

# 4

## Συνιστώσες της Σιδηροδρομικής Γραμμής

### 4.1. Εισαγωγή

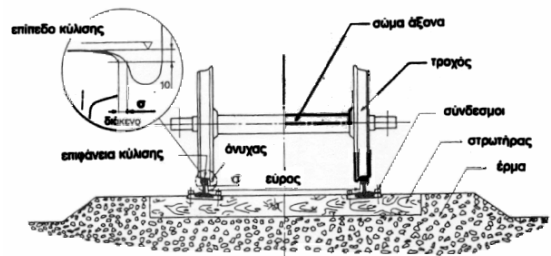
Ο σιδηρόδρομος ως μέσο μεταφοράς ορίζεται από δύο συνιστώσες: Το τροχαίο υλικό και τη σιδηροδρομική υποδομή.

- Με τον όρο **τροχαίο υλικό** εννοούμε όλα τα οχήματα, κινητήρια και ελκόμενα, που κινούνται μέσω σιδηρένιων τροχών πάνω στις σιδηροτροχιές.
- Με τον όρο **σιδηροδρομική υποδομή** εννοούμε **(α)** την οδό μεταφοράς και **(β)** το σύνολο των εγκαταστάσεων και τεχνικών έργων, που εξασφαλίζουν την κυκλοφορία και τη ρύθμισή της.

#### 4.1.1. Η Οδός Μεταφοράς

Η **οδός μεταφοράς** ή απλώς **γραμμή** αποτελείται από μία σειρά στοιχείων και υλικών διαφορετικών ελαστικότητας, που μεταφέρουν τα στατικά και δυναμικά φορτία της κυκλοφορίας στο έδαφος θεμελίωσης.

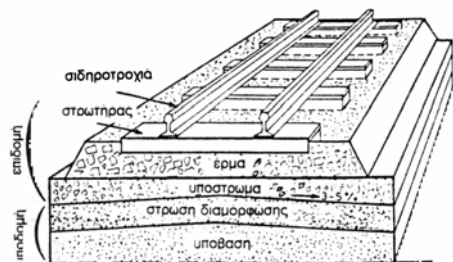
Για να εξασφαλισθεί η κύλιση και η οδήγηση των οχημάτων με ασφάλεια και άνεση πρέπει να υλοποιηθεί μια κατασκευή, που να **υποβαστάζει χωρίς παραμόρφωση** τις δυνάμεις που δημιουργούνται κατά την κυκλοφορία των συρμών.



Η κατασκευή αυτή, που ονομάζεται **επιδομή της γραμμής**, παραλαμβάνει το δυναμικό φορτίο των τροχών και διανέμει στην υποδομή (επίχωμα ή όρυγμα) πιέσεις, που πρέπει να είναι συμβατές με την αντοχή και την αντίσταση του εδαφικού υλικού που απαρτίζει την υποδομή.

Η **κλαστική μορφή επιδομής γραμμής** αποτελείται από:

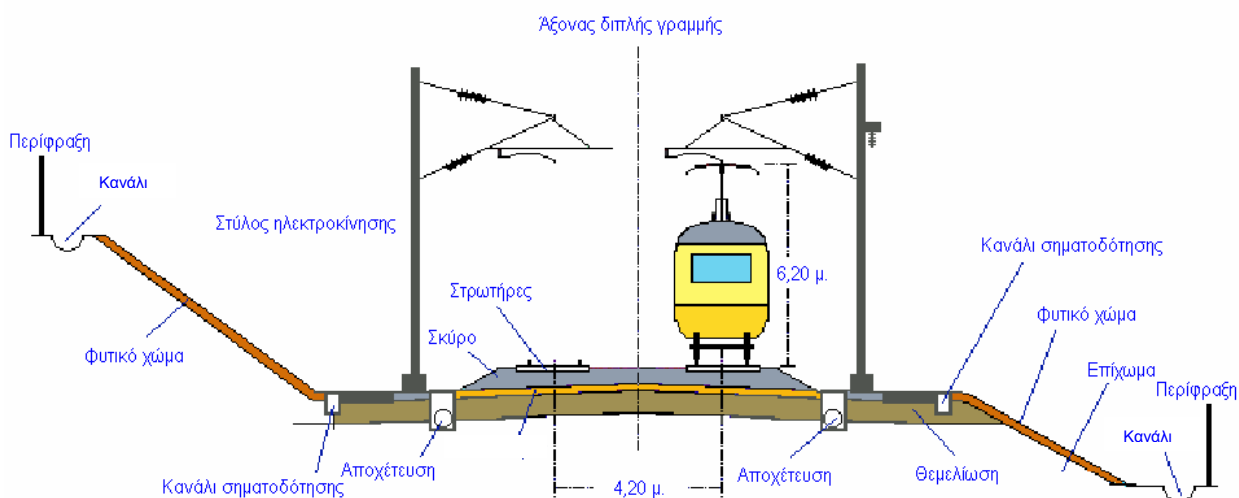
- δύο **σιδηροτροχιές**
- **στρωτήρες**, στους οποίους είναι στερεωμένες οι σιδηροτροχιές μέσω των συνδέσμων και
- **σκύρο**, στο οποίο εδράζονται οι στρωτήρες.



Η επιδομή της γραμμής αποτελεί λοιπόν συνδυασμό στοιχείων με διαφορετική ελαστικότητα.

Πολλές προσπάθειες έχουν γίνει για να υποκατασταθεί αυτός ο τύπος της κλασσικής επιδομής γραμμής, από άλλους. Ποτέ όμως δεν επιτεύχθηκαν αποτελέσματα που να υπερτερούν, τουλάχιστον μέχρι ταχύτητες της τάξεως των 300 km/h.

Τα μη συμβατικά αυτά συστήματα μπορούν παρ' όλ' αυτά να πλεονεκτούν σε ορισμένες ειδικές περιπτώσεις (σήραγγες, τεχνικά έργα, μετρό κ.λπ.). Για παράδειγμα, η ειδική στρώση γραμμής του μετρό του Παρισιού με κύλιση σε ελαστικούς τροχούς όπως των αυτοκινήτων, δίνει μεγαλύτερη ευελιξία, λιγότερο θόρυβο και επιτρέπει επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις πολύ σημαντικές.



*Διατομή Διπλής Σιδηροδρομικής Γραμμής  
με τις ονομασίες των βασικών στοιχείων της κατασκευής*

#### 4.1.2. Εγκαταστάσεις και Τεχνικά Έργα

Στις **εγκαταστάσεις** της σιδηροδρομικής υποδομής συγκαταλέγονται κυρίως: **(α)** οι ισόπεδες διαβάσεις, **(β)** οι εγκαταστάσεις σηματοδότησης, **(γ)** οι εγκαταστάσεις ηλεκτροκίνησης και **(δ)** οι εγκαταστάσεις σιδηροδρομικών τηλεπικοινωνιών.

Στα **τεχνικά έργα** της σιδηροδρομικής υποδομής ανήκουν: **(α)** οι σήραγγες, **(β)** οι γέφυρες, **(γ)** οι τοίχοι και τα έργα αντιστήριξης των εδαφών, **(δ)** οι ανισόπεδες διαβάσεις και **(ε)** τα αποχετευτικά και αποστραγγιστικά έργα.

#### 4.1.3. Διάρκεια Ζωής

Με τα σημερινά δεδομένα, η βέλτιστη διάρκεια ζωής της σιδηροδρομικής επιδομής είναι 50 χρόνια. Η υλοποίησή της αφ' ενός μεν απαιτεί μεγάλα ποσά για να πραγματοποιηθεί, αφ' ετέρου οποιαδήποτε εκ των υστέρων επέμβαση στη χάραξη και στα γεωμετρικά της χαρακτηριστικά είναι δύσκολη και αντισυμβατική. Ως εκ τούτου μια τέτοιου είδους επένδυση πρέπει πάντοτε να εξετάζεται μακροπρόθεσμα και

συγκεκριμένα πρέπει να προβλέπεται ποιές μέγιστες ταχύτητες θα αναπτυχθούν και τι φορτία κατ' άξονα θα κυκλοφορήσουν στις επόμενες δεκαετίες.

Η σιδηροδρομική γραμμή πρέπει να εξασφαλίζει:

- καλή διανομή των φορτίων κυκλοφορίας στο έδαφος θεμελίωσης,
- αντοχή της επιδομής και υποδομής στα στατικά και δυναμικά φορτία,
- ανάπτυξη υψηλών ταχυτήτων στις ευθυγράμμισε και στις καμπύλες,
- δυναμική άνεση των επιβατών, .ασφάλεια κυκλοφορίας,
- μικρές περιβαλλοντικές επιπτώσεις,
- μεγάλη διάρκεια ζωής με μικρό σχετικά κόστος συντήρησης.

## **4.2. Φορτία και Κατηγορίες Γραμμών**

### **4.2.1. Φορτίο Κατ' Άξονα**

Με τον όρο βάρος ή φορτίο κατ' άξονα εννοούμε το στατικό φορτίο ( $Q$ ) που μεταβιβάζεται μεμονωμένα από κάθε άξονα ενός οχήματος και γενικότερα ενός συρμού, μέσω των τροχών, στις δύο σιδηροτροχιές.

Εάν θεωρήσουμε συμμετρική τη φόρτιση των διαφόρων μερών του οχήματος, τότε το βάρος κατ' άξονα εκφράζει ουσιαστικά το πηλίκο του συνολικού βάρους του οχήματος προς τον συνολικό αριθμό των αξόνων.

Το βάρος κατ' άξονα υπεισέρχεται έμμεσα ή άμεσα στις αναλυτικές εκφράσεις όλων των δυνάμεων που ασκούνται στην επιφάνεια επαφής τροχού -σιδηροτροχιάς και επηρεάζει τη συμπεριφορά τόσο του τροχαίου υλικού όσο και της γραμμής.

Ειδικότερα σε γραμμές στις οποίες κυκλοφορούν πολύ βαριά οχήματα παρατηρείται αύξηση του αριθμού και του μεγέθους των σφαλμάτων γραμμής ως επίσης και της κόπωσης των υλικών της επιδομής, με αποτέλεσμα να αυξάνονται οι ανάγκες και τα έξοδα συντήρησης της γραμμής.

Φορτία κατ' άξονα μεγαλύτερα των 16 – 17 τόνων θεωρούνται μέχρι σήμερα απαγορευτικά για την ανάπτυξη πολύ υψηλών ταχυτήτων (250 - 300 χλμ/ώρα).  
Συνήθως:

- Οι γραμμές με μέγιστη επιτρεπόμενη ταχύτητα μεγαλύτερη των 250 χλμ/ώρα χρησιμοποιούνται για κυκλοφορία μόνο επιβατικών συρμών.

- Οι γραμμές με μέγιστη επιτρεπόμενη ταχύτητα κυκλοφορίας 250 χλμ/ώρα είναι μικτής κυκλοφορίας, με εμπορικούς συρμούς ελάχιστης ταχύτητας 160 χλμ/ώρα.

#### 4.2.2. Επαφή Σιδηροτροχιάς - Τροχού

Το φορτίο του τροχού παίζει αξιοσημείωτο ρόλο στην κόπωση της σιδηροτροχιάς. Στατιστικές μελέτες δείχνουν ότι αυτή η κόπωση είναι συνάρτηση του  $Q^a$  όπου  $Q$  το φορτίο του τροχού και  $a$  είναι μεγαλύτερο του 2.

Μια αύξηση της τιμής του βάρους κατ' άξονα συνεπάγεται αυτόματα μια πολύ μεγαλύτερη επιπόνηση της σιδηροτροχιάς και γενικότερα της επιδομής.

Η Διεθνής Ένωση Σιδηροδρόμων (UIC) κατατάσσει τις γραμμές, ανάλογα με το βάρος των σιδηροτροχιών και την απόσταση των στρωτήρων, σε 4 κατηγορίες: A, B, C και D.

- A : μέγιστο φορτίο / άξονα 16t
- B : μέγιστο φορτίο / άξονα 18t
- C : μέγιστο φορτίο / άξονα 20t
- D : μέγιστο φορτίο / άξονα 22,5t

Κάθε κατηγορία χωρίζεται σε υποκατηγορίες ανάλογα με το διανεμημένο φορτίο ανά μέτρο μήκους (συνολικό φορτίο οχήματος διαιρούμενο με το ελεύθερο μήκος μεταξύ προσκρουστήρων).

Η καθιέρωση της κατηγορίας D έγινε σχετικά πρόσφατα (1987) ύστερα από επισταμένες έρευνες που έδειξαν ότι η αύξηση του βάρους κατ' άξονα από 20 σε 22,5 (αύξηση 12,5%), όταν γίνεται σε μια γραμμή καλής ποιότητας, δεν θέτει σε κίνδυνο τη μηχανική αντοχή της επιδομής.

Το μέγιστο φορτίο κατ' άξονα που μπορεί να παραλάβει μία γραμμή είναι συνάρτηση όλων των παραμέτρων που υπεισέρχονται στην κατασκευή της επιδομής και της υπόβασης.

Η αύξηση του εύρους της γραμμής επιτρέπει σημαντική αύξηση του φορτίου κατ' άξονα.

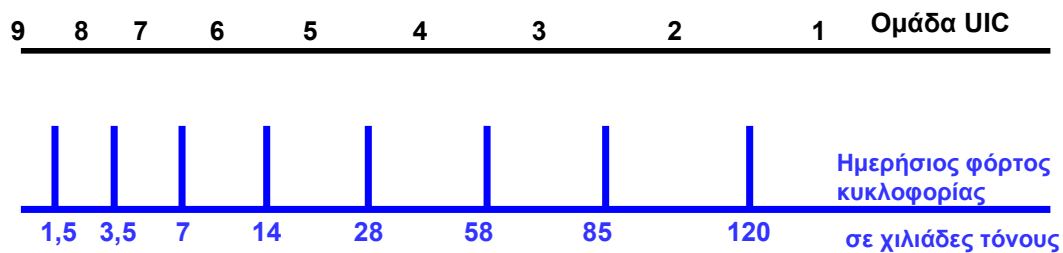
Το **μέγιστο φορτίο** κατ' άξονα διαφέρει από χώρα σε χώρα, και στις περισσότερες χώρες από γραμμή σε γραμμή. Με τον όρο βάρος ή φορτίο ανά τροχό εννοούμε το **στατικό φορτίο  $Q_0$**  που μεταβιβάζεται μεμονωμένα από κάθε τροχό του οχήματος στην αντίστοιχη σιδηροτροχιά.

#### 4.2.3. Φόρτος κυκλοφορίας και κατηγορίες γραμμών

Η ποιοτική και ποσοτική εκτίμηση της κυκλοφορίας μιας γραμμής εκφράζεται συνήθως με τον ημερήσιο κυκλοφοριακό φόρτο  $T_f$ .

Με βάση την τιμή του ημερήσιου κυκλοφοριακού φόρτου οι γραμμές κατατάσσονται σε κατηγορίες με απώτερο σκοπό την τυποποίηση της διαστασιολόγησης και συντήρησης της γραμμής.

### Κατάταξη των γραμμών με βάση τον ημερήσιο φόρτο κυκλοφορίας



#### 4.2.4. Παράγοντες που επηρεάζουν την αντοχή και την ποιότητα της γραμμής

Η μηχανική αντοχή μιας σιδηροδρομικής γραμμής και η ποιότητά της επηρεάζονται από τους παρακάτω παράγοντες:

- βάρος κατ' άξονα  $Q$  (στατικό κατακόρυφο φορτίο),
- συνολικό βάρος συρμού  $\Sigma Q$  (στατικό κατακόρυφο φορτίο),
- ετήσιο ή ημερήσιο φορτίο κυκλοφορίας
- κατακόρυφα δυναμικά φορτία  $Q_{dyn}$
- εγκάρσια και οριζόντια στατικά και δυναμικά φορτία,
- ταχύτητες κυκλοφορίας συρμών,
- σχεδιασμός των σιδηροδρομικών φορείων των κυκλοφορούντων συρμών
- κατασκευή και τοποθέτηση επιδομής / υπόβασης, συντήρηση τροχαίου υλικού και γραμμής.