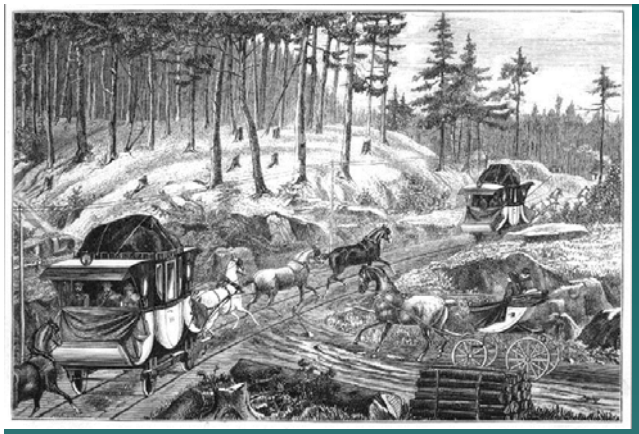
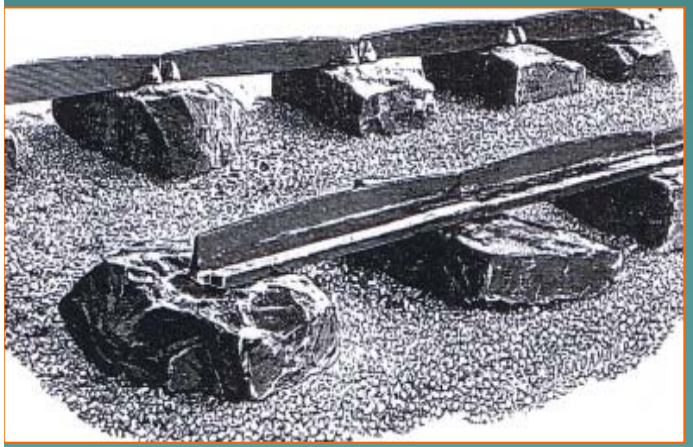


ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΗ ΔΙΕΘΝΩΣ



Κ. Λυμπέρης, τ. Επίκ. Καθηγητής ΕΜΠ - Eurailing.

Αθήνα Μάρτιος-2015

ΕΜΠ - ΤΜΣΥ, ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ.
ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΗΣ & ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ

Η γέννηση του Σιδηροδρόμου

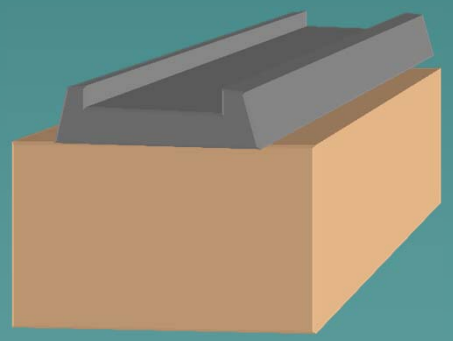
*Δύο ήταν οι προϋποθέσεις για την **γέννηση** του σιδηροδρόμου*
*- η **ανακάλυψη του τροχού** (ήδη είχε συντελεσθεί) και*
*- η **παρασκευή του χυτοσίδηρου και του σφυρήλατου σιδήρου** η οποία πρωτοεμφανίσθηκε στην Αγγλία κατά τον 18ο αιώνα.*

Υπό την έννοια του ίχνους, τα πρωτεία κατέχει η αρχαία Ελλάδα με την Δίολκο στον ισθμό της Κορίνθου και στη συνέχεια οι Ρωμαϊκοί δρόμοι επί των οποίων κινούντο οι άμαξες.

*Συνάμα και με την εφεύρεση της ατμομηχανής, θεωρείται η **Αγγλία,** κατά την τότε βιομηχανική επανάσταση, ως η πατρίδα της μηχανοκίνητης λειτουργίας του σιδηροδρόμου.*

Ως εκ τούτου, ο σιδηρόδρομος θεωρείται τόσο προϊόν καθώς και αναπόσπαστο τμήμα της βιομηχανικής επανάστασης.

Κατά τον 16ο, 17ο αιώνα στην Αγγλία, η ανάγκη για μεταφορά των ορυκτών από τα ορυχεία, οδήγησε στην στρώση ξύλινων διαδρόμων (με ξύλινους δοκούς), για να κινούνται οι άμαξες με τα βαριά φορτία ευκολότερα. Στη συνέχεια οι ξύλινοι δοκοί καλύφθηκαν με μέταλλο για να φθάσουμε στον 18ο αιώνα όπου τοποθετήθηκαν οι πρώτες αυλακωτές σιδηροτροχιές.

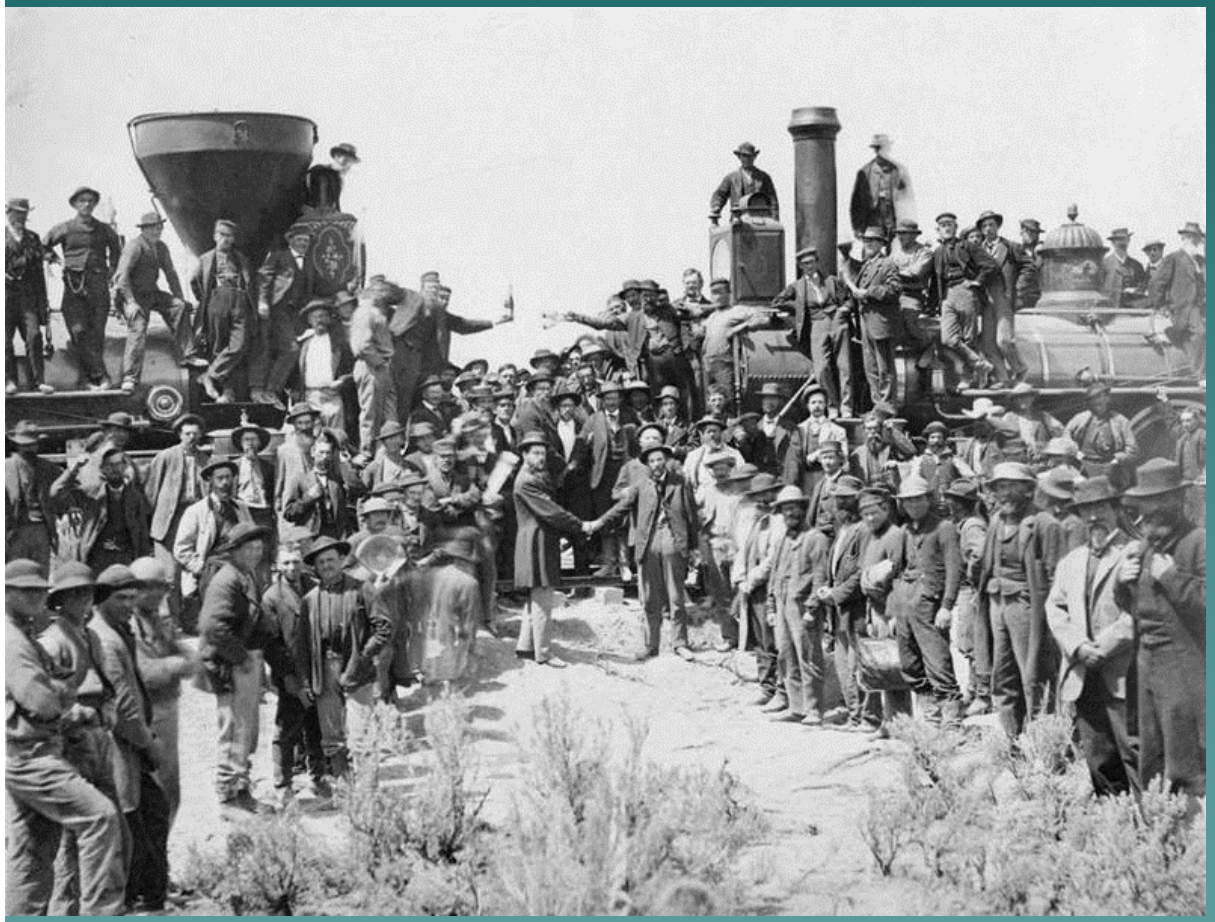


Μπάρα από χυτοσίδηρο επί ξυλίνης δοκού, 1767 στο Coalbrookdale- Μεταλλουργείο , Αγγλία

(Πηγή: wikipedia, 2015)

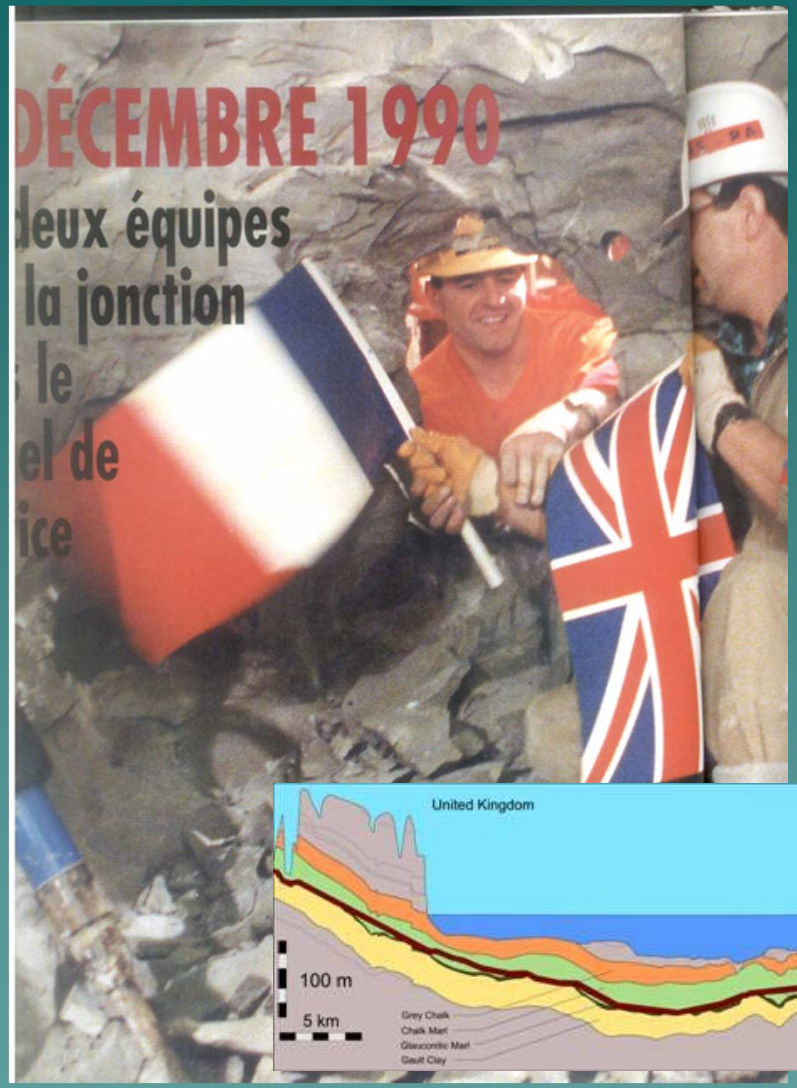
Σημαντικά γεγονότα

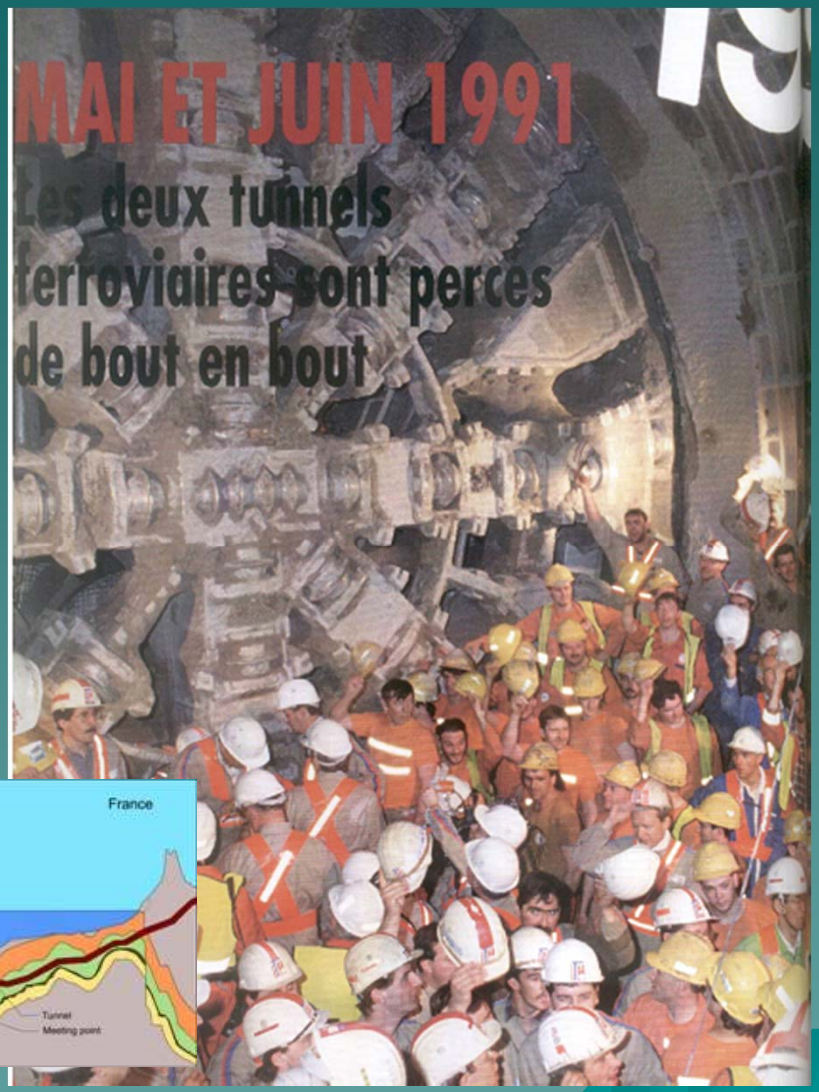
1869: Συνάντηση Δύσης – Ανατολής στην Αμερική



Πηγή: Ceremony at "Wedding of the Rails," May 10, 1869 at Promontory Point, Utah

1990: Συνάντηση Γαλλίας – Αγγλίας στη σήραγγα της Μάγχης (22,3 χλμ από Αγγλία και 15,6 χλμ από Γαλία)

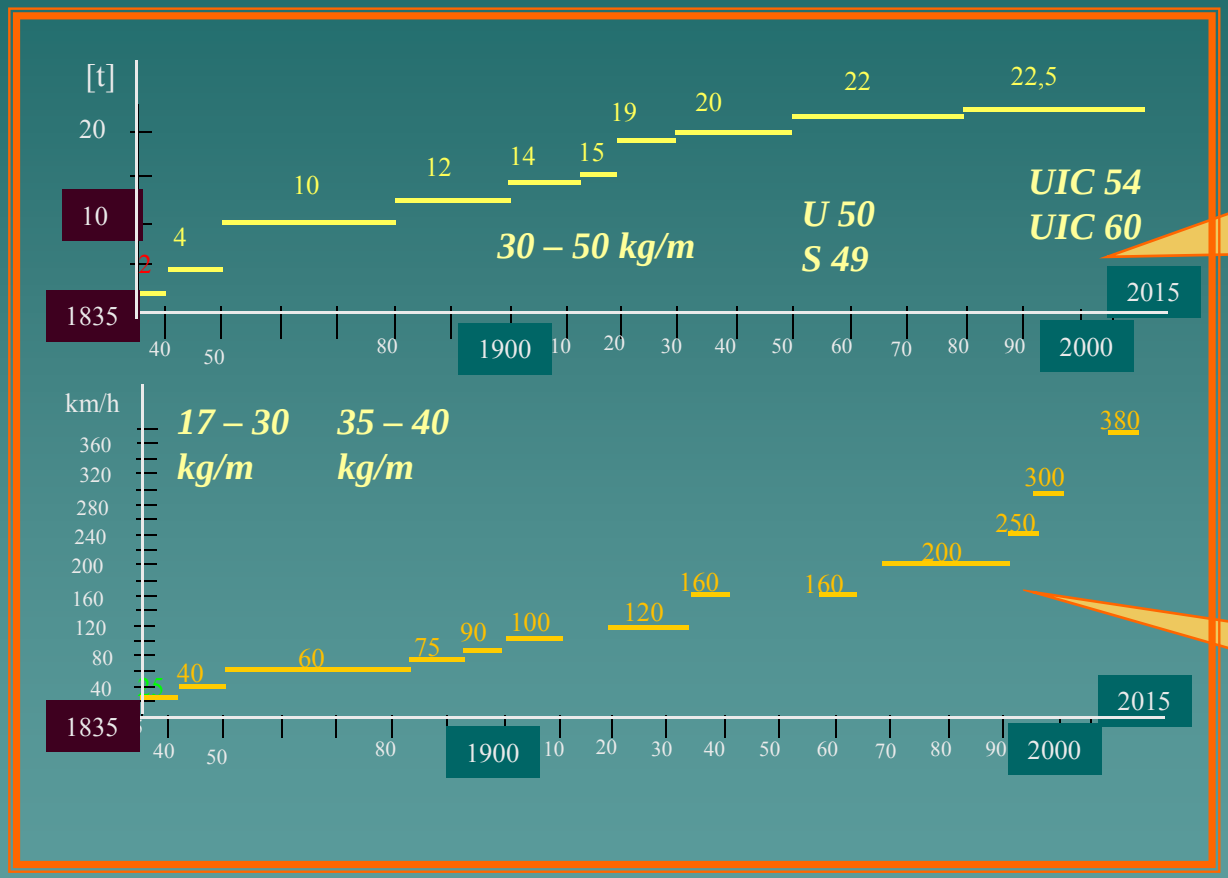




Πηγή: Internet, Eurotunnel in Bildern - RP Online

Η σιδηροδρομική γραμμή

από τα 17 kg/m ..... προς την UIC 60 και από τα 25 km/h στα 380 km/h

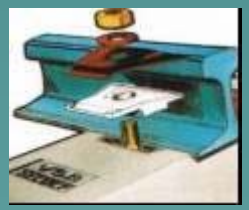


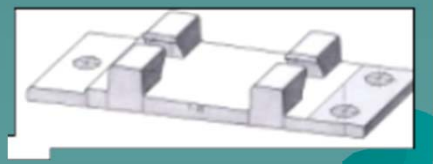
Εξέλιξη του αξονικού φορτίου από το 1835 μέχρι σήμερα

Εξέλιξη της ταχύτητας από το 1835 μέχρι σήμερα

Υλικά και ονομασίες

ΕΠΙΔΟΜΗ

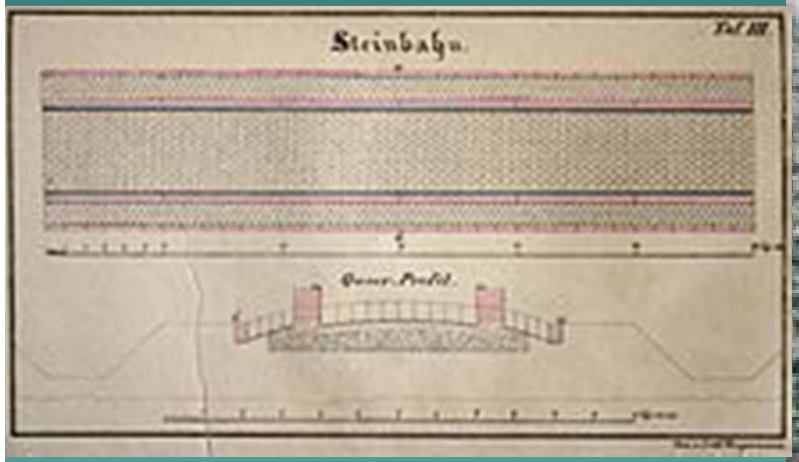




Μικρό υλικό (πλάκες έδρασης, βλήτρα, σύνδεσμοι κ.α.)

Εξέλιξη της μορφής επιδομής 20ος – 21ος αιώνας

Σκυρογραμμή



Πέτρινος διάδρομος 1833

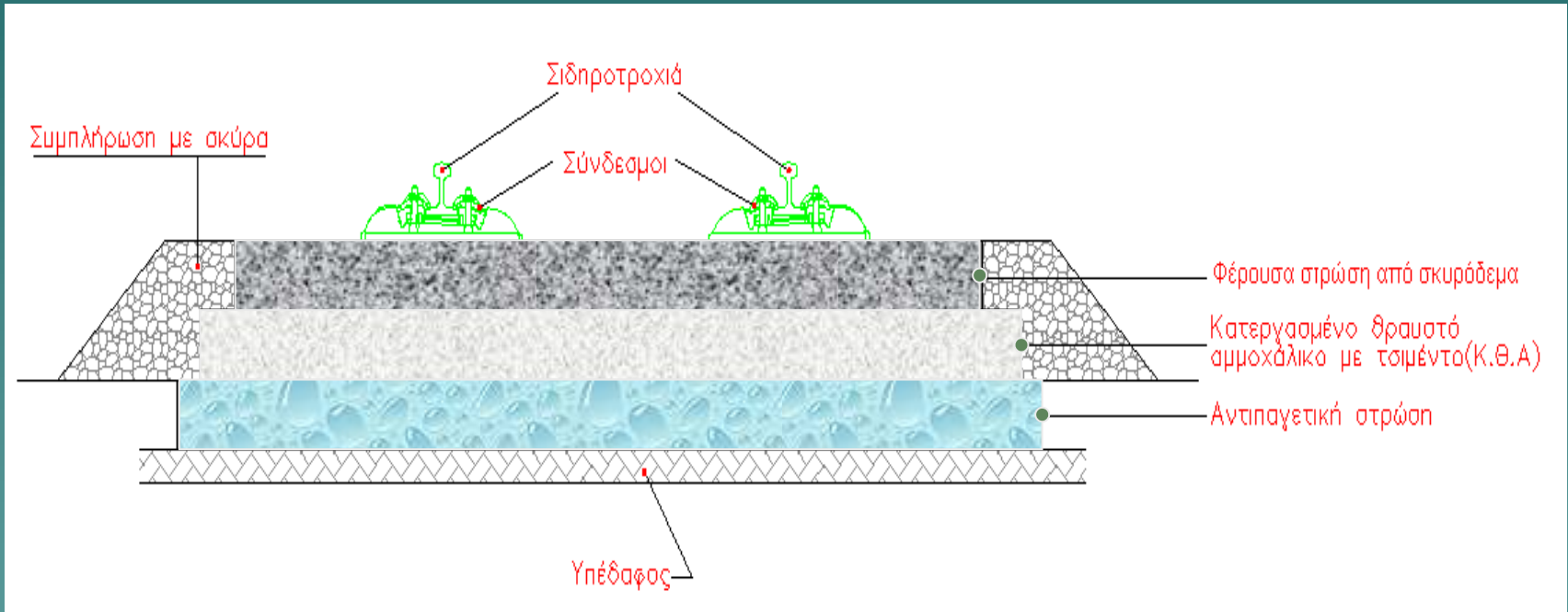
Σταθερή επιδομή

Γραμμή με στρωτήρες μπετόν

Γερμανικών σιδηροδρόμων (Rheda 2000)

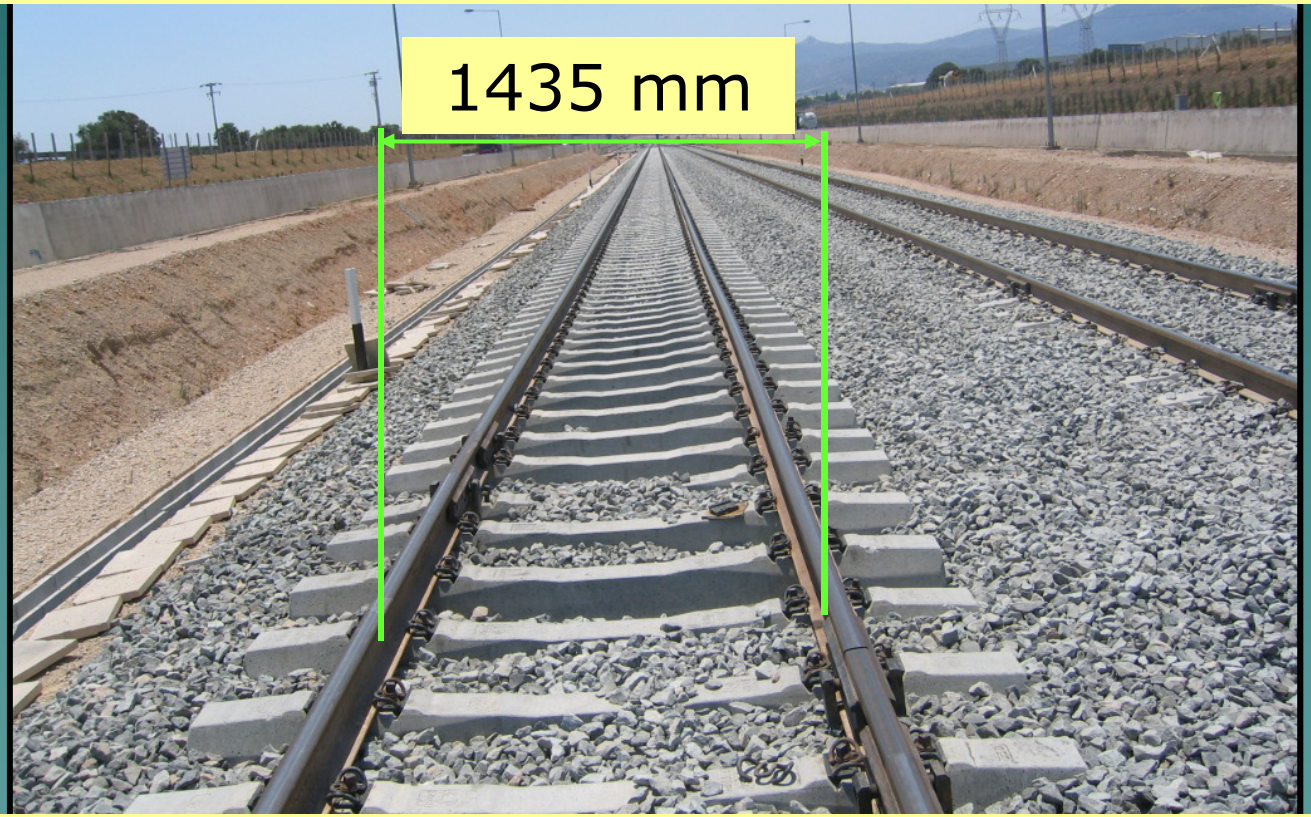
Γαλλικών *σιδηροδρόμων* (Stedef)

Τομή σε σιδηροδρομικό διάδρομο με Σταθερή Επιδομή



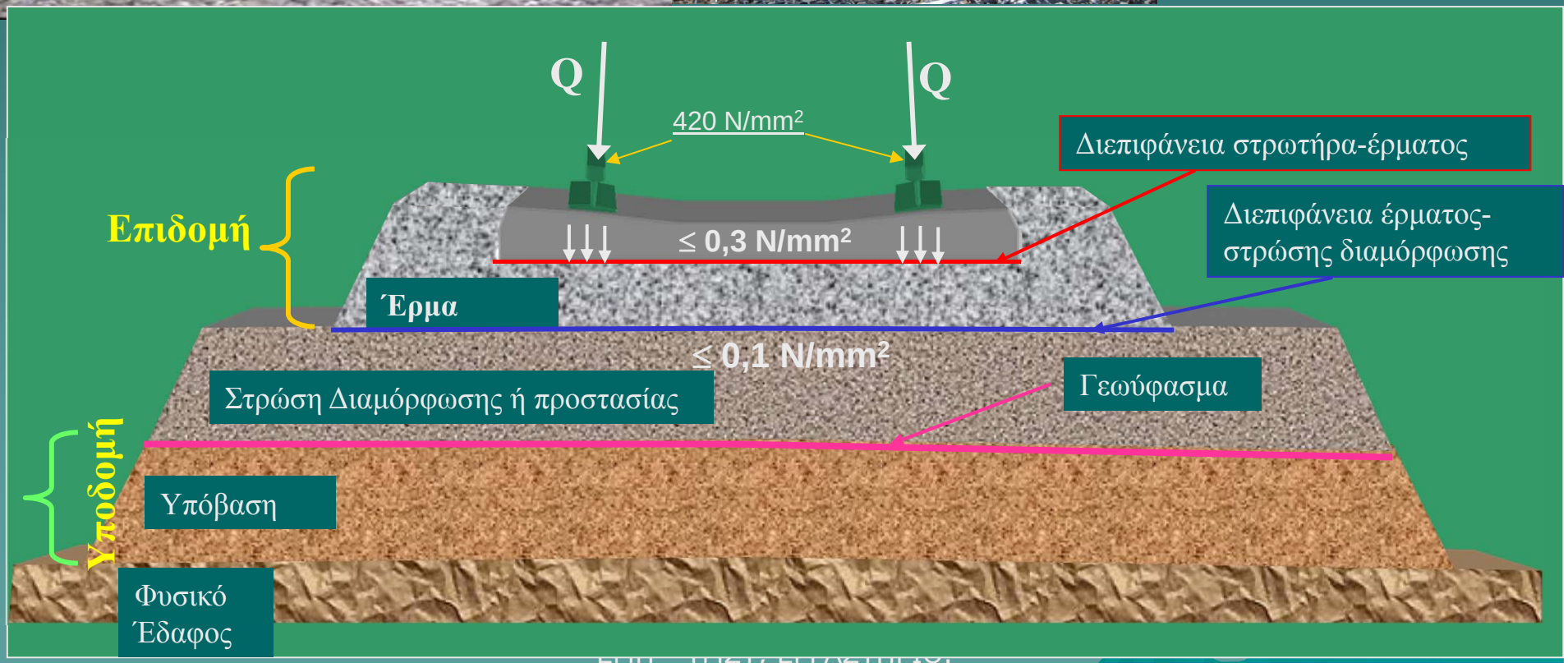
Εύρος γραμμής

Εύρος γραμμής = 4 ft + 8,5 inch = 1435 mm (κανονικό εύρος)

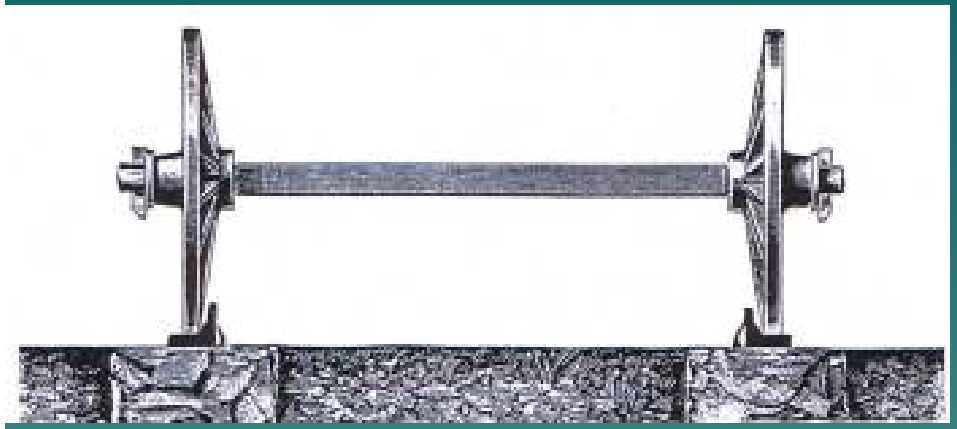


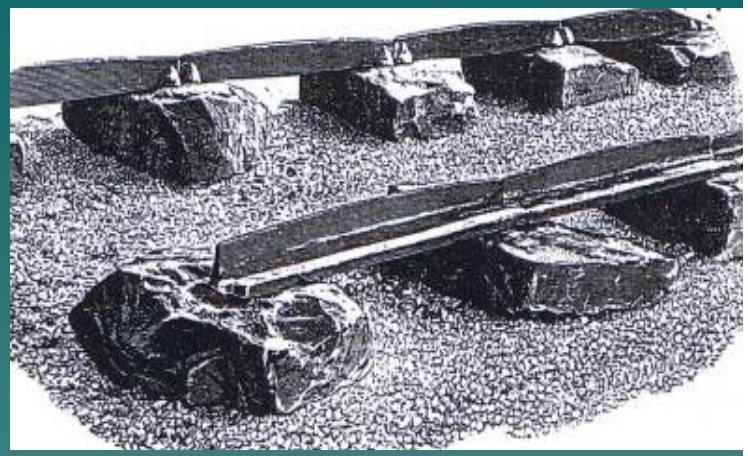
Μετρικό Εύρος γραμμής = 1000 mm (παλαιά γραμμή Πελοποννήσου)

Χαρακτηριστική διατομήσύγχρονης επιδομής



Υλικά επιδομής (18ος – 19ος αιώνας)





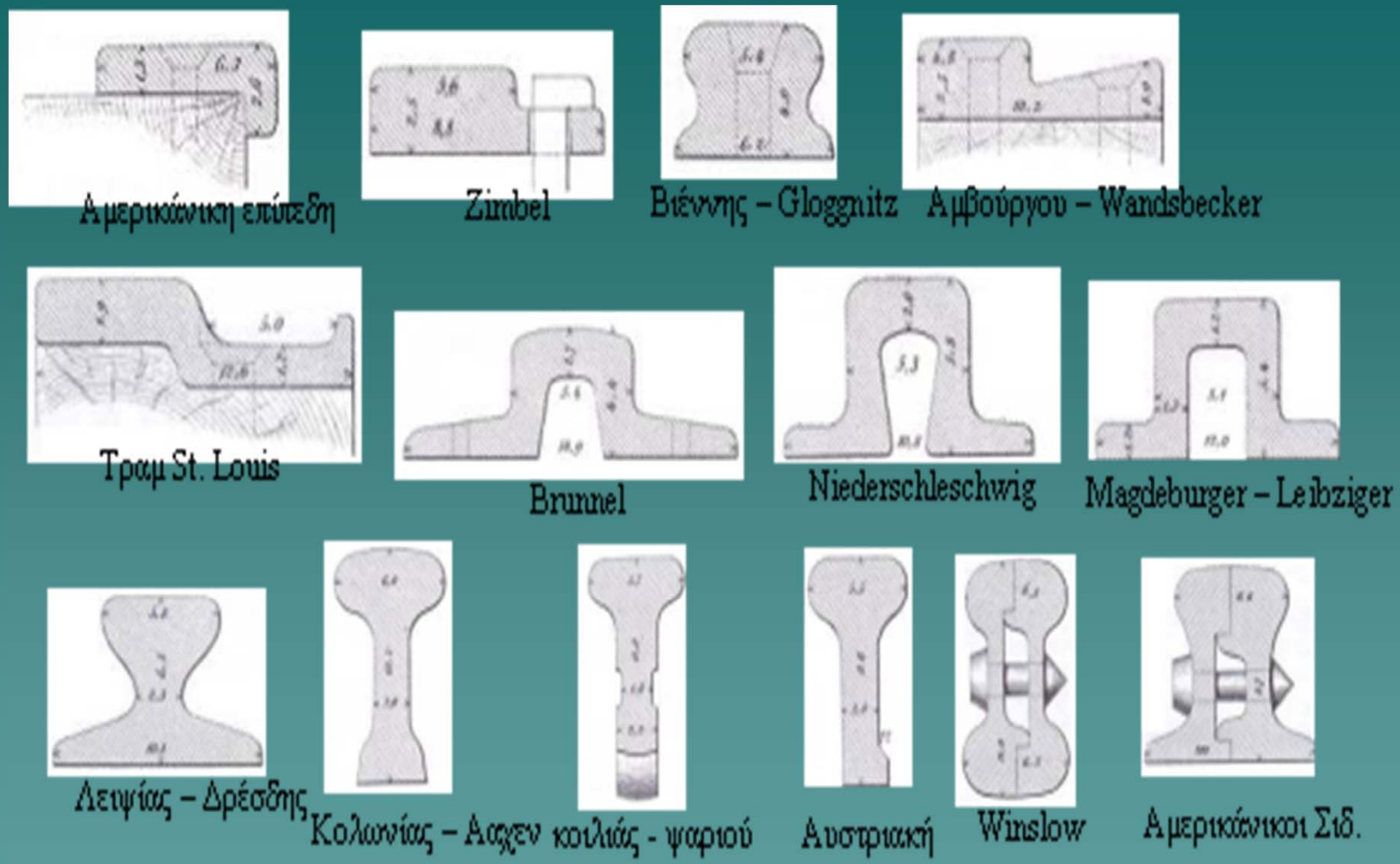
α) 1776 Σιδηροτροχιά του B. J. Curr

(Πηγή: Dostal, 2004)

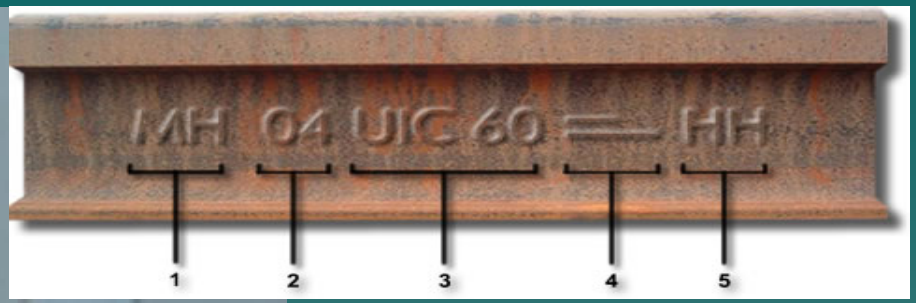
β) 1793 Σιδηροτροχιά Outram διατομής κοιλιάς ψαριού σε διαμορφωμένες πέτρες

Πηγή: Wikipedia, Cromford and High Peak Railway, England, 1831

Εξέλιξη της μορφής της σιδηροτροχιάς 19ος αιώνας



19ος αιώνας έως σήμερα



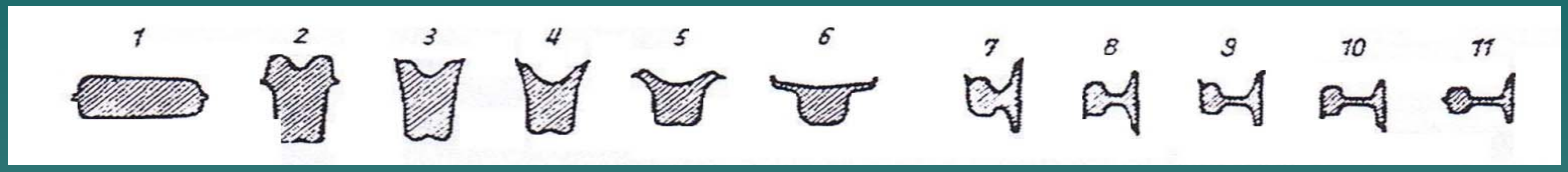
Σιδηροτροχιά – Παραγωγή

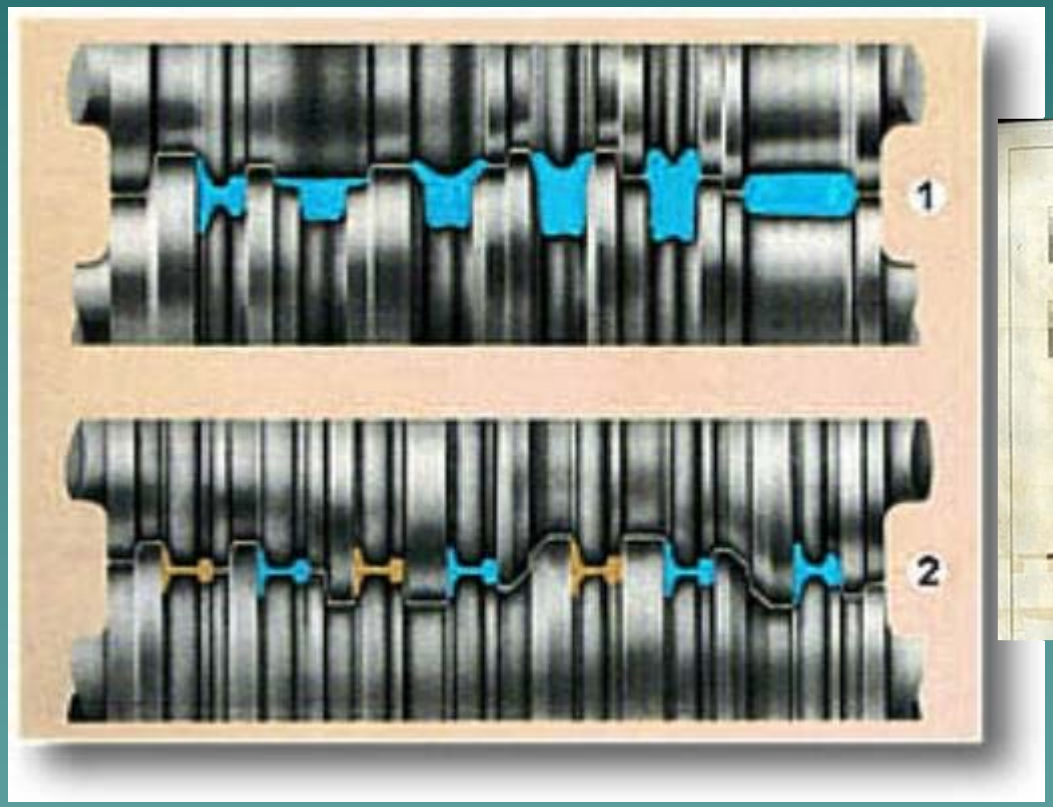
Παλαιότερα με τις μεθόδους Siemens – Martin και Thomas – Bessemer (19ος αιώνας), σήμερα με τη μέθοδο εμφύσησης οξυγόνου (LD μέθοδος Linz Duese ή Donawitz) σε ειδικά δοχεία , για τη καύση βλαβερών συστατικών αργού σιδήρου.

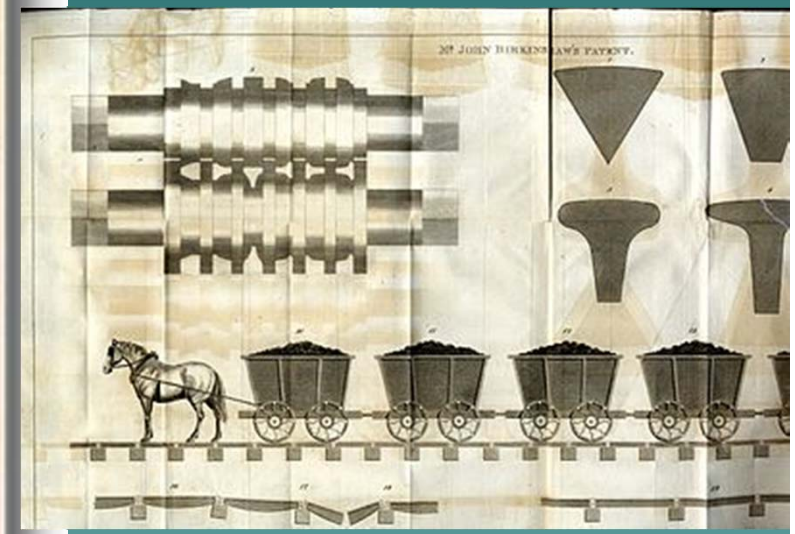
- *Πρόσθεση άνθρακα ⇒ αύξηση αντοχής*
- *Σύμμειξη με μαγγάνιο, πυρίτιο και χρώμιο*
  ⇒ αύξηση της αντίστασης σε φθορά υλικού
- *Ο φώσφορος και το θείο παραμένουν σε επίπεδα < του 0,5 %*

Μετά από έναν αιώνα και μέχρι σήμερα, επικράτησε η σιδηροτροχιά με φαρδύ πέλμα (VIGNOL)

Σιδηροτροχιά – Παραγωγή







Patent Birkinshaw 1820

Σιδηροτροχιά – χημική σύνθεση

Τύπος χάλυβα	Αντοχή σε Εφελκυσμό {N/mm²}	Χημική σύνθεση				
		%C	%Si	%Mn	%P	%S
R260 (A)	900	0,60–0,75	0,15–0,50	0,8-1,3	0,05	0,05
R260 Mn (B)	900	0,50-0,65	0,15-0,50	1,3-1,7	0,05	0,05

Η ποιότητα 900 N/mm² παρουσιάζει φθορά 0,7 – 1 mm καθ ύψος στην ευθυγραμμία για κάθε 100 mio t μάζα κυκλοφορίας και 2 – 3 mm σε καμπύλη < R=600 m

στρωτήρες

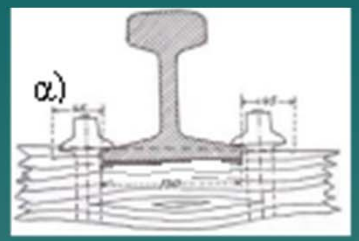
Κατά μήκος στρωτήρες
Ιαπωνικών σιδηροδρόμων 2005

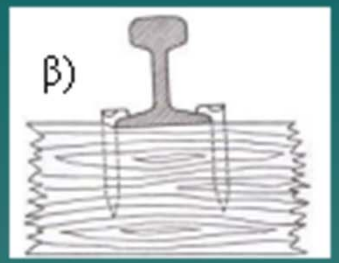
Διμερείς Γαλλικοί

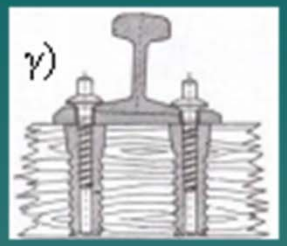
Β – 70 Γερμανικοί

Υ – μεταλλικοί

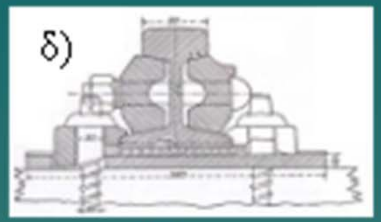
μέσα σύνδεσης - στερέωσης σιδηροτροχιών έως τα μέσα του 20ου αιώνα







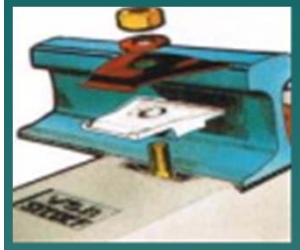
Γερμανία



Βέλγιο

Στερέωση σιδηροτροχιών με καρφιά και ελικωτά

σύγχρονα μέσα σύνδεσης - στερέωσης σιδηροτροχιών



NABLA

PANDROL

Skl Vossloh

σύνδεση σταθερής επιδομής

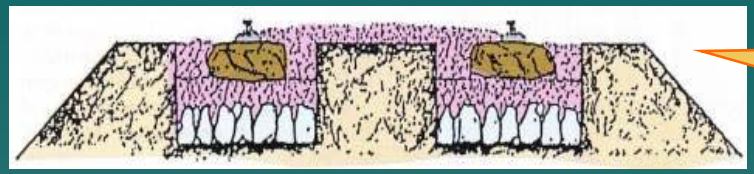
KS σύνδεση

Nuernberg 1

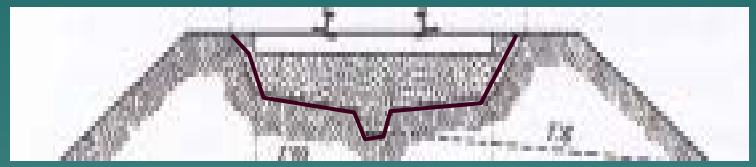
Ελαστικοί σύνδεσμοι στον σύγχρονο σιδηρόδρομο

Η σιδηροδρομική γραμμή (κατασκευή)

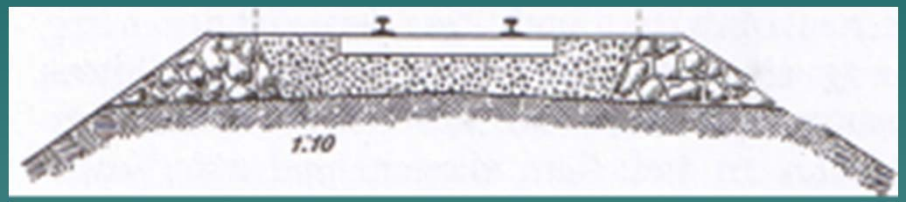
Εξέλιξη της μορφής επιδομής 18ος - 19ος – 20ος αιώνας



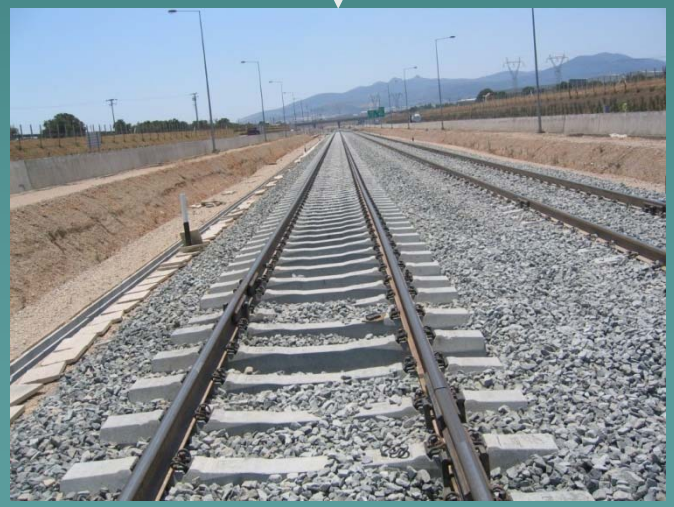
απέτυχε λόγω κακής αποστράγγισης



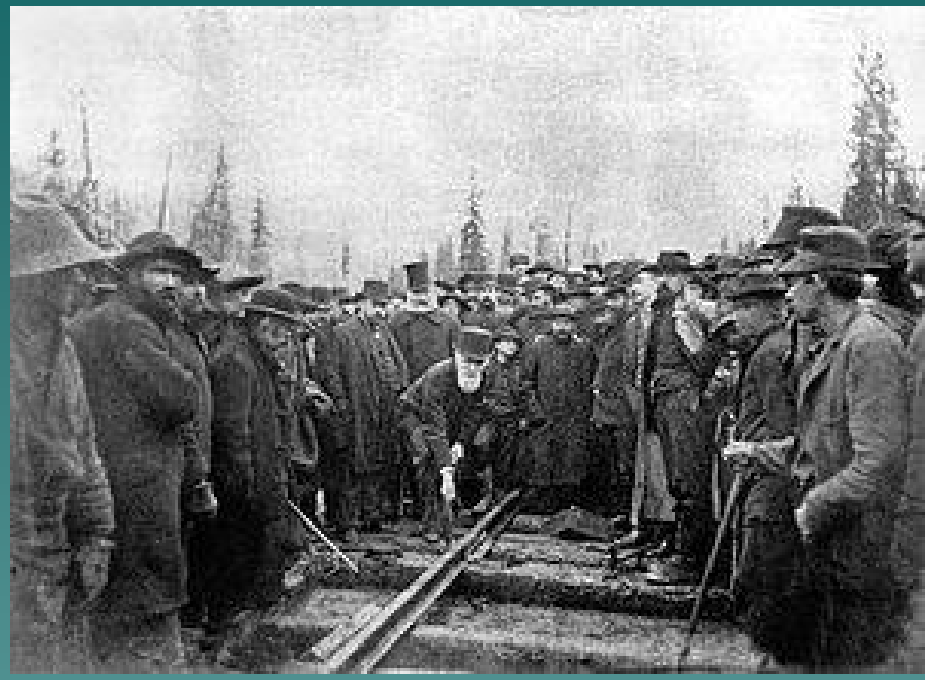
ένα κανάλι για κάθε γραμμή πλάτους κάτι μεγαλύτερο από το μήκος του στρωτήρα, με αυλάκι απορροής υδάτων στον πυθμένα



πέτρινο τοιχίο υδατοπερατό, λόγω του οποίου καταργήθηκε το μεσαίο κανάλι και το επίχωμα πήρε την αμφικλινή μορφή

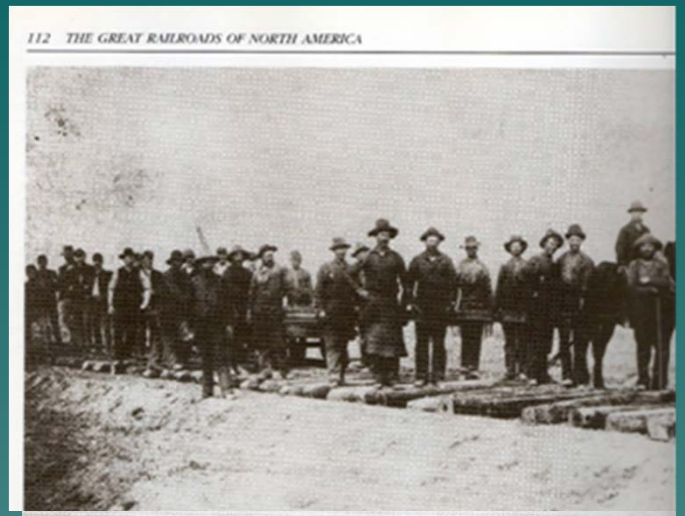


Στρώση γραμμής: Από τους πρωτοπόρους στο σήμερα (19ος αιώνας)



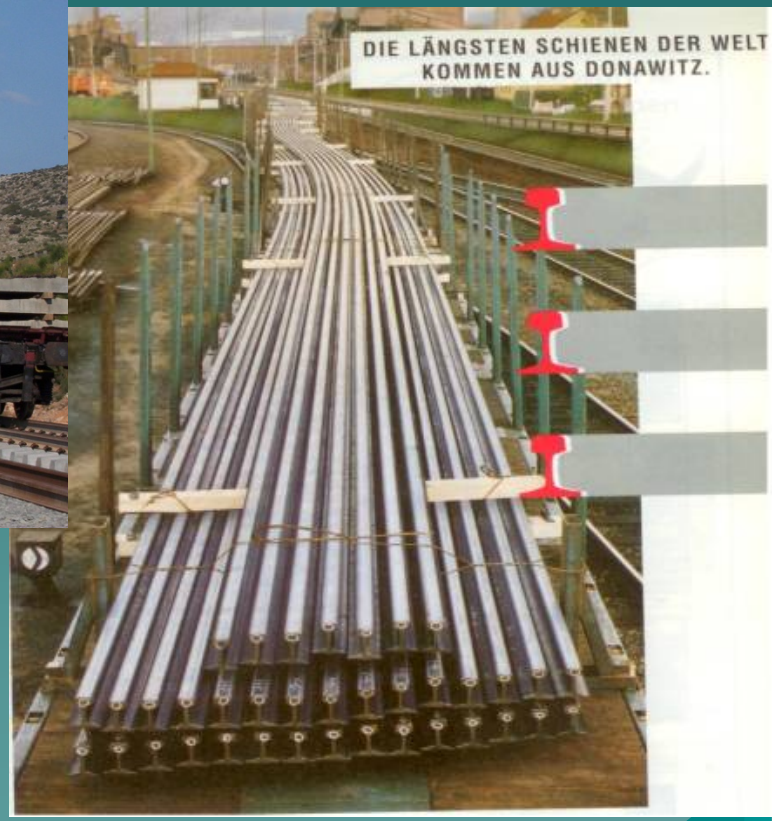
Με πολλούς εργάτες, πολλή χειρονακτική εργασία και εργαλεία της εποχής (λοστούς, τσιμπίδες κ.α.)

Στρώση γραμμής: Από τους πρωτοπόρους στο σήμερα

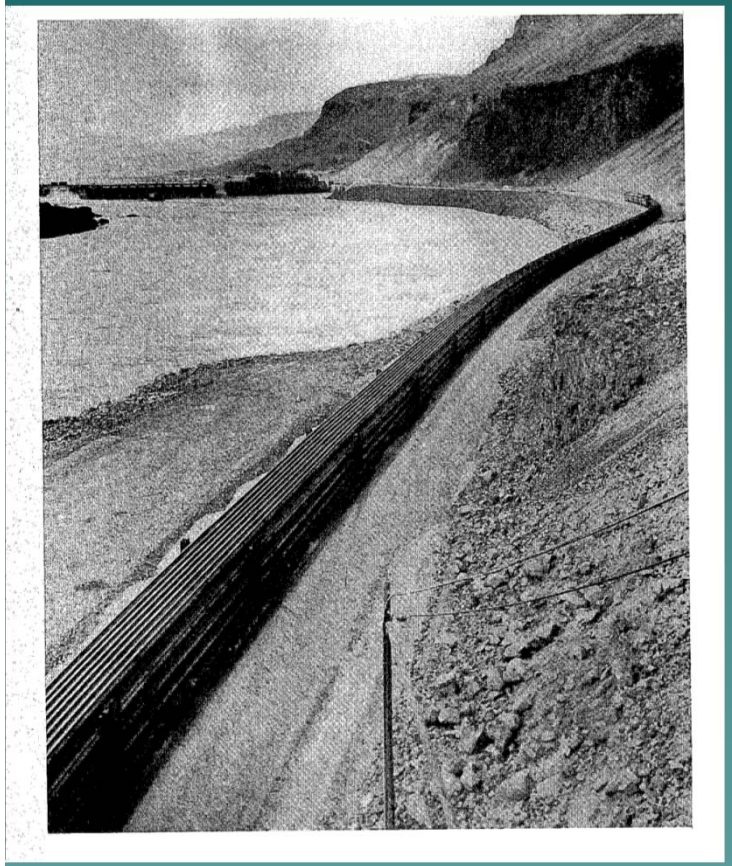


Με πολλούς εργάτες, πολλή χειρονακτική εργασία και εργαλεία της εποχής (λοστούς, τσιμπίδες κ.α.)

Στρώση γραμμής: 20ος – 21ος αιώνας, με εξελιγμένους εργαλειομηχανισμούς στρώσης και μεταφοράς υλικών



Στρώση γραμμής: 20ος – 21ος αιώνας, με εξελιγμένους εργαλειομηχανισμούς στρώσης και μεταφοράς υλικών

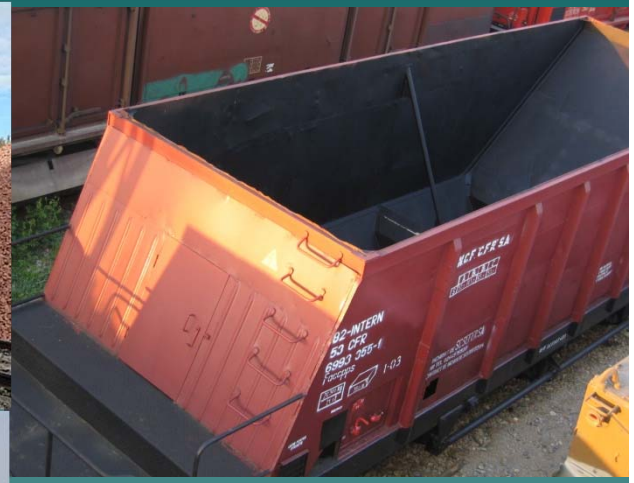


Στρώση γραμμής: 20ος – 21ος αιώνας, με εξελιγμένους εργαλειομηχανισμούς στρώσης και μεταφοράς υλικών

Κοχλίωση

Στρώση γραμμής: 20ος – 21ος αιώνας, με εξελιγμένους εργαλειομηχανισμούς στρώσης και μεταφοράς υλικών

Στρώση γραμμής: 20ος – 21ος αιώνας, με εξελιγμένους εργαλειομηχανισμούς στρώσης και μεταφοράς υλικών



σκυροσυρμός

Στρώση γραμμής: 20ος – 21ος αιώνας, με εξελιγμένους εργαλειομηχανισμούς στρώσης και μεταφοράς υλικών

Τοποθέτηση στρωτήρων

Μηχάνημα στρώσης

Τοποθέτηση σιδ/χιών

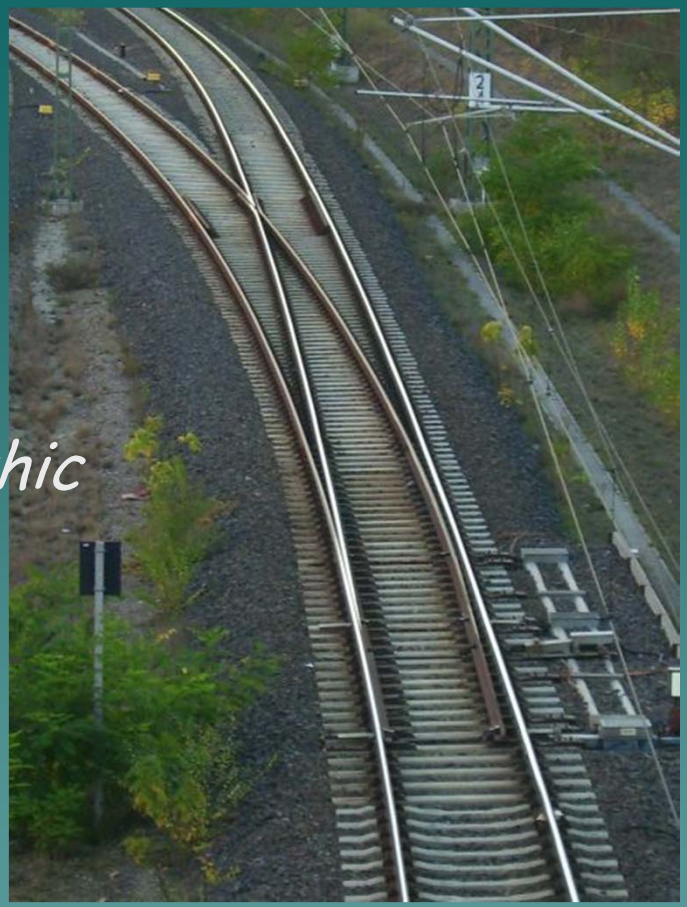
Κοχλίωση

Μηχάνημα στρώσης

Μηχάνημα υπογόμωσης

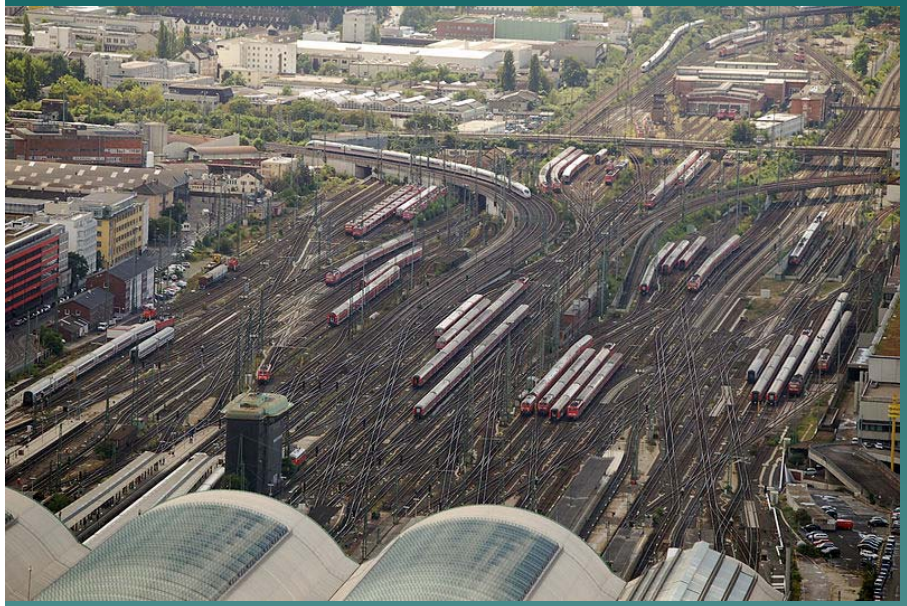
Η αλλαγή τροχιάς, "το κλειδί", το τιμόνι του τρένου

1803: κλειδί Trevithic



Σύγχρονο "κλειδί"

Η αλλαγή τροχιάς "το κλειδί", το τιμόνι του τρένου



Φρανκφούρτη

Πεκίνο

Η σύνδεση των σιδηροτροχιών

Με αμφιδέτες (δημιουργία αρμών)

Η σύνδεση των σιδηροτροχιών με συγκόλληση

$$\Delta \sigma = 2,35 \cdot \Delta t \, [N / mm^2]$$

Συγκόλληση
Αλουμίν

ΑΡΤ 600 S

Η συγκόλληση των σιδηροτροχιών

Πτερύγια - Αγκυρώσεις

Συσκευές διαστολής

Τεχνικά Έργα

Πιστεύεται, ότι η ανάγκη κατασκευής τεχνικών έργων (σήραγγες, γέφυρες, τοίχοι αντιστήριξης, αποστραγγιστικά έργα, επιχώματα, ορύγματα), απετέλεσε τη βάση ανάπτυξης της ***Επιστήμης του Πολιτικού Μηχανικού.***

Τεχνικά Έργα

Wyoming (1869)

(Πηγή: wikipedia, Deschichte der Eisenbahn n Nordamerika

Τεχνικά Έργα

Αυστρία, Ελβετία

Τεχνικά Έργα

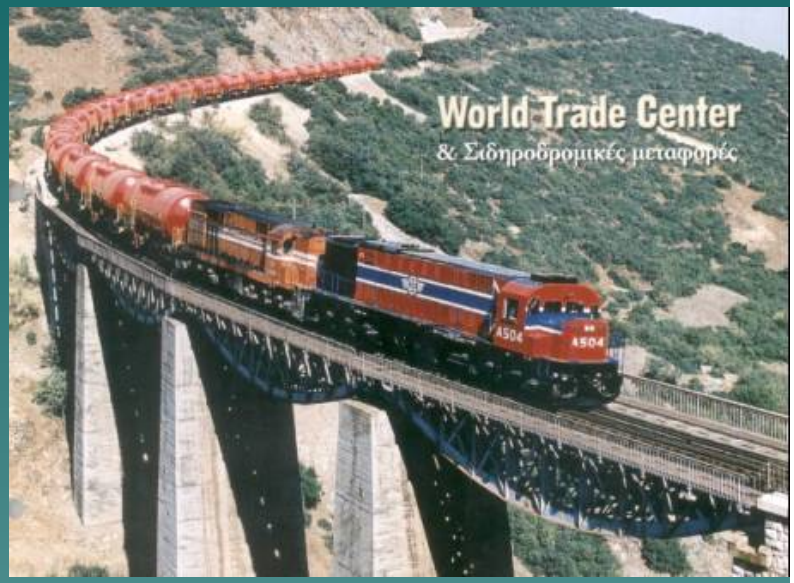
Γαλλία

Γερμανία

(Πηγή: wikipedia

Τεχνικά Έργα

Γοργοπόταμος



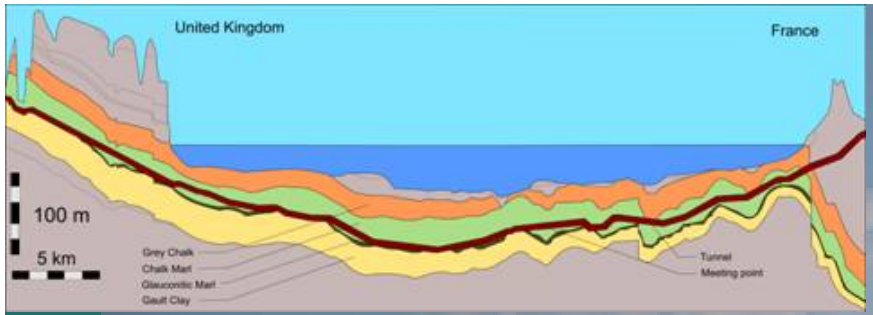
Γέφυρα Κυφαίρων

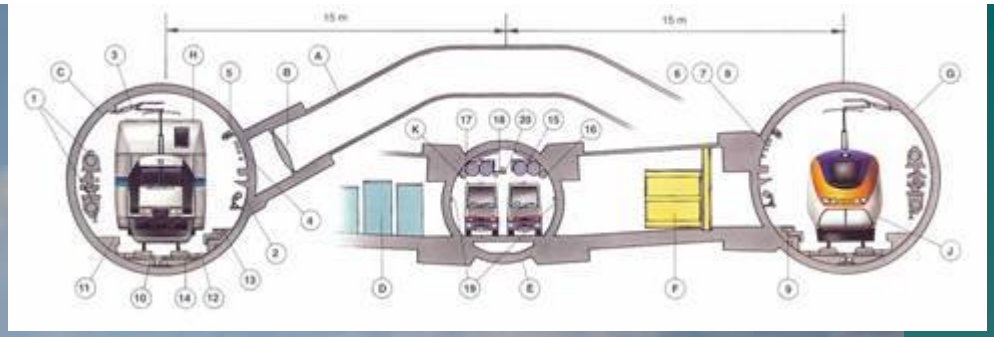
Πηγή: Φίλοι του σιδηροδρόμου

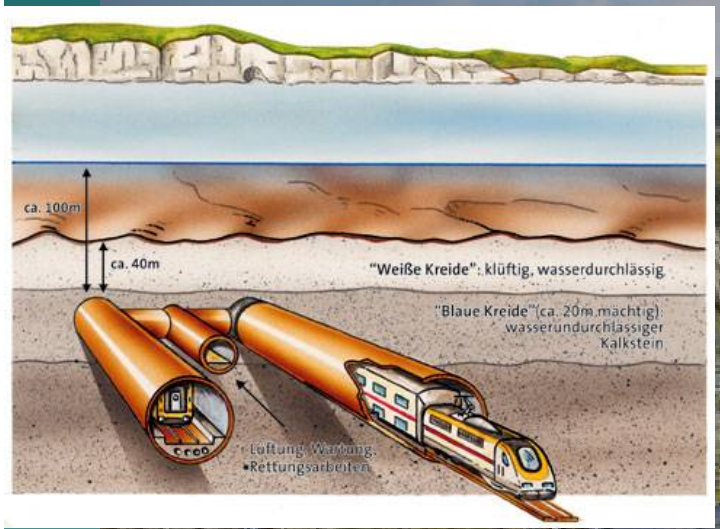
Τεχνικά Έργα

Ινδία: Pamban Railway Bridge (~2 χλμ)

(Πηγή: wikipedia, 2015)





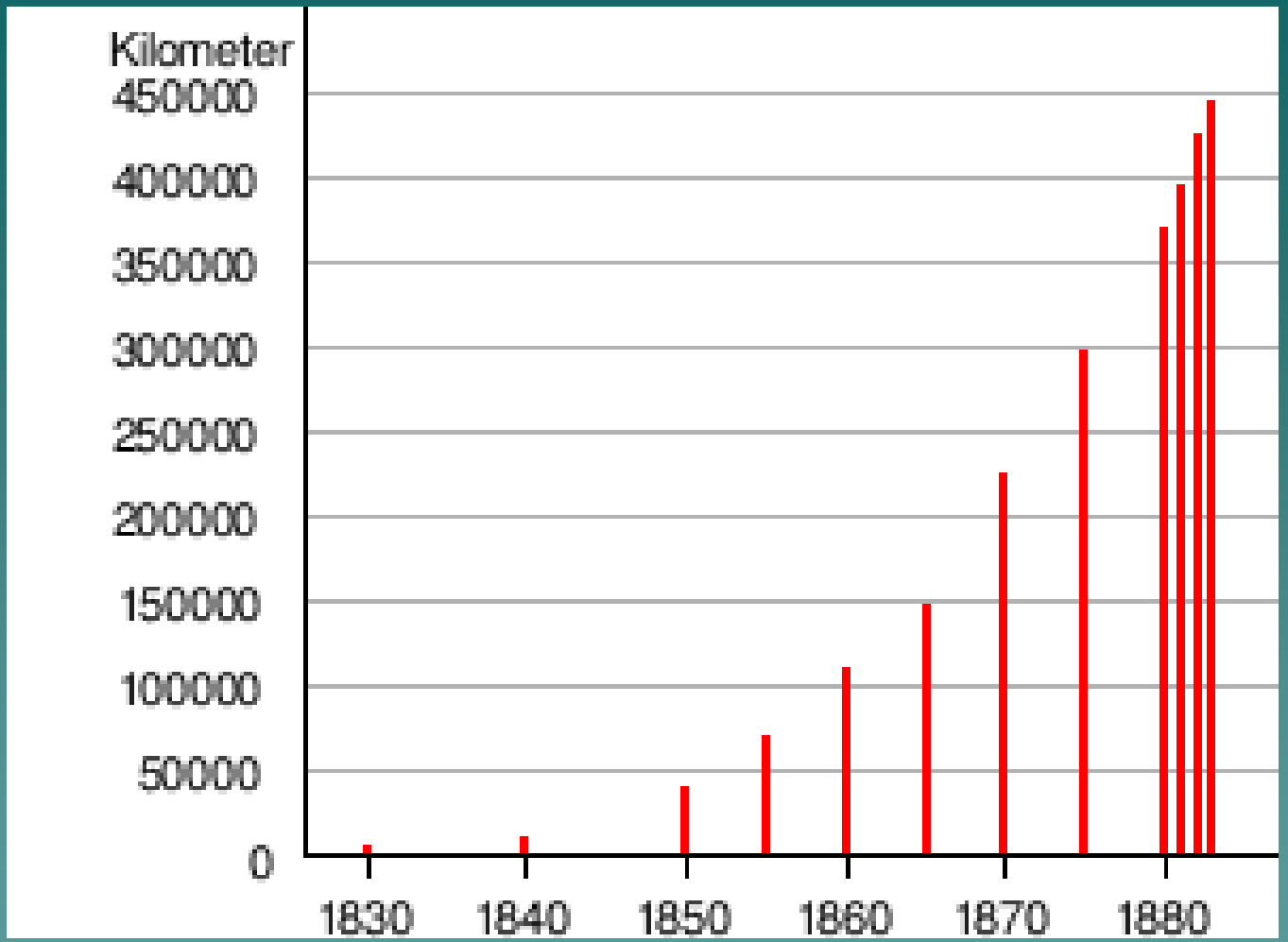


Είσοδος στο Eurotunnel πλησίον Coquelles (Γαλλία) , Λειτουργία: 14-11-1994
Κόστος: 15 δις ευρώ, 2 φορές ο προϋπολογισμός
11 νεκροί κατά την κατασκευή

Μήκος 53,85 km, μακρύτερο Tunnel με υποθαλάσσιο τμήμα μήκους 23,3 km. 2ο μετά το Eurotunnel

Σήραγγα Yoshioka-Kaitei (Ιαπωνία), έως 240 m κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας
Κόστος: 4,5 δις ευρώ, 39 νεκροί – 700 τραυματίες κατά την κατασκευή

Εξέλιξη δικτύου έως το 1883

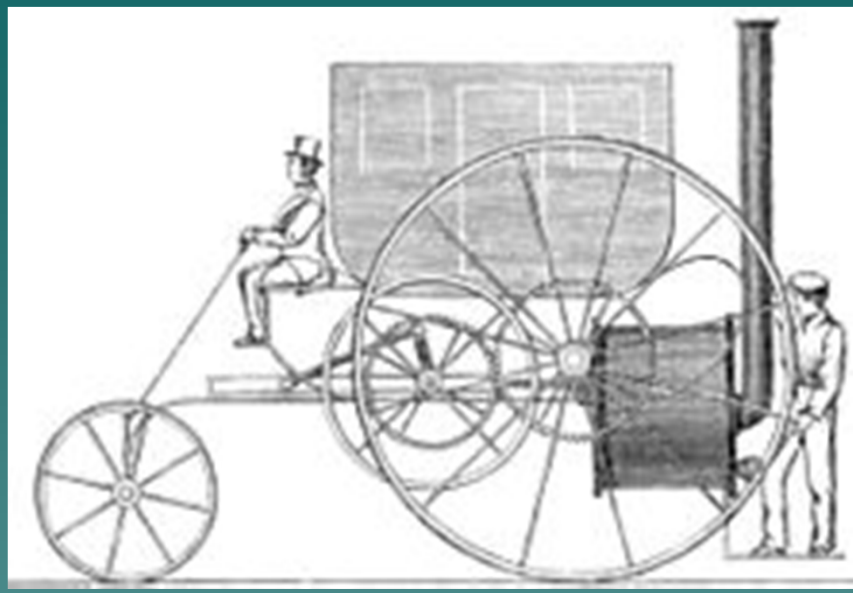


Συγκριτικά: το 2003 στα 1.115.205 χλμ.
2015 1.370.782 χλμ.

Τα οχήματα - οι συρμοί

Τα πρώτα οχήματα (μηχανές – βαγόνια)

Ουγγαρία 16ος αιώνας



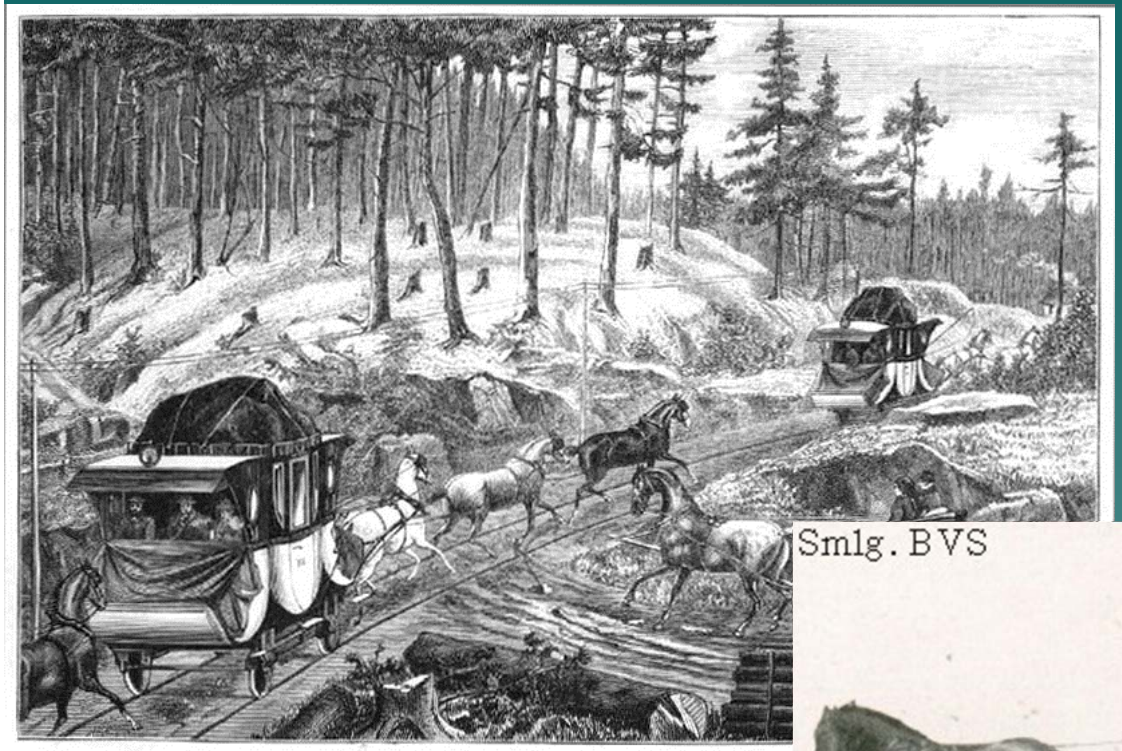
13 Φεβρουαρίου 1804: 1η δοκιμή της ατμομηχανής του Richard Trevithic στην Ουαλία

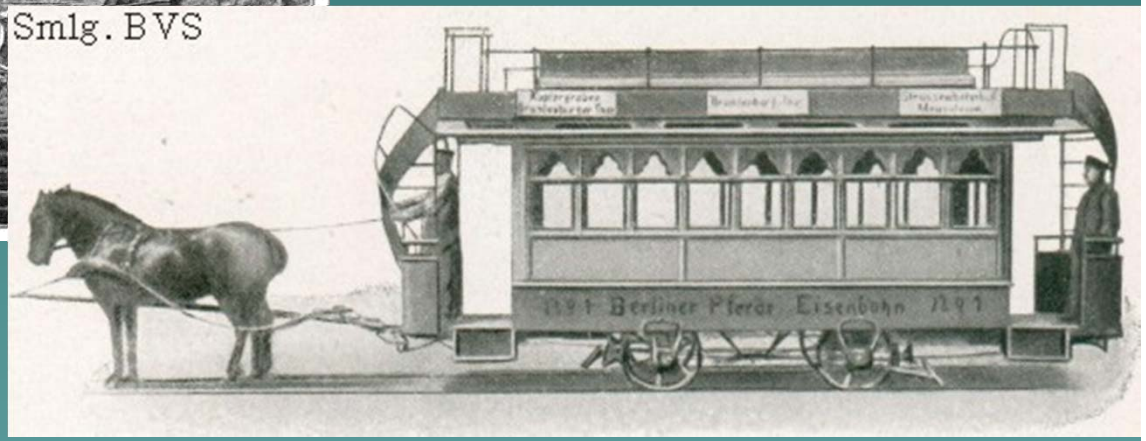
(Πηγή: wikipedia, 2015)

1814: Ο George Stephenson κατασκευάζει την 1η του ατμομηχανή σιδηροδρόμου, βασιζόμενος στην ανακάλυψη του James Watt το 1769. Το 1829 ετοιμάζει την „The Rocket",

Stephensons „The Rocket", 1829 (45 χλμ/ω)

Ιππήλατος σιδηρόδρομος





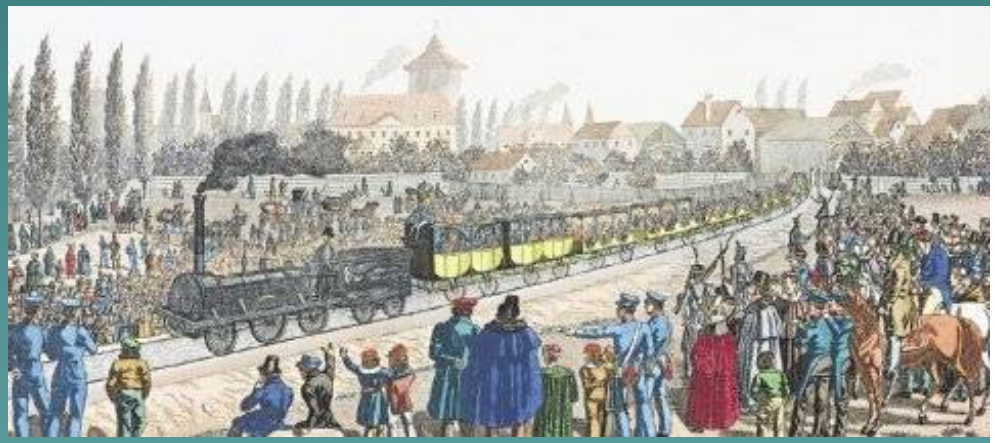
Μια από τις πρώτες διαδρομές σιδηροδρόμου με άλογα (1827 Αυστρία, Γαλλία)

Βερολίνο 1865

Πηγές: Wikipedia

Οι πρώτοι συρμοί

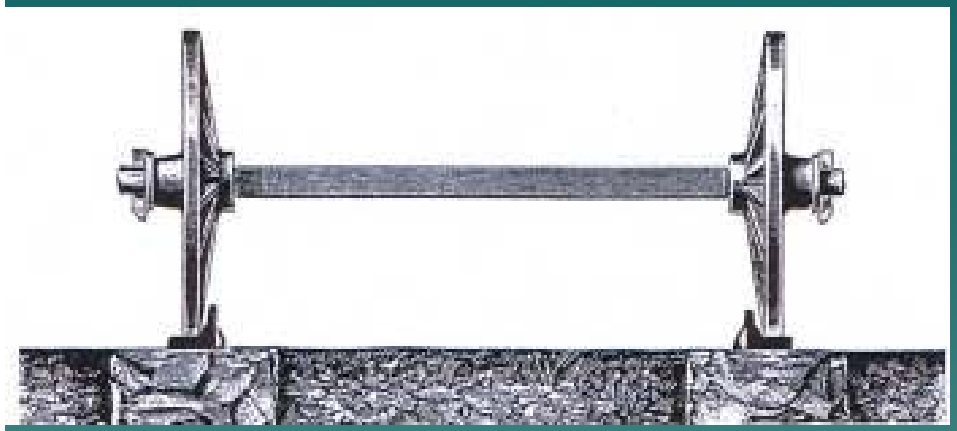
- 1825: Εγκαίνια της 1ης δημόσιας σιδηροδρομικής γραμμής Stockton – Darlington
- 1835: 1η ατμοκινούμενη γραμμή στην Γερμανία Nuernberg – Fuerth

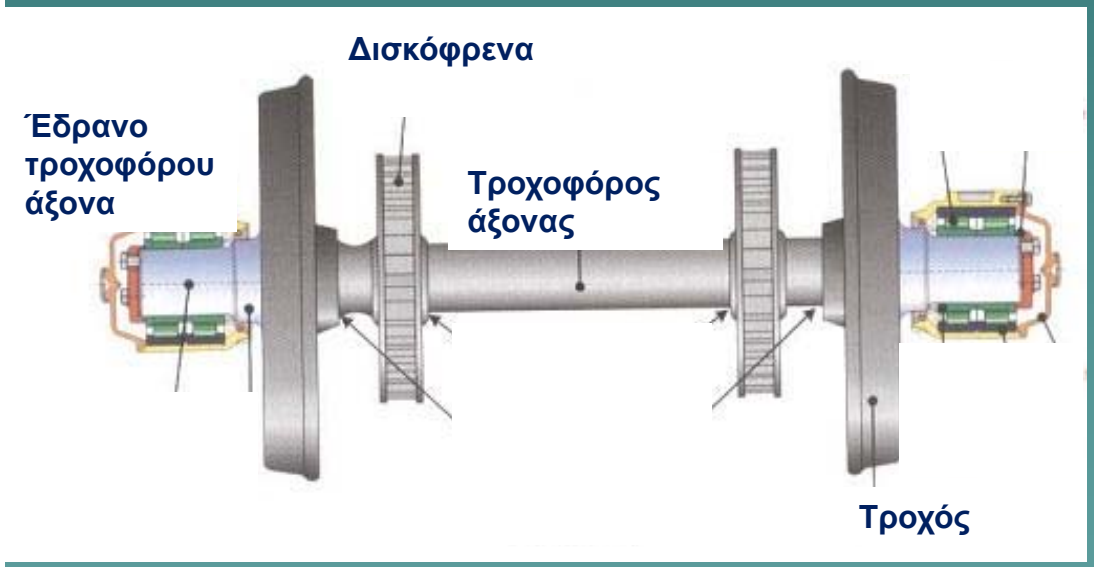


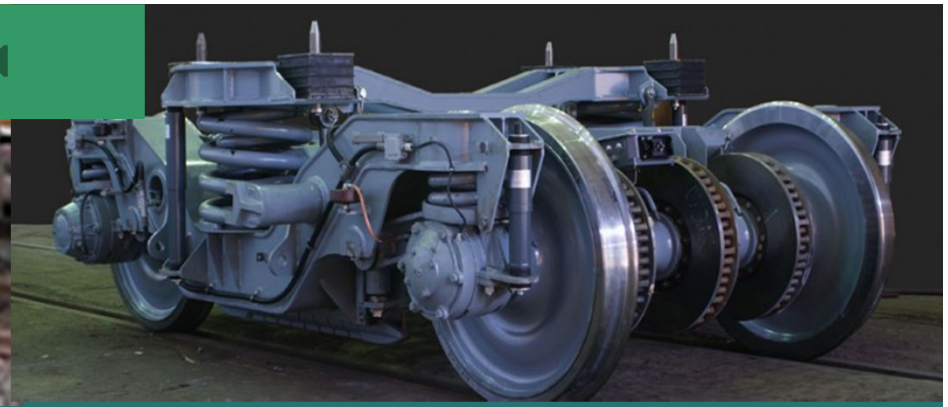
31 Μαΐου 1879: Παρουσίαση από τον Werner von Siemens της 1ης ηλεκτροκίνητης μηχανής

Tunnel-Lokomotive B & O 1895
στη γραμμή Βαλτιμόρη - Φιλαδέλφια

Η εξέλιξη των τροχών και των τροχοφόρων αξόνων







Jakobs φορεία

Πλεονεκτήματα

- μικρότερο μήκος και βάρος συρμών,

-περιορισμός στο περιτύπωμα

- δεν απαιτούνται σύνδεσμοι

Μειονεκτήματα

-διαχωρισμός των οχημάτων μόνο στα αμαξοστάσια

Αμορτισέρ

Τοποθετείται σε οχήματα υψηλών ταχυτήτων, για τη βελτιστοποίηση της ημιτονοειδούς κίνησης. Στην εγκάρσια θέση λειτουργεί για την ελαχιστοποίηση των εγκαρσίων ταλαντώσεων μεταξύ δύο γειτονικών οχημάτων , στην ευθυγραμμία και σε μικρές καμπυλότητες

Οι πρώτοι συρμοί

Οι πρώτοι συρμοί

Diesel Lok

1924 kiewo

Pacific national

2006 voith maxima

Δημιουργία δικτύων Υψηλών Ταχυτήτων

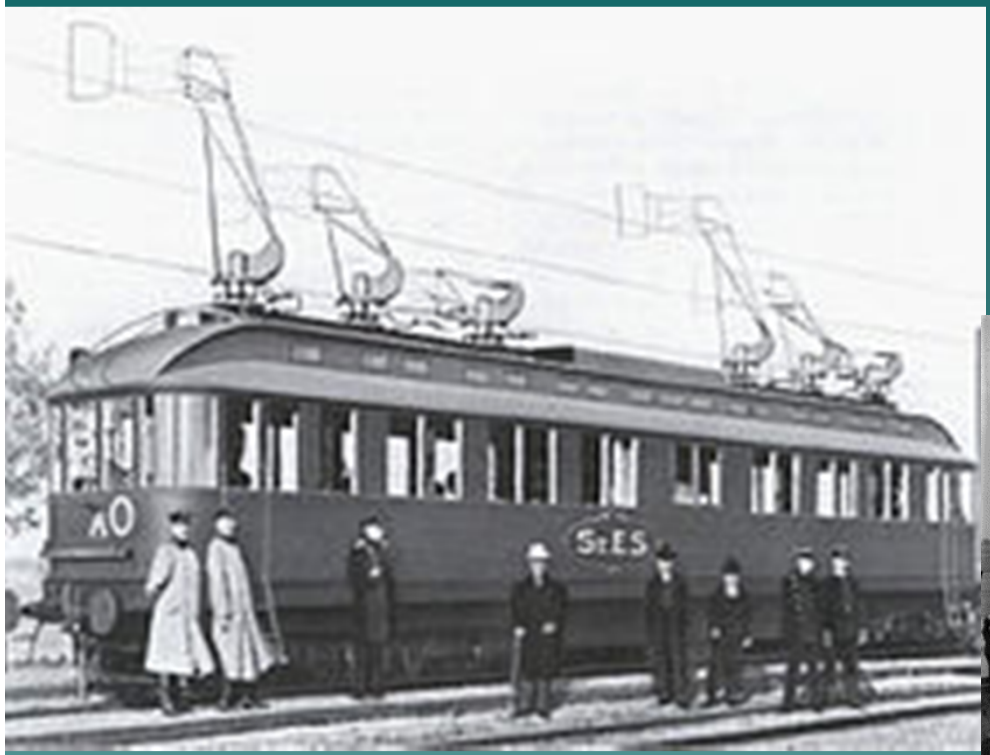
Κατά τη 10ετία του 60, διαφαίνεται το "come back" του σιδηροδρόμου με στόχο την σημαντική συντόμευση των χρόνων διαδρομής στις μεσαίες αποστάσεις, ανταγωνιζόμενος σε αρκετές περιπτώσεις και το αεροπλάνο, με ταχύτητες περί τα 250 km/h αρχικά, 300 -350 αργότερα και 380 km/h σήμερα. Νέες τεχνολογίες εξασφαλίζουν

- την ασφαλή κυκλοφορία των συρμών
- την άνεση των επιβατών και
- την ακρίβεια των δρομολογίων

Istoria speed

Οι Γάλλοι, Γερμανοί και Ιάπωνες ας θεωρηθούν οι πρωτοπόροι του γιγαντιαίου αυτού επιτεύγματος, με τα τρένα Shikansen, TGV (AGV) και ICE. Ακολουθούν Αγγλία, Ισπανία, Ιταλία, και νεώτερα Αμερική, Κορέα, Κίνα, Ταιβάν και Ρωσία.

Η εξέλιξη της ταχύτητας



Πειραματική ηλεκτρικά κινητήρια μηχανή της AEG, 210,3 km/h στις 27. Okt.1903

Zepelin : 230.2 km/h στις 9. Ιουνίου 1931

Η εξέλιξη της ταχύτητας

Παγκόσμιο ρεκόρ ταχύτητας, στη γραμμή Bordeaux – Bayonne,με 331 km/h στις 28 και 29 Μαρτίου 1955

Η εξέλιξη της ταχύτητας

Bullet train Ιαπωνία, 1964 210 km/h

E03, στη γραμμή Muenchen - Augsburg με 200 km/h στις 26 Ιουνίου 1965

Η εξέλιξη της ταχύτητας

Γρήγορα τρένα

Ταϊβάν 285 - 300 χλμ/ω

Αμερική 260 – 350 χλμ/ω

Η εξέλιξη της ταχύτητας

Κορέα 300 χλμ/ω

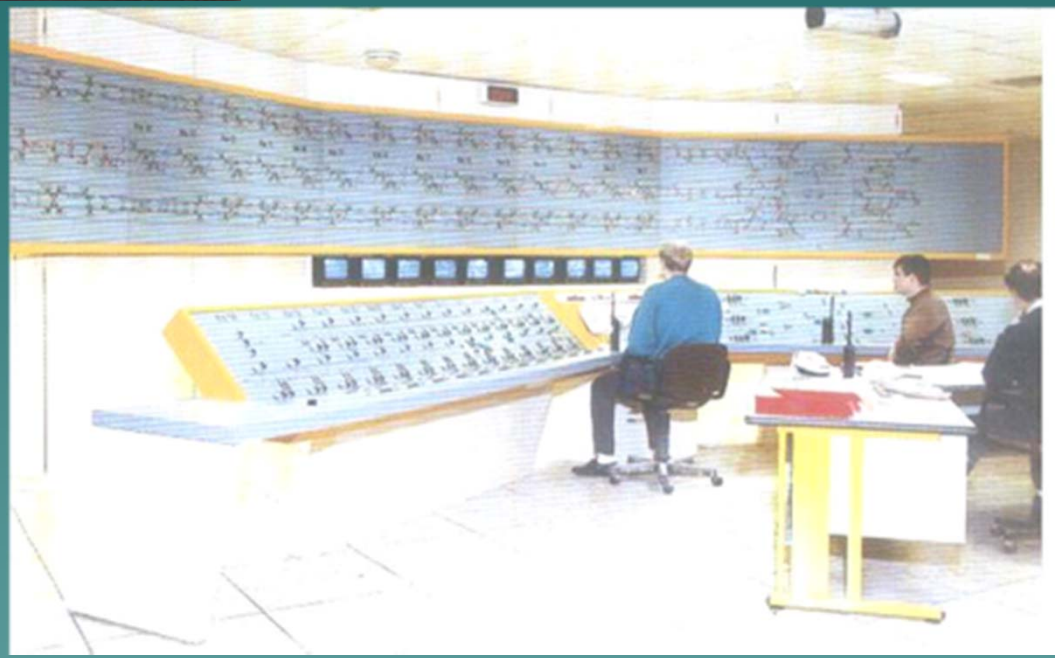
Ιταλία 300 – 360 χλμ/ω

TGV - Eurostar έως 300 km/h

Παρίσι 17 Νοεμβρίου 1994: 3 ημέρες μετά την πρώτη διαδρομή του Eurostar για επιβάτες

NCF seminary conference coach

TGV - Eurostar έως 300 km/h



Euro tunnel Shuttle
για μεταφορά οχημάτων

TGV - AGV έως 350 km/h

pantografos

https://www.youtube.com/watch?v=sE4A0nPjyqQ

rekor

TGV - AGV έως 350 km/h

https://www.youtube.com/watch?v=sE4A0nPjyqQ

ICE έως 350 km/h

ICE έως 350 km/h

Κινέζικο τρένο έως 380 km/h

https://www.youtube.com/watch?v=FBGCus9zZ30

archika

parbriz

grammi

Κινέζικο τρένο έως 380 km/h

resonanz

speed

finale

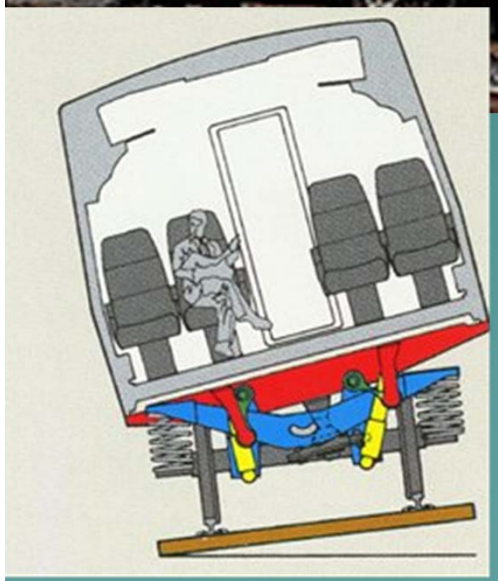
Κίνα

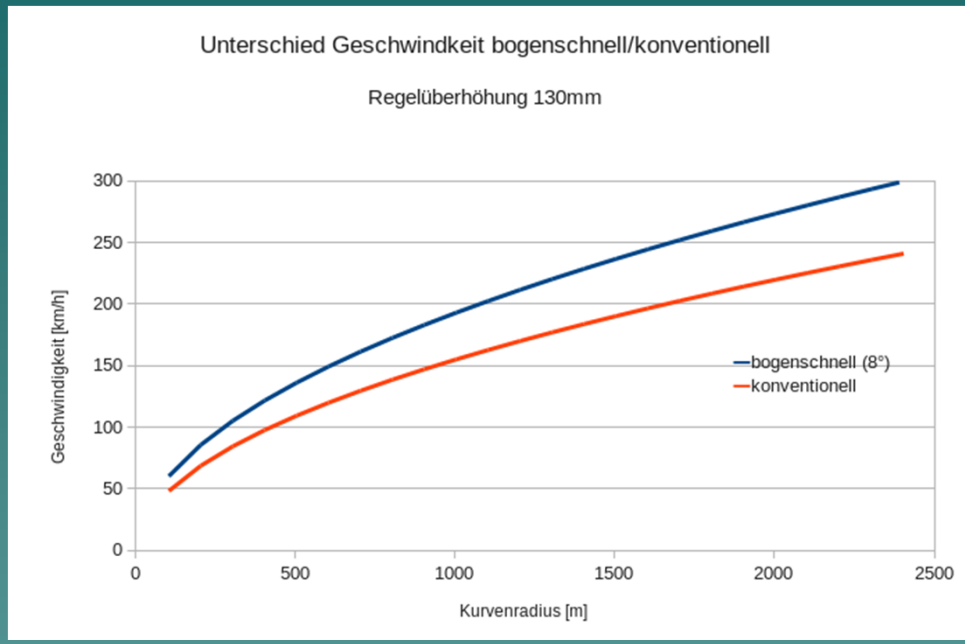
Ιαπωνικό τρένο έως 320 km/h

AVE Ισπανία έως 310 km/h

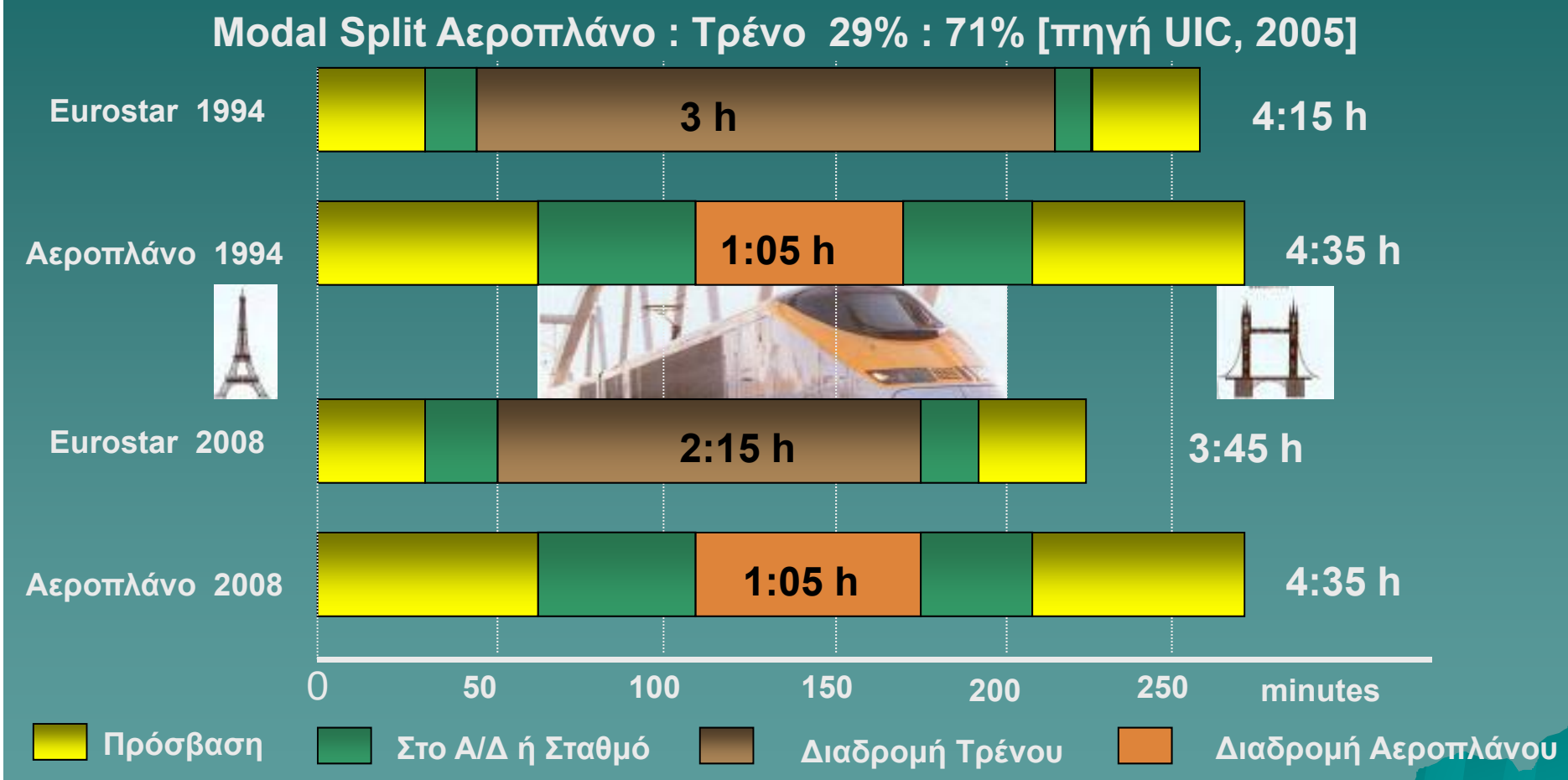
Ισπανία

Αύξηση της ταχύτητας στα καμπύλα τμήματα των γραμμών



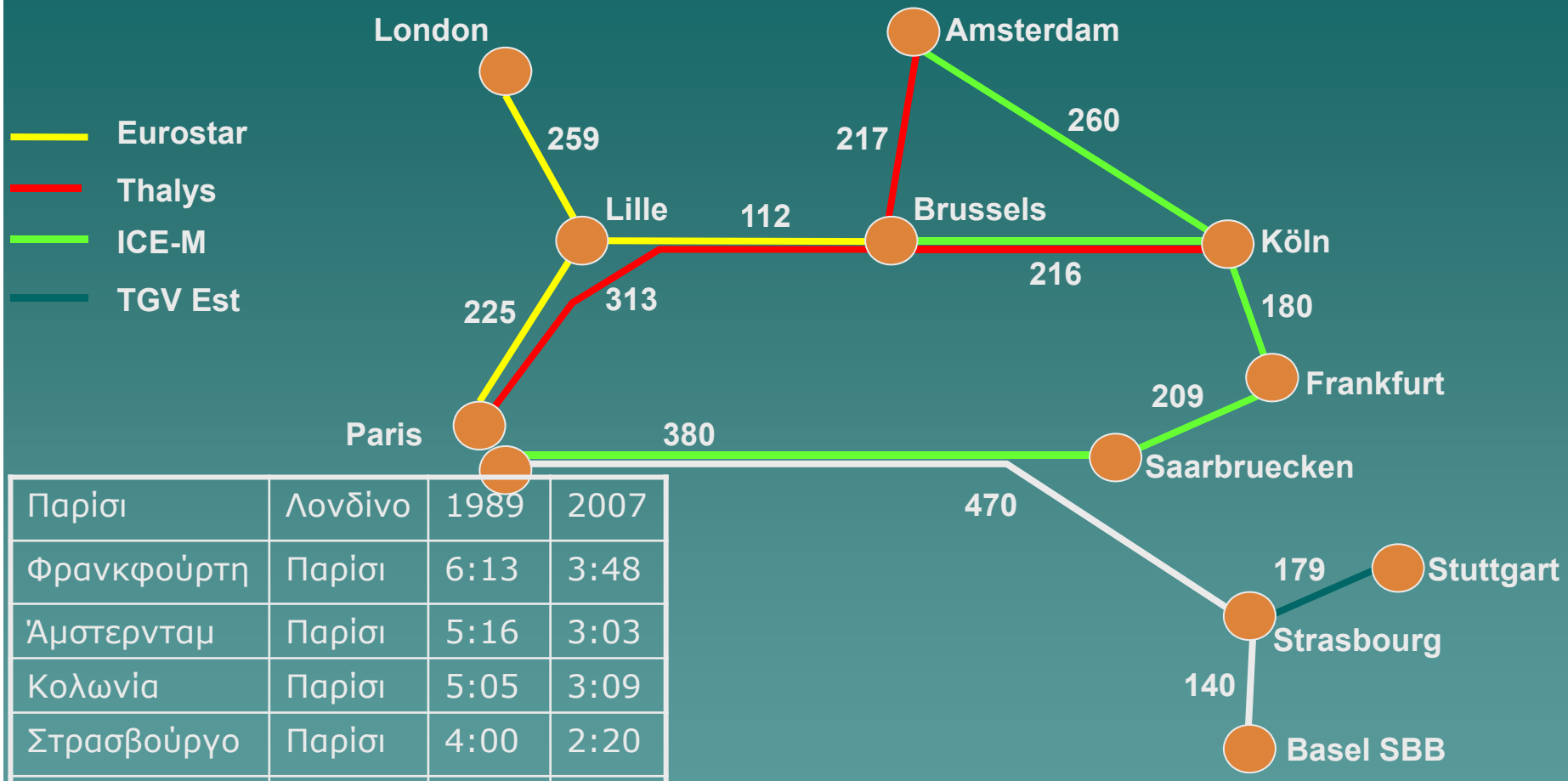


Χρόνοι διαδρομής: Παρίσι – Λονδίνο



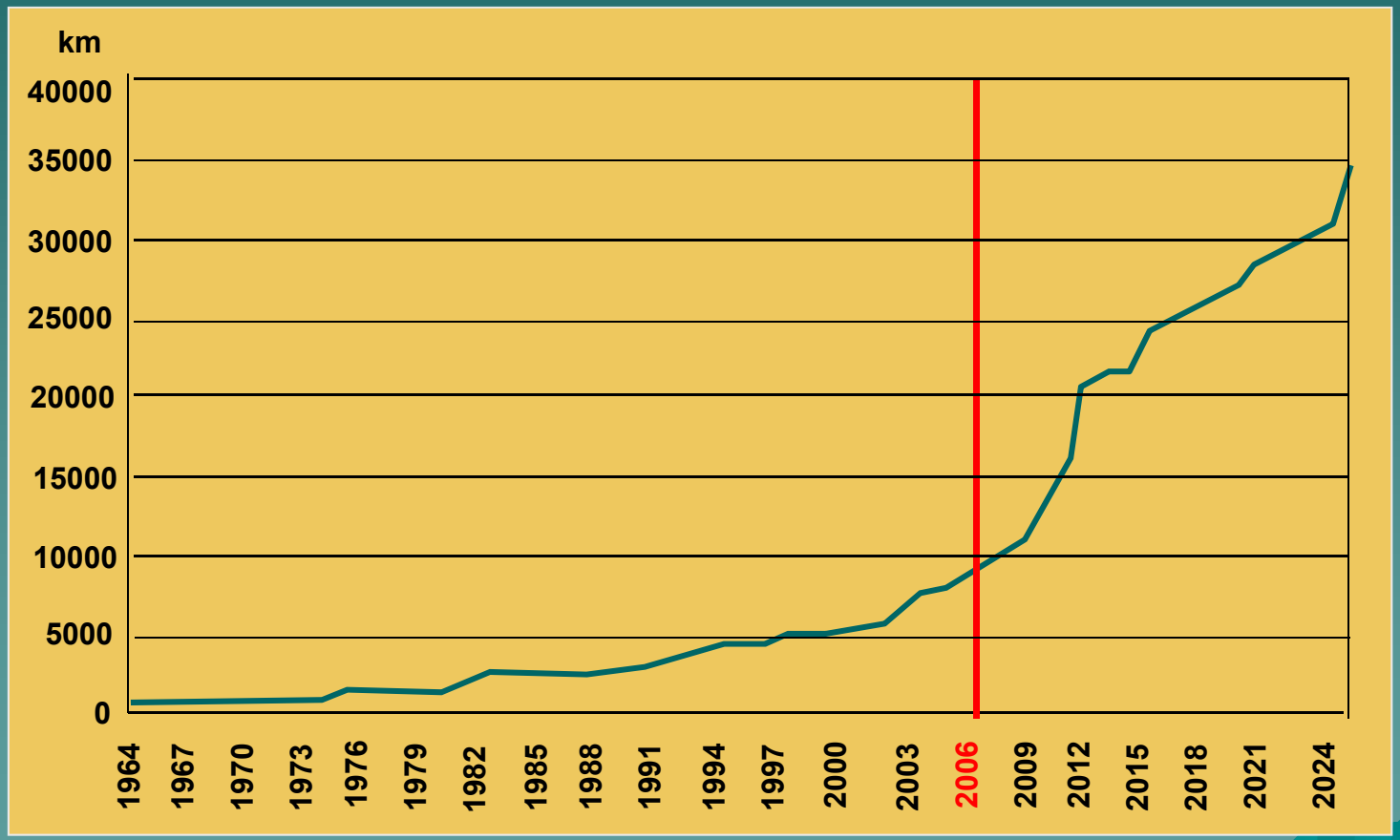
Διευρωπαϊκό δίκτυο ΥΤ

Αποστάσεις (km) – Χρόνοι διαδρομής [πηγή ETR, 3 2008]



Παρίσι	Λονδίνο	1989	2007
Φρανκφούρτη	Παρίσι	6:13	3:48
Άμστερνταμ	Παρίσι	5:16	3:03
Κολωνία	Παρίσι	5:05	3:09
Στρασβούργο	Παρίσι	4:00	2:20
Βασιλεία	Παρίσι	4:55	3:30
Βρυξέλλες	Παρίσι	2:25	1:22
Στουτγάρδη	Παρίσι	6:00	3:50

Αναμενόμενη ανάπτυξη των γραμμών ΥΤ παγκοσμίως [πηγή: ETR 03/2008]



Περιβάλλον – Ενέργεια

Ένας επιβατικός συρμός καταναλώνει ανεξάρτητα από την πληρότητά του μια σταθερή ποσότητα ρεύματος ή δήζελ. Η ενεργειακή ανάγκη στο σιδηρόδρομο στη ταχύτητα των 300 km/h σε σχέση με τα άλλα μεταφορικά μέσα είναι σημαντικά μικρότερη. Π.χ. (συρμός ICE Mannheim – Stuttgart, πληρότητα 50%, V=250 km/h)

0,8 λίτρα βενζίνης / 100 επιβατοχιλιόμετρα,

έναντι 5-6 του Ι.Χ. και 7,9 του αεροπλάνου

Στον σιδηρόδρομο εφαρμόζεται ελεγχόμενος τρόπος οδήγησης με τον οποίο εξοικονομείται σημαντική ποσότητα ενέργειας. Π.χ. Στην διαδρομή ενός ICE από Μόναχο στο Αμβούργο, εξοικονομούνται μέχρι 4000 kWh, όσο είναι η ετήσια κατανάλωση μιας τετραμελούς οικογένειας.

Περιβάλλον – Ενέργεια

Η ηλεκτρική έλξη δεν δημιουργεί ρύπανση του αέρα.
Με τη σημερινή πληρότητα, σε μία διαδρομή με ICE αναλογούν λιγότερο από 50 gr. CO2 στον επιβάτη και χιλιόμετρο (επιβατοχιλιόμετρο) και ως εκ τούτου περίπου 2/3 λιγότερο από μία διαδρομή με ΙΧ και 75% λιγότερο από μία μετακίνηση με αεροπλάνο. Αυξανόμενης της πληρότητας μειώνεται η ειδική κατανάλωση του επιβάτη και ως εκ τούτου και η ποσότητα CO_2 που του αναλογεί. Το CO2 μετριέται στη πρωτογενή ενέργεια που χρησιμοποιείται για τη παραγωγή ρεύματος.

Περιβάλλον – Ενέργεια

CO_2 gr/επιβχλμ	AGV	Λεωφορείο	ΙΧ	Αεροπλάνο
	2,2	30	115	153
ως προς AGV φορές περισσότερο		13	50	70

CO_2 gr/επιβχλμ	ICE	Λεωφορείο	ΙΧ	Αεροπλάνο
	50		140	200
ως προς ICE φορές περισσότερο			3	4

Σημειώνεται ότι τα 2,2 CO_2 gr/ επιβχιλ με AGV , αντιστοιχεί σε 13 CO_2 gr/ επιβχιλ με ICE, σχέση Energiemix Γαλλικών – Γερμανικών σιδηροδρόμων

Περιβάλλον – Ρύπανση

Σήμερα στην Ευρώπη λειτουργεί ένας διαδικτυακός τόπος www.ecopassenger.org, ο οποίος ενημερώνει τον ταξιδιώτη , πόσο θα επιβαρύνει το περιβάλλον κατά τη μετακίνησή του, ανάλογα με το μεταφορικό μέσο που θα επιλέξει. Π.χ. Για έναν επιβάτη από Φρανκφούρτη στο Παρίσι, του ανακοινώνεται ότι θα επιβαρύνει το περιβάλλον με 22,4 kg CO2 αν θα μετακινηθεί με τρένο, 62,9 kg CO2 αν θα μετακινηθεί με ΙΧ και 83,3 kg CO2 αν θα μετακινηθεί με αεροπλάνο.

Ασφαλής Λειτουργία

Ασφαλής Λειτουργία

→ Εκπαίδευση οδηγού

Κατάσταση οχημάτων

- Επιθεώρηση
- Συντήρηση
- Επισκευή

Κατάσταση γραμμής

- Επιθεώρηση
- Συντήρηση
- Επισκευή

εγκαταστάσεις ασφάλειας κυκλοφορίας

Ems 120

EMS 120

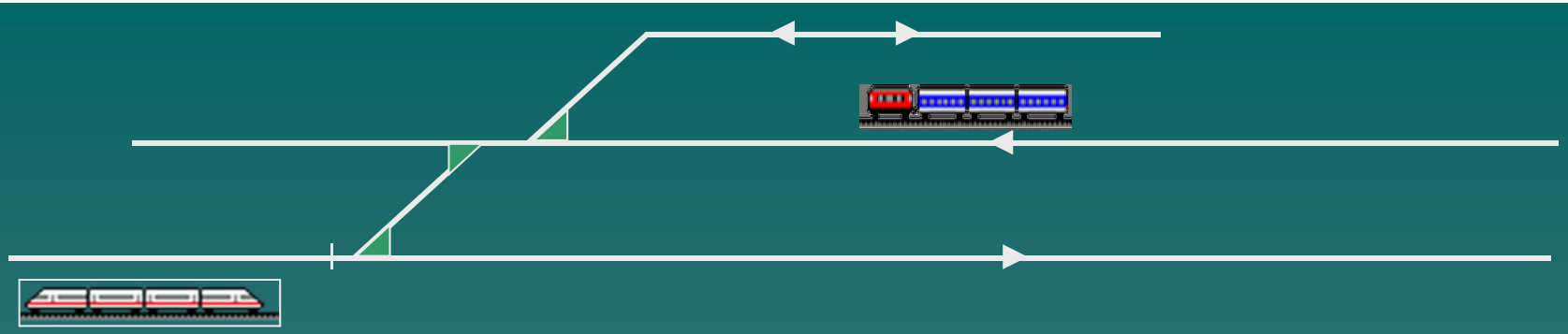
Έναντι εκτροχιασμού

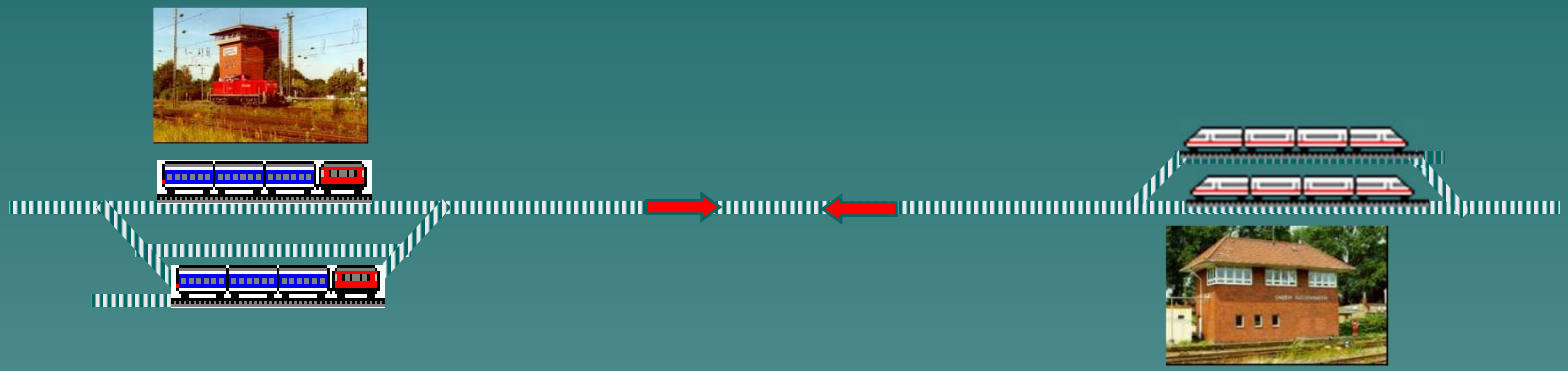
Εγκαταστάσεις ασφάλειας κυκλοφορίας

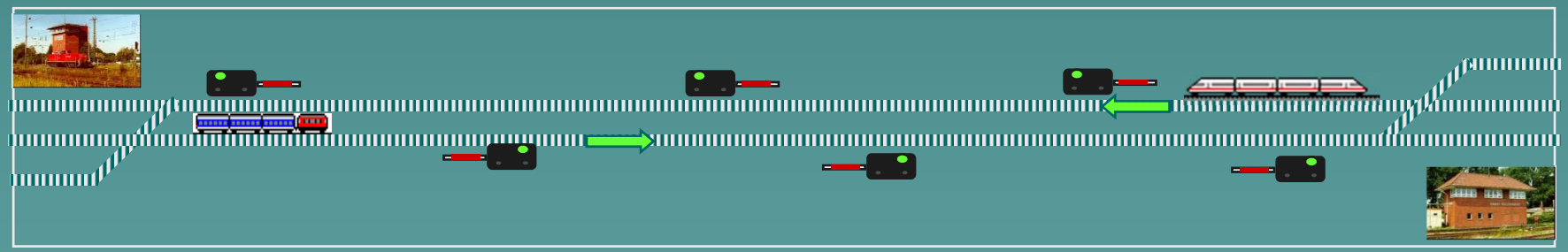
- η μεγάλη μάζα
- ο μικρός συντελεστής πρόσφυσης (περίπου 8 φορές μικρότερος αυτού μεταξύ οδικού οχήματος και ασφάλτου) και
- η κίνηση σε σταθερή τροχιά,

υποχρεώνει τους συρμούς να κυκλοφορούν σε προκαθορισμένη τροχιά και να απαιτούν μεγάλο μήκος πέδησης.

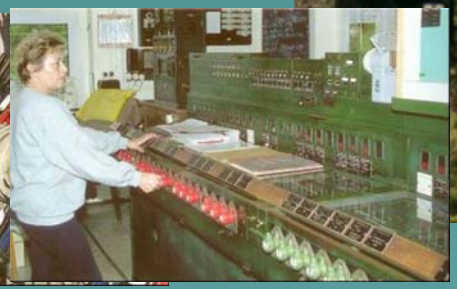
Συνεπώς οι συρμοί πρέπει να έχουν δικό τους χώρο κυκλοφορίας, ο οποίος να εξασφαλίζεται έναντι άλλων διαδρομών που πρέπει να χρησιμοποιήσουν τον ίδιο χώρο. Με άλλα λόγια απαιτείται ο **«αποκλεισμός»** του χώρου αυτού.



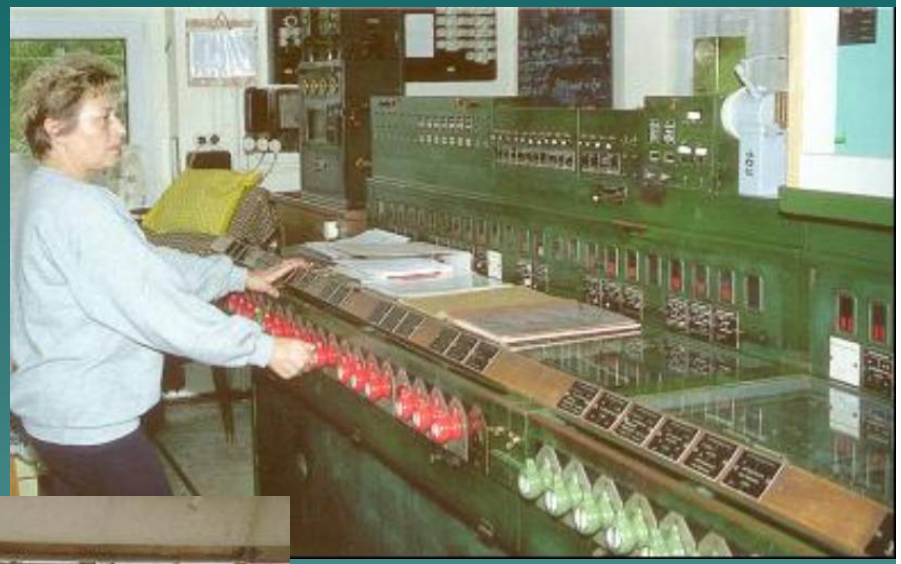




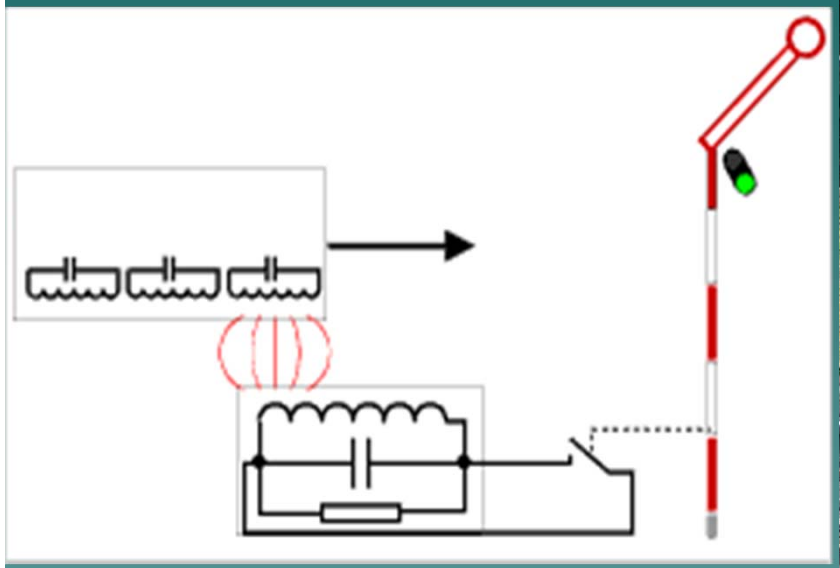
Σηματοτεχνικές Εγκαταστάσεις

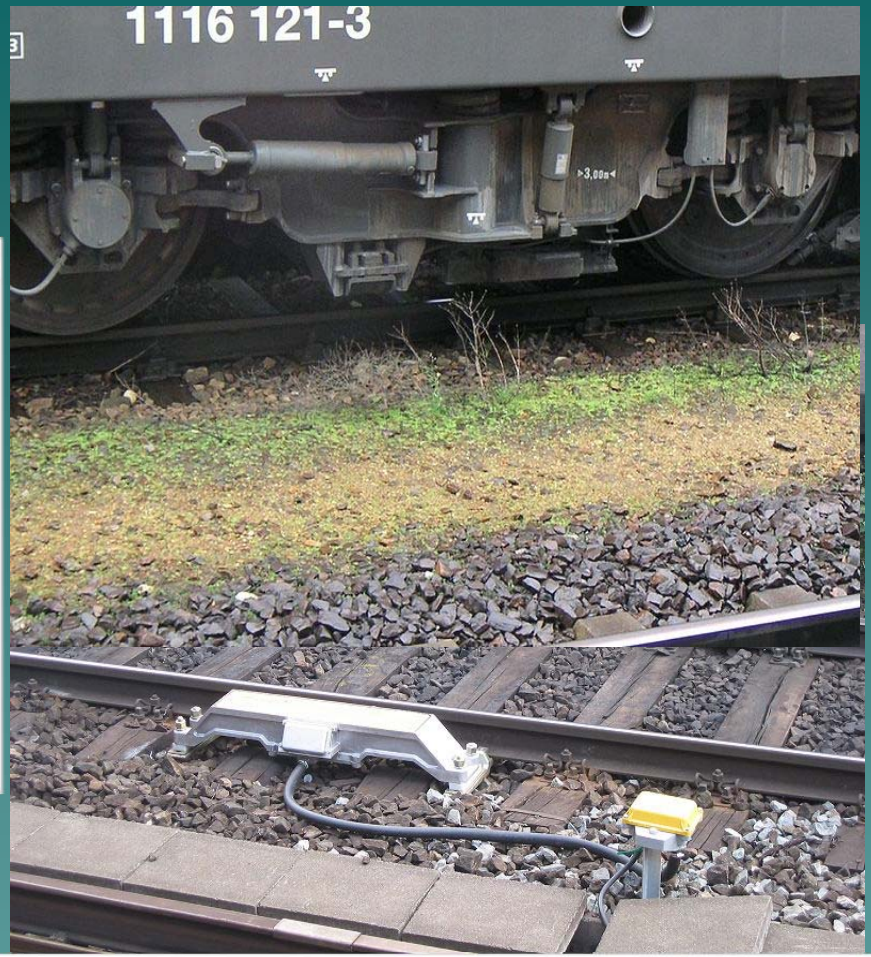


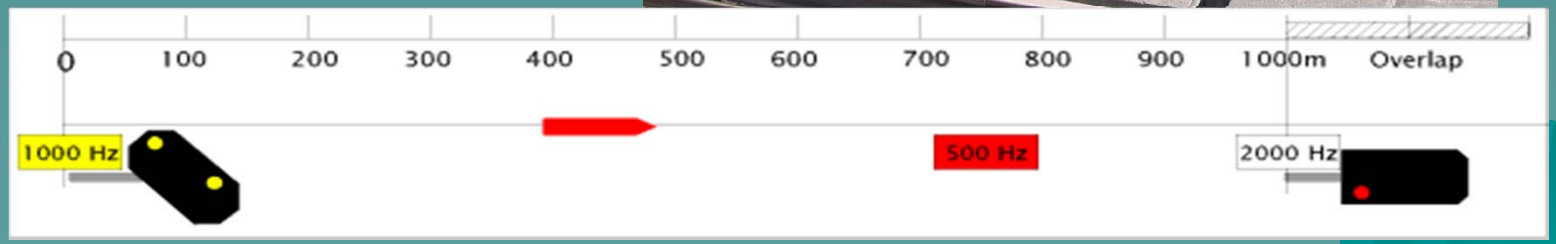
Σταθμαρχεία



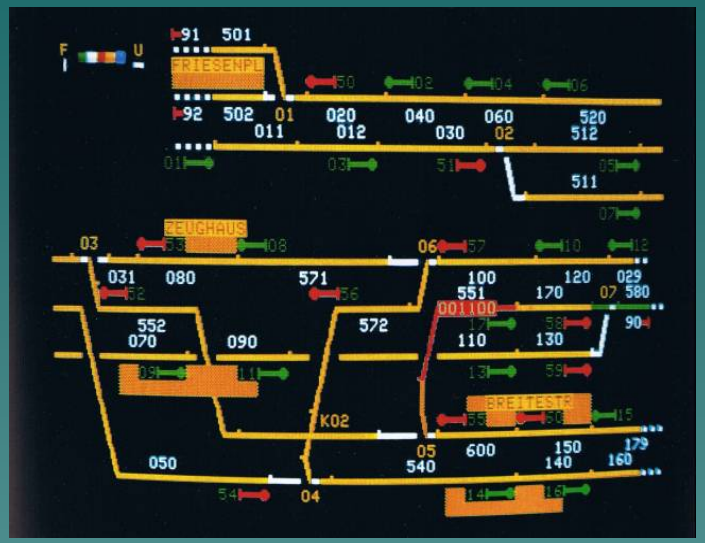
Σύστημα σημειακού ελέγχου κυκλοφορίας συρμών







Κέντρο Ελέγχου Κυκλοφορίας συρμών {ΚΕΚ}



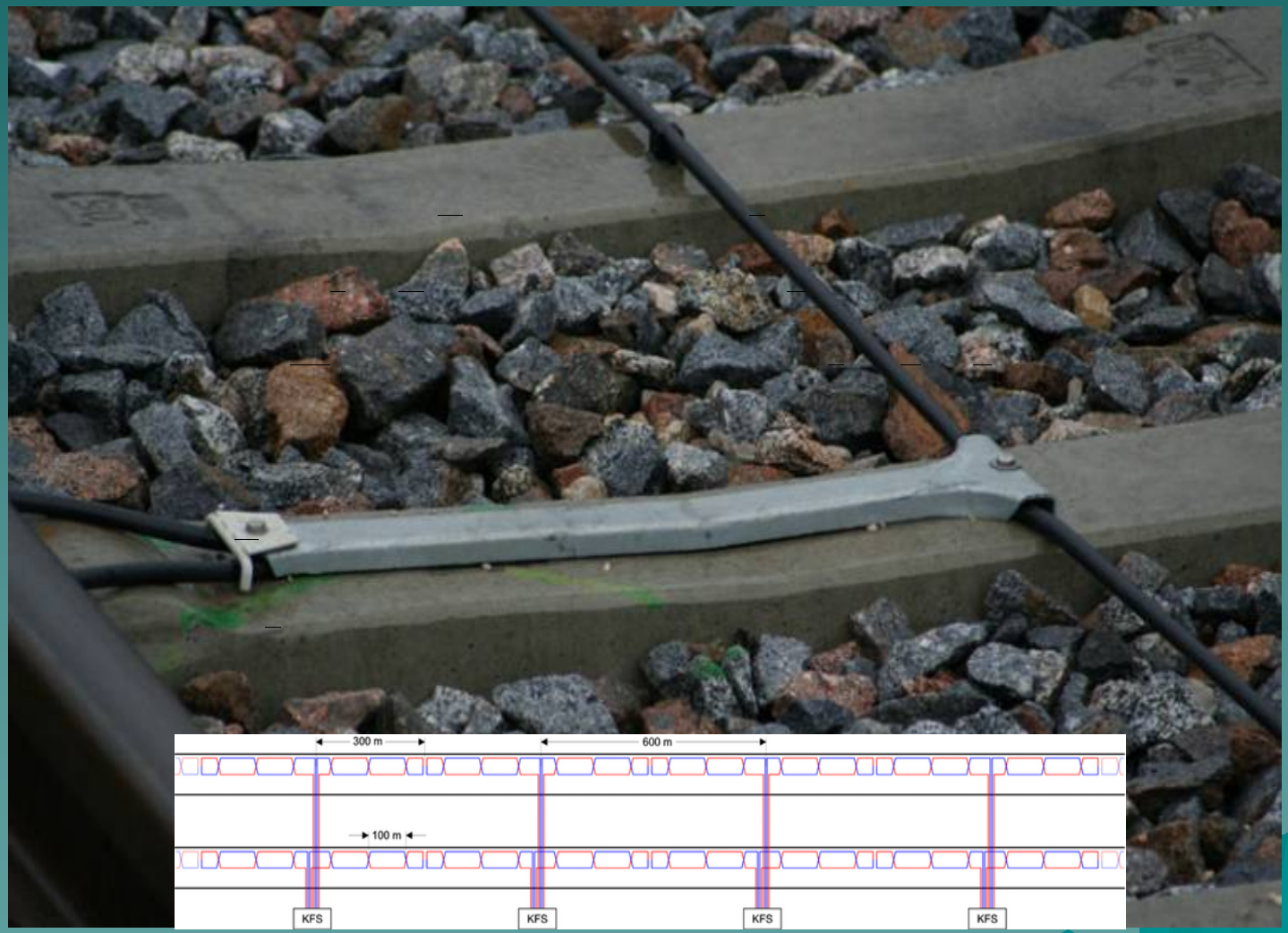
Κέντρο Ελέγχου Κυκλοφορίας συρμών {ΚΕΚ}

Κέντρο Ελέγχου Κυκλοφορίας συρμών {ΚΕΚ}

dispat

Συστήματα ελέγχου κυκλοφορίας συρμών

LZB Γραμμική επιρροή συρμού



Συστήματα ελέγχου κυκλοφορίας συρμών

LZB Γραμμική επιρροή συρμού

ETCS Level2

Το μέλλον

https://youtu.be/kxd_BqQMvck

Transrapid

Trans 10

Trans 13

Τρένα ΟΣΕ

Hellas Sprinter 200 km/h

Προαστιακός Desiro, με 160 km/h

Δ/Η ADtranz 160 km/h

Αξιοσημείωτα

- **Ιαπωνία:**
  - Μέση καθυστέρηση 24 δλ.
  - Σε συγκεκριμένα τμήματα υψηλής ταχύτητας, αν η καθυστέρηση μεγαλύτερη των 15 δλ. τότε ο οδηγός καλείται σε έγγραφη απολογία

- **Αυστραλία:** η μεγαλύτερη ευθεία στον κόσμο, μήκους 478 χλμ μεταξύ Kalgoorlie και Port Augusta στην έρημο Nullarbor

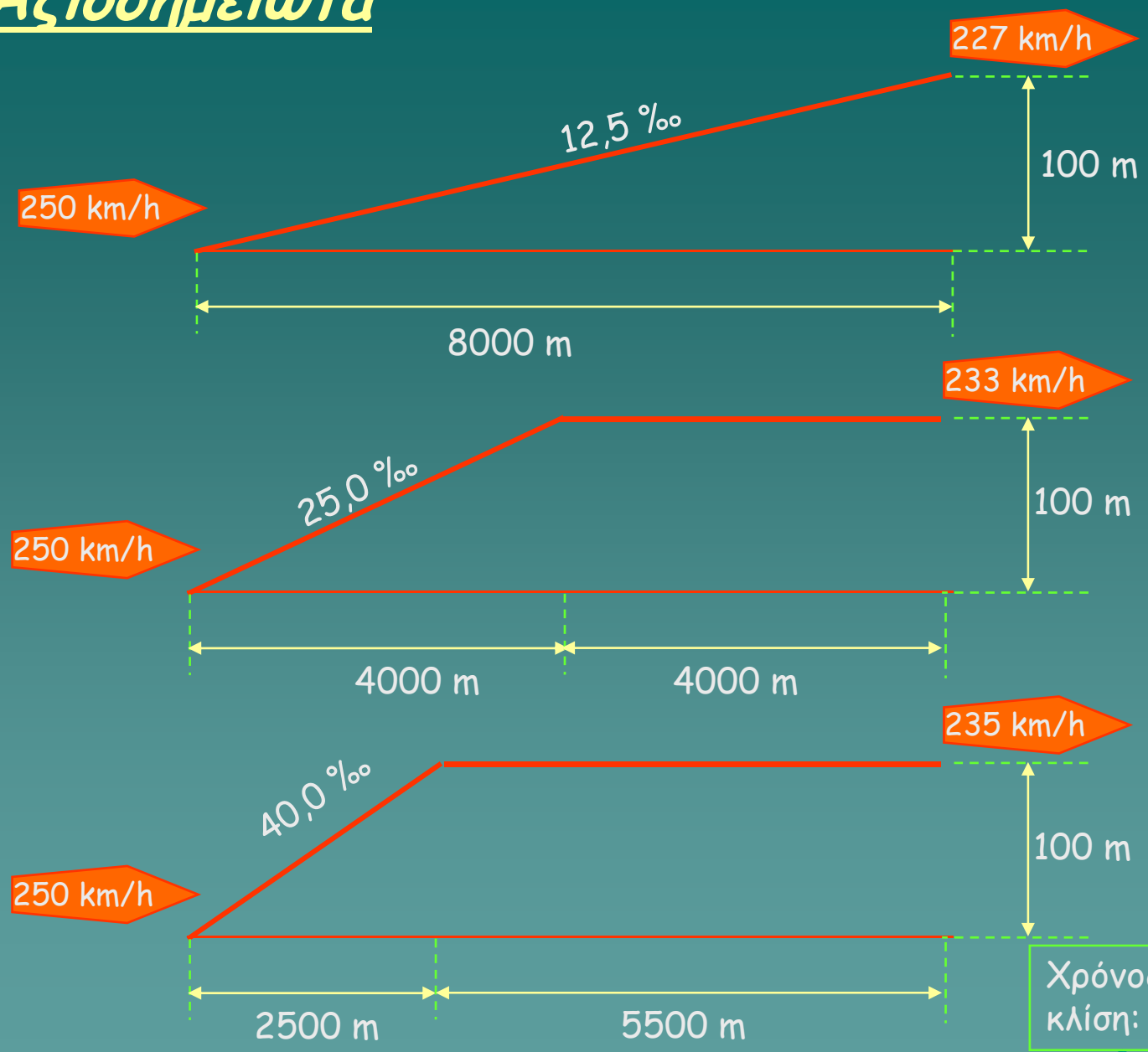
- Σήραγγα Gotthard, μεταξύ Ζυρίχης και Μιλάνου, με μήκος 57 χλμ, η μεγαλύτερη σιδηροδρομική σήραγγα με φόρτο 220 έως 260 τρένα / ημέρα, λιγότερο από 3 ώρες

Αξιοσημείωτα

Στο βιβλίο Guinness: 16 Μαΐου 2006, οι ηθοποιοί της ταινίας "The Da Vinci Code" μαζί με την ομάδα παραγωγής και άλλους επισκέπτες, μεταφέρθηκαν από το Λονδίνο στις Κάννες για το φεστιβάλ, απόσταση 1421 χλμ, με μέση ταχύτητα 191,6 χλμ/ω. Θεωρείται ως η μεγαλύτερη διαδρομή Nonstop με ηλεκτροκινούμενο σιδηρόδρομο.

Train in shnow

Αξιοσημείωτα



Χρόνος διαδρομής
2 min 1 sec

Χρόνος διαδρομής
2 min 6 sec

Χρόνος διαδρομής
2 min 8 sec

Χρόνος διαδρομής με 0‰ κλίση: 1 min 52 sec

Επισκέψεις εξαμήνου

Σήραγγα Μετρό, κατά τη νυχτερινή συντήρηση

Σχιστό, κατά την κατασκευή

Σας ευχαριστούμε για τη προσοχή σας