

Ε. Μ. ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Γ. ΚΑΝΕΛΛΑΙΔΗΣ Αναπληρωτής Καθηγητής.

ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΥΠΕΡΑΣΤΙΚΩΝ ΟΔΩΝ

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΩΝ ΚΑΝΟΝΙΣΜΩΝ

ΗΠΑ, ΓΕΡΜΑΝΙΑΣ, ΑΥΣΤΡΑΛΙΑΣ

ΚΑΙ ΤΗΣ ΣΧΕΤΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Γ. Ν. ΠΑΝΑΓΟΠΟΥΛΟΣ

ΑΘΗΝΑ - ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 1997

ΣΥΝΟΨΗ

Στην εργασία αυτή γίνεται ανασκόπηση κανονισμών γεωμετρικού σχεδιασμού υπεραστικών οδών που ισχύουν στις ΗΠΑ, Γερμανία και Αυστραλία. Κοινό χαρακτηριστικό και των τριών κανονισμών, είναι η ελευθερία που παρέχουν στον μελετητή στο σχεδιασμό καμπύλων της οριζοντιογραφίας με ακτίνα μεγαλύτερη της ελάχιστης, με συνέπειες στην ομοιομορφία και στην ασφάλεια. Στους αυστραλιανούς κανονισμούς έχει αναθεωρηθεί η διαδικασία σχεδιασμού της οριζοντιογραφίας των οδών, βάση ερευνών που δείχνουν ότι όχι μόνο υπάρχει σχέση μεταξύ της καμπυλότητας και της ταχύτητας, αλλά και ότι είναι διαφορετική σε διαφορετικές μορφολογίες εδάφους. Σ'αυτή την εργασία προτείνεται διαδικασία σχεδιασμού των επικλίσεων βασισμένη σ'αυτή τη σχέση, και εφαρμόζεται στους αυστραλιανούς κανονισμούς με σκοπό την εισαγωγή ομοιομορφίας, και την απλούστευση της σχέσης μεταξύ καμπυλότητας και επίκλισης.

Λέξεις κλειδιά: Οριζοντιογραφία, ταχύτητα μελέτης, επίκλιση, συντελεστής πλευρικής τριβής, μήκος ορατότητας.

ABSTRACT

A review of current geometric design guidelines from the US, Germany and Australia, is carried out in this paper focusing on rural road design. A common feature of all three guidelines is the designers freedom in selecting values when designing above minimum horizontal curves, at the cost of reduced consistency in design and with potential implications in safety. In the Australian guidelines the horizontal design procedure has been reviewed, based on research which shows that not only is there a relationship between horizontal curvature and speed, but that it also varies according to changes in terrain. A superelevation design procedure is proposed which is based on this relationship, and is applied to the Australian guidelines in an effort to introduce consistency and to simplify the relationship between curvature and superelevation.

Key words: Design speed, horizontal alignment, superelevation, side friction, sight distance.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αυτή εστιάζεται σε βασικούς τομείς σχεδιασμού υπεραστικών οδών, όπως:

1. Ταχύτητες.
2. Συντελεστές τριβής.
3. Επικλίσεις
4. Μήκη ορατότητας

Στην πορεία αυτή εξετάζονται και συγκρίνονται οι πιο πρόσφατες εκδόσεις κανονισμών από την Αμερική [2], Γερμανία [3] και Αυστραλία [1]. Οι δύο πρώτοι είναι αρκετά γνωστοί, ενώ οι λιγότερο γνωστοί αυστραλιανοί κανονισμοί είναι αυτοί που έχουν κάτι καινούργιο να προσφέρουν ιδιαίτερα στις ταχύτητες και στα μήκη ορατότητας. Επίσης, λαμβάνοντας υπόψη τα τελευταία αυτά δεδομένα αλλά και άλλες εργασίες - προτάσεις που έχουν γίνει κατά καιρούς με σκοπό την βελτίωση της διαδικασίας σχεδιασμού επικλίσεων, η εργασία αυτή καταλήγει σε νέα πρόταση σχεδιασμού επικλίσεων, επιχειρώντας να συμβάλει στην επίτευξη μίας ομοιόμορφης προσέγγισης στο σχεδιασμό των επικλίσεων

Οι αυστραλιανοί κανονισμοί παρουσιάζουν μία καινοτομία όσον αφορά τις ταχύτητες, αναθεωρώντας την έννοια της ταχύτητας μελέτης. Από τις έρευνες που έχουν γίνει στην αυστραλία προέκυψε το συμπέρασμα ότι ο οδηγός επηρεάζεται από το οδικό περιβάλλον, και έτσι η κατανομή της V_{85} στο επαρχιακό οδικό δίκτυο είναι συνάρτηση της μορφολογίας εδάφους και του εύρους των ακτίνων στο οδικό τμήμα. Έτσι επιλέγεται η κατάλληλη περιβάλλον ταχυτήτων V_{85} για πεδινό, λοφώδες ή ορεινό έδαφος και από αυτήν την κατανομή η ταχύτητα μελέτης για το στοιχείο.

Στον τομέα των επικλίσεων δεν υπάρχουν πολλά νέα στοιχεία, αλλά οι συγκρίσεις που γίνονται δίνουν μία ενδιαφέρουσα εικόνα για τις διαφορές μεταξύ των διαφόρων κανονισμών, ειδικά στις παραδοχές που κάνουν σχετικά με τη συμπεριφορά του οδηγού και τις μέγιστες τιμές των συντελεστών πλευρικής τριβής (f_{max}).

Αφού υπάρχουν διαφορετικά περιβάλλοντα ταχυτήτων V_{85} για διάφορες μορφολογίες εδάφους, στην εργασία αυτή παρουσιάζονται διαγράμματα τα οποία ο μελετητής έχει άμεση εποπτεία της αλληλοεπίδρασης μεταξύ των επικλίσεων, των f_{max} , και των ακτίνων σε κάθε περιβάλλον ταχυτήτων V_{85} (speed environment). Τέλος, χρησιμοποιώντας κάποια κριτήρια προτείνεται μία τελική κατανομή επίκλισης για κάθε περιβάλλον ταχυτήτων V_{85} . Έτσι ο μελετητής απλώς επιλέγει το κατάλληλο διάγραμμα επίκλισης (πχ για ορεινό έδαφος) και η επιλογή της επίκλισης είναι πλέον συνάρτηση της ακτίνας R της καμπύλης.

Βέβαια η προσαρμογή των διαγραμμάτων αυτών στα Ελληνικά δεδομένα απαιτεί έρευνες για την εξακρίβωση των ταχυτήτων V_{85} που ισχύουν εδώ. Η επιρροή της μορφολογίας εδάφους στους οδηγούς πιστεύεται ότι θα να είναι σημαντική και στην χώρα μας, καθώς εναλλάσσεται συχνά (από ορεινή σε λοφώδη και πεδινή) και πολλές φορές ξαφνικά.

SUMMARY

This work focuses on basic areas of rural road design such as:

1. Speeds
2. Side friction factors
3. Superelevation
4. Sight distance

Recent editions of road design guidelines from Australia [1], Germany [3] and the USA [2] are examined and compared. Revised design procedures and new information especially from the Australian guidelines are drawn upon, and in combination with other proposals [4] that have been published at times, a superelevation design method is proposed, aiming to contribute to simplicity and consistency in the superelevation design process.

The Australian guidelines have something new to offer as far as speeds are concerned, as the "design speed" concept has been reviewed. Research has shown that the driver is influenced by terrain, and therefore terrain is introduced as an element used in selecting design parameters. As a result, the 85th percentile speed distribution has become a function of the terrain type and the overall geometric standard of a road section. The design speed of a particular element is then taken from the 85th percentile speed distribution (speed environment) selected.

As far as superelevation is concerned there is not much new information on offer by the guidelines examined, however the comparison highlights the major differences found, especially with the assumptions that are made on driver behavior and on design values for maximum side friction factors ($f_{\max}$).

Based on the fact that different 85th percentile speed distributions exist in various terrains, diagrams are produced here which show the interdependence of superelevation, the maximum design values of side friction factor $f_{\max}$, and curve radii for each speed environment. By using certain criteria, a proposed superelevation distribution results for each speed environment. Therefore the designer simply selects

the appropriate superelevation distribution (e.g. for mountainous terrain) and superelevation selection is simply a function of the horizontal curve radius.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
2.	ΤΑΧΥΤΗΤΕΣ	
2.1	Γενικά	3
2.2	Κανονισμοί Αυστραλίας.	
2.2.1	Γενικά	4
2.2.2	Προσδιορισμός παραμέτρων	
2.2.2.1	Επιθυμητή ταχύτητα	5
2.2.2.2	Περιβάλλον ταχύτητας	5
2.2.2.3	Ταχύτητα μελέτης	6
2.2.3	Υπολογισμός παραμέτρων ταχύτητας	6
2.2.3.1	Περιβάλλον υψηλών ταχυτήτων	6
2.2.3.2	Περιβάλλον μεσαίων και χαμηλών ταχυτήτων.....	7
2.2.4	Διαδικασία μελέτης της χάραξης	
2.2.4.1	Περιβάλλον υψηλών ταχυτήτων	8
2.2.4.2	Περιβάλλον μεσαίων και χαμηλών ταχυτήτων.....	8
2.2.4.3	Επιλογή περιβάλλοντος ταχύτητας	8
2.2.4.4	Δοκιμαστική χάραξη	8
2.2.4.5	Ελεγχος ταχύτητας δοκιμαστικής χάραξης	9
2.2.4.6	Ταχύτητα μελέτης οριζοντιογραφίας	11
2.2.4.7	Ελεγχος ομοιομορφίας	11
2.2.5	Αλλαγές στο περιβάλλον ταχύτητας	12
2.2.6	Τελικός σχεδιασμός	12
2.3	Γερμανικοί κανονισμοί	
2.3.1	Ταχύτητα μελέτης.....	18
2.3.2	Ταχύτητα V85	19
2.3.3	Σχέση μεταξύ ταχύτητας V _e και V85	20
2.3.4	Σταθερότητα.....	20

2.4	Κανονισμοί ΗΠΑ	
2.4.1	Γενικά	15
2.4.2	Λειτουργική ταχύτητα	15
2.4.3	Ταχύτητα μελέτης	15
2.4.4	Ταχύτητες διαδρομής (running speed)	16
2.5	Σχόλια	21

3 ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ

3.1	Γενικά	23
3.2	Συντελεστές πλευρικής τριβής f	
3.2.1	Αυστραλιανοί κανονισμοί	24
3.2.2	Γερμανικοί κανονισμοί	25
3.2.3	Αμερικανικοί κανονισμοί	26
3.2.4	Ελάχιστες ακτίνες οριζοντιογραφίας	28
3.2.5	Σχόλια	31
3.3	Επικλίσεις	
3.3.1	Αυστραλιανοί κανονισμοί	32
3.3.2	Γερμανικοί κανονισμοί	32
3.3.3	Αμερικανικοί κανονισμοί	34
3.3.4	Πρόταση Γ.Κανελλαΐδη - Ι.Δημητρόπουλου	36
3.3.5	Συγκρίσεις - σχόλια	37
3.4	Πρόταση βελτίωσης του σχεδιασμού επικλίσεων για τους Αυστραλιανούς κανονισμούς	45

4 ΜΗΚΗ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ

4.1	Γενικά	65
4.2	Κανονισμοί Αυστραλίας	
4.2.1	Παραδοχές για τον υπολογισμό του μήκους ορατότητας	66
4.2.2	Ύψος οφθαλμού και μη ορατό ύψος αντικειμένου	66
4.2.3	Μήκος τροχοπέδησης για στάση	67
4.2.4	Χρόνος αντίδρασης οδηγού	68
4.2.5	Κατά μήκος επιβράδυνση	68
4.2.6	Μήκος ορατότητας για στάση	68
4.2.7	Χρόνος ελιγμού αποφυγής	69
4.2.8	Ορατότητα για προσπεράσεις	70
4.2.9	Καθορισμός ποσοστού οδικού τμήματος που επιτρέπει προσπέραση	74
4.3	Κανονισμοί Γερμανίας	
4.3.1	Απαιτούμενα μήκη ορατότητας	77
4.3.2	Μήκος ορατότητας για στάση	77
4.3.3	Μήκος ορατότητας για προσπέραση	78
4.3.4	Ύψος αντικειμένου - γεωμετρικές παραδοχές	80
4.4	Κανονισμοί ΗΠΑ	
4.4.1	Μήκος ορατότητας για στάση	83
4.4.1.1	Χρόνος αντίδρασης	83
4.4.1.2	Μήκος πέδησης	83
4.4.2	Μήκος ορατότητας για προσπέραση	85
4.4.3	Μήκος ορατότητας για ελιγμό	86
4.4.4	Γεωμετρικές παραδοχές	87
4.5	Συγκρίσεις - σχόλια	
4.5.1	Μήκη ορατότητας για στάση	88
4.5.2	Μήκη ορατότητας για προσπέραση	89

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	92
--------------------------	-----------

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ - Τιμές σχημάτων.....	93
--	-----------

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι κανονισμοί γεωμετρικού σχεδιασμού των οδών χρησιμοποιούνται ως βάση για την επίτευξη ομοιόμορφων αποτελεσματικών και ασφαλών μελετών οδοποιίας. Η ραγδαία ανάπτυξη του οδικού δικτύου στις αναπτυγμένες χώρες, δημιούργησε την ανάγκη οι κανονισμοί να:

- έχουν κάποιο βαθμό ομοιομορφίας
- να παράγουν ικανοποιητικά αποτελέσματα κυρίως ως προς τη νασφάλεια και την προστασία του περιβάλλοντος.
- να συνεισφέρουν στην αποφυγή άσκοπης σπατάλης πόρων.

Οι κανονισμοί των χωρών που εξετάζονται σ'αυτήν την εργασία (Αυστραλία [1], Γερμανία [3] ΗΠΑ [2]) κινούνται και αυτοί μέσα σ'αυτά τα πλαίσια, με κάποιες βέβαια ιδιαιτερότητες που συγκρίνονται εδώ.

Το θεωρητικό υπόβαθρο των διαφόρων κανονισμών όσον αφορά την οριζοντιογραφία παραμένει το ίδιο, ξεκινά δηλ. απο την αρχή της κινηματικής όπου η ισορροπία δυνάμεων απαιτεί να αντισταθμίζεται η συνολική πλευρική επιτάχυνση μέσω της επίκλισης και της τριβής τροχού - οδοστρώματος,

$$v^2 / R = (e+f) g \quad (1)$$

όπου:

Z = η αναπτυσσόμενη φυγόκεντρος δύναμη

v = η ταχύτητα του οχήματος (m/s)

R = η ακτίνα οριζόντιας καμπύλης (m)

e = επίκλιση (-)

f = συντελεστής πλευρικής τριβής (-)

g = επιτάχυνση βαρύτητας (m/s²)

Για να υπολογισθεί η ελάχιστη ακτίνα μιάς οριζόντιας καμπύλης για κάποια συγκεκριμένη ταχύτητα, χρησιμοποιείται κάποια προκαθορισμένη μέγιστη τιμή

επίκλισης ($e_{\max}$) και μέγιστου συντελεστή πλευρικής τριβής ($f_{\max}$), δηλ. η σχέση (1) μετατρέπεται σε:

$$R_{\min} = V^2 / 127(e_{\max} + f_{\max}) \quad (2)$$

όπου

V = η ταχύτητα του οχήματος (Km/h)

Χρησιμοποιώντας αυτές τις βασικές αρχές, στους διάφορους κανονισμούς αναπτύσσεται μία μεθοδολογία για την παραγωγή μελετών που πληρούν τους στόχους που προαναφέρθηκαν. Βέβαια υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφόρων κανονισμών όχι μόνο στις τιμές των $e_{\max}$ ή των $f_{\max}$ που χρησιμοποιούν, αλλά και στην μεθοδολογία που ακολουθούν στην εφαρμογή τιμών κάτω από τα μέγιστα όρια.

Εκτός από αυτές τις διαφορές, υπάρχουν και διαφορές ως προς τις παραδοχές που γίνονται, ή και στα μαθηματικά πρότυπα που χρησιμοποιούνται για την προσομοίωση αληθινών καταστάσεων όπως του ελιγμού της προσπάθειας. Η τυποποίηση τέτοιων ελιγμών έχει της δυσκολίες της, καθώς ο παράγων "άνθρωπος" δεν είναι κάτι που τυποποιείται εύκολα.

Στην εργασία αυτή εξετάζονται αυτές οι πτυχές των διαφόρων κανονισμών και σχετικών προτάσεων ή ερευνών[4],[5], αλλά και προτείνεται μία βελτίωση της μεθόδου σχεδιασμού επικλίσεων για τους αυστραλιανούς κανονισμούς. Βασίζεται σε ανάλογη πρόταση που έχει γίνει για τους αμερικανικούς κανονισμούς [4] και στο γεγονός ότι υπάρχει συσχέτιση όχι μόνο μεταξύ του $f_{\max}$ και της ταχύτητας, αλλά και μεταξύ της ταχύτητας και των ακτίνων των καμπύλων της οριζοντιογραφίας. Στόχος είναι η εισαγωγή απλότητας και ομοιομορφίας (consistency) στην διαδικασία σχεδιασμού των επικλίσεων, καθώς οι διάφοροι κανονισμοί ενώ βελτιώνονται συνεχώς δεν έχουν κάνει ακόμα βήματα προς αυτή την κατεύθυνση.

2. ΤΑΧΥΤΗΤΕΣ

2.1 Γενικά.

Για να σχεδιασθεί ένα ασφαλές οδικό τμήμα πρέπει τα διάφορα χαρακτηριστικά και στοιχεία που επηρεάζουν την λειτουργία των οχημάτων να συσχετισθούν με τις ταχύτητες των οχημάτων που κινούνται στο τμήμα αυτό. Γενικά η ταχύτητα την οποία θα επιλέξει ένας οδηγός είναι ένας συμβιβασμός μεταξύ της μέγιστης ταχύτητας που είναι διατεθειμένος να αναπτύξει για να φθάσει στον προορισμό του, και της αντιληπτής επικινδυνότητας που θεωρείται ότι αυξάνεται καθώς αυξάνεται και η ταχύτητα. Η παρουσία χαρακτηριστικών τα οποία ο οδηγός θεωρεί ότι αυξάνουν την επικινδυνότητα, τείνει να περιορίζει την ταχύτητα που επιλέγεται.

Παραδοσιακά, εθεωρείτο ότι η ταχύτητα των οχημάτων ήταν συνάρτηση της ικανότητας του οδηγού και οχήματος, των χαρακτηριστικών της οδού και των παρακείμενων πλευρών, των καιρικών συνθηκών, την παρουσία άλλων οχημάτων και του ορίου ταχύτητας.

Έρευνες όμως, όπως αυτές που έχουν διεξαχθεί στην Αυστραλία [1], έρχονται να προσθέσουν άλλον ένα παράγοντα στη συνάρτηση αυτή: του περιβάλλοντος, δηλαδή της μορφολογίας εδάφους. Έχει αποδειχθεί ότι το περιβάλλον επηρεάζει την κρίση του οδηγού όσον αφορά την ανάπτυξη ταχύτητας, και γι'αυτό έχει προστεθεί σαν ένα επιπλέον στοιχείο το οποίο χρησιμοποιείται από τους κανονισμούς Αυστραλίας για την επιλογή παραμέτρων μελέτης.

Υπάρχουν επίσης και άλλες διαφορές μεταξύ των κανονισμών που εξετάσθηκαν, όπως ο υπολογισμός και η χρήση των ταχυτήτων μελέτης και των πραγματικών ταχυτήτων V_{85} , κανονισμών που παρ'όλες τις διαφορές έχουν ένα κοινό στόχο: την ανάπτυξη ενός ασφαλούς και λειτουργικού οδικού δικτύου.

2.2 Κανονισμοί Αυστραλίας.

2.2.1 Γενικά.

Η ανάπτυξη του οδικού δικτύου της Αυστραλίας χαρακτηρίζεται αφ'ενός από την αύξηση της ικανότητας του δικτύου και αφ'ετέρου από την αύξηση της ποιότητας κυκλοφορίας (στάθμη εξυπηρέτησης). Από την άλλη πλευρά, μερικά απομακρυσμένα τμήματα της χώρας έχουν ακόμα αναπτυξιακά προβλήματα που συνδέονται με την έλλειψη ενός βασικού δικτύου. Οι περισσότεροι από τους κανονισμούς γεωμετρικού σχεδιασμού άλλων χωρών βασίζονται στην ποιότητα κυκλοφορίας και η εφαρμογή τους σε προγενέστερες φάσεις ανάπτυξης του δικτύου της Αυστραλίας, είχε σαν αποτέλεσμα την αμφισβήτηση της καταλληλότητάς τους στην χώρα αυτή [1].

Έτσι, η γενική φιλοσοφία σχεδιασμού οδικών δικτύων στην Αυστραλία έχει αρχίσει να απομακρύνεται από την παλαιότερη μεθοδολογία της καθορισμένης ταχύτητας μελέτης σύμφωνα με τη στάθμη εξυπηρέτησης και να λαμβάνει ως βάση της γεωμετρικής μορφής του δικτύου **τις πραγματικές ταχύτητες που αναπτύσσονται (V_{85})**.

Έρευνες του **Australian Road Research Board (ARRB)** έχουν δείξει ότι σε μία οδό με σχετικά ομοιόμορφα χαρακτηριστικά υπάρχει μία μέγιστη ταχύτητα την οποία θα αναπτύξει ο οδηγός ακόμα και σε περιπτώσεις που η οδός είναι ελεύθερη από άλλη κυκλοφορία ή από περιορισμούς λόγω χάραξης. Αυτή η μέγιστη ταχύτητα αναφέρεται ως **“επιθυμητή ταχύτητα” (desired speed)** του οδηγού για το συγκεκριμένο οδικό τμήμα και καθορίζεται από την αντίληψη του οδηγού ως προς το γενικό ποιοτικό επίπεδο του τμήματος. Το επίπεδο αυτό μπορεί να συσχετισθεί με το ποιοτικό επίπεδο των γεωμετρικών στοιχείων (κυρίως οριζόντιες καμπύλες) και το οδικό περιβάλλον (κυρίως μορφολογία εδάφους).

Η επιθυμητή V_{85} αναφέρεται ως **“περιβάλλον ταχύτητας” (speed environment)** του οδικού τμήματος και είναι θεμελιώδες χαρακτηριστικό μιας οδικής χάραξης σύμφωνα με τους κανονισμούς Αυστραλίας.

Επίσης, βρέθηκε ότι ο οδηγός τείνει να μεταβάλλει την ταχύτητα του σε ένα οδικό τμήμα ανάλογα με το ποιοτικό επίπεδο του κάθε στοιχείου. Σε ευθυγραμμίες με μικρή κατά μήκος κλίση, ο οδηγός τείνει να κινείται με την επιθυμητή του ταχύτητα και γενικά προσπαθεί να διατηρεί την ταχύτητα αυτή σε κλίσεις, κυρτώματα και κοιλώματα. Σε καμπύλες της οριζοντιογραφίας όμως ο οδηγός ρυθμίζει την

ταχύτητα του σε μία τιμή που είναι συνάρτηση του περιβάλλοντος ταχύτητας και της ακτίνας R [1].

Σύμφωνα λοιπόν με τα αποτελέσματα αυτά, οι αυστραλιανοί κανονισμοί διαμορφώνουν ουσιαστικά τρεις κατηγορίες ταχυτήτων και διαφορετικές φιλοσοφίες σχεδιασμού για την κάθε κατηγορία, με τελικό στόχο να ανταποκρίνεται το αποτέλεσμα του σχεδιασμού στις προσδοκίες του χρήστη.

2.2.2 Προσδιορισμός παραμέτρων.

2.2.2.1 Επιθυμητή Ταχύτητα (desired speed).

Είναι η ταχύτητα που αναπτύσσει ο οδηγός στις ευθυγραμμίες και καμπύλες της οριζοντιογραφίας με μεγάλη ακτίνα R , σε ένα οδικό τμήμα με ομοιόμορφα χαρακτηριστικά και όταν δεν περιορίζεται από άλλα οχήματα. Η επιθυμητή ταχύτητα είναι συνάρτηση κυρίως της μορφολογίας εδάφους και των γεωμετρικών χαρακτηριστικών της οδού.

2.2.2.2 Περιβάλλον Ταχύτητας (speed environment).

Αφού το οδικό περιβάλλον είναι αυτό που κυρίως καθορίζει την επιθυμητή ταχύτητα του οδηγού, χρησιμοποιείται ο όρος **“περιβάλλον ταχύτητας”**. Το περιβάλλον ταχύτητας είναι η V_{85} που παρατηρείται στις μεγαλύτερου μήκους ευθυγραμμίες (ή σε καμπύλες της οριζοντιογραφίας με μεγάλη ακτίνα) του τμήματος σε περίοδο χαμηλού κυκλοφοριακού φόρτου. Ισχύει για ένα τμήμα οδού, παρά για κάποιο μεμονωμένο στοιχείο.

Το περιβάλλον ταχύτητας επηρεάζεται από [1]:

- Τη γεωγραφική θέση τού οδικού τμήματος σε σχέση με μεγάλα αστικά κέντρα.
- Τη γενική τοπογραφία της περιοχής.

- Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της χάραξης (οριζοντιογραφία, τη διατομή, κατάσταση οδοστρώματος, συχνότητα κόμβων, προσβάσεων κλπ).

2.2.2.3 Ταχύτητα Μελέτης.

Η ταχύτητα μελέτης ισχύει για τα μεμονωμένα γεωμετρικά στοιχεία και είναι η ταχύτητα μέσω της οποίας συντονίζονται από τον μελετητή οι ακτίνες, τα μήκη ορατότητας, οι επικλίσεις και οι απαιτούμενοι συντελεστές τριβής, ώστε ο οδηγός που κινείται στο κάθε στοιχείο με την ταχύτητα αυτή να μην εκτίθεται σε απρόοπτους κινδύνους.

Η ταχύτητα αυτή δεν πρέπει να είναι μικρότερη από την V_{85} που θα προκύψει από την κατασκευή του συγκεκριμένου στοιχείου σε ένα συγκεκριμένο περιβάλλον ταχύτητας.

Η ταχύτητα μελέτης διαδοχικών γεωμετρικών στοιχείων πρέπει να μεταβάλλεται όπως αναμένονται μεταβολές στις ταχύτητες των οδηγών.

2.2.3 Υπολογισμός Παραμέτρων Ταχύτητας.

Το περιβάλλον και η καμπυλότητα στην οριζοντιογραφία είναι οι κύριοι συντελεστές στη συμπεριφορά του οδηγού όσον αφορά την ταχύτητα και, επομένως, την ταχύτητα μελέτης.

2.2.3.1 Περιβάλλον υψηλών ταχυτήτων.

Μετρήσεις έδειξαν ότι ταχύτητες V_{85} σε υπεραστικές οδούς δύο λωρίδων κυκλοφορίας στο υπεραστικό οδικό δίκτυο σπάνια υπερβαίνουν τα 100 - 120 km/h. Σε οδούς με γεωμετρικά χαρακτηριστικά υψηλών ταχυτήτων, οι ταχύτητες σε καμπύλες δεν διαφέρουν πολύ. Έτσι οι ταχύτητες μελέτης και το περιβάλλον ταχύτητας δεν υπερβαίνουν τα 120 km/h. Αν και ακόμα χρησιμοποιούνται μερικές φορές ταχύτητες μελέτης 130 km/h, σε αυτές τις περιπτώσεις δεν παρατηρείται αύξηση της ταχύτητας των οδηγών, αλλά προσφέρεται απο μιά τέτοια χάραξη αυξημένη λειτουργικότητα και ασφάλεια.

2.2.3.2 Περιβάλλον μεσαίων και χαμηλών ταχυτήτων.

Η ταχύτητα που επιλέγεται από οδηγούς σε περιβάλλον ταχύτητας κάτω των 100 km/h επηρεάζεται από τα χαρακτηριστικά της οδού και το περιβάλλον της. Γι'αυτό η χάραξη επιλέγεται σύμφωνα με την διαδικασία που περιγράφεται στην επόμενη παράγραφο (βλ. 2.2.4). Η V_{85} που χρησιμοποιείται και ως ταχύτητα μελέτης για να συσχετισθούν τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά ενός στοιχείου επηρεάζεται κυρίως από δύο παραμέτρους:

- Το περιβάλλον ταχύτητας.
- Την ακτίνα των καμπύλων της οριζοντιογραφίας.

Οι οδηγοί αντιδρούν σε ορατά ερεθίσματα ή εμπόδια, και όσον αφορά την ταχύτητα οι οδηγοί αντιδρούν στη καμπυλότητα της οριζοντιογραφίας της οδού. Ο οδηγός αντιδρά πολύ λιγότερο σε πιθανά εμπόδια εκτός πεδίου ορατότητας ακόμα και όταν υπάρχει προειδοποιητική σήμανση.

Μετρήσεις δείχνουν επίσης ότι το μήκος ορατότητας έχει πολύ μικρή επίδραση στην V_{85} , ενώ ο κυκλοφοριακός φόρτος που έχει σημαντική επίδραση δεν λαμβάνεται υπόψη αφού η ταχύτητα μελέτης περιορίζεται από τα χαρακτηριστικά των οδικών στοιχείων και όχι από τον κυκλοφοριακό φόρτο.

Σε χαμηλό και μεσαίο περιβάλλον ταχύτητας η ταχύτητα μελέτης μεταβάλλεται σύμφωνα με την αναμενόμενη V_{85} . Για λόγους ασφαλείας οι διαδοχικές μεταβολές στην ταχύτητα μελέτης ενός οδικού τμήματος πρέπει να είναι μικρές (βλ παρ 2.2.4.7).

2.2.4 Διαδικασία μελέτης της χάραξης.

2.2.4.1 Περιβάλλον υψηλών ταχυτήτων.

Σε περιβάλλον ταχύτητας 100 km/h και άνω, οι αναμενόμενες ταχύτητες είναι υψηλές και ομοιόμορφες. Η ταχύτητα μελέτης σ' αυτές τις περιπτώσεις πλησιάζει σε μέγεθος το περιβάλλον ταχύτητας και έτσι επιλέγεται μία ταχύτητα μελέτης σύμφωνα με την μορφολογία εδάφους και τη σημαντικότητα της οδού. Αυτή είναι και η ταχύτητα που χρησιμοποιείται στο σχεδιασμό των γεωμετρικών στοιχείων της οδού.

2.2.4.2 Περιβάλλον μεσαίων και χαμηλών ταχυτήτων.

Σε περιβάλλον ταχύτητας κάτω των 100 km/h χρειάζονται διαδοχικές προσεγγίσεις στην διαδικασία χάραξης για να εξασφαλισθεί κάποια συνοχή, αφού η οριζοντιογραφία καθορίζεται από, αλλά και σε κάποιο βαθμό καθορίζει την V85. (Για την διαδικασία βλ. Σχ. 2.1 Διαδικασία επιλογής χάραξης.)

2.2.4.3 Επιλογή Περιβάλλοντος ταχύτητας.

Το περιβάλλον ταχύτητας που ισχύει για κάθε οδικό τμήμα επιλέγεται λαμβάνοντας υπόψη τοπογραφία, κυκλοφοριακό φόρτο και σύνθεση, κατηγορία οδού και οικονομικούς περιορισμούς. Μπορεί να επιλεγθεί από τον Πιν. 2.1, χρησιμοποιώντας το εύρος των αναμενόμενων ακτίνων των καμπύλων της οριζοντιογραφίας στο οδικό τμήμα.

2.2.4.4 Δοκιμαστική χάραξη

Η δοκιμαστική χάραξη και η μηκοτομή σχεδιάζονται χρησιμοποιώντας μία κατηγορία εύρους ακτίνων που επιλέγεται από τον Πιν. 2.1. Επειτα ακολουθεί έλεγχος στις αποκλίσεις των τιμών ταχύτητας (έλεγχος ομοιομορφίας όπως αποκαλείται στους αυστραλιανούς κανονισμούς) όπως περιγράφεται στην παρ. 2.2.4.7.

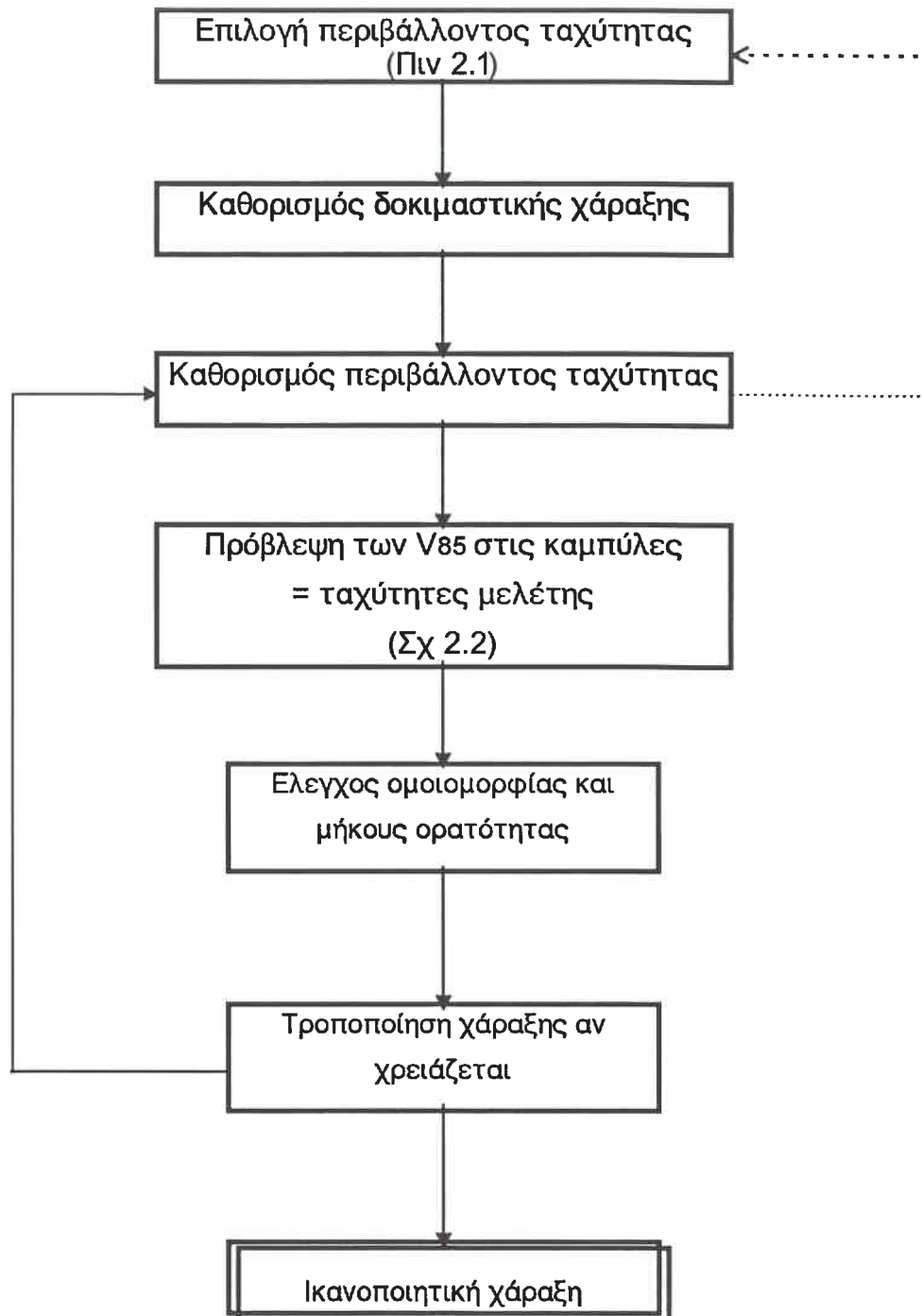
Πιν. 2.1 Επιλογή περιβάλλοντος ταχύτητας [1].

ΥΠΕΡΑΣΤΙΚΕΣ ΟΔΟΙ ΔΥΟ ΛΩΡΙΔΩΝ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ⁽¹⁾				
Εύρος ακτίνων οριζοντίων καμπύλων R (m) (2)	Περιβάλλον ταχύτητας km/h ⁽³⁾			
	Τύπος εδάφους			
	Επίπεδο (Flat)	Πεδινό (Undulating)	Λοφώδες (Hilly)	Ορεινό (Mountains)
< 75			75	70 ⁽⁵⁾
75 - 300		90 ⁽⁴⁾	85	
150 - 500		100	95 ⁽⁵⁾	
> 300 - 500	115 ⁽⁴⁾	110 ⁽⁵⁾		
> 600 - 700	120			

1. Χρησιμοποιείται επίσης και για τη μία κατεύθυνση διαχωρισμένων οδών, όταν υπάρχει περιορισμός στη γεωμετρία χάραξης.
2. Επιλέγεται ως αντιπροσωπευτική τιμή των γενικών γεωμετρικών χαρακτηριστικών των οδικών τμημάτων.
3. Η ταχύτητα θεωρείται ως αποδεκτή από τους περισσότερους οδηγούς στο συγκεκριμένο τμήμα, και αντιπροσωπεύεται από την V85 σε τμήμα χωρίς περιορισμούς (ευθυγραμμίες, καμπύλες με μεγάλη ακτίνα)
4. Η χρήση ακτίνων κάτω από R 300 m (επίπεδο έδαφος) η κάτω από R=100m (πεδινό έδαφος) κανονικά δεν συναντάται. Ετσι περιβάλλοντα ταχύτητας κάτω των 115 km/h και 90 km/h αντίστοιχα δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται σ'αυτές τις περιπτώσεις. Εάν καμπύλες με μικρές ταχύτητες μελέτης είναι αναπόφευκτες, βλ παρ. 2.2.4.7
5. Εφ'όσον είναι οικονομικά εφικτό, μπορεί να εξετασθεί η δυνατότητα χρήσης ευνοικότερων γεωμετρικών χαρακτηριστικών από αυτά που δίνονται. Σ'αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιείται το περιβάλλον ταχυτήτων για τον αμέσως ευνοϊκότερο τύπο εδάφους.

2.2.4.5 Έλεγχος ταχύτητας δοκιμαστικής χάραξης.

Το περιβάλλον ταχύτητας που προκύπτει από την δοκιμαστική χάραξη συγκρίνεται με τον Πιν. 2.1. Δεν πρέπει να υπάρχει σημαντική διαφορά, εκτός αν υπάρχει σημαντική διαφορά στις οριζόντιες ακτίνες που χρησιμοποιήθηκαν.



* Όσο μεγαλύτερη σημασία αποδίδεται στα δοκιμαστικά στάδια της χάραξης στον έλεγχο της ομοιομορφίας, τόσο λιγότερες τροποποιήσεις της χάραξης θα χρειασθούν.

Σχ 2.1 Διαδικασία επιλογής χάραξης. [1]

Σποραδικές καμπύλες μεγάλης ακτίνας αγνοούνται σαν μικρά ευθύγραμμα τμήματα εντός του συγκεκριμένου περιβάλλοντος ταχύτητας.

Η V_{85} σε μικρά ευθύγραμμα τμήματα ή καμπύλες μεγάλης ακτίνας R περιορίζεται από την παρακείμενη χάραξη. Όταν το μήκος των τμημάτων αυτών ξεπερνά τα:

- 250 m για περιβάλλον ταχύτητας 70 km/h
- 1 km για περιβάλλον ταχύτητας 90 km/h
- 3 km για περιβάλλον ταχύτητας 110 km/h

ως τιμή για την ταχύτητα V_{85} μπορεί να ληφθεί η ίδια τιμή με το περιβάλλον ταχύτητας.

2.2.4.6 Ταχύτητα μελέτης για καμπύλες της οριζοντιογραφίας

Σε περιβάλλον μεσαίων και χαμηλών ταχυτήτων ο οδηγός προσαρμόζει την ταχύτητα του ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της καμπύλης που διέρχεται. Από το Σχ.2.2 μπορεί να προσδιορισθεί η ταχύτητα μελέτης (ταχύτητες λειτουργίας - V_{85}) ενός γεωμετρικού στοιχείου, ανάλογα με την ακτίνα καμπύλης, και το περιβάλλον ταχύτητας (η V_{85} των επιθυμητών ταχυτήτων στις ευθείες) του οδικού τμήματος που σχεδιάζεται.

2.2.4.7 Έλεγχος ομοιομορφίας (consistency).

Συνήθως οι ταχύτητες μελέτης δεν πρέπει να διαφέρουν περισσότερο από 10 km/h σε διαδοχικά γεωμετρικά στοιχεία. Για το σκοπό του ελέγχου, οι ευθυγραμμίες θεωρούνται ως γεωμετρικά στοιχεία και εάν το μήκος τους πλησιάζει τις τιμές της παρ. 2.2.4.5, τότε η “ταχύτητα μελέτης” για αυτά τα τμήματα είναι το περιβάλλον ταχύτητας. Όταν λόγω κάποιου τοπικού περιορισμού καθίσταται αναγκαία η διαφοροποίηση στην ταχύτητα μελέτης μεγαλύτερη των 10 km/h, αλλά η έκταση της αλλαγής είναι ανεπαρκής για τον καθορισμό ενός νέου τμήματος με διαφορετικό περιβάλλον ταχύτητας, τότε η διαφορά μπορεί να επιτευχθεί με την χάραξη μιας σειράς οριζοντίων καμπύλων των οποίων η V_{85} δεν διαφέρει περισσότερο από 10 km/h σε κάθε βήμα. Η προβλεφθείσα ταχύτητα κάθε στοιχείου χρησιμοποιείται σαν περιβάλλον ταχύτητας το οποίο καθορίζει την ταχύτητα μελέτης του επομένου στοιχείου.

Οδοί διπλής κατεύθυνσης ελέγχονται και στις δύο κατευθύνσεις. Σε οδούς μονής κατεύθυνσης ο περιορισμός διαφοράς της ταχύτητας μελέτης των 10 km/h δεν ισχύει προς την κατεύθυνση της αυξανόμενης ταχύτητας μελέτης.

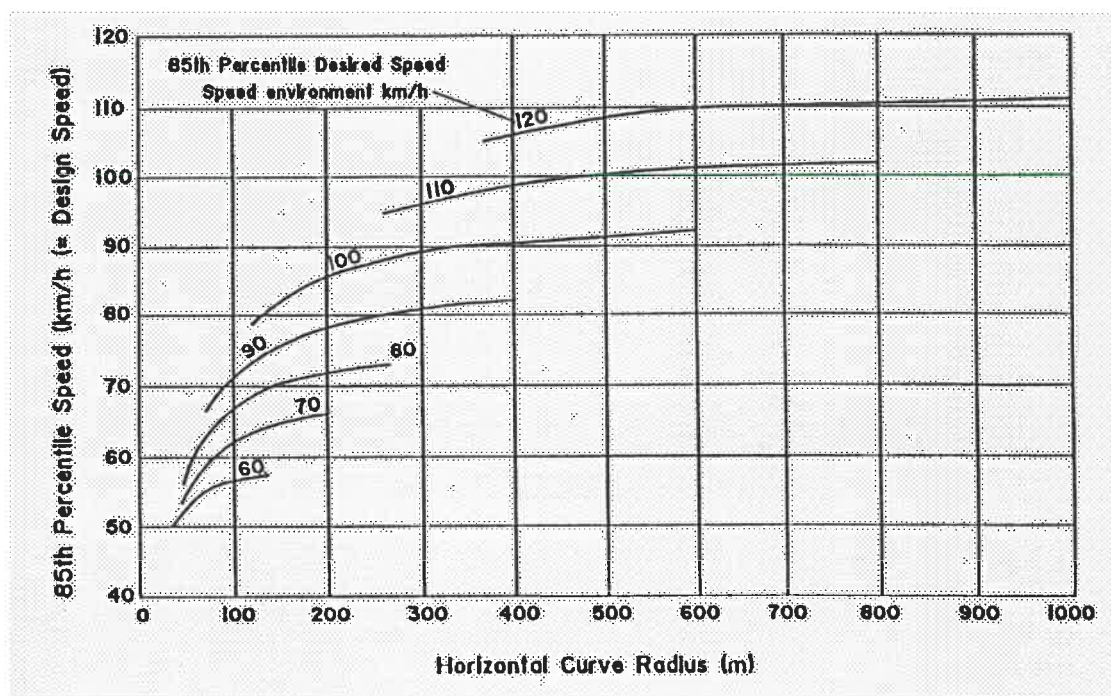
2.2.5 Αλλαγές στο περιβάλλον ταχύτητας.

Σε ευθυγραμμίες και καμπύλες μεγάλων ακτίνων που το μήκος τους είναι πολύ μεγαλύτερο από το μήκος που αναφέρεται στην παρ. 2.2.4.5, οι ταχύτητες V_{85} μπορεί να προσεγγίζουν τα 100 km/h ακόμα και σε σχετικά δύσκολη τοπογραφία, ενώ σε πιο ομαλό περιβάλλον τα 120 km/h. Αυτές οι ταχύτητες θεωρούνται και ως ταχύτητες μελέτης του ευθύγραμμου στοιχείου. Στο τέλος μιάς τέτοιας ευθυγραμμίας μεγάλου μήκους, η ταχύτητα μελέτης της πρώτης καμπύλης (χρησιμοποιώντας την ταχύτητα μελέτης της ευθυγραμμίας ως περιβάλλον ταχύτητας στο Σχ. 2.2) δεν πρέπει να είναι πολύ μικρότερη από την ταχύτητα μελέτης της ευθυγραμμίας. Η διαφοροποίηση δεν πρέπει να υπερβαίνει τά 10 km/h και σε καμία περίπτωση τα 15 km/h.

Εκτός από ευθυγραμμίες και καμπύλες μεγάλων ακτίνων, αλλαγές επίσης στην τοπογραφία σηματοδοτούν και αλλαγές στο περιβάλλον ταχύτητας και επομένως αλλαγές στην χάραξη. Αυτές οι αλλαγές πρέπει να υλοποιούνται με τρόπο συμβατό με τις προσδοκίες του οδηγού (βλ. παρ. 2.2.4.7).

2.2.6 Τελικός σχεδιασμός.

Με τη διαδικασία που περιγράφεται, το κάθε γεωμετρικό στοιχείο αποκτά μία προβλεπόμενη ταχύτητα V_{85} . Αυτή πρέπει επίσης να χρησιμοποιείται και ως ταχύτητα μελέτης για τον καθορισμό της γεωμετρίας των παρακείμενων οδικών στοιχείων. Η ταχύτητα μελέτης μπορεί να μεταβάλλεται κατά μήκος της οδού (βλ παρ 2.2.2.3) αλλά η μεταβολή της ταχύτητας μελέτης διαδοχικών στοιχείων θα κυμαίνεται σε αποδεκτά όρια.



Παράδειγμα: Εδαφος πεδινό

Εύρος οριζοντίων καμπύλων: 75 - 300 m

Ακτίνα καμπύλης: 250 m

Περιβάλλον ταχύτητας: 90 km/h

Ταχύτητα μελέτης: 80 km/h

Σχ. 2.2 Προσδιορισμός Ταχύτητας μελέτης [1]

2.3 Γερμανικοί κανονισμοί RAS - L

2.3.1 Ταχύτητα μελέτης.

Η ταχύτητα μελέτης V_e στους κανονισμούς RAS-L προκύπτει λαμβάνοντας υπόψη περιβαλλοντικά και οικονομικά κριτήρια με βάση τον λειτουργικό χαρακτήρα της οδού μέσα στο οδικό δίκτυο και την επιδιωκόμενη ποιότητα ροής κυκλοφορίας. Η V_e δίδεται με βάση αυτά τα κριτήρια, και επίσης δίδονται και διάφορες οριακές και προτεινόμενες τιμές που αντιστοιχούν στα διάφορα στοιχεία μελέτης μίας οδού. Η V_e όπως δίδεται στους γερμανικούς κανονισμούς καθορίζει :

- Τις ελάχιστες ακτίνες καμπύλων της οριζοντιογραφίας
- Τις μέγιστες κατά μήκος κλίσεις
- Τις ελάχιστες ακτίνες των κυρτών καμπύλων της μηκοτομής

ενός οδικού τμήματος. Έτσι, η ταχύτητα μελέτης επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό, κυρίως στις οδούς της ομάδας κατηγοριών A, τα χαρακτηριστικά του οδικού τμήματος.

2.3.2 Ταχύτητα V_{85} .

Η ταχύτητα V_{85} χρησιμοποιείται από τους κανονισμούς RAS-L για τον υπολογισμό της γεωμετρίας μεμονωμένων στοιχείων μελέτης της οριζοντιογραφίας, μηκοτομής και διατομής. Αντιστοιχεί στην περίπτωση οδών της κατηγορίας A στην ταχύτητα την οποία δεν υπερβαίνουν τα 85% των ανεμποδίστως κινουμένων αυτοκινήτων πάνω σε καθαρό υγρό οδόστρωμα. Με την ταχύτητα V_{85} προδιορίζονται:

- Οι επικλίσεις στην καμπύλη.
- Τα απαιτούμενα μήκη ορατότητας για στάση οχήματος και επομένως τα μήκη των κυρτών καμπύλων της μηκοτομής.

- Οι ελάχιστες ακτίνες σε περίπτωση αρνητικών επικλίσεων.

Η ταχύτητα V_{85} προσδιορίζεται κατά τμήματα ως εξής.

- Σε οδούς της ομάδας κατηγοριών Α με δύο διαχωριζόμενα οδοστρώματα, δεν υπάρχουν, ιδιαίτερα για τις χαμηλότερες ταχύτητες, τεκμηριωμένες γνώσεις σχετικά με την αλληλοεξάρτηση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών της οδού και της ταχύτητας κυκλοφορίας. Επομένως χρησιμοποιούνται οι εξής σχέσεις:

$$V_{85} = V_e + 10 \text{ km/h}$$

$$V_e \geq 100 \text{ km/h}$$

$$V_{85} = V_e + 20 \text{ km/h}$$

$$V_e < 100 \text{ km/h}$$

Σε οδούς της ομάδας κατηγοριών Α με μη διαχωριζόμενο οδόστρωμα η ταχύτητα V_{85} εκτιμάται με βάση την ελκτικότητα, το πλάτος και την ακτίνα της οδού.

2.3.3 Σχέση μεταξύ ταχύτητας μελέτης V_e και ταχύτητας V_{85}

Επιδιώκεται στους κανονισμούς RAS-L τα χαρακτηριστικά του οδικού τμήματος και η συμπεριφορά των οδηγών κατά την οδήγηση να είναι μεταξύ τους εναρμονισμένα. Έτσι, περιορίζεται η V_{85} σε 20 χλμ/ώρα πάνω από την ταχύτητα μελέτης V_e . Στην αντίθετη περίπτωση αυξάνεται η ταχύτητα μελέτης V_e του οδικού τμήματος, ή μειώνεται με κατάλληλες επεμβάσεις η V_{85} .

2.3.4 Σταθερότητα.

Και εδώ, όπως και σε άλλους κανονισμούς, επισημαίνεται η ανάγκη διατήρησης κάποιας ομοιομορφίας στα χαρακτηριστικά του οδικού τμήματος. Αυτό επιτυγχάνεται με τη σταδιακή μεταβολή των στοιχείων μελέτης, όπου αυτό απαιτείται, και την διατήρηση μιας όσο το δυνατόν σταθερής V_{85} κατά μήκος της οδού.

Επίσης, επισημαίνεται ότι αν σε διαδοχικά τμήματα μίας οδού οι V_{85} διαφέρουν με περισσότερο από 10 χλμ/ώρα, πρέπει να εξετάζεται αν οι ταχύτητες των δύο τμημάτων μπορούν να προσαρμοσθούν, ή αν πρέπει να προστεθεί ένα επιπλέον τμήμα συναρμογής για να εξασφαλισθεί η σταδιακή μεταβολή από την μία περιοχή ταχυτήτων στην άλλη.

2.4 Κανονισμοί ΗΠΑ.

2.4.1 Γενικά.

Η νέα μετρική έκδοση των κανονισμών AASHTO 1994 [2] δεν έχει σημαντικές αλλαγές στο τμήμα των ταχυτήτων, απλά έχει γίνει η μετατροπή των μονάδων. Παρατίθενται εδώ τα κύρια στοιχεία όσον αφορά ταχύτητες.

2.4.2 Λειτουργική ταχύτητα.

Λειτουργική ταχύτητα είναι η γενική μέγιστη ταχύτητα με την οποία ο οδηγός κινείται σε κάποια οδό κάτω από ευνοϊκές καιρικές συνθήκες και με τις διαμορφωμένες συνθήκες κυκλοφορίας χωρίς να υπερβαίνει την ταχύτητα ασφαλείας, η οποία καθορίζεται από την ταχύτητα μελέτης του κάθε τμήματος.

2.4.3 Ταχύτητα μελέτης

Η ταχύτητα μελέτης ορίζεται στους κανονισμούς των ΗΠΑ ως η μέγιστη ασφαλής ταχύτητα ενός οδικού τμήματος κάτω από ευνοϊκές συνθήκες, όταν ο κρίσιμος παράγοντας είναι τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του τμήματος. Πρέπει σύμφωνα με τους κανονισμούς να είναι μία λογική επιλογή σε σχέση με την τοπογραφία, την χρήση της παρακείμενης γής, και τον λειτουργικό χαρακτήρα της οδού. Υπογραμμίζεται η ανάγκη να καταβάλλονται προσπάθειες για την εξασφάλιση μιας όσο το δυνατόν μεγαλύτερης ταχύτητας μελέτης ώστε να επιτυγχάνεται ο επιθυμητός βαθμός ασφάλειας, και απόδοσης (efficiency), κάτω βέβαια από τους περιοριστικούς όρους των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, κόστους, αισθητικής και πολιτικο- κοινωνικών επιπτώσεων.

Η ταχύτητα μελέτης πρέπει επίσης να είναι συμβατή με τις προσδοκίες του οδηγού. Ο οδηγός κινείται με χαμηλότερες ταχύτητες όταν οι δυσκολίες είναι ορατές παρά όταν φαινομενικά δεν υπάρχει λόγος. Επισημαίνεται πάντως ότι αν και σε μία οδό μεγαλύτερης κατηγορίας λειτουργικότητας δικαιολογείται μία μεγαλύτερη ταχύτητα μελέτης, σε μία δευτερεύουσα οδό δεν είναι απαραίτητος ο καθορισμός χαμηλότερης ταχύτητας μελέτης, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις που η τοπογραφία συμβάλλει σε υψηλές ταχύτητες.

Στους αμερικανικούς κανονισμούς δεν αναφέρεται κάποια συγκεκριμένη σχέση μεταξύ της ταχύτητας μελέτης και της προβλεπόμενης V_{85} , αλλά απλώς αναφέρεται ότι η ταχύτητα που επιλέγεται για σχεδιασμό πρέπει να ταιριάζει στις “επιθυμίες και συνήθειες” των περισσότερων οδηγών δηλ. να καλύπτει το μεγαλύτερο ποσοστό της κατανομής των προβλεπομένων ταχυτήτων.

Ως ταχύτητα μελέτης που πληρεί τους όρους αυτούς δίδεται η ταχύτητα των 120 km/h για οδούς υψηλής κατηγορίας λειτουργικότητας (freeways, expressways, major highways). Αυτή η τιμή βασίζεται σε μετρήσεις που έχουν γίνει κατά καιρούς στα Αμερικανικά υπεραστικά οδικά δίκτυα, και οι οποίες δείχνουν ότι η ταχύτητα των 110 km/h καλύπτει την κατανομή ταχυτήτων κατά 95% (1960), 85% (1965), 78% (1967), 70% (1973), 98% (1974), 92% (1987). Εδώ φαίνεται καθαρά μία αυξητική τάση όσο αφορά τις ταχύτητες μέχρι το 1973, καί ξαφνικά το 1974 παρουσιάζεται μία μεταβολή 28%, που φαίνεται να συνδέεται με την επιβολή εθνικού ορίου ταχύτητας (55mph) μετά την ενεργειακή κρίση το 1974.

Για ταχύτητες μεταξύ των 30 km/h και 120 km/h προτείνεται η ταχύτητα μελέτης να αυξάνεται σε βήματα των 10 km/h με το σκεπτικό ότι μικρότερα βήματα δεν παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές στο γεωμετρικό σχεδιασμό, ενώ μεγαλύτερα βήματα των 25 km/h ή και 30 km/h έχουν το αντίθετο αποτέλεσμα. Δεν αποκλείεται και η χρήση ενδιάμεσων βημάτων για λόγους συναρμογής μεταξύ ζωνών με διαφορετικές ταχύτητες μελέτης. Επισημαίνεται επίσης ότι αν και μέσω της ταχύτητας μελέτης προσδιορίζεται η ελάχιστη ακτίνα καμπύλης και το ελάχιστο μήκος ορατότητας, δεν αποκλείεται και η χρήση μίας μακριάς ευθυγραμμίας η καμπύλης μεγάλης ακτίνας εφόσον αυτό είναι οικονομικά εφικτό, ακόμη και σε δύσκολη τοπογραφία.

Ενας άλλος παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπόψη σύμφωνα με τους κανονισμούς είναι και το μήκος της μετακίνησης. Όσο μεγαλύτερου μήκους είναι η μετακίνηση, τόσο αυξάνεται και η επιθυμία του οδηγού για μεγαλύτερη ταχύτητα. Ως ταχύτητα μελέτης για υπεραστικές οδούς προτείνεται η ταχύτητα των 100 - 110 km/h για επίπεδη τοπογραφία, 80 - 100 για λοφώδη, και 60 - 80 km/h για ορεινή τοπογραφία.

2.4.4 Ταχύτητες διαδρομής (running speed)

Στο σχεδιασμό είναι χρήσιμο να προσδιορίζεται η σχέση μεταξύ ταχύτητας μελέτης και ταχυτήτων διαδρομής για διάφορες ταχύτητες μελέτης και φόρτους. Για να προσδιορισθεί η τιμή της ταχύτητας διαδρομής σε κάποιο σημείο ενός

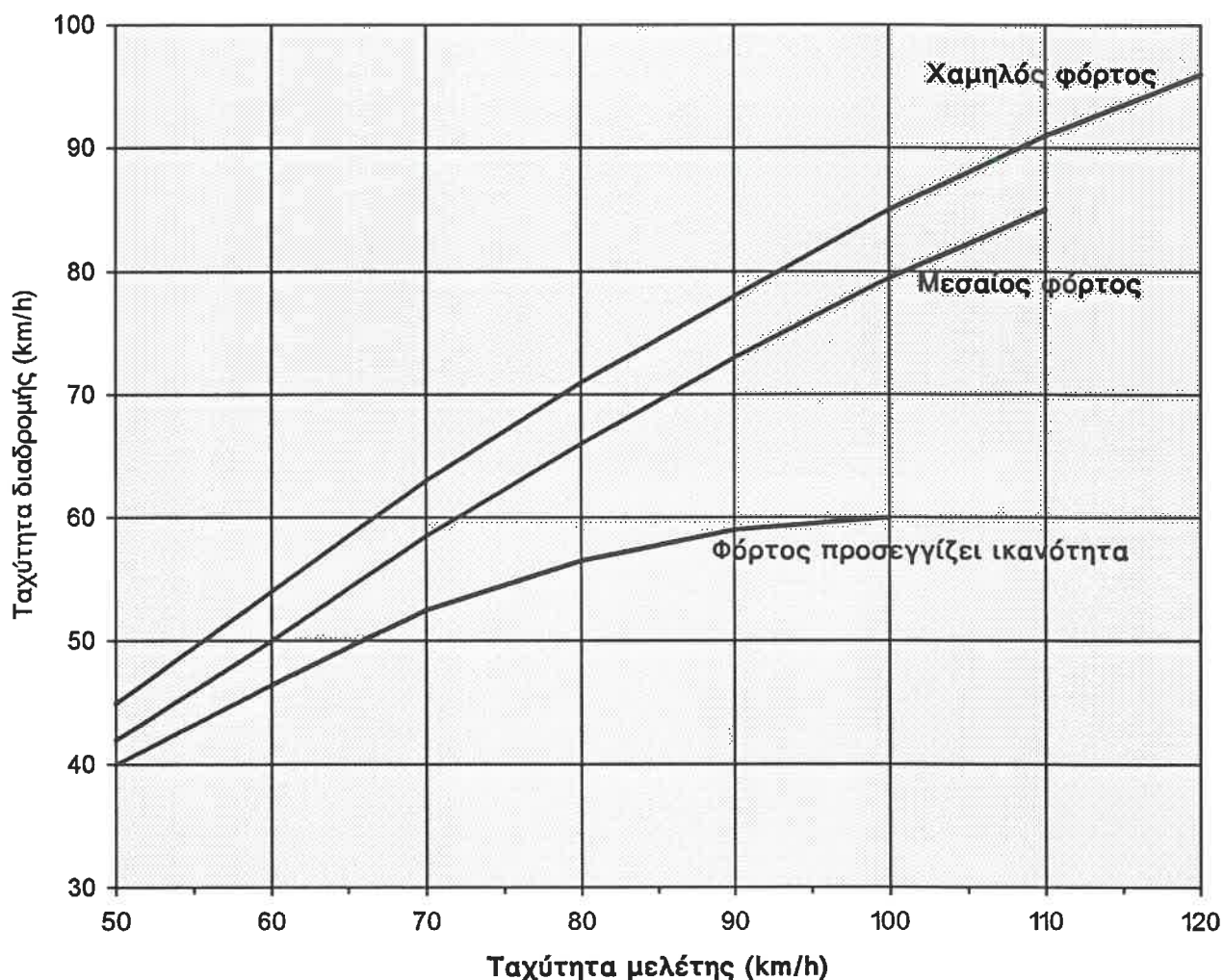
οδικού τμήματος με ομοιόμορφα χαρακτηριστικά, αρκεί να υπολογισθεί ο μέσος όρος των ταχυτήτων που παρατηρούνται.

Μετρήσεις ταχυτήτων διαδρομής που έχουν γίνει στις ΗΠΑ έχουν δείξει ότι με την πάροδο των χρόνων οι ταχύτητες αυξάνονταν σταθερά, μετά σταθεροποιήθηκαν, και τέλος μειώθηκαν σημαντικά με την εφαρμογή του ορίου ταχύτητας των 55 mph. Από τότε έχει υπάρξει μόνο μια μικρή μείωση της ταχύτητας σε αυτοκινητόδρομους όπου το όριο των 55 mph ακόμα ισχύει.

Στις καμπύλες της οριζοντιογραφίας οι ταχύτητες είναι μικρότερες απ'ότι στις ευθυγραμμίες, και η διαφορά μεταξύ της ταχύτητας διαδρομής και της ταχύτητας μελέτης μειώνεται καθώς αυξάνεται ο βαθμός καμπυλότητας. Έτσι, είναι γενικά αποδεκτό στις ΗΠΑ ότι στις χαμηλότερες ταχύτητες το ποσοστό των οδηγών που οδηγεί περίπου με την ταχύτητα μελέτης είναι μεγαλύτερο απ'ότι σε αυτοκινητόδρομους με υψηλή ταχύτητα μελέτης. Επίσης είναι γνωστό ότι σε αυτοκινητόδρομους με υψηλή ταχύτητα μελέτης ένα σημαντικό ποσοστό οδηγών υπερβαίνει την ταχύτητα μελέτης.

Μετρήσεις ταχυτήτων σε καμπύλες της οριζοντιογραφίας έδειξαν ότι καμπύλες με χαμηλή ταχύτητα μελέτης παρουσιάζουν ταχύτητες κοντά στην ταχύτητα μελέτης. Στην περίπτωση καμπύλων με υψηλή ταχύτητα μελέτης βρέθηκε ότι η μέση ταχύτητα διαδρομής είναι σημαντικά χαμηλότερη από την ταχύτητα μελέτης και πλησιάζει την ταχύτητα που παρουσιάζεται σε ευθύγραμμα τμήματα μεγάλου μήκους.

Από τις μετρήσεις αυτές έχει προσδιορισθεί η σχέση που συνδέει τις ταχύτητες μελέτης με τις ταχύτητες διαδρομής και για διάφορους φόρτους (βλ Σχ.2.3). Για παράδειγμα σε οδικά τμήματα με ταχύτητα μελέτης 50 km/h βρέθηκε ότι η μέση ταχύτητα διαδρομής πλησιάζει την ταχύτητα μελέτης κατά 90 έως 95%. Καθώς ο φόρτος αυξάνεται η ταχύτητα διαδρομής μειώνεται λόγω της παρενόχλησης που παρουσιάζεται μεταξύ των οχημάτων.



Σχ 2.3 Ταχύτητες διαδρομής (running speed) [2].

2.5 Σχόλια

Υπάρχουν σημαντικές διαφορές στους τρεις κανονισμούς που εξετάστηκαν, όχι μόνο στις τιμές και στην μέθοδο επιλογής της ταχύτητας μελέτης, αλλά και στην έννοια που έχει η ταχύτητα μελέτης κυρίως στους αυστραλιανούς κανονισμούς.

Είναι φυσικό να υπάρχουν τέτοιες διαφορές, αφού ο κάθε κανονισμός είναι σχεδιασμένος ώστε να εξυπηρετεί διαφορετικές ανάγκες. Οι αυστραλιανοί κανονισμοί για παράδειγμα εξυπηρετούν μία ήπειρο συγκρίσιμη σε μέγεθος με την Ευρώπη, αλλά με 18 φορές περίπου λιγότερο πληθυσμό. Ετσι είναι λογικό για μία υπεραστική οδό αυτής της χώρας, να είναι πιο σημαντικό κριτήριο στην επιλογή της ταχύτητας μελέτης η μορφολογία εδάφους παρά η ποιότητα κυκλοφορίας,

αφού η πυκνότητα των υπεραστικών μετακινήσεων είναι στο μεγαλύτερο ποσοστό του εθνικού δικτύου πολύ μικρή για να επηρεάσει την ποιότητα κυκλοφορίας.

Ετσι στους γερμανικούς κανονισμούς, η επιλογή της ταχύτητας μελέτης γίνεται με βάση τον λειτουργικό χαρακτηρισμό της οδού και την επιδιωκόμενη ποιότητα κυκλοφορίας, ενώ στους αμερικανικούς κανονισμούς απλώς προτείνονται για υπεραστικές οδούς (δύο λωρίδων) ταχύτητες μελέτης για διάφορες μορφολογίες εδάφους.

Για τις υπεραστικές οδούς στους αυστραλιανούς κανονισμούς προβλέπεται μία διαδικασία επιλογής της ταχύτητας μελέτης, η οποία για πρώτη φορά ίσως λαμβάνει υπόψη και την ψυχολογία του οδηγού ως παράμετρο επιλογής. Σύμφωνα με τους κανονισμούς ο οδηγός αντιλαμβάνεται την χάραξη ενός οδικού τμήματος και την τοπογραφική διαμόρφωσή τους ως **ένα ενιαίο σύνολο** και αντιδρά ανάλογα. Ετσι για μία συγκεκριμένη χάραξη ισχύει **διαφορετικό** περιβάλλον ταχυτήτων (*speed environment*), ανάλογα με το αν το τμήμα αυτό βρίσκεται σε πεδινό, λοφώδες ή επίπεδο έδαφος. Οι υπόλοιποι κανονισμοί θεωρούν ότι ο οδηγός αντιδρά μόνο στο τι συμβαίνει αποκλειστικά μέσα στο οδικό περιβάλλον (χάραξη, φόρτος, σήμανση, εμπόδια), και ότι η μορφολογία εδάφους επηρεάζει μεν την ταχύτητα μελέτης και επομένως την χάραξη αλλά κυρίως από οικονομοτεχνική άποψη.

Η σημασία και η χρήση της επιθυμητής ταχύτητας V_{85} επίσης διαφέρει και στους τρεις κανονισμούς που εξετάστηκαν. Στους αμερικανικούς κανονισμούς δεν αναφέρονται συγκεκριμένα στοιχεία για τον υπολογισμό, την χρήση στο σχεδιασμό, ή την κατανομή της ταχύτητας V_{85} σε σχέση με την καμπυλότητα, αλλά απλώς σχολιάζονται οι διάφορες ταχύτητες μελέτης και τι ποσοστό οδηγών καλύπτουν. Στους γερμανικούς κανονισμούς η ταχύτητα V_{85} υπολογίζεται με βάση την ελκτικότητα, και το πλάτος της οδού και άρα ισχύει για ένα **οδικό τμήμα**, ενώ ο υπολογισμός της στηρίζεται αποκλειστικά σε γεωμετρικά κριτήρια. Η χρήση της περιορίζεται στον προσδιορισμό των επικλίσεων, των μηκών ορατότητας για στάση και των ελάχιστων ακτίνων σε περίπτωση αρνητικών επικλίσεων.

Το **περιβάλλον ταχύτητας (*speed environment*)** όπως αποκαλείται από τους αυστραλιανούς κανονισμούς είναι ουσιαστικά η σχέση που ισχύει μεταξύ της **επιθυμητής ταχύτητας V_{85}** και των **ακτίνων των καμπύλων** της οριζοντιογραφίας. Ετσι η **ταχύτητα μελέτης** είναι ουσιαστικά μία επιθυμητή ταχύτητα V_{85} , η οποία επιλέγεται με βάση την καμπυλότητα του στοιχείου και

επομένως είναι **διαφορετική για κάθε στοιχείο** του οδικού τμήματος, ενώ χρησιμοποιείται σε όλες τις φάσεις σχεδιασμού της οδού.

Η σημαντικότερη ίσως εξέλιξη στους αυστραλιανούς κανονισμούς είναι το γεγονός ότι ιδιαιτέρως εκεί ο οδηγός ως μία ξεχωριστή οντότητα που αντιδρά όχι μόνο στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού, αλλά και στο ευρύτερο περιβάλλον. Αυτό είναι ένα θετικό γεγονός και ενσωματώνεται πλέον στην διαδικασία του σχεδιασμού, με τον προσδιορισμό διαφορετικών περιβαλλόντων ταχυτήτων για διαφορετικές μορφολογίες εδάφους.

Πιν 2.2 Σύνοψη διαφορών των κανονισμών Αυστραλίας [1] και Γερμανίας [3] για την ταχύτητα μελέτης και την ταχύτητα V_{85}

	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ		ΧΡΗΣΗ	
	Αυστραλία	Γερμανία	Αυστραλία	Γερμανία
Ταχύτητα μελέτης (V_e)	Από τη σχέση ταχύτητας V_{85} και ακτίνας στοιχείου R	Από τον λειτουργικό χαρακτηρισμό της οδού και την επιδιωκόμενη ποιότητα κυκλοφορίας	Σε όλες τις φάσεις σχεδιασμού ($=V_{85}$)	• ελάχιστες ακτίνες • μέγιστες κατά μήκος κλίσεις • ελάχιστες ακτίνες κυρτωμάτων • μήκη ορατότητας για προσπέραση
Ταχύτητα V_{85}	Κατανομή ανάλογα με μορφολογία εδάφους και το εύρος των ακτίνων R στο οδικό τμήμα (περιβάλλον ταχύτητας)	Τιμή ανάλογα με την ελκτικότητα του οδικού τμήματος/ακτίνα	Κατανομή από την οποία προέρχεται η ταχύτητα μελέτης	• επικλίσεις • μήκη ορατότητας για σταση • ελάχιστες ακτίνες με αρνητικές επικλίσεις

3.ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ

3.1 Γενικά

Ο σχεδιασμός των καμπύλων της οριζοντιογραφίας στην οδοποιία βασίζεται στη μελέτη της κίνησης του οχήματος στην καμπύλη. Για μία συγκεκριμένη ακτίνα και ταχύτητα οχήματος υπάρχει μία συγκεκριμένη δύναμη που αντισταθμίζει τη φυγόκεντρο δύναμη και κρατά το όχημα στην τροχιά του. Η δύναμη αυτή αναπτύσσεται μέσω της τριβής μεταξύ τροχών και οδοστρώματος, και της επίκλισης.

Η σχέσεις που ισχύουν είναι:

$$e + f = \frac{v^2}{g R} \quad (3.1)$$

ή

$$e + f = \frac{V^2}{127R}$$

όπου :

- e = επίκλιση οδοστρώματος (m/m). Θετική αν η κλίση είναι προς το κέντρο της καμπύλης.
- f = συντελεστής πλευρικής τριβής που αναπτύσσεται μεταξύ τροχού και οδοστρώματος. Θετικός αν η δύναμη αυτή δρά προς το κέντρο της καμπύλης.
- g = επιτάχυνση βαρύτητας = 9.8 m/s²
- v = ταχύτητα οχήματος (m/s)
- V = ταχύτητα οχήματος (km/h)
- R = ακτίνα καμπύλης (m)

Σε χαμηλές ταχύτητες μπορεί να αναπτυχθεί μηδενικός ή αρνητικός συντελεστής f, που σημαίνει ότι η καμπύλη είναι γι'αυτή την ταχύτητα υπερσχεδιασμένη ως προς τις επικλίσεις. Σε γενικές γραμμές όμως οι καμπύλες σχεδιάζονται ώστε να αναπτύσσεται θετικός συντελεστής f.

3.2 Μέγιστες τιμές συντελεστή πλευρικής τριβής f .

3.2.1 Κανονισμοί Αυστραλίας.

Μετρήσεις που αφορούν την συμπεριφορά των οδηγών στην Αυστραλία έχουν δείξει ότι στην ταχύτητα των 80 km/h, οι πλευρικές επιταχύνσεις που αναπτύσσονται πολλές φορές υπερβαίνουν τις τιμές που θεωρούνται ότι παρέχουν άνεση ιδιαίτερα σε στεγνές συνθήκες οδοστρώματος, ενώ στις χαμηλότερες ταχύτητες οι τιμές είναι αρκετά αυξημένες. Στις μεγάλες ταχύτητες (100 km/h και άνω) οι τιμές των πλευρικών επιταχύνσεων είναι πιο συντηρητικές.

Οι τιμές f που δίδονται στον Πιν. 3.1 είναι το αποτέλεσμα αυτών των μετρήσεων και μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην σχέση 3.1. Σημειώνεται ότι οι τιμές f για ταχύτητες κάτω των 90 km/h αναπτύσσονται από οχήματα που κινούνται με την ταχύτητα V_{85} στις μικρότερες καμπύλες ενός περιβάλλοντος ταχύτητας. Οι τιμές f των κανονισμών για τις μεγαλύτερες ταχύτητες υπερκαλύπτουν τις απαιτήσεις του οδηγού που κινείται με την V_{85} , και έτσι να τηρείται η αρχή της άνεσης και ασφάλειας για χαράξεις μεγάλων ταχυτήτων.

**Πιν. 3.1 Μέγιστες τιμές πλευρικών συντελεστών f
Κανονισμοί Αυστραλίας - [1]**

Ταχύτητα μελέτης km/h	Συντελεστής τριβής f
50	0.35
60	0.33
70	0.31
80	0.26
90	0.18
100	0.12
110	0.12
120	0.11
130	0.11

Για κανονικές τιμές επίκλισης οι συντελεστές πλευρικής τριβής είναι μικρότεροι από τις τιμές του Πιν. 3.1, εκτός αν υπάρχει κάποια προβληματική καμπύλη στην οποία δεν μπορεί να αυξηθεί η ακτίνα. Σ'αυτές τις περιπτώσεις συνιστάται να αποφεύγονται μεγάλες αυξομειώσεις στην f (μεγαλύτερες από 20 - 25%) μεταξύ διαδοχικών καμπύλων, έστω με την χρήση της μέγιστης επίκλισης.

3.2.2 Κανονισμοί Γερμανίας

Η μέγιστη τιμή του συντελεστή πλευρικής τριβής f δίδεται από τους Γερμανικούς κανονισμούς [3] από την σχέση:

$$\max f_R = 0.925 \max f_T \quad (3.2)$$

όπου ο $\max f_T$ είναι ο εφαπτομενικός συντελεστής προσφυσης :

$$\max f_T = 0.241 \left(V_e / 100 \right)^2 - 0.721 V_e / 100 + 0.708 \quad (3.3)$$

Η τιμή σχεδιασμού f εξαρτάται από την κατηγορία της οδού και την επίκλιση. Οι σχέσεις (3.2) και (3.3) δίνουν τις τιμές του Πιν. 3.2. Στο Σχ. 3.1 φαίνεται και η κατανομή 0.5 $\max f_R$ που χρησιμοποιείται για οδούς κατηγορίας A με μέγιστη επίκλιση 0.07. Ο βαθμός εκμετάλλευσης του πλευρικού συντελεστή $\max f_R$ κυμαίνεται από 50% - 10% για οδούς κατηγορίας A.

Πιν. 3.2 Τιμές συντελεστών πλευρικής τριβής κατά RAS-L-1

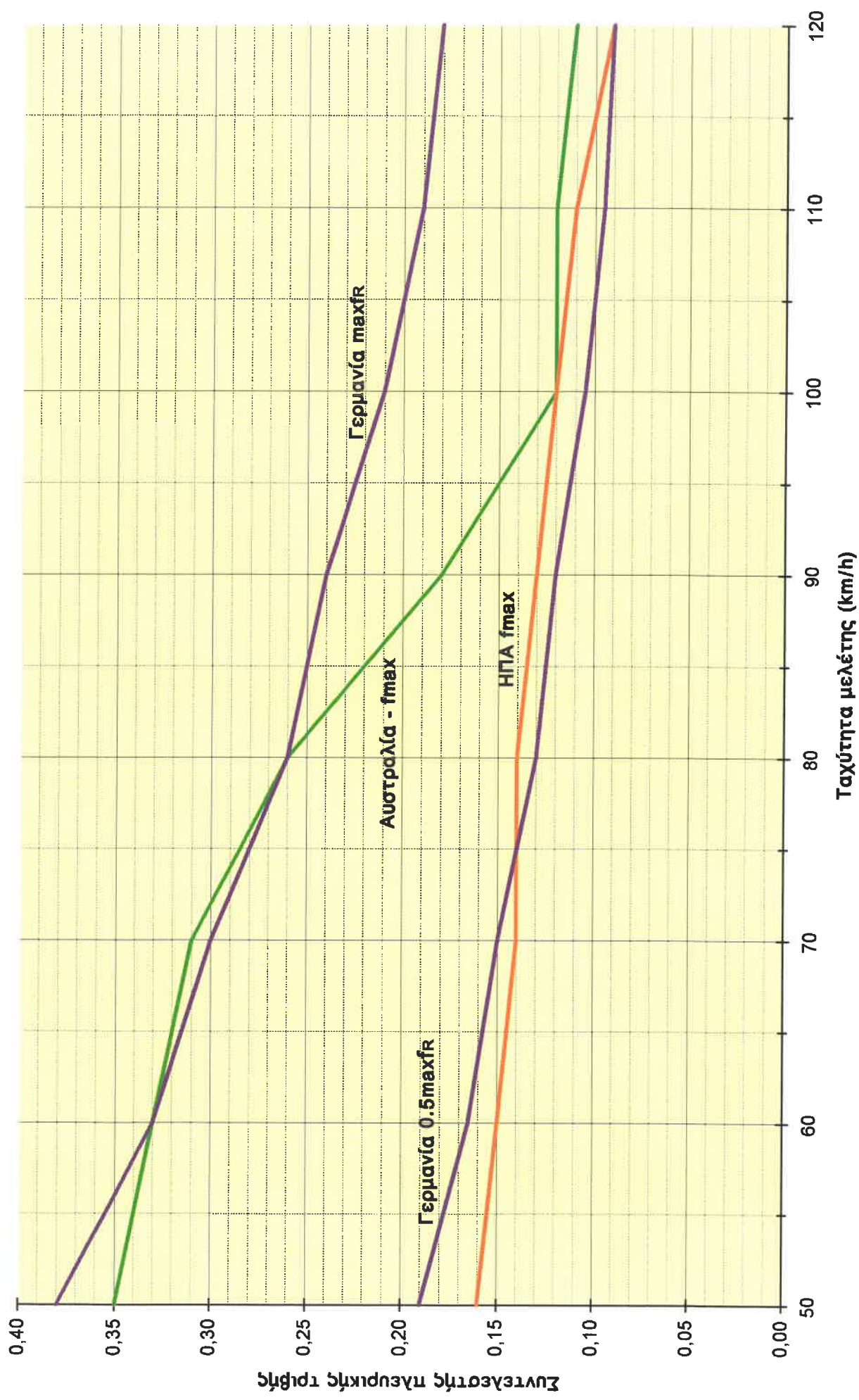
Ταχύτητα μελέτης V_e km/h	Συντελεστές πλευρικής τριβής Κατηγορία οδών A	
	$\max f_R$	0.5 $\max f_R$
50	0.38	0.19
60	0.33	0.17
70	0.30	0.15
80	0.26	0.13
90	0.24	0.12
100	0.21	0.11
110	0.19	0.10
120	0.18	0.09

3.2.3 Κανονισμοί ΗΠΑ.

Οι κανονισμοί επισημαίνουν ότι η τιμή του συντελεστή πλευρικής τριβής στην οποία επίκειται ολίσθηση, εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως η ταχύτητα του οχήματος, ο τύπος και η κατάσταση του οδοστρώματος, και η κατάσταση των ελαστικών. Η τιμή αυτή κυμαίνεται σύμφωνα με τους κανονισμούς από 0.50 στα 30 km/h ως τα 0.35 στα 100 km/h. Οι μέγιστες τιμές όμως που χρησιμοποιούνται για τον σχεδιασμό πρέπει να παρέχουν ένα συντελεστή ασφαλείας, οπότε για υπεραστικές οδούς και για αστικούς αυτοκινητόδρομους υψηλών ταχυτήτων προτείνονται οι τιμές του Πιν. 3.3.

**Πιν. 3.3 Μέγιστες τιμές συντελεστών πλευρικής τριβής f
Κανονισμοί ΗΠΑ [2]
Υπεραστικές οδοί,
Αστικοί αυτοκινητόδρομοι υψηλών ταχυτήτων**

Ταχύτητα μελέτης km/h	Συντελεστής τριβής f
30	0.17
40	0.17
50	0.16
60	0.15
70	0.14
80	0.14
90	0.13
100	0.12
110	0.11
120	0.09



ΣΧ 3.1 Σύγκριση μεταξύ μέγιστων τιμών συντελεστών πλευρικής τριβής f διαφόρων κανονισμών

3.2.4 Ελάχιστες ακτίνες καμπύλων.

Η ελάχιστη ακτίνα μιας καμπύλης της οριζοντιογραφίας είναι συνάρτηση της ταχύτητας μελέτης, της μέγιστης επίκλισης και του μέγιστου συντελεστή πλευρικής τριβής. Για την δεδομένη ταχύτητα οχήματος δίδεται απο την σχέση:

$$R_{min} = V^2 / 127 (e_{max} + f_{max}) \quad (3.4)$$

όπου:

R_{min} = ελάχιστη ακτίνα. (m)

V = ταχύτητα οχήματος (km/h)

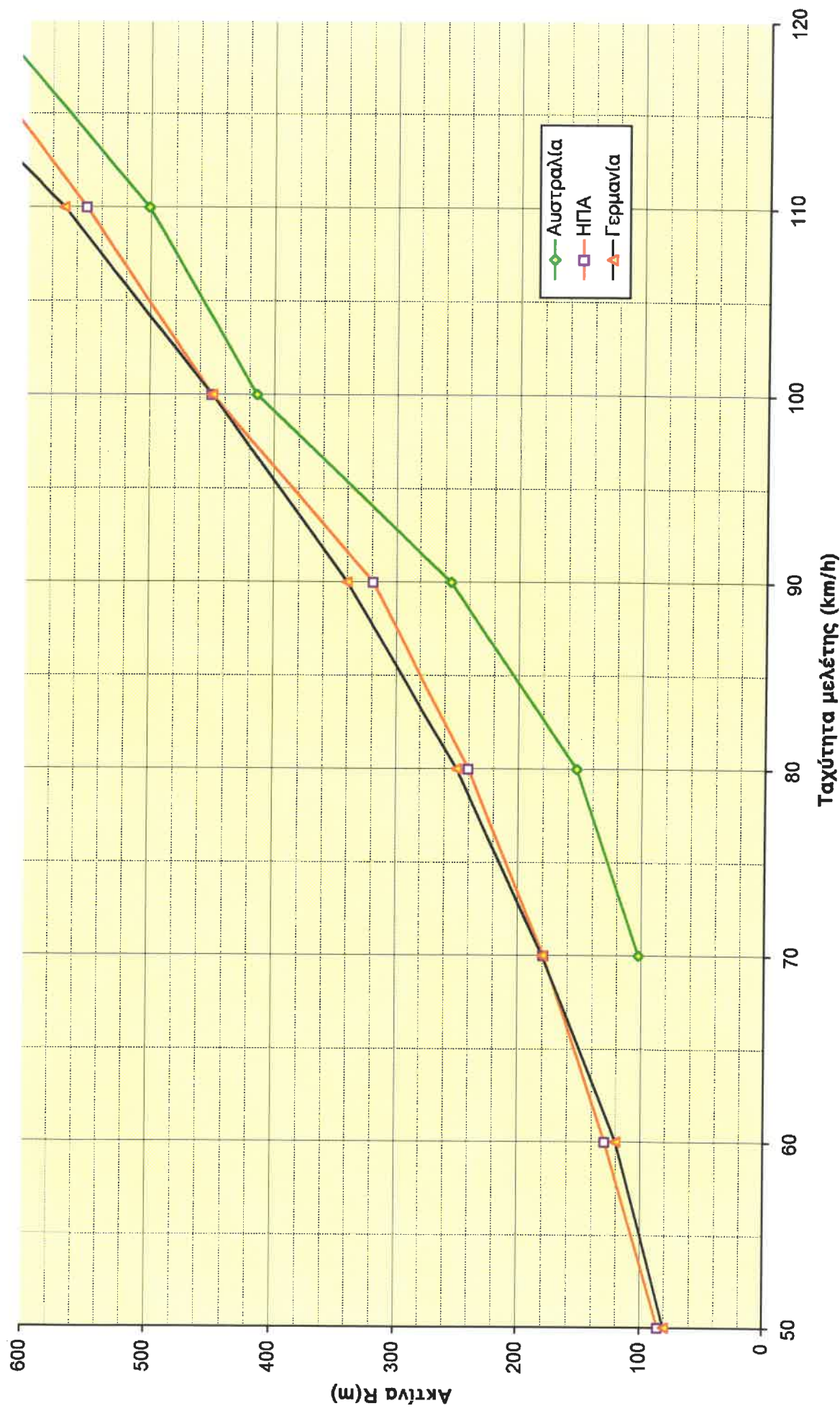
e_{max} = μέγιστη τιμή επίκλισης (-)

f_{max} = μέγιστη τιμή συντελεστή πλευρικής τριβής f (-)

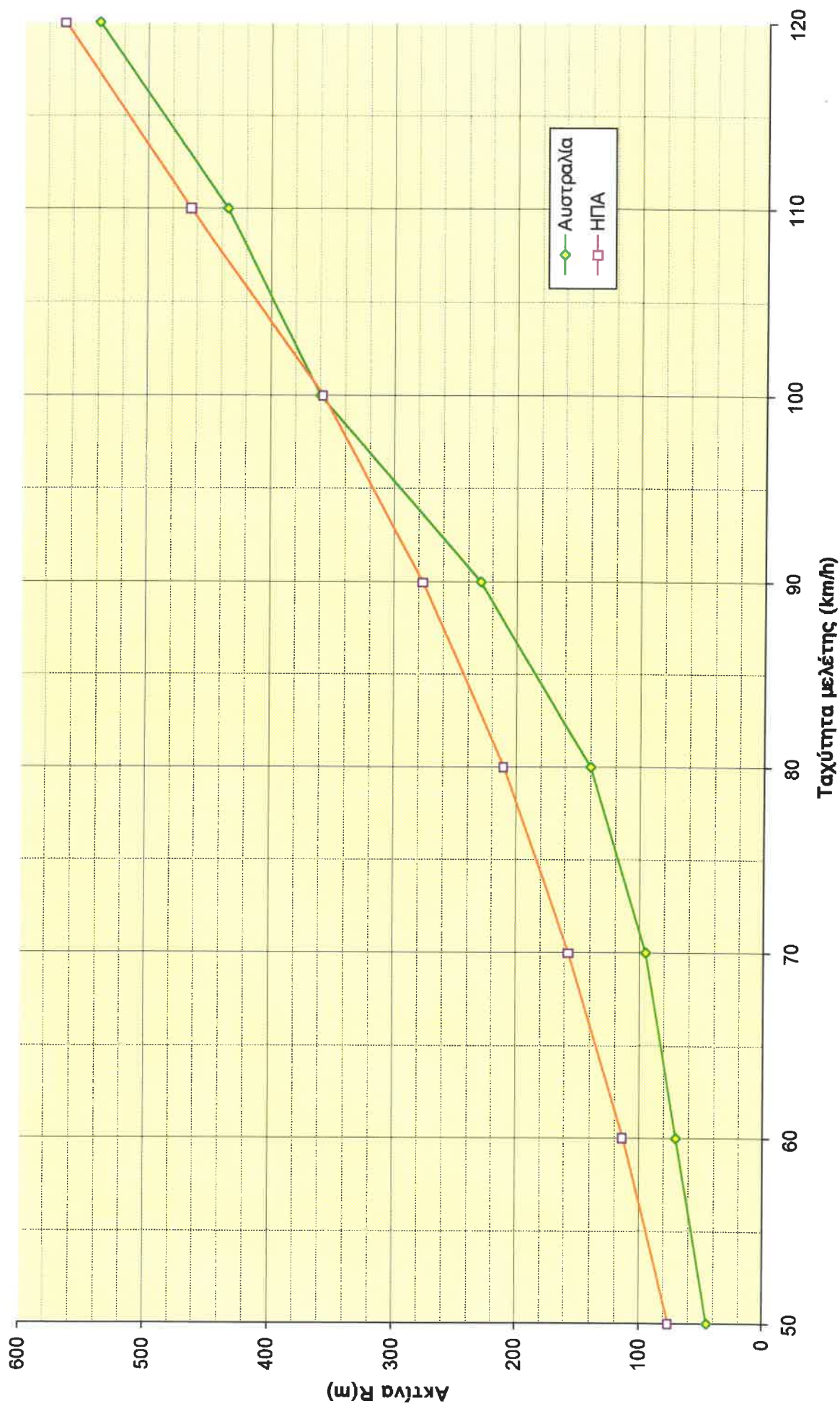
Συνδυάζοντας την μέγιστη τιμή f με την μέγιστη επίκλιση, η σχέση (3.4) δίνει την ελάχιστη επιτρεπτή ακτίνα R για την συγκεκριμένη ταχύτητα μελέτης V (βλ Πιν.3.4).

Πιν. 3.4 Ελάχιστες ακτίνες οριζοντίων καμπύλων (m) [1],[2],[3].

Ταχύτητα μελέτης km/h	Μέγιστη Επίκλιση					
	e= 0.07			e=0.10		
	ΑΥΣ	ΗΠΑ	ΓΕΡ	ΑΥΣ	ΗΠΑ	ΓΕΡ
50	--	82	80	45	76	--
60	--	129	120	70	113	--
70	102	179	180	95	157	--
80	153	240	250	140	210	--
90	255	319	340	230	277	--
100	414	414	450	360	358	--
110	501	552	570	435	465	--
120	630	667	720	670	567	--



ΣΧ 3.2 Ελάχιστες ακτίνες καμπύλων για επίκλιση 0.07



Σχ 3.3 Ελάχιστες ακτίνες καμπύλων για επίκλιση 0.10

3.2.5 Σχόλια

Οι προτεινόμενες μέγιστες τιμές των συντελεστών πλευρικής τριβής που προβλέπονται στους αμερικανικούς κανονισμούς, έχουν προκύψει από έρευνες που έγιναν κυρίως στην περίοδο 1936 - 1949 με αποτέλεσμα να είναι κάπως συντηρητικές για τα σημερινά δεδομένα, ειδικά για τις χαμηλές ταχύτητες (Πιν. 3.2). Κυμαίνονται πάντως στα ίδια περίπου επίπεδα με τις τιμές της κατανομής $0.5\max f_R$ των νέων γερμανικών κανονισμών [3].

Στήν νέα έκδοση των γερμανικών κανονισμών, η τιμή του συντελεστή πλευρικής τριβής $\max f_R$ είναι αυξημένη κατά 20% περίπου σε όλο το φάσμα των ταχυτήτων. Από το Σχ. 3.1 παρατηρείται ότι η κατανομή της τιμής $\max f_R$ κυμαίνεται στα επίπεδα των αυστραλιανών τιμών $f_{\max}$ για ταχύτητες κάτω των 80 km/h. Βέβαια οι γερμανικοί κανονισμοί συνιστούν τιμές f σχεδιασμού $0.5 - 0.1\max f_R$ για κατηγορία οδών A, και συνεπώς ενσωματώνουν ένα συντελεστή ασφαλείας, που καθιστά τις τιμές σχεδιασμού αρκετά ως πολύ συντηρητικές. Οι αυστραλιανοί κανονισμοί λαμβάνοντας υπόψη πρόσφατες μετρήσεις σχετικά με την συμπεριφορά των οδηγών (και την ανεκτικότητα τους σε πλευρικές επιταχύνσεις για διάφορες ταχύτητες) υιοθετούν τιμές f σχεδιασμού με αυξημένες τιμές για χαμηλές ταχύτητες (κάτω από 80 km/h), ενώ για ταχύτητες πάνω από 100 km/h προβλέπουν τιμές που κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα με τους κανονισμούς των ΗΠΑ και της Γερμανίας.

Ετσι για ταχύτητες 100 km/h και άνω οι τιμές των διαφόρων κανονισμών συγκλίνουν, ενώ υπάρχει σημαντική διαφορά (μέχρι και 100%) μεταξύ των τιμών Αυστραλίας και των υπολοίπων για ταχύτητες κάτω των 80 km/h. Το γεγονός αυτό σημαίνει ότι θα υπάρχουν και σημαντικές διαφορές μεταξύ των τιμών ελαχίστων ακτίνων των διαφόρων χωρών, αφού η ελάχιστη ακτίνα καμπύλης R είναι συνάρτηση των μεγίστων τιμών επίκλισης, των μεγίστων συντελεστών πλευρικής τριβής f , και της ταχύτητας μελέτης.

Επίσης, οι τιμές των μεγίστων συντελεστών πλευρικής τριβής έχουν σημαντικές επιπτώσεις και στο σχεδιασμό των επικλίσεων. Οι ενδείξεις είναι ότι οι οδηγοί σήμερα ιδιαίτερα στις χαμηλές ταχύτητες, αναπτύσσουν μεγαλύτερους συντελεστές f απ'ότι θεωρούσαν παραδοσιακά οι διάφοροι κανονισμοί [1]. Οι αυξημένες τιμές $f_{\max}$ των αυστραλιανών κανονισμών στις χαμηλές ταχύτητες είναι μια προσπάθεια εναρμονισμού των κανονισμών αυτών στα καινούργια δεδομένα.

3.3 Επικλίσεις

3.3.1 Κανονισμοί Αυστραλίας.

Σύμφωνα με τους κανονισμούς της Αυστραλίας, η επίκλιση μιάς καμπύλης σχεδιάζεται με βάση την σχέση (3.1) λαμβάνοντας υπ' όψη τα ακόλουθα:

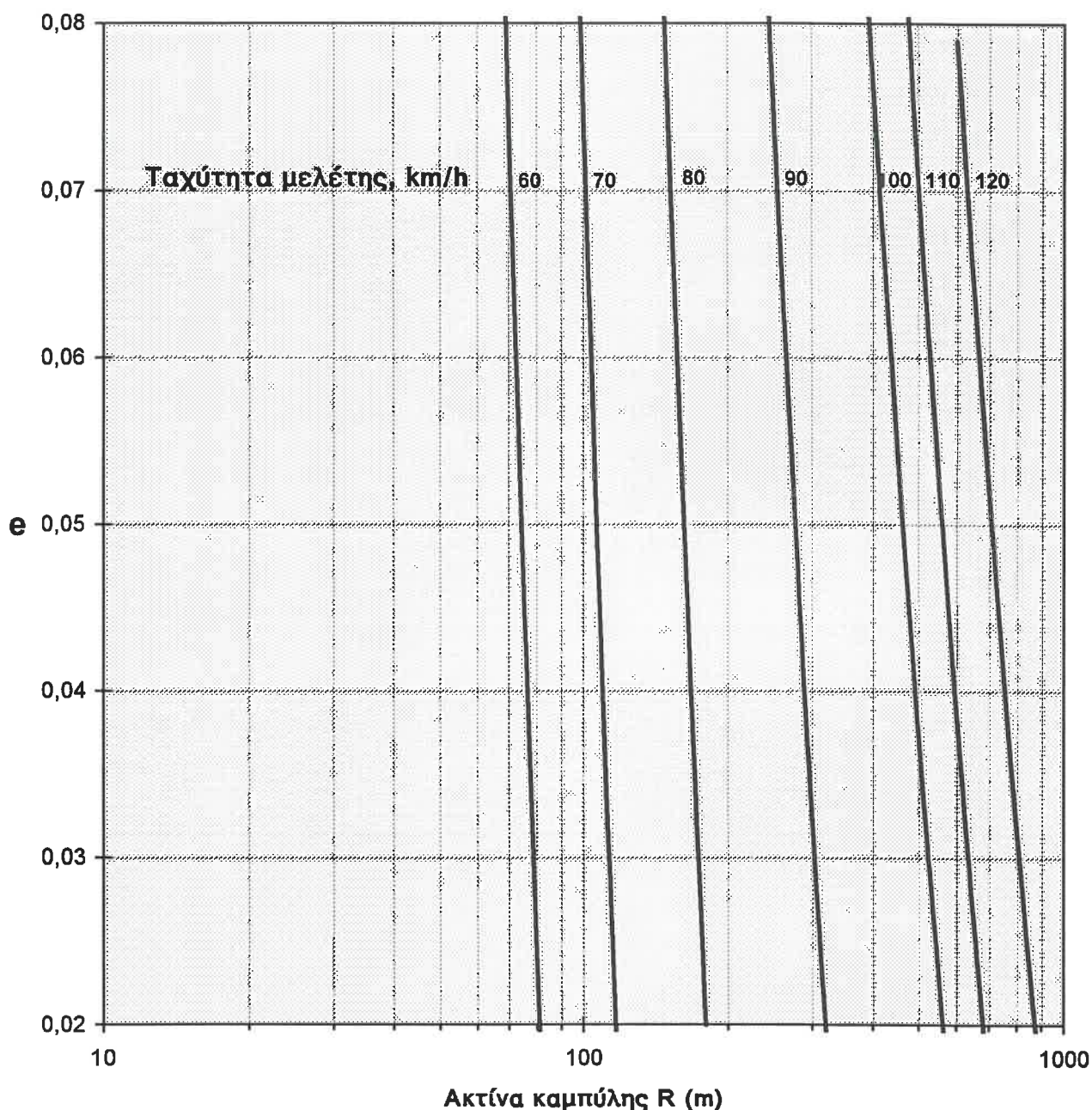
- Ο συντελεστής πλευρικής τριβής να παραμένει θετικός για το εύρος των ταχυτήτων που θα προκύψουν.
- Η ταχύτητα μελέτης είναι η ταχύτητα V_{85} για την καμπύλη.
- Να υπάρχει το απαιτούμενο μήκος για την συναρμογή της επικλίσεως.

Επισημαίνεται επίσης ότι η μέγιστη επίκλιση χρησιμοποιείται όταν η ακτίνα πλησιάζει την ελάχιστη τιμή της δηλ. προς το αριστερό τμήμα των περιβαλλόντων ταχύτητας (σχ 2.2). Οι μέγιστες επικλίσεις που συνιστώνται είναι 0.12 σε ορεινή τοπογραφία, (αν και συνήθως δεν υπερβαίνεται το 0.10), και απο 0.06 έως 0.07 για επίπεδη μορφολογία εδάφους. Τονίζεται και πάλι απο τους κανονισμούς ότι επειδή οι αλλαγές στην τιμή του f επηρεάζουν την συμπεριφορά του οχήματος και επομένως του οδηγού, ο κύριος στόχος στο σχεδιασμό μιας καμπύλης της οριζοντιογραφίας, είναι να αποφεύγονται μεγάλες διαφορές στην τιμή f μεταξύ διαδοχικών στοιχείων, και οι τιμές βέβαια να μην υπερβαίνουν τις μέγιστες τιμές του Πιν. 3.1.

Χρησιμοποιώντας την βασική σχέση (3.1), με τις μέγιστες τιμές του συντελεστή πλευρικής τριβής που προτείνονται για σχεδιασμό στον Πίν 3.1, προκύπτουν οι ελάχιστες επικλίσεις για διάφορες ταχύτητες μελέτης (Σχ. 3.4).

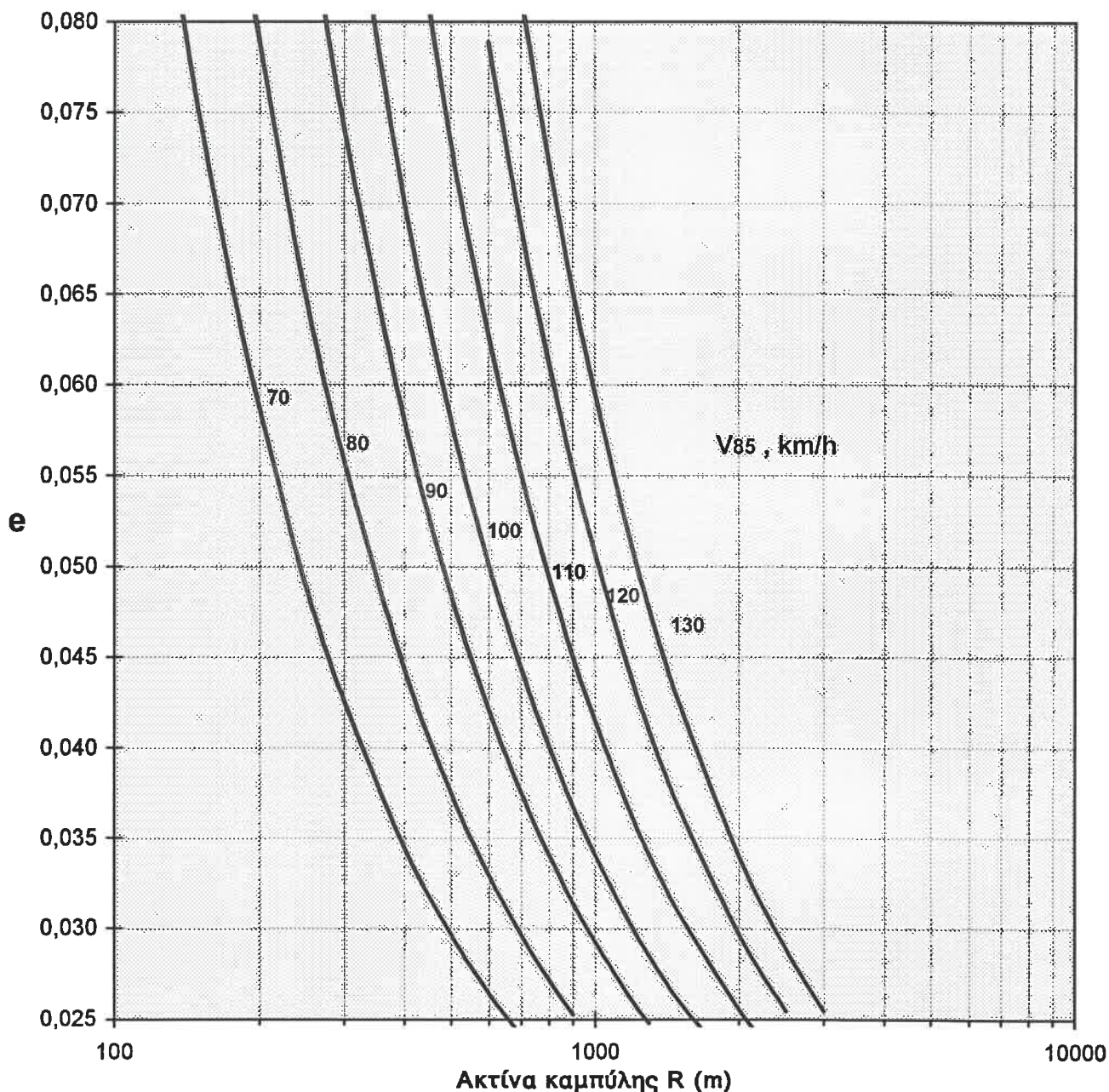
3.3.2 Κανονισμοί Γερμανίας.

Η ίδια περίπου διαδικασία ακολουθείται και εδώ, ενώ και οι γερμανικοί κανονισμοί χρησιμοποιούν την ταχύτητα V_{85} για τον σχεδιασμό επικλίσεων (για τις διαφορές που υπάρχουν μεταξύ των διάφορων κανονισμών στον προσδιορισμό της



Σχ.3.4 - Αυστραλία - ελάχιστη επίκλιση (με $design\ f_{max}$) [1]

ταχύτητας μελέτης και τών ταχυτήτων V_{85} βλ. κεφ. 2). Οι τιμές των επικλίσεων που εφαρμόζονται για οδούς κατηγορίας A είναι από 0.025 έως 0.07, και κατ'εξάρεση 0.08. Η κατανομή του συντελεστή πλευρικής τριβής f που χρησιμοποιείται για σχεδιασμό στην σχέση (3.1) για οδούς κατηγορίας A είναι γραμμική, με τιμή από 0.1 $max\ f$ έως 0.5 $max\ f$ για επίκλιση από 0.025 έως 0.07 αντίστοιχα. Στο Σχ. 3.5 φαίνονται οι επικλίσεις που προκύπτουν για οδούς κατηγορίας A χρησιμοποιώντας αυτή την κατανομή του f , και με τη παραδοχή ότι $V_{85} = V_e + 10\text{ km/h}$.

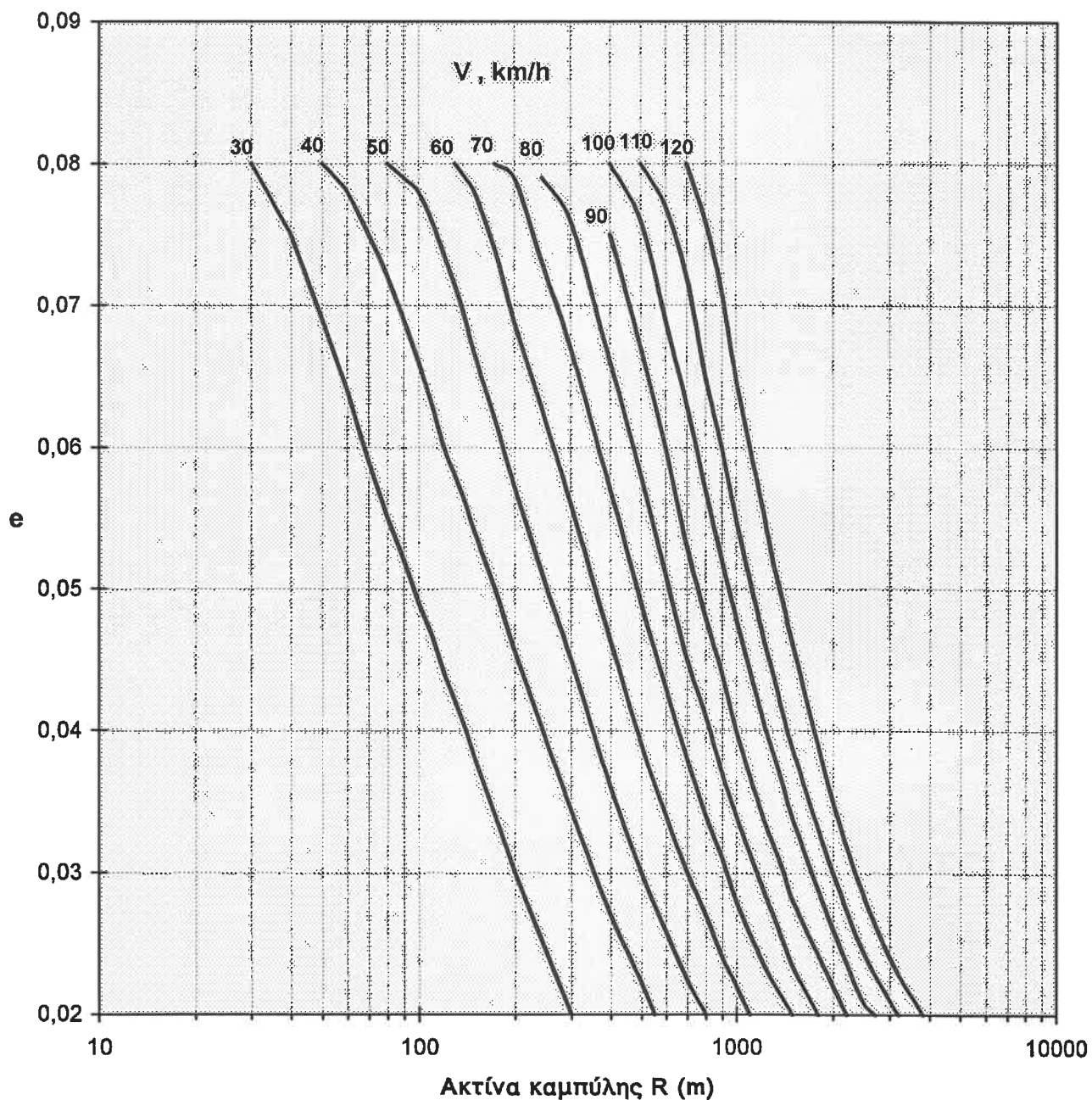


**Σχ.3.5 Γερμανία - Εφαρμογή επίκλισης για οδούς ομάδας κατηγοριών Α [2]
Μη διαχωριζόμενο οδόστρωμα**

3.3.3 Κανονισμοί ΗΠΑ.

Στους Αμερικανικούς κανονισμούς [2], υπάρχουν διάφορες τιμές μέγιστης επίκλισης για υπεραστικά οδικά δίκτυα έως και 0.10, με τις πιο συνήθεις τιμές 0.06 και 0.08. Το γεγονός αυτό καθιστά αρκετά πολύπλοκο τον σχεδιασμό επικλίσεων, αφού οι επιλογές που δίνονται στον μελετητή μάλλον δυσχερεύουν το έργο του και δεν βοηθά στην καθιέρωση μιας κοινά αποδεκτής διαδικασίας σχεδιασμού, όσον αφορά τις επικλίσεις.

Η κατανομή f που χρησιμοποιείται για την εφαρμογή των επικλίσεων σε καμπύλες με ακτίνα μεγαλύτερη της ελάχιστης, είναι παραβολική, αφού ο λόγος e/f αυξάνεται καθώς μειώνεται ο βαθμός καμπύλης. Η κατανομές επικλίσεων e που προκύπτουν για μέγιστη επίκλιση 0.08 φαίνεται στο Σχ. 3.6 (τιμές από τον πίν. III-9 AASHTO).



Σχ.3.6 ΗΠΑ - Εφαρμογή επίκλισης για $e_{max} = 0.08$ [2]

Σημειώνεται ότι εδώ χρησιμοποιείται “ταχύτητα μελέτης” (βλ. σχόλια κεφ. 2) και όχι κάποια προβλεπόμενη κατανομή ταχυτήτων V_{85} για τον σχεδιασμό των επικλίσεων.

3.3.4 Πρόταση Γ.Κανελλαΐδη - Ι.Δημητρόπουλου[4]

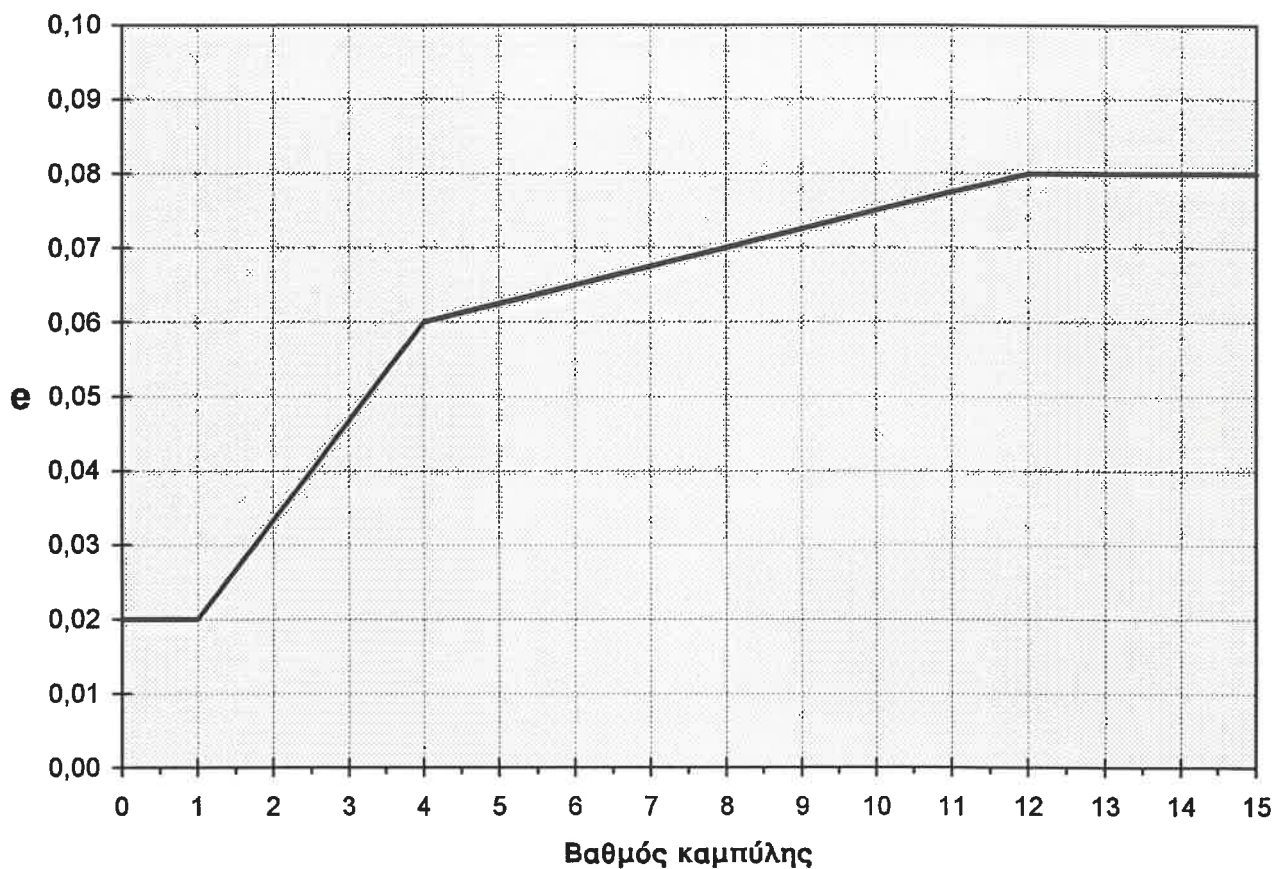
Επειδή υπάρχει σχετική ελευθερία στο σχεδιασμό καμπύλων με ακτίνα μεγαλύτερη της ελάχιστης, επισημαίνεται η ανάγκη τήρησης κάποιων κανόνων ομοιομορφίας (consistency) έτσι ώστε να αποφεύγονται τα προβλήματα που παρουσιάζονται λόγω της διαφοράς μεταξύ των θεωρητικών και των πραγματικών τιμών των συντελεστών τριβής f και των ταχυτήτων V_{85} , όπως έχουν μετρηθεί.

Μετρήσεις στην Ελλάδα [4] και στο εξωτερικό [1,5] έχουν δείξει ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της πραγματικής ταχύτητας και της ακτίνας καμπύλης, καθώς και μεταξύ των τιμών f και της ταχύτητας. Επίσης οι διάφορες έρευνες συμφωνούν ότι οι τιμές f που ανέχεται ο οδηγός είναι αρκετά έως πολύ μεγαλύτερες από τις προβλεπόμενες τιμές των διαφόρων κανονισμών [1] (βλ Σχ 3.1). Απεναντίας δεν φαίνεται να υπάρχει πρόταση για σχέση μεταξύ της επίκλισης και της ταχύτητας.

Λαμβάνοντας λοιπόν υπόψη τα δεδομένα αυτά και με στόχο την απλοποίηση της διαδικασίας καθορισμού της επίκλισης για τους αμερικανικούς κανονισμούς, οι Γ.Κανελλαΐδης - Ι.Δημητρόπουλος χρησιμοποιούν μια δέσμη κριτηρίων - κανόνων που πρέπει να τηρηθούν όπως:

1. Ελάχιστη επίκλιση = 0.02, μέγιστη = 0.08
2. Να υπάρχουν "κατηγορίες ταχύτητας" ώστε να εξασφαλίζεται η συνοχή και ποιότητα του τμήματος.
3. Ο λόγος $e / e+f$ να είναι τουλάχιστον 0.30 για ταχύτητες κάτω των 100 km/h και για μεγαλύτερες ταχύτητες (όπου το f συνήθως υπερεκτιμάται) γύρω στο 0.25.
4. Η ταχύτητα όπου $f = 0$ (hands off speed) να μη υπερβαίνει την $0.6V_{85}$
5. Να υπάρχει ένα αξιόπιστο μοντέλο της V_{85} (χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο των Ottesen - Krames [5] για τις ΗΠΑ).

Το αποτέλεσμα είναι μία σχέση μεταξύ της επίκλισης και του βαθμού καμπύλης όπως φαίνεται στο Σχ. 3.7.



Σχ.3.7 Πρόταση σχεδιασμού επίκλισης Γ.Κανελλαΐδη - Ι.Δημητρόπουλου

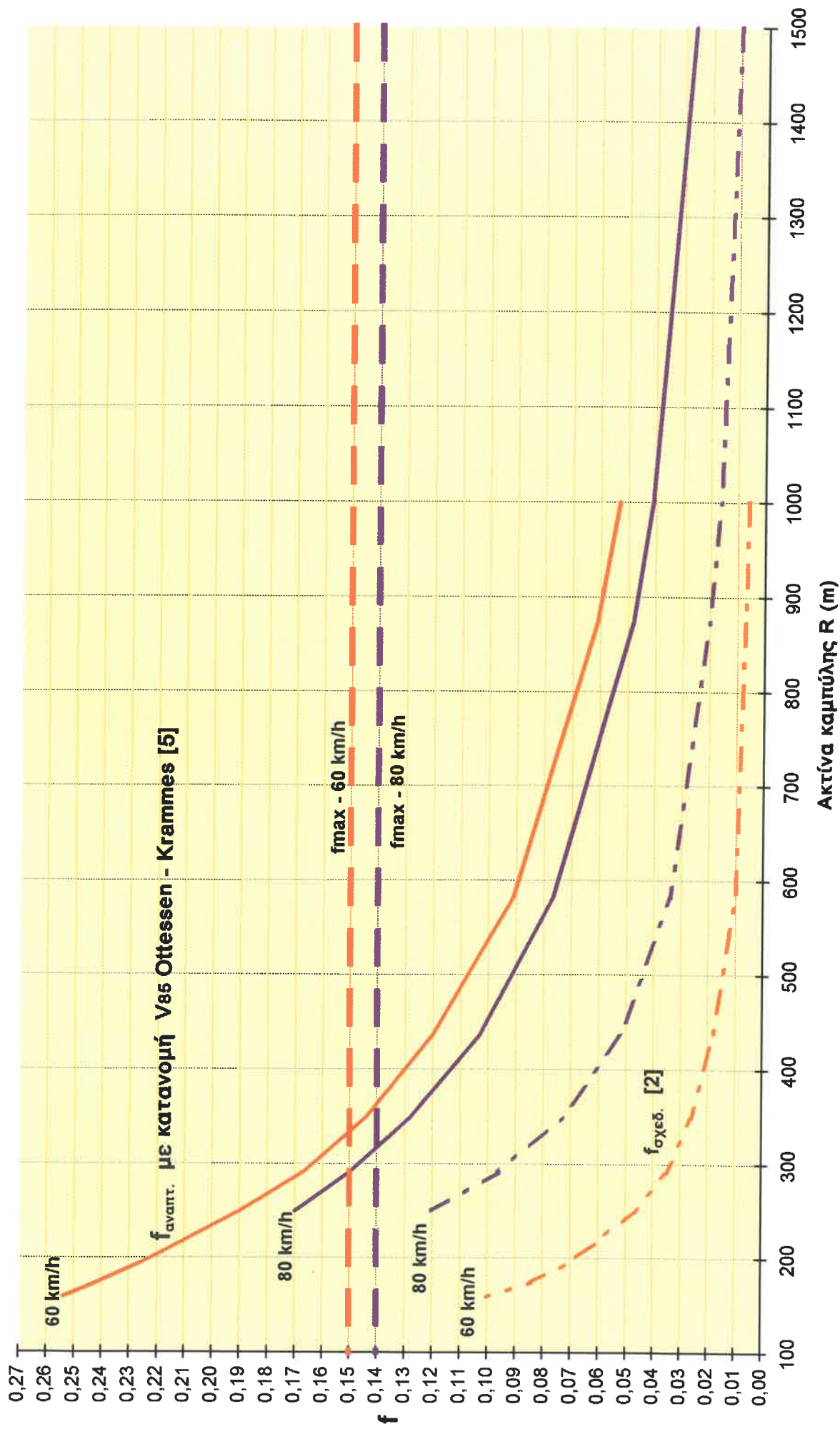
3.3.5 Συγκρίσεις - σχόλια.

Συνήθως υπάρχει διαφορά μεταξύ του θεωρητικού συντελεστή πλευρικής τριβής f (τιμές σχεδιασμού) και του αναπτυσσόμενου λόγω της διαφοράς μεταξύ της ταχύτητας μελέτης (V_e) και της ταχύτητας (V_{85}). Έτσι:

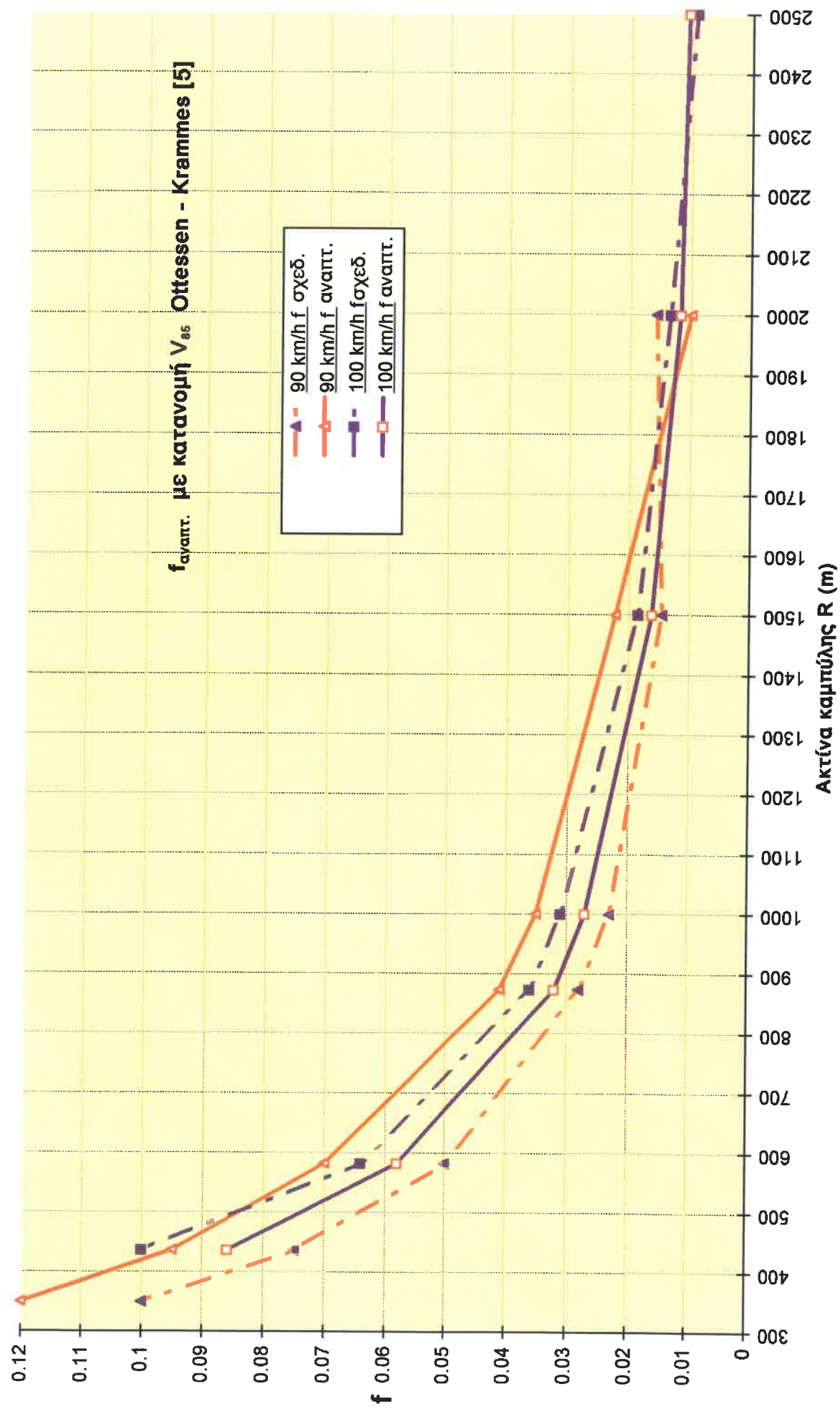
$$f_{\text{σχεδ.}} = \frac{V_e^2}{127 R} - e \quad (3.5)$$

ενώ

$$f_{\text{αναπτ.}} = \frac{V_{85}^2}{127 R} - e \quad (3.6)$$



Σχ.3.8 Σύγκριση μεταξύ $f_{\text{sch.}}$ και $f_{\text{avant.}}$ ΗΠΑ[2]



Σχ.3.9 Σύγκριση μεταξύ $f_{\text{σχεδ.}}$ και $f_{\text{αναπτ.}}$ ΗΠΑ[2]

Με βάση αυτές τις δύο σχέσεις δημιουργήθηκαν τα Σχ.τα 3.8 - 3.9. Με δεδομένα την ταχύτητα V_{85} , την ακτίνα και την επίκλιση που προβλέπεται από τους διάφορους κανονισμούς (Σχ 3.4 - 3.6) υπολογίσθηκε το αναπτυσσόμενο f . Στα Σχ.τα 3.9, και 3.10 φαίνονται οι διαφορές μεταξύ f προβλ. και f αναπ. για τους Αμερικανικούς κανονισμούς [2] χρησιμοποιώντας την κατανομή V_{85} των Ottesen - Krammes [5] ως βάση υπολογισμού των αναπτυσσόμενων ταχυτήτων. Στο Σχ. 3.11 φαίνεται το f που αναπτύσσεται με την πρόταση των Γ.Κανελλαΐδη - Ι.Δημητρόπουλου [4], σε συνάρτηση με την κατανομή V_{85} των Ottesen - Krammes. Ενδεικνύονται επίσης στο ίδιο Σχ. και τα f_{max} των αμερικανικών κανονισμών ανάλογα με την ταχύτητα που προβλέπει η συγκεκριμένη κατανομή V_{85} για τον συγκεκριμένο βαθμό καμπύλης.

Η βασική διαφορά μεταξύ των τριών κανονισμών όσον αφορά τις επικλίσεις, είναι ότι οι αμερικανικοί κανονισμοί [2] χρησιμοποιούν την ταχύτητα μελέτης (V_d) για τον υπολογισμό της επίκλισης, ενώ οι υπόλοιποι που εξετάζονται εδώ την ταχύτητα V_{85} . Αυτό σημαίνει ότι τουλάχιστο στους αμερικανικούς κανονισμούς [2] υπάρχει σημαντική διαφορά μεταξύ του προβλεπόμενου f ($f_{σχεδ.}$) και του αναπτυσσόμενου ($f_{αναπτ.}$). Είναι επίσης χαρακτηριστικό ότι για το μεγαλύτερο εύρος βαθμού καμπύλων υπερβαίνεται το f_{max} για την πρόταση Γ.Κανελλαΐδη - Ι.Δημητρόπουλου (Σχ 3.11) αλλά και στους Αμερικανικούς κανονισμούς (Σχ 3.8 - 3.9). Καθώς έχουμε σύγκλιση μεταξύ των αμερικανικών και αυστραλιανών f_{max} για ταχύτητες άνω των 100 km/h, μπορούμε να θεωρήσουμε αυτά τα f_{max} αρκετά αξιόπιστα για αυτές τις ταχύτητες και επομένως η υπέρβαση του f_{max} όπως φαίνεται στο Σχ. 3.11, οφείλεται στην συγκεκριμένη κατανομή V_{85} που χρησιμοποιείται και στις πολύ συντηρητικές τιμές σχεδιασμού f_{max} των αμερικανικών κανονισμών στις μικρές ταχύτητες.

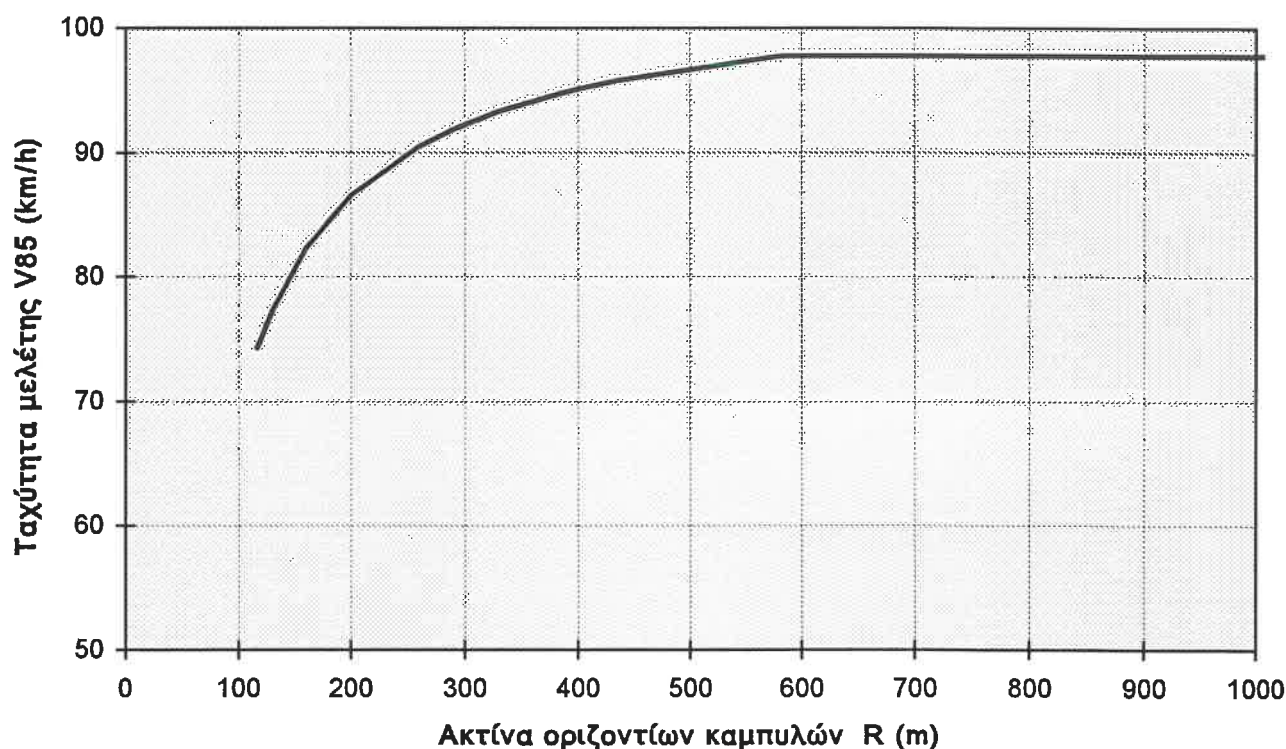
Αν για παράδειγμα οι ταχύτητες V_{85} υπολογισθούν με την κατανομή των Ottesen - Krammes [5] όπου:

$$V_{85} = 97.8 \text{ km/h} \quad \text{για βαθμό καμπύλης} < 3 \quad (3.7)$$

$$V_{85} = 103.6 - 1.947 \cdot \text{βαθμό καμπύλης} \quad \text{για βαθμό} \Rightarrow 3$$

τότε οι διαφορές που προκύπτουν είναι σημαντικές, ιδιαίτερα για τις χαμηλές ταχύτητες (βλ Σχ. 3.8 και 3.9). Έτσι για $R = 870 \text{ m}$ (βαθμό καμπύλης 2) και $V_d = 60 \text{ km/h}$, σύμφωνα με το Σχ. 3.6 (Πιν. III-9 AASHTO [2]) $e = 0.025$ και επομένως ο θεωρητικός συντελεστής πλευρικής τριβής $f = 0.007$ (με μέγιστο $f = 0.15$ για 60

km/h). Για την ίδια καμπύλη προκύπτει ταχύτητα $V_{85} = 97.8$ km/h από την σχέση 3.7 και επομένως για την ίδια επίκλιση $f = 0.061$ (βλ. σχ 3.8).



Σχ 3.10 Κατανομή ταχυτήτων V85 των Ottessen - Krames[6]

Ακόμα και αν θεωρηθεί ότι η ταχύτητα μελέτης $V_d = 60$ km/h είναι υπερβολικά συντηρητική για βαθμό καμπύλης 2 ($R=870$ m), ακόμα και σε ακτίνα $R = 350$ m (βαθμό καμπύλης 5) η διαφορά μεταξύ $f_{\text{σχεδ.}}$ και $f_{\text{αναπτ.}}$ είναι αρκετά μεγάλη. Επίσης σε ακτίνες καμπύλης κάτω των 350m, το αναπτυσσόμενο f υπερβαίνει το f_{max} που προβλέπουν οι αμερικανικοί κανονισμοί (βλ. Πιν. 3.2) όπως φαίνεται και στο Σχ. 3.8. Για παράδειγμα:

Ταχύτητα μελέτης = 60 km/h

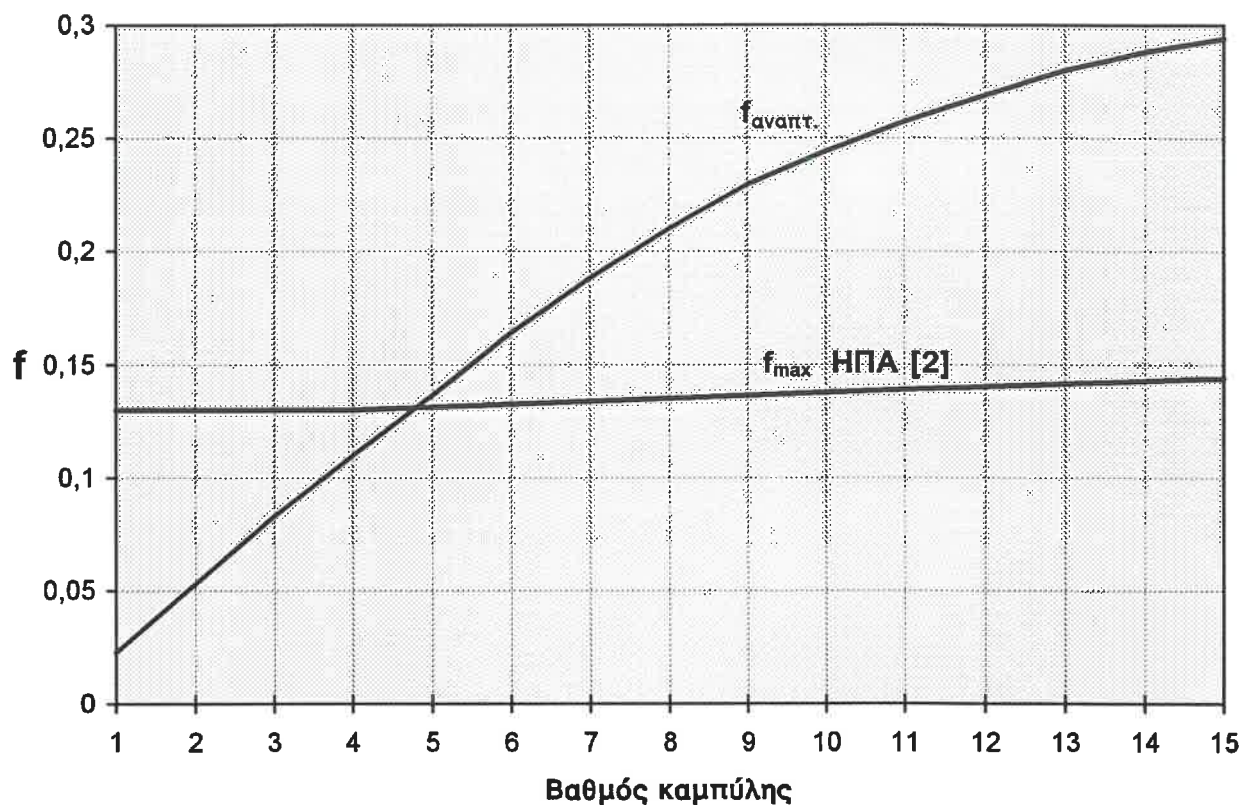
Ακτίνα $R = 175$ m

$e = 0.074$ Σχ. 3.6

$f = 0.088$ Σχ. 3.8

$V_{85} = 84.13$ km/h σχέση 3.7

$f_{\text{αναπτ.}} = 0.24 > f_{\text{max.}} = 0.15$



Σχ 3.11 Πρόταση Γ.Κανελλαΐδη - Ι.Δημητρόπουλου. [4]

$f_{αναντ.}$ με κατανομή V_{85} Ottesen - Krames [5]

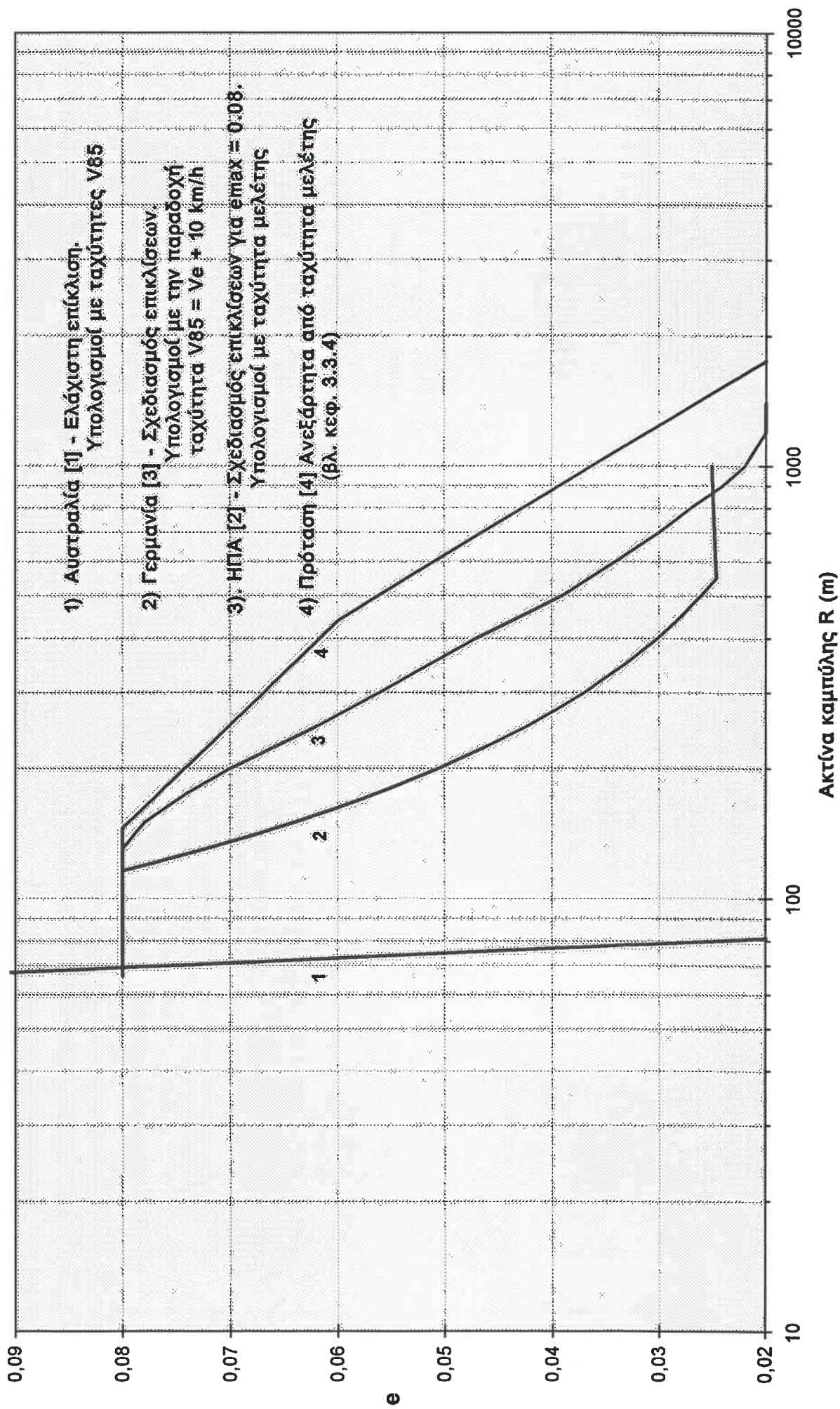
Αν εξετασθεί το προηγούμενο παράδειγμα και με τους αυστραλιανούς κανονισμούς [1] έχουμε διαφορετικές λύσεις, ανάλογα με το περιβάλλον ταχύτητας V_{85} (speed environment) που θα χρησιμοποιηθεί. Απο το Σχ. 2.2 έχουμε τις εξής πιθανότητες, ανάλογα με την μορφολογία εδάφους (πιν 2.1), αφού αυτή επηρεάζει (σύμφωνα με τους αυστραλιανούς κανονισμούς) την επιλογή της κατανομής V_{85} :

Περιβάλλον Ταχύτητας	Μορφολογία Εδάφους	V_{85}	Max f
70 km/h	Λοφώδης	65 km/h	0.32
80 km/h	Λοφώδης	72 km/h	0.30
90 km/h	Πεδινή	77 km/h	0.27
100 km/h	Πεδινή	84 km/h	0.23

Η επιλογή της επίκλισης είναι ελεύθερη με την προϋπόθεση να μην υπάρχουν μεγάλες αλλαγές στο f διαδοχικών στοιχείων ($< 20\%$), και να μην υπερβαίνεται το f_{max} , που για την πρώτη περίπτωση είναι 0.32.

Με την πρόταση Γ.Κανελλαΐδη - Ι.Δημητρόπουλου προβλέπεται για το ίδιο παράδειγμα επίκλιση 0.075 (για βαθμό καμπύλης 10), με $f_{\text{αναπτ.}} = 0.24$ σύμφωνα με την κατανομή V_{85} των Ottesen - Krammes [5].

Τα προβλήματα αυτά που προκύπτουν σε απλές εφαρμογές, αλλά και ο διαφορετικός τρόπος με τον οποίο αντιμετωπίζουν το ίδιο πρόβλημα οι διάφοροι κανονισμοί, έχουν και τις ανάλογες επιπτώσεις που έχουν ήδη επισημανθεί. Το κλειδί για τον σωστό σχεδιασμό των επικλίσεων είναι η σωστή εκτίμηση της ταχύτητας V_{85} , και ο προσδιορισμός μιας ρεαλιστικής κατανομής του συντελεστή πλευρικής τριβής f που να είναι αποδεκτή από τον οδηγό, και που να προσφέρει συγχρόνως ικανοποιητική άνεση και ασφάλεια.



Σχ 3.12 Σύγκριση επικλίσεων διαφόρων κανονισμών για ταχύτητα μελέτης 60 km/h

3.4 Κανονισμοί Αυστραλίας.

Πρόταση βελτίωσης της διαδικασίας σχεδιασμού επικλίσεων.

Οι διάφοροι κανονισμοί χρησιμοποιούν και διάφορες μεθόδους η και τιμές όσον αφορά:

- τις μέγιστες επικλίσεις.
- τους μέγιστους συντελεστές πλευρικής τριβής.
- το σχεδιασμό των επικλίσεων σε καμπύλες της οριζοντιογραφίας με ακτίνα μεγαλύτερη της ελάχιστης.

Στο τρίτο σημείο εισέρχεται και το πρόβλημα της ομοιομορφίας (consistency) στο σχεδιασμό. Οι Αυστραλιανοί κανονισμοί θέτουν ως όρους στην επιλογή επικλίσεων τη μέγιστη και ελάχιστη επίκλιση, καθώς και τους μέγιστους συντελεστές πλευρικής τριβής. Ακολουθώντας όμως τις κατανομές επιθυμητών ταχυτήτων V_{85} του Σχ.τος 2.2, ο μελετητής μπορεί να επιλέξει για το μεγαλύτερο εύρος των κατανομών αυτών, οποιαδήποτε επίκλιση μεταξύ e_{max} και e_{min} χωρίς να υπερβαίνεται ο μέγιστος συντελεστής πλευρικής τριβής ή να αναπτύσσεται αρνητικό f . Συγκεκριμένα, αυτό συμβαίνει στις κάτωθι περιπτώσεις:

Περιβάλλον Ταχύτητας	Ακτίνα Καμπύλης $R(m)$
120 km/h	700 - 1400
110 km/h	600 κι άνω
100 km/h	300 κι άνω
90 km/h	160 κι άνω
80 km/h	112 κι άνω
70 km/h	85 κι άνω
60 km/h	63 κι άνω

Το γεγονός αυτό καθιστά την διαδικασία επιλογής της επίκλισης πió πολύπλοκη με αρνητικές έτσι επιπτώσεις για την ομοιογένεια στο σχεδιασμό επικλίσεων. Έτσι, θα υπάρχουν και αρνητικές επιπτώσεις στην οδική ασφάλεια, αφού η ομοιογένεια στο σχεδιασμό είναι σημαντική ώστε να καθιστά ένα οδικό τμήμα προβλέψιμο ή μέσα στις προσδοκίες του οδηγού, και για την αποφυγή σύγχυσης.

Χρησιμοποιώντας τα αποτελέσματα διαφόρων ερευνών που έχουν ήδη αναφερθεί, καθώς και συμπεράσματα που προκύπτουν εδώ απο συγκρίσεις μεταξύ των διαφόρων κανονισμών και μεθόδων, προτείνεται μία βελτίωση της διαδικασίας σχεδιασμού επικλίσεων όσον αφορά τους αυστραλιανούς κανονισμούς. Το γεγονός ότι υπάρχει κάποια σχέση μεταξύ της ταχύτητας και της ακτίνας καμπύλης, καθιστά δυνατή και την δημιουργία κάποιας σχέσης μεταξύ της επίκλισης και της ακτίνας καμπύλης. Βασίζεται και σε κριτήρια που χρησιμοποιήθηκαν από τους Γ.Κανελλαΐδη - Ι. Δημητρόπουλο [4] για τους αμερικανικούς κανονισμούς που σκοπό έχουν όχι απλά να απλουστεύσουν την διαδικασία σχεδιασμού επικλίσεων, αλλά και να εισάγουν ομοιομορφία (consistency). Συγχρόνως, τηρούνται και τα όρια που θέτουν οι αυστραλιανοί κανονισμοί όσον αφορά επικλίσεις και μέγιστους συντελεστές πλευρικής τριβής (f_{max}). Εφαρμόζεται εδώ στους αυστραλιανούς κανονισμούς, αν και η φιλοσοφία της πρότασης θα μπορούσε να εφαρμοσθεί σε οποιονδήποτε κανονισμό γεωμετρικού σχεδιασμού των οδών.

Τα αποτελέσματα αυστραλιανών ερευνών, δείχνουν ότι ο οδηγός επηρεάζεται όχι μόνο απο την ακτίνα της καμπύλης που διανύει, αλλά και απο το περιβάλλον του οδικού τμήματος (πεδινό, ορεινό κλπ. - βλ πίν 2.1 και Σχ. 2.2). Λαμβάνοντας υπόψη λοιπόν αυτά τα στοιχεία, προτείνεται μια διαδικασία σχεδιασμού ως εξής:

- 1. Επιλογή του κατάλληλου περιβάλλοντος ταχύτητας σύμφωνα με την διαδικασία που δίνεται στους αυστραλιανούς κανονισμούς (συνάρτηση μορφολογίας εδάφους και εύρους ακτίνων της οριζοντιογραφίας στο σχεδιαζόμενο τμήμα - πίν. 2.1)**
- 2. Επιλογή της επίκλισης από ειδικό διάγραμμα για κάθε περιβάλλον ταχύτητας (συνάρτηση ακτίνας καμπύλης της οριζοντιογραφίας.)**

Τα διαγράμματα επίκλισης - ακτίνας καμπύλης μπορούν να κατασκευασθούν τηρώντας τα ακόλουθα κριτήρια που θέτουν οι αυστραλιανοί κανονισμοί:

- 1. Η επίκλιση να είναι μεταξύ e_{min} 0.02 και e_{max} 0.08 (η 0.10 για ορεινά εδάφη).**
- 2. Να μην υπερβαίνεται ο μέγιστος συντελεστής πλευρικής τριβής (f_{max}) που ισχύει για κάθε ταχύτητα V_d (βλ. Πιν. 3.1).**

και εφαρμόζοντας τα πρόσθετα κριτήρια:

3. Ο λόγος $e/(e + f)$ να είναι τουλάχιστον 0.25 (εφ'όσον δεν υπερβαίνεται το f_{max}).

4. Η ταχύτητα όπου $f = 0$ (hands off speed) να μην υπερβαίνει το $0.6V_d$. Ετσι μόνο οι οδηγοί που κινούνται με ταχύτητα λιγότερη από $0.6V_d$ θα αναπτύσσουν αρνητικό συντελεστή πλευρικής τριβής f .

Ο λόγος $e/(e+f)$ που τηρεί το κριτήριο 4 μπορεί να προσδιορισθεί ως εξής:

Για το όχημα που κινείται με την ταχύτητα V_d ισχύει η σχέση:

$$e+f = V_d^2 / 127R \quad (3.8)$$

Επομένως για το όχημα που κινείται με $0.6V_d$ ισχύει η σχέση:

$$e_{0.6}+f_{0.6} = (0.6V_d)^2 / 127R$$

ή

$$e_{0.6}+f_{0.6} = 0.36(V_d^2 / 127R) \quad (3.9)$$

Αν δοθεί επίκλιση ώστε $f = 0$ τότε:

$$e_{0.6} = 0.36(V_d^2 / 127R)$$

ή

$$e_{0.6} = 0.36(e+f) \quad (3.10)$$

Εφαρμόζοντας την σχέση (3.10) τηρείται το κριτήριο 4. Χρησιμοποιώντας τις κατανομές επιθυμητών ταχυτήτων V_{85} (speed environments) των αυστραλιανών κανονισμών και εφαρμόζοντας τα 4 κριτήρια κατασκευάσθηκαν τα διαγράμματα 3.13α - 3.19α. Σ'αυτά φαίνεται η πορεία των τεσσάρων κριτηρίων για διάφορα περιβάλλοντα ταχύτητας ενώ στα διαγράμματα 3.13β - 3.19β η τελική προτεινόμενη κατανομή επικλίσεων. Στο διάγραμμα 3.20 φαίνονται οι προτάσεις για διάφορα περιβάλλοντα ταχύτητας.

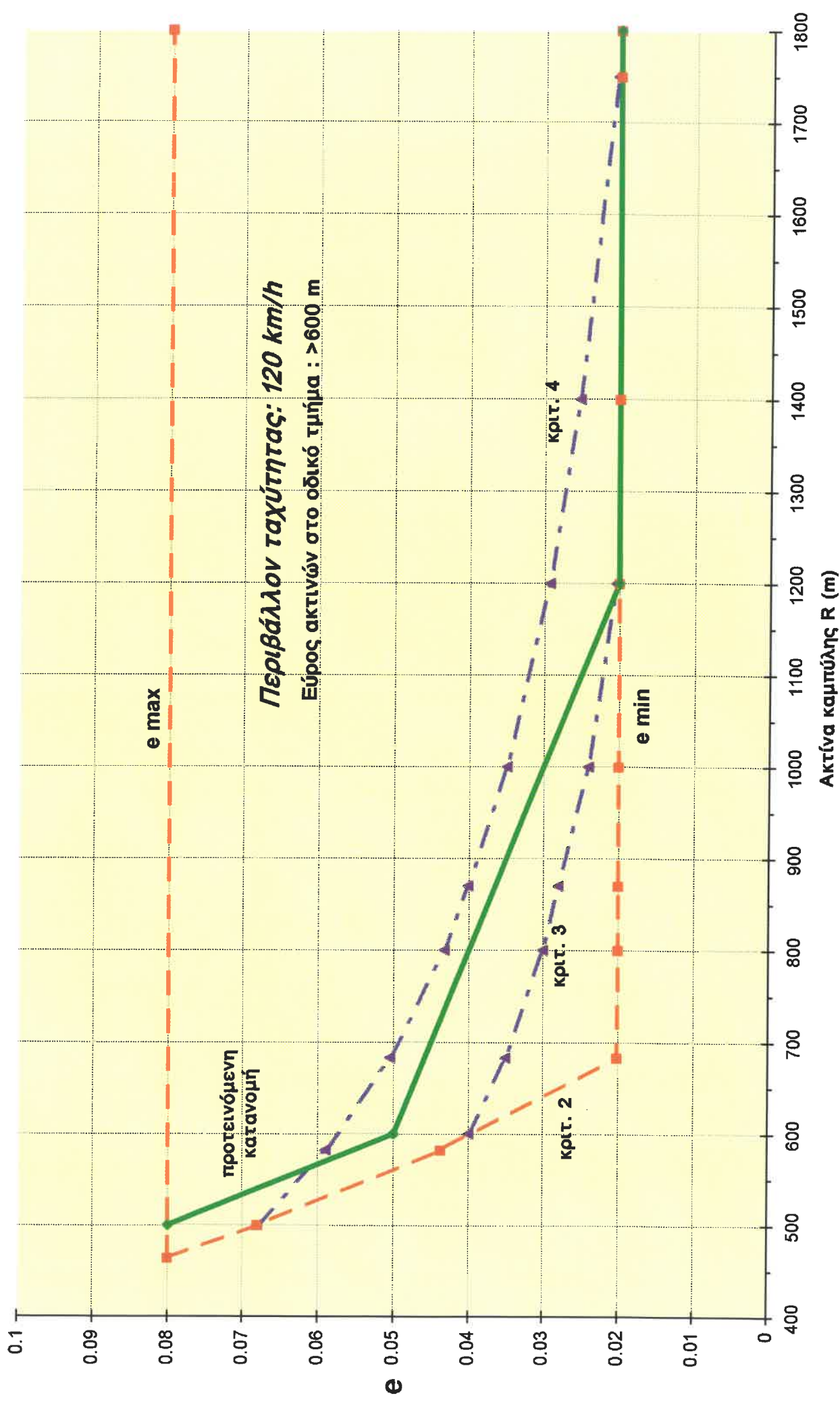
Από τα διαγράμματα 3.13α - 3.19α γίνεται αμέσως αντιληπτή η ελευθερία που παρέχεται από τους κανονισμούς, στην επιλογή επικλίσεων σε καμπύλες με ακτίνα πάνω από την ελάχιστη. Σύμφωνα με τους κανονισμούς οι πιθανές τιμές επίκλισης κυμαίνονται μεταξύ της μέγιστης και ελάχιστης επίκλισης e_{max} και e_{min} (κριτήριο 1) ενώ στο αριστερό άκρο του κάθε διαγράμματος περιορίζονται από την κατανομή του κριτηρίου 2 (ε χρησιμοποιώντας f_{max}). Είναι η κατανομή επικλίσεων με την οποία αναπτύσσεται η μέγιστη τιμή του συντελεστή πλευρικής τριβής. Μέσα σ'αυτά τα όρια που σημειώνονται στα διαγράμματα με την απλή διακεκομμένη γραμμή, ο μελετητής μπορεί σύμφωνα με τους κανονισμούς να επιλέξει οποιαδήποτε τιμή επίκλισης.

Τα δύο πρόσθετα κριτήρια (3 και 4) κινούνται πάντα μέσα σ'αυτά τα όρια που θέτουν οι αυστραλιανοί κανονισμοί, και περιορίζουν τις πιθανές τιμές επικλίσεων σε τιμές που κυμαίνονται μεταξύ των δύο αυτών κριτηρίων. Υπέρβαση του κριτηρίου 2 σημαίνει και υπέρβαση των μέγιστων συντελεστών πλευρικής τριβής f_{max} . Υπέρβαση του κριτηρίου 4 $e=0.36(e+f)$ έχει ως συνέπεια την άνοδο της ταχύτητας όπου $f=0$ (υπερβαίνεται το 0.6V85), ενώ μειώνεται ο αναπτυσσόμενος συντελεστής πλευρικής τριβής f σε βαθμό που στο δεξιό άκρο των διαγραμμάτων (στις μεγαλύτερες ακτίνες) μηδενίζεται ή γίνεται αρνητικός, κάτι που είναι ανεπιθύμητο.

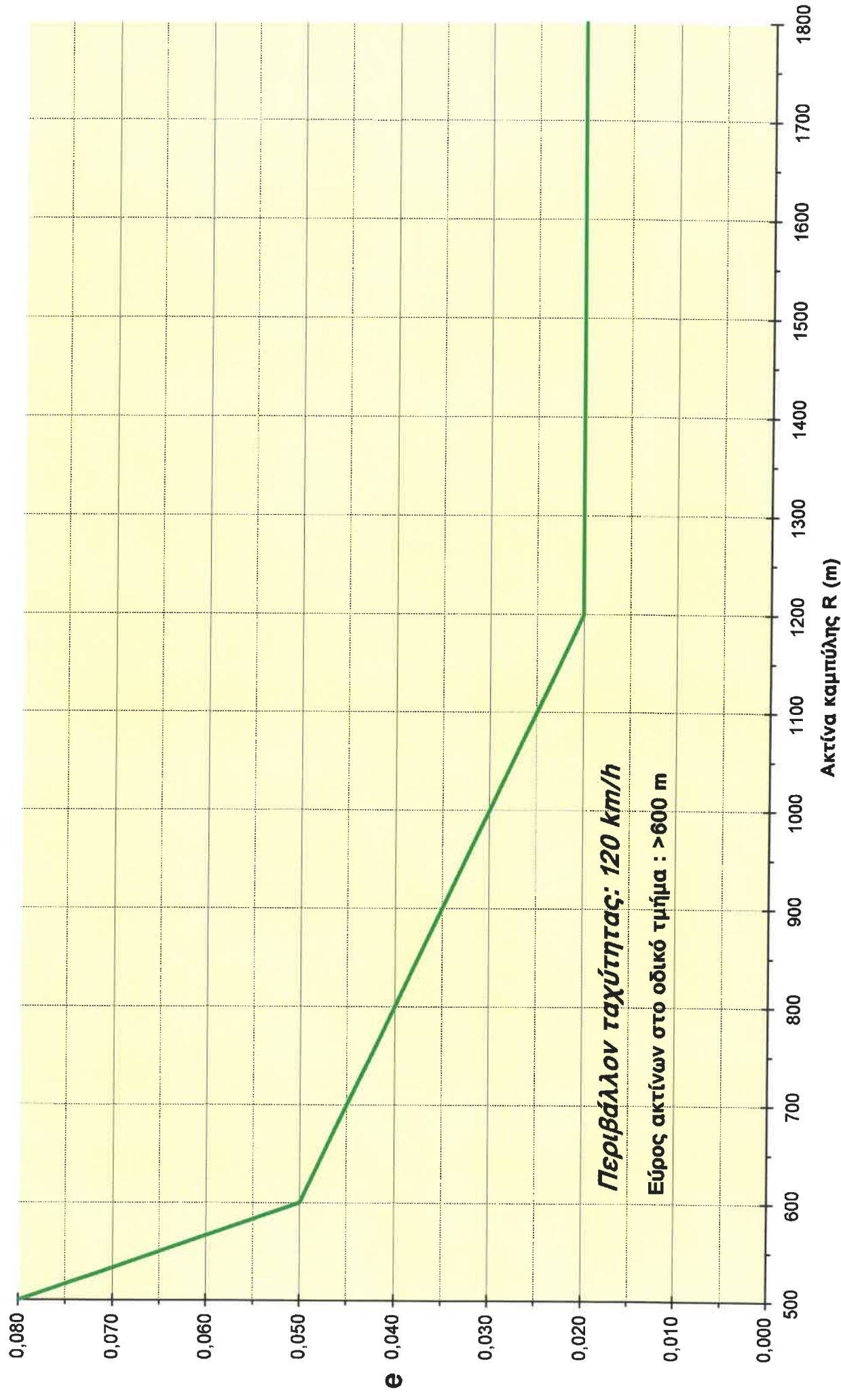
Η τελική γραμμική σχέση που επιλέχθηκε υπερβαίνει στα περιβάλλοντα υψηλών ταχυτήτων το κριτήριο 4 για ένα μικρό διάστημα στις μικρότερες ακτίνες. Ετσι, υπάρχει μεν σ'αυτές τις μικρές ακτίνες το μειονέκτημα που προαναφέρθηκε, αποφεύγεται όμως εφόσον οι μικρότερες αυτές ακτίνες σε περιβάλλοντα ταχύτητας άνω των 110 km/h χρησιμοποιούνται κατ'εξαίρεση, όπως συνιστάται και από τους αυστραλιανούς κανονισμούς. Τα διαγράμματα 3.13β - 3.19β δείχνουν την τελική μορφή της κατανομής επικλίσεων που επιλέγεται στα πλαίσια της πρότασης που προτείνεται εδώ. Πρέπει να σημειωθεί ότι θα μπορούσε να είχε επιλεγεί οποιαδήποτε γραμμική σχέση ανάμεσα στα κριτήρια 3 και 4, ενώ προτιμήθηκαν ευθύγραμμες τελικές γραμμικές σχέσεις με στόχο την εύκολη χρήση τους.

Τα διαγράμματα κατασκευάστηκαν με βάση τις κατανομές των επιθυμητών ταχυτήτων V_{85} του Σχ. 2.2, και αντιπροσωπεύουν εδάφη ορεινά (περιβάλλον ταχύτητας 60 km/h) έως πεδινά (περιβάλλον 120 km/h) όπως έχουν προκύψει από πρόσφατες μετρήσεις για υπεραστικές οδούς δύο λωρίδων στην Αυστραλία. Οι σημαντικές διαφορές που προκύπτουν στις επιθυμητές ταχύτητες καθώς αλλάζει η εδαφική μορφολογία, μας δίνουν την δυνατότητα να υποθέσουμε ότι κάτι ανάλογο

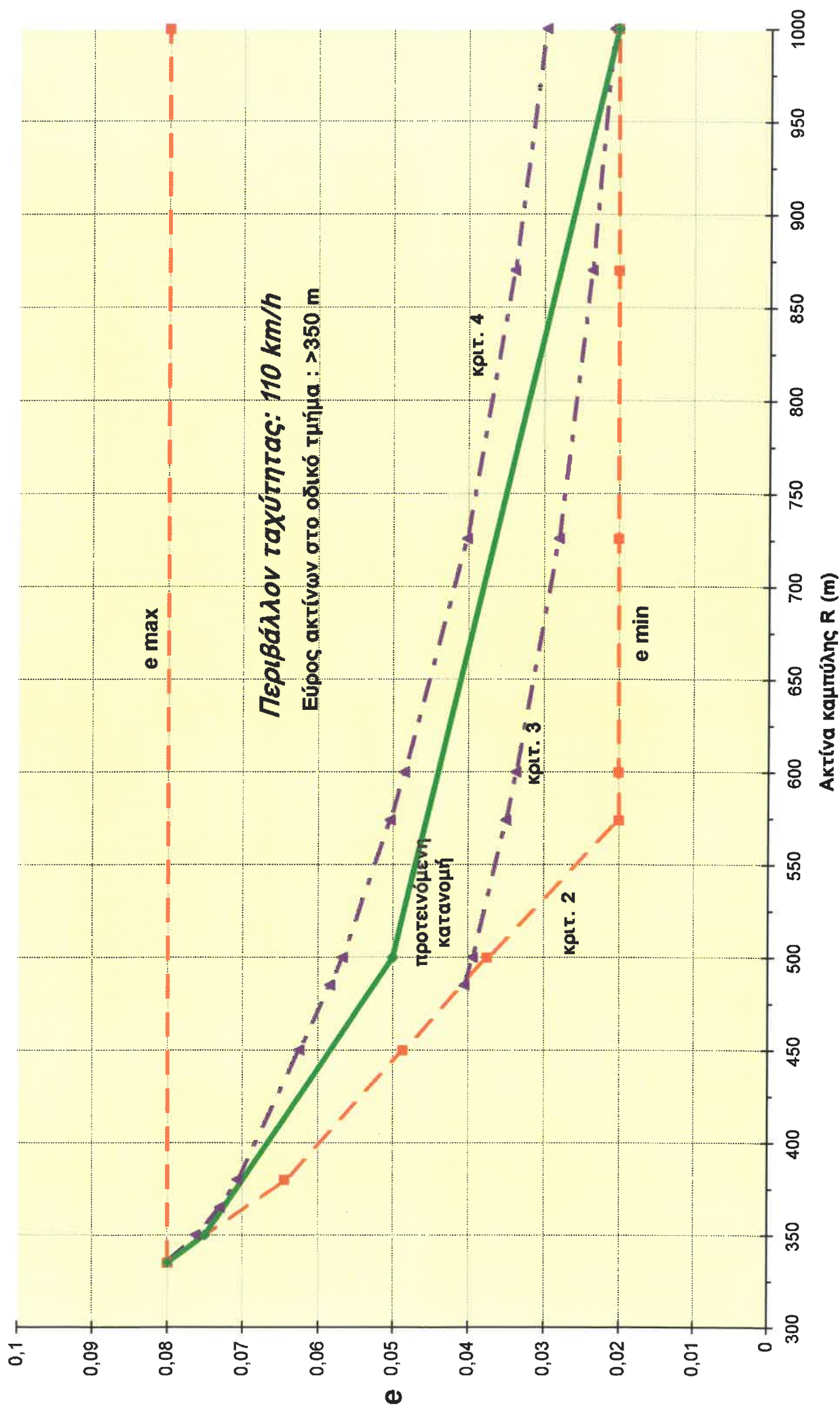
μπορεί να συμβαίνει και στην Ελλάδα λόγω της μεγάλης διαφοροποίησης της εδαφικής μορφολογίας και επομένως κατά την άποψη του γράφοντος προσφέρεται σαν αντικείμενο προς έρευνα. Από τις κατανομές των επιθυμητών ταχυτήτων V_{85} που θα προέκυπταν θα ήταν εφικτό να κατασκευασθούν διαγράμματα σχεδιασμού επικλίσεων όπως τα Σχ.τα 3.13 - 3.19 για τα ελληνικά δεδομένα, με αποτέλεσμα την απλούστευση της διαδικασίας σχεδιασμού οριζοντιογραφίας - επικλίσεων, αλλά και την αναθεώρηση της έννοιας της "ταχύτητας μελέτης". Ήδη βλέπουμε στους αυστραλιανούς κανονισμούς μία στροφή στον σχεδιασμό της οριζοντιογραφίας, αφού έχουν γίνει σημαντικές έρευνες στην χώρα αυτή όσον αφορά τις επιθυμητές ταχύτητες V_{85} και την επιρροή της τοπογραφίας του οδικού περιβάλλοντος σ'αυτές. Επομένως έχει ήδη αναμορφωθεί η βάση πάνω στην οποία οι κανονισμοί αυτοί επιλέγουν "ταχύτητες μελέτης" (βλ. κεφ. 2).



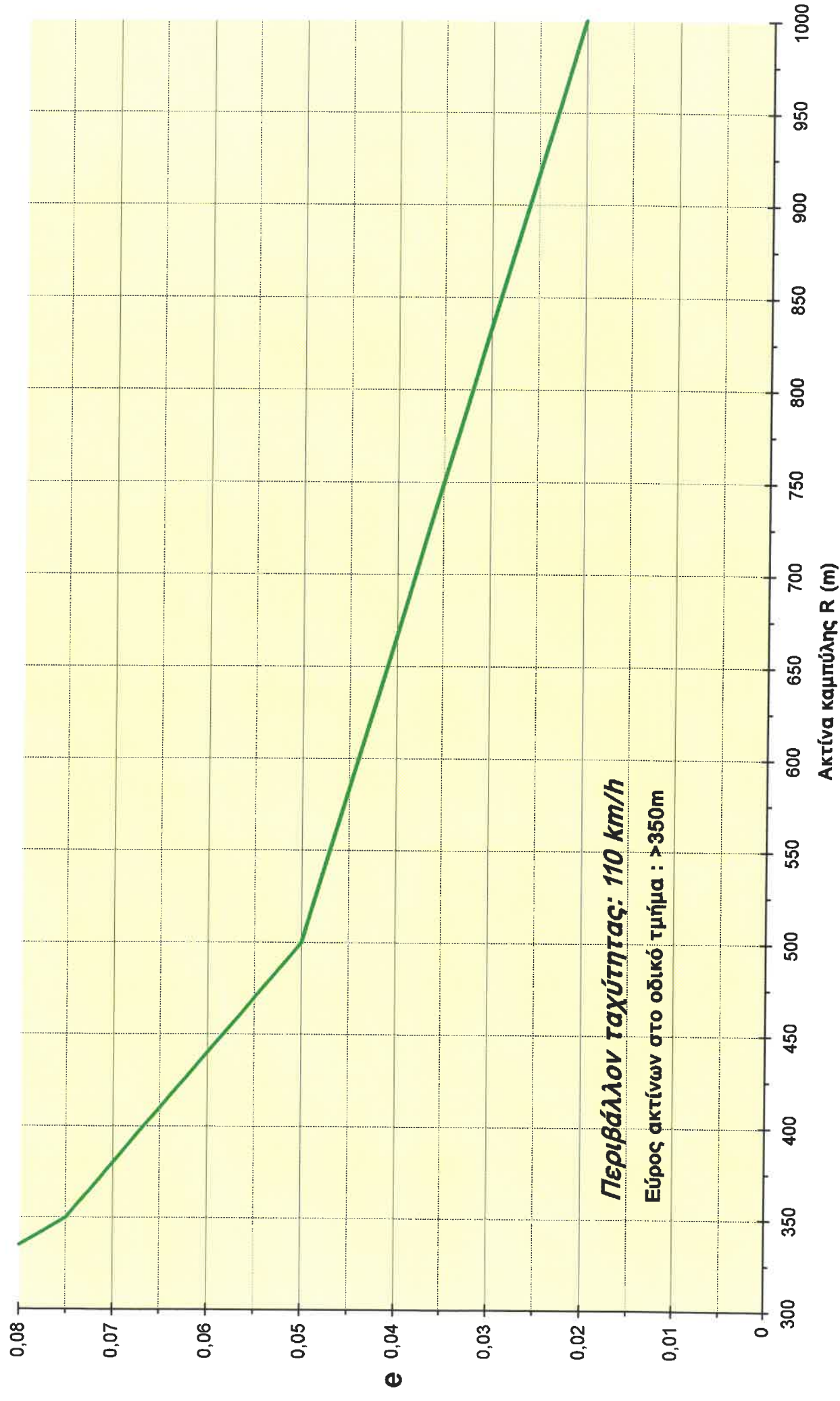
Σχ.3.13α Κανονισμοί Αυστραλίας - Πρόταση σχεδιασμού επίκλισης



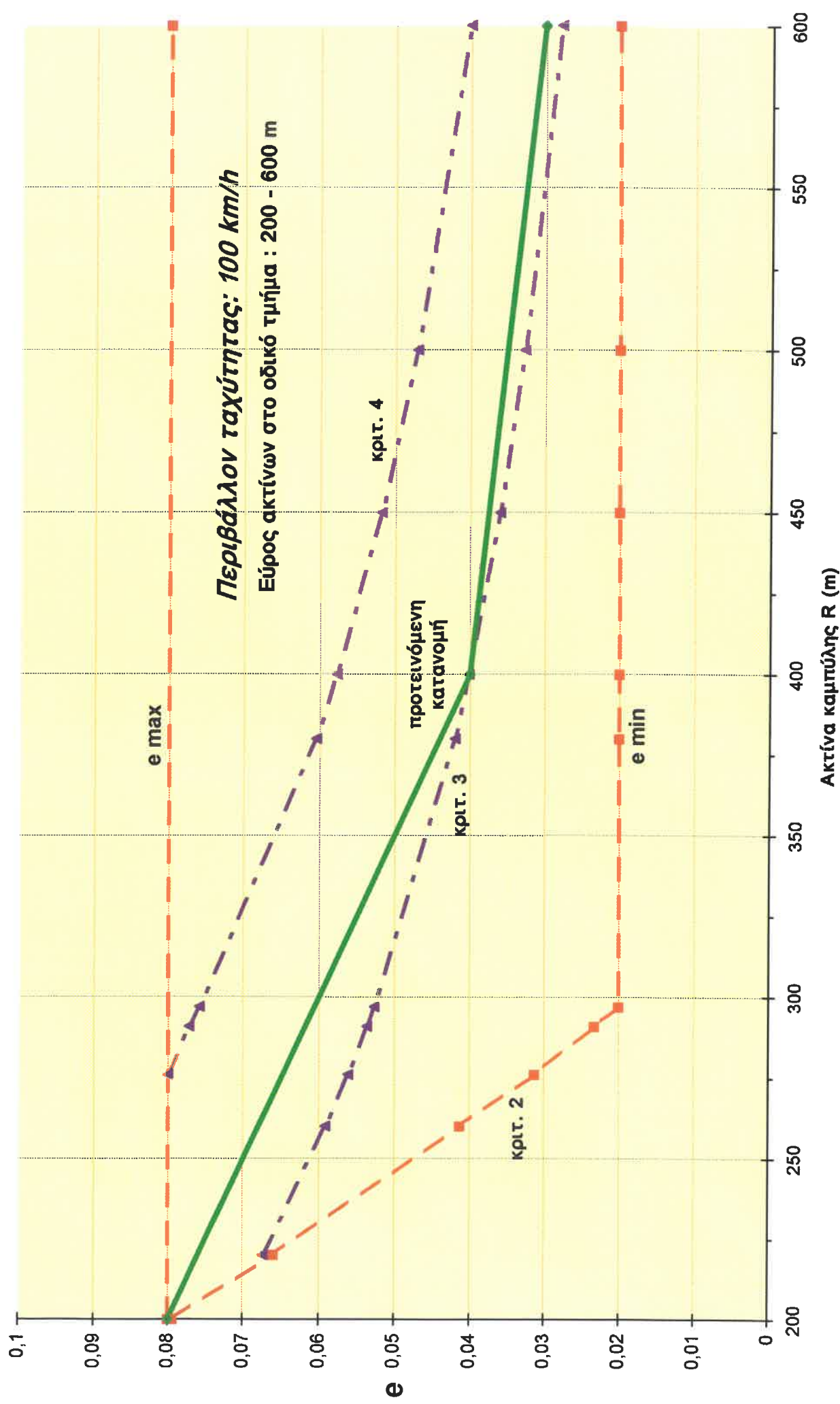
Σχ. 3.13b Κανονισμοί Αυστραλίας - Πρόταση σχεδιασμού επίκλισης



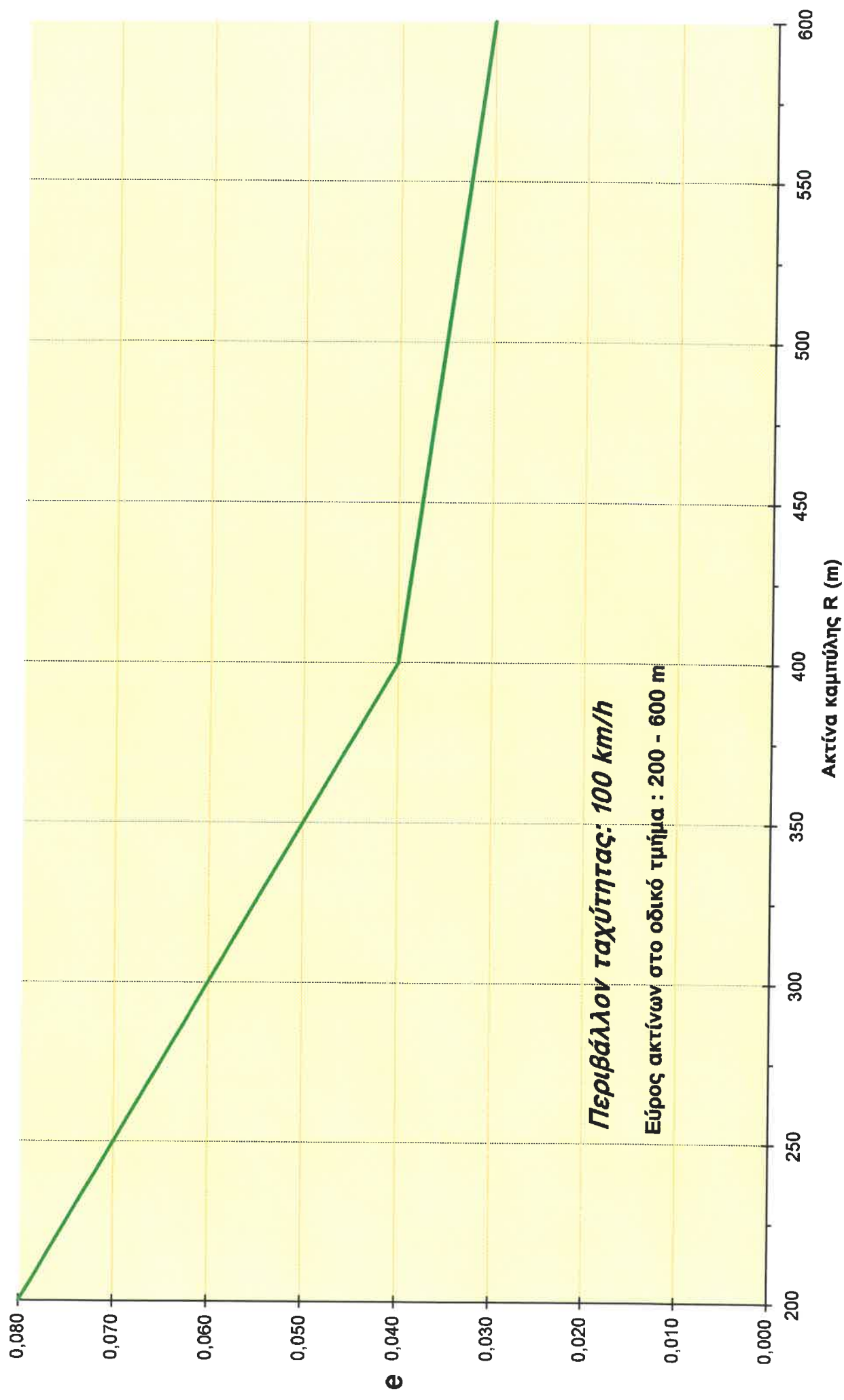
Σχ.3.14α Κανονισμοί Αυστραλίας - Πρόταση σχεδιασμού επίκλισης



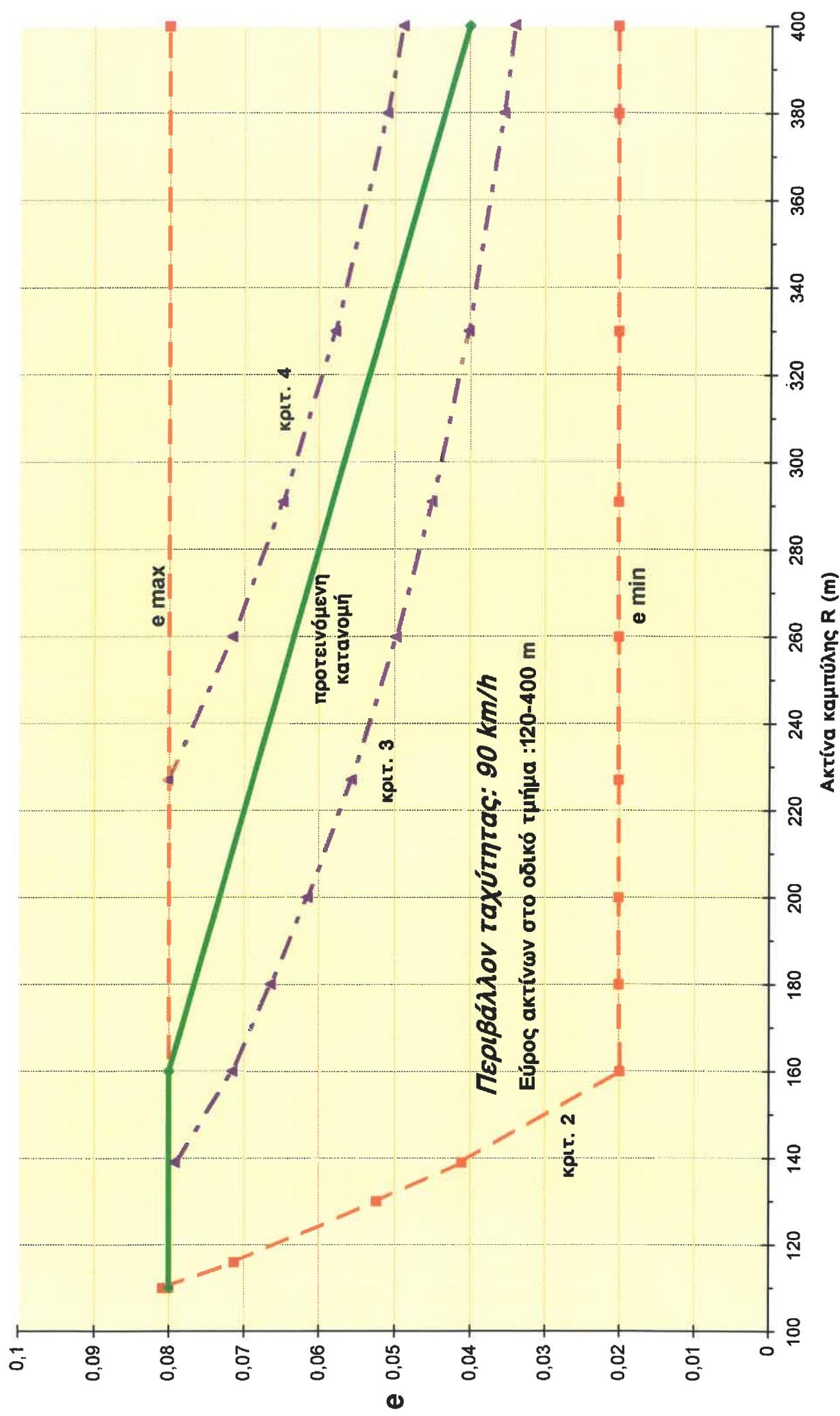
Σχ.3.14b Κανονισμοί Αυστραλίας - Πρόταση σχεδιασμού επίκλισης



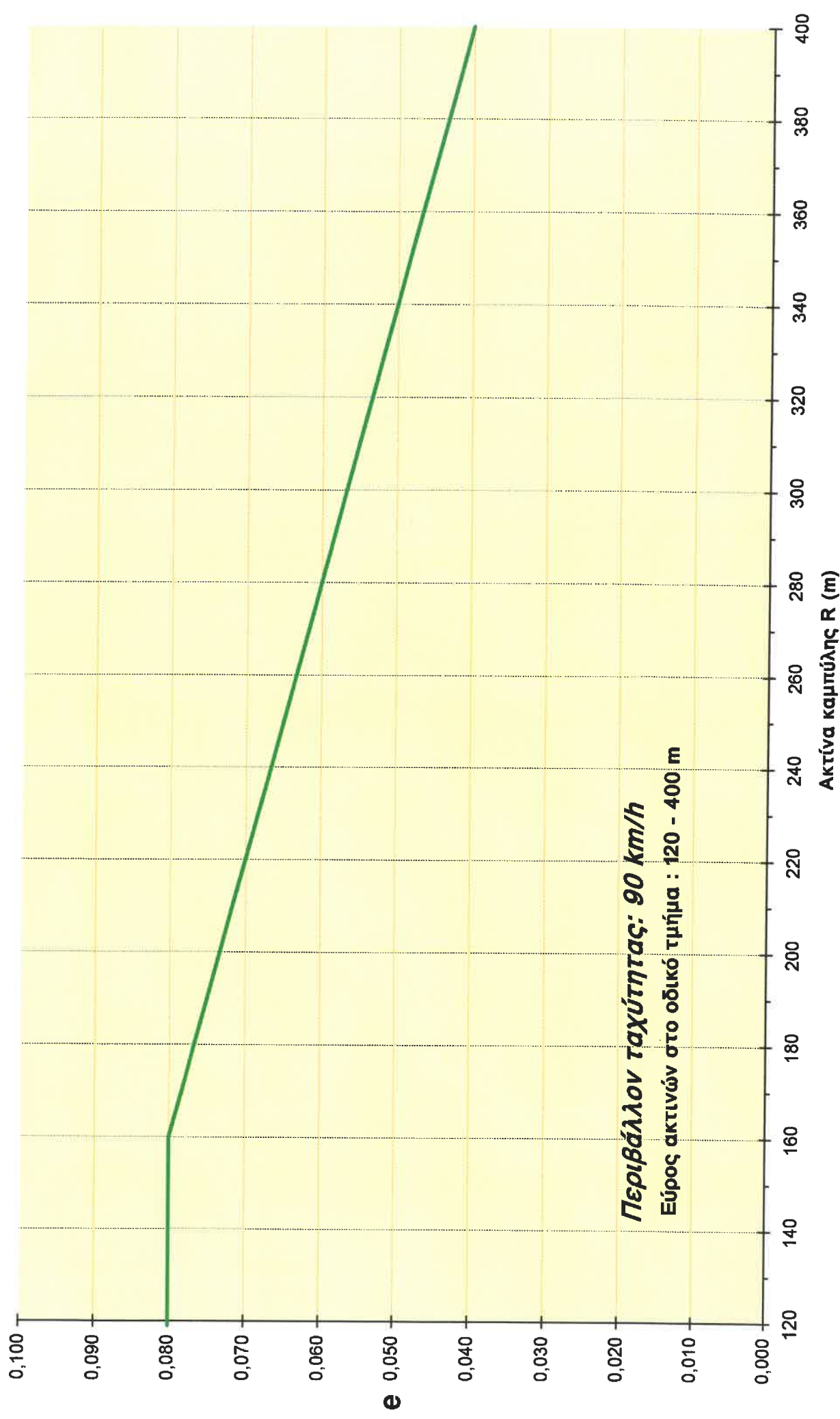
Σχ.3.15α Κανονισμοί Αυστραλίας - Πρόταση σχεδιασμού επίκλισης



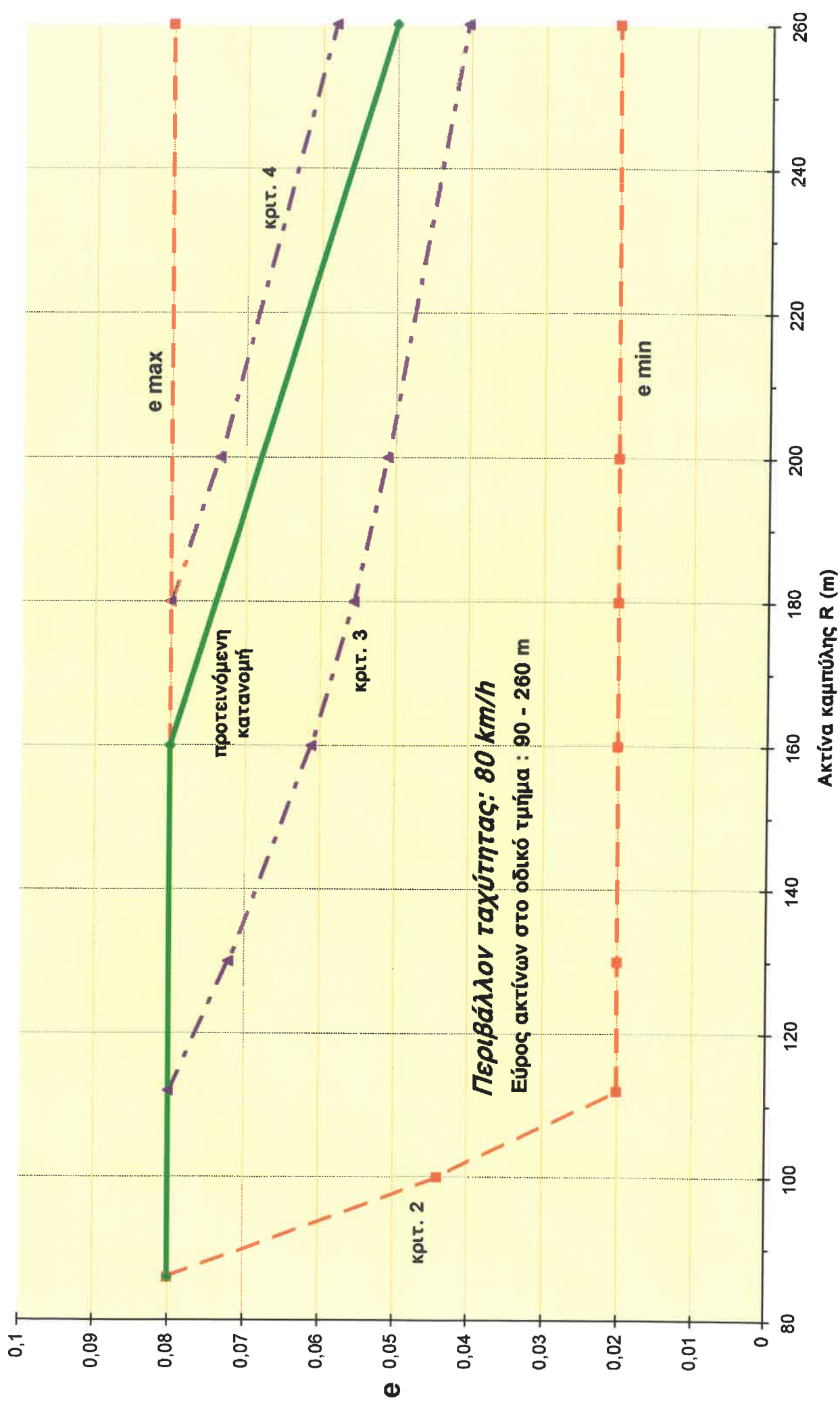
Σχ.3.15b Κανονισμοί Αυστραλίας - Πρόταση σχεδιασμού επίκλισης



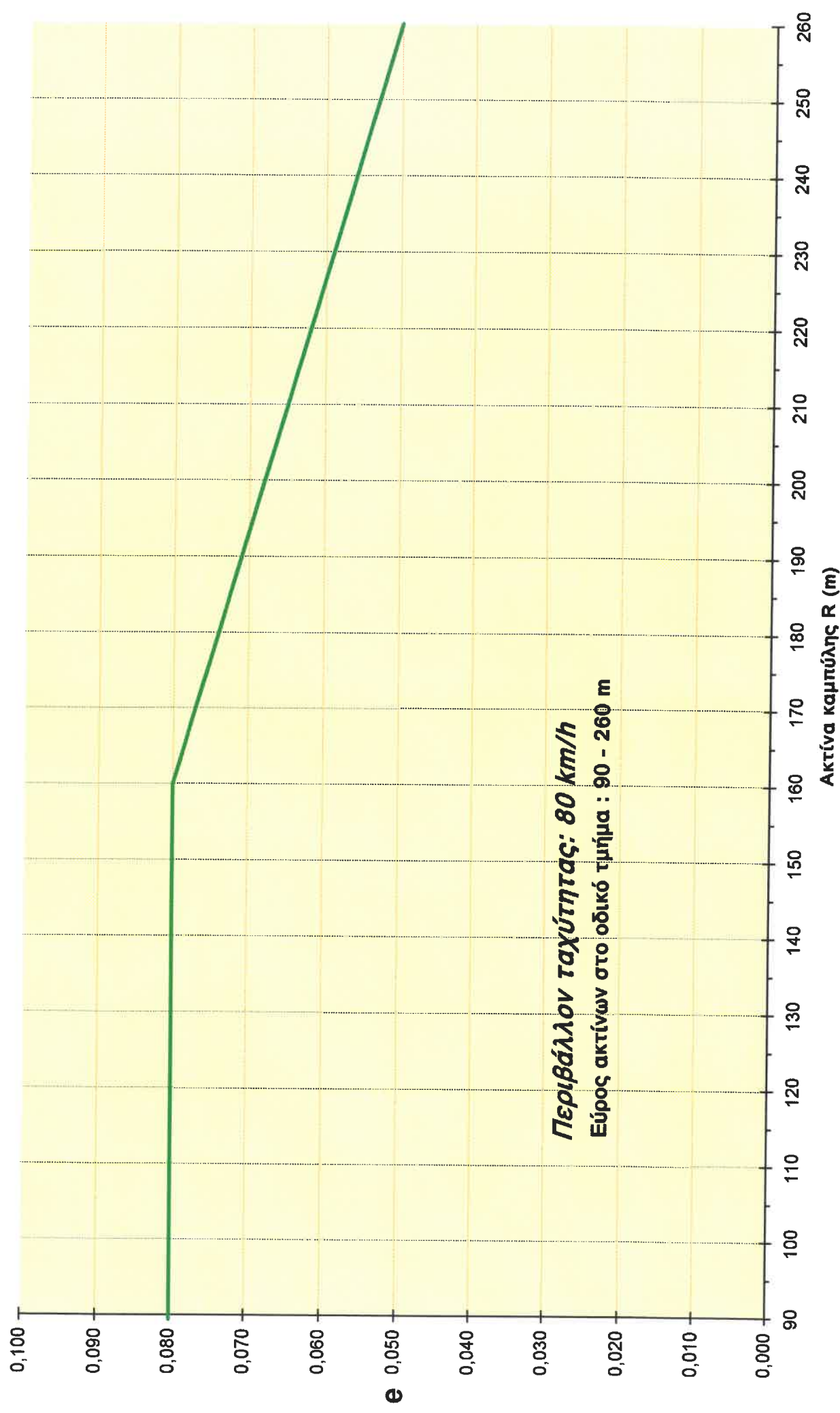
Σχ.3.16α Κανονισμοί Αυστραλίας - Πρόταση σχεδιασμού επίκλισης



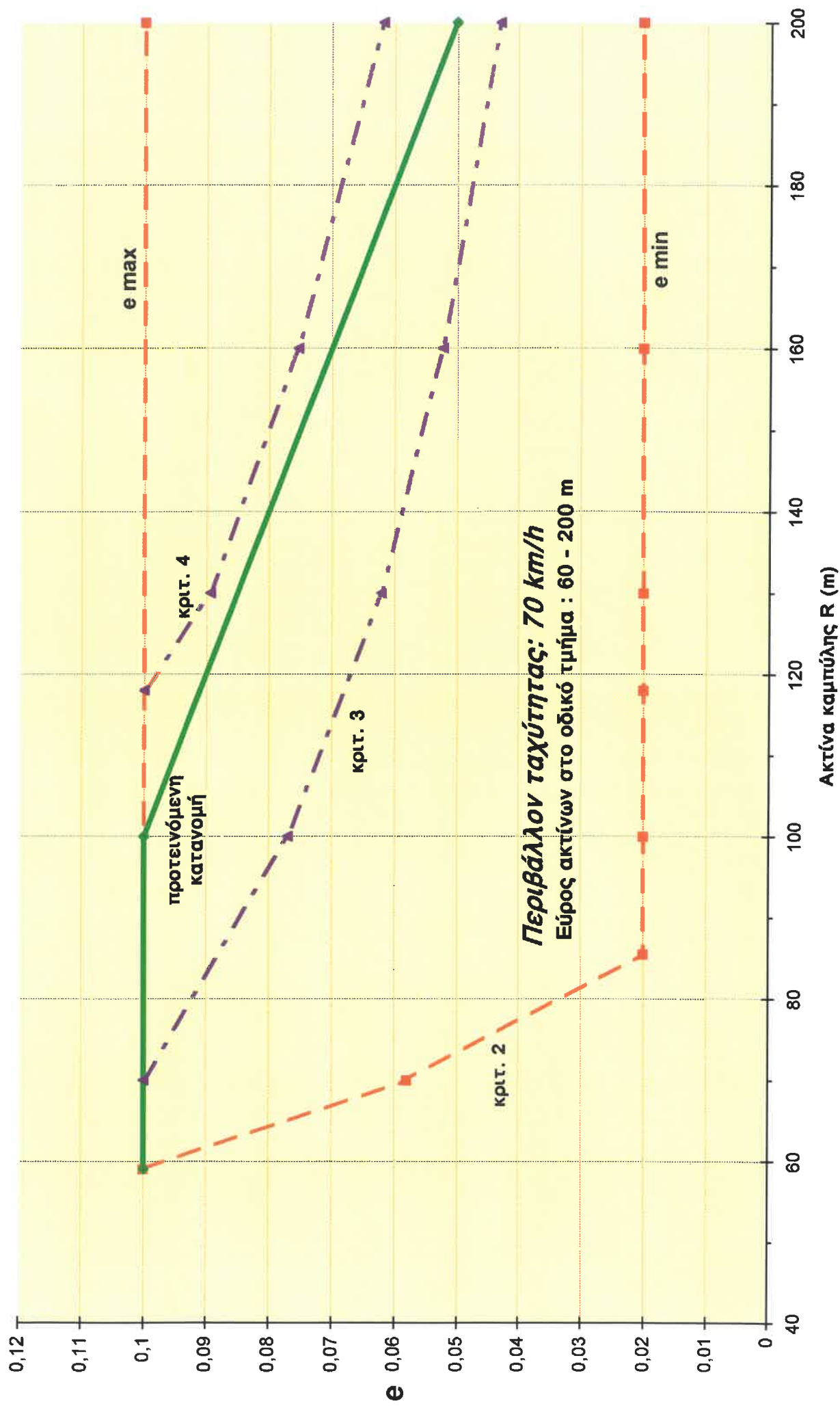
Σχ.3.16b Κανονισμοί Αυστραλίας - Πρόταση σχεδιασμού επίκλισης



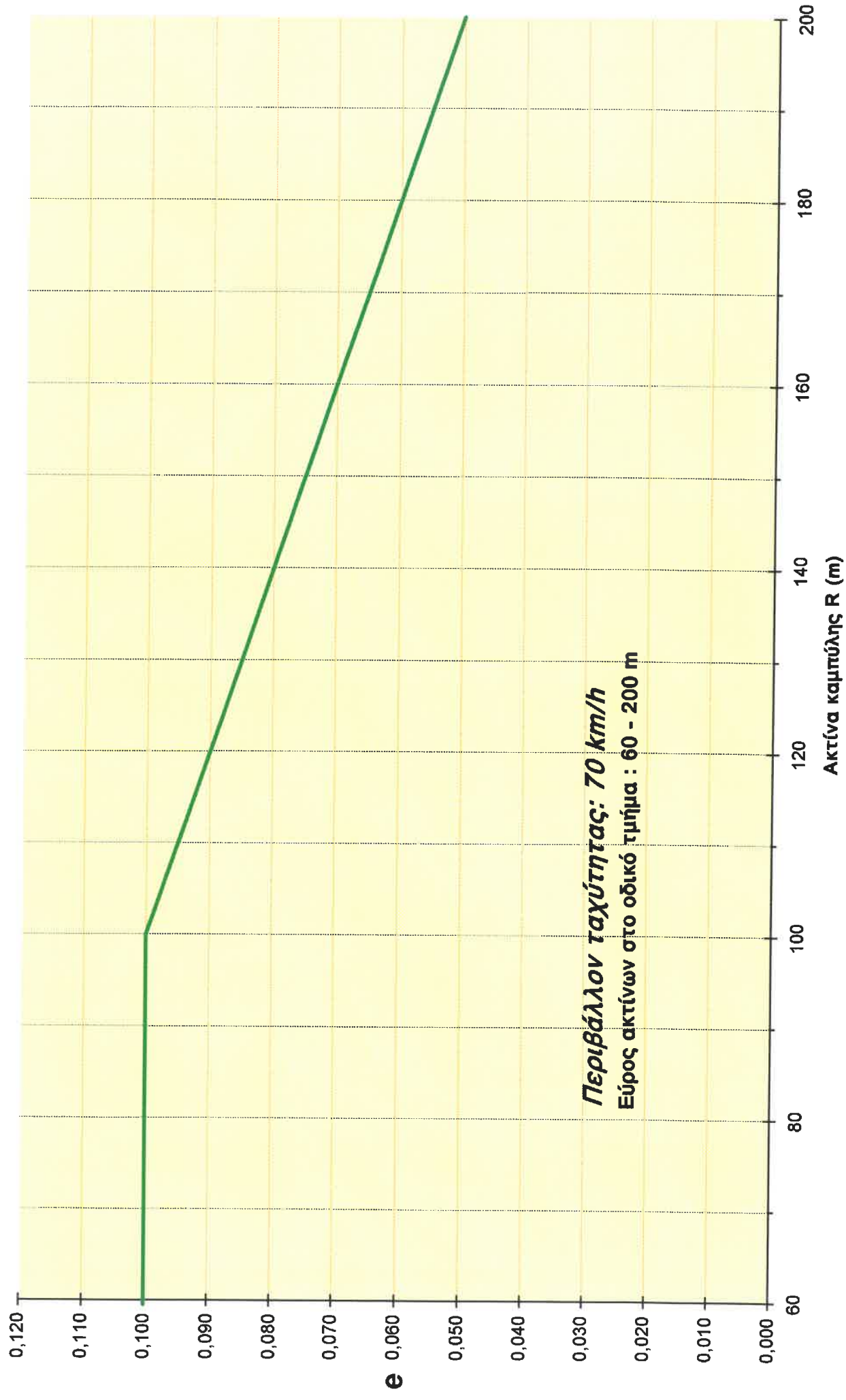
Σχ.3.17α Κανονισμοί Αυστραλίας - Πρόταση σχεδιασμού επίκλισης



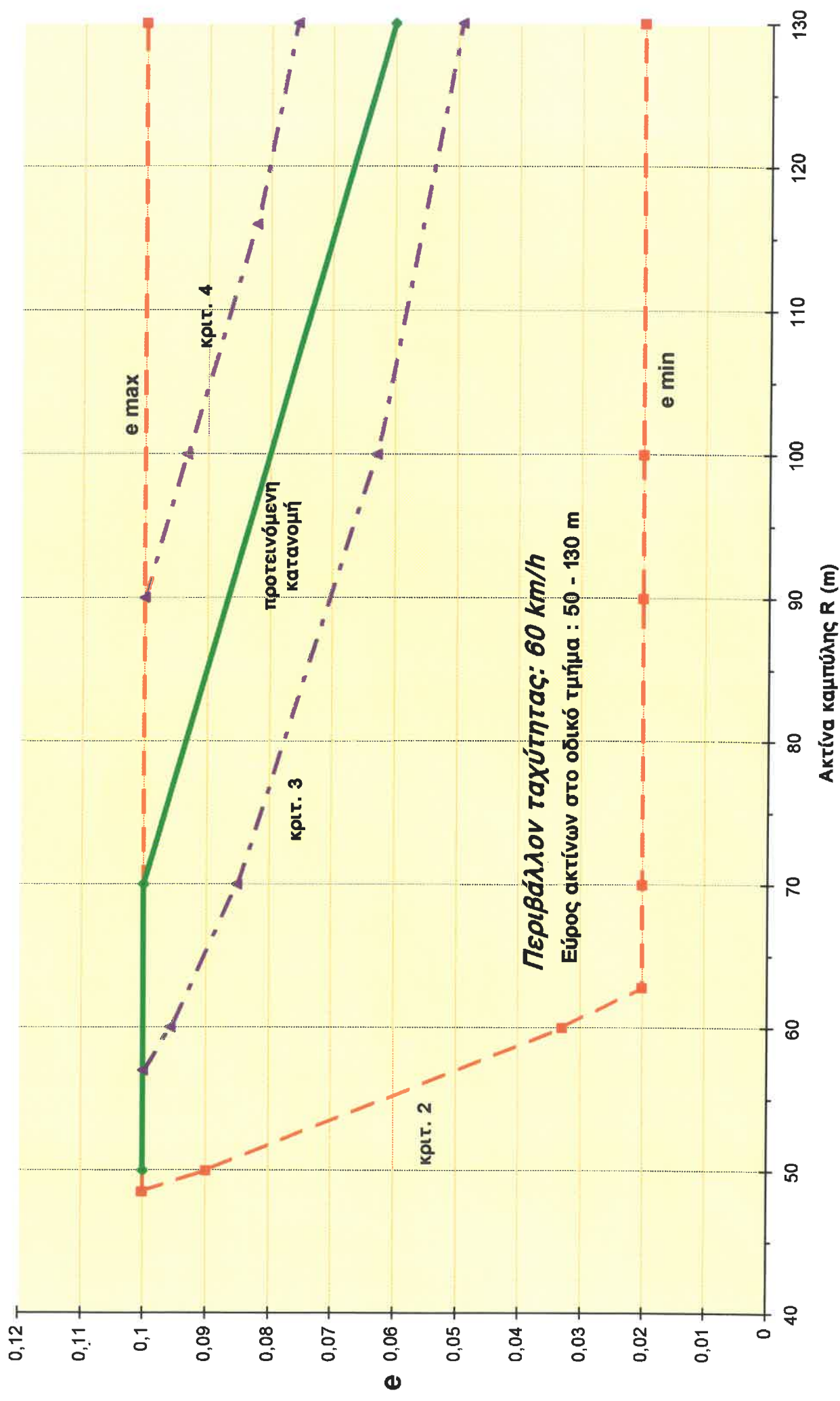
Σχ.3.17b Κανονισμοί Αυστραλίας - Πρόταση σχεδιασμού επίκλισης



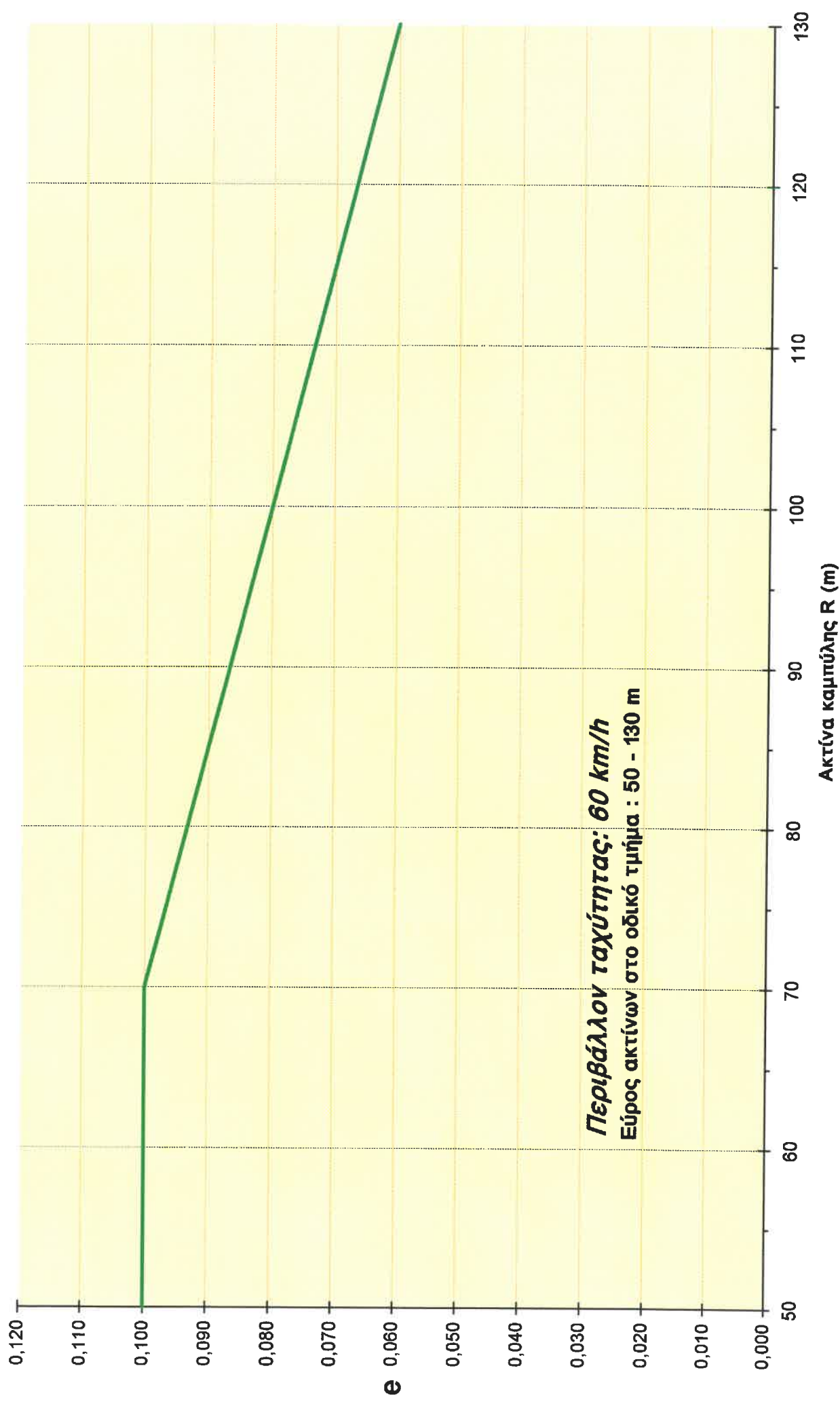
Σχ.3.18α Κανονισμοί Αυστραλίας - Πρόταση σχεδιασμού επίκλισης



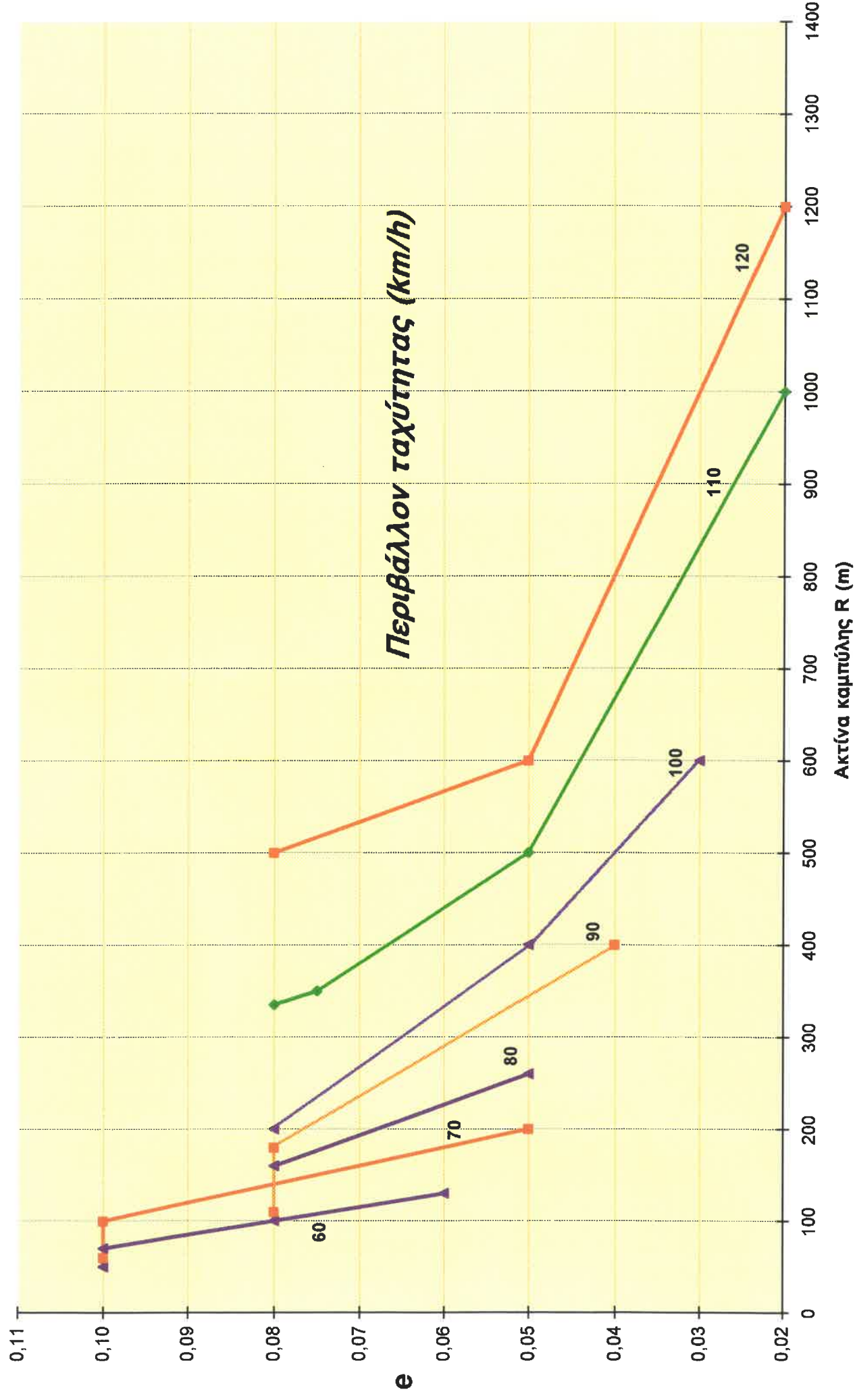
Σχ.3.18b Κανονισμοί Αυστραλίας - Πρόταση σχεδιασμού επίκλισης



Σχ.3.19α Κανονισμοί Αυστραλίας - Πρόταση σχεδιασμού επίκλισης



Σχ.3.19b Κανονισμοί Αυστραλίας - Πρόταση σχεδιασμού επίκλισης



Σχ.3.20 Πρόταση σχεδιασμού επίκλισης - Συγκεντρωτικό διάγραμμα

4. ΜΗΚΗ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ

4.1 Γενικά

Μία βασική προϋπόθεση που διατυπώνεται σε όλους τους κανονισμούς [1],[2],[3], είναι το να δίνεται η δυνατότητα στον οδηγό να αντιλαμβάνεται πιθανούς κινδύνους σε χρόνο αρκετό, ώστε να μπορεί να αντιδράσει και να σταματήσει έγκαιρα προ του εμποδίου η και να κάνει αν χρειασθεί ελιγμό αποφυγής του εμποδίου. Η παράμετρος που χρησιμοποιείται για να εκτιμηθεί αυτή η δυνατότητα είναι το μήκος ορατότητας. Το μήκος αυτό στους περισσότερους κανονισμούς βασίζεται σε μια σειρά τυποποιημένων παραδοχών σχετικά με συγκεκριμένους κινδύνους (hazards) και την αντίστοιχη συμπεριφορά του οδηγού. Ο κίνδυνος αντιπροσωπεύεται από ένα αντικείμενο του οποίου το μέγεθος είναι αρκετό, ώστε όταν εισέρχεται στο πεδίο ορατότητας (field of vision) του οδηγού τον υποχρεώνει να πραγματοποιήσει ελιγμό. Λαμβάνονται υπόψη συγκεκριμένες τιμές για τον χρόνο αντίδρασης του οδηγού (αν και στην πραγματικότητα υπάρχει κάποια διασπορά) και μεγέθη τα οποία καθορίζουν την γεωμετρία της οπτικής γραμμής (sight line geometry).

Κανονικά η επιλογή των δυσμενέστερων τιμών για κάθε μία παράμετρο πρέπει να αποφεύγεται, γιατί η πιθανότητα όλες οι δυσμενείς συνθήκες να συμβούν ταυτοχρόνως είναι πολύ μικρή, αλλά και το αποτέλεσμα δεν θα ήταν πρακτικό [1]. Πάντως, όσο μεγαλώνει το μήκος ορατότητας τόσο αυξάνεται και η οδική ασφάλεια που σε γενικές γραμμές είναι και το επιθυμητό αποτέλεσμα, εφόσον δεν υπάρχει αρνητική επίδραση σε άλλους παράγοντες (όπως σε προσπεράσεις η στο κόστος του έργου).

Η ικανότητα του οδηγού βέβαια να αντιληφθεί κάποιο εμπόδιο ή κίνδυνο δεν είναι σταθερή. Όταν ο οδηγός διανύει κλειστές καμπύλες ή επιταχύνει (επιβραδύνει) με μεγάλους ρυθμούς, η ικανότητά του να αντιληφθεί κάποιο αντικείμενο μειώνεται. Άλλοι παράγοντες όπως κόπωση ή η κατανάλωση αλκοόλ αυξάνουν τον χρόνο αντίληψης και ίσως τον χρόνο αντίδρασης [1].

Επίσης η περιφεριακή όραση μειώνεται καθώς αυξάνεται η ταχύτητα, και είναι αρκετά δύσκολο ο οδηγός να αντιληφθεί μικρά εμπόδια έγκαιρα όταν οι ταχύτητες υπερβαίνουν τα 80 - 100 χλμ.

4.2 Κανονισμοί Αυστραλίας

4.2.1 Παραδοχές για τον υπολογισμό μήκους ορατότητας.

Οι τιμές που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του μήκους ορατότητας όσον αφορά το ύψος οφθαλμών του οδηγού είναι οι εξής:

Υψος οφθαλμών οδηγού:

- Επιβατικό αυτοκίνητο - 1.15 μ.
- Φορτηγό αυτοκίνητο - 1.80 μ.

Θεωρείται ότι ο οδηγός αντιδρά όταν αντιλαμβάνεται το τμήμα του αντικειμένου που προεξέχει πάνω από ένα συγκεκριμένο ύψος. Το μη ορατό αυτό ύψος αυτό (object cut off height) είναι:

- Οχήμα στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας - 1.15 μ.
- Σταθερό αντικείμενο στην οδό - 200 mm.
- Φώτα προπορευόμενου οχήματος - 600 mm.

4.2.2 Υψος οφθαλμού και μη ορατό ύψος αντικειμένου (object cut off height).

Το ύψος οφθαλμού του οδηγού πάνω από το οδόστρωμα διαφέρει ανάλογα με την κατασκευή του οχήματος, την σωματική διάπλαση του οδηγού και την στάση του μέσα στο όχημα.

Ερευνες στην Αυστραλία το 1962 έδειξαν ότι το 85% των οδηγών είχε ύψος οφθαλμού 1.14 m και άνω πάνω από το οδόστρωμα με μέσο ύψος 1.21 m, ενώ το 1969 το ύψος αυτό είχε μεταβληθεί σε 1.11 m με μέσο ύψος 1.19 m. Οι κανονισμοί πάντως χρησιμοποιούν ως ύψος 1.15 m.

Η στάση συνήθως οφείλεται στην παρουσία ενός σταματημένου οχήματος σε κάποια απόσταση, οπότε σ'αυτή την περίπτωση είναι αναγκαίο να είναι ορατό το προπορευόμενο όχημα απο ένα ύψος 600 mm και πάνω (τα 600 mm είναι το μη ορατό τμήμα). Στην περίπτωση που υπάρχει κοίλωμα με υπερκείμενο εμπόδιο

(όπως μιά γέφυρα) οι κανονισμοί επισημαίνουν ότι πρέπει να χρησιμοποιηθούν οι δυσμενέστερες τιμές ύψους, δηλαδή 1.80 m για ύψος οφθαλμού, και 600 mm σαν ορατό ύψος αντικειμένου (object cut off height). Σ' αυτή την περίπτωση είναι ορατό το τμήμα από 600 mm και κάτω λόγω του υπερκειμένου εμποδίου.

Για να γίνει ένα πολύ μικρό εμπόδιο ορατό, η τιμή του μη ορατού ύψους του αντικειμένου πρέπει είναι μηδέν, καθώς σε μεγάλες ταχύτητες γίνεται εξαιρετικά δύσκολο να διακρίνει κανείς μικρές αλλαγές στο οδόστρωμα. Οι περισσότεροι οδηγοί που κινούνται με 100 km/h με δυσκολία θα έκαναν ελιγμό, η στάση για να αποφύγουν ένα μικρό αντικείμενο. Επισημαίνεται πάντως από τους κανονισμούς ότι σε μερικές περιπτώσεις (όπως για παράδειγμα διασταυρώσεις όπου πρέπει να είναι ορατή η οριζόντια σήμανση) μηδενικό ύψος αντικειμένου θα ήταν σκόπιμο.

Το ύψος αντικειμένου επηρεάζει το μήκος ενός κυρτώματος, και καθώς το ύψος μηδενίζεται το μήκος του κυρτώματος αυξάνεται σημαντικά. Οι κανονισμοί παντως χρησιμοποιούν μη ορατό ύψος αντικειμένου (object cut off height) 200 mm.

4.2.3 Μήκος ορατότητας για στάση.

Το θεωρητικό μήκος τροχοπέδησης δίνεται από την σχέση :

$$SD = R_T \cdot v + v^2 / 2 g d$$

ή

$$SD = R_T \cdot V / 3.6 + V^2 / 254d \quad (4.1)$$

όπου:

SD	= μήκος τροχοπέδησης (m)
d	= συντελεστής επιβράδυνσης (coefficient of deceleration)
g	= 9.81 m/s ²
R _T	= χρόνος αντίδρασης οδηγού (sec)
V	= αρχική ταχύτητα οχήματος (km/h)
v	= αρχική ταχύτητα οχήματος (m/s)

Για το R_T και d πρέπει να γίνουν κάποιες παραδοχές ώστε να υπολογισθεί το SD για κάποια συγκεκριμένη αρχική ταχύτητα.

4.2.4 Χρόνος αντίδρασης οδηγού.

Ο χρόνος αντίδρασης είναι ο χρονική διάρκεια από την στιγμή που κάποιο εμπόδιο γίνει ορατό μέχρι την στιγμή που το όχημα ξεκινά την τροχοπέδηση. Οι αυστραλιανοί κανονισμοί επισημαίνουν ότι δεν υπάρχουν ενδείξεις που να στηρίζουν μία συγκεκριμένη τιμή, αλλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν τιμές μεταξύ 2.0 και 2.5 sec.

Επισημαίνεται επίσης ότι για χαράξεις χαμηλών ταχυτήτων ο χρόνος των 2.0 sec μπορεί να μην είναι και τόσο πρακτικός και θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν μικρότερες τιμές. Ως ελάχιστη απαίτηση, θα πρέπει σ'αυτή την περίπτωση να εξασφαλίζεται το μεγαλύτερο δυνατόν μήκος ορατότητας, το οποίο σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να αντιστοιχεί σε χρόνο αντίδρασης μικρότερο από 1.5 sec. Σε τέτοια οδικά τμήματα τα οποία χαρακτηρίζονται από χαμηλές ταχύτητες, (χαράξεις με μικρές ακτίνες) οι μικρότεροι χρόνοι αντίδρασης δικαιολογούνται γιατί ο οδηγός βρίσκεται σε επαγρύπνηση.

4.2.5 Κατά μήκος επιβράδυνση.

Πρόσφατες έρευνες από το ARRB [1] έδειξαν ότι σε στεγνό οδόστρωμα καλής ποιότητας, τα σημερινά οχήματα έχουν τιμές επιβράδυνσης πάνω από 1.0 g. Οι τιμές όμως που χρησιμοποιούνται για υπολογισμούς είναι πιο συντηρητικές καθώς λαμβάνουν υπόψη βρεγμένο οδόστρωμα ή και με φθορές. Οι τιμές του συντελεστή επιβράδυνσης δίνονται στον Πιν. 4.1.

4.2.6 Μήκος ορατότητας για στάση.

Με τις παραδοχές που γίνονται όσο αφορά τον χρόνο αντίδρασης και την επιβράδυνση, γίνεται ο υπολογισμός ενός μήκους τροχοπέδησης ανάλογα με την αρχική ταχύτητα. Αν η αρχική ταχύτητα που θα χρησιμοποιηθεί είναι η V_{85} τότε το μήκος τροχοπέδησης είναι αυτό που καλύπτει το 85% των κινούμενων οχημάτων στο οδικό τμήμα και είναι σύμφωνα με τους αυστραλιανούς κανονισμούς, το ελάχιστο μήκος ορατότητας που πρέπει να υπάρχει. Οι τιμές που προκύπτουν από την σχέση 4.1 και τις παραδοχές του Πιν. 4.1 δίνονται στον Πιν. 4.2.

Πιν 4.1 Τιμές συντελεστών επιβράδυνσης [1]

Αρχική ταχύτητα km/h	Συντελεστής επιβράδυνσης ως ποσοστό του g
50	0.52
60	0.48
70	0.45
80	0.43
90	0.41
100	0.39
110	0.37
120	0.35
130	0.33

Πολλές φορές πάντως δεν είναι δυνατό να γίνουν παραδοχές (όσο αφορά χρόνο αντίδρασης και επιβράδυνση) που να είναι σωστές σε όλες τις περιπτώσεις. Ετσι οι κανονισμοί αφήνουν περιθώρια για την χρήση ελαχίστων μηκών ορατότητας που η εμπειρία έχει αποδείξει ότι λειτουργούν ικανοποιητικά. (Πιν 4.2).

4.2.7 Χρόνος ελιγμού αποφυγής (equivalent manoeuvre time)

Μικρές αυξομειώσεις στο μήκος ορατότητας έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην γεωμετρία ενός κυρτώματος (και επομένως στις ποσότητες χωματουργικών). Μία πιο πρακτική λύση πολλές φορές είναι να ληφθεί υπόψη ότι ο οδηγός είναι πιο πιθανόν να κάνει ελιγμό για να αποφύγει το εμπόδιο, παρά να σταματήσει. Ετσι η εναλλακτική λύση που προτείνεται από τους αυστραλιανούς κανονισμούς σε δύσκολες περιπτώσεις είναι:

- Το πλάτος της οδού να είναι αρκετό ώστε να παρέχει περιθώρια για ελιγμούς. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να αποφεύγεται ο συνδυασμός κυρτώματος και ελάχιστου πλάτους οδοστρώματος.
- Ο οδηγός να μπορεί να αντιληφθεί κάποιο εμπόδιο (χρησιμοποιώντας την κανονική γεωμετρία ορατότητας από 1.15m στα 0.2m) σε αρκετό χρόνο ώστε να μπορεί να πραγματοποιήσει ελιγμό. Τυπικές τιμές είναι 3sec για 50km/h ως 5sec για 100km/h.

Οι χρόνοι και τα μήκη που αντιστοιχούν στην εναλλακτική λύση του ελιγμού δίνονται στον Πιν. 4.3

Πιν 4.2 Μήκη ορατότητας για στάση [1]

Ταχύτητα μελέτης km/h	Μήκος ορατότητας για στάση (m) (1)		
	Κανονικές τιμές (2)		Κατ'εξαίρεση (3)
	RT =2.5s	RT =2.0s	RT =1.5s
50		45	40
60		65	55
70		85	70
80	115	105	
90	140	130	
100	170		
110	210		
120	250		
130	300		
(1)	Με τις παραδοχές που έγιναν στο 4.2.1		
(2)	Με χρήση των τιμών από 4.2.4 και 4.2.5 -Σημ.: Οι τιμές αυτές επί 1.4 ισοδυναμούν με κύρτωμα υπολογισμένο με ύψος αντικειμένου = 0		
(3)	Βλ. 4.2.4 Ο οδηγός θεωρείται σε επαγρύπνηση. Δεν χρησιμοποιείται σε μεμονωμένα στοιχεία.		

Διαπιστώνεται ότι τα μήκη για πραγματοποίηση ελιγμού αντιστοιχούν περίπου με τα μήκη ορατότητας για στάση χρησιμοποιώντας χρόνους αντίδρασης 2.0 sec και 1.5 sec από τον Πιν. 4.2. Οι χρόνοι ελιγμών και οι αποστάσεις δίνονται στον Πιν. 4.3.

4.2.8 Ορατότητα για προσπεράσεις.

Σε οδούς δύο λωρίδων η στάθμη εξυπηρέτησης επηρεάζεται από:

- το πόσο συχνά ένα ταχύτερο όχημα βρίσκει μπροστά του άλλο όχημα που κινείται με μικρότερη ταχύτητα.

- ο χρόνος που το δεύτερο όχημα αναγκαστικά ακολουθεί το προπορευόμενο όχημα πριν το προσπεράσει.

Σε επαρχιακές οδούς με χαμηλό φόρτο, η πορεία ενός οχήματος δεν ανακόπτεται και τόσο συχνά απο κάποιο αργότερο, με αποτέλεσμα η στάθμη εξυπηρέτησης να μην επηρεάζεται και τόσο. Οι αυστραλιανοί κανονισμοί όμως επισημαίνουν ότι ο χρόνος που διαρκεί η αναγκαστική πορεία πίσω από κάποιο αργότερο όχημα είναι σημαντική για τον οδηγό, και έτσι το ποσοστό της οδού που προσφέρει ευκαιρία προσπέρασης επηρεάζει κατά κάποιο τρόπο τη στάθμη εξυπηρέτησης, και επομένως είναι κάτι που πρέπει να ληφθεί υπ'όψη από τον μελετητή. Προτείνεται λοιπόν ότι το όλο θέμα της ορατότητας για προσπέραση, αντιμετωπισθεί από την πλευρά της παροχής ευκαιριών προσπέρασης **σε κάποιο ποσοστό του οδικού τμήματος**, αντί να δίνεται έμφαση στο μήκος ορατότητας για προσπέραση μεμονωμένων στοιχείων.

Ο ελιγμός της προσπέρασης περιέχει μεγάλο αριθμό παραγόντων όπως:

- Την κρίση του οδηγού που θέλει να προσπεράσει και την επικινδυνότητα που είναι διατεθειμένος να αντιμετωπίσει.
- Το μέγεθος και η ταχύτητα των οχημάτων που πρέπει να προσπερασθούν.
- Η ταχύτητα του οχήματος που προσπερνά και η αντίληψη της επικινδυνότητας κατά την διάρκεια του ελιγμού.
- Η ταχύτητα ενός πιθανόν αντίθετα ερχομένου οχήματος και ο ελιγμός ή τροχοπέδηση που κάνει αυτό το όχημα, ή και το όχημα που προσπερνάται.

Το να συμπεριληφθούν όλοι αυτοί οι παράγοντες σε μία τυποποιημένη διαδικασία σχεδιασμού είναι δύσκολο, καθώς ο κάθε παράγοντας περιέχει κάποια αβεβαιότητα καθώς επίσης συνδέεται και με έννοιες όπως "επικινδυνότητα", "αντίληψη" και "κρίση". Έτσι οι περισσότεροι κανονισμοί καταφεύγουν σε μαθηματικά πρότυπα του ελιγμού προσπέρασης, τα οποία είναι απλουστευμένα σε κάποιο βαθμό.

Πιν 4.3 Μήκη ορατότητας για ελιγμό αποφυγής. [1]

Ταχύτητα μελέτης οριζοντιογραφίας (km/h)	Χρόνος αντίδρασης (sec)	Χρόνος ελιγμού (sec)	Μήκος ορατότητας για ελιγμό * (m)
50	2.0	3.2	45
	1.5	2.5	
60	2.0	3.6	60
	1.5	3.0	
70	2.0	3.9	75
	1.5	3.3	
80	2.0	4.3	95
90	2.0	4.8	120
100	2.0	5.6	155
* Χρησιμοποιείται όταν το κανονικό μήκος ορατότητας είναι δύσκολο ή ασύμφορο να επιτευχθεί σε οδικά τμήματα με ταχύτητα μελέτης κάτω των 100 km/h, και όπου μπορεί να γίνει η παραδοχή ότι ο οδηγός βρίσκεται σε επαγρύπνηση. Επίσης, σε μεμονωμένα στοιχεία έως 100 km/h όπου υπάρχει αρκετό πλάτος για ελιγμό (ερείσματα όχι μικρότερα από 1.50 m).			

Οι αυστραλιανοί κανονισμοί αναφέρονται στο ότι άλλοι κανονισμοί χρησιμοποιούν υπεραπλουστευμένα μαθηματικά πρότυπα του ελιγμού της προσπέρασης (δίνουν μάλιστα σαν παράδειγμα τους κανονισμούς AASHTO 1984) με αποτέλεσμα η χρήση των προτύπων αυτών να μὴν είναι πρακτική σε μορφολογίες εδάφους που δεν είναι σχεδόν επίπεδες. Προτείνουν έτσι ένα απλουστευμένο μεν πρότυπο, αλλά συγχρόνως όχι και τόσο περιοριστικό. Γίνεται έτσι η παραδοχή ότι υπάρχουν τρεις παράγοντες :

- **Αναγνωριστική προσπάθεια (establishment)** - Υπάρχει ένα ελάχιστο μήκος ορατότητας το οποίο είναι ικανό να ενθαρρύνει ένα δεδομένο ποσοστό οδηγών για να ξεκινήσει έναν ελιγμό προσπέρασης. Αποκαλείται από τους κανονισμούς **ESD (establishment sight distance)** δηλ. αναγνωριστικό μήκος

ορατότητας, καθώς ένα οδικό τμήμα αναγνωρίζεται σαν πιθανή ζώνη προσπέρασης.

- **Συνέχιση (continuation)** - Υπάρχει ένα κρίσιμο μήκος ορατότητας το οποίο αν συνεχιστεί για κάποιο ορισμένο μήκος μετά το αναγνωριστικό μήκος ορατότητας (ESD), θα μπορέσει ο οδηγός που επιχειρεί την προσπέραση να την ολοκληρώσει ή να εγκαταλείψει την προσπάθεια με ασφάλεια. Αυτό το μήκος ονομάζεται **continuation sight distance (CSD)** δηλ. μήκος ορατότητας για την συνέχιση του ελιγμού προσπέρασης. Γίνεται η παραδοχή ότι η ζώνη προσπέρασης, εκτείνεται όσο συνεχίζει να υπάρχει το μικρότερο αυτό μήκος (CSD), μετά την διαθέσιμη ζώνη του αναγνωριστικού μήκους ορατότητας, με τους περιορισμούς όμως της επόμενης παραγράφου.
- **Επαναληπτική αναγνωριστική προσπάθεια (re-establishment)** - ένας τρίτος παράγοντας είναι η συχνότητα της αναγνώρισης μήκους ορατότητας. Σε οδούς με μεγάλο φόρτο είναι πιθανόν ότι ο οδηγός δεν θα μπορέσει να εκμεταλευτεί την πρώτη ευκαιρία που θα παρουσιαστεί εξαιτίας της ροής στο αντίθετο ρεύμα. Σε χαμηλούς φόρτους η πιθανότητα είναι βέβαια μικρότερη, αλλά ο χρόνος της αναγκαστικής παρακολούθησης γίνεται πλέον παράγοντας της στάθμης εξυπηρέτησης και καθορίζει το μήκος επανάλληψης της αναγνώρισης.

Οι κανονισμοί αναφέρουν ότι όταν μελετάται η διαδικασία της προσπέρασης, είναι πιο κατάλληλη η χρήση χρονικών κενών, αλλά σε μελέτες οδοποιίας προτιμάται η χρήση αποστάσεων. Έτσι τα χρονικά κενά που αντιπροσωπεύουν τις έννοιες ESD και CSD έχουν μεταφρασθεί σε μήκη ορατότητας, που χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με την μέση ταχύτητα μελέτης του οδικού τμήματος.

Το ARRB έχει διεξάγει σημαντικές έρευνες [1] σχετικά με την προσπέραση σε υπεραστικές οδούς της Αυστραλίας. Οι τιμές που δίνονται στους κανονισμούς (βλ. Πιν. 4.4) είναι οι χρόνοι και αποστάσεις που καλύπτουν το 70% των προσπεράσεων όπως προέκυψε από τις έρευνες αυτές. Συνοπτικά:

- Η απόσταση **ESD** προέρχεται από το χρονικό κενό που γίνεται αποδεκτό από τον οδηγό που επιχειρεί προσπέραση.

- Η απόσταση **CSD** προέρχεται από τον χρόνο που χρειάζεται για να ολοκληρωθεί η δεύτερη και τρίτη φάση του ελιγμού (πρώτη φάση το όχημα περνά στο αντίθετο ρεύμα, δεύτερη φάση η προσπέραση, τρίτη φάση επαναφορά στο κανονικό ρεύμα).
- Η απόσταση επανάληψης της **ESD** έχει σχέση με τον χρόνο που το όχημα ακολουθεί το προπορευόμενο όχημα έως ότου παρουσιασθεί η κατάλληλη ευκαιρία.
- Γίνεται η παραδοχή ότι το όχημα που προσπερνά καθώς και το αντιθέτως ερχόμενο όχημα κινούνται με την ταχύτητα μελέτης (μπορεί αυτή να είναι διαφορετική για τα δύο ρεύματα - βλ. κεφ. 2).
- Γίνεται επίσης η παραδοχή ότι το όχημα που προσπερνάται κινείται με μικρότερη ταχύτητα, που είναι η μέση ταχύτητα αυτής της κατεύθυνσης.
- Τα μήκη ορατότητας χρησιμοποιούνται με ύψος οφθαλμών 1.15 m και μη ορατό ύψος αντικειμένου (object cut off height) 1.15 m.

Όταν ελέγχεται κάποιο οδικό τμήμα, το μήκος ορατότητας **CSD** (συνέχισης) είναι ο κρίσιμος παράγοντας που καθορίζει το ποσοστό του οδικού τμήματος που επιτρέπει ελιγμό προσπέρασης. Το μήκος αυτό εξασφαλίζει ότι όλο το μήκος της οδού που θα χρησιμοποιηθεί από το όχημα που επιχειρεί την προσπέραση, είναι ορατό στο κρίσιμο σημείο του ελιγμού (στο σημείο που το όχημα δεν μπορεί να εγκαταλείψει την προσπάθεια) και ότι το αντιθέτως ερχόμενο όχημα είναι επίσης ορατό αν βρίσκεται εντός της ζώνης προσπέρασης.

4.2.9 Καθορισμός ποσοστού του οδικού τμήματος που επιτρέπει προσπέραση

Ορίζεται ένα ποσοστό οδικού τμήματος σύμφωνα με τις παρακάτω παραδοχές:

- Το τμήμα προσπέρασης αρχίζει σε σημείο όπου υπάρχει το αναγνωριστικό μήκος ορατότητας (**ESD**).

- Το τμήμα τελειώνει σε μία απόσταση που είναι η μικρότερη των δύο περιπτώσεων:

1 - όταν το μήκος ορατότητας συνέχισης (CSD) παύει να υπάρχει

2 - σε μια απόσταση = **Ταχύτητα μελέτης / 20** (km)

Οσο συνεχίζει να υπάρχει το μήκος συνέχισης (CSD) ο ελιγμός που ξεκίνησε μπορεί να ολοκληρωθεί με ασφάλεια. Αν όμως το αναγνωριστικό μήκος ορατότητας (ESD) δεν επαναλαμβάνεται συχνά, οι οδηγοί θα αποθαρρύνονται από το να ξεκινούν ελιγμούς προσπέρασης, με αρνητικές συνέπειες στην κυκλοφοριακή ικανότητα (σε μεγάλους φόρτους) και στη στάθμη εξυπηρέτησης (σε χαμηλούς φόρτους). Η απόσταση που προκύπτει από την περίπτωση 2 αντιστοιχεί περίπου με 3 λεπτά διαδρομής.

Πιν 4.4 Μήκη ορατότητας για προσπέραση. Για τον προσδιορισμό της αρχής και τέλους ζωνών προσπέρασης [1]

Ταχύτητα μελέτης (km/h)	Προσπερνώμενο οχημα (km/h)	ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ		ΣΥΝΕΧΙΣΗ	
		Χρόνικό κενό (sec)	Μήκος ορατότητας (m)	Χρόνικό κενό (sec)	Μήκος ορατότητας (m) *
50	43	12.8	330	4.5	165
60	51	13.6	420	5.0	205
70	60	14.4	520	5.4	245
80	69	15.5	640	6.0	300
90	77	16.6	770	6.5	360
100	86	17.8	920	7.2	430
110	94	19.4	1100	7.9	500
120	103	21.0	1300	8.7	600
130	111	22.4	1500	9.5	700
* Συμπεριλαμβάνονται 50 - 60 m επιπλέον μετά την ολοκλήρωση του ελιγμού					

Οι ταχύτητες μελέτης που χρησιμοποιούνται για την επιλογή των μηκών προσπεράσεως είναι η μέση ταχύτητα μελέτης του οδικού τμήματος και στις δύο κατευθύνσεις. Χρησιμοποιείται ένα οδικό τμήμα και όχι ένα στοιχείο γιατί η

ταχύτητα μελέτης δεν είναι σταθερή. Επίσης αφού ένας παράγοντας είναι η ταχύτητα του αντιθέτως ερχομένου οχήματος και η ταχύτητα μελέτης ίσως να είναι διαφορετική στις δύο κατευθύνσεις, πρέπει να χρησιμοποιείται ο μέσος όρος των ταχυτήτων μελέτης.

Ετσι ο κανονισμός ορίζει ότι το ποσοστό του οδικού τμήματος που επιτρέπει τον ελιγμό της προσπέρασης είναι το άθροισμα των τμημάτων όπως ορίζονται παραπάνω διά του συνολικού μήκους του εξεταζόμενου τμήματος.

Τα μήκη ορατότητας που χρησιμοποιούνται σ'αυτή την διαδικασία δίνονται στον Πιν. 4.4 όπου φαίνονται και τα αντίστοιχα χρονικά κενά.

4.3 Κανονισμοί Γερμανίας

4.3.1 Απαιτούμενα μήκη ορατότητας

Κατά τους γερμανικούς κανονισμούς [3] το μήκος ορατότητας για στάση είναι βασικό κριτήριο για την αξιολόγηση των συνθηκών ορατότητας οδών όλων των κατηγοριών, ενώ το μήκος ορατότητας για προσπέραση έχει δευτερεύουσα σημασία για οδούς κατηγοριών Β και C. Αν και οι κανονισμοί αυτοί είναι γνωστοί, αναφέρονται εδώ τα κυριώτερα σημεία για τον σκοπό της σύγκρισης.

4.3.2 Μήκος ορατότητας για στάση

Το μήκος ορατότητας για στάση S_h είναι το απαιτούμενο μήκος που χρειάζεται ένα όχημα που έχει αναπτύξει την V_{85} προκειμένου να ακινητοποιηθεί προ ενός εμποδίου που εμφανίζεται απροσδόκητα στο οδόστρωμα. Είναι το άθροισμα του μήκους που διανύει το όχημα κατά τον χρόνο αντίδρασης του οδηγού S_1 και του μήκους τροχοπέδησης S_2 .

$$S_h = S_1 + S_2 \quad (4.2)$$

όπου

$$S_1 = V_o \cdot t_R / 3.6$$

και

$$S_2 = 147.8 \ln \left(\frac{(0.266 \cdot (V/100)^2 - 0.72 \cdot (V/100) + 0.708 + (s/100))}{(0.708 + (s/100))} \right) + \frac{(213 / \sqrt{(0.233 + (1.064s/100))}) \cdot \arctan \left(\frac{(V/100) \cdot \sqrt{(0.233 + (1.064s/100))}}{(1.42 + 2 \cdot (s/100) - 0.721 \cdot (V/100))} \right)}{1}$$

όπου:

S_h = μήκος ορατότητας για στάση. (m)

S_1 = διανυθέν μήκος κατά την διάρκεια του χρόνου αντίδρασης. (m)

S_2 = καθαρό μήκος στάσης. (m)

V_o = ταχύτητα κατά την έναρξη τροχοπέδησης. (km/h)

t_R = χρόνος αντίδρασης οδηγού (sec)

s = μέση κλίση κατά μήκος της διαδρομής πέδησης (αρνητική σε περίπτωση κατωφέρειας) (%)

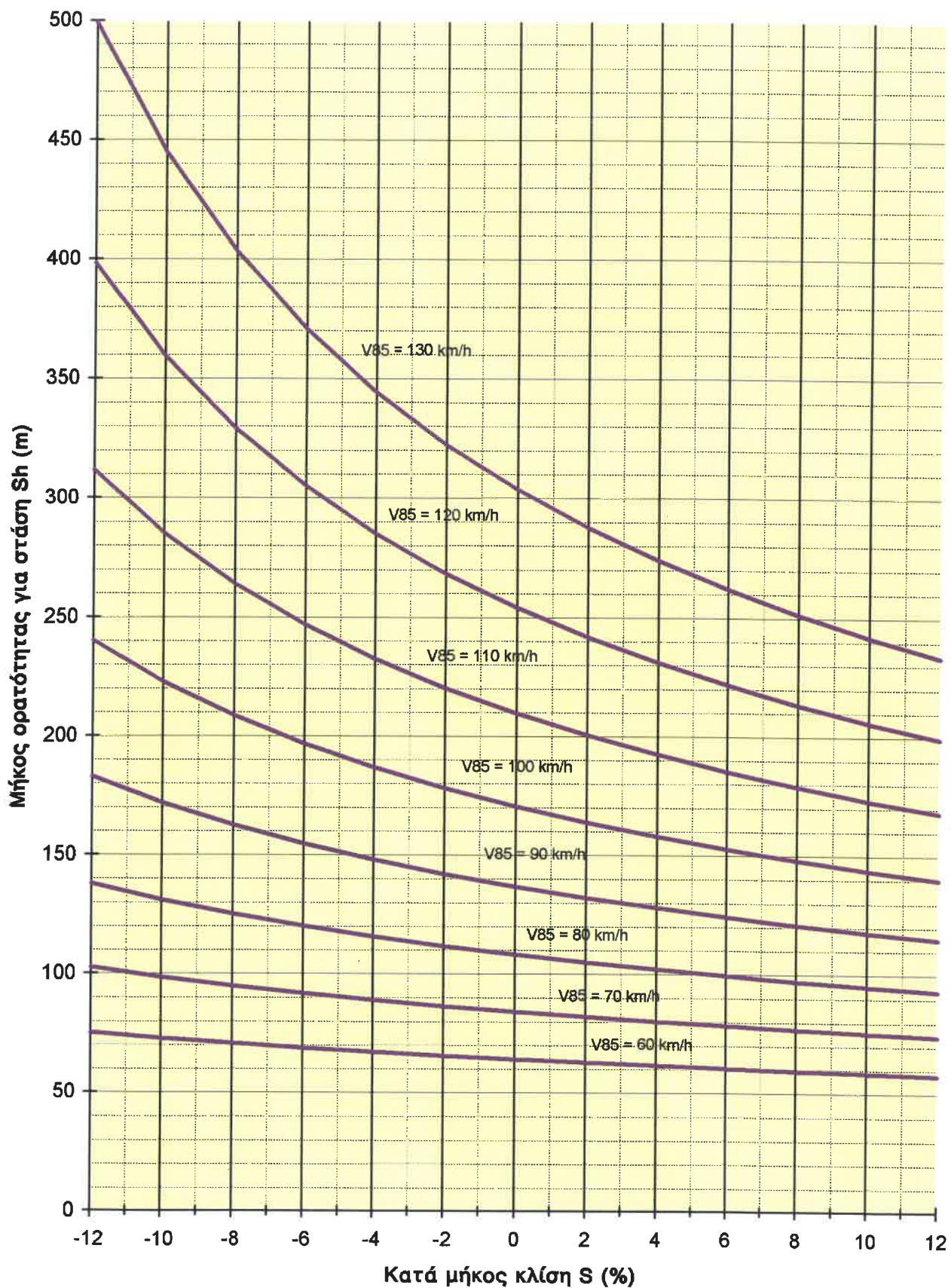
Τα μήκη ορατότητας που προκύπτουν από αυτές τις σχέσεις δίνονται στο Σχ. 4.1 για οδούς κατηγοριών Α.

4.3.3 Μήκος ορατότητας για προσπέραση

Το μήκος ορατότητας για προσπέραση S_u προσδιορίζεται από τούς γερμανικούς κανονισμούς σαν το άθροισμα των μηκών που διανύονται από το προσπερνόν όχημα και από το αντιθέτως κινούμενο όχημα (κατά την διάρκεια της διαδικασίας προσπέρασης), συν μία απόσταση ασφαλείας. Τα μήκη ορατότητας για προσπέραση για οδούς της ομάδας κατηγοριών Α δίνονται στον Πιν. 4.5 ενώ οι κανονισμοί προσδιορίζουν ότι για οδούς της ομάδας Β και C δεν τίθεται θέμα προσπέρασης για λόγους ασφάλειας της κυκλοφορίας (συχνή διασταυρούμενη κυκλοφορία).

Πιν. 4.5 Μήκος ορατότητας για προσπέραση
Οδοί ομάδας κατηγοριών Α

V_e km/h	S_u m
60	475
70	500
80	525
90	575
100	625



Σχ. 4.1 Μήκη ορατότητας για στάση για οδούς κατηγοριών Α. [3]

4.3.4 Υψος αντικειμένου - γεωμετρικές παραδοχές.

Οι γερμανικοί κανονισμοί χρησιμοποιούν σαν ελάχιστες τιμές ακτίνων, τιμές που κατά το παρελθόν έχουν αποδειχθεί επαρκείς (βλ Πιν 4.6). Από αυτές τις ελάχιστες τιμές προκύπτουν τα ύψη αντικειμένων που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του απαιτούμενου μήκους ορατότητας για στάση κυρτών καμπυλών. Για τον υπολογισμό ισχύει η εξής σχέση:

$$\min H_k = S_h^2 / (2 \cdot (\sqrt{h_A} + \sqrt{h_Z})^2) \quad (4.3)$$

όπου:

$\min H_k$ = ελάχιστη ακτίνα κυρτής καμπύλης μηκοτομής (m)

S_h = απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση. (m) σχ 4.1 και 4.2

h_A = ύψος οδηγού οφθαλμών. (m)

h_Z = ύψος εμποδίου. (m)

Γίνεται επίσης και η παραδοχή:

$$V_{85} = V_e + 10 \text{ km/h (για οδούς της ομάδας κατηγοριών A)}$$

Οι τιμές που προκύπτουν για ύψος αντικειμένου δίνονται στον Πιν. 4.7. Με βάση αυτές τις τιμές προσδιορίζεται το υπάρχον μήκος ορατότητας και μπορεί να κατασκευασθεί το διάγραμμα μηκών ορατότητας, ώστε συγκρίνοντας τα υπάρχοντα με τα απαιτούμενα μήκη ορατότητας να εντοπισθούν οι κρίσιμες χιλιομετρικές θέσεις. Τα διαγράμματα συντάσσονται ξεχωριστά για κάθε κατεύθυνση.

Επισημαίνεται από τους κανονισμούς ότι το μήκος ορατότητας για στάση πρέπει να υπάρχει σε όλο το μήκος της οδού και σε όλες τις κατηγορίες οδών, ενώ το μήκος ορατότητας για προσπέραση μόνο σε οδούς της ομάδας κατηγοριών Α με κυκλοφορία και στις δύο κατευθύνσεις. Σύμφωνα με τους κανονισμούς το μήκος ορατότητας για προσπέραση πρέπει να υπάρχει σε τουλάχιστον 10% - 25% του συνολικού τμήματος της οδού και να υπάρχει μία ομοιόμορφη κατανομή των τμημάτων αυτών. Επίσης, θεωρείται περιττό ή και πολλές φορές ανεπιθύμητο να υπάρχει επαρκές μήκος ορατότητας για προσπέραση σε οδούς της ομάδας κατηγοριών Β και C, επειδή συνήθως απαγορεύεται σ' αυτές τις οδούς ο ελιγμός της προσπέρασης ή και για λόγους ασφαλείας.

**Πιν 4.6 Ελάχιστες τιμές (min Hk) ακτίνων κυρτών καμπύλων.[3]
(για οδούς της ομάδας κατηγοριών Α)**

Ve (km/h)	min Hk (m)
50	1400
60	2400
70	3150
80	4400
90	5700
100	8300
110	16000

Πιν. 4.6 Υψος αντικειμένου [3]

Θέση	V ₈₅ km/h	h _z m
Στον άξονα της ίδιας λωρίδας κυκλοφορίας ¹	40	0.0
	50	0.0
	60	0.0
	70	0.05
	80	0.15
	90	0.25
	100	0.35
	110	0.40
	120	0.45
	130	0.45
Στον άξονα της αντίθετης λωρίδας κυκλοφορίας ²		1.00
¹ Μήκος ορατότητας για στάση ² Μήκος ορατότητας για προσπέραση Και στις δύο περιπτώσεις το ύψος οφθαλμών είναι 1.00 m στον άξονα της ίδιας λωρίδας κυκλοφορίας.		

Σε οδούς με μη διαχωρισμένο οδόστρωμα χρησιμοποιείται ως γραμμή αναφοράς ο άξονας της οδού. Σε οριακές περιπτώσεις και σε οδούς μίας κατεύθυνσης, ο υπολογισμός των υφισταμένων μηκών ορατότητας πρέπει να γίνεται για την κρίσιμη λωρίδα κυκλοφορίας π.χ. στην αριστερή λωρίδα κυκλοφορίας αριστερόστροφης καμπύλης, όπου η ορατότητα εμποδίζεται από εμπόδια στην διαχωριστική νησίδα.

4.4 Κανονισμοί ΗΠΑ

4.4.1 Μήκος ορατότητας για στάση.

Και στους αμερικανικούς κανονισμούς το μήκος ορατότητας για στάση προσδιορίζεται ως το άθροισμα του μήκους που διανύει το όχημα κατά τον χρόνο αντίδρασης του οδηγού (από την στιγμή που θα αντιληφθεί το εμπόδιο, ως την στιγμή που ξεκινά η πέδηση) και του μήκους που χρειάζεται το όχημα για να ακινητοποιηθεί. Οι δύο αυτές συνιστώσες αποκαλούνται από τους κανονισμούς μήκος αντίδρασης (brake reaction time) και μήκος πέδησης (braking distance).

4.4.1.1 Χρόνος αντίδρασης.

Αυτός ο χρόνος, σύμφωνα με τους κανονισμούς, συμπεριλαμβάνει και τον χρόνο που χρειάζεται έως ότου παρθεί η απόφαση για πέδηση. Ο χρόνος αυτός δεν είναι σταθερός και επισημαίνεται και εδώ, όπως και σε άλλους κανονισμούς, ότι είναι συνάρτηση πολλών δεδομένων, όπως της απόστασης του εμποδίου, των αντανakλαστικών του οδηγού, της ορατότητας, του τύπου της οδού, του μεγέθους, χρώματος και τύπου εμποδίου, και του βαθμού ετοιμότητας του οδηγού. Οι κανονισμοί πάντως βασιζόμενοι σε διάφορες έρευνες που έχουν γίνει κατά καιρούς, χρησιμοποιούν σαν χρόνο αντίδρασης 2.5 sec.

4.4.1.2 Μήκος πέδησης.

Το μήκος πέδησης για μηδενική κατά μήκος κλίση υπολογίζεται από τους αμερικανικούς κανονισμούς σύμφωνα με την σχέση:

$$d = V^2 / 254f \quad (4.4)$$

όπου

d = μήκος πέδησης (m)

V = αρχική ταχύτητα (km/h)

f = συντελεστής πρόσφυσης μεταξύ τροχού και οδοστρώματος

Οι τιμές που προκύπτουν για μήκη ορατότητας για στάση δίνονται στον Πιν. 4.7. Τα ελάχιστα μήκη ορατότητας για στάση υπολογίζονται με βάση την μέση ταχύτητα (η πρώτη τιμή της δεύτερης στήλης). Πάντως επειδή οι περισσότεροι οδηγοί σύμφωνα με τους κανονισμούς οδηγούν με την ίδια ταχύτητα στο στεγνό ή στο βρεγμένο οδόστρωμα, χρησιμοποιείται η ταχύτητα μελέτης για τον υπολογισμό των κανονικών μηκών ορατότητας.

Πίν 4.7 Μήκη ορατότητας για στάση (βρεγμένο οδόστρωμα) [2]

Ταχύτητα μελέτης	Αντίδραση οδηγού				Μήκος ορατότητας	
	Ταχύτητα υπολογισμού	Χρόνος	Απόσταση	f	Μήκος πέδησης (0%)	για στάση
	(km/h)	(sec)	(m)		(m)	Τιμή μελέτης (m)
30	30 - 30	2.5	20.8 - 20.8	0.4	8.8 - 8.8	29.6-29.6
40	40 - 40	2.5	27.8 - 27.8	0.38	16.6 - 16.6	44.4-44.4
50	47 - 50	2.5	32.6 -34.7	0.35	24.8 - 28.1	57.4-62.8
60	55 - 60	2.5	38.2 - 41.7	0.33	36.1-42.9	74.3-84.6
70	63 - 70	2.5	43.7 - 48.6	0.31	50.4-62.2	94.1-110.8
80	70 - 80	2.5	48.6 - 55.5	0.30	64.2-83.9	112.8-139.4
90	77 - 90	2.5	53.5 - 62.5	0.30	77.7-106.2	131.2-168.7
100	85 - 100	2.5	59.0 - 69.4	0.29	98.0-135.6	157.0-205.0
110	91 - 110	2.5	63.2 - 76.4	0.28	116.3-170.0	179.5-246.4
120	98 - 120	2.5	68.0 - 83.3	0.28	134.9-202.3	202.9-285.6

Τα f που έχουν χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό καλύπτουν σύμφωνα με τους κανονισμούς καινούργια και φθαρμένα ελαστικά, καθώς και τις διαφορές συμπεριφοράς στην πέδηση μεταξύ διαφόρων οχημάτων και οδηγών. Έτσι οι τιμές f που χρησιμοποιούνται είναι μάλλον συντηρητικές.

Αν υπάρχει κατά μήκος κλίση, τότε η σχέση (4.4) μεταβάλλεται σε

$$d = V^2 / 254(f \pm G) \quad (4.5)$$

και το απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση είναι σύμφωνα με τον Πιν. 4.8. Στην κατωφέρεια χρησιμοποιείται η ταχύτητα μελέτης, ενώ στην ανωφέρεια η μέση ταχύτητα διαδρομής (average running speed).

Πιν. 4.8 Μήκος ορατότητας για στάση με κατά μήκος κλίση [2]

Ταχύτητα μελέτης	ΚΑΤΩΦΕΡΕΙΑ				ΑΝΩΦΕΡΕΙΑ			
	Ληφθείσα ταχύτητα	Μήκος ορατότητας για στάση (m)			Ληφθείσα ταχύτητα	Μήκος ορατότητας για στάση (m)		
km/h	km/h	3%	6%	9%	km/h	3%	6%	9%
30	30	30.4	31.2	32.2	30	29.0	10	28
40	40	45.7	47.5	49.5	40	43.2	20	41.2
50	50	65.5	68.6	72.6	47	55.5	30	52.4
60	60	88.9	94.2	100.8	55	71.3	50	66.6
70	70	117.5	125.8	136.3	63	89.7	60	82.8
80	80	148.8	160.5	175.5	70	107.1	102.2	98.1
90	90	180.6	195.4	214.4	77	124.2	118.8	113.4
100	100	220.8	240.6	256.9	85	147.9	140.3	133.9
110	110	267.0	292.9	327.1	91	168.4	159.1	151.3
120	120	310.1	341.0	381.7	98	190.0	179.2	170.2

4.4.2 Μήκος ορατότητας για προσπέραση.

Οι αμερικανικοί κανονισμοί χρησιμοποιούν απλές παραδοχές, έτσι ώστε να καλύπτεται το μεγαλύτερο ποσοστό των οδηγών και όχι απλώς ο μέσος οδηγός. Συγκεκριμένα γίνονται οι εξής παραδοχές:

1. Το προπορευόμενο όχημα κινείται με σταθερή ταχύτητα.
2. Το προσπερνόν όχημα έχει μειώσει ταχύτητα και ακολουθεί το προπορευόμενο όχημα, καθώς εισέρχεται σε ζώνη που επιτρέπει προσπέραση.
3. Όταν παρουσιασθεί η ζώνη προσπέρασης, ο οδηγός χρειάζεται μία μικρή χρονική περίοδο για να αντιληφθεί την ύπαρξη αυτής της ζώνης, και να αντιδράσει ξεκινώντας τον ελιγμό της προσπέρασης.
4. Ο ελιγμός πραγματοποιείται κάτω από συνθήκες καθυστερημένης έναρξης και εσπευμένης επαναφοράς από το αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας. Το προσπερνόν όχημα επιταχύνει κατά την διάρκεια του ελιγμού, και η μέση ταχύτητά του όταν βρίσκεται στο αντίθετο ρεύμα

κυκλοφορίας είναι κατά 15 km/h μεγαλύτερη από αυτή του προπορευόμενου οχήματος.

5. Όταν το όχημα που προσπερνά επιστρέφει στην λωρίδα του, υπάρχει ένα κενό ασφαλείας μεταξύ αυτού και του αντιθέτως ερχόμενου οχήματος.

Οι κανονισμοί βασίζονται σ'αυτές τις απλές παραδοχές και προκύπτουν οι τιμές του Πιν. 4.9. Η ταχύτητα του προπορευόμενου οχήματος έχει υπολογισθεί με βάση την πραγματική ταχύτητα (running speed) και την παραδοχή ότι ο φόρτος πλησιάζει την ικανότητα της οδού (βλ Σχ. 2.3), ενώ η ταχύτητα του προσπερνόντος οχήματος είναι κατά 15 km/h μεγαλύτερη.

Πίν 4.9 Ελάχιστο μήκος ορατότητας για προσπέραση [2]

Υπεραστικές οδοί δύο λωρίδων.

Ταχύτητα μελέτης (km/h)	Παραδεκτές ταχύτητες		Ελάχιστο μήκος ορατότητας (m)
	Προπορευόμενο όχημα (km/h)	Προσπερνόν όχημα (km/h)	
30	29	44	217
40	36	51	285
50	44	59	345
60	51	66	407
70	59	74	482
80	65	80	541
90	73	88	605
100	79	94	670
110	85	100	728
120	91	106	792

4.4.3 Μήκος ορατότητας για ελιγμό (Decision sight distance).

Το μήκος ορατότητας για στάση είναι συνήθως αρκετό ώστε να δώσει στον μέσο οδηγό την δυνατότητα σταματήσει το όχημά του με ασφάλεια. Επισημαίνεται όμως από τους κανονισμούς ότι αν παρέχεται μόνο το μήκος ορατότητας για στάση δεν δίνεται στον οδηγό η δυνατότητα να εκτελέσει ελιγμό αποφυγής, που σε πολλές περιπτώσεις είναι λιγότερο επικίνδυνος και ίσως προτιμότερος.

Το μεγαλύτερο αυτό μήκος μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε περιπτώσεις όπως σε κόμβους όπου χρειάζονται ασυνήθεις ελιγμοί, σε σημεία όπου αλλάζει η διατομή

της οδού, ή σε σημεία όπου ο οδηγός πρέπει να πληροφορηθεί (από σήμανση ή κυκλοφοριακές συνθήκες) και να αποφασίσει για τον ελιγμό που θα πραγματοποιήσει. Οι τιμές του μήκους ορατότητας για ελιγμό αποφυγής για υπεραστικές οδούς δίνονται στον Πιν. 4.10.

Έτσι προτείνεται από τους κανονισμούς να δίνονται τα μήκη αυτά σε κρίσιμα σημεία, ή αν δεν είναι αυτό εφικτό, να μεταφέρονται τα σημεία αυτά σε σημεία του τμήματος όπου μπορούν να αναπτυχθούν αυτά τα μήκη.

Πιν 4.10 Μήκη ορατότητας για ελιγμό (decision sight distance) [2]

Ταχύτητα μελέτης (km/h)	Μήκος ορατότητας (m)	
	Στάση	Αλλαγή ταχύτητας, κατεύθυνσης, ή τροχιάς
50	75	145
60	95	175
70	125	200
80	155	230
90	185	275
100	225	315
110	265	315
120	305	375

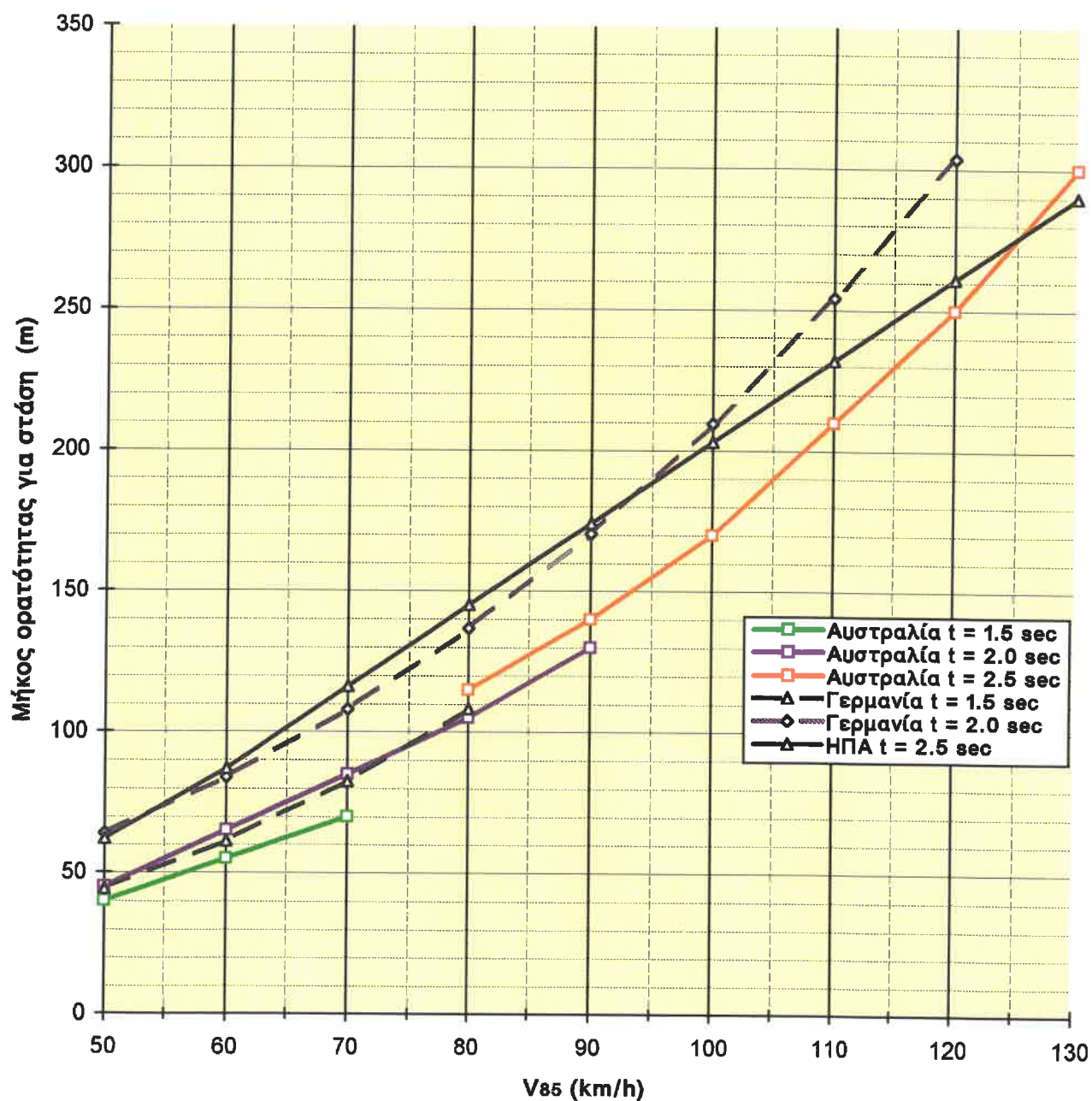
4.4.4 Γεωμετρικές παραδοχές.

Οι αμερικανικοί κανονισμοί λαμβάνουν ως ύψος οφθαλμών 1.07 m (3.5 ft) και για τα δύο μήκη ορατότητας. Για ύψος αντικειμένου (μήκος ορατότητας σε στάση), το οποίο χρησιμοποιείται στους υπολογισμούς ορατότητας στην οριζοντιογραφία και στην μηκοτομή, χρησιμοποιούν την τιμή των 0.15 m (6 in.). Στους υπολογισμούς των μηκών ορατότητας για προσπέραση λαμβάνεται ως ύψος αντικειμένου η τιμή 1.30 m (ύψος τυπικού επιβατικού αυτοκινήτου).

4.5 Συγκρίσεις - σχόλια.

4.5.1 Μήκη ορατότητας για στάση.

Στο Σχ. 4.2 φαίνονται τα διάφορα μήκη ορατότητας για στάση που συμπεριλαμβάνουν και τους χρόνους αντίδρασης οδηγού που προβλέπονται από τους διάφορους κανονισμούς που εξετάστηκαν εδώ. Το σχήμα κάνει την σύγκριση για μηδενική κατά μήκος κλίση.



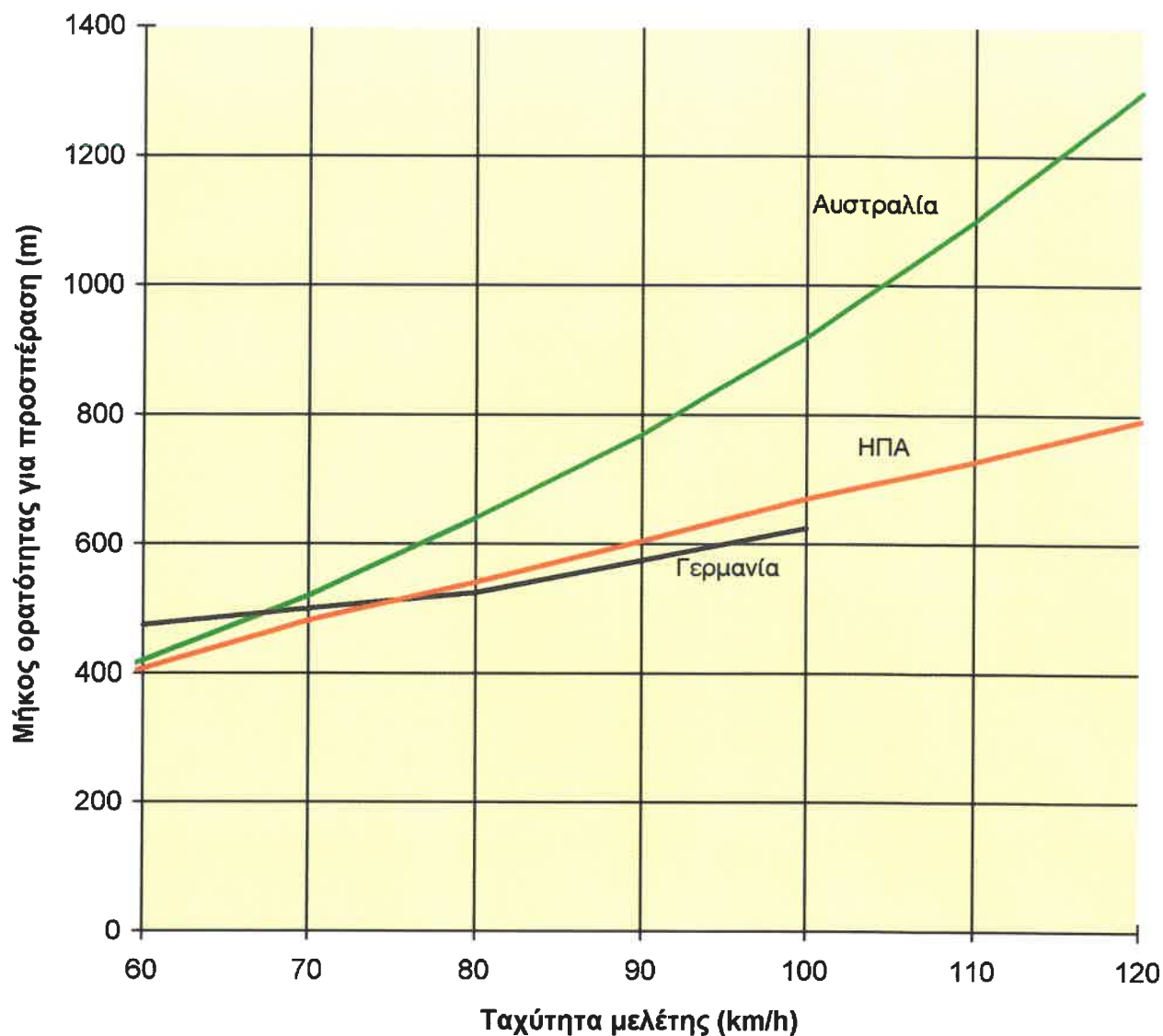
Σχ. 4.2 Σύγκριση μηκών ορατότητας για στάση - κατά μήκος κλίση 0%

Φαίνεται ότι η αμερικανική κατανομή είναι μία απλή γραμμική σχέση, ενώ στους άλλους κανονισμούς διαγράφεται μία αυξητική τάση του μήκους ορατότητας καθώς αυξάνεται η ταχύτητα. Είναι επίσης ενδιαφέρον να σημειωθεί ότι παρ'όλο που συγκρίνεται η γερμανική πολύπλοκη σχέση (4.2) με την απλούστερη των αυστραλιανών (4.1) δεν φαίνεται να υπάρχει σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο. Οι τιμές δεν διαφέρουν περισσότερο από 20 - 30 m μεταξύ τους, μία διαφορά που καλύπτεται από διαφορές στον χρόνο αντίδρασης οδηγού και στις άλλες παραδοχές που γίνονται όπως στους συντελεστές τριβής (deceleration factors).

Εκεί που υπάρχει σημαντική διαφορά μεταξύ της αμερικανικής κατανομής και των υπολοίπων είναι στις χαμηλές ταχύτητες (κάτω των 90 km/h). Αυτό οφείλεται στις διαφορές μεταξύ των τιμών των συντελεστών τριβής που χρησιμοποιούν οι διάφοροι κανονισμοί. Χαρακτηριστικά, οι αμερικανικοί κανονισμοί χρησιμοποιούν $f = 0.30$ για ταχύτητα 80 km/h ενώ οι αυστραλιανοί κανονισμοί συντελεστή τριβής 0.43 (πίν 4.1).

4.5.2 Μήκη ορατότητας για προσπέραση

Στα μήκη ορατότητας για προσπέραση οι αυστραλιανοί κανονισμοί δεν είναι άμεσα συγκρίσιμοι με τους άλλους κανονισμούς, καθώς το μήκος ορατότητας που δίνεται στην πρώτη στήλη του Πιν. 4.4 (αναγνώρισης) χρησιμοποιείται για να προσδιορισθεί η έναρξη μιάς ζώνης προσπέρασης. Η συνέχιση της ζώνης εξαρτάται από τα μήκη της δεύτερης στήλης του Πιν. 4.4 (συνέχισης). Πάντως στο Σχ. 4.3 φαίνονται οι διαφορές μεταξύ των κανονισμών. Οι διαφορές είναι σημαντικές μεταξύ των αυστραλιανών κανονισμών και των υπολοίπων, και πρέπει να σημειωθεί ότι οι γερμανικοί και οι αμερικανικοί κανονισμοί χρησιμοποιούν εδώ την ταχύτητα μελέτης, ενώ η ταχύτητα μελέτης των αυστραλιανών κανονισμών προκύπτει από τις κατανομές των επιθυμητών ταχυτήτων V_{85} . Οι αυστραλιανοί κανονισμοί αναφέρουν πάντως ότι τα μήκη αυτά είναι αποτελέσματα ερευνών που έχουν διεξαχθεί και καλύπτουν το 70% των οδηγών, ενώ και οι αμερικανικοί κανονισμοί αναφέρουν ότι οι παραδοχές έχουν γίνει ώστε να καλύπτεται το μεγαλύτερο ποσοστό των οδηγών. Οι γερμανικοί κανονισμοί δεν αναφέρουν τέτοια στοιχεία, και οι διαφορές μάλλον οφείλονται στις παραδοχές που γίνονται, σχετικά με τις ταχύτητες των οχημάτων που προπορεύονται και αυτών που προσπερνούν.



Σχ.4.3 Σύγκριση μηκών ορατότητας για προσπέραση.

Συγκεκριμένα, από τους αμερικανικούς κανονισμούς γίνεται η παραδοχή (Πιν. 4.9) ότι για ταχύτητα μελέτης 100 km/h το προπορευόμενο όχημα κινείται με 79 km/h ενώ το όχημα που προσπερνά με 94 km/h δηλ κοντά στην ταχύτητα μελέτης. Οι αυστραλιανοί κανονισμοί κάνουν την παραδοχή ότι το προπορευόμενο όχημα κινείται με την μέση ταχύτητα του τμήματος (86 km/h) και το προσπερνόν όχημα με την ταχύτητα μελέτης (100 km/h). Η άλλη βασική διαφορά είναι το γεγονός ότι ο αμερικανικός κανονισμός κάνει την παραδοχή, ότι το προπορευόμενο όχημα κινείται σε συνθήκες μεσαίου φόρτου. Μιά τέτοια παραδοχή από τους αυστραλιανούς κανονισμούς θα ήταν άσκοπη, απλά λόγω της ιδιομορφίας της χώρας αυτής. Σε μέγεθος ίσως η χώρα αυτή να είναι συγκρίσιμη με τις ΗΠΑ, ο

πληθυσμός της όμως είναι περίπου 15 φορές μικρότερος ενώ το μεγαλύτερο ποσοστό του πληθυσμού της χώρας κατοικεί στα μεγάλα αστικά κέντρα. Είναι επομένως σπάνιο να συναντήσει κανείς μεγάλους φόρτους στο υπεραστικό οδικό δίκτυο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ο οδικός άξονας που συνδέει την βόρεια με την νότια ακτή της Αυστραλίας μέσω του κέντρου της χώρας: μία υπεραστική οδός δύο λωρίδων (Stuart Highway) μήκους περίπου 3,600 χλμ, χωρίς όριο ταχύτητας στο μισό περίπου μήκος της, η οποία συνδέει τις πόλεις Darwin (65,000 κατ.), Alice Springs (10,000 κατ.), και Adelaide (1,000,000 κατ.). Ετσι, χαράξεις υψηλών ταχυτήτων, με χαμηλούς φόρτους είναι ο κανόνας στην χώρα αυτή, τουλάχιστον όσον αφορά τις υπεραστικές οδούς. Το γεγονός ότι οι διάφοροι κανονισμοί τείνουν να προσαρμόζονται στις όποιες ιδιαιτερότητες της χώρας όπου εφαρμόζονται, εξηγεί κατά μεγάλο ποσοστό και τις διαφορές που προκύπτουν στα διάφορα διαγράμματα σύγκρισης.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ***"Rural road design - Guide to the Geometric Design of Rural Roads"***
AUSTROADS 1993
2. ***"A Policy on Geometric Design of Highways and Streets"***
American association of State Highway & Transportation Officials
(AASHTO) Washington D.C. 1994
3. ***"Richtlinien für die Anlage von Strassen. Elemente der Linienführung"***
RAS - L - 1, 1995.
4. Kanellaidis G and Dimitropoulos I ***"Investigation of Current and Proposed Superelevation Design Practices on Roadway Curves"***
International Symposium on Highway Geometric Design Practices
Boston, Massachusetts 1995
5. Ottesen J L and Krammes R A ***"Speed Profile Model for a U.S. Operating Speed Based Design Consistency Evaluation Procedure"***
73rd Annual Meeting of the Transportation Research Board.
Washington D.C. 1994

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΤΙΜΕΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Τιμές σχήματος 3.1

Σύγκριση συντελεστών πλευρικής τριβής

Ταχύτητα km/h	Αυστραλία max f	ΗΠΑ max f	Γερμανία f _R	Γερμανία 0.5f _R
50	0,35	0,16	0,38	0,19
60	0,33	0,15	0,33	0,17
70	0,31	0,14	0,30	0,15
80	0,26	0,14	0,26	0,13
90	0,18	0,13	0,24	0,12
100	0,12	0,12	0,21	0,11
110	0,12	0,11	0,19	0,10
120	0,11	0,09	0,18	0,09
130	0,11			

Τιμές σχήματος 3.2

Ελάχιστες ακτίνες καμπυλών για επίκλιση 0.07

Ταχύτητα km/h	Αυστραλία R (m)	ΗΠΑ R (m)	Γερμανία R (m)
50		85	80
60		129	120
70	102	179	180
80	153	240	250
90	255	319	340
100	414	450	450
110	501	552	570
120	630	667	720
130	740		

Τιμές σχήματος 3.3

Ελάχιστες ακτίνες καμπυλών για επίκλιση 0.10

Ταχύτητα km/h	Αυστραλία R (m)	ΗΠΑ R (m)
50	45	76
60	70	113
70	95	157
80	140	210
90	230	277
100	360	358
110	435	465
120	540	567

Τιμές σχήματος 3.4
Ελάχιστη επίκλιση (με f_{max}) - κανονισμοί Αυστραλίας [1]

R (m)	Ταχύτητα μέγιστη					
	60 km/h	70 km/h	80 km/h	90 km/h	100 km/h	110 km/h
60	0,142					
70	0,075					
80	0,024					
90		0,119				
100		0,076				
110		0,041				
120		0,012				
130						
140			0,100			
150			0,076			
160			0,055			
170			0,036			
180			0,020			
190						
200						
225				0,103		
250				0,075		
275				0,052		
300				0,033		
350				0,002	0,105	
400					0,077	
450					0,055	0,092
500					0,037	0,071
550					0,023	0,053
600					0,011	0,039
650						0,027
700						0,016
750						
800						
850						
900						

Τιμές σχήματος 3.5

Τιμές επίκλισης για οδούς ομαδός κατηγορίας Α - κανονισμοί Γερμανίας [3]

R (m)	Ταχύτητα μέλειτης						
	60 km/h	70 km/h	80 km/h	90 km/h	100 km/h	110 km/h	120 km/h
110							
120							
130	0,085						
140	0,079						
150	0,075						
175	0,066	0,089					
200	0,059	0,079					
250	0,049	0,065	0,087				
300	0,043	0,056	0,074	0,090			
400	0,035	0,044	0,058	0,070	0,089		
500	0,030	0,038	0,049	0,058	0,073		
600	0,026	0,033	0,042	0,050	0,063	0,079	
700	0,024	0,030	0,038	0,044	0,055	0,069	0,082
800		0,027	0,034	0,040	0,049	0,061	0,072
900		0,025	0,031	0,037	0,045	0,055	0,065
1000			0,029	0,034	0,042	0,051	0,060
1200			0,026	0,030	0,036	0,044	0,051
1300			0,025	0,029	0,034	0,041	0,048
1400				0,027	0,032	0,039	0,045
1500				0,026	0,031	0,037	0,043
2000				0,022	0,026	0,030	0,034
2500					0,022	0,025	0,029
3000							0,025

Τιμές σχημάτων 3.8 - 3.9

Σύγκριση μεταξύ f σχεδ. και f αναπτ.

Βαθμός καμπύλης	Ακτίνα Καμπύλης R(m)	60 km/h		80 km/h		90 km/h		100 km/h	
		f design	f demand V85	f design	f demand V85	f design	f demand V85	f design	f demand V85
0,7	2500,0							0,009	0,010
0,87	2000,0					0,016	0,010	0,013	0,012
1,17	1500,0			0,010	0,026	0,015	0,022	0,018	0,016
1,75	1000,0	0,006	0,053	0,016	0,041	0,023	0,035	0,031	0,027
2	873,8	0,007	0,061	0,020	0,048	0,028	0,041	0,036	0,032
3	582,5	0,010	0,091	0,034	0,076	0,050	0,070	0,064	0,058
4	436,9	0,018	0,120	0,052	0,103	0,075	0,095	0,100	0,086
5	349,5	0,026	0,144	0,073	0,128	0,100	0,120		
6	291,3	0,035	0,167	0,096	0,150				
7	249,6	0,047	0,190	0,120	0,170				
8	218,4	0,060	0,210						
9	194,2	0,071	0,226						
10	174,8	0,084	0,241						
11	158,9	0,100	0,254						

Τιμές σχήματος 3.11

Πρόταση Γ.Κανελλαΐδη - Ι.Δημητρόπουλου

V85 Ottessen - Krames

Βαθμός καμπύλης	f demand	f max ΗΠΑ
1	0,023	0,130
2	0,053	
3	0,083	
4	0,110	0,130
5	0,137	
6	0,164	
7	0,188	
8	0,210	
9	0,229	
10	0,244	
11	0,257	
12	0,269	
13	0,280	
14	0,288	
15	0,294	0,144

Τιμές σχήματος 3.18α,β

Περιβάλλον ταχύτητας 70 km/h

Ακτίνα καμπύλης m	Βαθμός καμπύλης	e+f	fmax	e for fmax	0.25(e+f) κριτ. 2	0.36(e+f) (0.6V ₈₅) κριτ. 3	0.36(e+f) (0.6V ₈₅) κριτ. 4	προταση
45	38,8	0,505	0,343					
50	34,9	0,473	0,342					
59	29,6	0,437		0,100				0,1
70	24,9	0,392	0,333	0,058	0,100			
85,5	20,4			0,020				
100	17,5	0,308	0,324	0,020	0,077			0,1
118	14,8			0,020		0,100		
130	13,4	0,248	0,320	0,020	0,062	0,089		
160	10,9	0,209	0,316	0,020	0,052	0,075		
200	8,7	0,171	0,313	0,020	0,043	0,062		0,05

Τιμές σχήματος 3.19α,β

Περιβάλλον ταχύτητας 60 km/h

Ακτίνα καμπύλης m	Βαθμός καμπύλης	e+f	fmax	e for fmax	0.25(e+f) κριτ. 2	0.36(e+f) (0.6V ₈₅) κριτ. 3	0.36(e+f) (0.6V ₈₅) κριτ. 4	προταση
35	49,9	0,562	0,348					
48,5	36,0			0,100				
50	34,9	0,437	0,345	0,090				0,1
57					0,100			
60	29,1	0,383	0,343	0,033	0,096			
62,8	27,8			0,020				
70	24,9	0,340	0,341	0,020	0,085			0,1
90	19,4	0,276	0,339	0,020		0,100		
100	17,5	0,251	0,339	0,020	0,063	0,093		
116	15,1					0,082		
130	13,4	0,197	0,338	0,020	0,049	0,076		0,06

Τιμές σχήματος 2.2

Κατανομές V85 (speed environments) [1]

Ακτίνα καμπύλης m	V85							Ottesen Krames
	60 km/h	70 km/h	80 km/h	90 km/h	100 km/h	110 km/h	120 km/h	
35	50							
45		53,7	56					
50	52,7	54,8	58					
60	54	57	60,8					
70	55	59	62,8	66				
90	56,2							
100	56,5	62,5	67	71				
116			68,2	72,8				74,3
130	57	64	69	74	80			77,4
160		65,2	70,5	76	83			82,3
200		66	72	78	86			86,6
260			73	80,2	88,4	95		90,5
291				80,8	89	96		91,9
330				81,4				93,3
378					90	98,3	106	94,6
400				82		98,8		95,1
437						99,4	108	95,8
500							109,2	
582						101	110	97,8
600					92		110	97,8
800							110,5	97,8
870						102	111	97,8
1000							111	97,8
1750							112	97,8

Τιμές σχήματος 3.13α,β

Περιβάλλον ταχύτητας 120 km/h

Ακτίνα καμπύλης m	Βαθμός καμπύλης	e+f	fmax	e for fmax	0.25(e+f)	0.36(e+f)	προταση
					κριτ. 2	κριτ. 3	
380	4,6	0,233	0,120		0,058		
437	4,0	0,210	0,120		0,053		
500	3,5	0,188	0,120	0,068	0,047	0,068	0,080
582	3,0	0,164	0,120	0,044	0,041	0,059	
600	2,9	0,159	0,12	0,039	0,040	0,057	0,050
700	2,5	0,137	0,12	0,020	0,034	0,049	
800	2,2	0,120	0,120	0,020	0,030	0,043	
870	2,0	0,112	0,119	0,020	0,028	0,040	
1000	1,7	0,097	0,119	0,020	0,024	0,035	
1200	1,46	0,081		0,020	0,020		0,020
1400	1,25	0,070		0,020	0,018	0,025	
1750	1,00	0,056	0,118	0,020	0,014	0,020	

Τιμές σχήματος 3.14α,β

Περιβάλλον ταχύτητας 110 km/h

Ακτίνα καμπύλης m	Βαθμός καμπύλης	e+f	fmax	e for fmax		0.25(e+f)	0.36(e+f) (0.6V ₈₅)	προταση
				κριτ. 2	κριτ. 3			
260	6,7	0,273	0,150					
291	6,0	0,249	0,144					
335	5,2	0,219		0,080			0,080	0,080
350	5,0	0,212					0,076	0,075
365	4,8						0,073	
380	4,6	0,196	0,132	0,064			0,071	
450	3,9	0,174	0,125	0,049			0,062	
485	3,6	0,162			0,041		0,058	
500	3,5	0,157	0,120	0,037	0,039		0,057	0,050
574	3,0	0,140	0,120	0,020	0,035		0,050	
600	2,9	0,135	0,120	0,020	0,034		0,048	
726	2,4	0,112	0,120	0,020	0,028		0,040	
870	2,0	0,094	0,120	0,020	0,024		0,034	
1000	1,7	0,082	0,120	0,020	0,021		0,030	0,020

Τιμές σχήματος 3.15α,β

Περιβάλλον ταχύτητας 100 km/h

Ακτίνα καμπύλης m	Βαθμός καμπύλης	e+f	fmax	e for fmax		0.25(e+f)	0.36(e+f) (0.6V ₈₅)	προταση
				κριτ. 2	κριτ. 3			
130	13,4	0,388	0,249					
160	10,9	0,339	0,231					
200	8,7	0,291	0,212	0,079				0,08
220	7,9	0,270	0,206	0,066	0,067			
260	6,7	0,237	0,195	0,041	0,059			
276	6,3	0,224	0,193	0,031	0,056		0,080	
291	6,0	0,214	0,191	0,023	0,054		0,077	
297	5,9	0,210	0,190	0,020	0,053		0,076	
380	4,6	0,168	0,184	0,020	0,042		0,060	
400	4,4	0,160	0,182	0,020	0,040		0,058	0,04
450	3,9	0,144	0,179	0,020	0,036		0,052	
500	3,5	0,131	0,176	0,020	0,033		0,047	
600	2,9	0,111	0,169	0,020	0,028		0,040	0,03

Τιμές σχήματος 4.1

Μήκη ορατότητας για στάση - κανονισμοί Γερμανίας[3]

S %	V ₈₅							
	60 km/h	70 km/h	80 km/h	90 km/h	100 km/h	110km/h	120km/h	130km/h
-12	75,1	102,5	137,8	182,9	240,2	311,7	398,4	499,5
-10	72,7	98,4	130,9	171,8	222,8	285,2	359,5	445,0
-8	70,6	94,8	125,0	162,6	208,6	264,1	329,3	403,5
-6	68,6	91,6	119,9	154,7	196,7	246,8	305,1	370,9
-4	66,9	88,8	115,5	147,8	186,7	232,4	285,1	344,3
-2	65,4	86,2	111,5	141,9	178,0	220,2	268,4	322,3
0	63,9	83,9	108,0	136,7	170,4	209,6	254,2	303,7
2	62,7	81,9	104,8	132,0	163,8	200,4	241,9	287,8
4	61,5	80,0	102,0	127,8	157,9	192,4	231,2	274,0
6	60,4	78,3	99,4	124,1	152,6	185,2	221,7	262,0
8	59,4	76,7	97,0	120,7	147,9	178,8	213,3	251,3
10	58,4	75,2	94,9	117,6	143,6	173,1	205,8	241,8
12	57,6	73,9	92,9	114,8	139,7	167,9	199,1	233,3

Τιμές σχήματος 4.2

Σύγκριση μηκών ορατότητας για στάση

V ₈₅ (km/h)	Αυστραλία (m)			Γερμανία (m)		ΗΠΑ (m)
	t =1.5 sec	t =2.0 sec	t =2.5 sec	t =1.5 sec	t =2.0 sec	
50	40	45		44,2		62
60	55	65		61,3	63,9	87
70	70	85		82,4	83,9	116
80		105	115	108,2	108	145
90		130	140		136,7	174
100			170		170,4	203
110			210		209,6	232
120			250		254,2	261
130			300		303,7	290

Τιμές σχήματος 3.16α,β

Περιβάλλον ταχύτητας 90 km/h

Ακτίνα καμπύλης m	Βαθμός καμπύλης	e+f	fmax	e for fmax		0.25(e+f)	0.36(e+f) (0.6V85)	προταση
				κριτ. 2	κριτ. 3			
70	24,9	0,498	0,311					
90	19,4	0,422	0,300					
100	17,5	0,394	0,295					
110	15,9	0,370	0,290	0,081				0,08
116	15,1	0,358	0,287	0,071				
130	13,4	0,332	0,280	0,052				
139	12,6	0,317	0,276	0,041	0,079			
160	10,9	0,286	0,267	0,020	0,072			
180	9,7	0,266	0,260	0,020	0,066			0,08
200	8,7	0,246	0,254	0,020	0,061			
227	7,7	0,223	0,248	0,020	0,056	0,080		
260	6,7	0,199	0,243	0,020	0,050	0,072		
291	6,0	0,180	0,240	0,020	0,045	0,065		
330	5,3	0,161	0,237	0,020	0,040	0,058		
380	4,6	0,141	0,233	0,020	0,035	0,051		
400	4,4	0,136	0,231	0,020	0,034	0,049		0,04

Τιμές σχήματος 3.17α,β

Περιβάλλον ταχύτητας 80 km/h

Ακτίνα καμπύλης m	Βαθμός καμπύλης	e+f	fmax	e for fmax		0.25(e+f)	0.36(e+f) (0.6V85)	προταση
				κριτ. 2	κριτ. 3			
45	38,8	0,549	0,340					
50	34,9	0,530	0,336					
60	29,1	0,485	0,329					
70	24,9	0,444	0,323					
86	20,3			0,080				0,080
100	17,5	0,353	0,309	0,044				
112	15,6	0,325	0,305	0,020	0,080			
130	13,4	0,288	0,302	0,020	0,072			
160	10,9	0,245	0,296	0,020	0,061			0,08
180	9,7	0,222		0,020	0,056	0,080		
200	8,7	0,204	0,289	0,020	0,051	0,073		
260	6,7	0,161	0,285	0,020	0,040	0,058		0,05

Τιμές σχήματος 4.3

Σύγκριση μηκών ορατότητας για προσπέραση

V ₈₅ (km/h)	Αυστραλί (m)	Γερμανία (m)	ΗΠΑ (m)
50	330		345
60	420	475	407
70	520	500	482
80	640	525	541
90	770	575	605
100	920	625	670
110	1100		728
120	1300		792
130	1500		