

Henning Natzschka

Οδοποιία

Σχεδιασμός και κατασκευή

3η γερμανική έκδοση



Πρόλογος

Αυτό το βιβλίο προέκυψε από το υλικό των σημειώσεων για τις πανεπιστημιακές παραδόσεις σε θέματα Οδοποιίας, τον καιρό που ο συγγραφέας δίδασκε στην Ανώτατη Τεχνική Σχολή Στουτγάρδης–Τεχνικό Πανεπιστήμιο (Fachhochschule Stuttgart–Hochschule für Technik). Στοχεύει αφενός να βοηθήσει τους φοιτητές να εμβαθύνουν τις γνώσεις τους επάνω σε αυτά τα θέματα, και αφετέρου να λειτουργήσει ως εγχειρίδιο αναφοράς για τους μηχανικούς του κατασκευαστικού τομέα που απασχολούνται σε κατασκευαστικές εταιρείες, σε γραφεία μελετών, ή σε δημόσιες υπηρεσίες, και έχουν ως εργασιακό αντικείμενο τη μελέτη ή την κατασκευή κυκλοφοριακών διαδρόμων, είτε για τα μέσα μαζικής μεταφοράς είτε για τις ιδιωτικές μετακινήσεις. Το βιβλίο περιορίζεται σε θέματα μελέτης και κατασκευής. Οι διαδικασίες της κυκλοφορίας και τα θέματα της κυκλοφοριακής τεχνικής αναφέρονται μόνο στα σημεία όπου επηρεάζουν κάποια κριτήρια της μελέτης. Παρόλα αυτά, είναι αυτονόητο ότι ο μελετητής μηχανικός πρέπει να συμπεριλάβει και αυτά τα θέματα στους προβληματισμούς του.

Το γερμανικό Υπουργείο Μεταφορών και η γερμανική «Εταιρεία Ερευνών σε θέματα οδοποιίας και κυκλοφοριακής τεχνικής» (Forschungsgesellschaft für das Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) e.V.) έχουν επεξεργαστεί ένα πλήθος κανονισμών, που περιλαμβάνουν διατάξεις, οδηγίες, πληροφοριακά δελτία, υποδείξεις, και συστάσεις για τη μελέτη, τη δημοπράτηση, και την κατασκευή των οδικών έργων. Σε αυτό το βιβλίο περιλαμβάνονται οι σημαντικότεροι από αυτούς τους κανονισμούς· το σύνολό τους συγκροτεί έναν πολύ μεγάλο όγκο, που δεν είναι δυνατόν να ενταχθεί σε ένα εγχειρίδιο. Οι μηχανικοί όμως, τόσο κατά τη διάρκεια των σπουδών τους όσο και κατά την άσκηση του επαγγέλματός τους, πρέπει να βρίσκουν και να χρησιμοποιούν τους κατά περίπτωση κατάλληλους κανονισμούς. Στις εδώ αναφορές εσκεμμένα δεν καταγράφονται οι χρονολογίες έκδοσης αυτών των κανονισμών, επειδή ενημερώνονται συνεχώς με προσαρμογές στις νεότερες εξελίξεις. Οι χρήστες του βιβλίου πρέπει να καταλάβουν ότι πρέπει πάντοτε να αναζητούν την πιο πρόσφατη έκδοση αυτών των κανονισμών.

Ο μελετητής μηχανικός οδικών έργων πρέπει να συνειδητοποιήσει ότι οι οδοί αποτελούν μόνον ένα τμήμα των δικτύων στα οποία κυκλοφορούν όλα τα μέσα μεταφοράς. Οι σχεδιασμοί του πρέπει πάντοτε να παίρνουν υπόψη τους όλες τις διαθέσιμες δυνατότητες, καθώς και τις διασυνδέσεις και επεκτάσεις των δικτύων. Σημαντική επίσης παράμετρο για τη διαμόρφωση τόσο της μελέτης όσο και της κατασκευής μιας οδού αποτελεί η μέριμνα για το περιβάλλον και η κατάλληλη προσαρμογή στο τοπίο. Ο συγγραφέας προσπάθησε να ενσωματώσει αυτές τις αρχές σε πολλά σχετικά σημεία του βιβλίου, ώστε οι οδοί να μη δημιουργούν εμπόδια που διαχωρίζουν, αλλά να δίνουν την εντύπωση ότι αποτελούν στοιχεία του ίδιου του τοπίου.

Στα κεφάλαια αυτού του βιβλίου συμπυκνώνονται οι εμπειρίες τεσσάρων δεκαετιών του συγγραφέα στη μελέτη και την κατασκευή οδών. Αποκτήθηκαν στις κρατικές Υπηρεσίες Οδοποιίας των ομόσπονδων κρατιδίων Βάδης-Βυρτεμβέργης και Σλέσβιχ-Χολστάιν, όπου ο συγγραφέας ήταν διευθυντής του Τμήματος Νέων Κατασκευών «Vogelfluglinie», καθώς και αργότερα, στο προσωπικό του τεχνικό γραφείο, όπου εκπονούνταν μελέτες και εν μέρει επιβλέψεις κατασκευών, αυτοκινητοδρόμων, υπεραστικών (εθνικών και επαρχιακών), περιφερειακών, και κοινοτικών οδών. Η συμμετοχή σε διάφορες ομάδες εργα-

σίας της Εταιρείας Ερευνών σε θέματα οδοποιίας και κυκλοφοριακής τεχνικής (FGSV e.V.), καθώς και η επίβλεψη σεμιναρίων και φοιτητικών διπλωματικών εργασιών, του έδωσαν τη δυνατότητα να εμβάθυνει ακόμη περισσότερο στις επιστημονικές αρχές διαφόρων τομέων της λειτουργίας των οδών. Σε αυτό το διάστημα το ζήτημα της κοινωνικής και πολιτικής αποδοχής των έργων οδοποιίας γνώρισε αρκετές αλλαγές. Το γεγονός αυτό είχε πάντοτε ως αποτέλεσμα την ανάλογη προσαρμογή των τεχνικών κανονισμών. Σε αυτό το βιβλίο καταγράφεται το γνωστικό αντικείμενο έτσι όπως διαμορφώνονταν στα τέλη του 1995. Αυτό δεν απαλλάσσει τον αναγνώστη από την υποχρέωση να ενημερωθεί με τις οδηγίες και τις διατάξεις που θα εκδοθούν μετά από αυτό, συμπληρώνοντας και επεκτείνοντας έτσι συνεχώς τις γνώσεις του.

Με αυτό το σκεπτικό, το βιβλίο δεν αντικαθιστά τις πανεπιστημιακές παραδόσεις. Μπορεί όμως να συνεισφέρει στην εμβάθυνση και την επέκταση των σπουδών, δεδομένου ότι ο χρόνος των παραδόσεων δεν επαρκεί για την πλήρη ανάλυση όλων των θεμάτων που περιλαμβάνονται στη μελέτη και την κατασκευή των οδικών έργων.

Το βιβλίο έγινε πραγματικότητα επειδή ο συγγραφέας είχε την υποστήριξη πολλών ανθρώπων. Οι ευχαριστίες μου απευθύνονται κυρίως στην αγαπητή σύζυγό μου, που πάντοτε με υποστήριζε με κατανόηση και με έργα, και στους πέντε γιους μου που στάθηκαν στο πλευρό μου με έργα και συμβουλές. Πέρα από αυτούς, ευχαριστώ τα στελέχη του RIB (Recheninstitut für Bauwesen — Ινστιτούτο Πληροφορικής Κατασκευών) της Στουτγάρδης για τη βοήθειά τους στα θέματα δημοπράτησης και οικονομικής διαχείρισης των έργων καθώς και στην αλληλεπιδραστική επεξεργασία των σχημάτων. Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω επίσης στο προσωπικό και στον εκδότη του οίκου B. G. Teubner, που με καθοδήγησαν με πολύ εύληπτο τρόπο στην τελική μορφή αυτού του βιβλίου.

Τοποθετώ, λοιπόν, τώρα αυτό το βιβλίο στα χέρια του χρήστη με την ελπίδα να τον βοηθήσει να αντεπεξέλθει με επιτυχία στην αποστολή του. Ελπίζω επίσης να συμβάλει στην κατανόηση του ότι

οι δρόμοι δεν πρέπει να χωρίζουν, αλλά να ενώνουν!

Στουτγάρδη, Αύγουστος 1996

Ο συγγραφέας

Πρόλογος στη 2^η έκδοση

Η θετική ανταπόκριση στο βιβλίο, τόσο των φοιτητών όσο και της κοινότητας των ειδικών επιστημόνων, αλλά και οι αλλαγές που έχουν επέλθει στους κανονισμούς, καθιστούν αναγκαία μια νέα έκδοση.

Γι' αυτόν τον λόγο, το βιβλίο προσαρμόστηκε στους νέους κανονισμούς και έγινε νέα επεξεργασία σε μερικά κεφάλαιά του. Παρόλο που σήμερα οι ηλεκτρονικές εφαρμογές αντικαθιστούν ένα μεγάλο μέρος της με το χέρι εργασίας, τόσο στην τοπογραφική αποτύπωση όσο και στη μελέτη, οι παλιές σχεδιαστικές μέθοδοι παρουσιάζονται στο βιβλίο ώστε να κάνουν σαφείς τις αρχές στις οποίες βασίζονται τα προγράμματα των ηλεκτρονικών υπολογιστών. Από την άλλη, επεξηγούνται νέες μέθοδοι κατασκευής και καταχωρίζονται οι νέες εκδόσεις πολλών οδηγιών και πληροφοριακών δελτίων.

Το βιβλίο δεν περιέχει μόνο την ύλη που μπορεί να παρουσιάσει ο διδάσκων στον διαθέσιμο χρόνο των πανεπιστημιακών παραδόσεων. Περιέχει επεκτάσεις της παραδοτέας ύλης και επιδιώκει να παρακινήσει τους φοιτητές σε περαιτέρω μάθηση. Για τους εν ενεργεία μηχανικούς, αποτελεί μια σύνοψη του αντι-

κειμένου του μελετητή ή του εργοταξιάρχη, που όμως δεν μπορεί να είναι πλήρης. Όταν είναι ανάγκη, ο μελετητής ή ο εργοταξιάρχης πρέπει να ανατρέχει στις επικαιροποιημένες εκδόσεις των προδιαγραφών, οδηγιών, πληροφοριακών δελτίων, ή συστάσεων. Ο εκδοτικός οίκος FGSV Verlag της γερμανικής «Εταιρείας Ερευνών σε θέματα οδοποιίας και κυκλοφοριακής τεχνικής» (Forschungsgesellschaft für das Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) e.V., Köln und Berlin) διαθέτει ολόκληρη τη συλλογή των δημοσιευμάτων της εταιρείας. (Ο πλήρης κατάλογος των εκδόσεων βρίσκεται στην ιστοσελίδα www.fgsv-verlag.de.)

Ο συγγραφέας ευχαριστεί όλους όσους με κριτική ματιά και με παροτρύνσεις βοήθησαν στην ενημέρωση αυτού του βιβλίου. Εύχομαι αυτή η νέα έκδοση να βοηθήσει πολλούς μηχανικούς και φοιτητές να έχουν καλές επιδόσεις στις προσπάθειες για την οικονομική ανάπτυξη και τη βελτίωση της ποιότητας ζωής στο περιβάλλον μας.

Ευχαριστώ την Εταιρεία Ερευνών σε θέματα οδοποιίας και κυκλοφοριακής τεχνικής για την άδειά της να χρησιμοποιήσω στο βιβλίο μου εικόνες και σχήματα από τις εκδόσεις της.

Στουτγάρδη, Αύγουστος 2003

Ο συγγραφέας

Πρόλογος στην 3^η έκδοση

Νέες οδηγίες για αυτοκινητοδρόμους, υπεραστικές και αστικές οδούς, καθιστούν αναγκαία μια πλήρη αναθεώρηση του βιβλίου. Κάποιες ενότητες των προηγούμενων εκδόσεων απαλείφθηκαν μια και δεν εφαρμόζονται πλέον λόγω της γενικευμένης χρήσης των ηλεκτρονικών υπολογιστών. Όμως παραμένουν κάποιες άλλες ενότητες, με παλαιότερες οδηγίες, που βοηθούν στην κατανόηση της τεχνολογικής εξέλιξης. Παρόλα αυτά, κάποια πράγματα πρέπει να ειπωθούν στο πλαίσιο της πανεπιστημιακής παράδοσης, διαφορετικά το μέγεθος του βιβλίου θα ήταν τεράστιο. Η μεθοδολογία των σπουδών, που καταλήγουν σε πτυχία bachelor και master, προάγει τη διατηρηματική συνεργασία.

Εύχομαι το βιβλίο να προσφέρει και στο μέλλον τις υπηρεσίες του στις σπουδές των οδικών θεμάτων και να εμβαθύνει στην ύλη των παραδόσεων. Επίσης, να βοηθήσει τους μηχανικούς της πράξης στην πρακτική εφαρμογή των νέων κανονισμών. Αυτονόητο είναι ότι δεν αντικαθιστά την ανάγκη διαρκούς ενημέρωσης από τις εκδόσεις της Εταιρείας Ερευνών σε θέματα οδοποιίας και κυκλοφοριακής τεχνικής.

Ευχαριστώ τον εκδοτικό οίκο FGSV Verlag και την «Εταιρεία Ερευνών σε θέματα οδοποιίας και κυκλοφοριακής τεχνικής» (Forschungsgesellschaft für das Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) e.V., An Lyskirchen 14, 50676 Köln) για την άδειά της να χρησιμοποιήσω στο βιβλίο μου εικόνες και σχήματα από τις εκδόσεις της. Κάποια από αυτά τα επεξεργάστηκα μερικώς, για τις ανάγκες των πανεπιστημιακών παραδόσεων.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στην Καθηγήτρια κυρία Prof. Dr.-Ing. Silvia Weber και στον Καθηγητή κύριο Prof. Dr.-Ing. Dieter Maurmaier, καθώς και στον γιο μου, Διπλωματούχο Μηχανικό Dipl.-Ing. Volker Natzschka, για την υποστήριξη και τη διαβούλευση σε διάφορες ενότητες αυτού του βιβλίου. Τέλος, ευχαριστώ όλους τους συναδέλφους, που με τις υποδείξεις και παροτρύνσεις τους με βοήθησαν να διαμορφώσω με σύγχρονο τρόπο αυτό το βιβλίο.

Στουτγάρδη, Σεπτέμβριος 2010

Ο συγγραφέας

Περιεχόμενα

Πρόλογος	5
1 Ιστορική αναδρομή στην εξέλιξη της οδοποιίας.....	13
1.1 Ιστορική εξέλιξη	13
1.2 Κατασκευαστική και τεχνική εξέλιξη	16
2 Οδικό δίκτυο.....	19
2.1 Γερμανικό οδικό δίκτυο	19
2.2 Διεθνές οδικό δίκτυο στην Ευρώπη	20
2.3 Συνολικό δίκτυο μεταφορών.....	21
3 Νομικό πλαίσιο και διοίκηση οδών	23
3.1 Νομοθεσία και διοίκηση οδών.....	23
3.2 Διαχείριση οδικών υποδομών	24
3.3 Χρηματοδότηση οδών.....	25
4 Θεωρητικό υπόβαθρο.....	27
4.1 Μηχανική των οχημάτων.....	27
4.2 Κίνηση των οχημάτων	33
4.3 Διερεύνηση της δυναμικής της κίνησης οχημάτων στη μελέτη οδοποιίας.....	41
4.4 Μαθηματικό υπόβαθρο των στοιχείων της μελέτης	42
4.5 Στοιχεία κυκλοφοριακών μετρήσεων	68
4.6 Κυκλοφοριακή ποιότητα.....	70
5 Στάδια σχεδιασμού μελετών οδοποιίας.....	95
5.1 Προκαταρκτική μελέτη (μελέτη εναλλακτικών χαράξεων) — λειτουργικός σχεδιασμός του έργου	96
5.2 Προμελέτη — γεωμετρικός σχεδιασμός του έργου	98
5.3 Οριστική μελέτη — κατασκευαστικός σχεδιασμός του έργου	100
5.4 Οριστική μελέτη εφαρμογής – κατασκευαστικός σχεδιασμός εφαρμογής του έργου.....	101
5.5 Σχέδια και έντυπα μελέτης κατά RE.....	101
5.6 Μελέτες περιβαλλοντικών επιπτώσεων	102
6 Οδικό δίκτυο.....	105
6.1 Διαμόρφωση οδικού δικτύου	106
6.2 Βασικές αρχές σχεδιασμού	108

6.3	Κατηγορίες οδών.....	110
6.4	Διαμόρφωση διατομής.....	116
7	Μελέτη οδοποιίας	119
7.1	Μέρη διατομής οδού	119
7.2	Κατασκευαστική διαμόρφωση.....	122
7.3	Διαμόρφωση της τυπικής διατομής	124
7.4	Στοιχεία της οδικής χάραξης.....	169
7.5	Χάραξη οδού και τοπίο	195
7.6	Παρόδιες εγκαταστάσεις και επιχειρήσεις.....	204
7.7	Μελέτη αυτοκινητοδρόμων	206
7.8	Μελέτη επαρχιακών οδών.....	260
7.9	Μελέτη αστικών οδών	312
8	Τεχνικά έργα.....	429
8.1	Γενικά.....	429
8.2	Γέφυρες.....	429
8.3	Οχετοί.....	436
8.4	Τοίχοι αντιστήριξης	438
8.5	Οδικές σήραγγες	440
9	Αποχέτευση – αποστράγγιση οδών	445
9.1	Βασικές αρχές σχεδιασμού	445
9.2	Διαστασιολόγηση.....	447
9.3	Απεικόνιση στη μελέτη.....	457
9.4	Επιφανειακές εγκαταστάσεις αποχέτευσης.....	457
9.5	Υπόγειες εγκαταστάσεις αποχέτευσης.....	461
9.6	Εγκαταστάσεις αποστράγγισης.....	463
9.7	Τεχνικά έργα	465
10	Μέριμνα για το τοπίο	469
10.1	Σχεδιασμός τοπίου και μελέτες έργων οδοποιίας.....	469
10.2	Διαμόρφωση τοπίου στην οδοποιία	470
10.3	Στόχοι της παρόδιας φύτευσης	472
11	Οδός και περιβάλλον.....	477
11.1	Μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων	477
11.2	Κυκλοφοριακός θόρυβος	481
12	Εξοπλισμός οδών	497
12.1	Κατακόρυφη οδική σήμανση.....	497
12.2	Οριζόντια οδική σήμανση.....	499
12.3	Πληροφοριακή σήμανση προορισμών.....	506

12.4 Διατάξεις καθοδήγησης και ασφαλείας οδού	511
12.5 Εγκαταστάσεις φωτεινής σηματοδότησης (Φ/Σ)	517
12.6 Φωτισμός.....	517
13 Υλικά κατασκευής έργων οδοποιίας	521
13.1 Αδρανή υλικά.....	522
13.2 Συνδετικά μέσα	527
13.3 Ασφαλτικά μίγματα.....	533
13.4 Τάπητες κυκλοφορίας από σκυρόδεμα	545
13.5 Σταθεροποίηση εδάφους και βάσεων με υδραυλικά συνδετικά μέσα	551
13.6 Βάσεις οδοστρώματων από ασύνδετα υλικά	556
14 Κατασκευή έργων οδοποιίας	561
14.1 Τοπογραφικές εργασίες.....	561
14.2 Εδαφολογικές έρευνες	595
14.3 Χωματοουργικά έργα.....	596
14.4 Επιδομή οδοστρώματος	599
14.5 Οδοστρώματα πεζοδρόμων και ποδηλατοδρόμων.....	604
14.6 Σταθεροποίηση εξοχικών δρόμων	605
15 Δημόσιες συμβάσεις έργων οδοποιίας	609
15.1 Κανονισμοί υλοποίησης συμβάσεων δημοσίων έργων	609
15.2 Διαγωνισμοί και αναθέσεις συμβάσεων	611
15.3 Τελική τιμολόγηση έργου	612
15.4 Ποιοτικός έλεγχος.....	613
16 Συντήρηση και λειτουργία οδών	615
16.1 Στρώσεις κυκλοφορίας.....	615
16.2 Φύτευση	617
16.3 Οδοκαθαρισμός.....	618
16.4 Χειμερινή συντήρηση	619
16.5 Φωτισμός και φωτεινή σηματοδότηση οδών	619
16.6 Οδικές σήραγγες	620
Βιβλιογραφία	623
Συνομογραφίες	629
Παραρτήματα	633
Κατάλογος σχημάτων	663
Κατάλογος πινάκων	676
Ευρετήριο	683

1 Ιστορική αναδρομή στην εξέλιξη της οδοποιίας

1.1 Ιστορική εξέλιξη

Οι δρόμοι ήταν απαραίτητοι από τότε που οι άνθρωποι ζούσαν, κυνηγούσαν, ή καλλιεργούσαν τα χωράφια σε ομάδες. Μπορεί ενδεχομένως στην αρχή να ήταν τα μονοπάτια που δημιουργούσαν τα ίχνη του κυνηγημένου ζώου, αλλά σταδιακά πρέπει να δημιουργήθηκαν συνειδητά κάποιες συνδέσεις μέσα στους αγριότοπους. Με τον καταμερισμό της εργασίας και την έναρξη του εμπορίου, η ύπαρξη ενός οδικού δικτύου γινόταν όλο και πιο απαραίτητη. Σημαντικά από στρατιωτική άποψη σημεία της ιστορίας με ηγεμόνες μεγάλων αυτοκρατοριών, ή γενικότερα μιας κεντρικής εξουσίας, έδωσαν στην επιστήμη της οδοποιίας δυνατότητες και την ώθησαν σε νέα επιτεύγματα. Μέσα από αρχαιολογικά ευρήματα, αλλά και από τις ιστορικές καταγραφές, μας επιτρέπεται να παρακολουθήσουμε την εξέλιξη της οδοποιίας από τις απαρχές του χρόνου.

Οι δρόμοι στην αρχαιότητα

Μέση Ανατολή και Ανατολή. Στον ζωτικό χώρο της Μέσης Ανατολής εμφανίζονται οι Ασσύριοι και οι Βαβυλώνιοι με ένα κοινό και αλληλένδετο οδικό δίκτυο. Ήδη η γραφή των Σουμερίων διέθετε ένα σύμβολο για τη λέξη «δρόμος». Τα κράτη αυτά των πρώιμων χρόνων, με σκοπό την εξασφάλιση της κυριαρχίας τους στις εκτεταμένες αυτοκρατορίες, είχαν ισχυρές στρατιωτικές δυνάμεις οι οποίες κατασκεύαζαν συνδετήριες οδούς για τη διέλευση των αρμάτων και των προμηθειών των αρχηγών τους.

Οι δρόμοι κατά την αρχαιότητα αποτελούσαν μέρος των λατρευτικών εθίμων. Γνωστό είναι εν προκειμένω το παράδειγμα της Οδού της Λιτανείας με την πύλη της Ιστάρ στη Βαβυλώνα, η οποία αποτελεί απόδειξη του μεγαλείου της βασιλείας αυτής. Τους δρόμους που βρίσκονταν έξω από τις πόλεις, σκεπτόμενοι με σύγχρονους όρους, πρέπει να τους φανταστούμε στρωμένους με χώμα ή χάλικες. Ωστόσο, στην κοιλάδα του Ευφράτη βρέθηκαν φράγματα χτισμένα με τούβλα, τα οποία παρέμεναν βατά ακόμη και σε συνθήκες πλημμύρας.

Οι Πέρσες βασιλείς κατασκεύαζαν μεγάλες οδούς, τις γνωστές και ως «βασιλικές οδούς», στις οποίες έδιναν το όνομα τους και οι οποίες επέτρεψαν μια πιο σφιχτή διοίκηση της περσικής αυτοκρατορίας. Ορισμένοι από τους δρόμους αυτούς ήταν κατασκευασμένοι τμηματικά με δύο λωρίδες κυκλοφορίας, ώστε να εξασφαλίζεται κίνηση σε σκαμμένα αυλάκια για τους τροχούς των αρμάτων και στην αντίθετη κατεύθυνση. Εξάλλου, είχαν κατασκευαστεί ανά συγκεκριμένες αποστάσεις πανδοχεία, στα οποία οι βασιλικοί αγγελιοφόροι μπορούσαν να αλλάζουν τα άλογά τους.

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι αυτό το ευρύ οδικό δίκτυο είχε σχεδιαστεί με σκοπό να παρακάμπτονται ορισμένες πόλεις. Με τον τρόπο αυτόν, εξασφαλιζόταν η ανάπτυξη μεγαλύτερης ταχύτητας στις κινήσεις των στρατευμάτων ή του βασιλικού ταχυδρομείου. Αντίθετα, οι μεταφορές του εμπορίου γίνονταν μέσα από κατοικημένες περιοχές και δρόμους караβανιών.

Ευρώπη. Ελλάδα. Το αρχικό οδικό δίκτυο — και οι Έλληνες ήταν εξοικειωμένοι με τα άρματα — παρακμάζει την τελευταία χιλιετία π.Χ. Εξάλλου, οι οροσειρές και τα βουνά δημιουργούν εμπόδια τα οποία υπερβαίνει κανείς καλύτερα με μουλάρια ή με τα πόδια. Ορισμένοι δρόμοι μεγάλου μήκους παρέμειναν παρόλα αυτά προσπελάσιμοι και διατήρησαν την κυκλοφορία τους. Και στην Ελλάδα, οι δρόμοι εξυπηρετούσαν κυρίως λατρευτικούς σκοπούς ενώ σε αυτούς τοποθετούσαν ακόμη και αναθηματικές πλάκες

Η ελληνιστική περίοδος φέρνει στις πόλεις των αποικιών την πρώτη σημαντική πρόοδο στον σχεδιασμό οδών. Την περίοδο αυτή οι άνθρωποι στρέφονται από την αρχική, τυχαία χάραξη των οδών για πεζούς, στην κατασκευή ενός γεωμετρικού οδικού δικτύου μέσα στους οικισμούς (π.χ., στη Μίλητο). Την κατασκευή δεν την καθορίζει πλέον η μορφή του εδάφους, καθώς η πόλη χωρίζεται σε περιοχές των οποίων οι δρόμοι τέμνονται ορθογώνια. Κάθε περιοχή της πόλης, ανάλογα με την σημασία της, διαθέτει δημόσιους χώρους στους οποίους κατά κύριο λόγο κυριαρχούν οι ναοί, όπου οδηγούν και οι δρόμοι.

Ρωμαϊκή αυτοκρατορία. Οι Ρωμαίοι θεωρούνται, δικαίως, ο λαός ο οποίος πραγματοποίησε στην αρχαιότητα εξαιρετικά επιτεύγματα στον τομέα της οδοποιίας. Βασιζόμενοι στην πείρα και μαθαίνοντας τις τεχνικές των χωρών που είχαν υπό την κατοχή τους, κατάφεραν να φθάσουν σε ένα υψηλό επίπεδο σχεδιασμού. Με τον τρόπο αυτόν έγινε εφικτή, εκτός από την ολοκλήρωση του στρατηγικού τους στόχου, η γρήγορη και αποτελεσματική μεταφορά των εμπορευμάτων από τις επαρχίες στην πρωτεύουσα. Παρατηρούνται ακόμη και μετακινήσεις απλών πολιτών, οι οποίοι είχαν τη δυνατότητα να βρίσκουν τροφή και διανυκτέρευση σε πανδοχεία.

Στις δόξες της αυτοκρατορίας, το μεγάλο οδικό δίκτυο της Ρώμης περιλάμβανε ένα δίκτυο δρόμων συνολικού μήκους 250.000 km, από τα οποία τα 80.000 χιλιόμετρα ήταν κατασκευασμένοι με σταθερό οδόστρωμα. Έτσι ήταν δυνατόν τη χριστιανική εποχή να μετακινηθεί μια λεγεώνα από την Ιερουσαλήμ, μέσω του Μάιντς, στη Μεγάλη Βρετανία. Εκτός από την κεντρική διοίκηση, υπήρξαν και αυτοκράτορες οι οποίοι κατασκεύασαν δρόμους με ιδιωτικούς ή προσωπικούς τους πόρους. Η συντήρηση έπρεπε να γίνεται υπό την εποπτεία του κράτους, από τους κατοίκους και τις κοινότητες. Ήδη από το 450 π.Χ. έχει δημιουργηθεί ένα νομικό πλαίσιο για τους δρόμους, που περιλαμβάνεται στους Δώδεκα Πίνακες (Δέλτους) του Ρωμαϊκού Δικαίου, το οποίο στη συνέχεια επεκτάθηκε από τον Ιούλιο Καίσαρα στο «Lex Julia municipalis».

Αφρική. Στην Αίγυπτο ήταν γνωστοί οι λατρευτικοί δρόμοι. Επίσης, από την Ερυθρά Θάλασσα μέχρι τον Νείλο γινόταν και μεταφορά εμπορευμάτων για την οποία αξιοποιούνταν κοιλάδες και ξερά ποτάμια. Εδώ αντιμετωπίστηκε και εφαρμόστηκε ο σχεδιασμός των δρόμων ως μέτρο ενίσχυσης των υποδομών. Εξάλλου υπήρχαν και οι δρόμοι του «Ωρου» (ηλιακός θεός της αιγυπτιακής μυθολογίας), οι οποίοι ήταν στρατιωτικοί δρόμοι για την άμυνα της χώρας. Οι κύριες οδοί κυκλοφορίας ήταν δρόμοι καραβανιών, χωρίς σταθεροποιημένο οδόστρωμα, οι οποίοι, παρόλα αυτά, ήταν μεγάλης εμπορικής σημασίας καθώς χρησιμοποιούνταν για τη μεταφορά των εμπορευμάτων από την Αραβία στην Αίγυπτο και στη Συρία (π.χ. «ο δρόμος των μπαχαρικών»).

Ασία. Στην Ασία, υπήρχαν εμπορικοί δρόμοι οι οποίοι συνέδεαν την αυτοκρατορία της «κεντρικής χώρας» της Κίνας με τη Μεσόγειο, και οι οποίοι στο μεγαλύτερο μήκος τους δεν είχαν σταθεροποιημένο οδόστρωμα. Ο δρόμος για τη μεταφορά εμπορευμάτων ήταν μεταξύ άλλων γνωστός και ως «δρόμος του μεταξιού», καθώς χρησιμοποιείτο για τη μεταφορά του περιζήτητου μεταξιού από την Κίνα στη Ρωμαϊκή αυτοκρατορία. Μέσω της ίδιας διαδρομής είχε φθάσει νωρίτερα στην Ευρώπη από την Κίνα και ο νεφρίτης. Παρόλα αυτά, μπορεί κανείς να θεωρήσει ότι οργανωμένο οδικό δίκτυο υπήρχε μόνο στο εσωτερικό του σινικού τείχους. Έξω από αυτό, οι δρόμοι περνούσαν μέσα από ακατοίκητες περιοχές οι ο-

ποιές ελέγχονταν από νομάδες ληστές. Η περίοδος άνθισης αυτού του οδικού δικτύου ήταν μεταξύ 100 π.Χ. και 100 μ.Χ.

Οι δρόμοι στον Μεσαίωνα

Ευρώπη. Με την παρακμή της Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας, ήλθε μια περίοδος ανακοπής στην εξέλιξη της οδοποιίας. Όμως, στον χώρο της ανατολικής Ευρώπης άρχισαν να αναπτύσσονται εμπορικές σχέσεις της Σκανδιναβίας και της Ρωσίας με την Ανατολή. Κατά κύριο λόγο δημιουργήθηκαν δρόμοι παράλληλα με τη ροή των ποταμών (Δνείπερος, Βόλγας). Τα πιο δημοφιλή εμπορεύματα ήταν οι γούνες και το ήλεκτρο (κεχριμπάρι). Το ρωμαϊκό οδικό δίκτυο στη Δυτική Ευρώπη είχε πλέον καταστραφεί. Μόνο κατά τη φραγκική κυριαρχία άρχισε να αναγνωρίζεται πάλι η σημασία ενός αποτελεσματικού και αποδοτικού οδικού δικτύου. Οι παλιοί ρωμαϊκοί δρόμοι συμπεριλήφθηκαν σε αυτό το δίκτυο από τον *Καρλομάγνο*.

Η δημιουργία ενός οδικού δικτύου στην Κεντρική και την Ανατολική Ευρώπη εμποδίζεται από δασικές εκτάσεις ή βάλτους. Το οδικό δίκτυο που σχημάτιζαν οι «δρόμοι του κεχριμπαριού» και ένωνε τη Βαλτική θάλασσα με τη Μεσόγειο αποτελείτο κατά κύριο λόγο από χωματόδρομους. Από τις βαλτικές περιοχές έγιναν γνωστοί και οι δρόμοι που ήταν κατασκευασμένοι με ξύλα, οι οποίοι αποκαλύπτουν και τη σημαντική πρόοδο που είχε η τέχνη της ξυλουργικής εκείνη την περίοδο.

Στον Μεσαίωνα, μετά την επέκταση των δρόμων προς τη δυτική και την ανατολική κατεύθυνση, ακολουθεί η προσπάθεια των γερμανών ηγεμόνων για τη δημιουργία οργανωμένων οικισμών. Σε αντίθεση όμως με τη ρωμαϊκή διοίκηση, οι εργασίες αυτές ούτε σχεδιάζονται ούτε πραγματοποιούνται αμέσως από την κεντρική διοίκηση. Οι συνδέσεις μεταξύ Βορρά και Νότου παρέμεναν πάντως πολύ σημαντικές, και σε αυτές η διέλευση των Άλπεων με μουλάρια εξακολουθούσε να είναι ακόμη πολύ δύσκολη. Για την εξασφάλιση της διέλευσης κατασκευάστηκαν κάστρα, στα οποία όμως έπρεπε να καταβάλλεται ένα σημαντικό ποσό με τη μορφή «διοδίων». Στον Μεσαίωνα οι δρόμοι θεωρούνταν ιδιοκτησία του αυτοκράτορα. Το δικαίωμα είσπραξης των δασμών προσφερόταν από τον αυτοκράτορα ως τιμάριο σε ακολούθους του, στους οποίους όμως ανέθετε και την ευθύνη της συντήρησης των δρόμων. Πάντως, από την εποχή του *Καρλομάγνου* οι ηγεμόνες αντιμετώπιζαν τα διόδια ως μια καλή πηγή εσόδων και χρηματοδότησης προσωπικών τους σκοπών και αναγκών, με αποτέλεσμα να δημιουργηθεί τελικά ακόμη και ο λεγόμενος «οδικός εξαναγκασμός»: υποχρέωναν δηλαδή τους ταξιδιώτες να χρησιμοποιούν μόνο δρόμους οι οποίοι είχαν διόδια.

Στο εσωτερικό των πόλεων, αρχίζουν μετά τον 14ο αιώνα να κατασκευάζονται λιθόστρωτοι μόνον οι πιο κεντρικοί δρόμοι, ενώ στις παρόδους συσσωρεύονται απορρίμματα και ακαθαρσίες σχηματίζοντας επικίνδυνες εστίες για επιδημίες.

Στη διάρκεια των συγκρούσεων των διαφόρων ηγεμόνων, και ιδιαίτερα κατά την περίοδο των σταυροφοριών και των μεταγενέστερων πολέμων, το υπάρχον οδικό δίκτυο παρήκμαζε ολοένα και περισσότερο, καταλήγοντας πολύ συχνά πλήρως αδιάβατο. Και σε αυτές τις περιόδους όμως, το δίκτυο παρέμενε σημαντικό για τις ταχυδρομικές υπηρεσίες και τους αγγελιοφόρους.

Αμερική. Τον 15ο αιώνα, στην αυτοκρατορία των Ίνκα υπήρχαν δύο διάσημοι δρόμοι, η «ορεινή Βασιλική οδός» και η «παραλιακή Βασιλική οδός», οι οποίοι είχαν συνολικό μήκος περίπου 8800 km. Οι δύο δρόμοι συνδέονταν μεταξύ τους με κάθετους δρόμους. Η χάραξή τους πολύ συχνά ήταν μια απλή ευθεία, ενώ οι υψομετρικές διαφορές αντιμετωπίζονταν με σκαλοπάτια, μια και ακόμα ήταν άγνωστος ο τροχός ή οι άμαξες.

Δρόμοι στη νεότερη εποχή

Αυστρία. Ο *Κάρολος VI* και ο *Ιωσήφ II* δημιούργησαν τον 18ο αιώνα ένα οδικό δίκτυο στις Άλπεις, με σκοπό να προσελκύσουν τις εμπορευματικές μεταφορές από την περιοχή της Σιλεσίας προς τη Μεσόγειο, που μέχρι τότε διεξάγονταν διά θαλάσσης, μέσω Αμβούργου. Επίσης, βελτιώθηκαν οι συνδέσεις προς την Ανατολή στην Μπουκοβίνα και προς την Τρανσυλβανία. Το 1830 υπάρχουν ήδη 12.300 km κρατικών δρόμων.

Γαλλία. Το γαλλικό οδικό δίκτυο εξελίχθηκε την εποχή του *Ναπολέοντα Ι* σε ένα στρατηγικής σημασίας δίκτυο και επεκτάθηκε μέχρι τα σύνορα της χώρας. Στη Σχολή «*Ponts et Chaussées*», που ιδρύθηκε το 1747, γάλλοι οδοποιοί αποκτούσαν υψηλό επίπεδο γνώσεων. Το συγκεκριμένο ίδρυμα έχει διατηρήσει μέχρι σήμερα την υψηλότερη θέση μεταξύ των πανεπιστημίων στη Γαλλία.

Γερμανία. Η διαίρεση της Γερμανίας σε μικρά κρατίδια περιόρισε το οδικό δίκτυο σημαντικά, καθώς η εξέλιξη και ο σχεδιασμός του προωθήθηκε από το κάθε κρατίδιο ξεχωριστά. Το 1779 δημιουργείται ο «Γενικός σχεδιασμός οδικού δικτύου» από τον *Chr. von Lüder*, ο οποίος ως σύλληψη ταιριάζει σε πολλά σημεία με το σημερινό δίκτυο αυτοκινητοδρόμων της Γερμανίας. Βαθμιαία, στη Βαυαρία και την Πρωσία δημιουργήθηκε ένα συνεκτικό οδικό δίκτυο, αλλά μόνο μετά τη σύσταση του γερμανικού οργανισμού διοδίων ξεκίνησε με γρήγορους ρυθμούς η ανάπτυξη του οδικού δικτύου. Με την κατασκευή των σιδηροδρομικών γραμμών, κρίθηκε αναγκαία και η κατασκευή καλύτερων δρόμων προς τους σιδηροδρομικούς σταθμούς.

Σήμερα, σε όλες τις βιομηχανικές χώρες απαιτείται ένα εκτεταμένο και καλά κατασκευασμένο οδικό δίκτυο για την κυκλοφορία των οχημάτων. Στις σύγχρονες προσεγγίσεις περί δικτύων λαμβάνεται υπόψη και διασφαλίζεται η συλλειτουργία και η συνεργασία των δικτύων όλων των μέσων μεταφοράς, και συγκεκριμένα των οδών για τις δημόσιες και τις ιδιωτικές μεταφορές, των σιδηροδρομικών δικτύων, των αεροδρομίων, των ποτάμιων δικτύων, καθώς και των δικτύων ενέργειας, ύδρευσης, αποχέτευσης, και τηλεπικοινωνιών.

1.2 Κατασκευαστική και τεχνική εξέλιξη

Η ανάπτυξη της οδοποιίας κατά την αρχαιότητα περιοριζόταν κυρίως στους κεντρικούς και σημαντικούς δρόμους, οι οποίοι δημιουργούνταν με τη χάραξη αυλάκων στα βραχώδη μέρη. Οι υπόλοιποι δρόμοι ήταν κυρίως χωματόδρομοι ή δρόμοι με πατημένο χώμα μαζί με χαλίκι. Στις βαλτώδεις περιοχές, υπήρχαν εν μέρει εξαιρετικά κατασκευασμένοι δρόμοι, με ξύλινες σανίδες. Αργότερα τον Μεσαίωνα εμφανίστηκαν ορισμένοι μεμονωμένοι λιθόστρωτοι αστικοί δρόμοι. Το σύστημα κατασκευής των δρόμων, με τη μορφή που το γνωρίζουμε στη σύγχρονη εποχή, ξεκίνησε τον 18ο αιώνα. Ο οδοποιός μηχανικός *Hubert Gautier* έγραψε το 1712 το πρώτο διδακτικό βιβλίο οδοποιίας. Έδωσε ιδιαίτερη έμφαση και προσοχή στην απορροή των υδάτων στην οδοποιία, παρουσιάζοντας τη δυνατότητα της διήθησης μέσω των χαλίκων, ενώ τοποθέτησε πλάκες για στερέωση των επιχωμάτων. Ο *Trésagnet* επινόησε γύρω στο 1760 το λίθινο υπόστρωμα (*Packlage*), και το 1785 εισήγαγε το επάγγελμα του συντηρητή των δρόμων και την προγραμματισμένη συντήρηση των δρόμων γενικότερα.

Παράλληλα με τη Γαλλία, στο δεύτερο μισό του 18ου αιώνα ανέπτυσαν και οι υπόλοιπες ευρωπαϊκές χώρες συστήματα και μεθόδους δόμησης που είχαν προσαρμοστεί τόσο στις κλιματολογικές συνθήκες όσο και στα δομικά υλικά που διέθετε κάθε περιοχή. Στη Γαλικία δημιουργήθηκαν δρόμοι με θραυστά

χαλίκια χωρίς το λίθινο υπόστρωμα. Στην Αγγλία, ο *Telford* γύρω στο 1825 πρόσθεσε επάνω στο λίθινο υπόστρωμα 15 cm σκύρα και 6 cm αμμοχάλικο. Ο *Mc Adam* προτιμούσε την κατασκευή με σκύρα, αλλά για λόγους οικονομίας άφηνε να γίνεται η συμπύκνωση από τις άμαξες. Μόνο το 1835 στη Γαλλία, άρχισαν να χρησιμοποιούνται οδοστρωτήρες τους οποίους έσερναν άλογα. Το 1879, η Στουτγάρδη γίνεται η πρώτη γερμανική πόλη που αγοράζει ατμοκίνητο οδοστρωτήρα. Το σύστημα κατασκευής του *Mc Adam* είχε το πλεονέκτημα ότι έδινε τη δυνατότητα εύκολης επισκευής των δρόμων και, για τον λόγο αυτόν, είχε διαδοθεί ευρέως ως η μέθοδος *Mc Adam*, παρότι οι περισσότεροι μηχανικοί οδοποιίας είχαν προτίμηση στη Γαλλική Σχολή και το λίθινο υπόστρωμα.

Τέλος, με τη χρήση ασφαλτούχου συνδετικού υλικού έγιναν προσπάθειες να απαλλαγούν οι πόλεις από τον κονιορτό της επιφάνειας των δρόμων. Στα τέλη του 19ου αιώνα πάντως, η συνεχώς αναπτυσσόμενη χρήση των αυτοκινήτων ως μέσου κυκλοφορίας οδήγησε στην ανάγκη εξεύρεσης νέου συστήματος κατασκευής των δρόμων ώστε να αποτελούν φέρουσες κατασκευές, δηλαδή να μπορούν να φέρουν επαρκώς τα νέα φορτία. Στη σύγχρονη εποχή έχουμε στη διάθεσή μας μεθόδους οι οποίες βασίζονται στην κατασκευή των οδοστρωμάτων με ασφαλτο και σκυρόδεμα.

Δεν πρέπει επίσης να λησμονηθεί η εξέλιξη της επιστήμης της οδοποιίας, τόσο στην Ευρώπη όσο και στην Αμερική, όσο αφορά τη χρήση των τοπικά διαθέσιμων υλικών για τη σύνθεση και την κατασκευή των οδοστρωμάτων. Ο σύγχρονος καταμερισμός της εργασίας απαιτεί σε όλα τα βιομηχανικά κράτη ένα άψογο και λειτουργικό οδικό δίκτυο, χωρίς το οποίο δε θα ήταν βιώσιμη η σύγχρονη οικονομική ανάπτυξη και ζωή.

2 Οδικό δίκτυο

2.1 Γερμανικό οδικό δίκτυο

Κατάταξη των οδών

Το οδικό δίκτυο της Γερμανίας έχει βασιστεί σε λειτουργικές υποδομές οι οποίες διαφοροποιούνται ανάλογα με την κατηγορία της οδού κυκλοφορίας. Η κατάταξη των οδών γίνεται ανάλογα με τη λειτουργία τους στο δίκτυο, στο πλαίσιο των γενικών κυκλοφοριακών και χωροταξικών σχεδίων. Ταυτόχρονα, πρέπει να δίνεται προσοχή ώστε να προσφέρονται αντίστοιχες μεταξύ τους συνθήκες διαβίωσης σε όλα τα ομόσπονδα κρατίδια.

Οι *υπεραστικές οδοί*, οι οποίες συνδέουν τους μεμονωμένους οικισμούς και τις βιομηχανικές πόλεις, είναι διαβαθμισμένες ανάλογα με τη χρήση τους στο δίκτυο. Σκοπός των οδών αυτών είναι η διαπεριφερειακή και διεθνής σύνδεση μεγάλων αποστάσεων. Οι υπεραστικές οδοί, από κρατική και διοικητική άποψη, διακρίνονται σε ομοσπονδιακές μεγάλων αποστάσεων (διακρατικές), εθνικές, επαρχιακές, και τοπικές οδούς.

Αστικές και τοπικές οδοί. Το δίκτυο των αστικών και τοπικών οδών περιέχει δύο κατηγορίες:

- *Οδούς εκτός αστικών περιοχών*, οι οποίες χρησιμοποιούνται για την κυκλοφορία έξω από κατοικημένες περιοχές, για σύνδεση με το υπερτοπικό οδικό δίκτυο ή με το δίκτυο των εξοχικών δρόμων.
- *Αστικές οδούς* που καθιστούν δυνατή την κυκλοφορία μέσα σε κατοικημένες περιοχές.

Ανάλογα με την κυκλοφοριακή σημασία τους, η λειτουργική κατάταξη των οδών είναι η εξής:

- Αυτοκινητόδρομοι.
- Οδοί ταχείας κυκλοφορίας.
- Κεντρικές οδοί (κύριες οδικές αρτηρίες).
- Συλλεκτήριες οδοί.
- Βοηθητικές οδοί.
- Παράπλευρες οδοί (εξυπηρέτηση παρόδιων ιδιοκτησιών).
- Παράπλευρες οδοί (χαμηλής εξυπηρέτησης παρόδιων ιδιοκτησιών).

Οι περιοχές της υπαίθρου διασυνδέονται μέσω του δικτύου εξοχικών δρόμων, που διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

- Συνδετήριοι δρόμοι.
- Αγροτικοί δρόμοι (κύριοι, δευτερεύοντες).
- Δασικοί δρόμοι (κύριοι, προσαγωγοί, υλοτομίας), κεντρικές οδοί, συνδετήριες οδοί, οδοί επιστροφής.

- Δρόμοι σε αμπέλια και χωράφια ειδικών καλλιεργειών.
- Λοιποί δρόμοι (ποδηλατόδρομοι, δρόμοι για πεζούς, δρόμοι για ιππασία, κ.ά.).

Το 1999, η σύνθεση του γερμανικού οδικού δικτύου ήταν η εξής:

- Αυτοκινητόδρομοι, 11.429 km.
- Εθνικές (ομοσπονδιακές) οδοί, 41.386 km.
- Επαρχιακές οδοί, 177.852 km.
- Περιφερειακές και τοπικές οδοί, 395.400 km.

(Πηγή: «Der Elsner», «Εγχειρίδιο οδών και κυκλοφορίας», 2000)

Το 2007, η σύνθεση του γερμανικού οδικού δικτύου ήταν η εξής:

- Αυτοκινητόδρομοι, 12.550 km.
- Εθνικές (ομοσπονδιακές) οδοί, 40.483 km.
- Επαρχιακές οδοί, 178.324 km.
- Περίπου 395.400 km περιφερειακές και τοπικές οδοί.

(Πηγή: K. Bauer, «Δρόμοι και αυτοκινητόδρομοι», Τεύχος 3/2008, Σελίδα 154)

Πυκνότητα οδικού δικτύου

Η πυκνότητα της κυκλοφορίας του οδικού δικτύου ορίζεται ως ο λόγος του μήκους των δρόμων ανά μονάδα επιφανείας (km/km^2), ή ως το μήκος των δρόμων ανά 1000 κατοίκους ($\text{km}/1000 \text{ κατ.}$). Σκοπός του τοπικού οδικού δικτύου και των περιφερειακών οδών είναι η πρόσβαση σε όλες τις περιοχές. Επομένως, όσο πιο καλά συνδεδεμένο είναι το τοπικό δίκτυο με το κεντρικό οδικό δίκτυο, τόσο πιο αξιοποιήσιμο και χρήσιμο είναι. Η πυκνότητα ενός οδικού δικτύου δείχνει και την οικονομική κατάσταση μιας περιοχής ή μιας χώρας. Ένα καλό οδικό δίκτυο είναι καθοριστικό για την οικονομική εξέλιξη και την ανάπτυξη μιας περιοχής.

Ποιότητα οδικού δικτύου

Η αξία χρήσης μιας οδού εξαρτάται από διάφορους παράγοντες. Ένας από αυτούς είναι το πλάτος των λωρίδων που διαθέτει, το οποίο επηρεάζει άμεσα και την ταχύτητα που αναπτύσσεται σε αυτές. Άλλος παράγοντας είναι ο τρόπος κατασκευής του οδοστρώματος. Είναι διαπιστωμένο ότι η οδική ασφάλεια, αλλά και η άνεση στην οδήγηση, είναι σημαντικά βελτιωμένες σε επίπεδα και αντιολισθητικά οδοστρώματα συγκριτικά με την οδήγηση σε μη ομαλό οδόστρωμα. Σε τακτά χρονικά διαστήματα πραγματοποιείται στατιστική επεξεργασία και δημοσίευση των δεδομένων των επιμέρους παραγόντων που επηρεάζουν την ποιότητα και την αξία χρήσης μιας οδού.

2.2 Διεθνές οδικό δίκτυο στην Ευρώπη

Οι υπόλοιπες Ευρωπαϊκές χώρες διαθέτουν μια αντίστοιχη κατάταξη των οδών με αυτή της Ομοσπονδιακής Δημοκρατίας της Γερμανίας. Μετά από συμφωνία, αποφασίστηκε να δημιουργηθεί ένα σύστημα σύνδεσης των κύριων οδών που διασχίζουν τα ευρωπαϊκά κράτη, το διεθνές δίκτυο *Ευρωπαϊκών οδών*, για την ανάπτυξη και την ποιότητα των οποίων έχουν δεσμευτεί τα επιμέρους κράτη. Το δίκτυο περι-

λάμβανε το 1993 οδούς μήκους περίπου 75.000 km, από τις οποίες τα 5.800 km αναλογούσαν στην Ομοσπονδιακή Δημοκρατία της Γερμανίας και από τα οποία σχεδόν 4.600 km ήταν αυτοκινητόδρομοι.

Για τη σήμανση των ευρωπαϊκών οδών χρησιμοποιούνται πράσινα ορθογώνια οδικά σήματα με λευκά γράμματα. Οι οδοί με διεύθυνση από Βορρά προς Νότο αριθμούνται με έναν περιττό (μονό) διψήφιο αριθμό, που αυξάνεται από τα δυτικά προς τα ανατολικά. Οι οδοί με διεύθυνση από Δύση προς Ανατολή, αριθμούνται με έναν άρτιο (ζυγό) αριθμό, που αυξάνεται από τα βόρεια προς τα νότια. (Σ.τ.Μ.: πρόκειται για τη συνθήκη AGR.)

2.3 Συνολικό δίκτυο μεταφορών

Κάθε οδικό δίκτυο αποτελεί μέρος μόνο του συνολικού δικτύου μεταφορών. Η διακίνηση των ανθρώπων, των εμπορευμάτων, και των πληροφοριών πραγματοποιείται σήμερα μέσω συστημάτων:

- Οδικών μεταφορών.
- Σιδηροδρομικών μεταφορών.
- Πλωτών διαδρόμων και θαλάσσιων μεταφορών.
- Εναέριων μεταφορών.
- Ειδικών δικτύων μεταφορών.

Κάθε σύστημα μεταφορών έχει τη δική του επιρροή στην οικονομία κάθε χώρας. Ανάλογα με τη θέση και την όδευση της διαδρομής, τα χρησιμοποιούμενα μεταφορικά μέσα, και την ταχύτητα της διαδρομής, η συμβολή κάθε συστήματος μεταφορών είναι διαφορετική. Στη σημερινή εποχή, η μετακίνηση των ανθρώπων πραγματοποιείται κυρίως με ιδιωτικής χρήσης μέσα μεταφοράς, ενώ η μεταφορά των εμπορευμάτων πραγματοποιείται κυρίως μέσω του σιδηροδρομικού δικτύου και του δικτύου πλωτών οδών. Σε ευρωπαϊκό επίπεδο όμως, και λόγω της ανάπτυξης και της εξέλιξης των τραίνων υψηλής ταχύτητας, στις μετακινήσεις των ανθρώπων χρησιμοποιείται αρκετά και το σιδηροδρομικό δίκτυο. Οι εναέριες μεταφορές έχουν το πλεονέκτημα της κάλυψης μεγάλων αποστάσεων σε μικρό χρονικό διάστημα. Μέσω των ειδικών δικτύων πραγματοποιείται η μεταφορά ενέργειας και πρώτων υλών (πετρέλαιο, αέριο, πόσιμο νερό, κ.ά.) καθώς και η μετάδοση πληροφοριών, μέσω των τηλεπικοινωνιακών δικτύων (τηλέφωνο, καλωδιακή τηλεόραση, φαξ, διαδίκτυο).

Μόνο με τη σύμπραξη και τη συνεργασία όλων των επιμέρους συστημάτων μεταφοράς προκύπτει οικονομικό όφελος από το συνολικό δίκτυο μεταφορών. Ο σχεδιασμός των μεταφορών πρέπει, επομένως, να περιλαμβάνει με τη δέουσα βαρύτητα την κατασκευή και τη συντήρηση των οδών.

3 Νομικό πλαίσιο και διοίκηση οδών

Η κατασκευή νέων οδών, αλλά και η διατήρηση του υπάρχοντος οδικού δικτύου, αποτελούν μια σημαντική οικονομική δαπάνη. Η δαπάνη αυτή καλύπτεται είτε από την ιδιωτική πρωτοβουλία (πρακτική η οποία συναντάται συχνά στο εξωτερικό), είτε μέσω των πόρων που προκύπτουν από τη φορολογία. Η κατασκευή και η συντήρηση των οδών απαιτεί επομένως μια διοικητική δομή η οποία, λειτουργώντας μέσα σε ένα ειδικό νομικό πλαίσιο, έχει στην ευθύνη της όλες τις νομικές, οργανωτικές, και χρηματοδοτικές διαδικασίες όλων των απαιτούμενων μέτρων.

3.1 Νομοθεσία και διοίκηση οδών

Στην Ομοσπονδιακή Δημοκρατία της Γερμανίας, με βάση το Άρθρο 74, Αριθμός 22 του Συντάγματος, καθορίζεται ως αρμοδιότητα της Ομοσπονδιακής Κυβέρνησης η συντρέχουσα ομοσπονδιακή νομοθεσία "για την οδική κυκλοφορία, τα οχήματα, και τους οδηγούς, την κατασκευή και τη συντήρηση των υπεραστικών οδικών αξόνων μεγάλων αποστάσεων, καθώς και τη συλλογή και τη διανομή των τελών για τη χρήση των δημόσιων οδών από αυτοκίνητα". Οι υπόλοιπες οδοί ανήκουν στη νομοθετική αρμοδιότητα των ομόσπονδων κρατιδίων.

Με βάση τα παραπάνω, οι ομοσπονδιακές υπεραστικές οδοί μεγάλων αποστάσεων ανήκουν στην αρμοδιότητα της Ομοσπονδιακής Κυβέρνησης, ενώ οι εθνικές και επαρχιακές οδοί ανήκουν στην αρμοδιότητα των Κυβερνήσεων των Ομόσπονδων Κρατιδίων. Αυτά τα δύο όργανα (οι Κυβερνήσεις) θεωρούνται ως Κύριοι του Έργου (Εργοδότες). (Σ.τ.Μ.: σύμφωνα και με την ελληνική νομοθεσία, Κύριος του Έργου — Εργοδότης — είναι το Δημόσιο ή άλλο νομικό πρόσωπο του δημόσιου τομέα, για λογαριασμό του οποίου καταρτίζεται μία Σύμβαση ή κατασκευάζεται ένα Έργο.)

Ομοσπονδιακοί νόμοι. Οι ομοσπονδιακοί νόμοι αποφασίζονται στο Ομοσπονδιακό Κοινοβούλιο (Bundestag) σε συνεργασία με το Ομοσπονδιακό Συμβούλιο (Bundesrat) (Σ.τ.Μ.: το Ομοσπονδιακό Συμβούλιο συγκροτείται από μέλη των Κυβερνήσεων των Ομόσπονδων Κρατιδίων.) Ως συμβουλευτικό όργανο λειτουργεί η Επιτροπή Μεταφορών του Ομοσπονδιακού Κοινοβουλίου. Αναφέρουμε ιδιαίτερα τους εξής νόμους και διατάγματα:

- Σύνταγμα της Ομοσπονδιακής Δημοκρατίας της Γερμανίας (GG).
- Πολεοδομικός κώδικας (BauGB).
- Ομοσπονδιακός νόμος για τους υπεραστικούς οδικούς άξονες (FStrG).
- Ομοσπονδιακός νόμος για την προστασία από εκπομπές καυσαερίων (BIMSchG).
- Ομοσπονδιακός νόμος για την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος (BNatSchG).
- Ομοσπονδιακό σχέδιο οδικής κυκλοφορίας (BVWP).
- Νόμος για τις διασταυρώσεις σιδηροδρόμων και οδών (Eisenbahnkreuzungsgesetz-EKRG).

- Νόμος για την επέκταση των οδικών αξόνων (FStrAbG).
- Νόμος για την ιδιωτική χρηματοδότηση κατασκευής των οδικών αξόνων (FStrPrivFinG).
- Νόμος για τη χρηματοδότηση κατασκευής των κοινοτικών οδών (GVFG).
- Νόμος περί του προϋπολογισμού των κατασκευών (HstruktG).
- Χωροταξική νομοθεσία (ROG).
- Νόμος περί προώθησης πολεοδομικών έργων (StBauFG).
- Νόμος περί των επενδύσεων για την κυκλοφορία (VerkFinG).
- Κώδικας οδικής κυκλοφορίας (StVO).
- Κανονισμός ταξινόμησης, απογραφής, και θέσης οχημάτων σε κυκλοφορία (StVZO).

Περαιτέρω λεπτομέρειες και μεμονωμένες περιπτώσεις καθορίζονται μέσα σε οδηγίες και διατάξεις.

Νόμοι των Ομόσπονδων Κρατιδίων. Όπως το Ομοσπονδιακό Κοινοβούλιο, έτσι και τα Κοινοβούλια των Ομόσπονδων Κρατιδίων ψηφίζουν νόμους και διατάξεις που αφορούν την οδοποιία, στο πλαίσιο των αρμοδιοτήτων τους, όπως π.χ. για την πρόσβαση στα παρόδια οικόπεδα, την υποχρέωση καθαρισμού του χιονιού από τα πεζοδρόμια, τον καθαρισμό των οδών κλπ., και την κατασκευή και τη συντήρηση των εθνικών, των περιφερειακών, και των τοπικών οδών.

Κανονιστικές διατάξεις τοπικής αυτοδιοίκησης. Οι υπηρεσίες δόμησης της τοπικής αυτοδιοίκησης θεσπίζουν κανονιστικές διατάξεις για τις κοινότητές τους μέσα στο πλαίσιο της νομοθεσίας της Ομοσπονδίας και του Κρατιδίου. Με τέτοιες διατάξεις καθορίζονται, για παράδειγμα, τα τέλη σύνδεσης των παρόδιων οικοπέδων και η υποχρέωση εκχιονισμού ή καθαρισμού των πεζοδρομίων.

3.2 Διαχείριση οδικών υποδομών

Διαχείριση ομοσπονδιακών οδικών υποδομών. Το τμήμα οδοποιίας του Ομοσπονδιακού Υπουργείου Μεταφορών είναι αρμόδιο για τη διοίκηση και τη διαχείριση όλων των ομοσπονδιακών οδικών αξόνων μεγάλων αποστάσεων. Ο σχεδιασμός, η κατασκευή, και η συντήρηση των δρόμων πραγματοποιείται από τα Ομόσπονδα Κρατίδια, σύμφωνα με το Άρθρο 90, Παράγραφος 2, 85 του Συντάγματος της Ομοσπονδιακής Δημοκρατίας της Γερμανίας. Στα πλαίσια εφαρμογής αυτής της κατ' ανάθεση διαχείρισης, τα κρατίδια υποχρεούνται να παρέχουν άτομα από το προσωπικό τους για τις απαραίτητες εργασίες. Με αυτόν τον τρόπο, η Ομοσπονδία δεν έχει καμία εκτελεστική υπηρεσία.

Διαχείριση υποδομών εθνικών και επαρχιακών οδών. Κάθε ομόσπονδο κρατίδιο διαθέτει δικές του κρατικές υπηρεσίες διαχείρισης οδικών υποδομών. Οι υπηρεσίες αυτές διαχειρίζονται τα κατασκευαστικά έργα των εθνικών και επαρχιακών οδών του κρατιδίου, καθώς και τα κατ' ανάθεση έργα στους άξονες μεγάλων αποστάσεων μέσα στα όριά τους. Σε ορισμένα κρατίδια έχει ανατεθεί και η διαχείριση των περιφερειακών οδών, με σκοπό να υπάρχει ένας συμπαγής σχεδιασμός στο εθνικό οδικό δίκτυο.

Η διοίκηση κάθε κρατιδίου είναι διαφορετικά δομημένη. Ορισμένα κρατίδια διαθέτουν μια "κρατική επιχείρηση οδών", η οποία υπάγεται απευθείας στο Υπουργείο Μεταφορών του κρατιδίου και είναι αρμόδια για όλες τις υπεραστικές οδούς. Ταυτόχρονα λειτουργούν στις επαρχίες υπηρεσίες διαχείρισης, υπεύθυνες για τις περιφερειακές οδούς που ανήκουν στην περιοχή τους. Η δομή των υπηρεσιών αυτών σε

ορισμένα κρατίδια έχει δύο ή και τρεις βαθμίδες. Μπορεί επομένως να διατίθεται μία υπηρεσία η οποία λειτουργεί ως τεχνικά ειδικευμένος φορέας, ή μία υπηρεσία τριών βαθμίδων η οποία συγκροτείται από το αρμόδιο υπουργείο, την υπηρεσία οδών και μεταφορών του κρατιδίου και την τοπική υπηρεσία οδοποιίας.

Τέλος, υπάρχει ένα μοντέλο διοίκησης σύμφωνα με το οποίο η διαχείριση του συνόλου των οδικών υποδομών έχει ανατεθεί στις περιφέρειες. (Σ.τ.Μ.: είναι όργανα διοίκησης ανάλογα με τις ελληνικές Αποκεντρωμένες Διοικήσεις.) Με το μοντέλο αυτό, ενοποιούνται οι εργασίες σχεδιασμού, κατασκευής, και λειτουργίας των περιφερειακών και τοπικών οδών, με αυτές των εθνικών και υπεραστικών οδών. Ο σχεδιασμός, η κατασκευή, και η συντήρηση των αυτοκινητοδρόμων, των εθνικών και τοπικών οδών, καθώς και η φροντίδα των αυτοκινητοδρόμων, γίνονται από τις υπηρεσίες της Περιφέρειας, που λειτουργεί ως ενδιάμεσος φορέας.

Διαχείριση υποδομών τοπικής αυτοδιοίκησης. Σε ορισμένα ομοσπονδιακά κρατίδια, υπάρχουν στις περιφέρειες τοπικές υπηρεσίες πολεοδομίας και οδοποιίας οι οποίες αναλαμβάνουν τη διαχείριση και την κατασκευή των οδών. Η διαχείριση των αστικών οδών ή των οδών μεγάλων κοινοτήτων αναλαμβάνεται πολλές φορές εν μέρει από τεχνικές υπηρεσίες των οικείων Δήμων.

Σχεδιασμός από ιδιωτικά τεχνικά γραφεία. Στη σημερινή εποχή, είναι αρκετά σύνηθες να αναλαμβάνουν ιδιωτικά τεχνικά γραφεία τον σχεδιασμό του οδικού δικτύου. Μερικές φορές, οι οργανισμοί τοπικής αυτοδιοίκησης αναθέτουν σε ιδιώτες ακόμη και την επίβλεψη της κατασκευής του έργου. Έχει αποδειχθεί ότι με τον τρόπο αυτόν επιτυγχάνεται μια πιο ευέλικτη οργάνωση και γρήγορη εκτέλεση του έργου, χωρίς να πρέπει να γίνουν αιφνίδιες προσλήψεις λόγω έλλειψης μηχανικών στο προσωπικό της υπηρεσίας διαχείρισης. Καθώς οι συγκεκριμένες εργασίες αμείβονται με βάση μια συγκεκριμένη κλίμακα αμοιβών, είναι εφικτό να αναλαμβάνουν τις εργασίες αυτές γραφεία πολύ υψηλού επιπέδου.

3.3 Χρηματοδότηση οδών

Οι πόροι για την κατασκευή και τη συντήρηση των δημόσιων δρόμων εξασφαλίζονται από τις αρμόδιες υπηρεσίες. Η χρηματοδότηση εξασφαλίζεται από τη φορολογία ή τους δασμούς και το ύψος της καθορίζεται από τον εκάστοτε προϋπολογισμό.

Σε ορισμένα κατασκευαστικά έργα, τη χρηματοδότηση μπορούν να αναλάβουν ακόμη και ιδιώτες επενδυτές, οι οποίοι στη συνέχεια μπορούν να επιβάλουν σε αυτές τις διαδρομές τέλη διοδίων. Εναλλακτικά, υπάρχει δυνατότητα επιστροφής χρημάτων από τον Κύριο του Έργου (τον δημόσιο φορέα) στον επενδυτή, μέσα σε καθορισμένο χρονικό διάστημα, με σκοπό να περάσει η διαχείριση αυτού του οδικού τμήματος στη δικαιοδοσία του.

4 Θεωρητικό υπόβαθρο

Η μετακίνηση των ανθρώπων με αυτοκίνητα οδήγησε στην ανάγκη κατασκευής δρόμων. Ο σχεδιασμός των δρόμων αυτών εξαρτάται άμεσα από τον προβλεπόμενο αριθμό των οχημάτων, το βάρος, τις διαστάσεις τους, και τα χαρακτηριστικά κίνησής τους.

Η κατανομή στα μέσα μεταφοράς των εμπορευμάτων στην Ομοσπονδιακή Δημοκρατία της Γερμανίας το 1997 ήταν η εξής:

- Οδικές μεταφορές 69,1%
- Σιδηροδρομικές μεταφορές 16,7%
- Μεταφορά με εσωτερική ναυσιπλοΐα 14,2%
- Αγωγοί μεταφοράς 3,8%

(Πηγή: BMVBW, Μεταφορά σε αριθμούς, 1998)

Η κατανομή στα μέσα μεταφοράς των ανθρώπων το 1997 ήταν η εξής:

- Μεταφορά με ιδιωτικό μέσο 81,8%
- Χρήση σιδηροδρομικής συγκοινωνίας 16,7%
- Δημόσια επιβατική συγκοινωνία 8,4%
- Αεροπορική μεταφορά 2,8%

(Πηγή: BMVBW, Μεταφορά σε αριθμούς, 1998)

Σύμφωνα με πρόχειρους υπολογισμούς, το 2010 υπήρχαν περίπου 45 εκατομμύρια ιδιωτικής χρήσης επιβατικά (ΙΧΕ) αυτοκίνητα στη Γερμανία. Η αύξηση αυτή δεν παρατηρείται μόνο λόγω της συνεχούς εξέλιξης στην τεχνολογία των αυτοκινήτων (χαμηλότερη κατανάλωση καυσίμου, μείωση των καυσαερίων και του θορύβου). Η επιθυμία του ανθρώπου για κινητικότητα, η ανάγκη για την προσωπική οργάνωση του ελεύθερου χρόνου του, οι διαφοροποιημένες αγοραστικές συνήθειες, η άνεση, και το κύρος οδηγούν σε μια συνεχή αύξηση της χρήσης ιδιωτικών επιβατικών οχημάτων, παρόλο που οι δημόσιες συγκοινωνίες μπορούν να προσφέρουν την ίδια υπηρεσία με λιγότερα οχήματα στους δρόμους.

4.1 Μηχανική των οχημάτων

Η κυκλοφορία στους δρόμους αποτελείται από μηχανοκίνητα οχήματα, από οχήματα που κινούνται με την ανθρώπινη δύναμη, και από τους πεζούς. Τα διάφορα μέσα μεταφοράς έχουν πολύ διαφορετικές ταχύτητες μετακίνησης και θα έπρεπε, για λόγους ασφαλείας, να διαθέτουν ξεχωριστές επιφάνειες κυκλοφορίας.

Τα στοιχεία σχεδιασμού των οδών επηρεάζονται κυρίως από τα μηχανοκίνητα οχήματα, τα οποία έχουν και τη μεγαλύτερη ταχύτητα. Για τα οχήματα που κινούνται σε σιδηροτροχιές, μέσα στον οδικό χώρο, επιδιώκεται γενικά να υπάρχει μια λωρίδα διαθέσιμη αποκλειστικά γι' αυτή τη χρήση. Το ίδιο είναι επιθυμητό και για τα λεωφορεία της δημόσιας συγκοινωνίας, με σκοπό αυτά να γίνουν όσο το δυνατόν πιο

γρήγορα και ελκυστικά για το επιβατικό κοινό. Ξεχωριστή θέση καταλαμβάνουν τα υβριδικά λεωφορεία, τα οποία μπορούν να κινούνται τόσο σε λωρίδες με σιδηροτροχιές όσο και σε λωρίδες γενικής χρήσης. Παρόλα αυτά, η χρήση τους δεν είναι ακόμη ευρέως διαδεδομένη.

Οι γεωμετρικές προϋποθέσεις για τη διαμόρφωση των οδών καθορίζονται από τη μηχανική και τη δυναμική των οχημάτων, στο πλαίσιο των οποίων τίθενται δύο σημαντικά θέματα:

1. Οι νόμοι που διέπουν την κίνηση των οχημάτων.
2. Η αλληλεπίδραση ανάμεσα στο όχημα και το οδόστρωμα.

Η αλληλεπίδραση αυτή λαμβάνεται υπόψη στην κατάλληλη διαμόρφωση και κατασκευή της υποδομής και της επιδομής του οδοστρώματος, η βασική λειτουργία των οποίων είναι η χωρίς βλάβες διοχέτευση στο υπέδαφος των δυνάμεων που δημιουργούνται από το όχημα.

Σε ένα όχημα που βρίσκεται επάνω σε ένα οδόστρωμα επιδρούν διάφορες δυνάμεις, οι οποίες είτε το ωθούν είτε προβάλλουν αντίσταση στην κίνησή του.

Αντιστάσεις κίνησης

Οι αντιστάσεις κίνησης ονομάζονται, από το αίτιο της γένεσής τους, και *εσωτερικές αντιστάσεις* όταν εξαρτώνται από την κατασκευή του οχήματος και τη χρήση ή τη συντήρησή του (τριβή αναρτήσεων κ.ά.). Οι *εξωτερικές αντιστάσεις* οφείλονται σε αλληλεπιδράσεις μεταξύ του οχήματος και του οδοστρώματος ή του περιβάλλοντος αέρα. Είναι προφανές ότι κατά τον σχεδιασμό μπορούν να ληφθούν υπόψη μόνον οι εξωτερικές αντιστάσεις.

Αντίσταση σε ολίσθηση W_G . Σε ένα όχημα, το οποίο βρίσκεται σε κεκλιμένο επίπεδο (με διαμήκη κλίση, ή επίκλιση σε καμπύλη), ασκούνται δυνάμεις ακόμη και σε κατάσταση ηρεμίας. Όταν δεν υπάρχει επαρκής πρόσφυση στο οδόστρωμα, οι δυνάμεις αυτές προκαλούν ολίσθηση του οχήματος ακόμη και με ακινητοποιημένους τους τροχούς του. Η *αντίσταση σε ολίσθηση* εξαρτάται από την ορθή τάση που αναπτύσσεται στην επιφάνεια του οδοστρώματος, και την τραχύτητα του τελευταίου. Η αντίσταση είναι ίση με

$$W_G = \mu_G \times F_G \times \cos \alpha \quad \text{σε N} \quad (4.1)$$

μ_G Συντελεστής αντίστασης σε ολίσθηση ο οποίος, ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες κυμαίνεται μεταξύ 0,6 σε στεγνό και 0,1 σε παγωμένο οδόστρωμα,

F_G Βάρος του οχήματος σε N

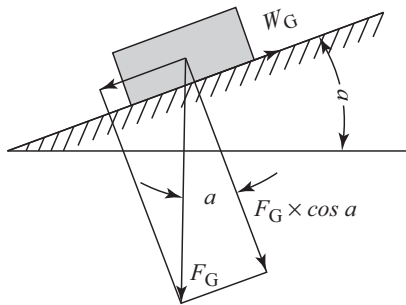
α Γωνία κλίσης ως προς την οριζόντιο.

Αντίσταση σε κύλιση (τροχού) W_R . Η αντίσταση σε κύλιση εμφανίζεται λόγω της παραμόρφωσης των ελαστικών του οχήματος και του οδοστρώματος, και εξαρτάται από το φορτίο του τροχού και την πίεση των ελαστικών, καθώς και από το υλικό κατασκευής και την κατάσταση του οδοστρώματος. Όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα του οχήματος, τόσο μεγαλύτερη είναι η τιμή της αντίστασης σε κύλιση, καθώς η τριβή μετατρέπεται σε θερμότητα λόγω της εσωτερικής τριβής των ελαστικών. Η αντίσταση κύλισης σε επίπεδη επιφάνεια είναι ίση με:

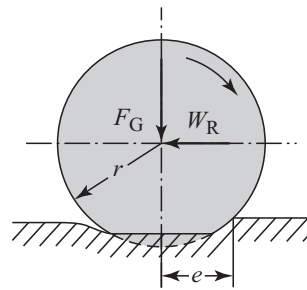
$$W_R = \mu_R \times F_G \quad \text{σε N} \quad (4.2)$$

μ_R Συντελεστής αντίστασης σε κύλιση, ο οποίος κυμαίνεται μεταξύ 0,16 (κακός χωματόδρομος) και 0,01 (οδόστρωμα σκυροδέματος)

F_G Βάρος του οχήματος σε N.



Σχήμα 4.1 Αντίσταση σε ολίσθηση



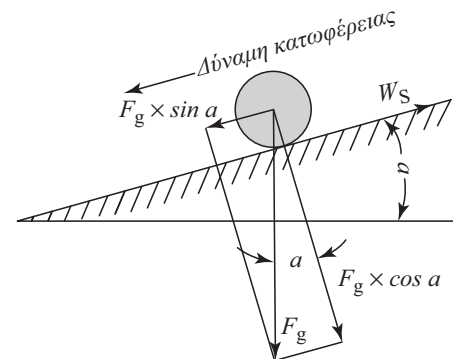
Σχήμα 4.2 Αντίσταση σε κύλιση

Αντίσταση αέρα W_L . Η αντίσταση του αέρα παράγεται από την πίεση στις μετωπικές επιφάνειες του οχήματος, τη δημιουργία τύρβης στις πλευρικές επιφάνειες, και την αναρρόφηση στην πίσω πλευρά του. Η τιμή της εξαρτάται σημαντικά από την προβαλλόμενη επιφάνεια της διατομής και το σχήμα του οχήματος.

Οι επιδράσεις αυτές λαμβάνονται υπόψη στον συντελεστή αεροδυναμικής αντίστασης c_w . Για τα σύγχρονα οχήματα, η τιμή του συντελεστή αυτού κυμαίνεται μεταξύ 0,27 και 0,50 για οχήματα Ι.Χ., ενώ για τα λεωφορεία και τα φορτηγά μπορεί να ληφθεί ίσος με 0,60 και 0,85, αντίστοιχα. Η αντίσταση του αέρα μπορεί να υπολογιστεί προσεγγιστικά με την εξίσωση

$$W_L = c_w \times A \times \rho \times \frac{v^2}{2 \times 3,6^2} \text{ σε N} \quad (4.3)$$

- c_w Συντελεστής αεροδυναμικής αντίστασης
 A Προβολή της επιφάνειας της διατομής σε m^2
 v Ταχύτητα σε km/h
 ρ Πυκνότητα του αέρα σε kg/m^3 .



Σχήμα 4.3 Δύναμη κατωφέρειας

Αντίσταση ανωφέρειας W_S και δύναμη κατωφέρειας F_G . Όταν ένα όχημα κινείται σε ανωφέρεια ή κατωφέρεια, εμφανίζονται δυνάμεις που είναι συνιστώσες της κατακόρυφης δύναμης της βαρύτητας και δρουν είτε ως αντίσταση ανωφέρειας είτε ως πρόσθετη δύναμη, η οποία λειτουργεί ως προωθητική δύναμη κατωφέρειας στο όχημα.

Οι δυνάμεις αυτές υπολογίζονται ως εξής:

$$W_S = \pm F_G \times \sin \alpha \text{ σε N} \quad (4.4)$$

- F_G Το βάρος του οχήματος σε N
 α Η γωνία κλίσης ως προς την οριζόντιο σε gon.

Επίδραση του ανέμου. Εκτός από τις δυνάμεις που ασκεί ο αέρας και οι οποίες εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από το σχήμα του οχήματος, υπάρχουν και δυνάμεις λόγω ανέμου, οι οποίες εξαρτώνται από τις καιρικές συνθήκες και ασκούνται στο όχημα υπό διάφορες γωνίες ως προς την κατεύθυνση της κίνησής του. Ειδικά σε οχήματα που κινούνται με μεγάλη ταχύτητα, μια ροπή εκτροπής γύρω από τον κατακόρυφο άξονα του οχήματος μπορεί να προκαλέσει παρέκκλιση από την κατεύθυνση κίνησής του και να οδηγήσει ακόμη και σε ατύχημα. Η επίδραση των πλευρικών ανέμων αυξάνει τη ροπή περιστροφής, δηλαδή

τη ροπή ανατροπής περί τον διαμήκη άξονα. Σε ορισμένες περιπτώσεις ο άνεμος μπορεί να δώσει πρόσθετη ώθηση στο όχημα και να μειώσει την τριβή των τροχών στο οδόστρωμα. Στις δυνάμεις αυτές, ο οδηγός καλείται να αντιδράσει χρησιμοποιώντας τα φρένα και το (ανάποδο) τιμόνι. Σε τμήματα του οδικού δικτύου στα οποία υπάρχει σημαντικός κίνδυνος εμφάνισης τέτοιων φαινομένων (για παράδειγμα κοιλαδογέφυρες, άκρα ηχοπετασμάτων), συνιστάται η χρήση ανεμουρίων για την προειδοποίηση των οδηγών.

Δυνάμεις κίνησης. Ένα όχημα μπορεί να αρχίσει ή να συνεχίσει να κινείται όταν οι δυνάμεις κίνησης είναι μεγαλύτερες από τις αντιστάσεις στην κίνηση. Η μεταφορά των δυνάμεων γίνεται μεταξύ της επιφάνειας του τροχού που εφάπτεται στο οδόστρωμα και του οδοστρώματος.

Κινητήρια δύναμη F . Η ροπή στρέψης, την οποία παράγει ο κινητήρας, μεταφέρεται στους κινητήριους τροχούς. Η δύναμη αυτή ονομάζεται κινητήρια δύναμη και, όταν είναι μεγαλύτερη από τις αντιστάσεις στην κίνηση, το όχημα επιταχύνεται. Όταν οι δυνάμεις και οι αντιστάσεις είναι ίσες, τότε υπάρχει κίνηση με σταθερή ταχύτητα. Όταν η κινητήρια δύναμη είναι μικρότερη των αντιστάσεων, ξεκινάει η επιβράδυνση του οχήματος.

Δύναμη αδρανείας F_m . Η δύναμη αδρανείας οφείλεται στην αδράνεια της μάζας, η οποία αντιστέκεται σε κάθε μεταβολή της ταχύτητας κατά την επιτάχυνση ή την επιβράδυνση του οχήματος. Σύμφωνα με τον νόμο του Νεύτωνα:

$$F_m = m \times a \text{ σε N} \quad (4.5)$$

m Η μάζα του οχήματος σε kg

a Επιτάχυνση σε m/sec².

Επομένως, για επιταχυνόμενη κίνηση ισχύει

$$F = W_{ges} + F_m \text{ σε N} \quad (4.6)$$

και για επιβραδυνόμενη κίνηση

$$F = W_{ges} - F_m \text{ σε N} \quad (4.7)$$

W_{ges} Το άθροισμα όλων των αντιστάσεων στην κίνηση του οχήματος σε N

F_m Η δύναμη αδρανείας σε N

Πρόσφυση. Για να αρχίσει ένα όχημα να κινείται, πρέπει να υπάρχει δύναμη τριβής μεταξύ των κινητήριων τροχών και του οδοστρώματος. Αυτό είναι εφικτό μόνον όταν η πρόσφυση είναι μεγαλύτερη από το άθροισμα των αντιστάσεων στην κίνηση. Για χάρη της απλότητας, ισχύει:

$$F_G \times f > \Sigma W \quad (4.8)$$

F_G Το βάρος του οχήματος σε N

f Ο συντελεστής τριβής

Ο συντελεστής τριβής ή πρόσφυσης διαιρείται στον συντελεστή εφαστομενικής τριβής $f_T(v)$ και τον συντελεστή εγκάρσιας/πλευρικής τριβής $f_R(v)$. Η σχέση μεταξύ των δύο αυτών συνιστωσών είναι συγκεκριμένη και εξαρτάται από την ταχύτητα του οχήματος. Το διανυσματικό άθροισμα των δύο συντελεστών δεν επιτρέπεται να είναι μεγαλύτερο από τη δύναμη τριβής. Ο υπολογισμός των συντελεστών τριβής γίνεται με τις εξισώσεις 4.9 έως 4.12.

Στην εφαστομενική/διαμήκη διεύθυνση, δεν μπορεί να υπάρξει ολίσθηση όσο οι δυνάμεις έλξης είναι μεγαλύτερες ή ίσες με τις κινητήριες δυνάμεις. Στην περίπτωση αυτή, σύμφωνα με το Σχήμα 4.5 ισχύει:

$$F_G \times f_T(v) + W_L \geq \frac{F_G \times a}{g} \pm F_G \times s \quad (4.9)$$

από την οποία έπεται ότι

$$f_T(v) = \frac{a}{g} \pm s - \frac{W_L}{F_G} \quad (4.10)$$

a Επιτάχυνση σε m/sec^2

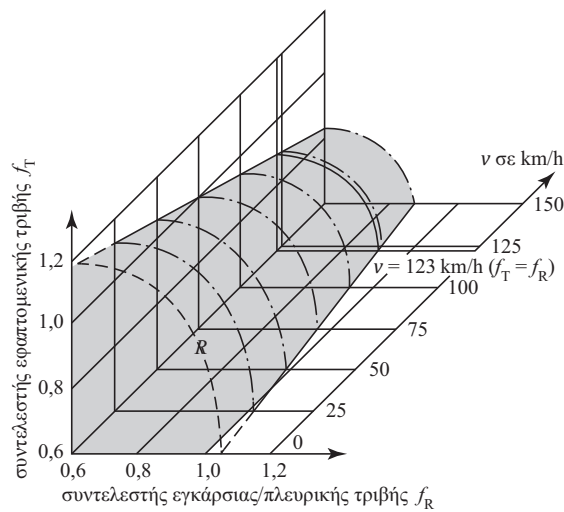
$f_T(v)$ Συντελεστής εφαπτομενικής τριβής

g Επιτάχυνση της βαρύτητας σε m/sec^2

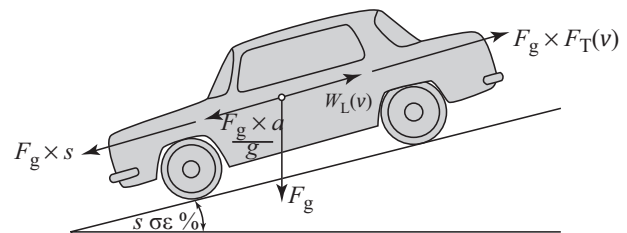
W_L Αντίσταση του αέρα

s Κατά μήκος κλίση σε %

F_G Βάρος του οχήματος σε N



Σχήμα 4.4 Σχέση μεταξύ των συντελεστών τριβής για διάφορες τιμές ταχύτητας



Σχήμα 4.5 Δυναμικά φορτία οχήματος στην εφαπτομενική διεύθυνση

Για την ολίσθηση στην εγκάρσια/πλευρική διεύθυνση σε μια διαμορφωμένη προς το εσωτερικό της καμπύλης επίκλιση, σύμφωνα με το Σχήμα 4.6 ισχύει:

$$F_g \times \sin a + f_R(v) \times (F_g \times \cos a + F_r \times \sin a) \geq F_r \times \cos a \quad (4.11)$$

Αν θέσουμε $\tan a = \frac{q}{100}$ με q σε % και διαιρέσουμε με $\cos a$, η εξίσωση γράφεται

$$\frac{v^2}{g \times r} = \frac{f_R(v) + q}{1 - f_R(v) \times q} = f_R(v) + q \quad (4.12)$$

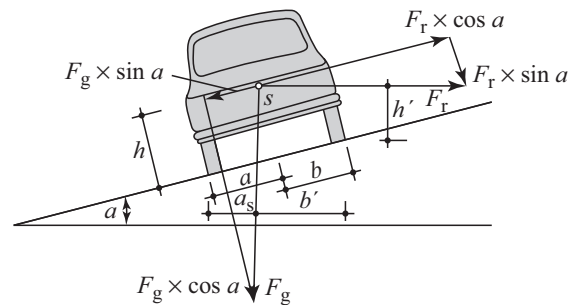
v Ταχύτητα σε km/h

g Επιτάχυνση της βαρύτητας σε m/sec^2

r Ακτίνα τόξου (οριζόντιας καμπύλης)

$f_R(v)$ Ο συντελεστής εγκάρσιας/πλευρικής τριβής ο οποίος εξαρτάται από την ταχύτητα

q Η επίκλιση σε % = $\tan a / 100$



Σχήμα 4.6 Δυναμικά φορτία οχήματος στην εγκάρσια διεύθυνση

Ο **συντελεστής τριβής/πρόσφυσης** μεταξύ οχήματος και οδοστρώματος δεν μπορεί να δοθεί με μια κλειστή μαθηματική εξίσωση, επειδή εξαρτάται από μια σειρά παραγόντων οι οποίοι αλληλεπιδρούν και μεταξύ τους. Ορισμένοι εξ αυτών είναι οι εξής:

Κατάσταση επιφάνειας οδοστρώματος (πορώδες ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής, τριβή ανάλογα με τα υλικά οδοστρώσεως, επιπεδότητα ή κυματοειδείς φθορές, επίπεδο συντήρησης, βαθμός ρυπαρότητας).

Κλιματολογικές συνθήκες (εποχιακές μεταβολές, ξηρότητα, διαβροχή, πάχος υδάτινης μεμβράνης, χιόνι, λασπωμένο χιόνι, πάγος).

Τεχνικά χαρακτηριστικά οχήματος (φορτίο τροχού, θέση του κέντρου βάρους, γωνία ολίσθησης των ελαστικών, δυνατότητες πλαγιολίσθησης και υπερστροφής, ευαισθησία τιμονιού).

Τεχνικά χαρακτηριστικά και μεγέθη ελαστικών (πλάτος, μορφή, και κατάσταση του πέλματος, σύσταση καουτσούκ, πίεση αέρα, επιφάνεια επαφής).

Ταχύτητα οχήματος.

Οδηγική ικανότητα και κατάρτιση οδηγού.

Πρόσφυση είναι μια κατάσταση μεταξύ της επιφάνειας των ελαστικών και του οδοστρώματος, η οποία δημιουργείται λόγω της συνάφειας, της τριβής, και της τραχύτητας του οδοστρώματος.

Αντίσταση σε ολίσθηση (αντιολισθηρότητα) είναι η αντίσταση, την οποία προβάλλει το οδόστρωμα λόγω των υλικών σύνθεσής του και της καλώς διαμορφωμένης επιφανείας του, στις κινητήριες δυνάμεις, τις δυνάμεις πέδησης, και τις εγκάρσιες δυνάμεις που αναπτύσσονται από το όχημα. Στην Ομοσπονδιακή Δημοκρατία της Γερμανίας, η αντιολισθηρότητα μετράται με οχήματα τα οποία έλκουν έναν ειδικό τροχό μετρήσεων (Schlepprad) που ακινητοποιείται πλήρως ή μερικώς σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα. Οι τιμές αναφοράς σε βρεγμένο οδόστρωμα δίνονται στον Πίνακα 4.1.

Πίνακας 4.1 Συντελεστές ολίσθησης σε βρεγμένο οδόστρωμα

v σε km/h	40	60	80
Συντελεστής ολίσθησης	0,42	0,33	0,26

Συντελεστής εφαπτομενικής τριβής. Ο προσδιορισμός του συντελεστή εφαπτομενικής τριβής βασίζεται στον συντελεστή ολίσθησης, ο οποίος προκύπτει από μετρήσεις που καλύπτουν το 95% των σύγχρονων κατασκευασμένων οδοστρωμάτων. Ωστόσο, ο συντελεστής ολίσθησης μ_g εξαρτάται από την ταχύτητα του οχήματος και, για να ληφθεί υπόψη ο παράγοντας αυτός, εξισώνεται ο συντελεστής ολίσθησης με τη μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή του συντελεστή εφαπτομενικής τριβής f_T .

$$\mu_g = \max f_T = 0,214 \times \left(\frac{v}{100} \right)^2 - 0,721 \times \left(\frac{v}{100} \right) + 0,708 \quad (4.13)$$

v ταχύτητα σε km/h

Για τις συνήθεις ταχύτητες σχεδιασμού ισχύει ο Πίνακας 4.2 Από τις τιμές που δίνονται, στην πραγματικότητα υπάρχει 35% επιπλέον πρόσφυση η οποία όμως χρησιμοποιείται ως «απόθεμα» για λόγους ασφαλείας.

Πίνακας 4.2 Συντελεστές εφαστομενικής τριβής για διάφορες τιμές ταχύτητας

v σε km/h	40	50	60	80	100	120	140
$\mu_g = \max f_T$	0,454	0,401	0,352	0,268	0,201	0,151	0,118

Συντελεστής εγκάρσιας τριβής. Ο συντελεστής εγκάρσιας τριβής ενεργοποιείται όταν ένα όχημα διασχίζει ένα καμπύλο τμήμα της οδού, οπότε είναι απαραίτητος για την πλευρική ευστάθεια του οχήματος. Το διανυσματικό άθροισμα του εφαστομενικού και του πλευρικού συντελεστή τριβής εξαρτάται όμως από την κατεύθυνση της κίνησης. Σε χαμηλές τιμές ταχύτητας του οχήματος, η τιμή του συντελεστή εγκάρσιας τριβής είναι μικρότερη από αυτή της εφαστομενικής τριβής και αυξάνεται όσο αυξάνεται η ταχύτητα, μέχρι που σε ταχύτητα περίπου 123 km/h οι δύο συντελεστές παίρνουν την ίδια τιμή. Ο συντελεστής πλευρικής τριβής υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$\max f_R = 0,925 \times \left(0,214 \times \left(\frac{v}{100} \right)^2 - 0,721 \times \left(\frac{v}{100} \right) + 0,708 \right) \quad (4.14)$$

v ταχύτητα σε km/h

Η σχέση μεταξύ f_R και f_T δίνεται στο Σχήμα 4.4. Με σκοπό να εξασφαλίζεται επαρκής συντελεστής εφαστομενικής τριβής για την πέδηση, ο επιτρεπόμενος συντελεστής εγκάρσιας τριβής τίθεται ίσος με το 40% της μέγιστης τιμής του. Από αυτό, ο επιτρεπόμενος συντελεστής εγκάρσιας τριβής προκύπτει ίσος με

$$\text{επιτρ. } f_R = 0,370 \times \left(0,214 \times \left(\frac{v}{100} \right)^2 - 0,721 \times \left(\frac{v}{100} \right) + 0,708 \right) \quad (4.15)$$

v ταχύτητα σε km/h

Από τις παραπάνω εξισώσεις προκύπτει και το διάγραμμα για την επιλογή των επικλίσεων κατά τη χάραξη των οδών.

4.2 Κίνηση των οχημάτων

Κίνηση των οχημάτων σε ευθεία γραμμή (πορεία)

Ευθύγραμμη ομαλή κίνηση

Σε ευθύγραμμη ομαλή κίνηση, ένα όχημα διανύει σε ίσα χρονικά διαστήματα ίσες αποστάσεις. Ισχύει η σχέση:

$$v = \frac{3,6 \times s}{t} \quad \text{σε km/h} \quad (4.16)$$

s Διανυθείσα απόσταση σε m

t Χρόνος σε sec

Όταν ένα όχημα κινείται με ομοιόμορφη ταχύτητα v , σε χρόνο t διανύει μια απόσταση s , η οποία υπολογίζεται με την Εξίσωση (4.17).

$$s = \frac{v}{3,6} \times t \quad \text{σε m} \quad (4.17)$$

Ο χρόνος ο οποίος απαιτείται για να διανύσει το όχημα την απόσταση s είναι ίσος με

$$t = \frac{3,6 \times s}{v} \quad \text{σε sec} \quad (4.18)$$

Ευθύγραμμη, σταθερά επιταχυνόμενη ή επιβραδυνόμενη κίνηση

Αν είναι v_1 η αρχική και v_2 η τελική ταχύτητα στο διάστημα μιας επιταχυνόμενης ή επιβραδυνόμενης κίνησης του οχήματος, ως επιτάχυνση (ή αντίστοιχα επιβράδυνση) του οχήματος για κίνηση σε οριζόντιο επίπεδο ορίζουμε:

$$a = \frac{v_2 - v_1}{3,6 \times t} \quad \text{σε m/sec}^2 \quad (4.19)$$

v_1, v_2 Αρχική και τελική ταχύτητα αντίστοιχα, σε km/h

t Χρονικό διάστημα μέσα στο οποίο πραγματοποιείται η επιτάχυνση ή η επιβράδυνση του οχήματος σε sec (θετικό πρόσημο του a σημαίνει επιτάχυνση, και αρνητικό επιβράδυνση)

Αν η v_1 ή η v_2 είναι μηδενική, από την Εξίσωση (4.19) προκύπτει

$$\pm a = \frac{v}{3,6 \times t} \quad \text{σε m/s}^2 \quad (4.20)$$

Για ομαλά επιταχυνόμενη ή επιβραδυνόμενη κίνηση, η ταχύτητα στο τέλος της επιτάχυνσης ή επιβράδυνσης (πέδησης) υπολογίζεται με την παρακάτω εξίσωση:

$$v = v_1 \pm 3,6 \times a \times t = \sqrt{v_1^2 \pm 2 \times 3,6^2 \times a \times s} \quad \text{σε km/h} \quad (4.21)$$

v_1 Ταχύτητα στην αρχή της επιτάχυνσης ή πέδησης σε km/h
(το θετικό πρόσημο αντιστοιχεί σε επιτάχυνση και το αρνητικό σε επιβράδυνση)

a Επιτάχυνση σε m/sec²

t Χρονικό διάστημα μέσα στο οποίο πραγματοποιείται η επιτάχυνση ή η επιβράδυνση του οχήματος, σε sec

s Η απόσταση η οποία διανύεται από το όχημα κατά την επιτάχυνση ή την επιβράδυνσή του, σε m

Η απόσταση την οποία διανύει το όχημα κατά την επιτάχυνση ή την επιβράδυνση είναι ίση με:

$$s = \frac{v_1 \times t}{3,6} \pm \frac{a \times t^2}{2} = \frac{(v_1 + v_2) \times t}{2 \times 3,6} \quad \text{σε m} \quad (4.22)$$

a Επιτάχυνση σε m/sec²

v_1 Ταχύτητα στην αρχή της επιτάχυνσης ή της πέδησης σε km/h

v_2 Ταχύτητα στο τέλος της επιτάχυνσης ή της πέδησης σε km/h

t Χρονικό διάστημα μέσα στο οποίο πραγματοποιείται η επιτάχυνση ή η επιβράδυνση του οχήματος, σε sec

s Η απόσταση την οποία διανύει το όχημα κατά την επιτάχυνση ή την επιβράδυνσή του σε m (το θετικό πρόσημο αντιστοιχεί σε επιτάχυνση και το αρνητικό σε επιβράδυνση)

Το χρονικό διάστημα μέσα στο οποίο πραγματοποιείται η επιτάχυνση του οχήματος είναι ίσο με

$$t = \frac{v_2 - v_1}{3,6 \times a} = \frac{2 \times 3,6(s_2 - s_1)}{v_2} \quad \text{σε sec} \quad (4.23)$$

και το χρονικό διάστημα μέσα στο οποίο πραγματοποιείται η επιβράδυνση του οχήματος είναι ίσο με

$$t = \frac{v_1 - v_2}{3,6 \times a} = \frac{2 \times 3,6(s_1 - s_2)}{v_2} \quad \text{σε sec} \quad (4.24)$$

v_1 Ταχύτητα στην αρχή της επιτάχυνσης ή της πέδησης σε km/h

v_2 Ταχύτητα στο τέλος της επιτάχυνσης ή της πέδησης σε km/h

a Επιτάχυνση ή επιβράδυνση σε m/sec^2

s_1 Η απόσταση την οποία διανύει το όχημα με ομαλή ταχύτητα v_1 σε m

s_2 Η απόσταση την οποία διανύει το όχημα με ομαλή ταχύτητα v_2 σε m

Παραδείγματα

1. Η αστυνομία σταματάει ένα επιβατικό όχημα, έχοντας μετρήσει ότι το χρονικό διάστημα μέσα στο οποίο κάλυψε ένα μήκος διαδρομής 500 m ήταν 10 sec. Ποια ήταν η ταχύτητα του οχήματος;

Από την Εξίσωση (4.16) προκύπτει:

$$v = \frac{3,6 \times 500}{10} = 180 \text{ km/h}$$

2. Σε μια εθνική οδό, η επιτρεπόμενη μέγιστη ταχύτητα είναι ίση με 100 km/h. Πριν από μια διασταύρωση, η επιτρεπόμενη ταχύτητα πρέπει να έχει μειωθεί σε 50 km/h έτσι ώστε ένα όχημα να προλάβει να μειώσει την ταχύτητά του στην τιμή αυτή, 50 m πριν φθάσει στη διασταύρωση. Επιπλέον, πρέπει να έχει τεθεί προηγουμένως και ένα όριο επιτρεπόμενης ταχύτητας 70 km/h. Σε τι απόσταση πριν από τη διασταύρωση πρέπει να τοποθετηθούν οι πινακίδες σήμανσης των ορίων ταχύτητας, αν θεωρηθεί ότι ο οδηγός θα επιβραδύνει το όχημα αμέσως μόλις τις περάσει; (Επιβράδυνση οχήματος $a = 2,5 \text{ m/sec}^2$)

Σύμφωνα με την Εξίσωση (4.23), η επιβράδυνση του οχήματος από τα 100 km/h στα 70 km/h απαιτεί ένα χρονικό διάστημα πέδησης ίσο με

$$t_1 = \frac{100 - 70}{3,6 \times 2,5} = 3,3 \text{ sec}$$

Σύμφωνα με την Εξίσωση (4.22), η απόσταση η οποία διανύεται κατά την επιβράδυνση του οχήματος είναι:

$$s_1 = \frac{100 \times 3,3}{3,6} - \frac{2,5 \times 3,3^2}{2} = 78,5 \text{ m}$$

Αντίστοιχα, για την επιβράδυνση του οχήματος από τα 70 km/h στα 50 km/h προκύπτει

$$t_2 = \frac{70 - 50}{3,6 \times 2,5} = 2,2 \text{ s}$$

και η διανυθείσα απόσταση στην περίπτωση αυτή είναι ίση με

$$s_2 = \frac{70 \times 2,2}{3,6} - \frac{2,5 \times 2,2^2}{2} = 36,73 \text{ m}$$

Συνεπώς, η πινακίδα σήμανσης για το όριο ταχύτητας των 70 km/h πρέπει να τοποθετηθεί σε απόσταση $s = 78,05 + 36,73 + 50,00 = 164,78 \text{ m} \approx 165 \text{ m}$ πριν από τη διασταύρωση.

Οδοποιία

Σχεδιασμός και κατασκευή

3η γερμανική έκδοση

Οι δρόμοι δεν πρέπει να χωρίζουν, πρέπει να ενώνουν! Η βάση για ένα σύγχρονο οδικό δίκτυο είναι ο ολοκληρωμένος σχεδιασμός, οι αναλυτικές μελέτες, και η γνώση των υλικών και των απαιτήσεων της κατασκευής. Αυτό το θεμελιώδες σύγγραμμα αποτελεί πολύτιμο βοήθημα των μηχανικών, τόσο στις σπουδές όσο και στη δουλειά τους, και έχει αποδειχθεί διαχρονικά εξαιρετικά χρήσιμο ως εγχειρίδιο αναφοράς χάρη στον κατανοητό και διδακτικό τρόπο – αλλά και συνοπτικό, όπου χρειάζεται – με τον οποίο ο συγγραφέας παραθέτει και εξηγεί τους απαραίτητους τεχνικούς κανόνες και οδηγίες. Αυτή η 3η γερμανική έκδοση περιλαμβάνει πολλές επικαιροποιημένες οδηγίες για τον σχεδιασμό και τη μελέτη των οδών.

Περιεχόμενα: Ιστορική εξέλιξη – οδικό δίκτυο – νομοθεσία και διοίκηση – θεωρητικό υπόβαθρο – στάδια σχεδιασμού – μελέτη οδοποιίας – αποχέτευση και στράγγιση – μέριμνα για το τοπίο – οδοί και περιβάλλον – εξοπλισμός οδών – υλικά οδοποιίας – κατασκευή – διαδικασίες δημοπράτησης – λειτουργία και συντήρηση.

Ο συγγραφέας

Ο **Henning Natzschka** είναι διπλωματούχος Μηχανικός (Dipl. Ing.) και έχει διατελέσει Καθηγητής στο FH Stuttgart, Hochschule fuer Technik. Διηύθυνε τα εργαστήρια ασφατικής οδοποιίας και ηλεκτρονικής επεξεργασίας δεδομένων.



ΕΚΔΟΣΕΙΣ
ΚΛΕΙΔΑΡΙΘΜΟΣ

Διοικητικό 4, Στρόβος Λαρίσης, 10440 Αθήνα, Τηλ. 210-5237635
info@klidarithmos.gr www.klidarithmos.gr
www.facebook.com/klidarithmos.gr

ISBN 978-960-461-583-4



9 789604 615834