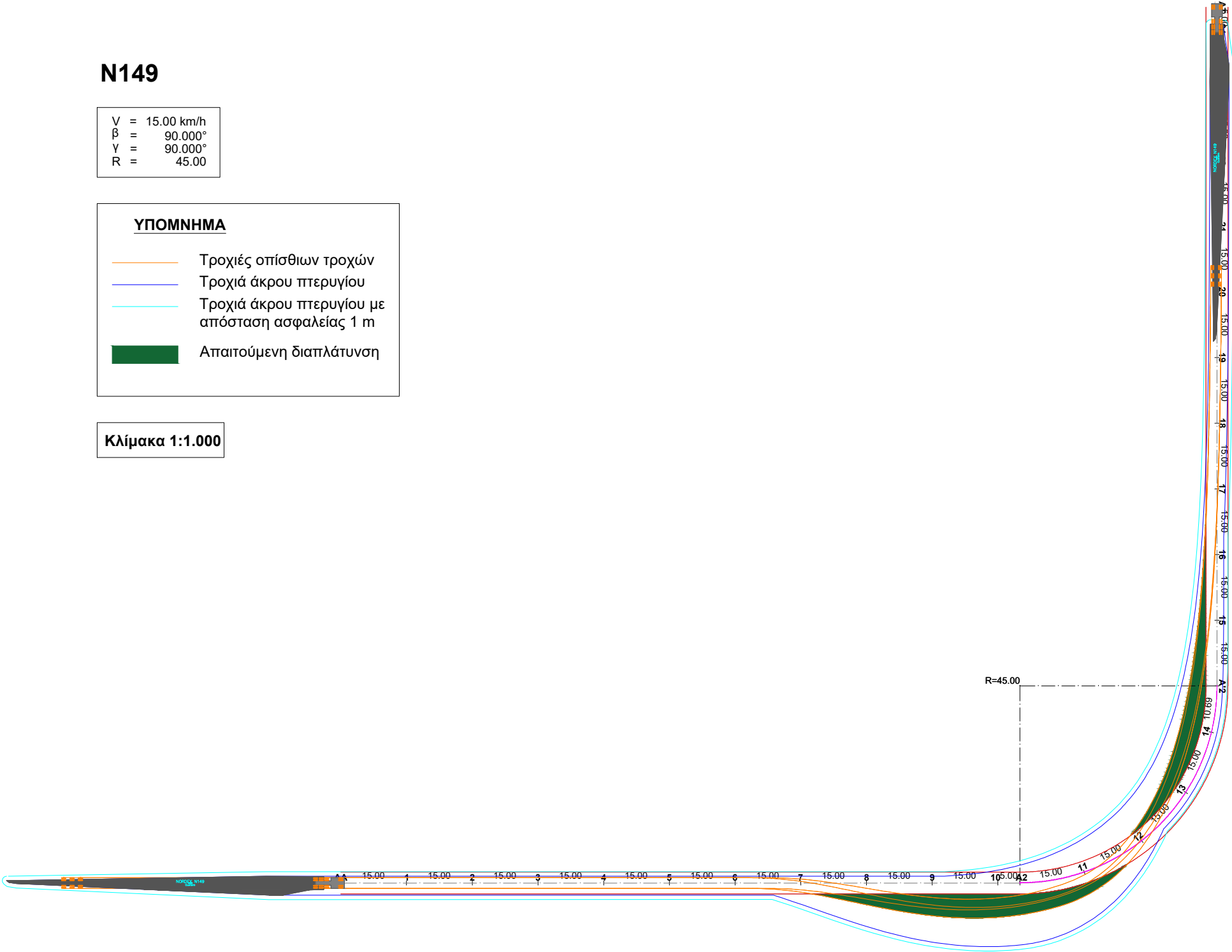
N149

V	=	15.00	km/h
β	=	90.000°	
γ	=	90.000°	
R	=	45.00	

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



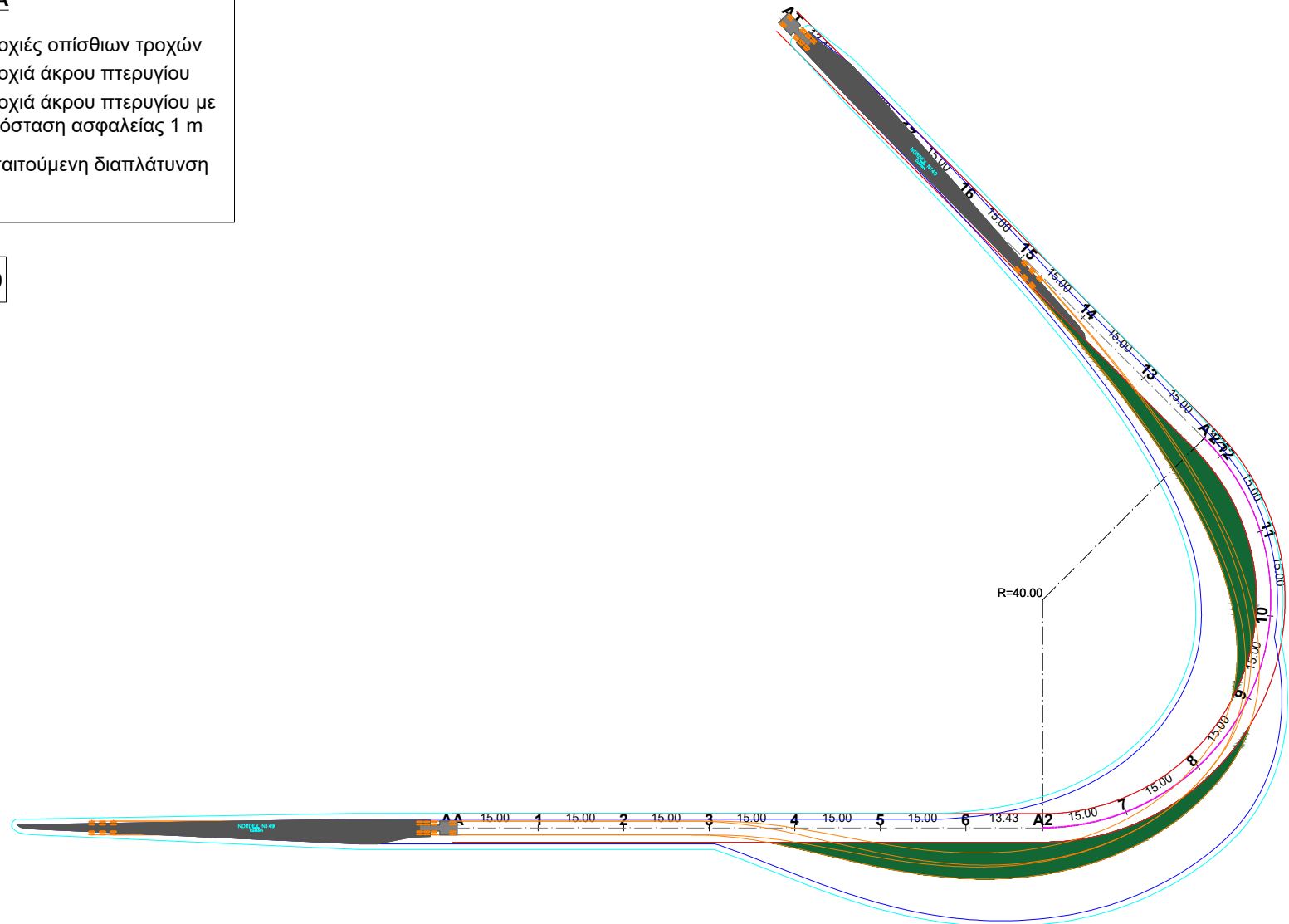
N149

$V = 15.00 \text{ km/h}$
 $\beta = 45.000^\circ$
 $Y = 135.000^\circ$
 $R = 40.00$

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



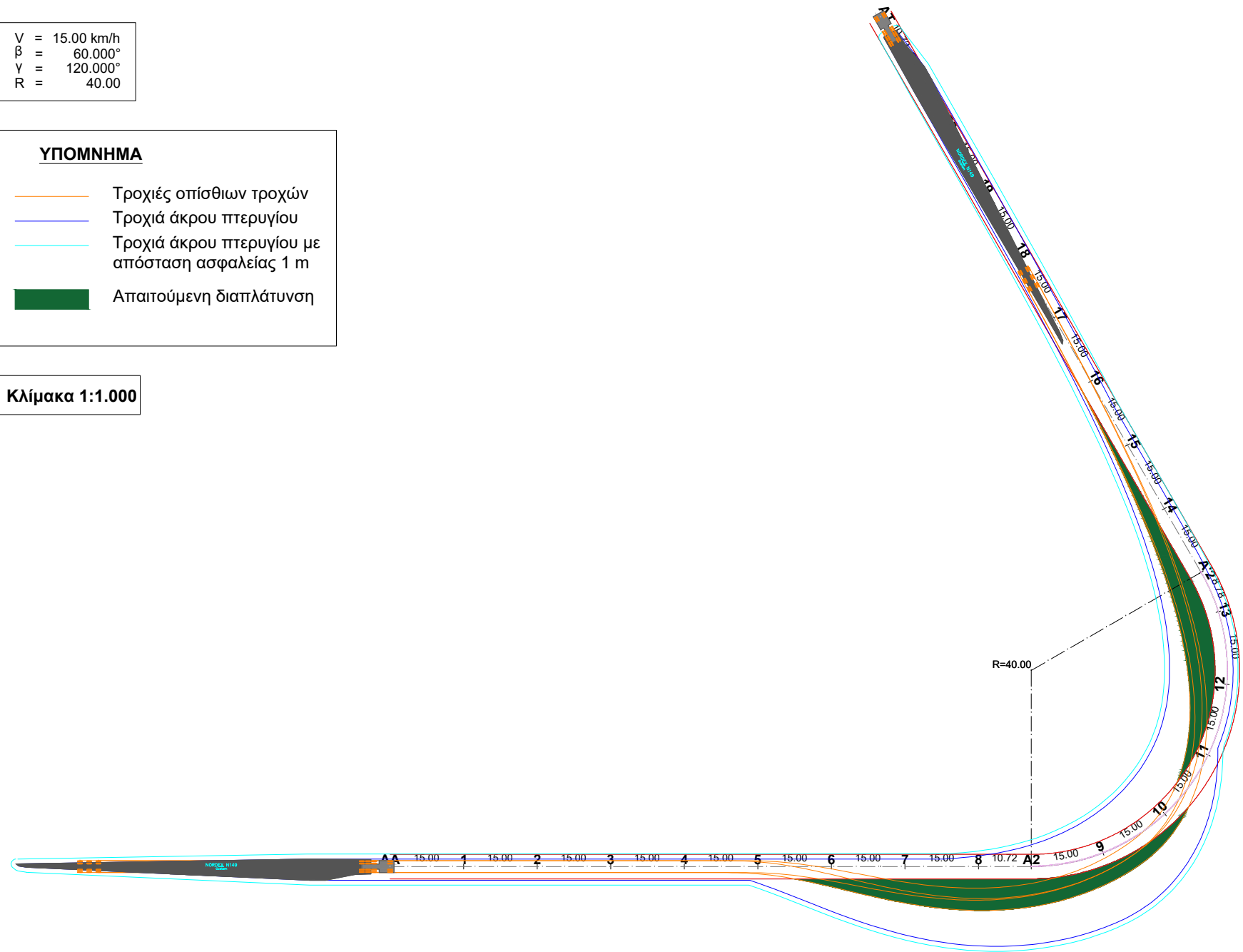
N149

V	=	15.00 km/h
β	=	60.000°
γ	=	120.000°
R	=	40.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



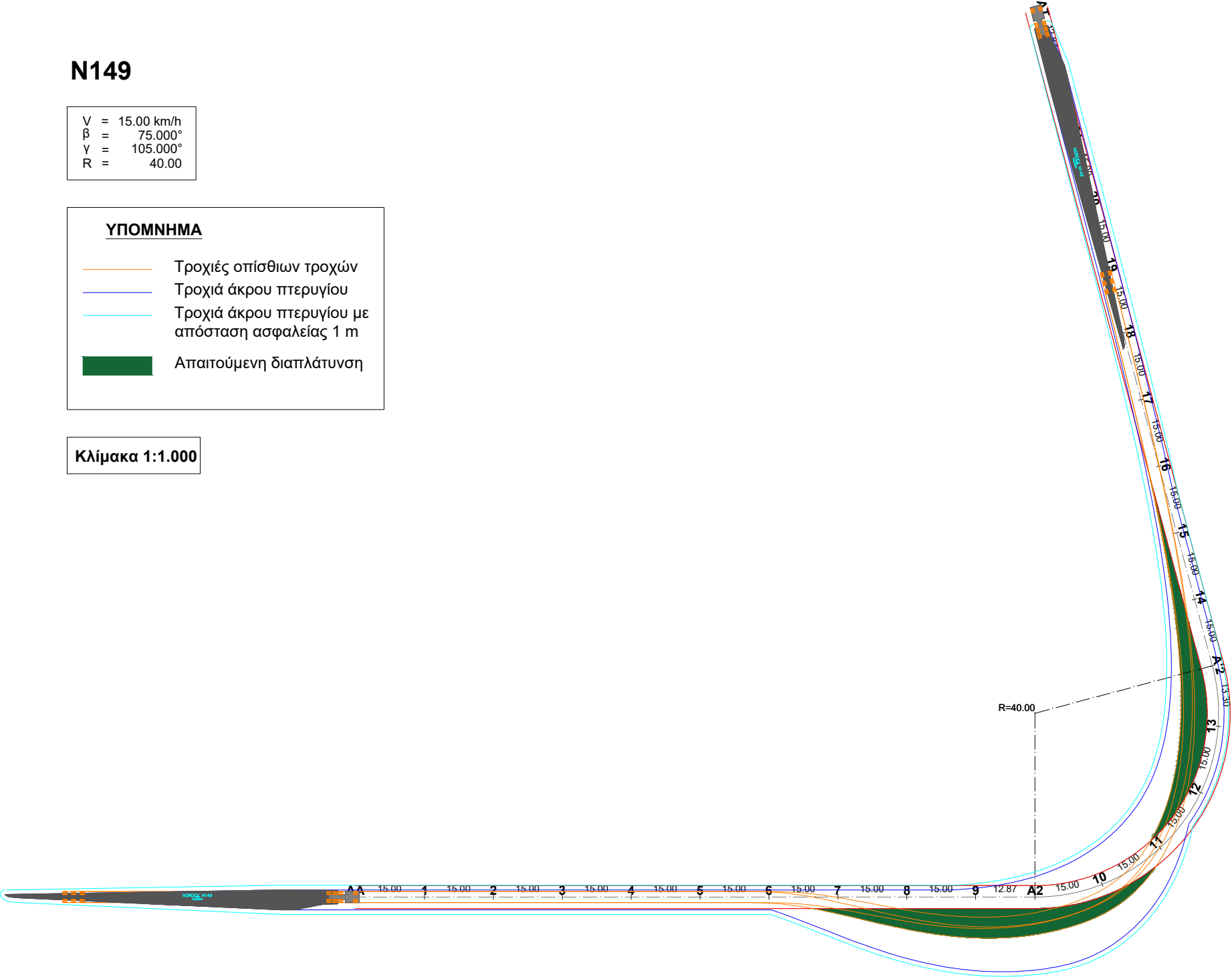
N149

V	=	15.00 km/h
β	=	75.000°
γ	=	105.000°
R	=	40.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



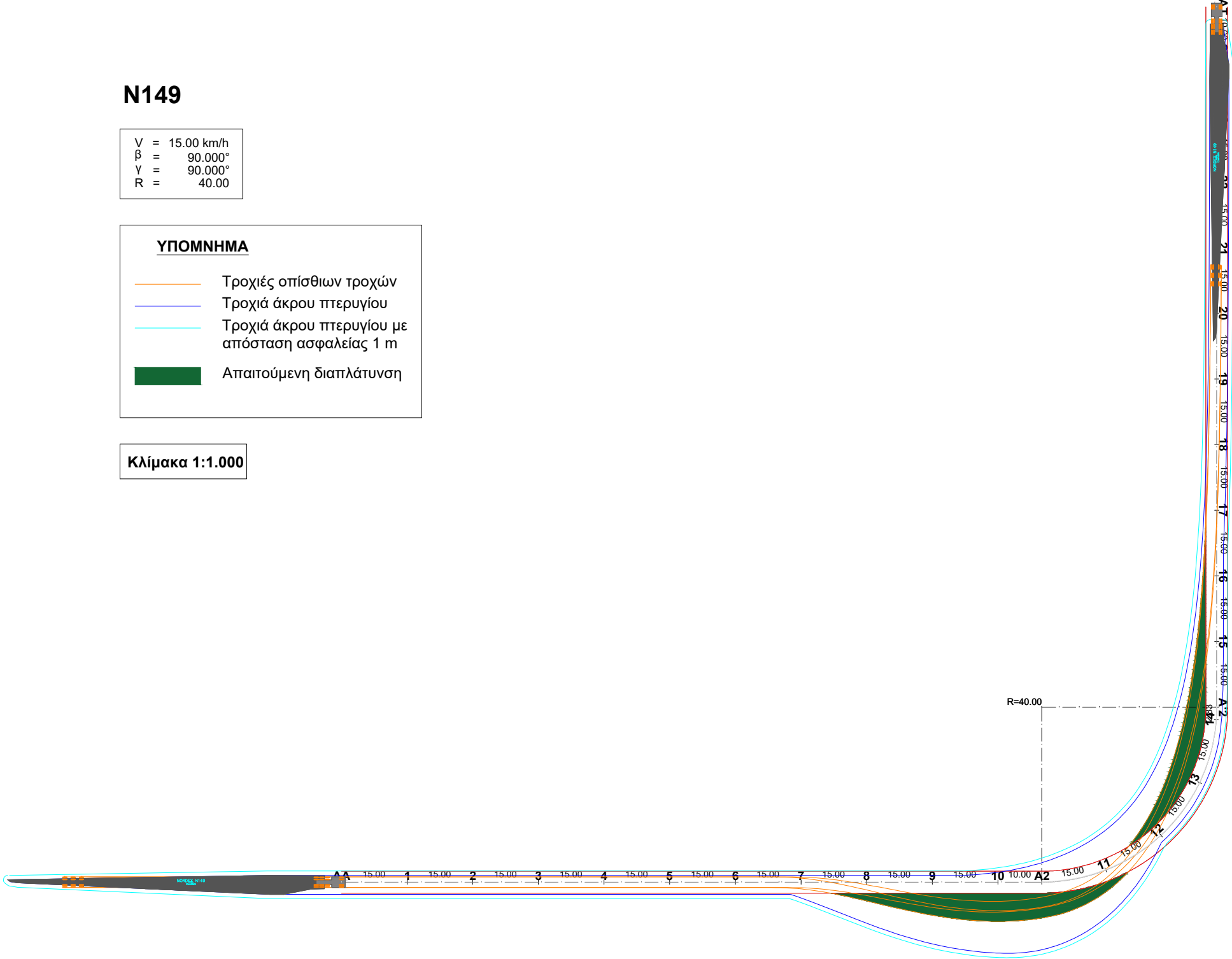
N149

V	=	15.00	km/h
β	=	90.000°	
γ	=	90.000°	
R	=	40.00	

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



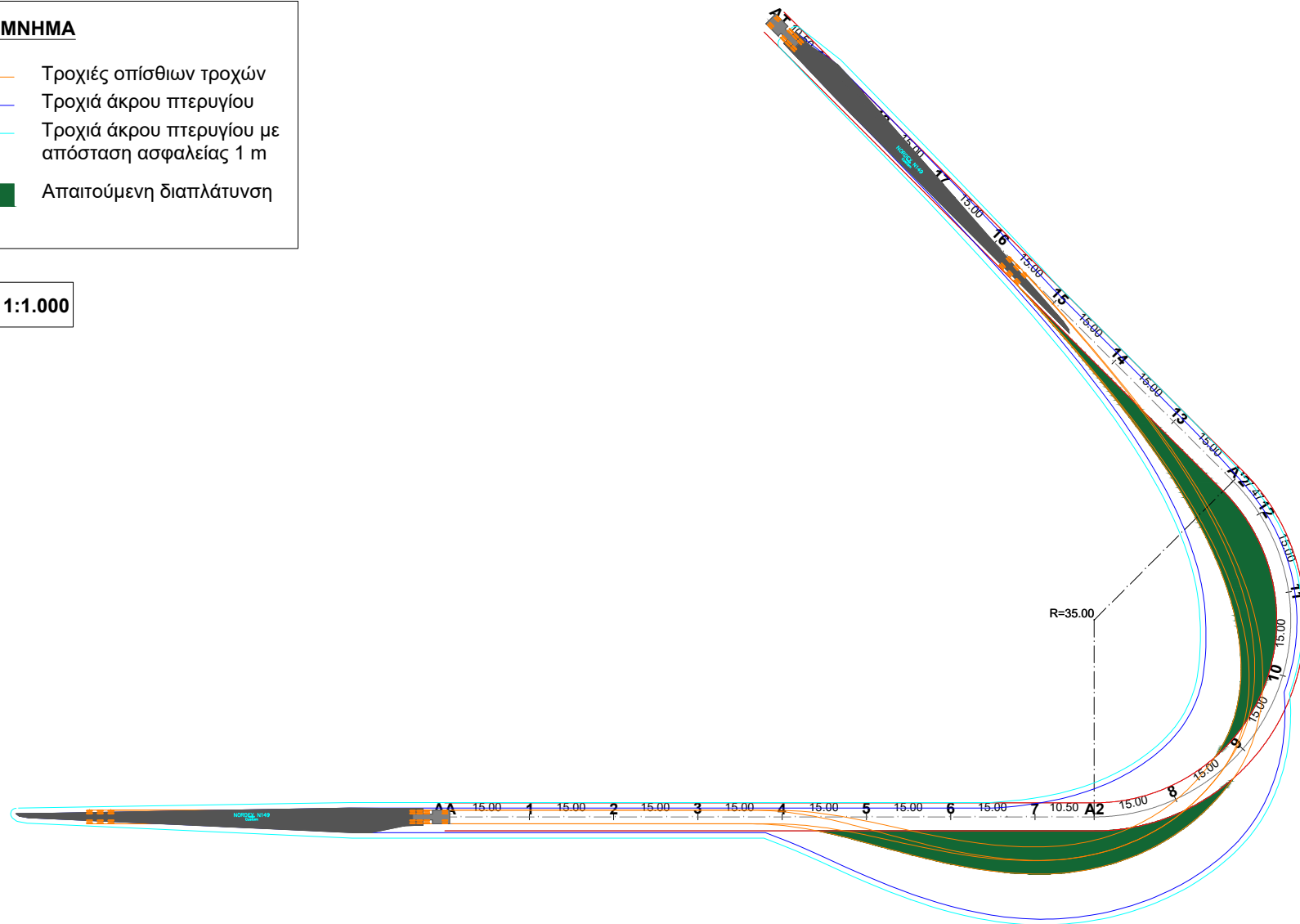
N149

V = 15.00 km/h
 β = 45.000°
 γ = 135.000°
R = 35.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



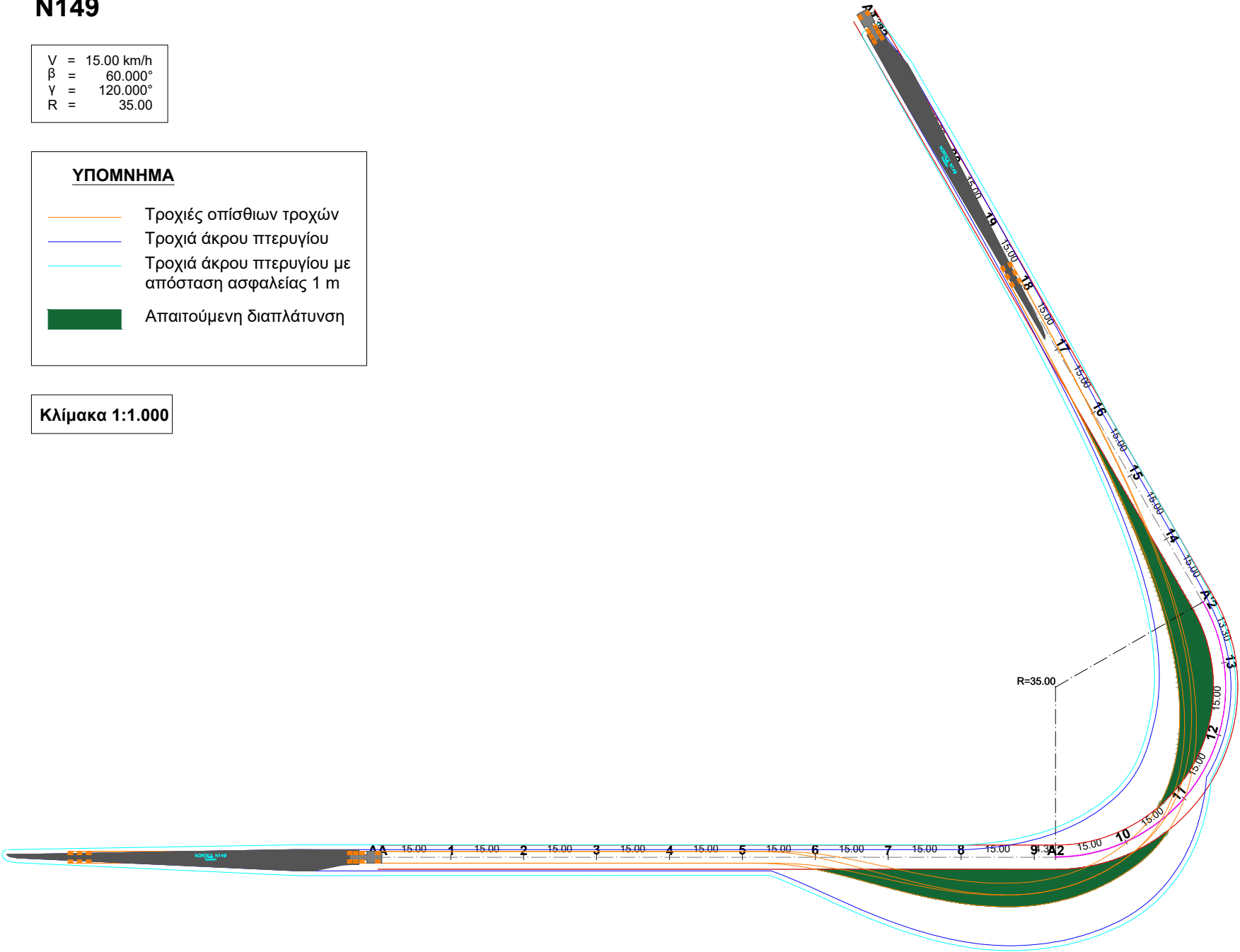
N149

V	=	15.00	km/h
β	=	60.000°	
γ	=	120.000°	
R	=	35.00	

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



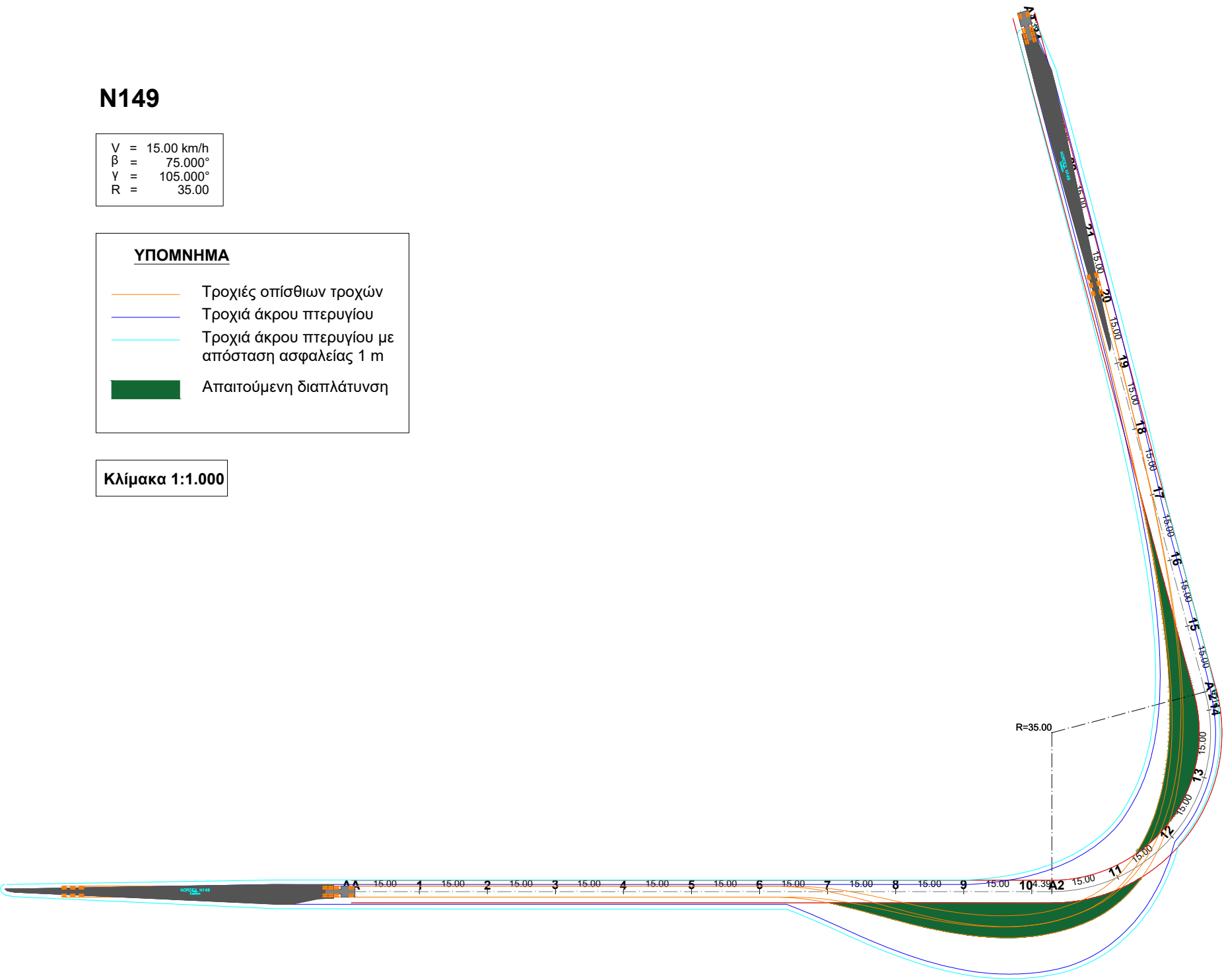
N149

V	=	15.00 km/h
β	=	75.000°
γ	=	105.000°
R	=	35.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



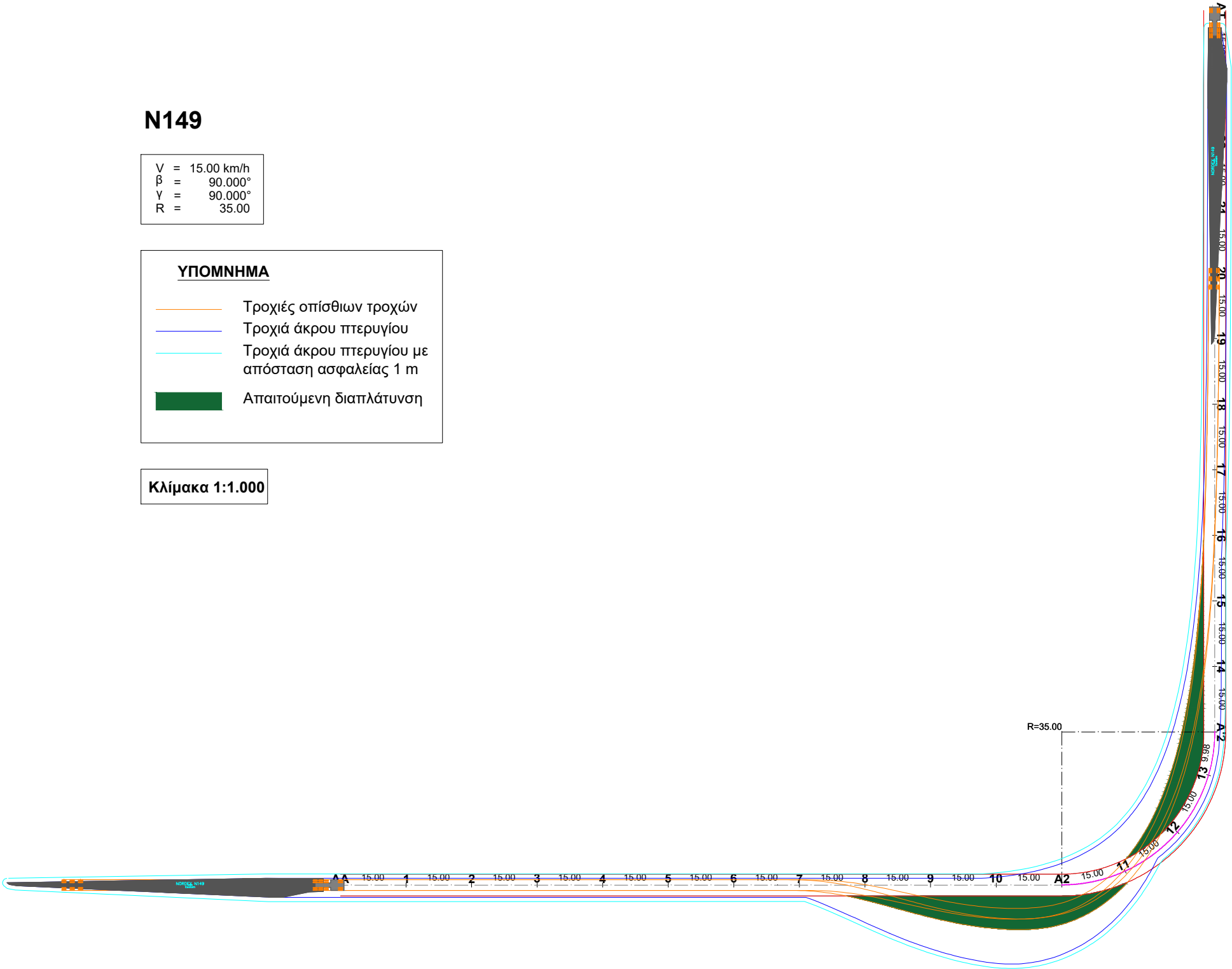
N149

V	=	15.00 km/h
β	=	90.000°
γ	=	90.000°
R	=	35.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



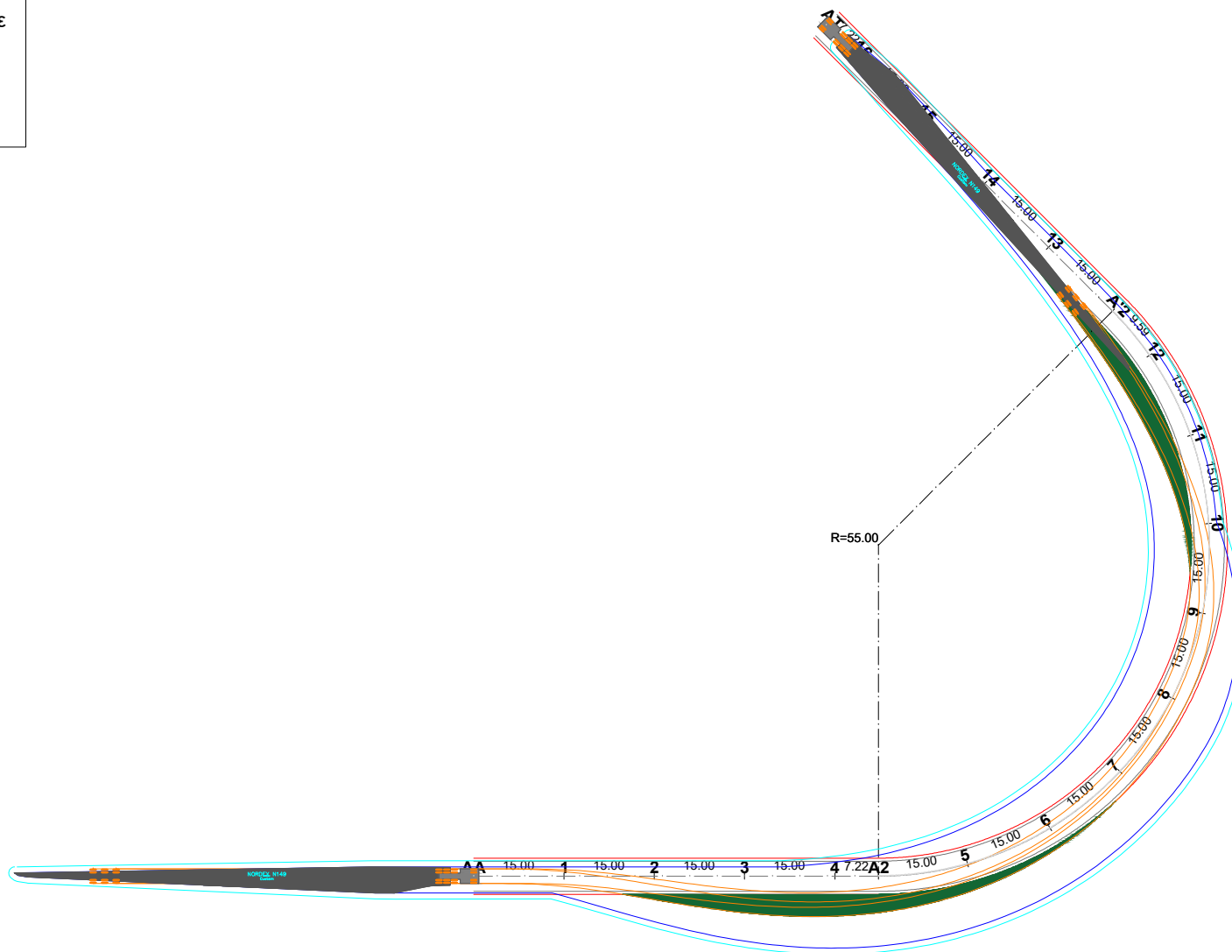
N149

V = 15.00 km/h
 β = 45.000°
 γ = 135.000°
R = 55.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



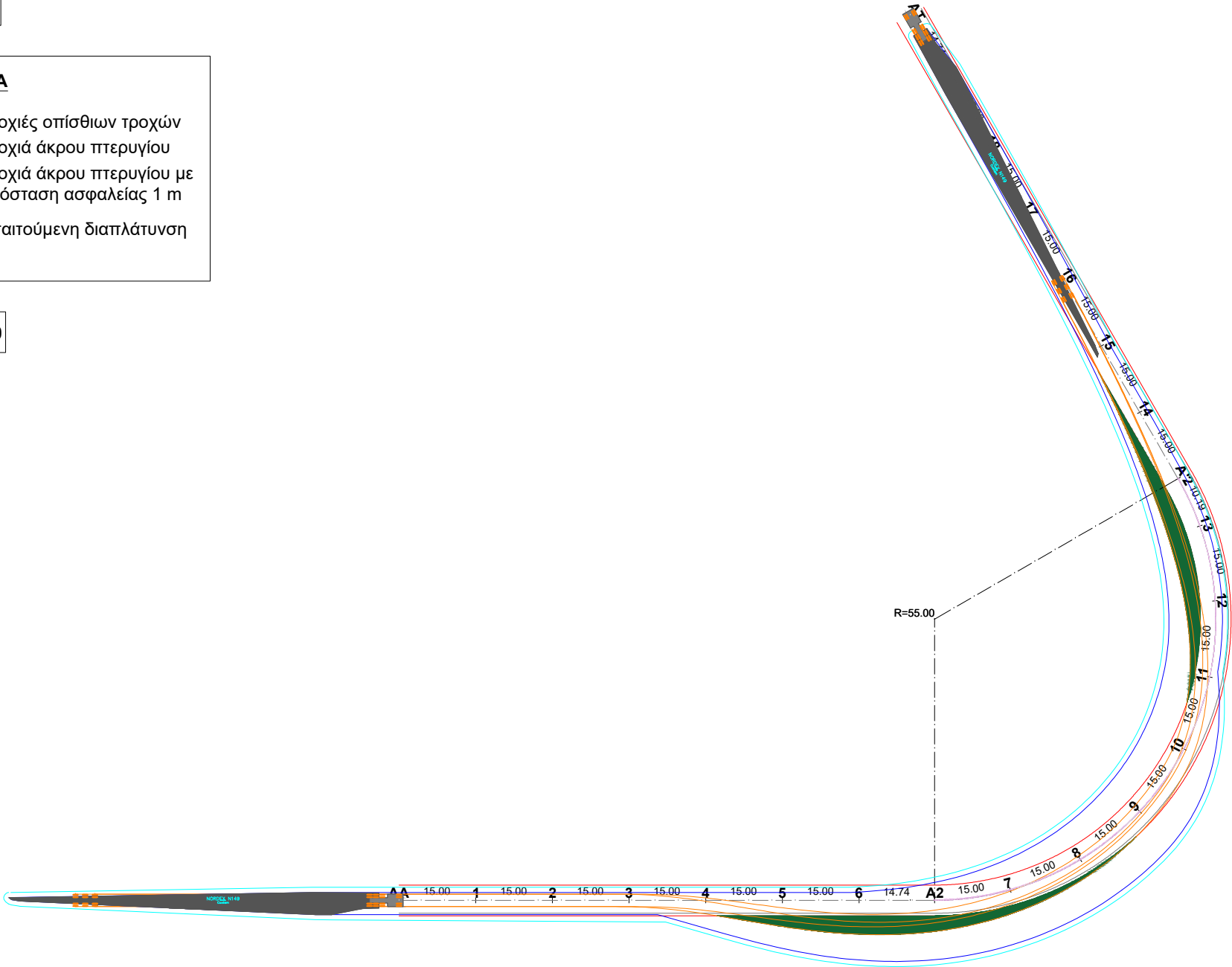
N149

V	=	15.00 km/h
β	=	60.000°
γ	=	120.000°
R	=	55.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



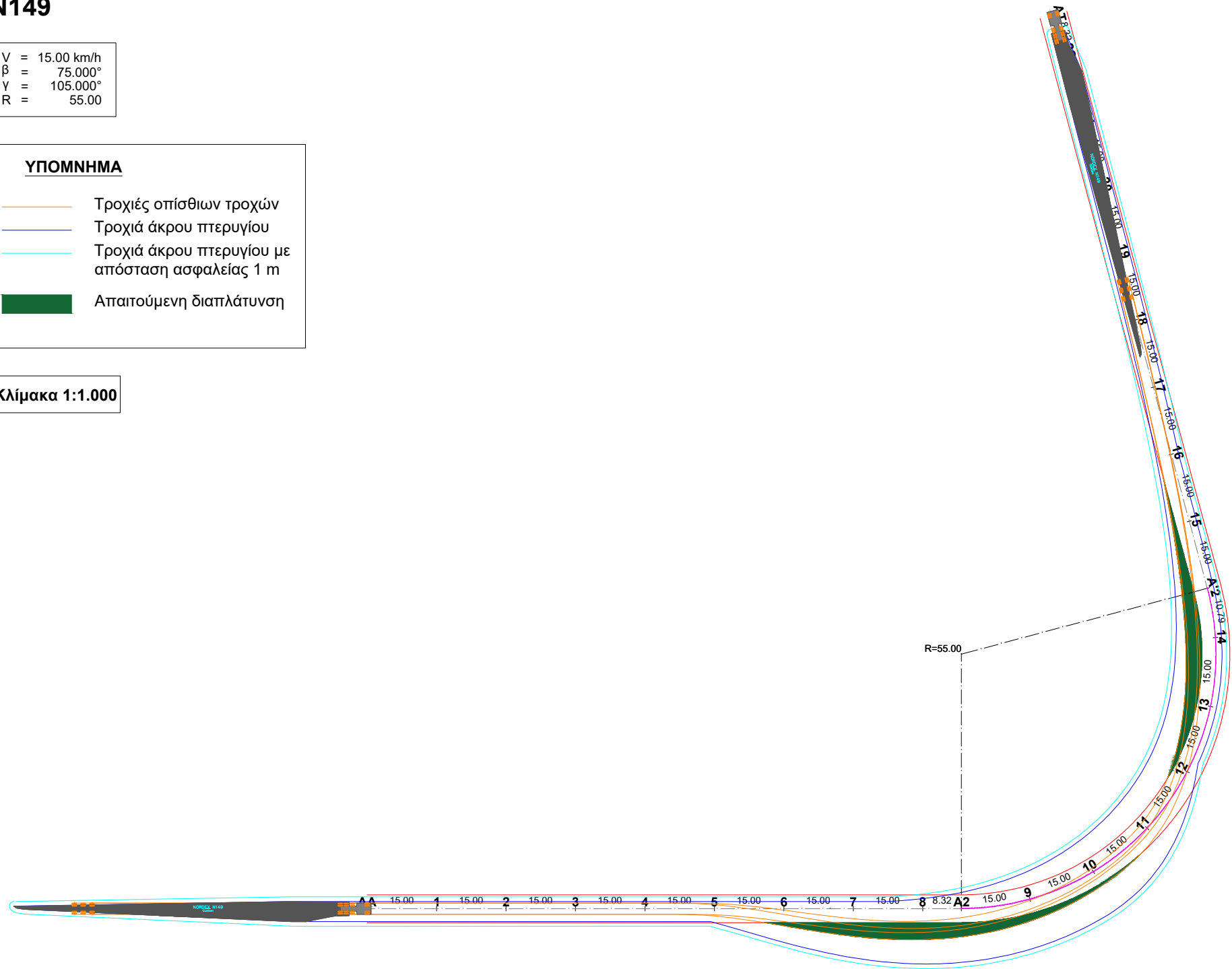
N149

V	=	15.00	km/h
β	=	75.000°	
Υ	=	105.000°	
R	=	55.00	

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



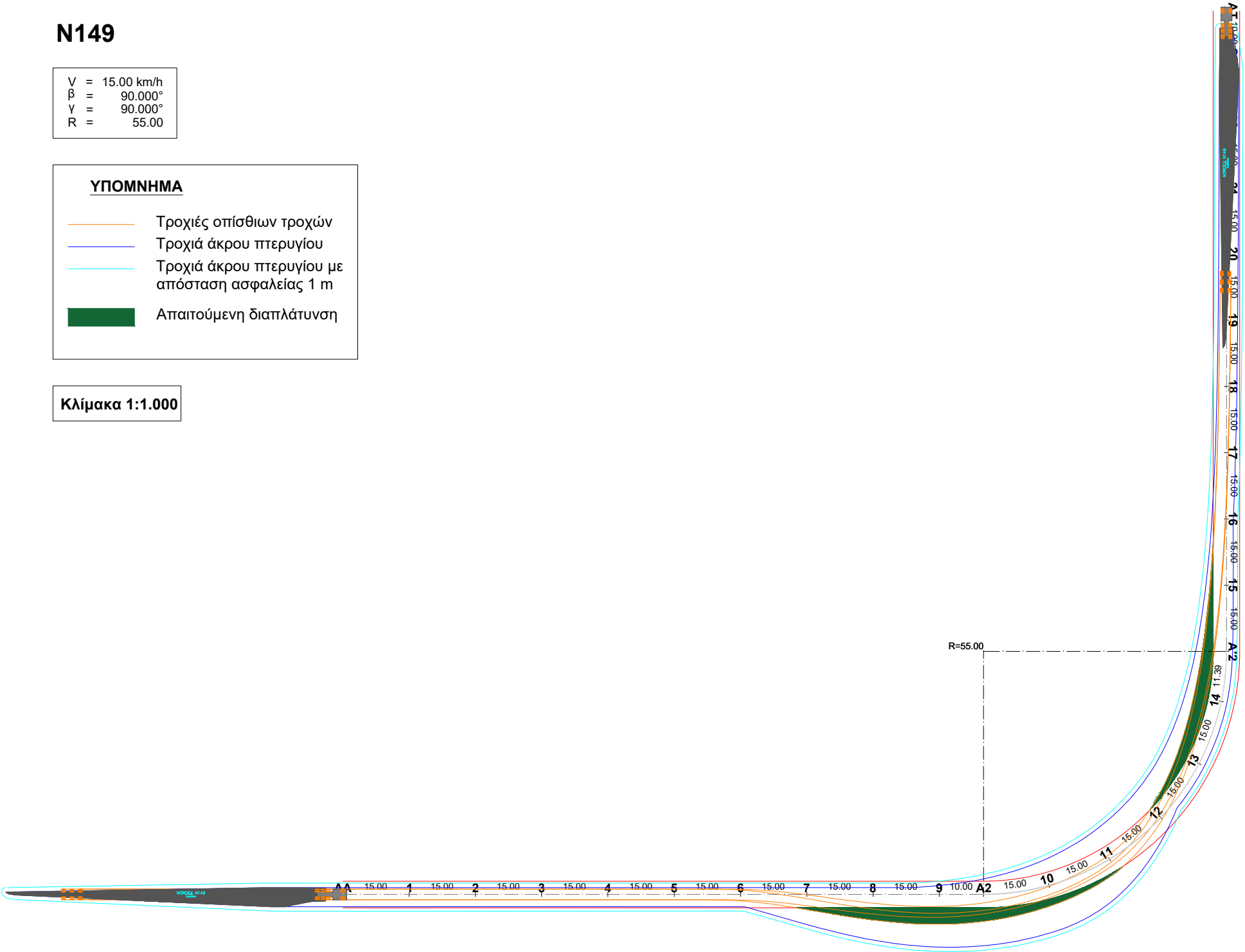
N149

V	=	15.00	km/h
β	=	90.000°	
γ	=	90.000°	
R	=	55.00	

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



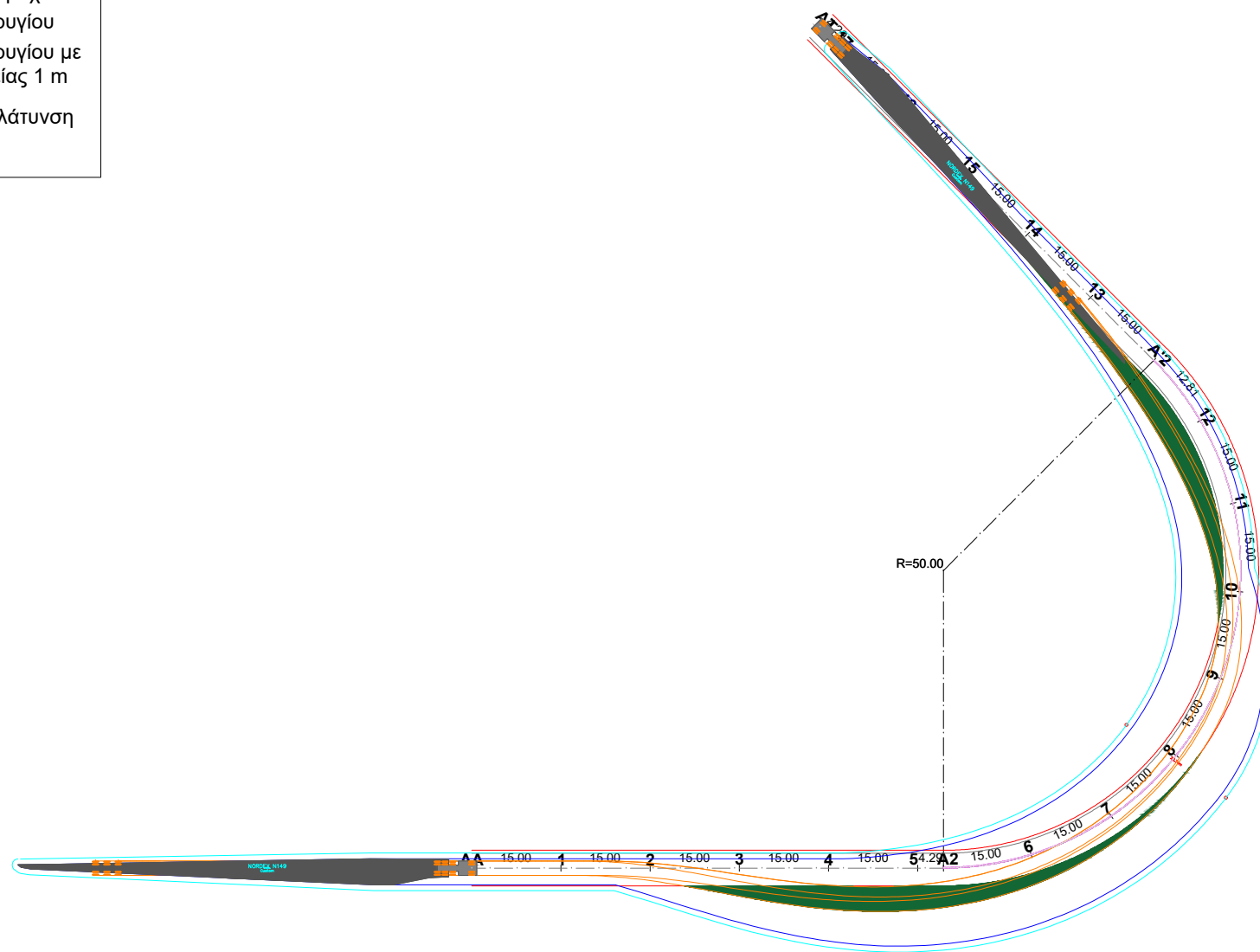
N149

V = 15.00 km/h
 β = 45.000°
 γ = 135.000°
R = 50.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



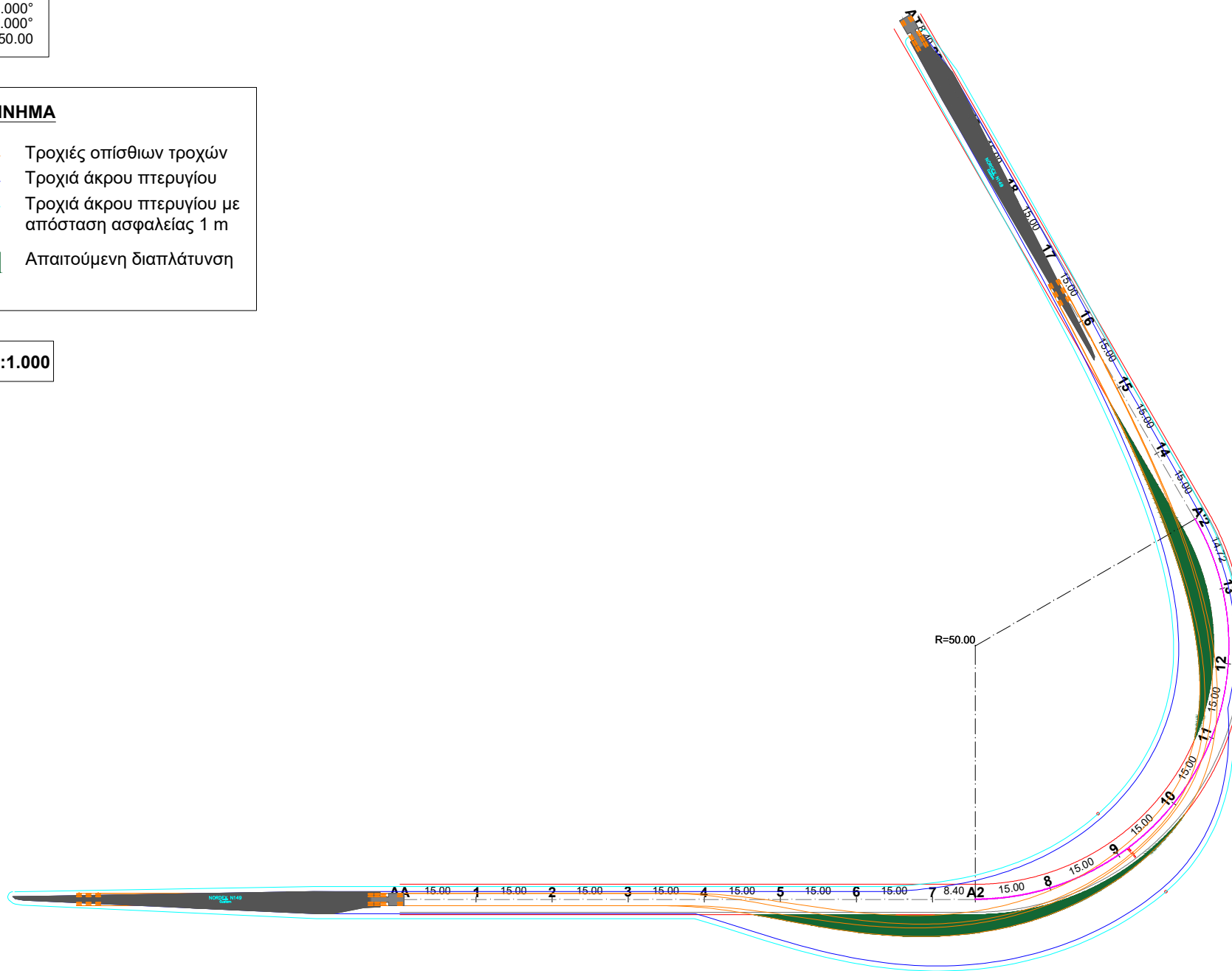
N149

V = 15.00 km/h
 β = 60.000°
 γ = 120.000°
R = 50.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



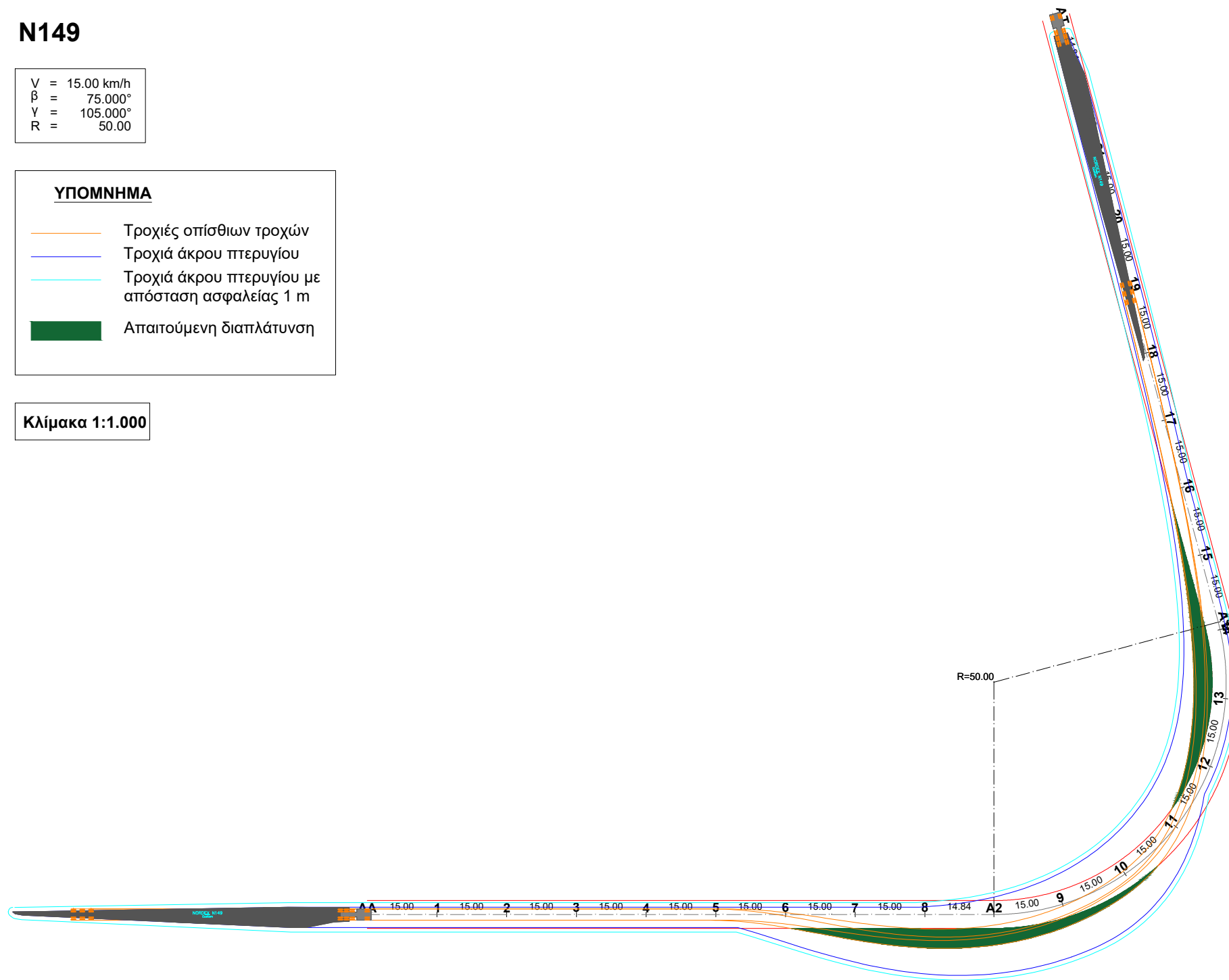
N149

V = 15.00 km/h
 β = 75.000°
 γ = 105.000°
R = 50.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



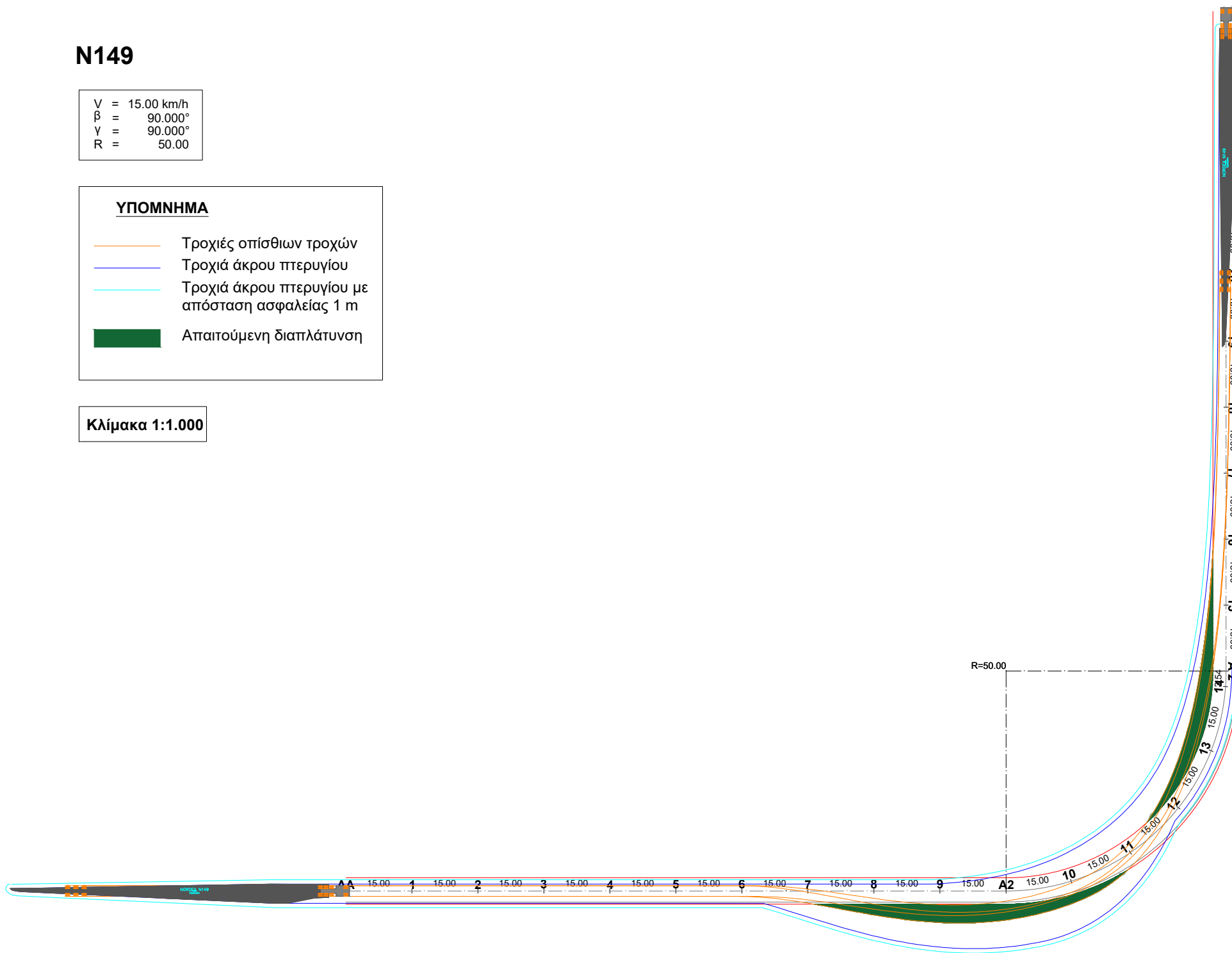
N149

V = 15.00 km/h
 β = 90.000°
 γ = 90.000°
R = 50.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



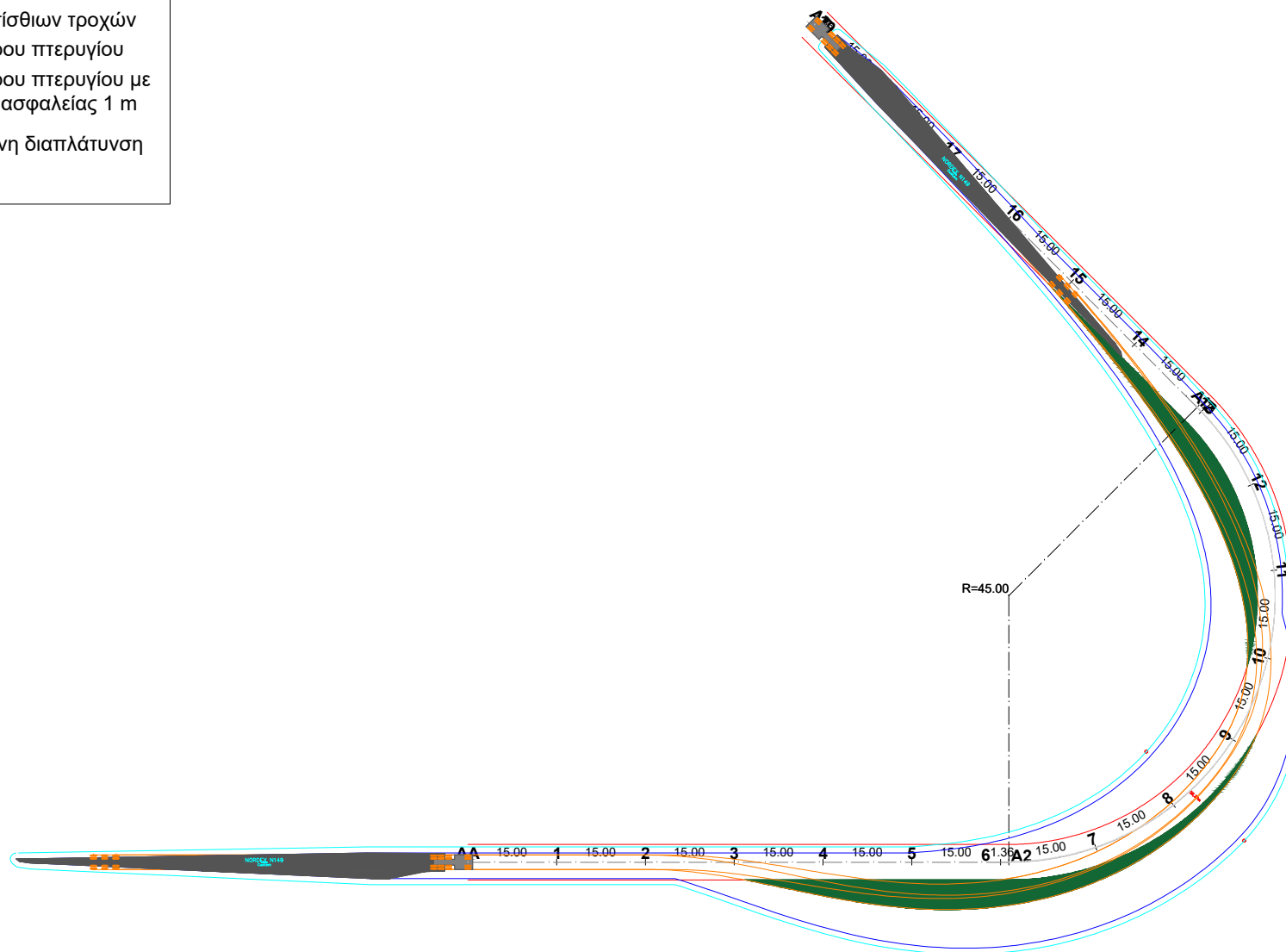
N149

V = 15.00 km/h
 β = 45.000°
 γ = 135.000°
R = 45.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



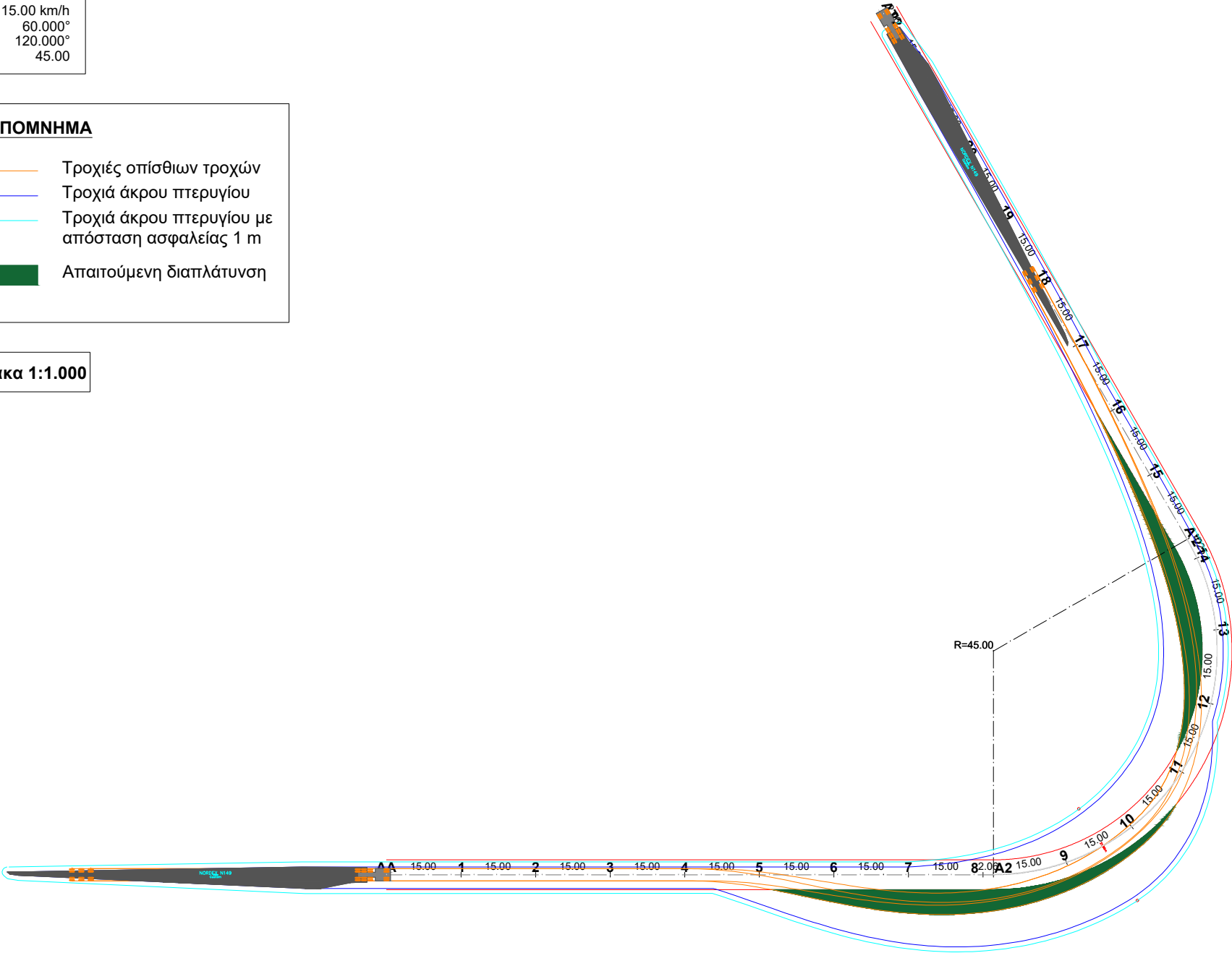
N149

V	=	15.00 km/h
β	=	60.000°
γ	=	120.000°
R	=	45.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



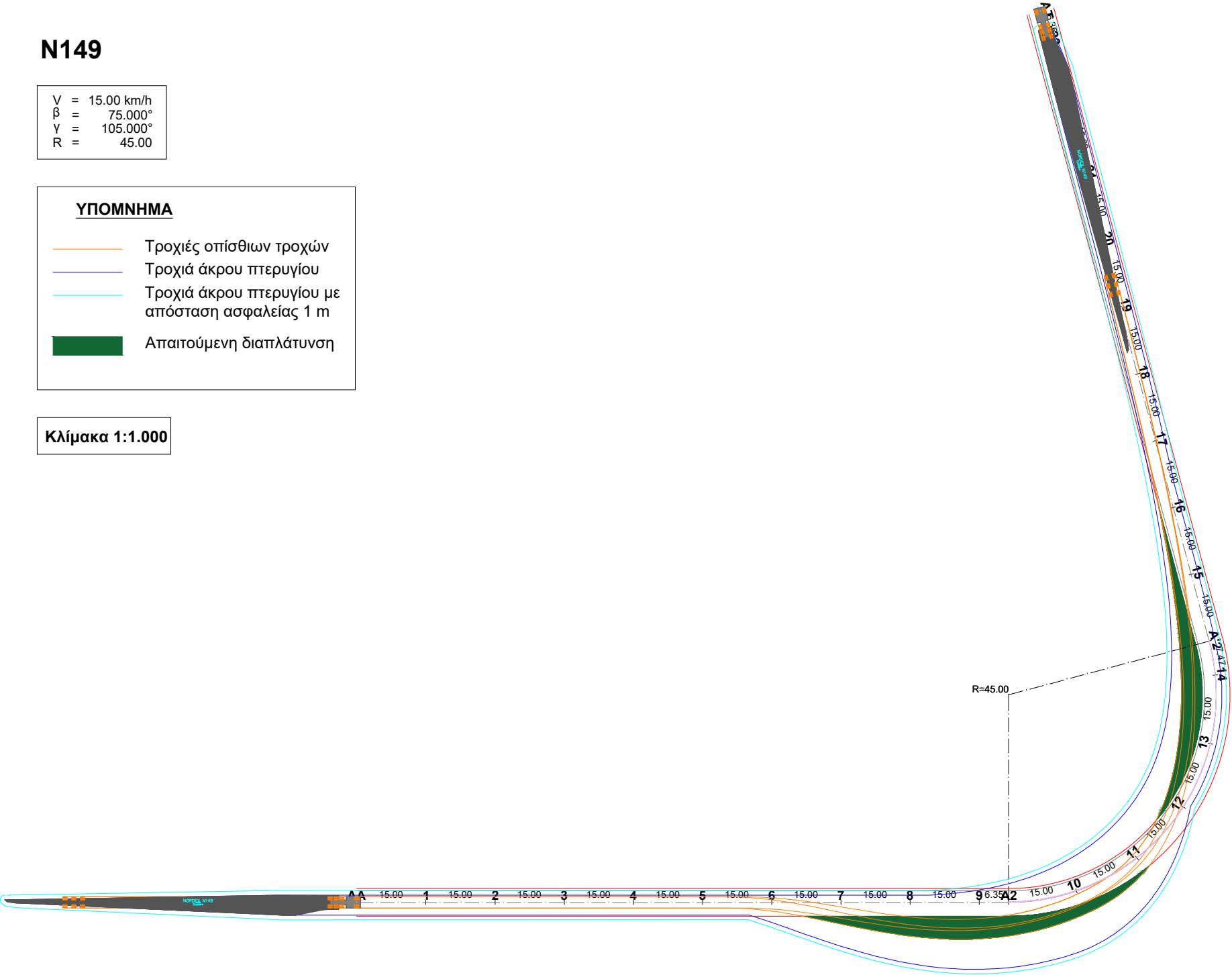
N149

V	=	15.00 km/h
β	=	75.000°
Υ	=	105.000°
R	=	45.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



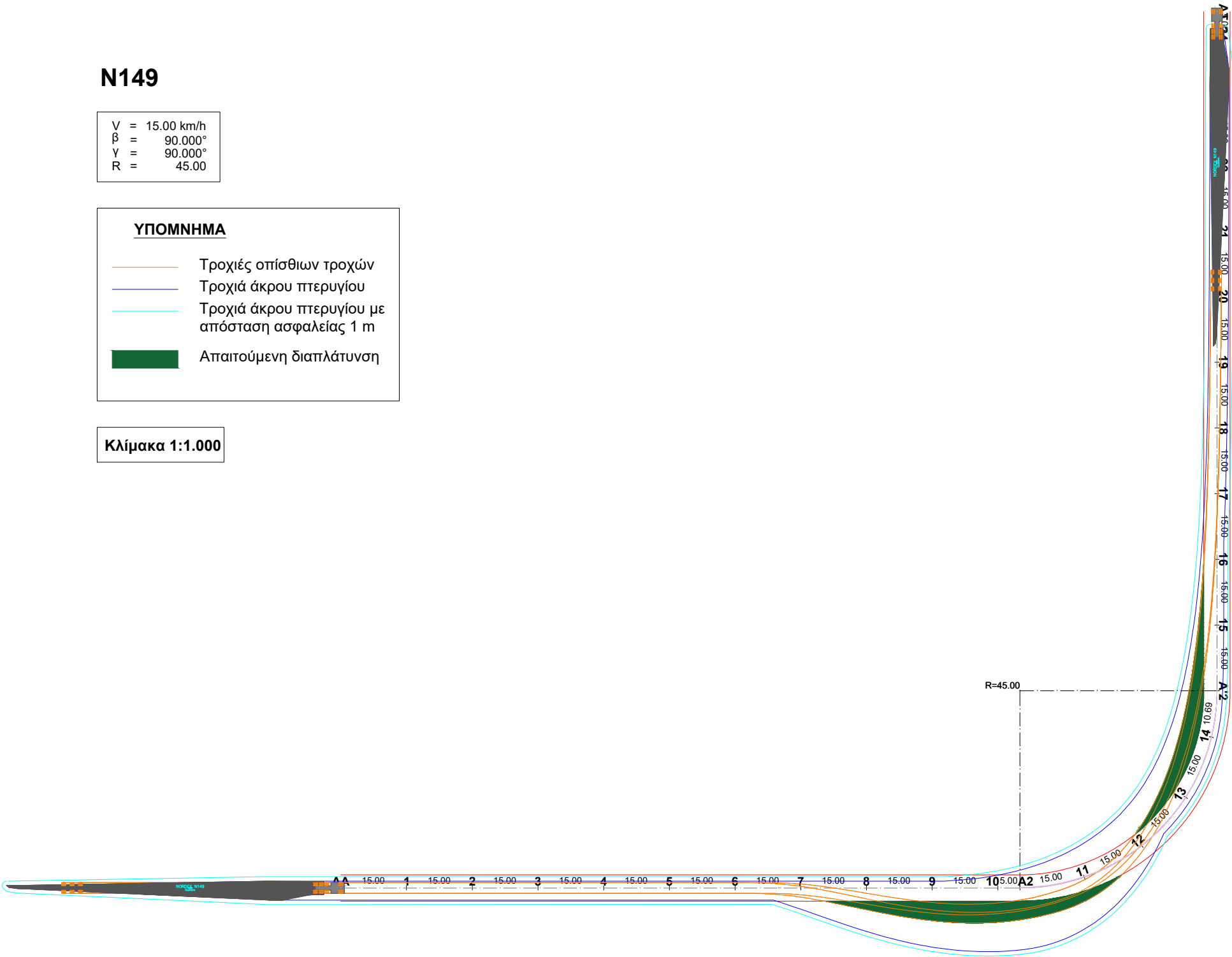
N149

V	=	15.00	km/h
β	=	90.000°	
γ	=	90.000°	
R	=	45.00	

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



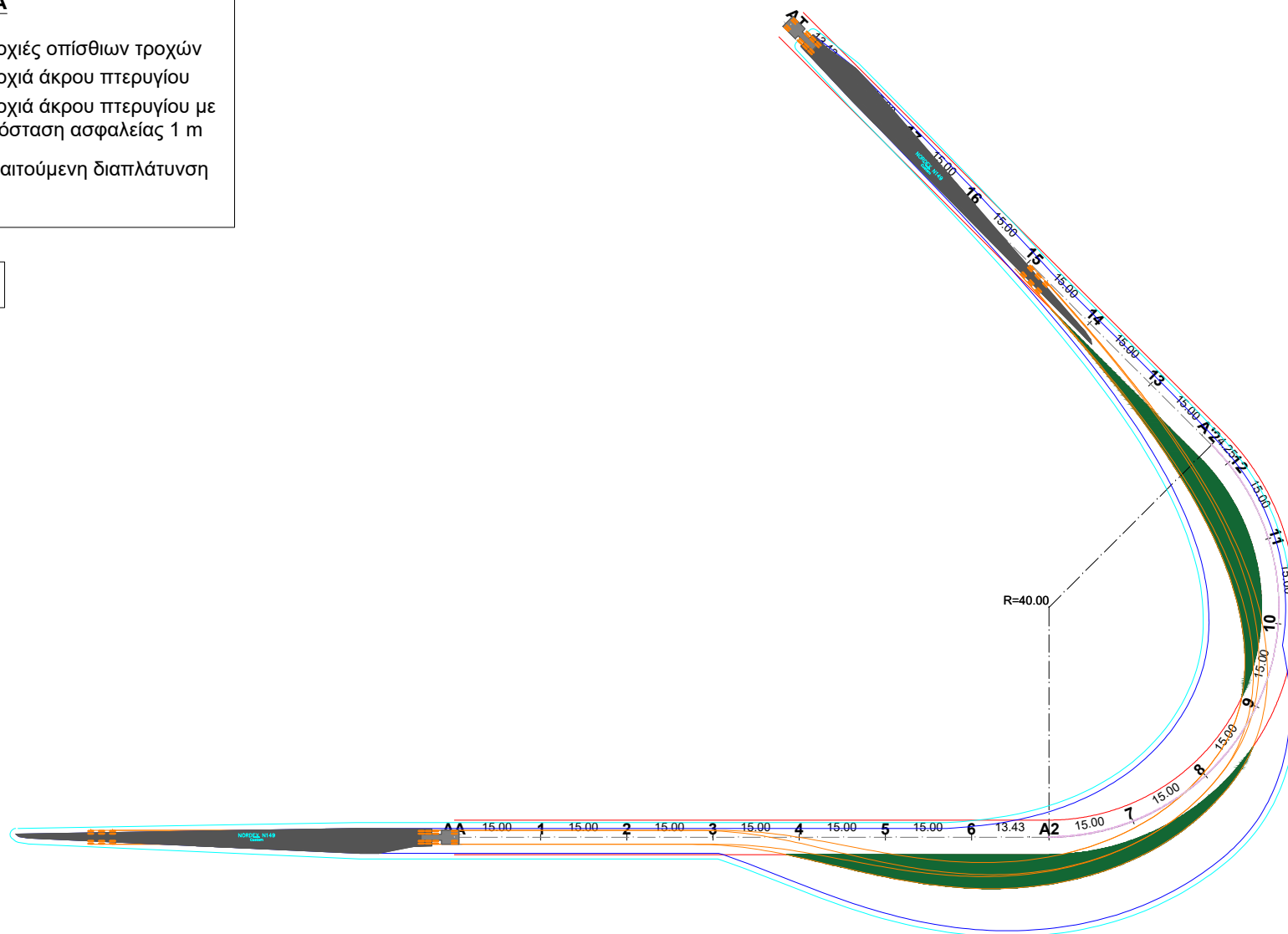
N149

V = 15.00 km/h
 β = 45.000°
Y = 135.000°
R = 40.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



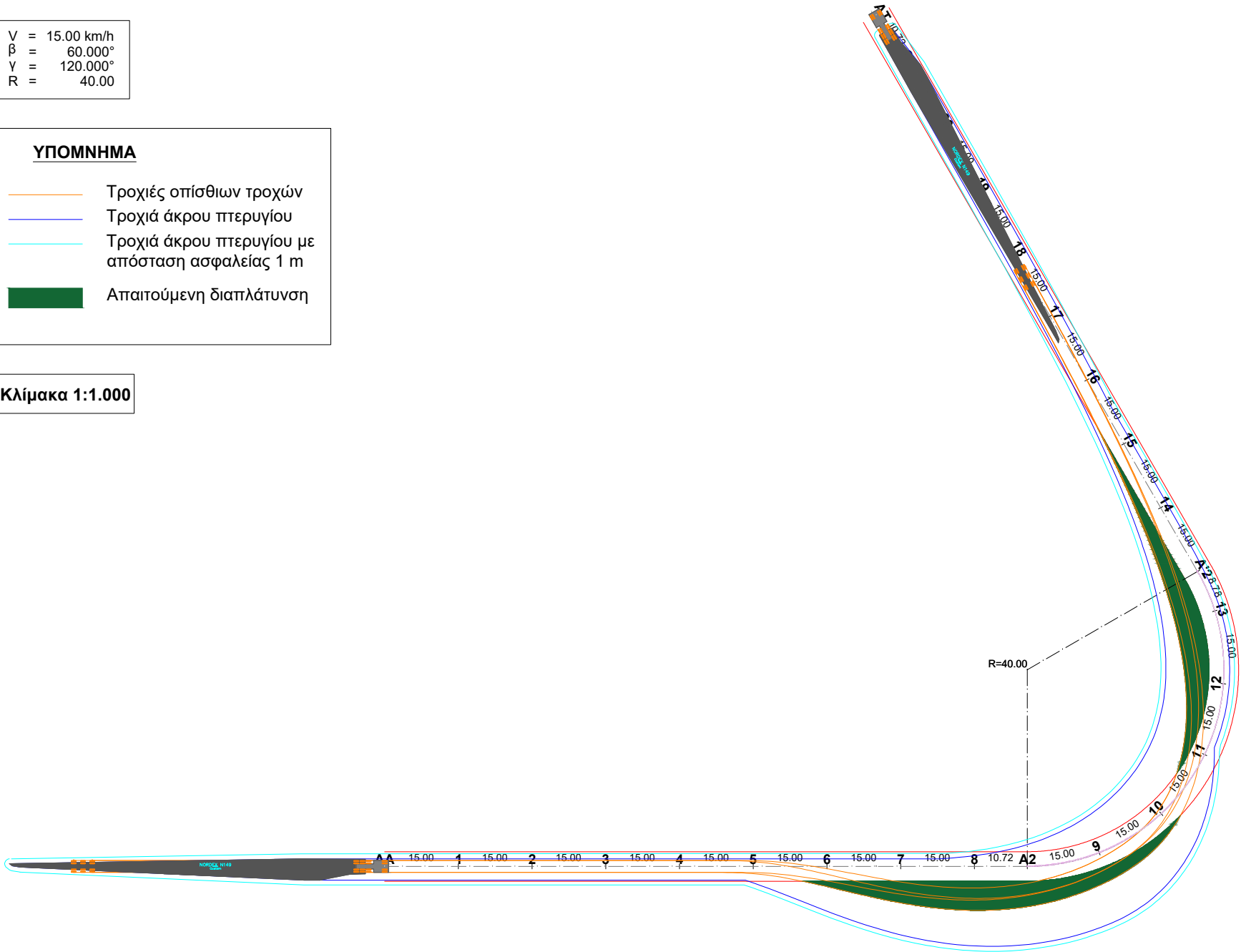
N149

V	=	15.00 km/h
β	=	60.000°
γ	=	120.000°
R	=	40.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



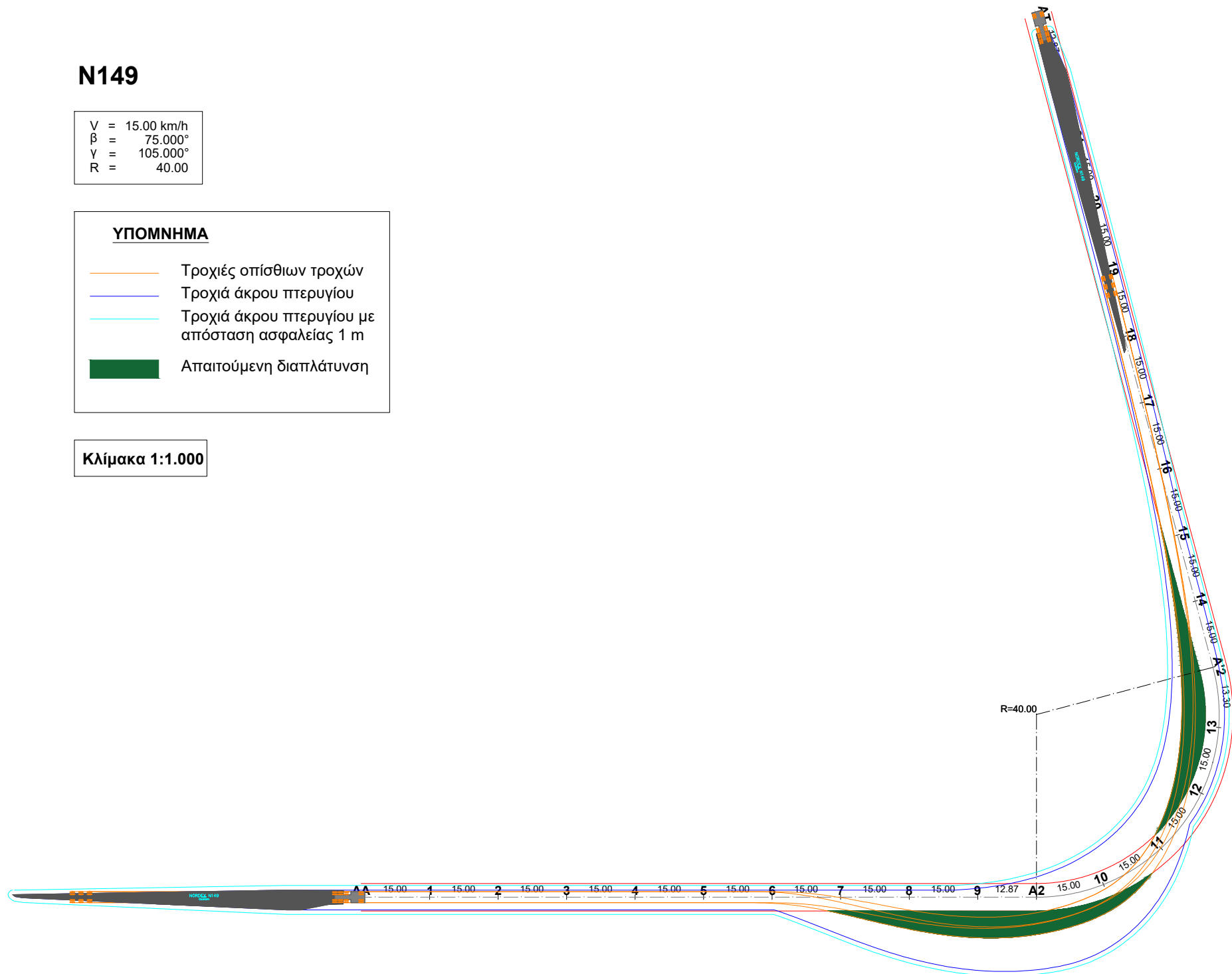
N149

V = 15.00 km/h
 β = 75.000°
 γ = 105.000°
R = 40.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



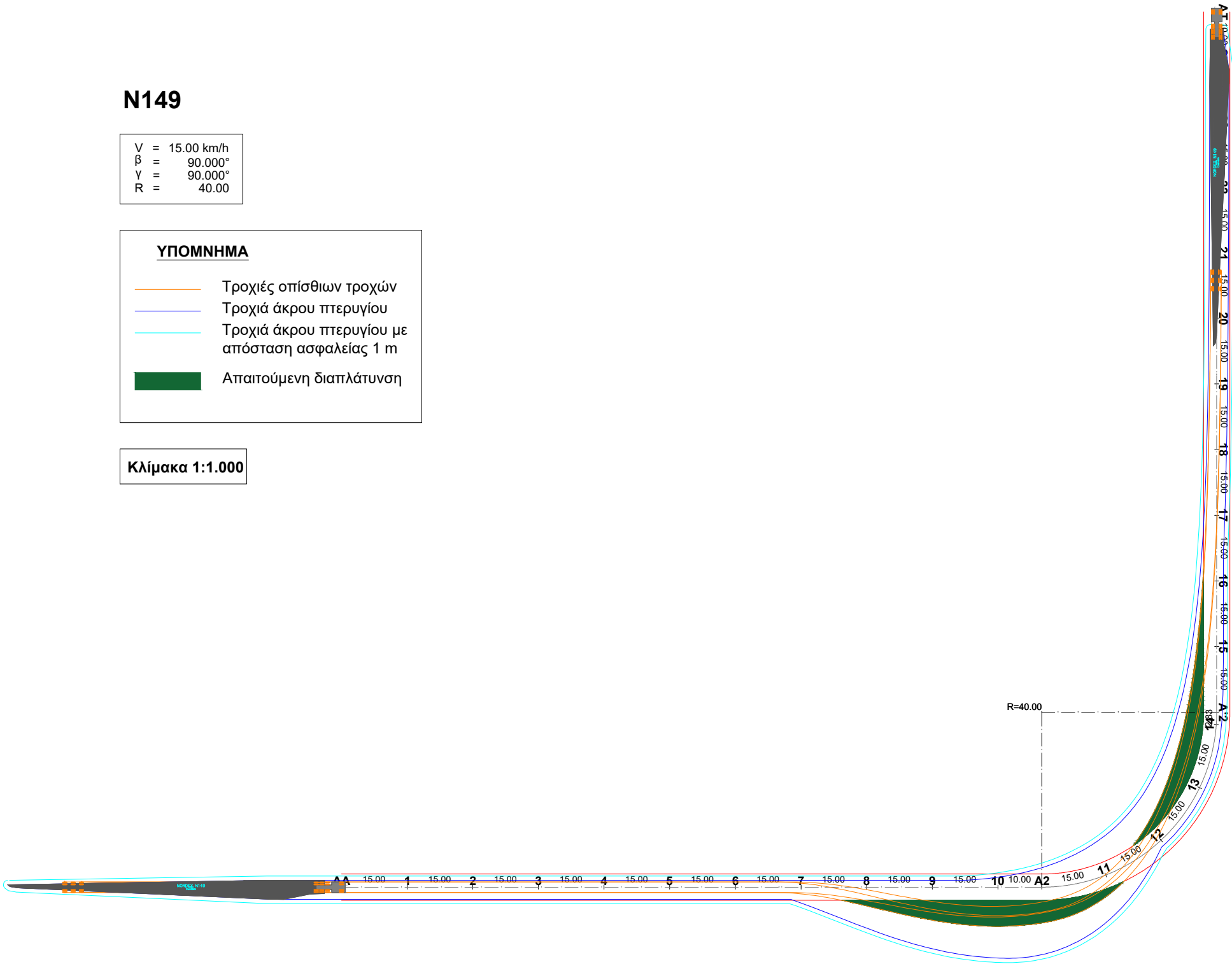
N149

V = 15.00 km/h
β = 90.000°
γ = 90.000°
R = 40.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



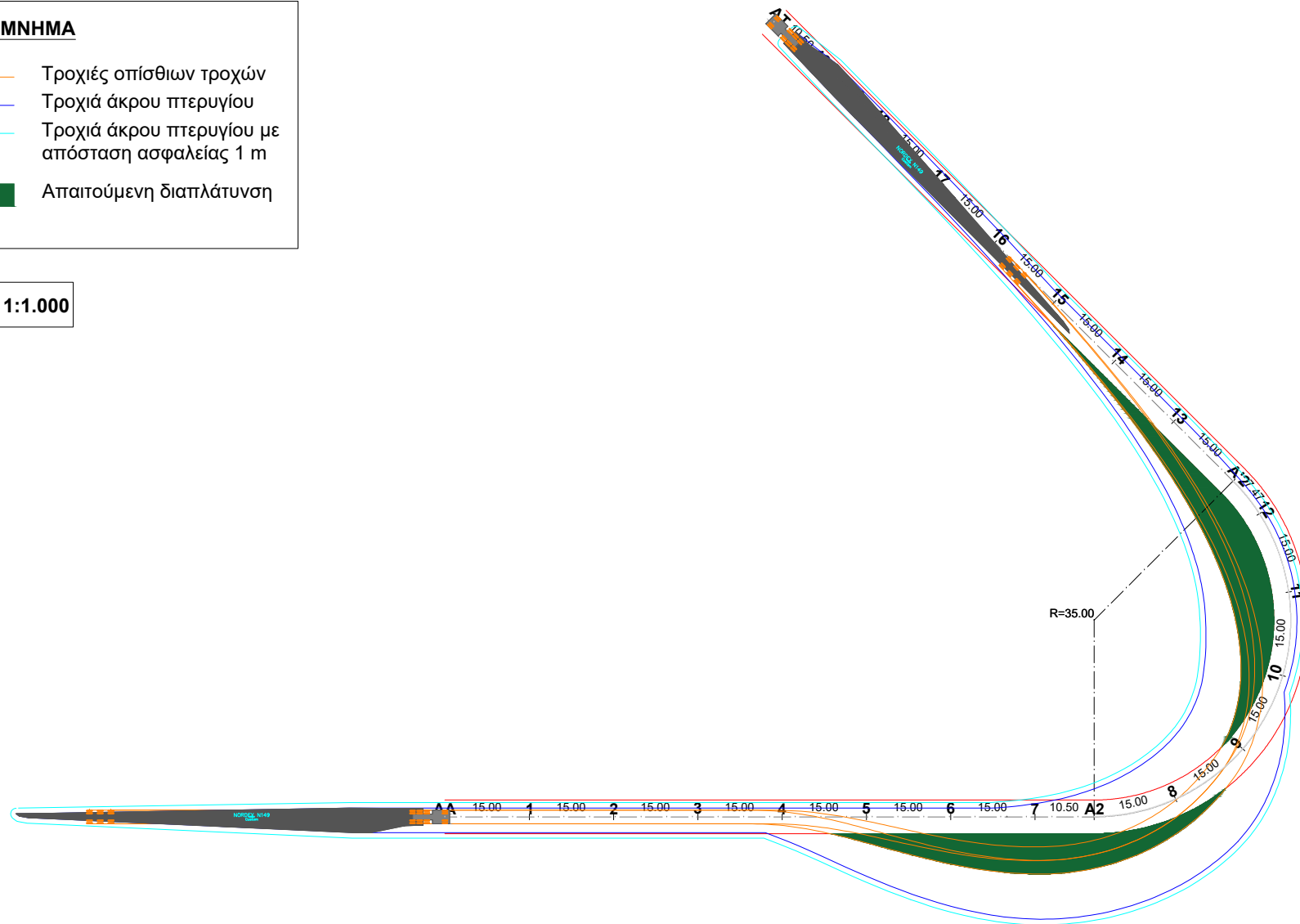
N149

V = 15.00 km/h
 β = 45.000°
 γ = 135.000°
R = 35.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



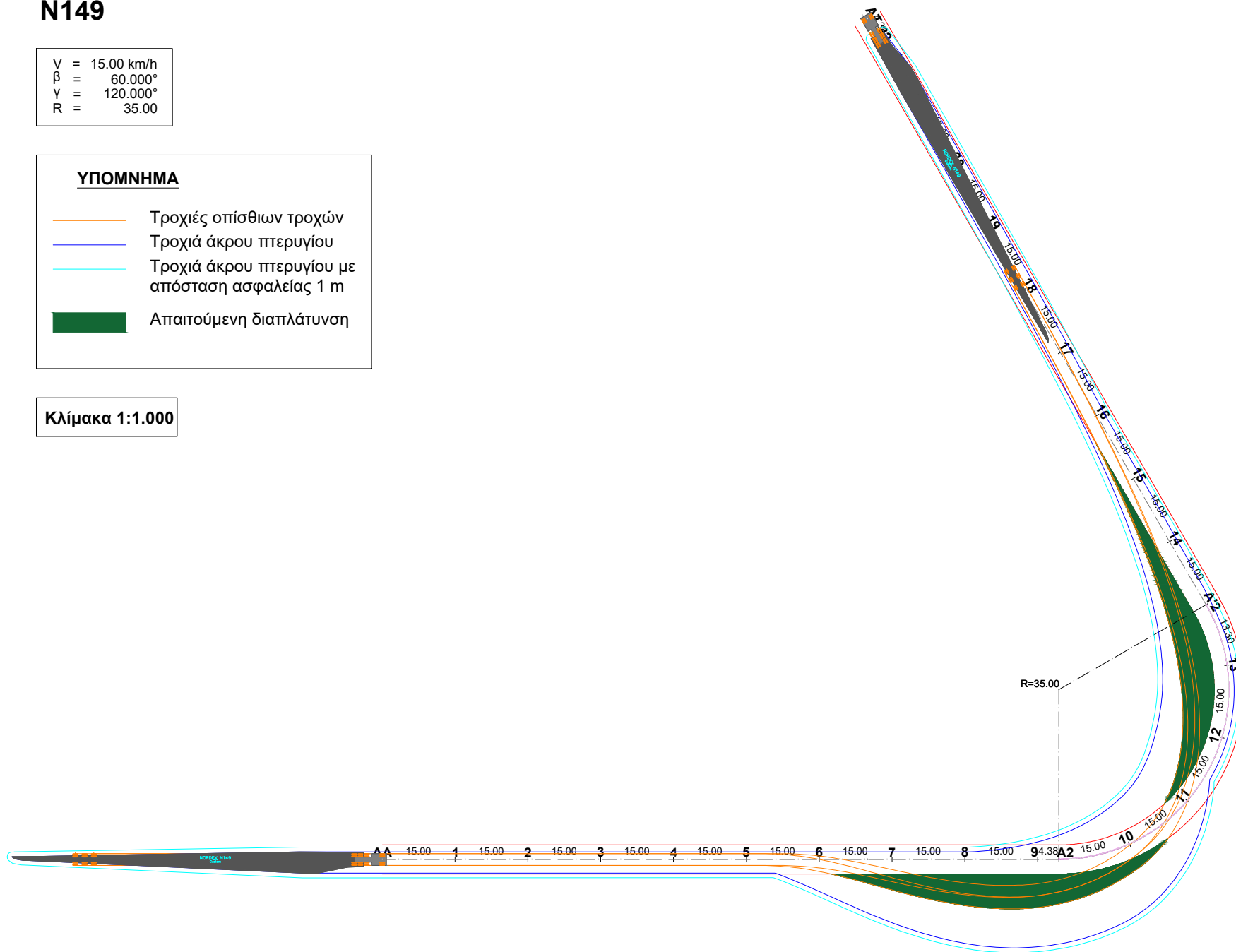
N149

V = 15.00 km/h
 β = 60.000°
 γ = 120.000°
R = 35.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



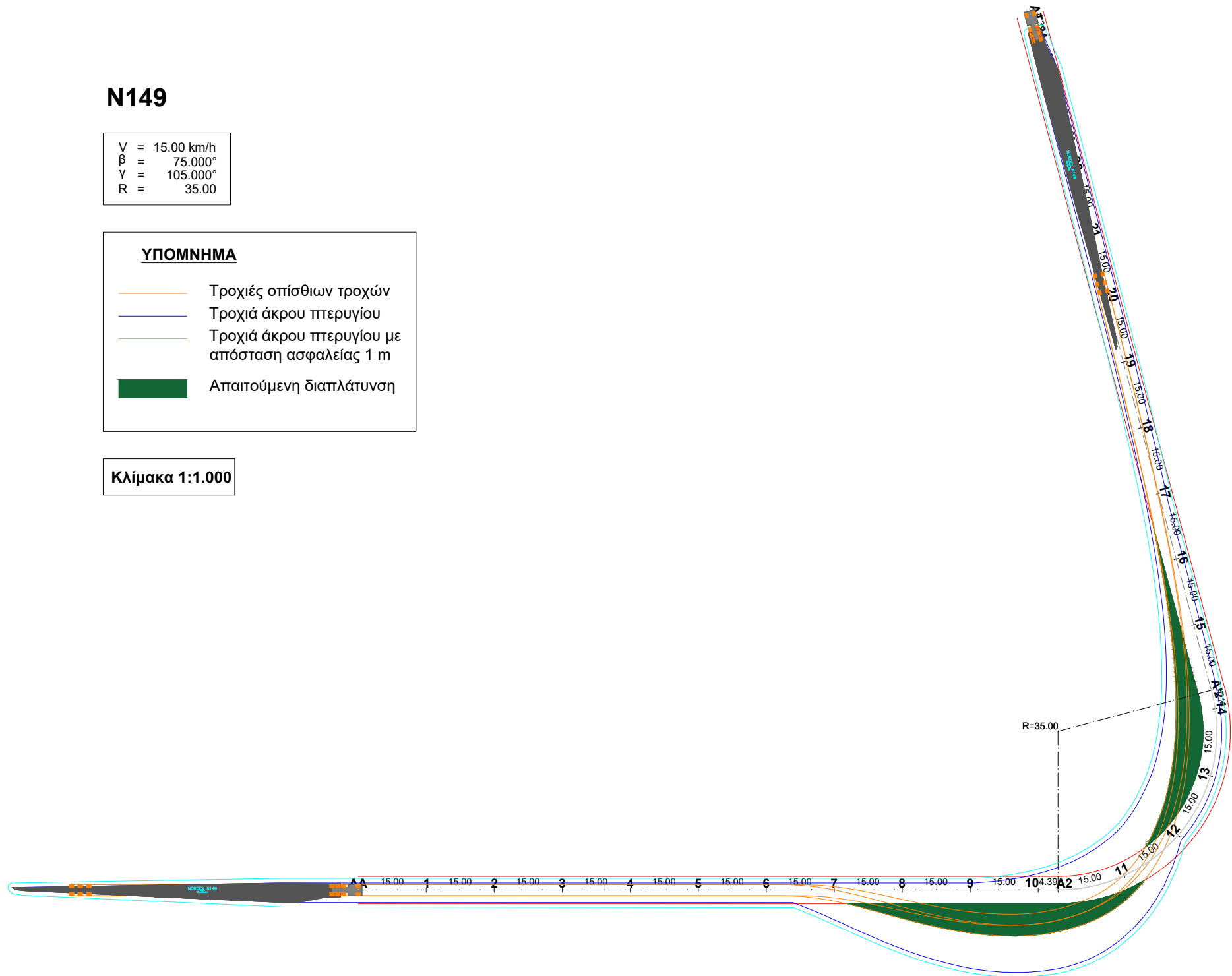
N149

V = 15.00 km/h
 β = 75.000°
 γ = 105.000°
R = 35.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



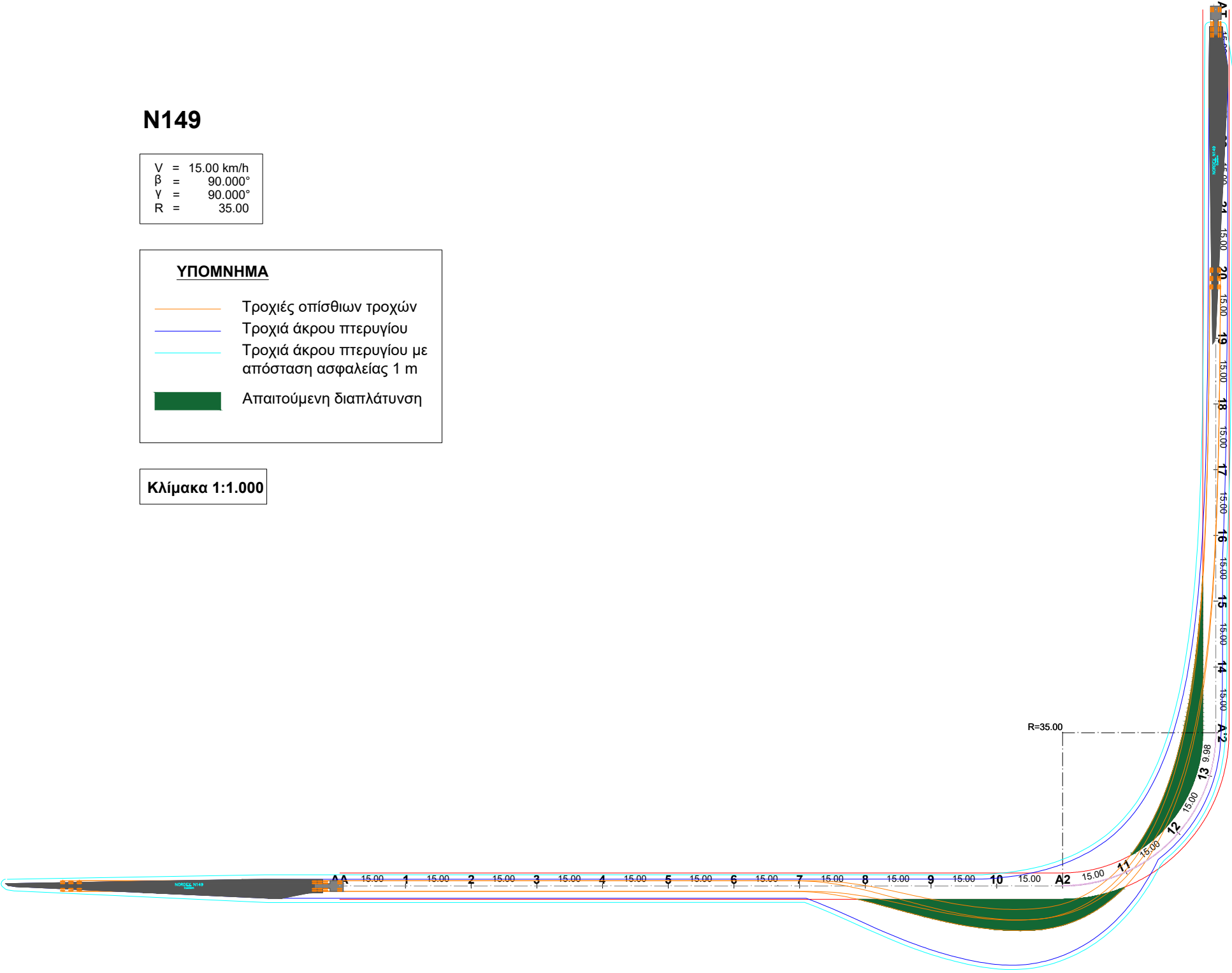
N149

V	=	15.00	km/h
β	=	90.000°	
γ	=	90.000°	
R	=	35.00	

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



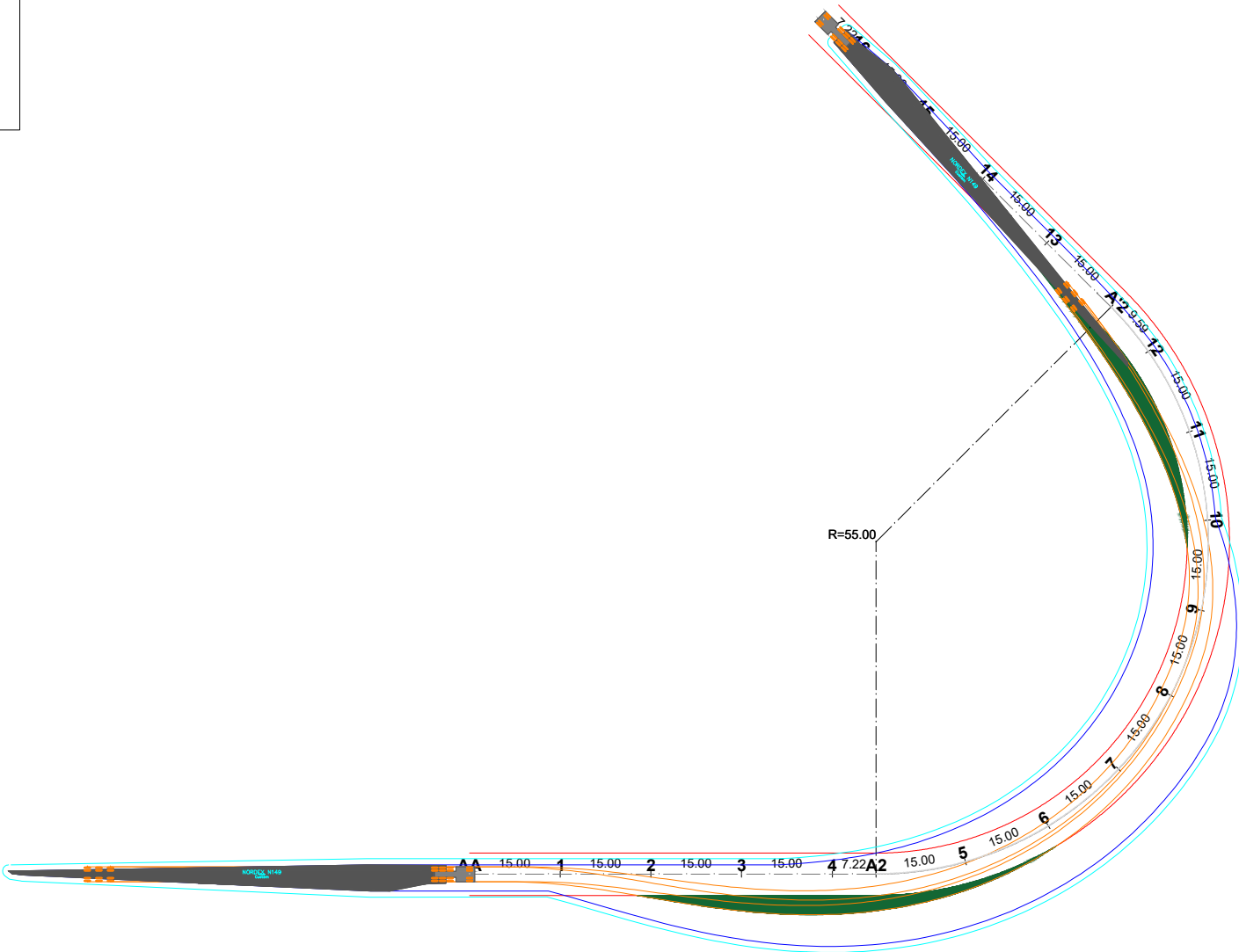
N149

V = 15.00 km/h
 β = 45.000°
 γ = 135.000°
R = 55.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- | | |
|---|--|
|  | Τροχιές οπίσθιων τροχών |
| | Τροχιά άκρου πτερυγίου |
|  | Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m |
|  | Απαιτούμενη διαπλάτυνση |

Κλίμακα 1:1.000



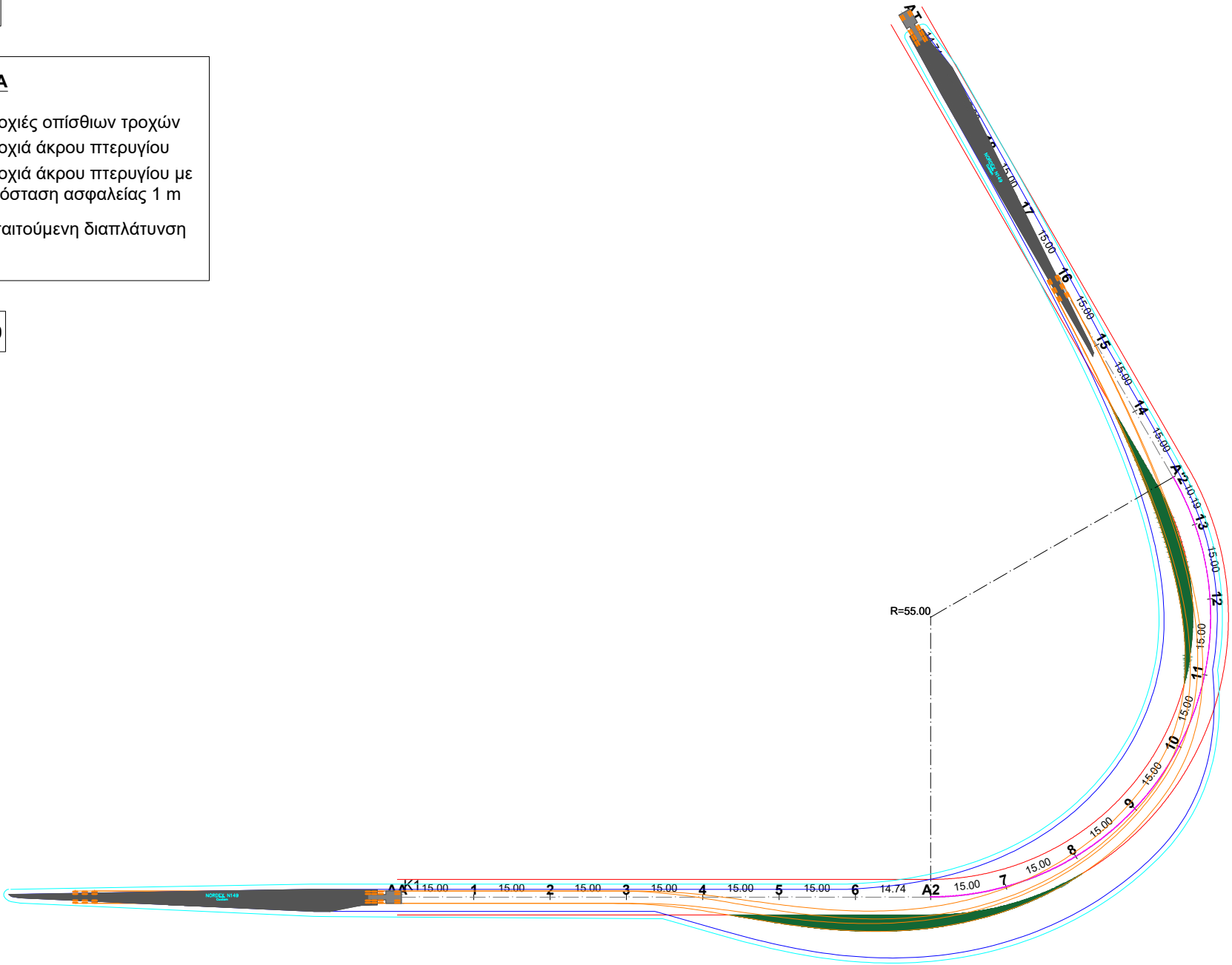
N149

V	=	15.00	km/h
β	=	60.000°	
γ	=	120.000°	
R	=	55.00	

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



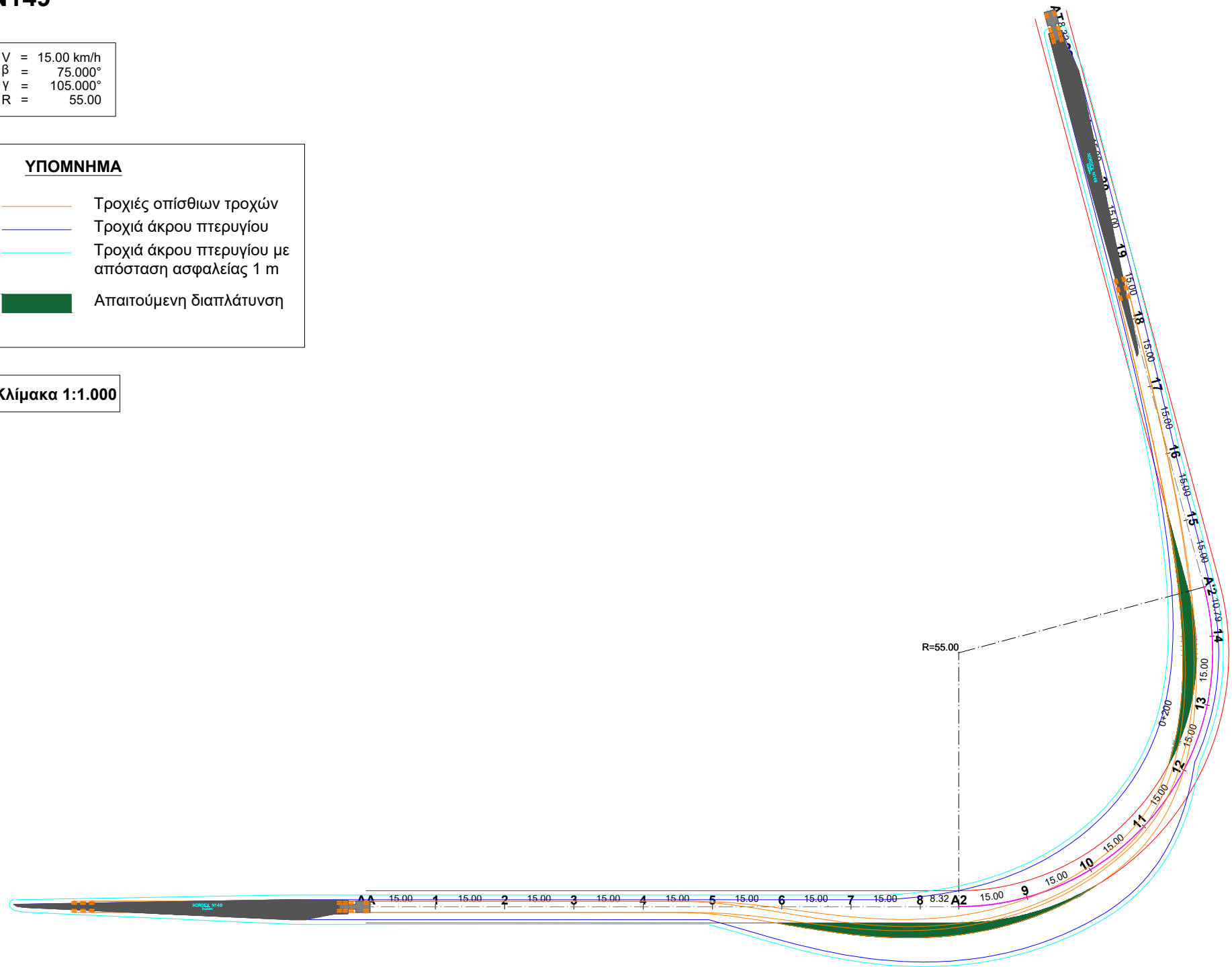
N149

V	=	15.00	km/h
β	=	75.000°	
Υ	=	105.000°	
R	=	55.00	

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



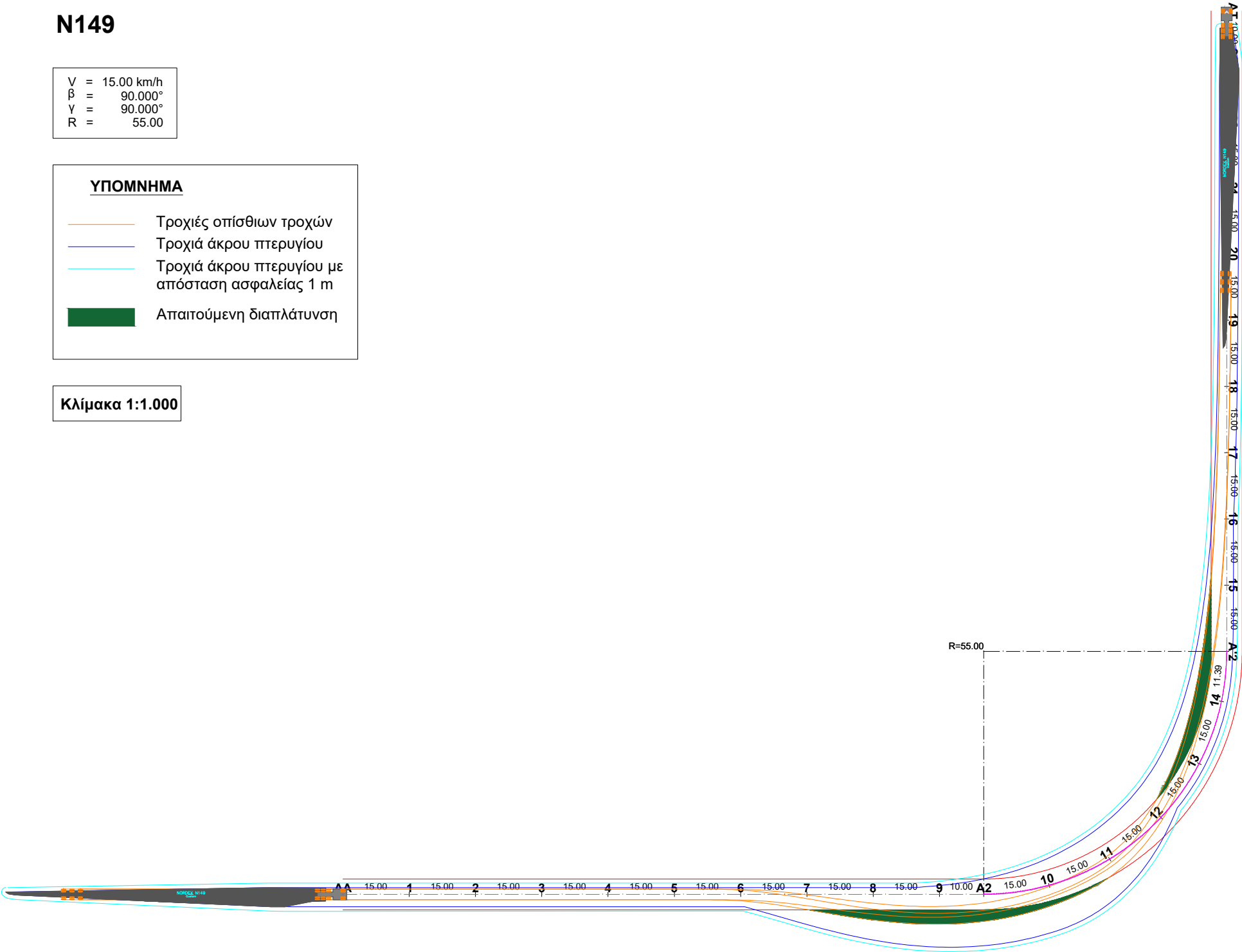
N149

V	=	15.00 km/h
β	=	90.000°
γ	=	90.000°
R	=	55.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



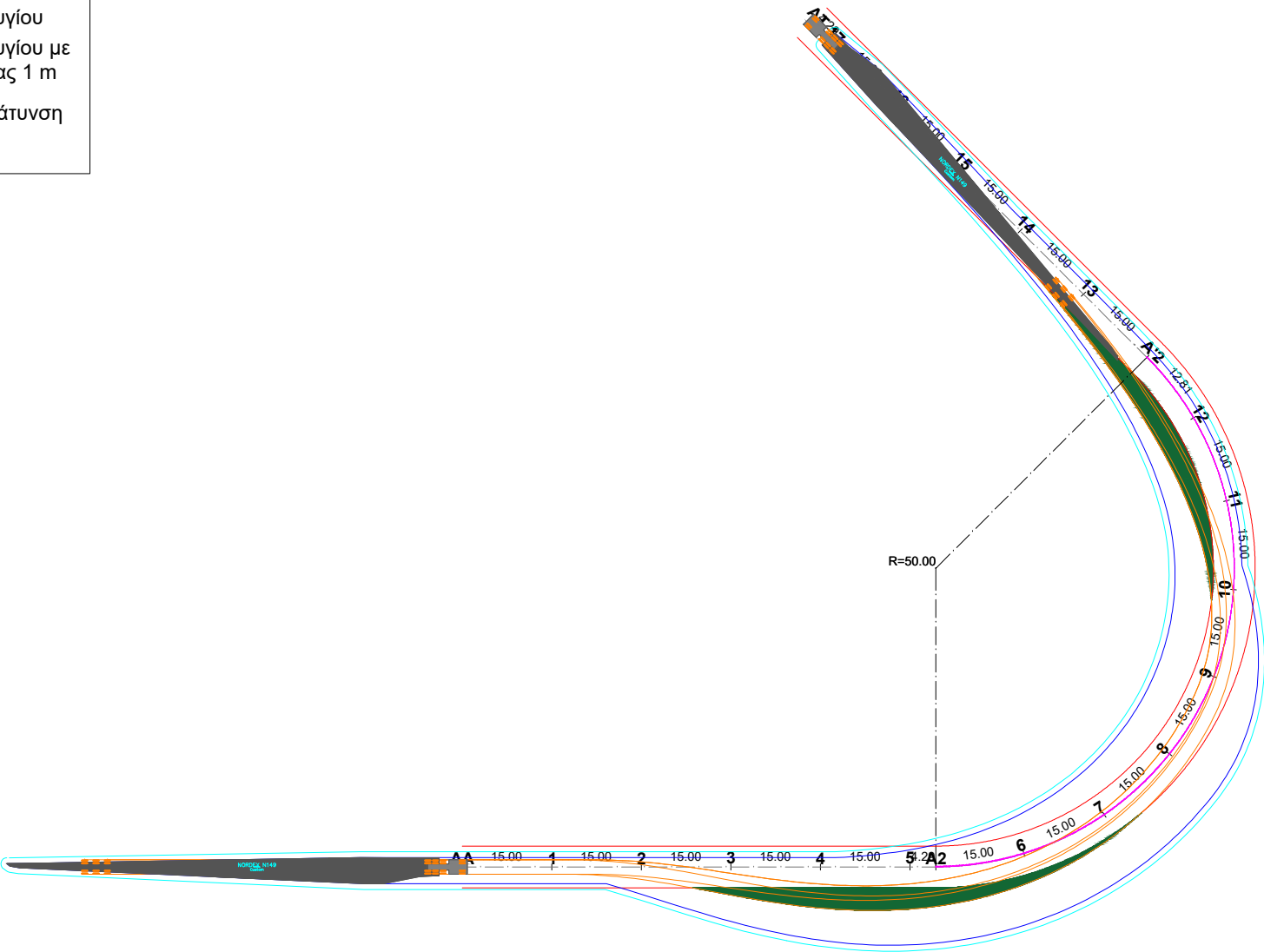
N149

V	=	15.00	km/h
β	=	45.000°	
Υ	=	135.000°	
R	=	50.00	

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



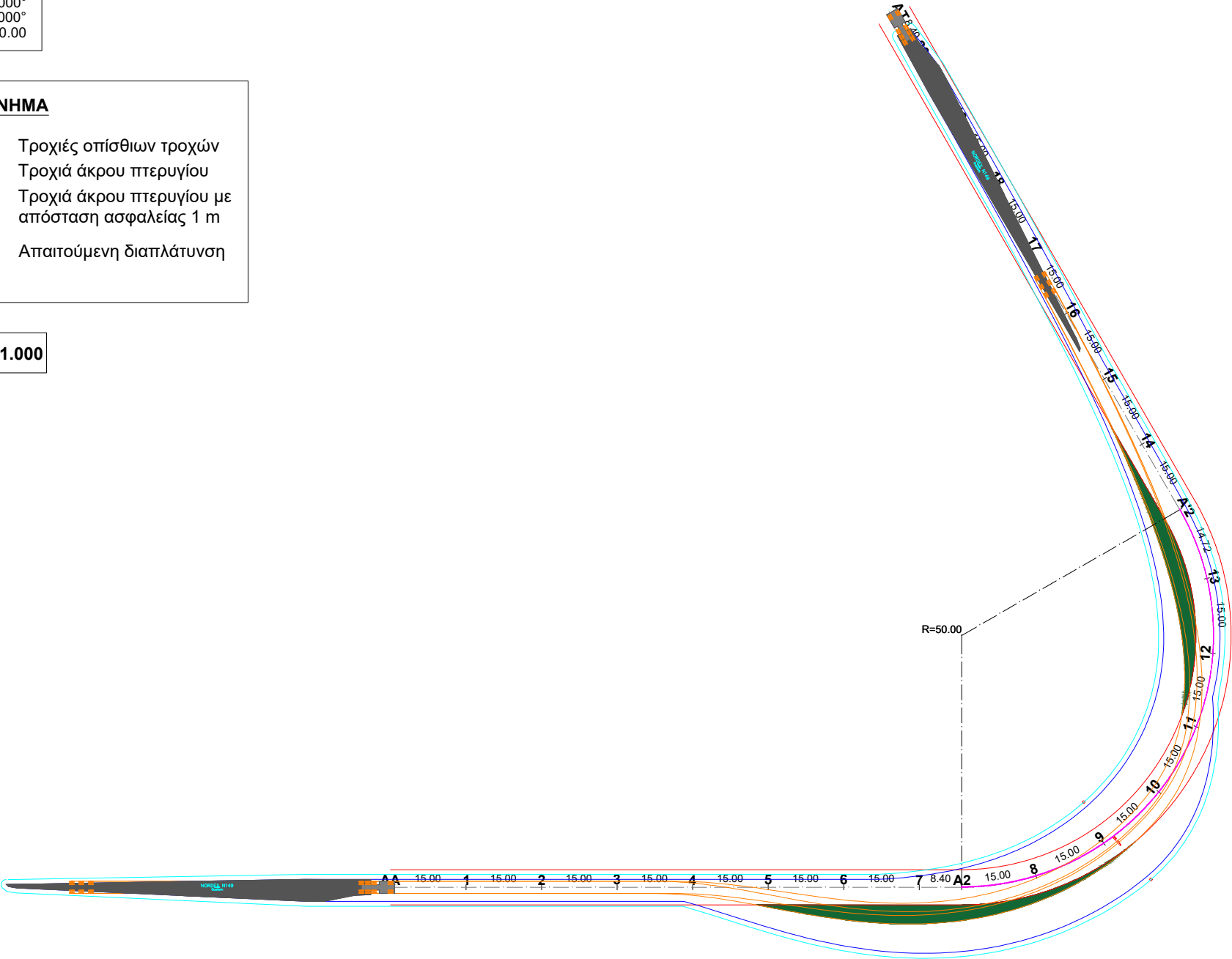
N149

V	=	15.00	km/h
β	=	60.000°	
γ	=	120.000°	
R	=	50.00	

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



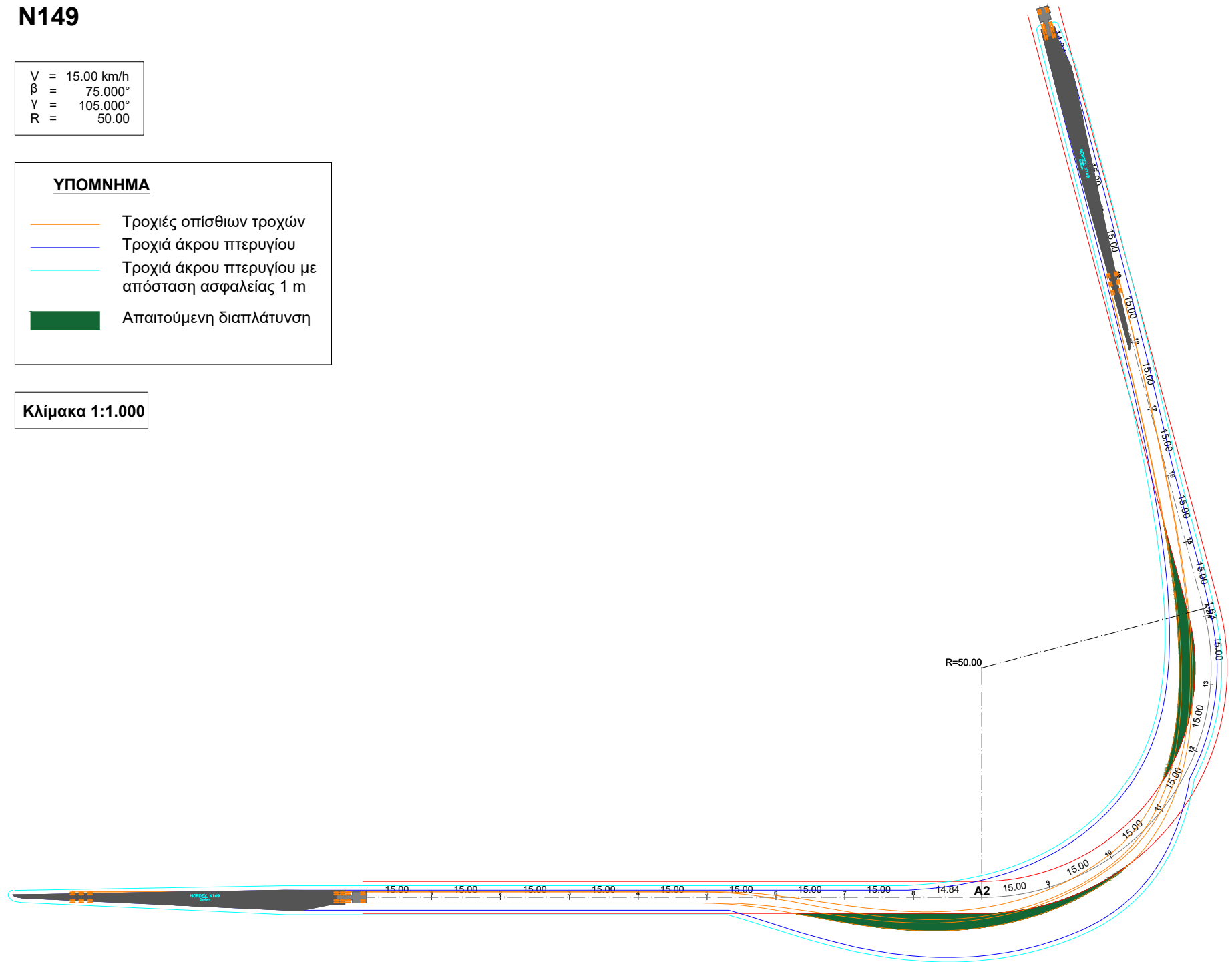
N149

V = 15.00 km/h
 β = 75.000°
 γ = 105.000°
R = 50.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



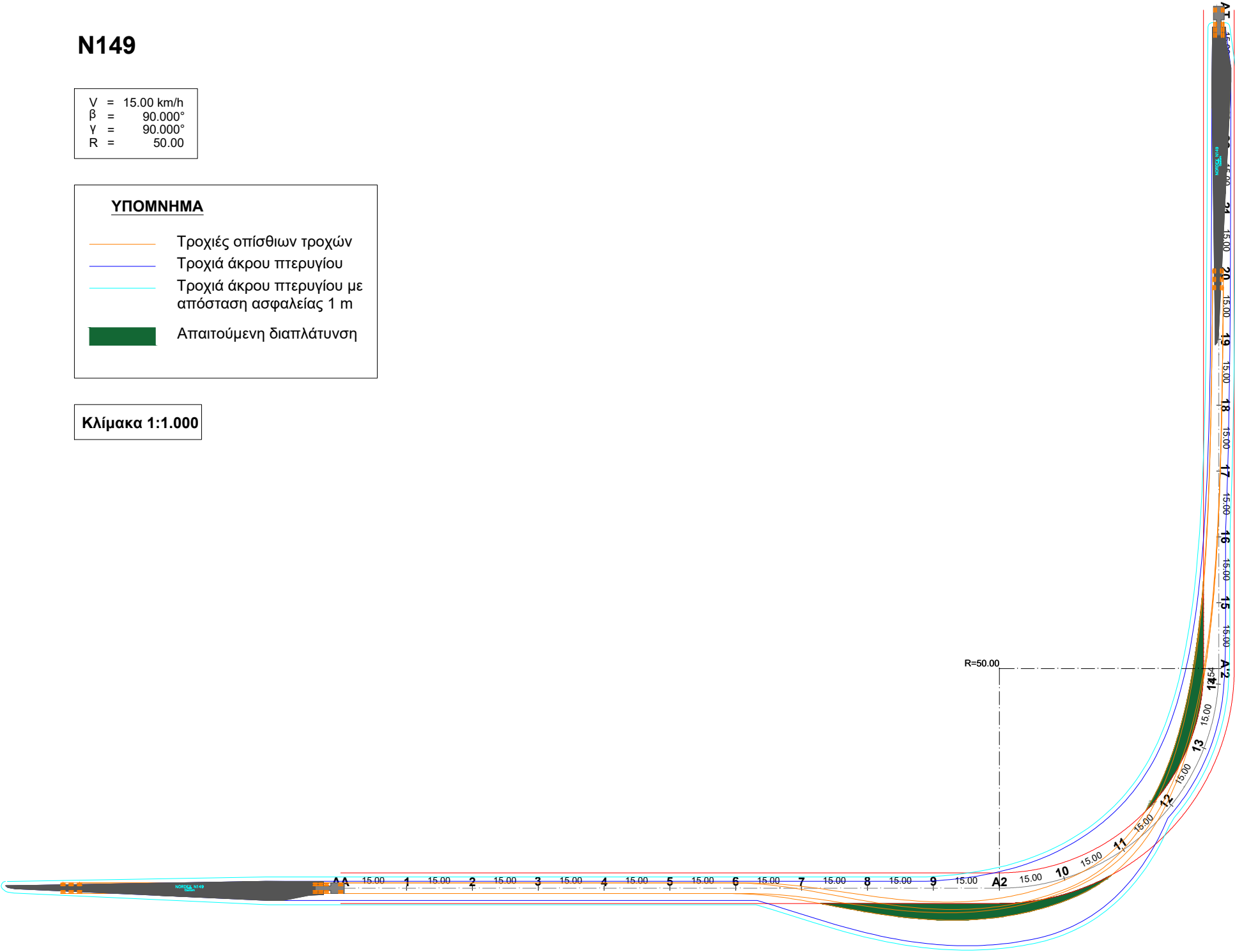
N149

V	=	15.00	km/h
β	=	90.000°	
γ	=	90.000°	
R	=	50.00	

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



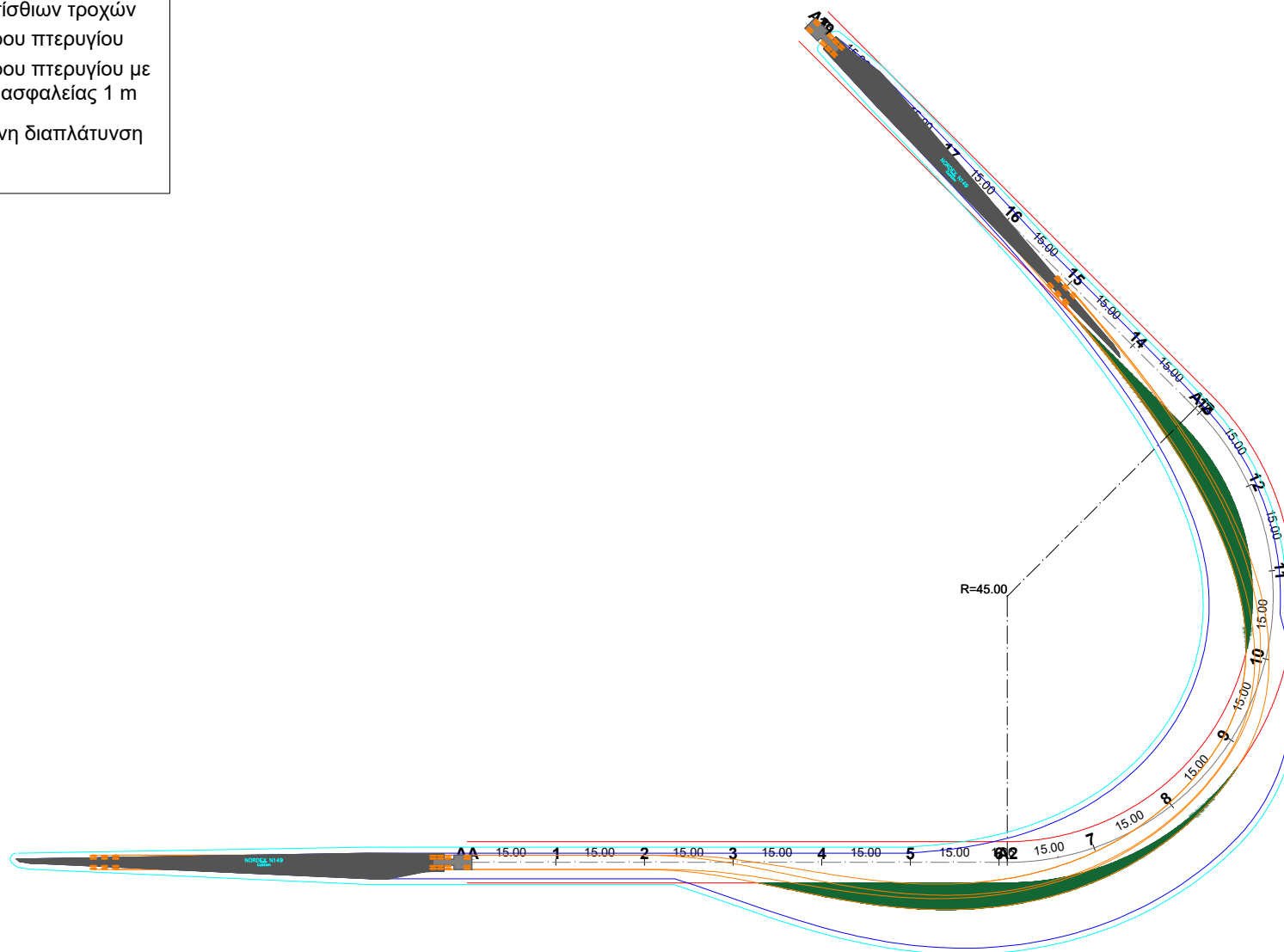
N149

V = 15.00 km/h
 β = 45.000°
 γ = 135.000°
R = 45.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



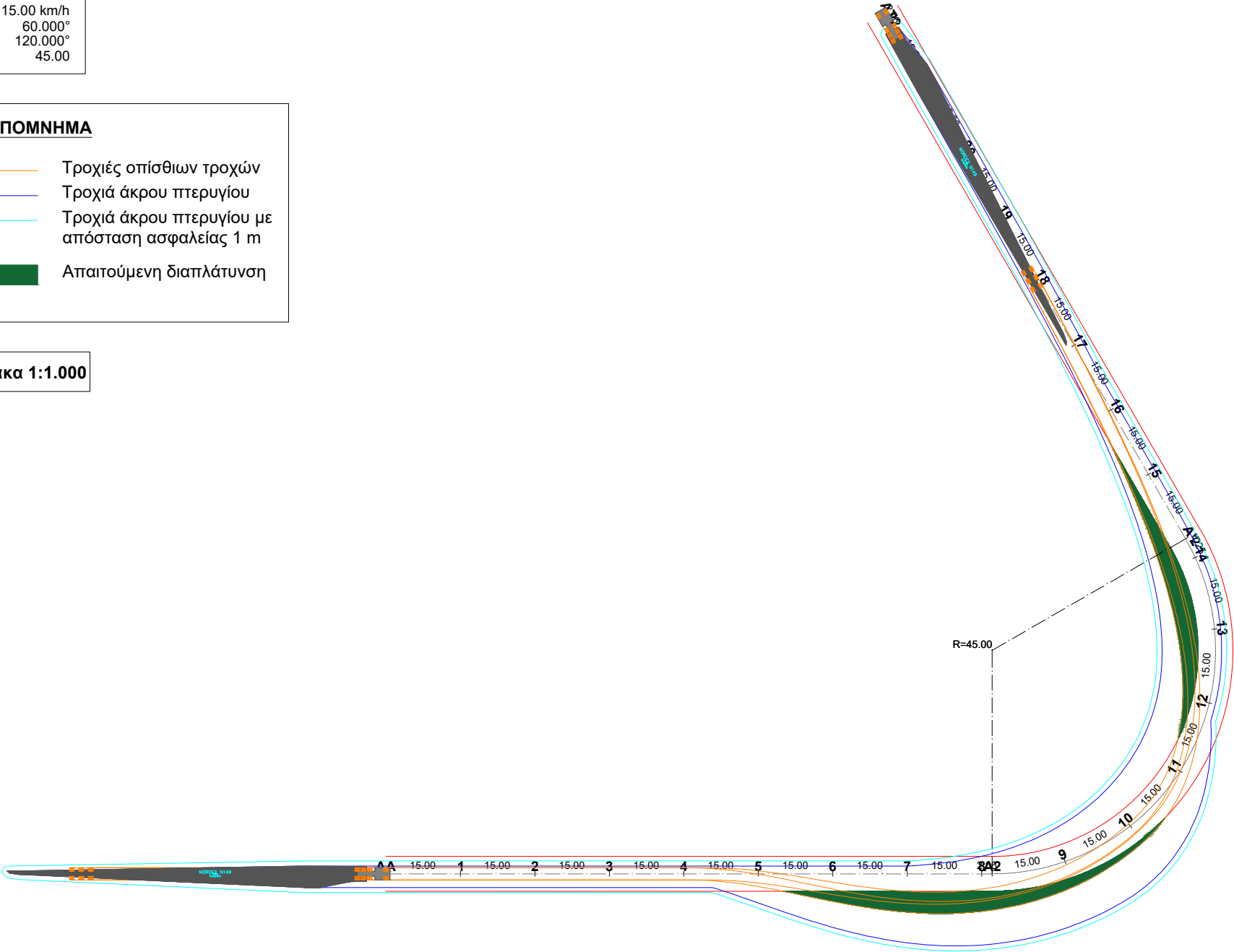
N149

V	=	15.00 km/h
β	=	60.000°
γ	=	120.000°
R	=	45.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



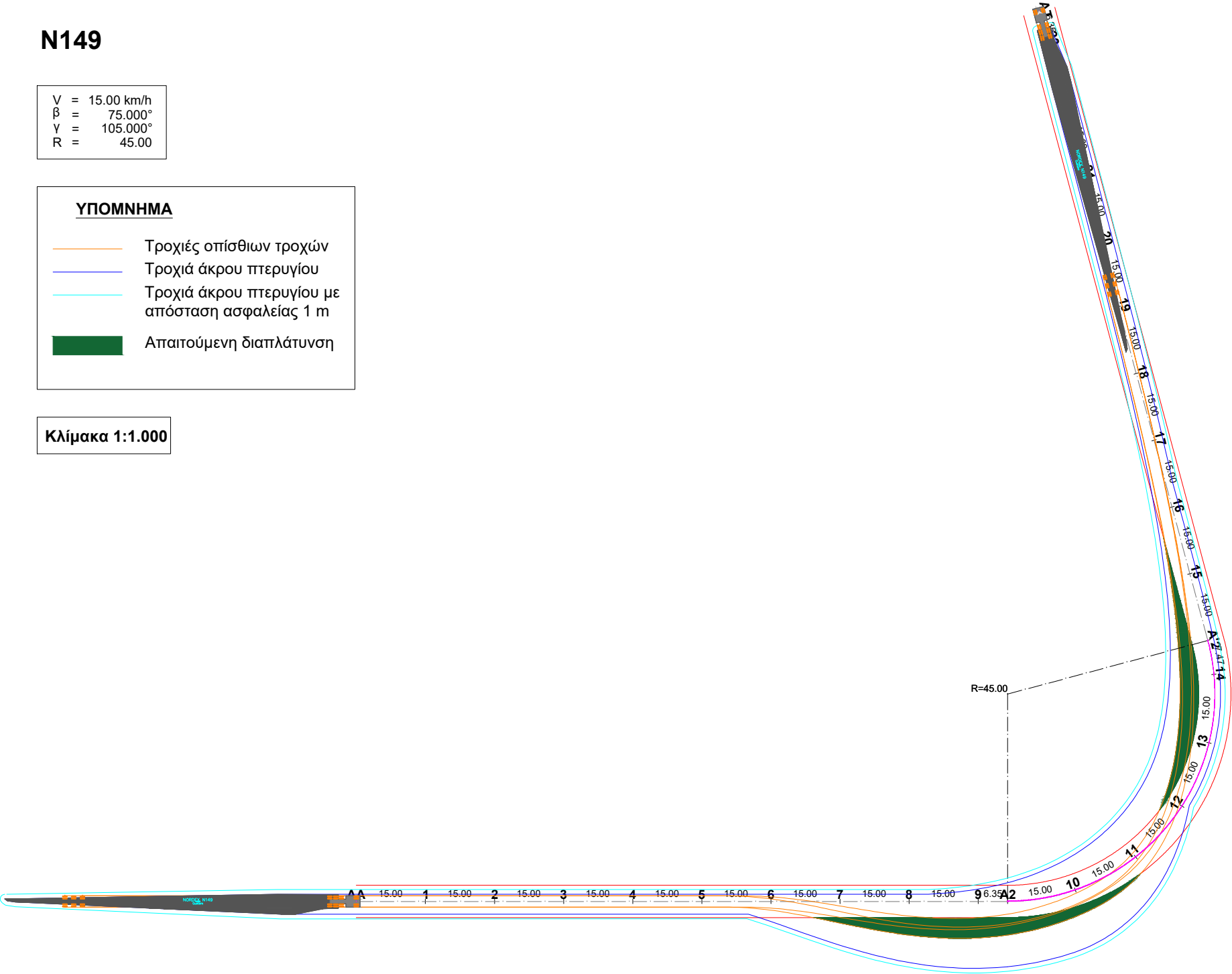
N149

V	=	15.00	km/h
β	=	75.000°	
γ	=	105.000°	
R	=	45.00	

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



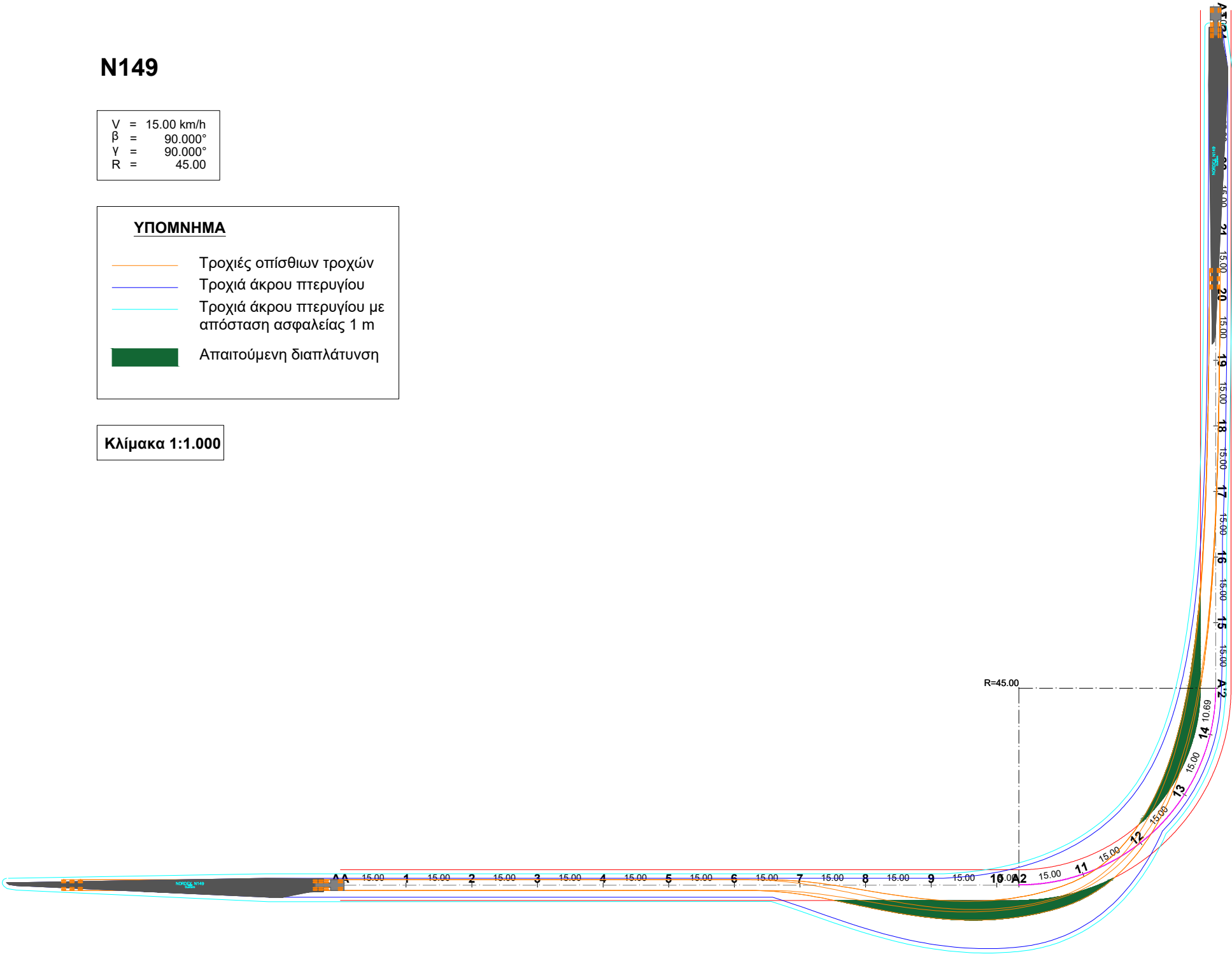
N149

V	=	15.00 km/h
β	=	90.000°
γ	=	90.000°
R	=	45.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



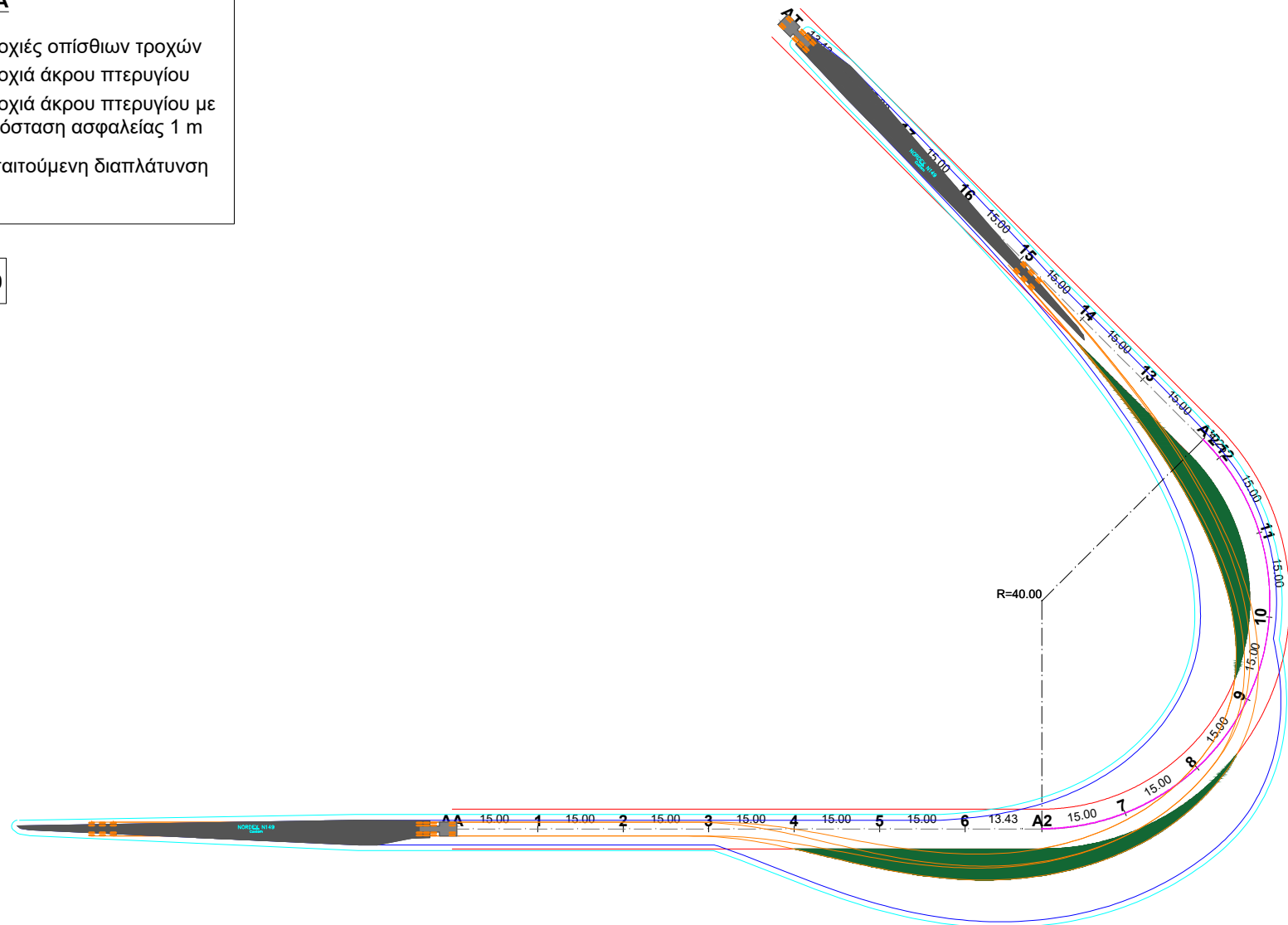
N149

V = 15.00 km/h
 β = 45.000°
Y = 135.000°
R = 40.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



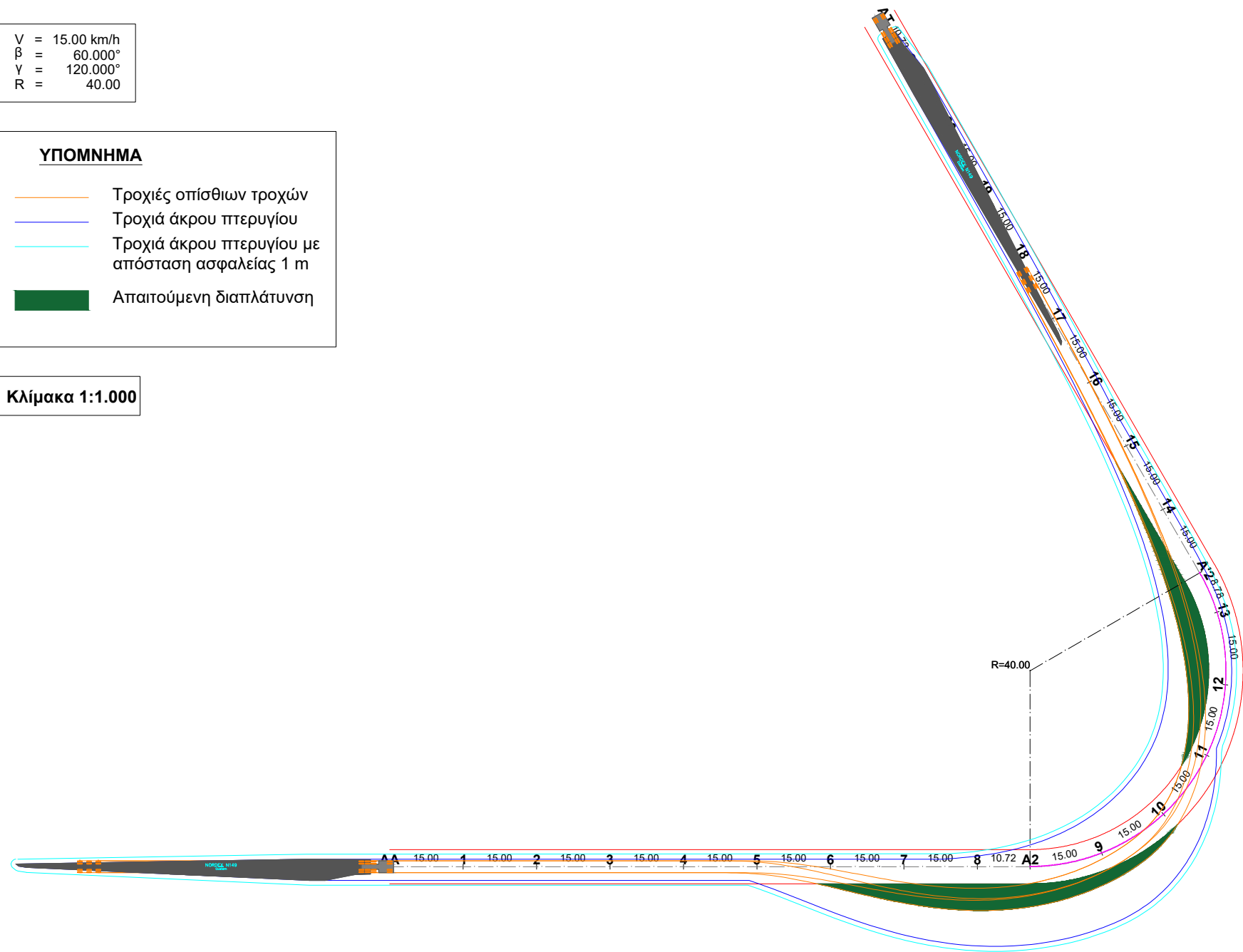
N149

V	=	15.00 km/h
β	=	60.000°
γ	=	120.000°
R	=	40.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



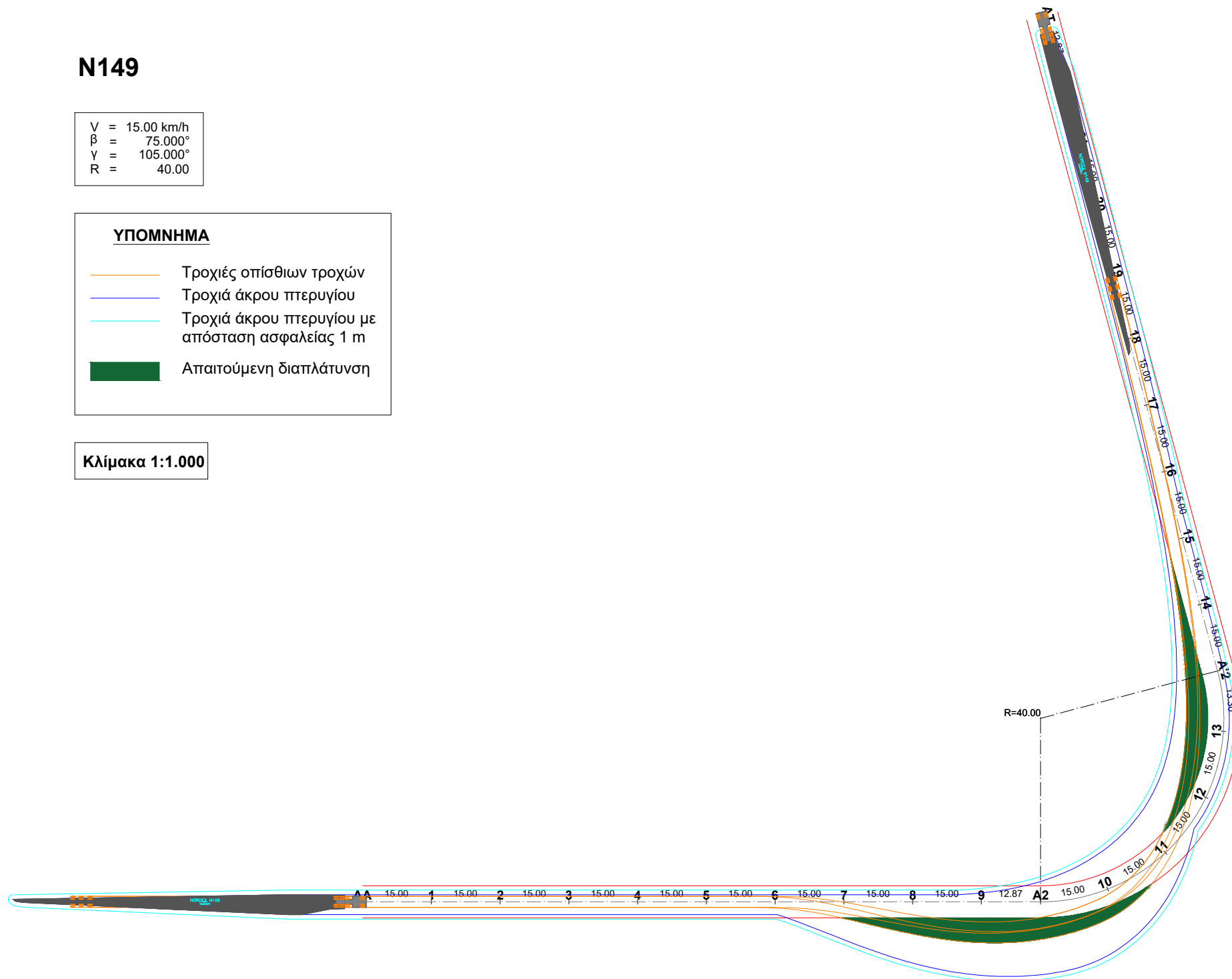
N149

V = 15.00 km/h
 $\beta = 75.000^\circ$
 $\gamma = 105.000^\circ$
R = 40.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου περυγίου
- Τροχιά άκρου περυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



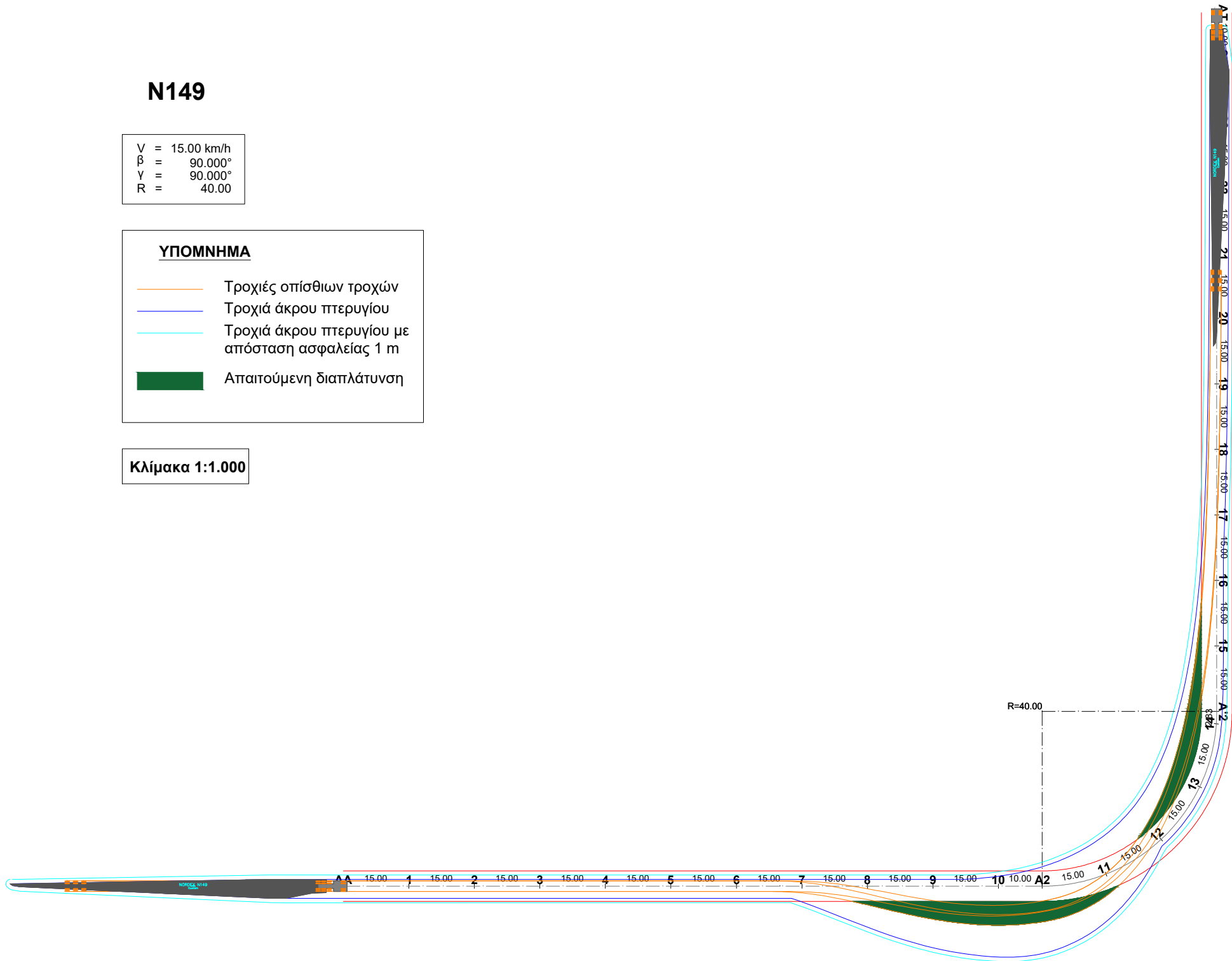
N149

V = 15.00 km/h
 β = 90.000°
 γ = 90.000°
R = 40.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



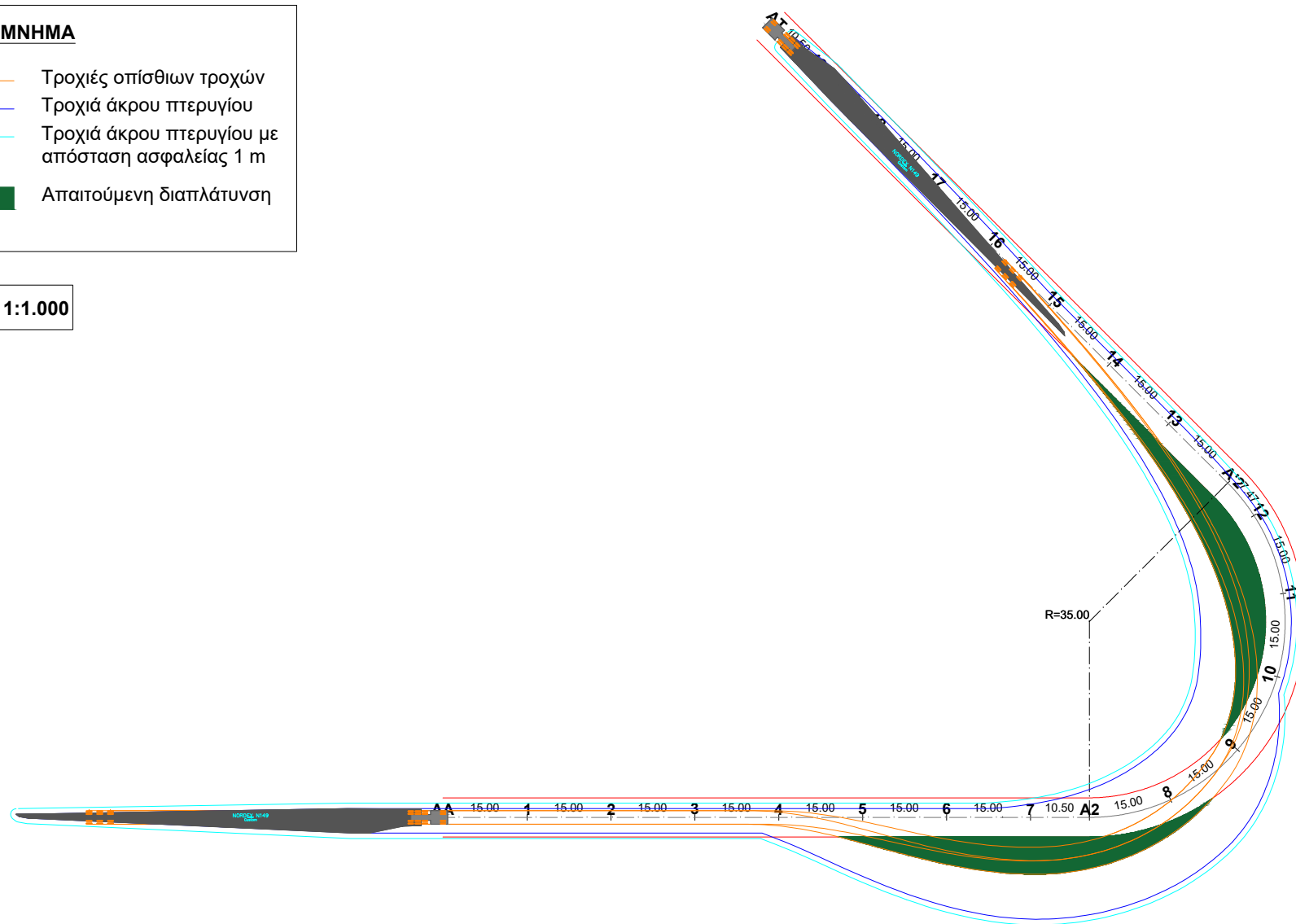
N149

V = 15.00 km/h
 β = 45.000°
 γ = 135.000°
R = 35.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



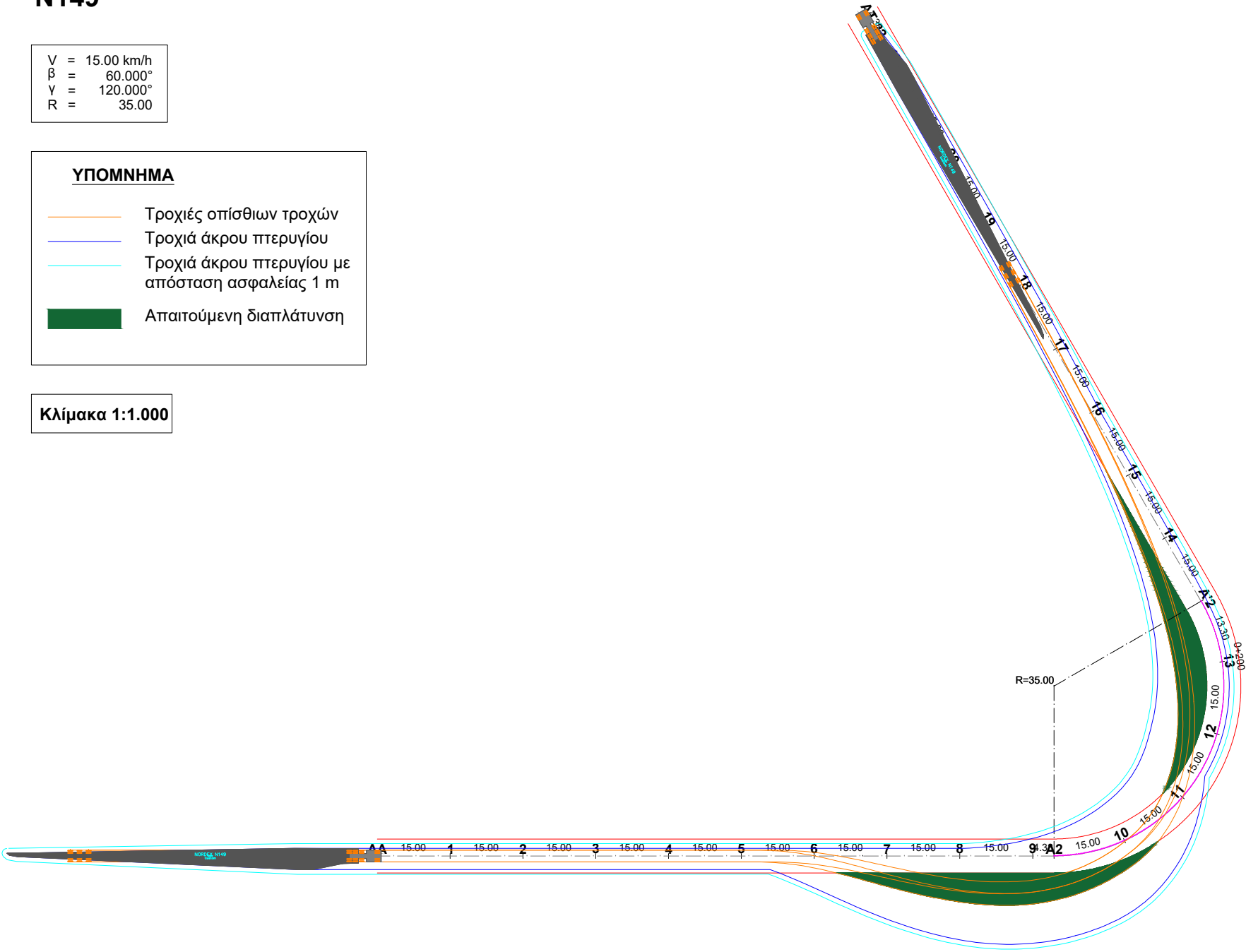
N149

V = 15.00 km/h
 β = 60.000°
 γ = 120.000°
R = 35.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



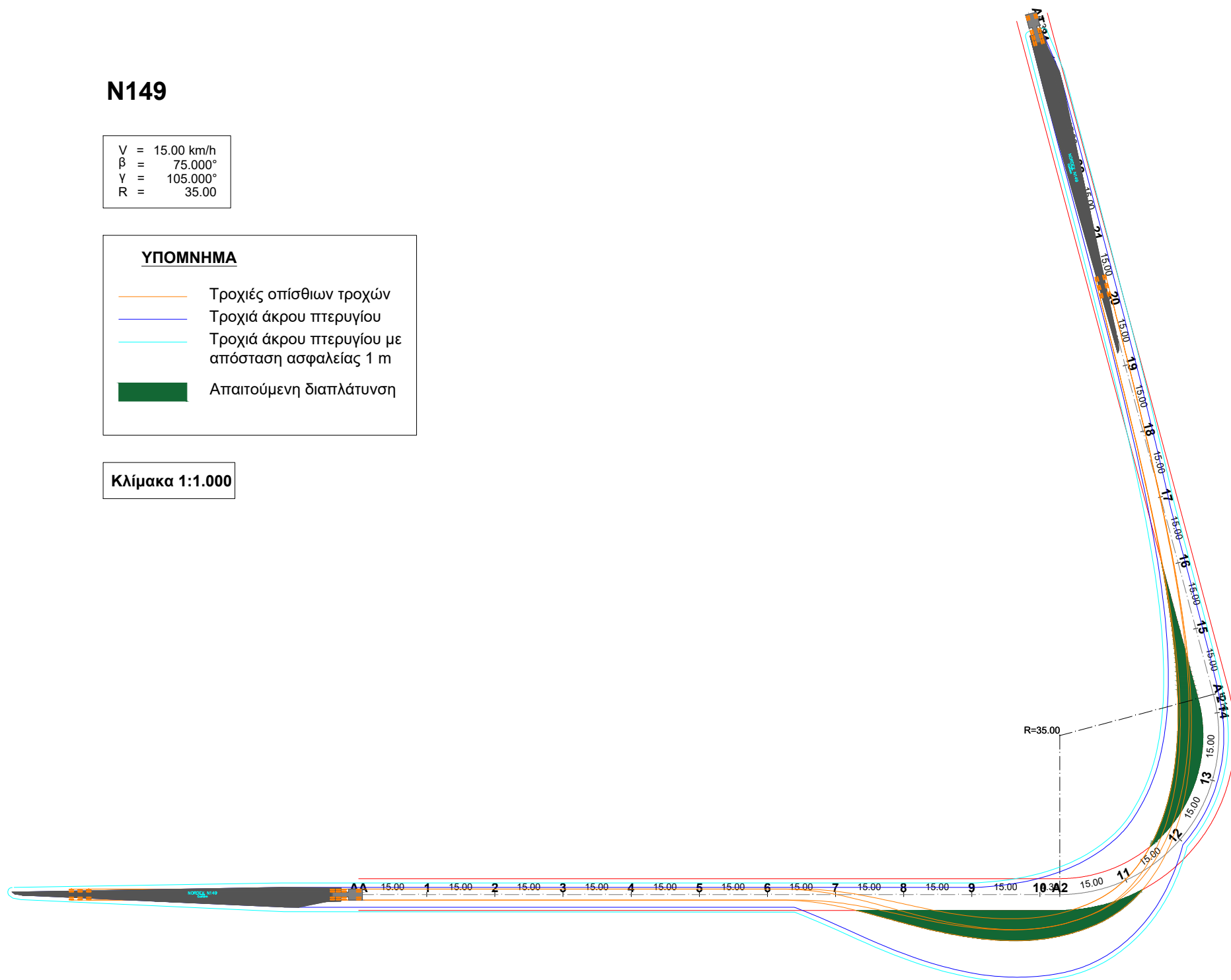
N149

V = 15.00 km/h
 β = 75.000°
 γ = 105.000°
R = 35.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000



N149

V = 15.00 km/h
 β = 90.000°
 γ = 90.000°
R = 35.00

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τροχιές οπίσθιων τροχών
- Τροχιά άκρου πτερυγίου
- Τροχιά άκρου πτερυγίου με απόσταση ασφαλείας 1 m
- Απαιτούμενη διαπλάτυνση

Κλίμακα 1:1.000

