



Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης (ΔΠΘ)

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Ακ. έτος 2023 – 2024

Μάθημα 8^{ου} εξαμήνου

Οδοστρώματα II

Μέρος Γ (διάλεξη 8)

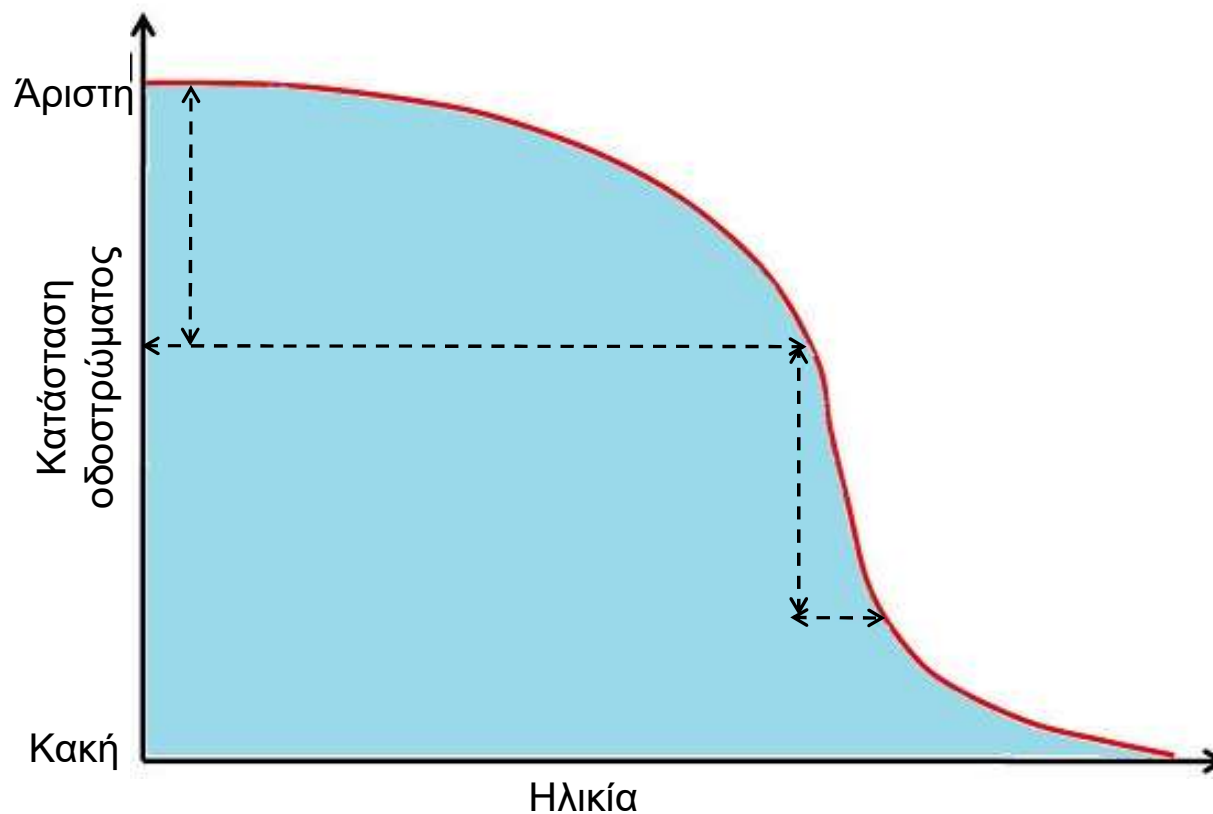
Κωνσταντίνος Γκυρτής
Επίκουρος Καθηγητής ΔΠΘ

Απρίλιος 2024

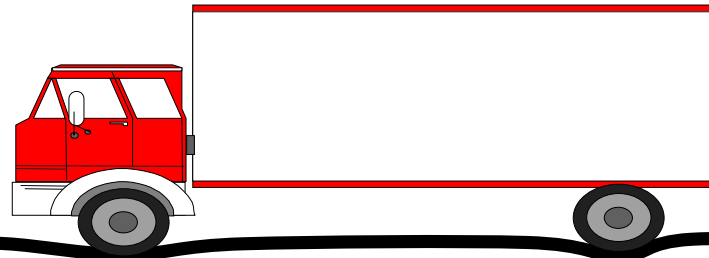
Εμπειρικός σχεδιασμός - εύκαμπτα οδοστρώματα

Λειτουργικότητα / Εξυπηρετικότητα → η ικανότητα του οδοστρώματος να φέρει την κυκλοφορία και να εξυπηρετεί με ασφάλεια και άνεση τους χρήστες μίας οδού

Συμπεριφορά οδοστρώματος → η μεταβολή της εξυπηρετικότητας με το χρόνο ή τον αριθμό των οχημάτων

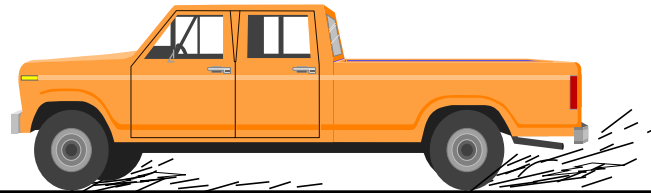


Δομική Συμπεριφορά

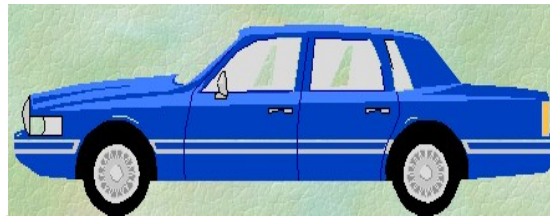


Αντοχή

Λειτουργική συμπεριφορά

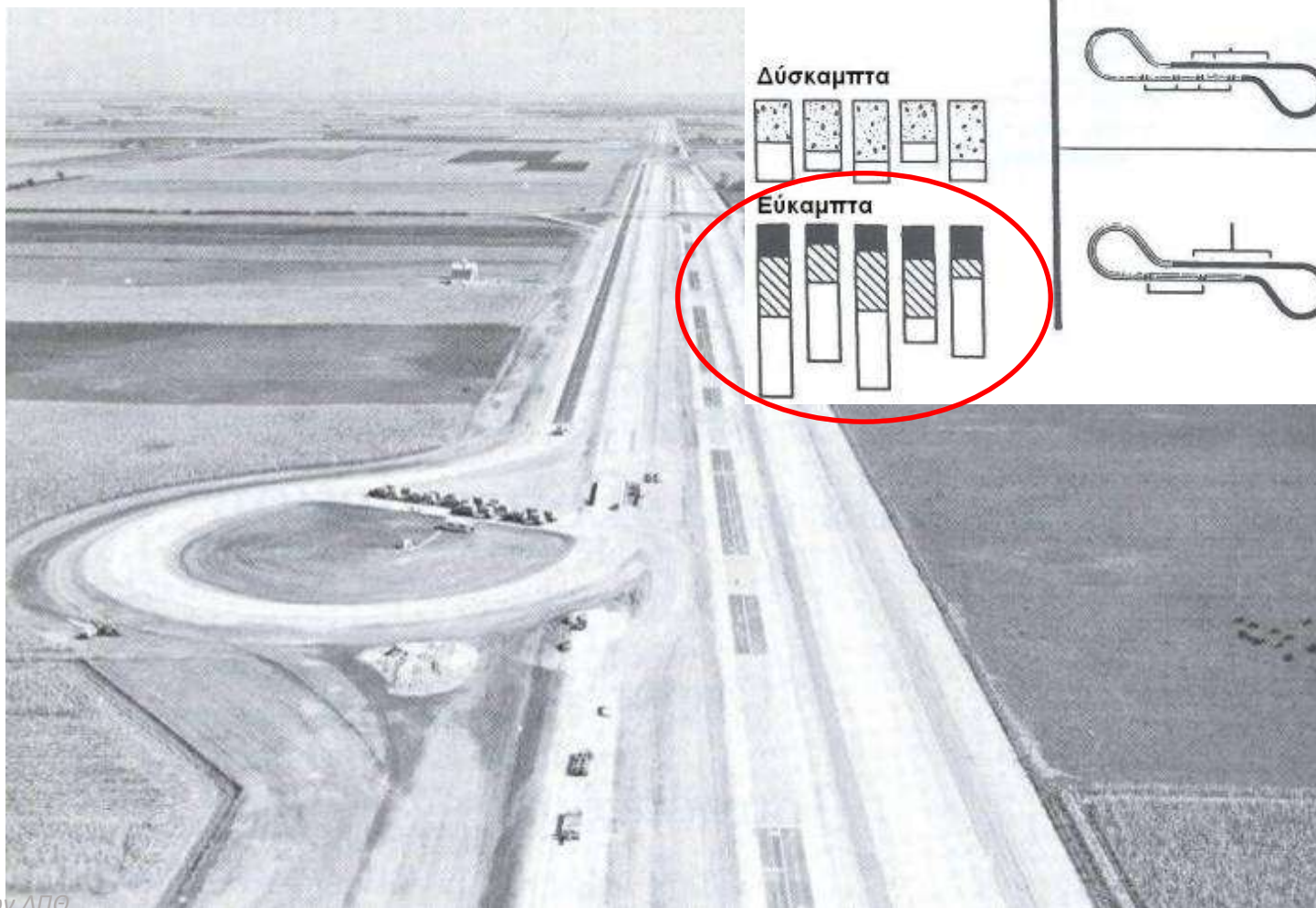


Ασφάλεια



Άνεση

AASHO-Πειραματικά οδοστρώματα



PSR (Present Serviceability Rating)

Το δελτίο (κλίμακα βαθμολόγησης) χρησιμοποιήθηκε κατά τη διάρκεια του οδικού πειράματος AASHO για την υποκειμενική αξιολόγηση της επιφανειακής κατάστασης των πειραματικών οδικών οδοστρωμάτων.



Αποδεκτό;		5	Πολύ καλό
Ναι	<input type="checkbox"/>	4	Καλό
Όχι	<input type="checkbox"/>	3	Μέτριο
Δεν εκφέρω γνώμη	<input type="checkbox"/>	2	Κακό
		1	
		0	Πολύ κακό

Τμήμα οδού προς αξιολόγηση:
Κριτής: _____ Ημερ. _____ Χρόνος: _____
Όχημα: _____.

PSR

Present Serviceability Rating

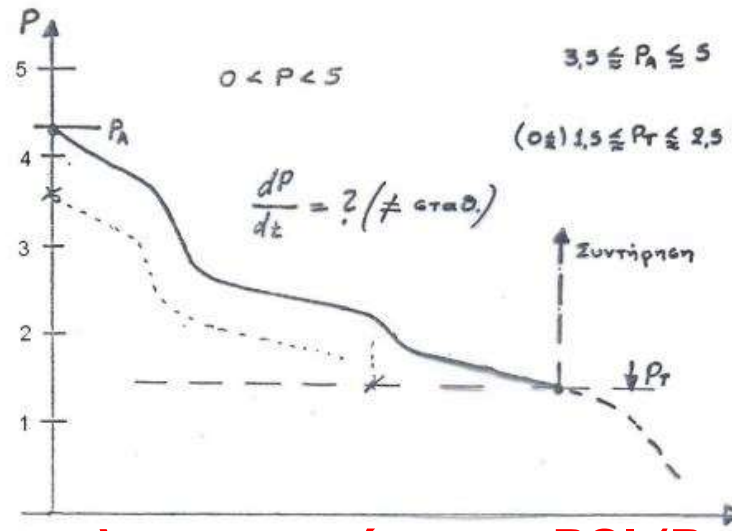


Ύποκειμενικότητα



PSI

Present Serviceability Index



Δείκτης παρούσας λειτουργικότητας: PSI (Present Serviceability Index)

Εύκαμπτα οδοστρώματα $PSI = 5.03 - 1.91 \log(1 + SV) - 0.01\sqrt{C + P} - 1.38RD^2$

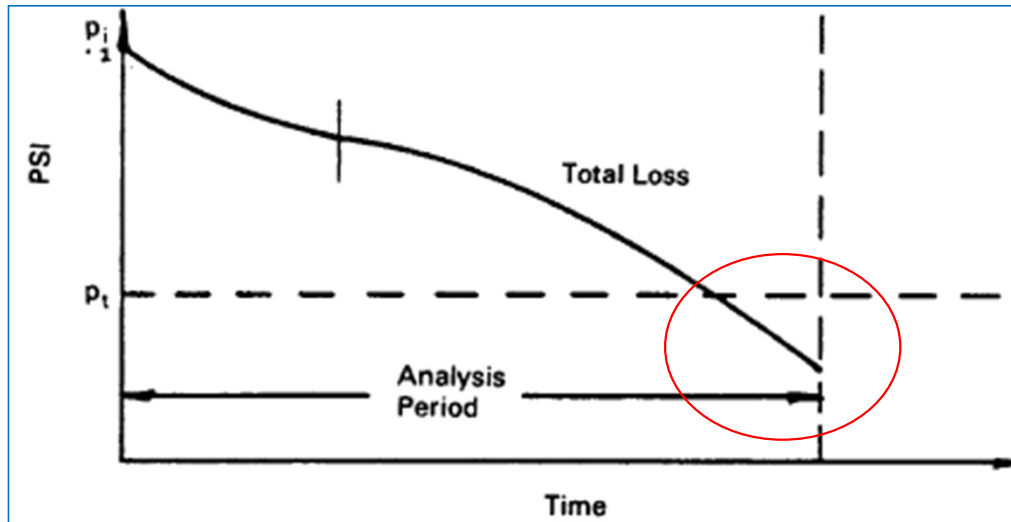
- SV** Slope Variance: μεταβλητότητα της μεταβολής της κλίσης
- C** Cracking: τρέχον μήκος (ft) ρηγματώσεων ανά 1000ft επιφάνειας
- P** Patching: ποσοστό της επιφάνειας που παρουσιάζει τοπικές επισκευές (μπαλώματα)
- RD** Rut Depth: μέση τιμή του βάθους της αυλάκωσης (inch)

Δύσκαμπτα οδοστρώματα

$$PSI = 5.41 - 1.8 \log(1 + \overline{SV}) - 0.09 \sqrt{C + P}$$

- SV** Slope Variance: μεταβλητότητα της μεταβολής της κλίσης
- C** Cracking: τρέχον μήκος (ft) ρηγματώσεων ανά 1000ft επιφάνειας
- P** Patching: ποσοστό της επιφάνειας που παρουσιάζει τοπικές επισκευές (μπαλώματα)

- Απώλεια εξυπηρετικότητας οδοστρώματος
(Serviceability Loss, ΔPSI)



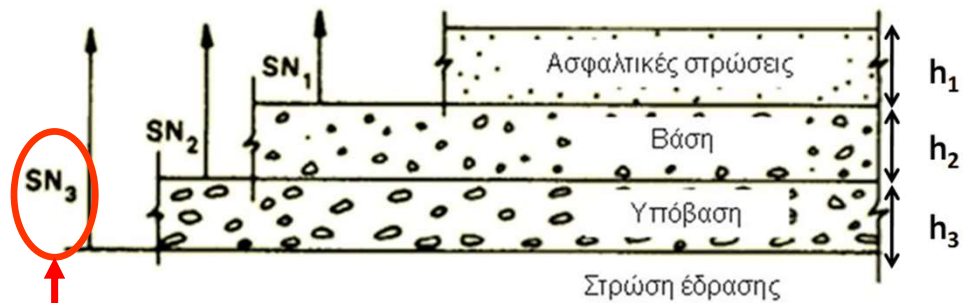
$$\Delta PSI = p_i - p_t$$

p_i : Αρχικός δείκτης εξυπηρετικότητας

p_t : Τελικός δείκτης εξυπηρετικότητας



Επιλογή τελικού δείκτη εξυπηρετικότητας	Ποσοστό % χρηστών της οδού που δηλώνουν μη αποδεκτή κατάσταση
3.0	12
2.5	55
2.0	85



$$SN_1 = \alpha_1 \times h_1$$

$$SN_2 = \alpha_1 \times h_1 + \alpha_2 \times h_2 \times m_2$$

SN_i : δείκτης δομικής επάρκειας

$$SN = \alpha_1 \times h_1 + \alpha_2 \times h_2 \times m_2 + \alpha_3 \times h_3 \times m_3$$

h_1, h_2, h_3 : Πάχη ασφαλτικής στρώσης, βάσης και υπόβασης (inches)

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$: Δομικοί συντελεστές ασφαλτικής στρώσης, βάσης και υπόβασης

m_2, m_3 : Συντελεστές αποστράγγισης βάσης και υπόβασης

Δείκτης δομικής επάρκειας SN (Structural Number)

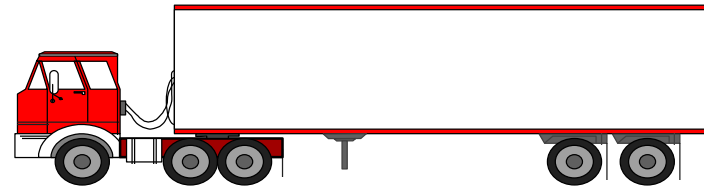
Εκφράζει τη δομική αντοχή του οδοστρώματος και είναι ενδεικτικός του συνολικού πάχους που απαιτείται από μία στρώση και προς τα πάνω.

Σχεδιασμός νέων οδοστρωμάτων

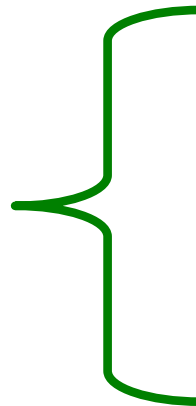
Κλιματολογικές συνθήκες



Φορτίο
Κυκλοφορία
Διελεύσεις



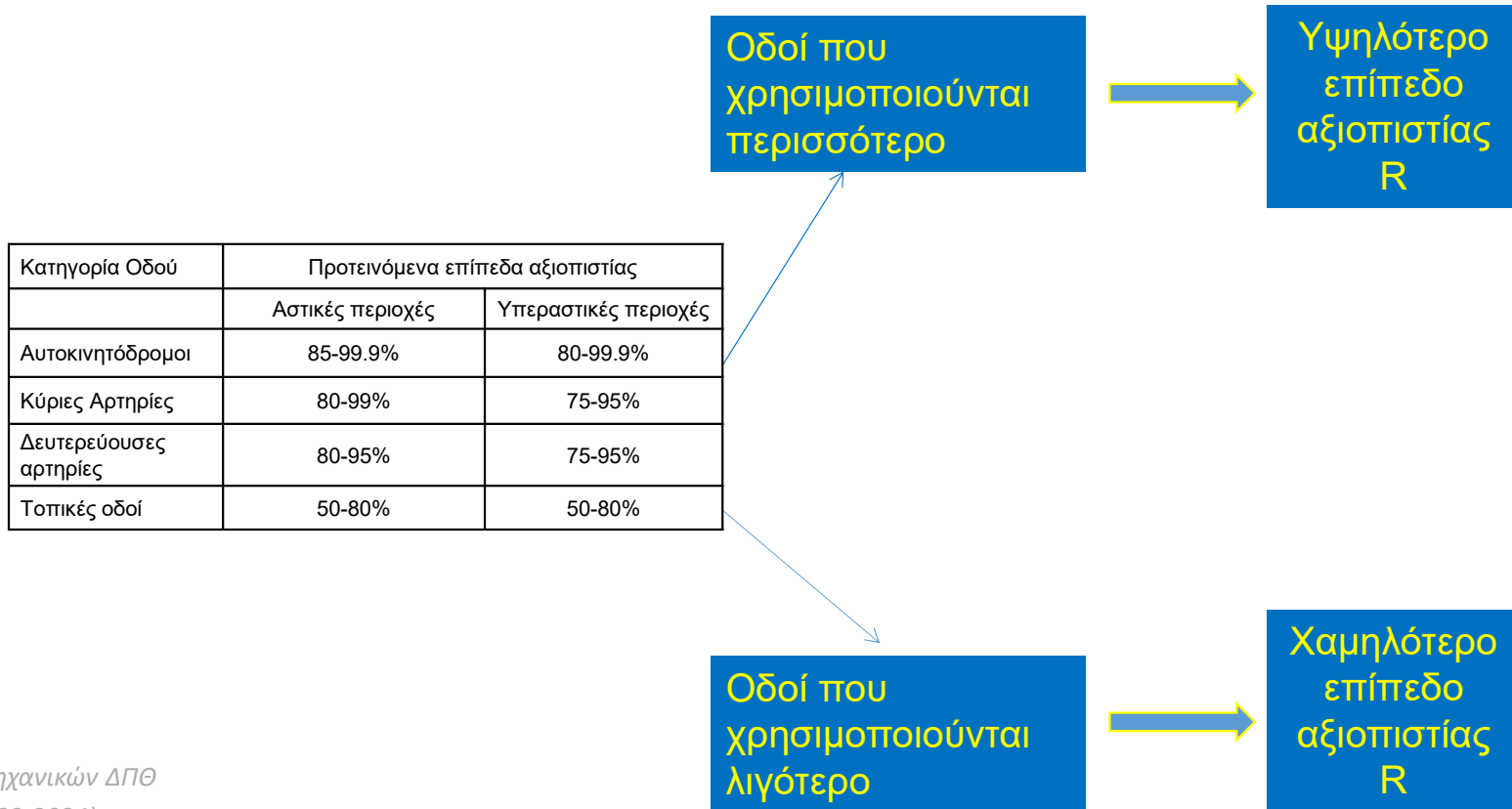
Υλικά
(ιδιότητες)



Απαιτούμενα στοιχεία για υπολογισμό SN (Structural Number)

- Αξιοπιστία (Reliability, $R(\%)$)
- Τυπική απόκλιση (Overall standard deviation, S_o)
- Ισοδύναμοι τυπικοί άξονες (Estimated total 18-kip equivalent Single Axle Load Applications, W_{18})
- Ενεργό μέτρο ελαστικότητας στρώσης έδρασης (Effective roadbed Soil Resilient Modulus, M_R)
- Απώλεια εξυπηρευτικότητας οδοστρώματος (Serviceability Loss, ΔPSI)

- Αξιοπιστία / Reliability, R(%): Προκαθορισμένο επίπεδο πιθανότητας ότι το οδόστρωμα θα αντέξει την προβλεπόμενη κυκλοφορία για την περίοδο για την οποία έχει σχεδιαστεί .



- **Τυπική απόκλιση (Overall standard deviation, S_o):** Λαμβάνονται υπόψη ενδεχόμενα σφάλματα (ή μεταβλητότητα) που σχετίζονται με σχεδιαστικά και κατασκευαστικά δεδομένα υπολογισμών (πχ εκτίμηση κυκλοφορίας, χαρακτηριστικά υλικών, κλπ).

Συνήθεις τιμές: $S_o = 0.40-0.50$

Προτεινόμενη τιμή
από μέθοδο



$S_o = 0.49$

- Ισοδύναμοι τυπικοί άξονες (Estimated total 18-kip Equivalent Single Axle Load Applications, W_{18}): Προβλεπόμενη κυκλοφορία σε ESALs.

$$W_{18} = D_D \times D_L \times W_{18}$$

D_D (Directional Distribution factor): Κατανομή κυκλοφορίας (ESAL) ανά κατεύθυνση οδού

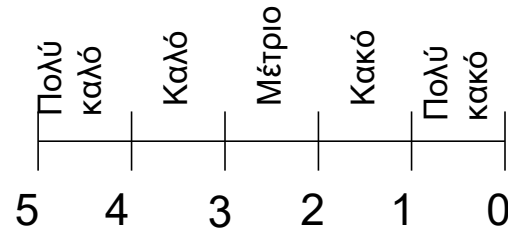
D_L (Lane distribution factor): Κατανομή κυκλοφορίας όταν υπάρχουν 2 ή περισσότερες λωρίδες ανά κατεύθυνση

W_{18} : Προβλεπόμενη κυκλοφορία για συγκεκριμένο τμήμα του αυτοκινητοδρόμου κατά την περίοδο ανάλυσης εκφρασμένη σε 18-kip ESALs και για τις 2 κατευθύνσεις

Αριθμός λωρίδων ανά κατεύθυνση	Ποσοστό % ΙΤΑ στη λωρίδα μελέτης
1	100
2	80-100
3	60-80
4	50-75



Μέτρο εξυπηρετικότητας:
Present serviceability index
(PSI)

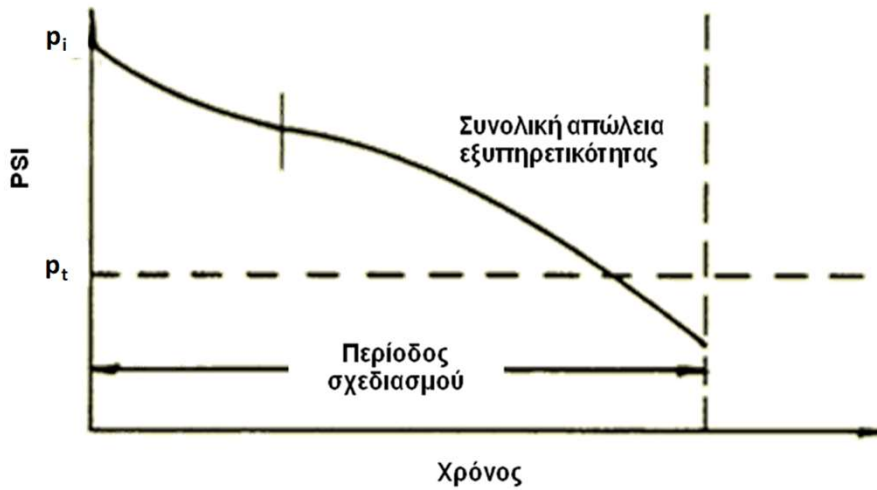


- Απώλεια εξυπηρετικότητας οδοστρώματος
(Serviceability Loss, ΔPSI)

$$\Delta PSI = p_i - p_t$$

p_i : Αρχικός δείκτης εξυπηρετικότητας

p_t : Τελικός δείκτης εξυπηρετικότητας

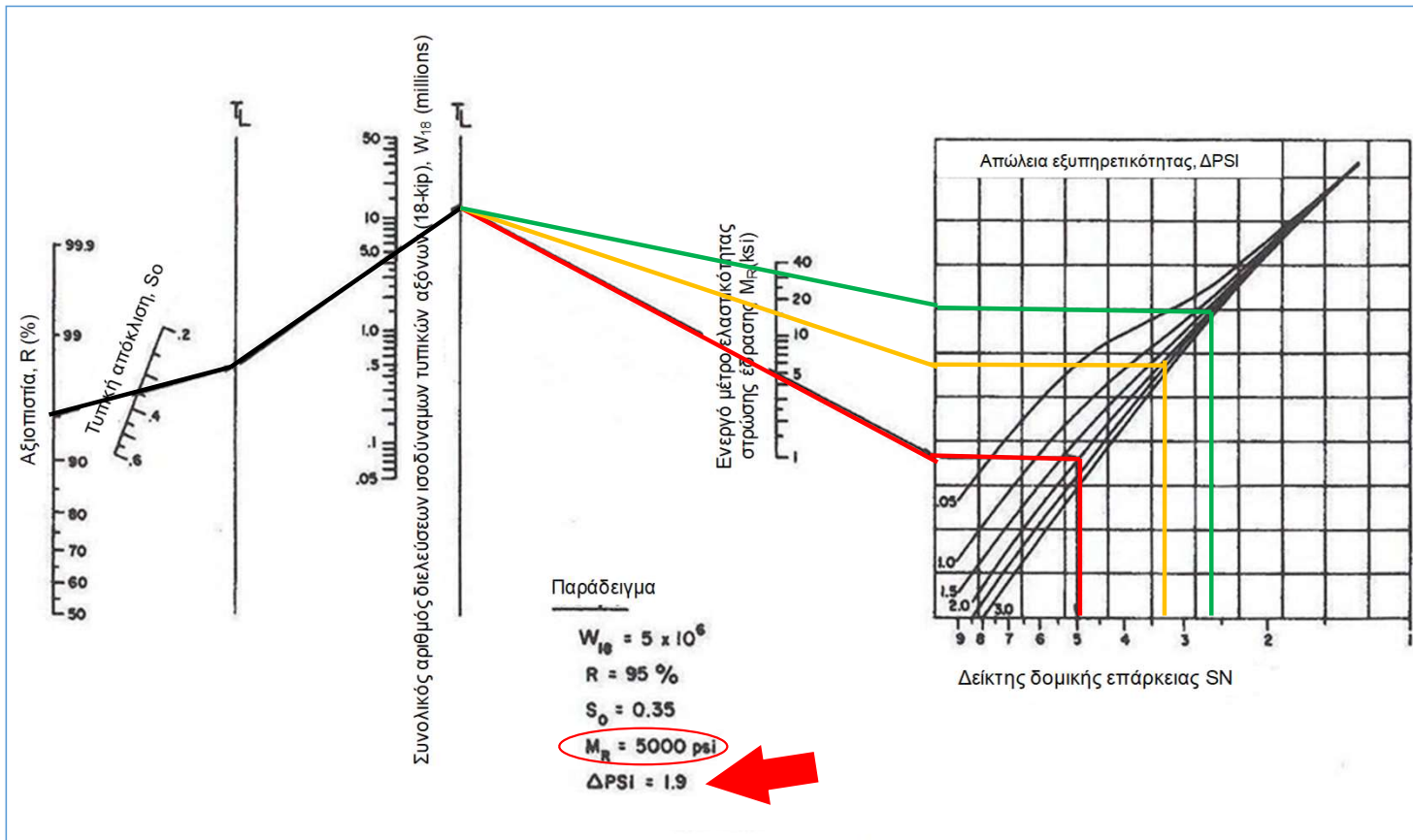


Επιλογή τελικού δείκτη εξυπηρετικότητας	Ποσοστό % χρηστών της οδού που δηλώνουν μη αποδεκτή κατάσταση
3.0	12
2.5	55
2.0	85

Προτεινόμενη τιμή από μέθοδο



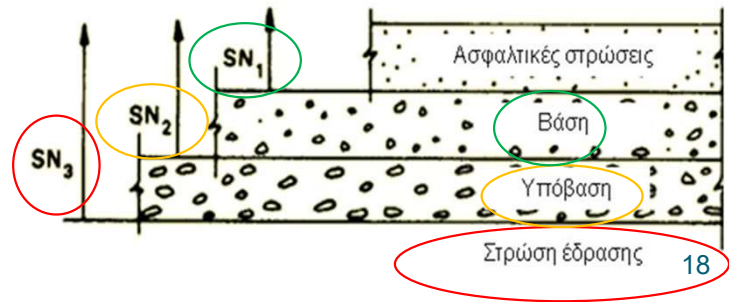
$p_i = 4.2$ & $p_t = 2.5$



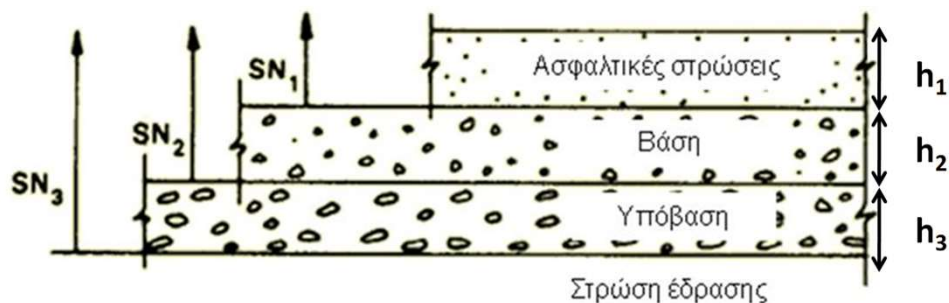
Μέτρο ελαστικότητας βάσης (E_2) \rightarrow SN_1

Μέτρο ελαστικότητας υπόβασης (E_3) \rightarrow SN_2

Μέτρο ελαστικότητας στρώσης έδρασης ($E_4 = M_R$) \rightarrow SN_3



Υπολογισμός παχών στρώσεων νέου οδοστρώματος



- Απαιτούμενοι δομικοί δείκτες αντοχής SN_1 , SN_2 , SN_3

$$h_1^* \geq \frac{SN_1}{a_1}$$

Έλεγχος h_{\min} & επιλογή h_1

$$SN_1^* = a_1 h_1^* \geq SN_1$$

$$h_2^* \geq \frac{SN_2 - SN_1^*}{a_2 m_2}$$

Έλεγχος h_{\min} & επιλογή h_2

$$SN_2^* = a_2 m_2 h_2^*$$

$$SN_1^* + SN_2^* \geq SN_2$$

$$h_3^* \geq \frac{SN_3 - (SN_1^* + SN_2^*)}{a_3 m_3}$$

Έλεγχος h_{\min} & επιλογή h_3

Απαιτούμενα στοιχεία για υπολογισμό SN (Structural Number)
του οδοστρώματος

$$SN = a_1 h_1 + a_2 h_2 m_2 + a_3 h_3 m_3$$

a_1, a_2, a_3 : Δομικοί συντελεστές ασφαλικής στρώσης, βάσης και υπόβασης

h_1, h_2, h_3 : Πάχη ασφαλικής στρώσης, βάσης και υπόβασης

m_2, m_3 : Συντελεστές αποστράγγισης βάσης και υπόβασης

Προτεινόμενες τιμές
από μέθοδο



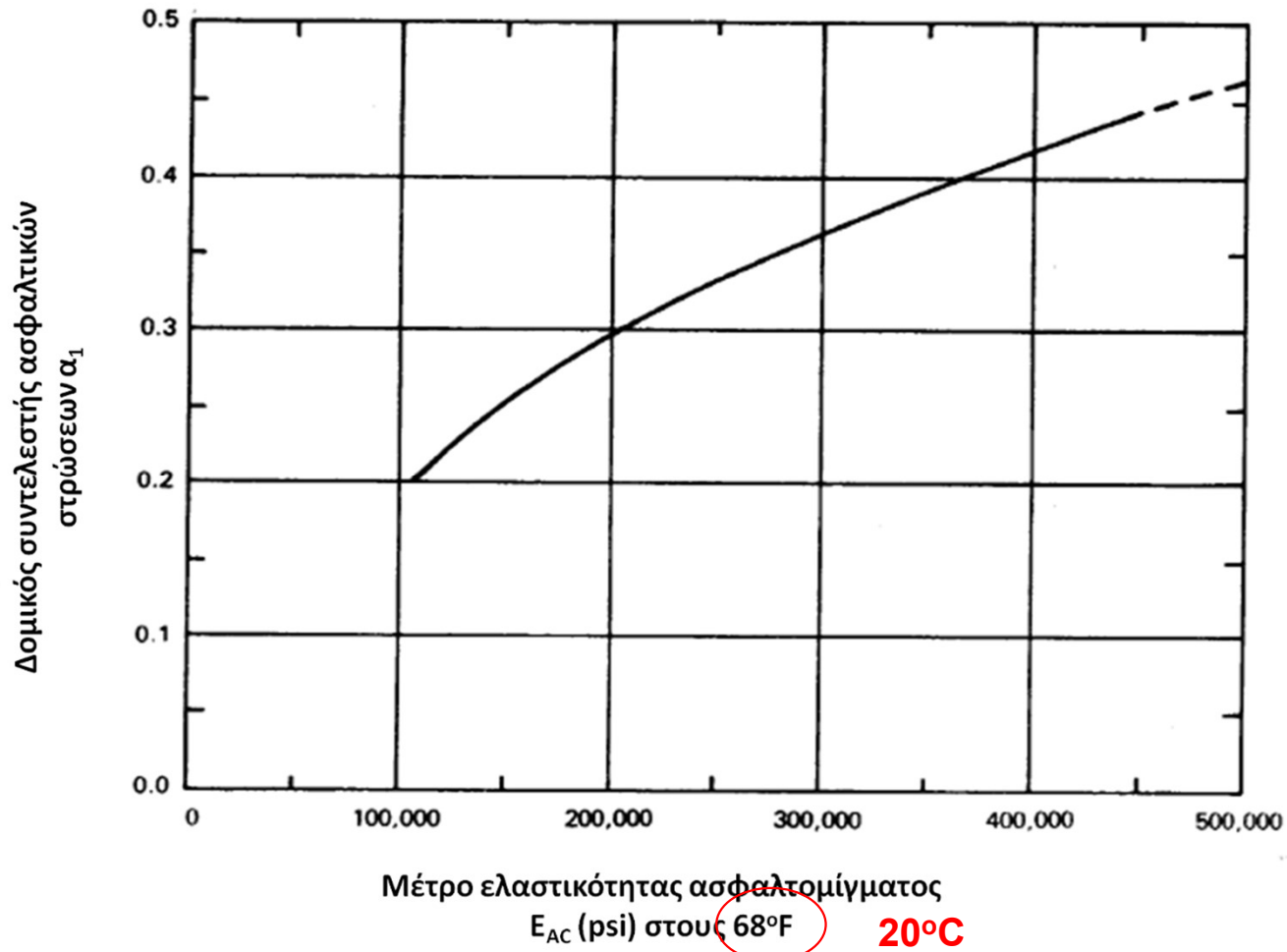
$$a_1 = 0.44$$

$$a_2 = 0.14$$

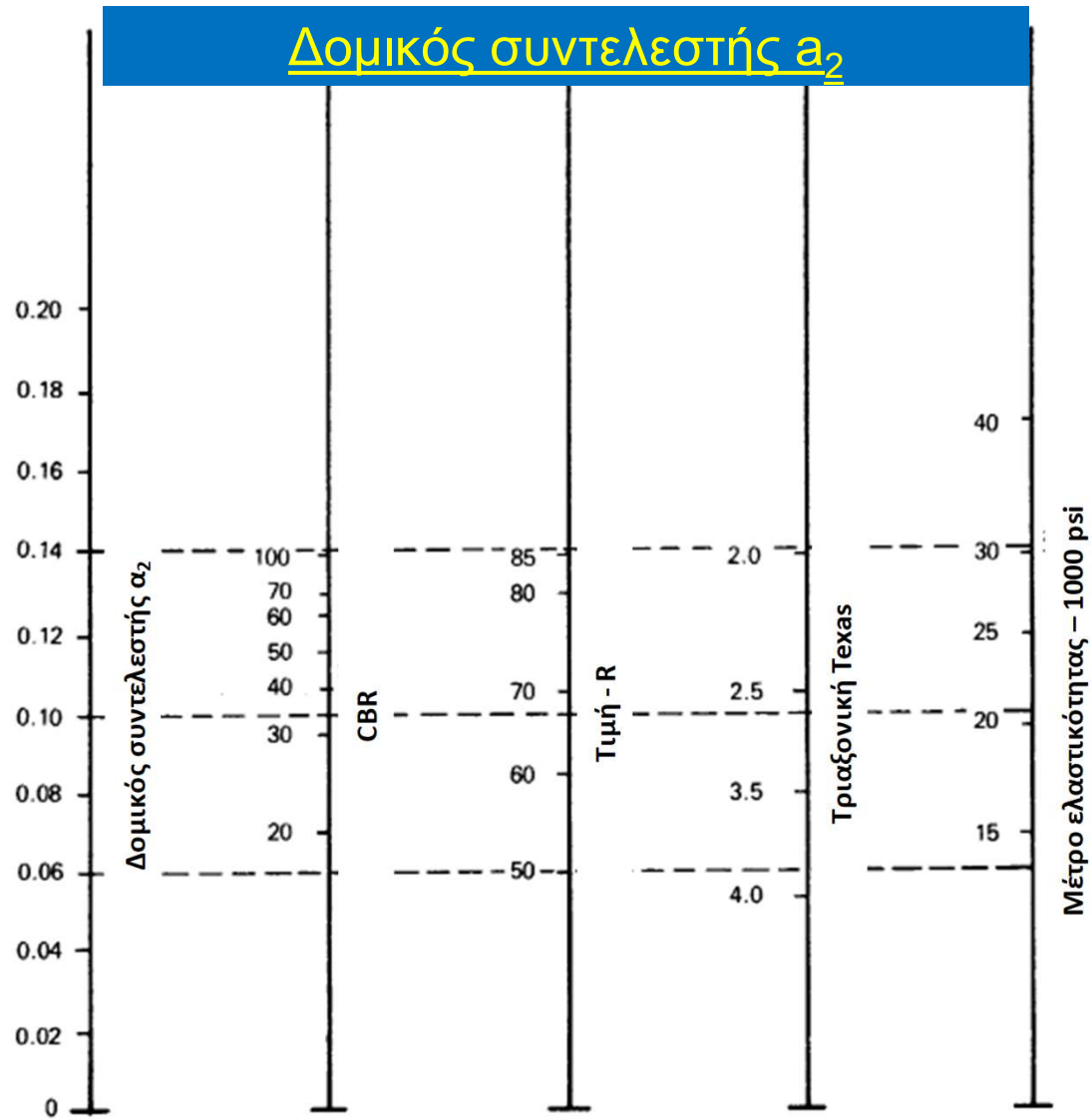
$$a_3 = 0.11$$

$$m_2 = m_3 = 1$$

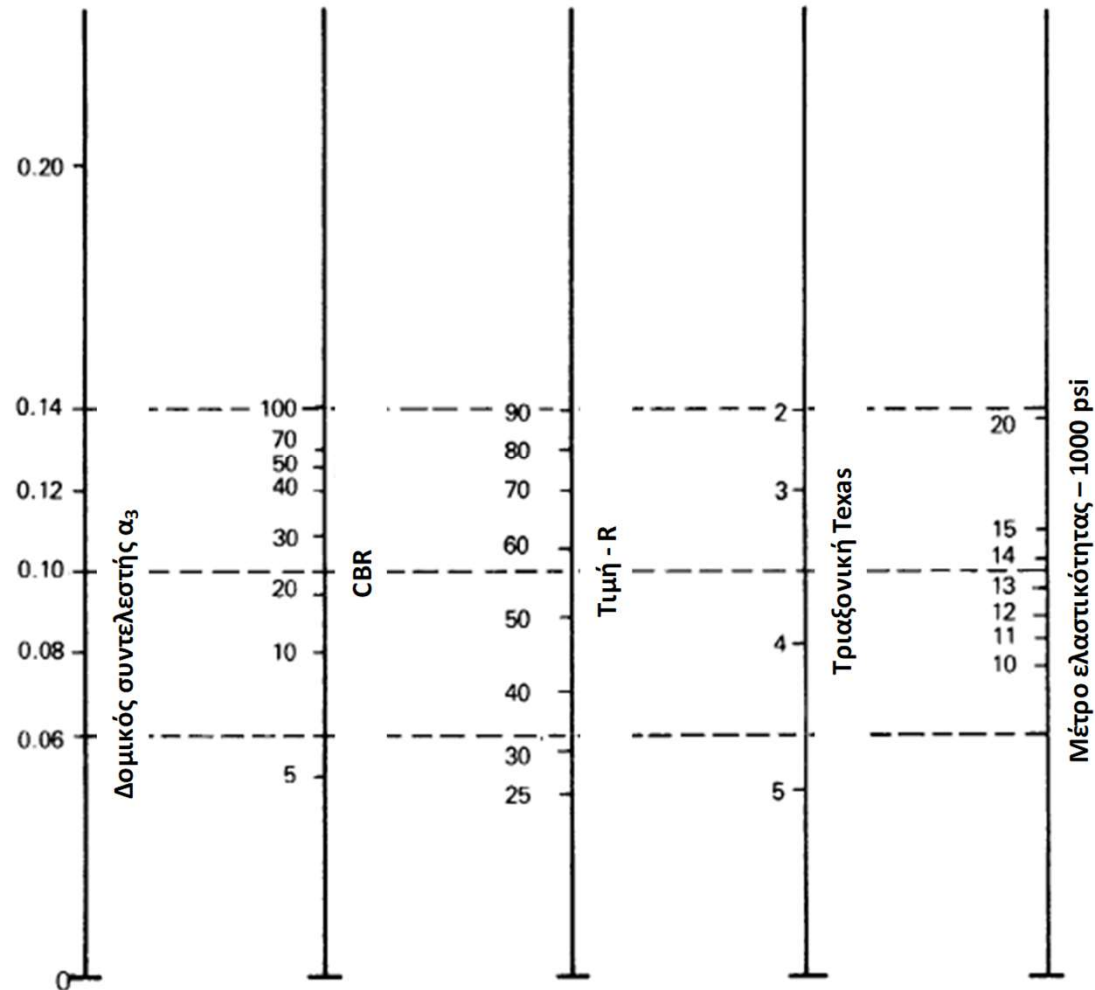
Δομικός συντελεστής a_1



Δομικός συντελεστής a_2



Δομικός συντελεστής a_3



Αποστράγγιση

- ✓ Η αποστράγγιση ενός εύκαμπτου οδοστρώματος εκτιμάται/θεωρείται σε σχέση με την επίδραση της παρουσίας υγρασίας/νερού στην αντοχή των στρώσεων από ασύνδετα υλικά (βάση-υπόβαση).
- ✓ Η υπόψη επίδραση εκφράζεται με τους συντελεστές αποστράγγισης, m_i .
- ✓ Οι τιμές των m_i εξαρτώνται από την ποιότητα αποστράγγισης και το χρόνο στον οποίο το οδόστρωμα φτάνει σε επίπεδα κορεσμού.

Συντελεστές αποστράγγισης m_i

Ποιότητα αποστράγγισης	Ποσοστό χρόνου που το οδόστρωμα εκτίθεται σε ποσοστά υγρασία που προσεγγίζουν την κατάσταση κορεσμού			
	<1%	1-5%	5-25%	>25%
Άριστη	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.20
Καλή	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Μέτρια	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.80
Κακή	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
Πολύ κακή	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40

Ποιότητα αποστράγγισης	Χρόνος απομάκρυνσης νερού
Άριστη	2 ώρες
Καλή	1 μέρα
Μέτρια	1 εβδομάδα
Κακή	1 μήνα
Πολύ κακή	Μη αποστράγγιση νερού

Ελάχιστα πάχη στον εμπειρικό σχεδιασμό

Κυκλοφορία (ΙΤΑ)	Ελάχιστο πάχος (inches)	
	Ασφαλτικές στρώσεις	Στρώσεις από ασύνδετα αμμοχάλικα
<50.000	1.0	4
50.001-150.000	2.0	4
150.001-500.000	2.5	4
500.001-2.000.000	3.0	6
2.000.001-7.000.000	3.5	6
>7.000.000.	4.0	6

Εφαρμογή 28

(A) Να υπολογιστεί ο δείκτης δομικής επάρκειας (SN) του οδοστρώματος για τη διατομή του σχήματος.

(B) Ποιο είναι το ελάχιστο απαιτούμενο μέτρο ελαστικότητας της στρώσης έδρασης προκειμένου το οδόστρωμα να μπορεί οριακά να φέρει κυκλοφορία σχεδιασμού ίση με $9 \cdot 10^6$ ΙΤΑ;

Δεδομένα

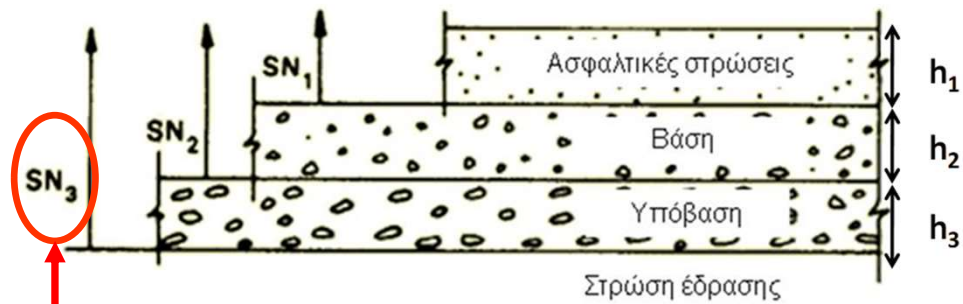
- Αποστραγγιστική ικανότητα υλικού βάσης: μέτρια, και υλικού υπόβασης: καλή
- Ποσοστό χρόνου έκθεσης του οδοστρώματος σε ποσοστά υγρασίας που προσδιορίζουν την κατάσταση κορεσμού: 15% για το υλικό βάσης και 3% για το υλικό υπόβασης

Ασφαλτικές στρώσεις
 $E_1 = 3100 \text{MPa}$
 $h_1 = 14 \text{cm}$

Στρώση βάσης
 $E_2 = 200 \text{MPa}$
 $h_2 = 20 \text{cm}$

Στρώση υπόβασης
 $E_3 = 90 \text{MPa}$
 $h_3 = 15 \text{cm}$

Στρώση έδρασης



SN_3

SN_2

SN_1

h_1

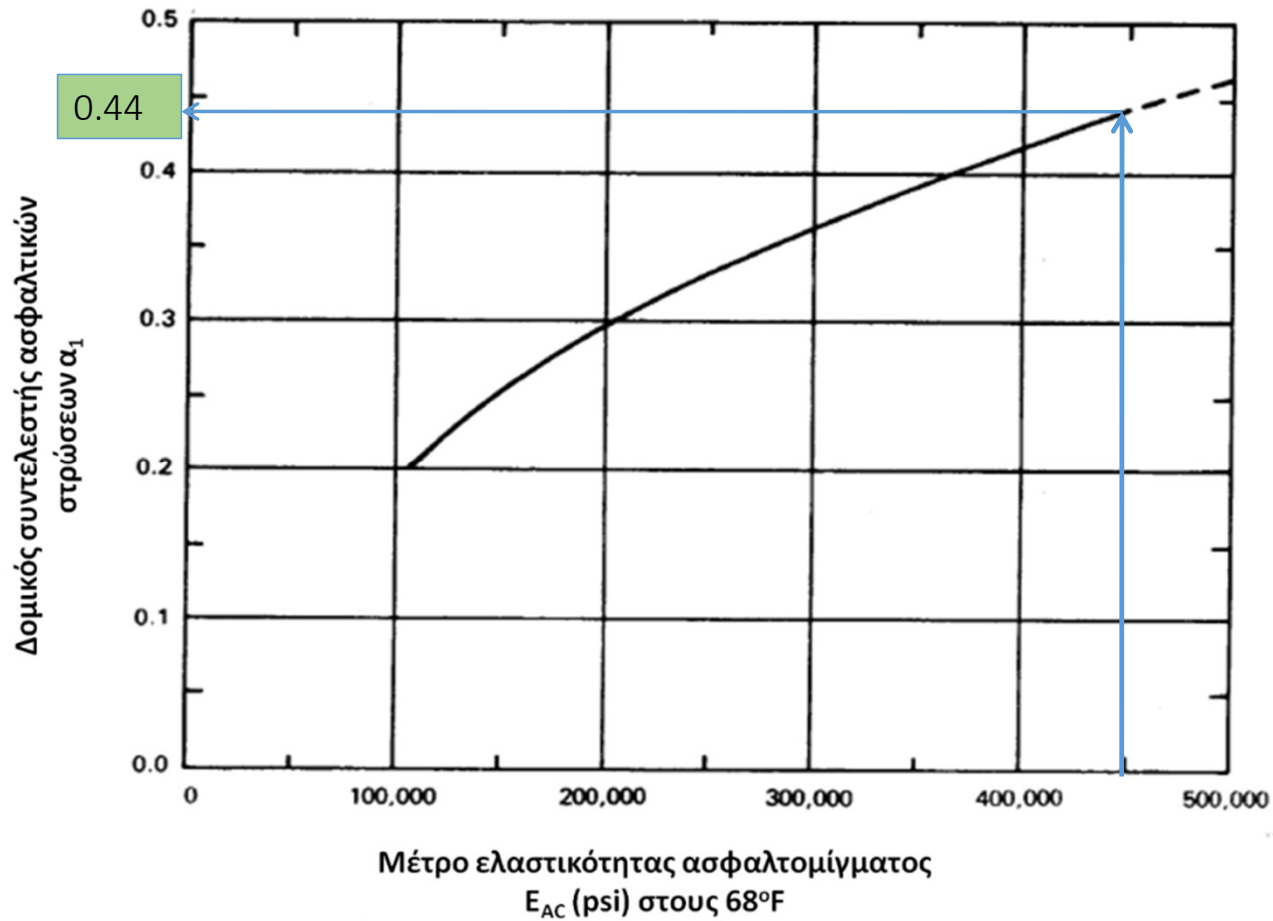
h_2

h_3

$$SN = \alpha_1 \times h_1 + \alpha_2 \times h_2 \times m_2 + \alpha_3 \times h_3 \times m_3$$

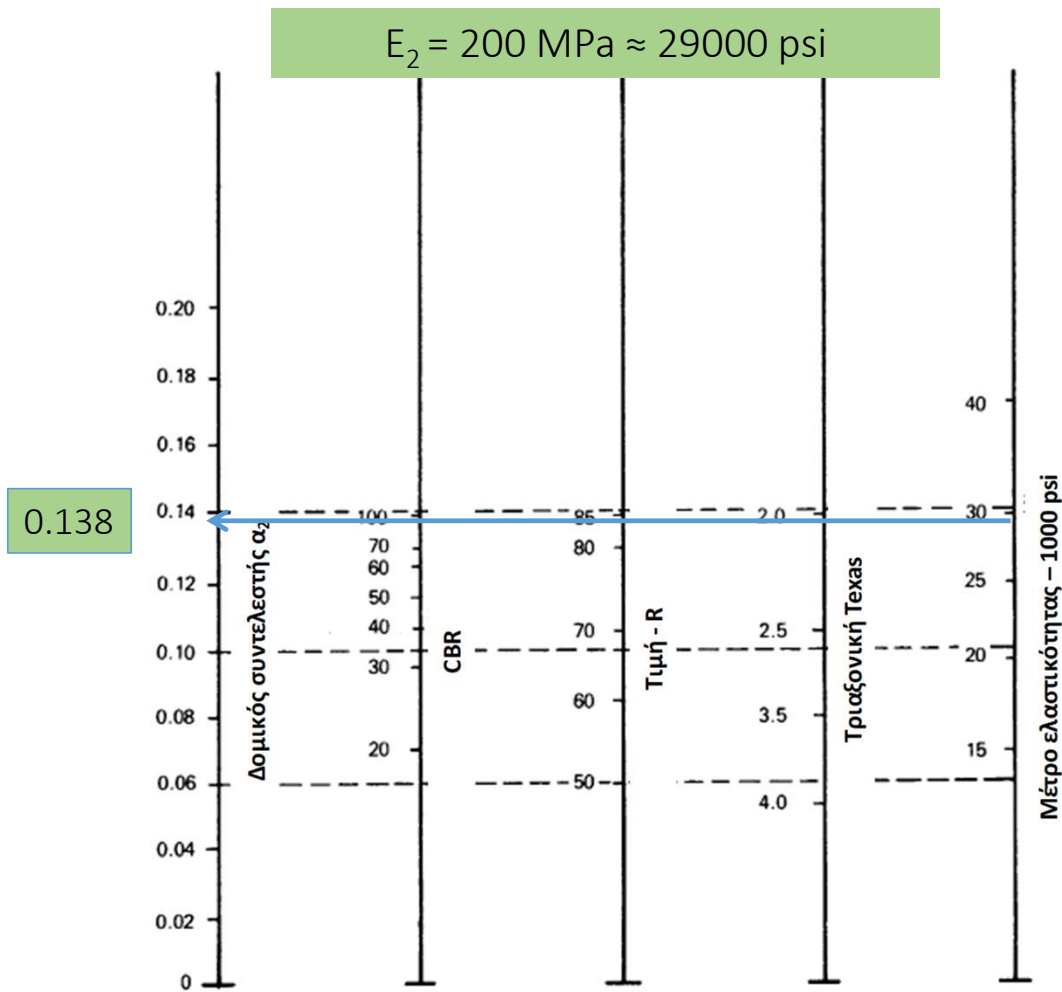
Προσδιορισμός δομικού συντελεστή ασφαλτικών στρώσεων a_1

$$E_1 = 3100 \text{ MPa} \approx 450000 \text{ psi}$$



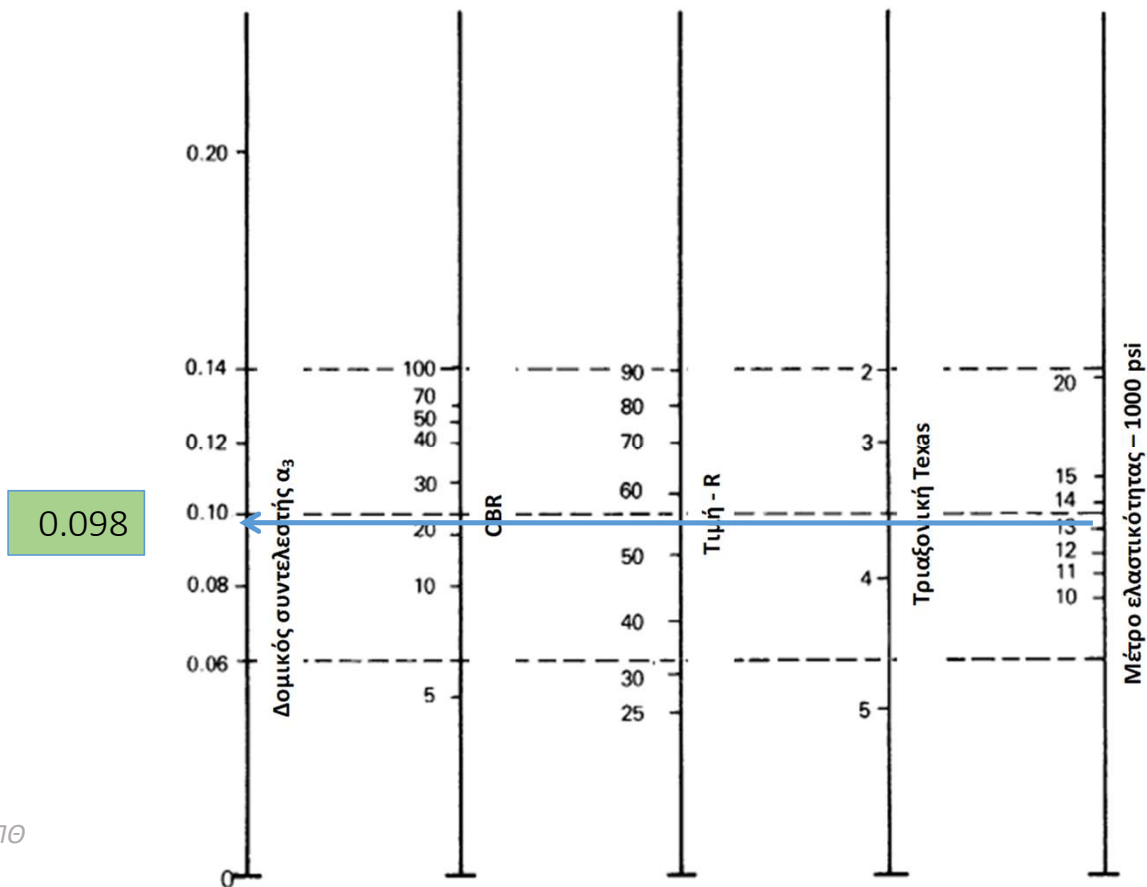
Προσδιορισμός δομικού συντελεστή βάσης από ασύνδετα αμμοχάλικα α_2

$E_2 = 200 \text{ MPa} \approx 29000 \text{ psi}$



Προσδιορισμός δομικού συντελεστή υπόβασης από ασύνδετα αμμοχάλικα α_3

$$E_3 = 90 \text{ MPa} \approx 13000 \text{ psi}$$



Προσδιορισμός συντελεστών αποστράγγισης m_2 και m_3

Ποιότητα αποστράγγισης	Ποσοστό χρόνου που το οδόστρωμα εκτίθεται σε ποσοστά υγρασίας που προσεγγίζουν την κατάσταση κορεσμού			
	<1%	1-5%	5-25%	>25%
Άριστη	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.20
Καλή	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Μέτρια	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.80
Κακή	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
Πολύ κακή	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40

Βάση

Ποιότητα αποστράγγισης: Μέτρια
Ποσοστό χρόνου: 15%



$$m_2 = 0.9$$

Υπόβαση

Ποιότητα αποστράγγισης: Καλή
Ποσοστό χρόνου: 3%



$$m_3 = 1.20$$

Μετατροπή μονάδων πάχους από cm σε inches

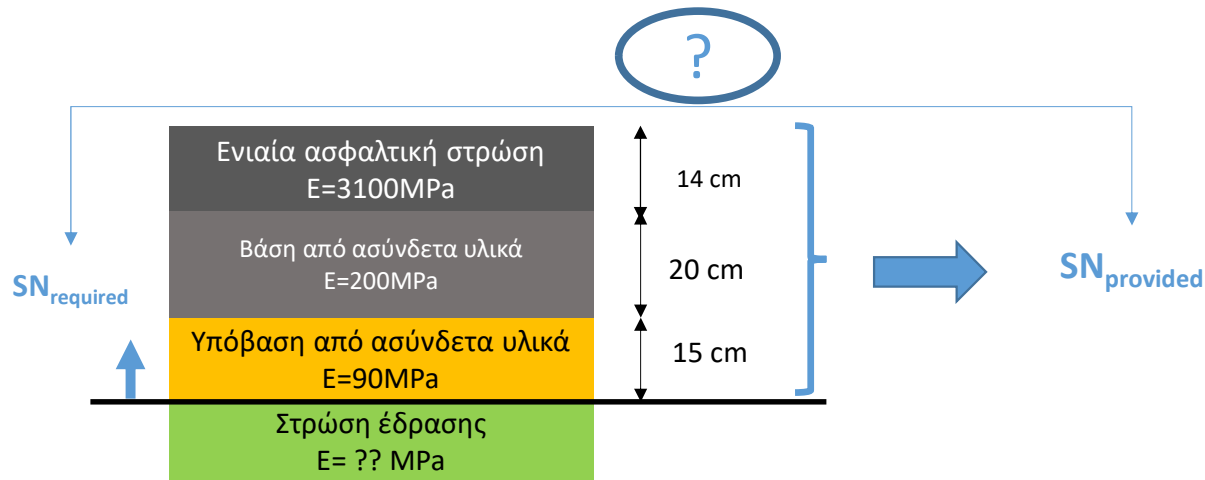
	cm	inches
h_1	14	5.5
h_2	20	7.87
h_3	15	5.9

Υπολογισμός SN

$$SN = \alpha_1 h_1 + \alpha_2 h_2 m_2 + \alpha_3 h_3 m_3$$

$$SN = 0.44 * 5.5 + 0.138 * 7.87 * 0.90 + 0.098 * 5.9 * 1.20$$

$$SN = 4.09$$



$SN_{\text{provided}} > SN_{\text{required}} \rightarrow$ η διατομή οδοστρώματος επαρκεί.

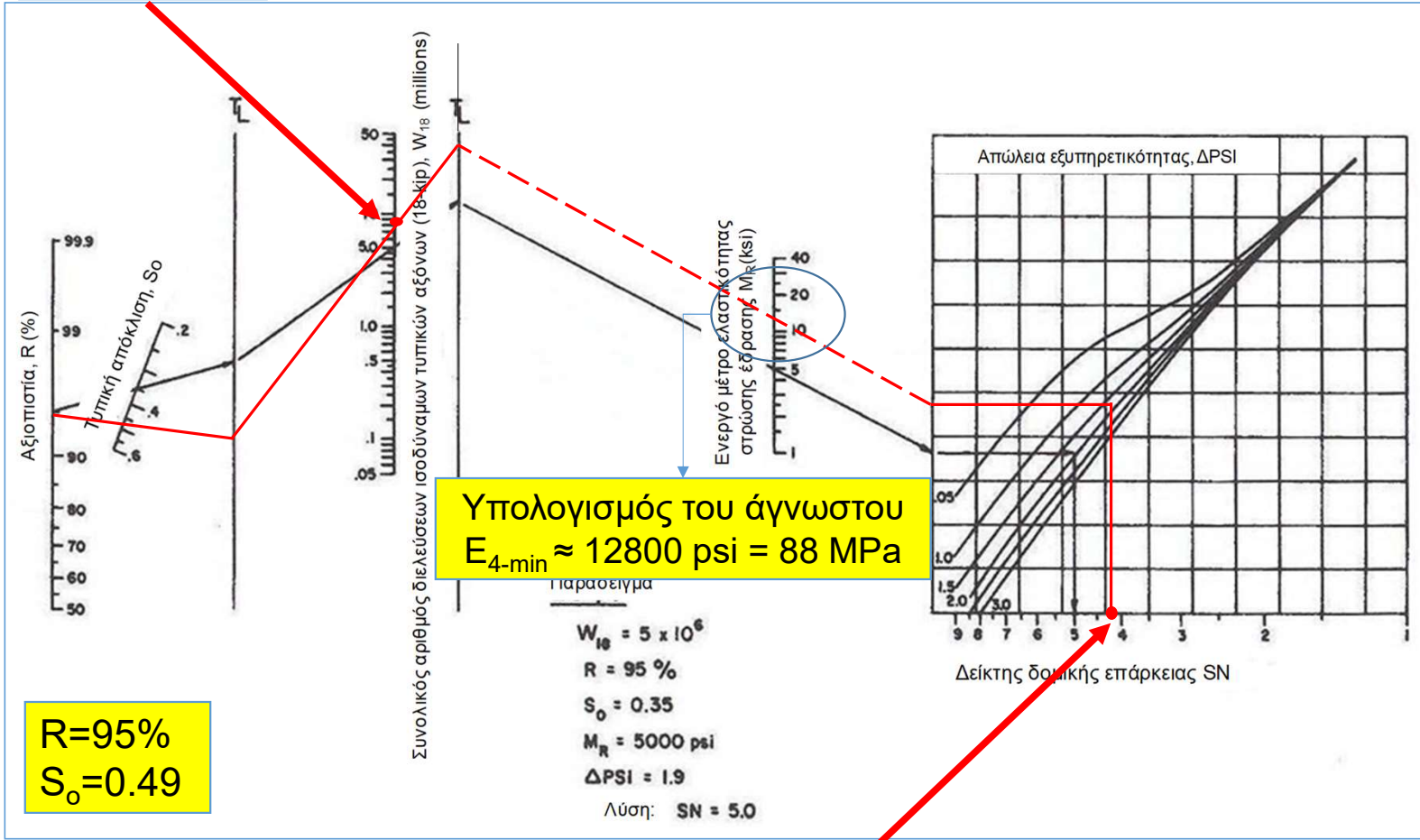
$SN_{\text{provided}} < SN_{\text{required}} \rightarrow$ η διατομή οδοστρώματος δεν επαρκεί.

Χαρακτηριστικά του οδοστρώματος (πάχη και υλικά)

Χαρακτηριστικά της στρώσης έδρασης και κυκλοφορία

$\rho_i = 4.2$ και $\rho_i = 2.5$ για εύκαμπτα οδοστρώματα $\rightarrow \Delta PSI = 1.7$

$W_{18} = 9 \cdot 10^6$



$R=95\%$
 $S_o=0.49$

Το οδόστρωμα επαρκεί οριακά όταν $SN_3 = 4.09$

ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΜΕΛΕΤΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ - ΚΜΕ

Κατηγορία εδαφικού υλικού	Χαρακτηριστικά υλικού	Όρια Atterberg	Max. πυκνότητα κατά την τροποποιημένη δοκιμή συμπίκνωσης χγρ/μ3	CBR*	Περιεκτικότητα σε οργανικά***	Παρατηρήσεις ως προς τη δυνατότητα χρησιμοποίησής τους για επιχώματα
E1	Γαιώδες υλικό με μέγιστη διάσταση κόκκου D < 200 χλστ και περιεκτικότητα σε κόκκους 200 > D > 150 χλστ μέχρι 25%	LL < 40 ή LL < 65 και PI > (0.6LL-9)	> 1.600	> 3 και διόγκωση** < 3%	< 3%	Αποδεκτό
E2	Μέγιστος κόκκος < 100 χλστ Διερχόμενο % από No 200 < 35%	LL < 40	> 1.940	> 5 και διόγκωση** < 2%	≤ 1%	Κατάλληλο
E3	Μέγιστος κόκκος < 80 χλστ Διερχόμενο % από No 200 < 25%	LL < 30 PI < 10	-	> 10 και διόγκωση** = 0	0%	Επίλεκτο I
E4	Μέγιστος κόκκος < 80 χλστ Διερχόμενο % από No 200 < 25%	LL < 30 PI < 10	-	> 20 και διόγκωση** = 0	0%	Επίλεκτο II
E0	Εδαφικό υλικό που δεν ανήκει στις άλλες κατηγορίες					Ακατάλληλο
<p>LL = Όριο Υδαρότητας E 105 - 86 Method 5</p> <p>PI = Δείκτης Πλαστικότητας E 105 - 86 Method 6</p> <p>No 200 = Κόσκινος της Αμερικανικής σειράς προτύπων κοσκίνων AASHTO : M-92 ανοίγματος βροχίδας 0,074 χλστ</p> <p>*CBR = Τιμή του Καλιφορνιακού Λόγου Φέρουσας Ικανότητας που προσδιορίζεται σύμφωνα με τη μέθοδο 12 των Προδιαγραφών Εργαστηριακών Δοκιμών Εδαφομηχανικής (E 105-86) επί δοκιμών συμπίκνωθέντων στο 90% της μέγιστης πυκνότητας της Τροποποιημένης Δοκιμής Συμπύκνωσης (Μέθοδος 11 E 105-86) με τη βέλτιστη υγρασία και μετά από υδρεμπτισμό 4 ημερών. Κατ' εξαίρεση επί "σιμεντωμένων" εδαφών και για έργα σε όρυγμα, για τον υπολογισμό της φέρουσας ικανότητας της "υποκείμενης στρώσης" οδοστρωμάτων θα γίνεται συμπληρωματικά και προσδιορισμός του CBR με δοκιμή "επί τόπου"</p> <p>** Κατά τη δοκιμή CBR</p> <p>*** Θα προσδιορισθεί με τη μέθοδο της "υγρής οξείδωσης" (AASHTO T 194)</p>						

$E_4 = 88 \text{ MPa} \rightarrow \text{CBR} = 9-12 \% \text{ (εκτίμηση)}$

$E \approx 17.6 \text{ CBR}^{0.64}$

$E \approx 10 \text{ CBR}$

Σε ποια κατηγορία κατά ΚΜΕ θα ήταν το υλικό αυτό με την παραδοχή ότι το μόνο κρίσιμο κριτήριο κατάταξης είναι ο δείκτης CBR ?

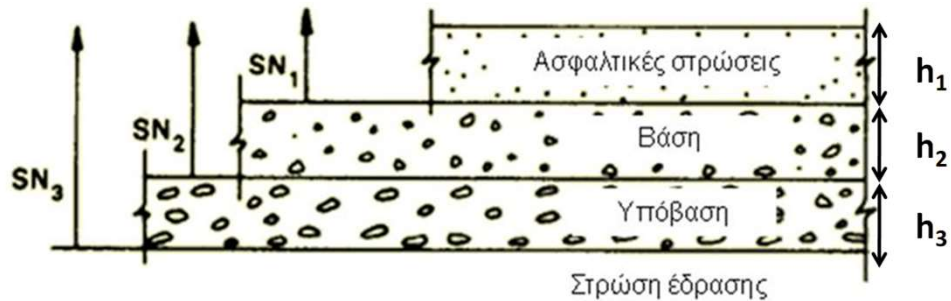
Εφαρμογή 29

Να σχεδιαστεί νέο εύκαμπτο οδόστρωμα για οδικό τμήμα αυτοκινητοδρόμου 2 λωρίδων ανά κατεύθυνση (υπεραστική περιοχή) για χρόνο ζωής 20 έτη εφαρμόζοντας τη μέθοδο AASHTO.

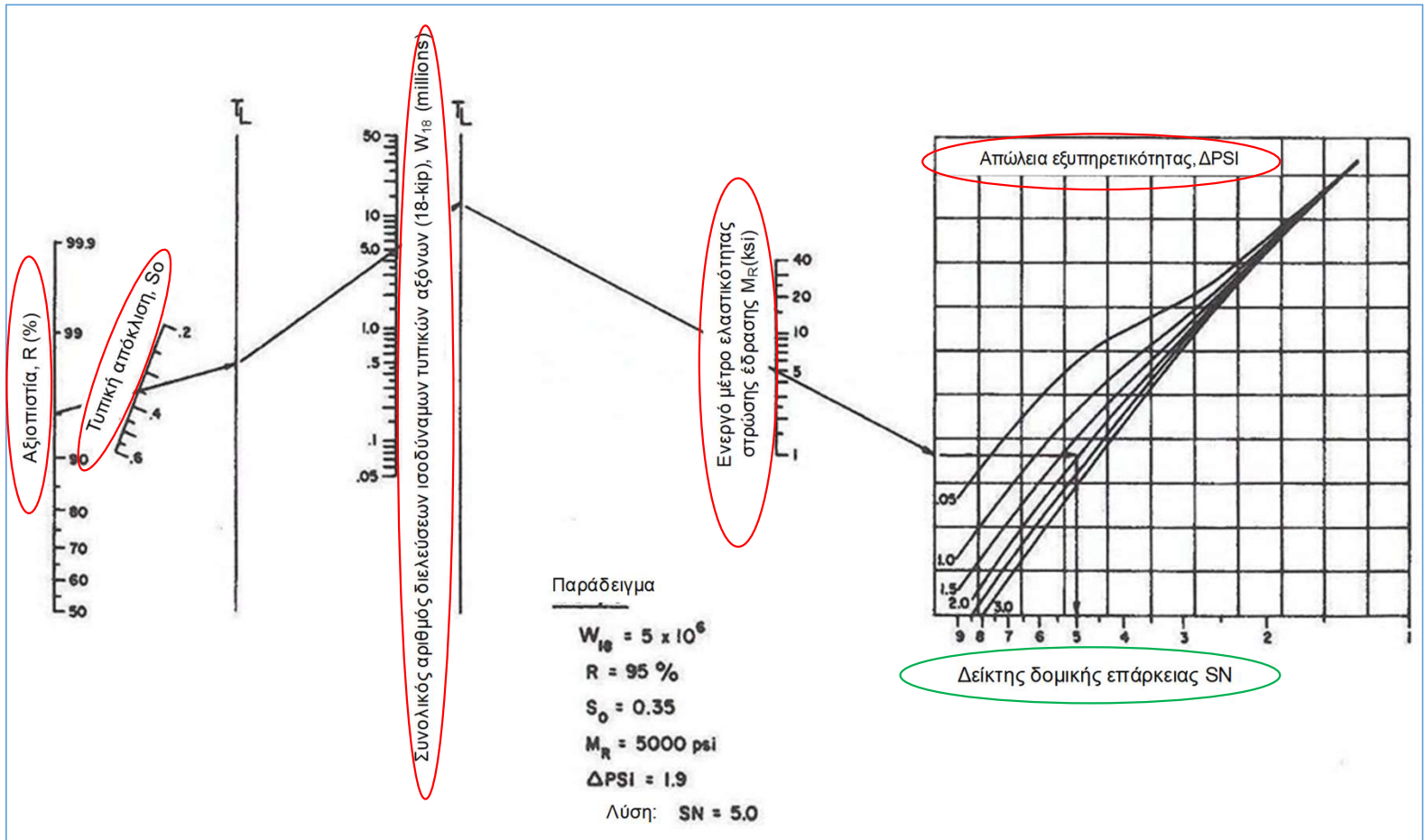
Δεδομένα

- Κυκλοφορία σχεδιασμού / 20 έτη: $w_{18}=80*10^6$ ESALs (για τις δύο κατευθύνσεις)
- Μηχανικά χαρακτηριστικά υλικών:
 - Ασφαλτική στρώση: $E_1 = 3105$ MPa
 - Βάση από ασύνδετο αμμοχάλικο: $E_2 = 207$ MPa
 - Υπόβαση από ασύνδετο αμμοχάλικο: $E_3 = 104$ MPa
 - Στρώση έδρασης $M_R = 70$ MPa
- Αποστραγγιστική ικανότητα υλικών βάσης & υπόβασης: Μέτρια
- Ποσοστό χρόνου έκθεσης του οδοστρώματος σε ποσοστά υγρασίας που προσδιορίζουν την κατάσταση κορεσμού: 3% (για βάση & υπόβαση).

Υπολογισμός παχών στρώσεων νέου οδοστρώματος



- Προσδιορισμός απαιτούμενων δομικών δεικτών αντοχής SN_1 , SN_2 , SN_3 με βάση τα μηχανικά χαρακτηριστικά της υποκείμενης στρώσης (δηλ. το μέτρο ελαστικότητας).



Υπολογισμός SN

➤ Αξιοπιστία (Reliability R(%))

Κατηγορία Οδού	Προτεινόμενα επίπεδα αξιοπιστίας	
	Αστικές περιοχές	Υπεραστικές περιοχές
Αυτοκινητόδρομοι	85-99.9%	80-99.9%
Κύριες Αρτηρίες	80-99%	75-95%
Δευτερεύουσες αρτηρίες	80-95%	75-95%
Τοπικές οδοί	50-80%	50-80%



R=95%

➤ Τυπική απόκλιση

Προτεινόμενη τιμή
από μέθοδο



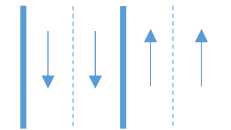
$S_o = 0.49$

Υπολογισμός SN

Ισοδύναμοι τυπικοί άξονες (Estimated total 18-kip Equivalent Single Axle Load Applications, W_{18}):

$$W_{18} = D_D \times D_L \times w_{18}$$

$$D_D = 0.5$$



Αριθμός λωρίδων ανά κατεύθυνση	Ποσοστό % ΙΤΑ στη λωρίδα μελέτης
1	100
2	80-100
3	60-80
4	50-75

$$D_L = 80-100\%$$

$$W_{18} = 32 \cdot 10^6 \text{ ΈΩΣ } 40 \cdot 10^6$$

$$W_{18} = 36 \cdot 10^6$$

$$\text{Παραδοχή } D_L = 90\%$$

Υπολογισμός SN

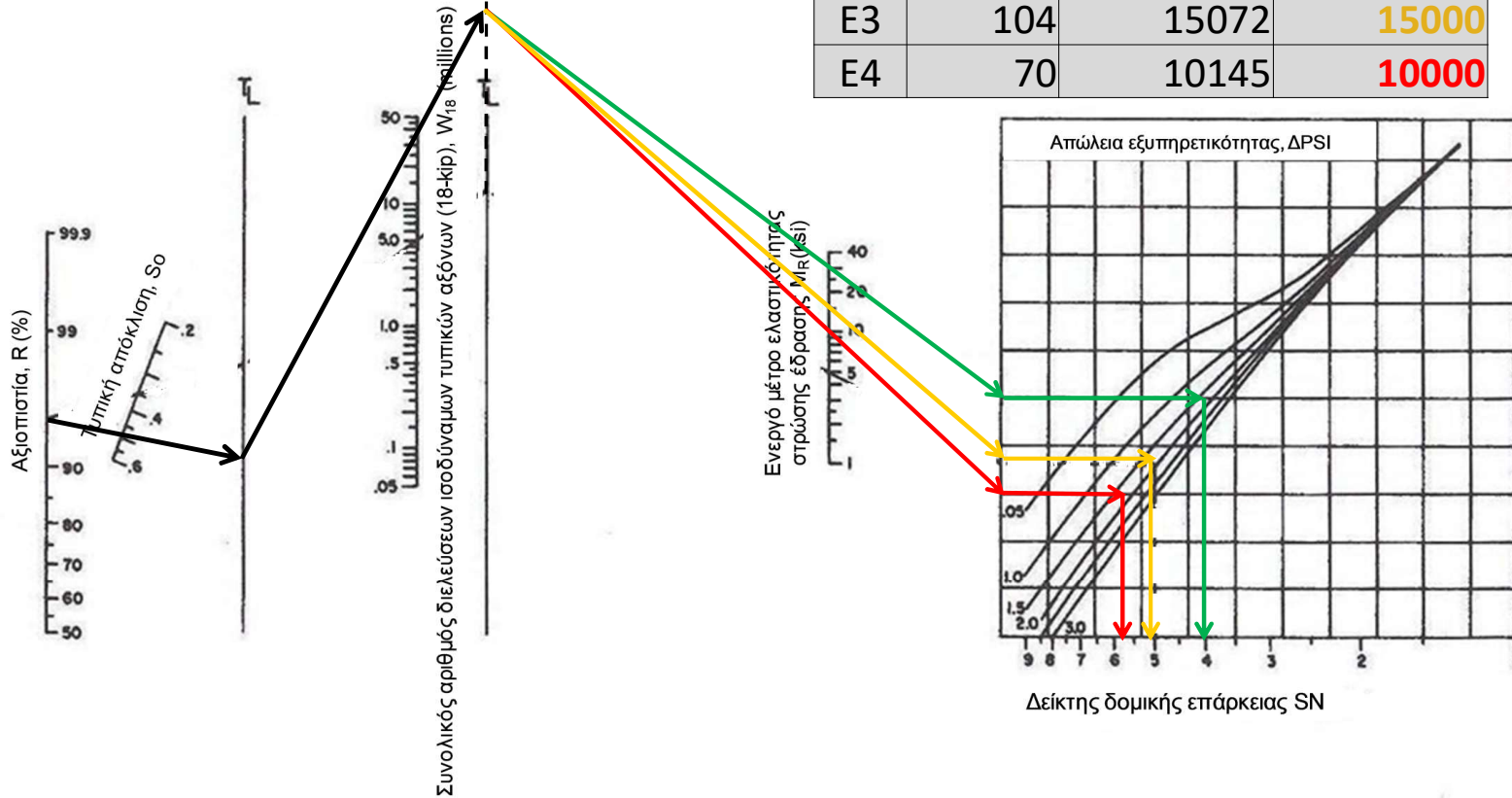
- Απώλεια εξυπηρετικότητας οδοστρώματος (Serviceability Loss, ΔPSI)

$$p_i = 4.2 \text{ και } p_t = 2.5 \text{ για εύκαμπτα οδοστρώματα} \\ \rightarrow \\ \Delta PSI = 1.7$$

- Προσοχή εάν δίνονται άλλες υποδείξεις για την επιλογή του τελικού δείκτη εξυπηρετικότητας

psi-->MPa	επί 0.0069
MPa-->psi	δια 0.0069

	MPa	psi	psi
E1	3105	450000	450000
E2	207	30000	30000
E3	104	15072	15000
E4	70	10145	10000

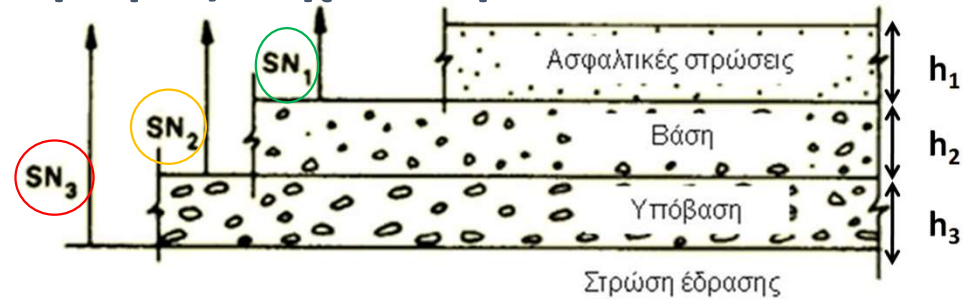


SN₁ = 4.10

SN₂ = 5.10

SN₃ = 5.80

Υπολογισμός παχών στρώσεων νέου οδοστρώματος






$R=95\%$, $S_o=0.49$, $W_{18}=36 \cdot 10^6$, $\Delta PSI=1.7$, $E_2=30.000\text{psi}$ \longrightarrow $SN_1 = 4.10$

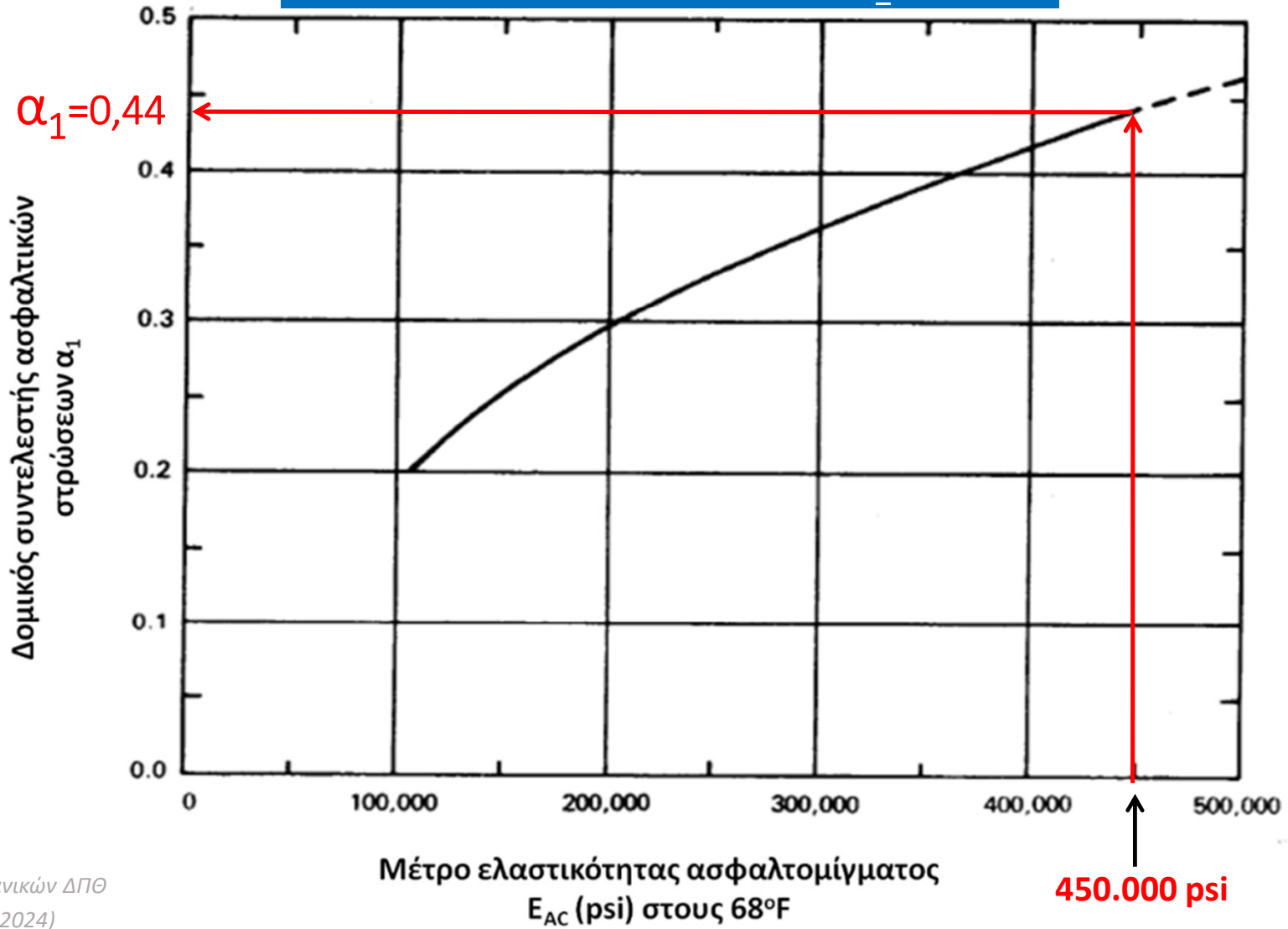
$R=95\%$, $S_o=0.49$, $W_{18}=36 \cdot 10^6$, $\Delta PSI=1.7$, $E_3=15.000\text{psi}$ \longrightarrow $SN_2 = 5.10$

$R=95\%$, $S_o=0.49$, $W_{18}=36 \cdot 10^6$, $\Delta PSI=1.7$, $M_R=E_4=10.000\text{psi}$ \longrightarrow $SN_3 = 5.80$

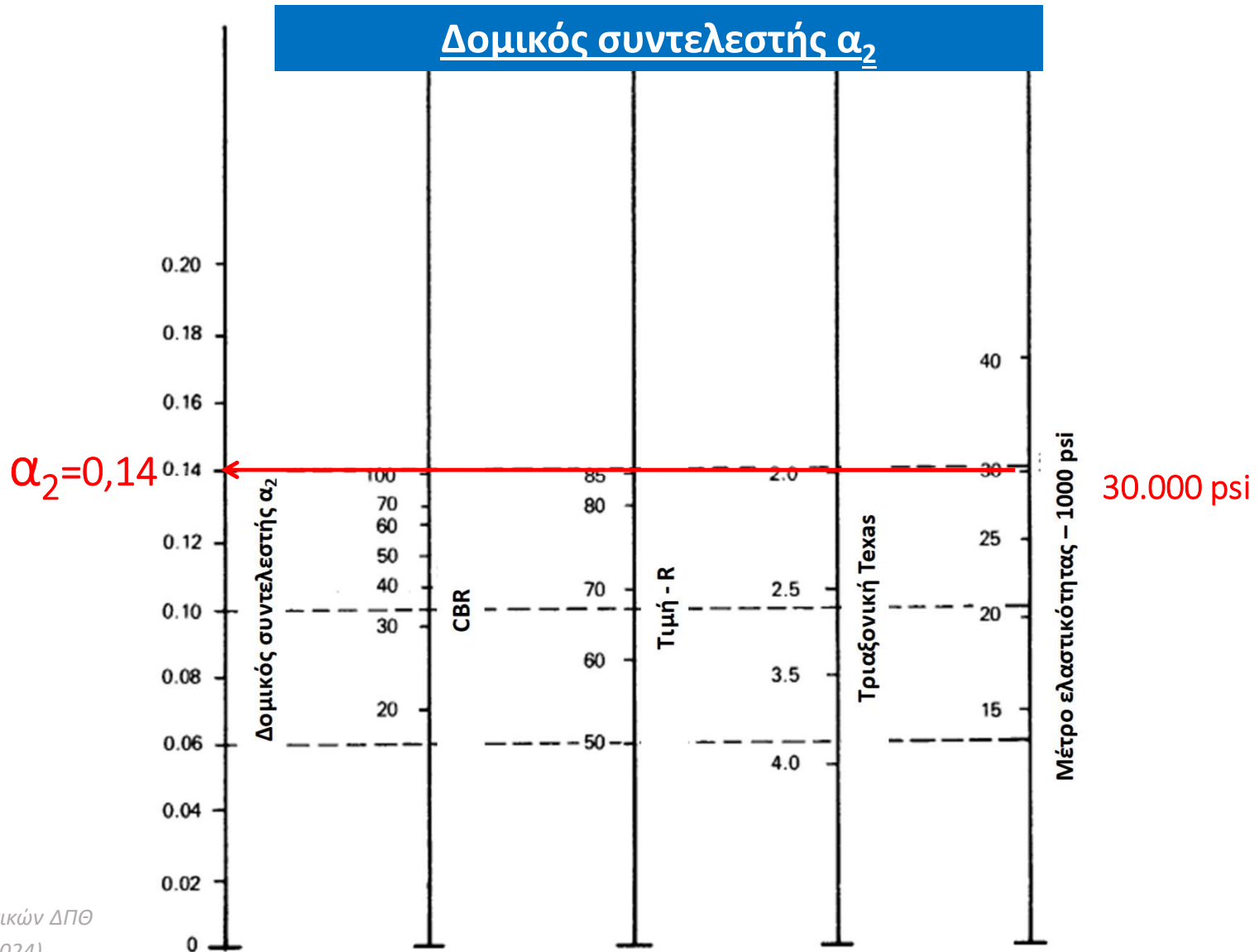
Προσδιορισμός δομικών συντελεστών α_1 , α_2 , α_3

- Μέτρο ελαστικότητας ασφαλικής στρώσης: 450.000 psi  α_1
- Μέτρο ελαστικής παραμόρφωσης βάσης από ασύνδετο αμμοχάλικο: 30.000 psi  α_2
- Μέτρο ελαστικής παραμόρφωσης υπόβασης από ασύνδετο αμμοχάλικο: 15.000 psi  α_3

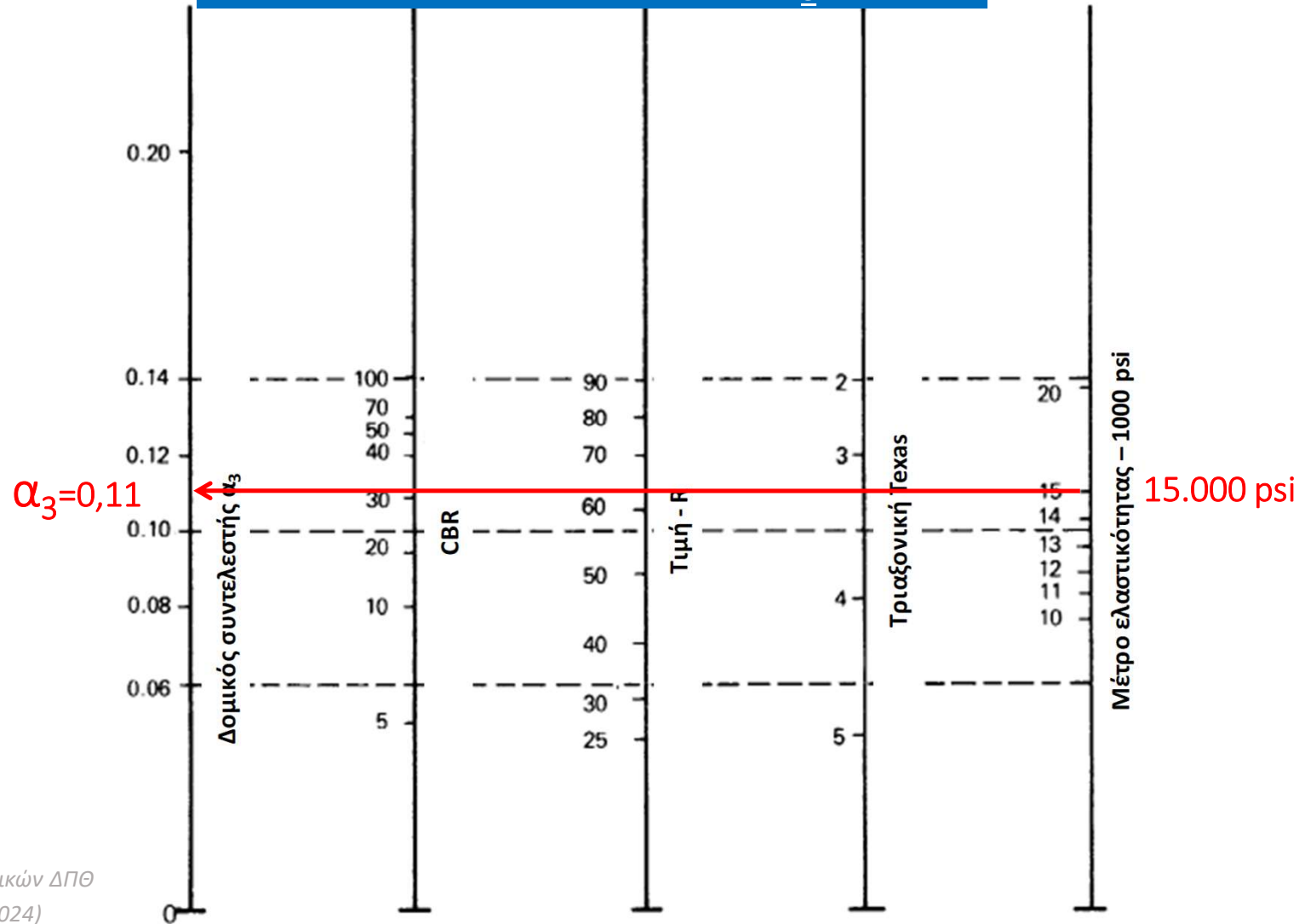
Δομικός συντελεστής α_1



Δομικός συντελεστής α_2



Δομικός συντελεστής α_3



Διαστασιολόγηση οδοστρώματος με τη μέθοδο AASHTO

Προσδιορισμός συντελεστών αποστράγγισης m_2 , m_3

Ποιότητα αποστράγγισης	Ποσοστό χρόνου που το οδόστρωμα εκτίθεται σε ποσοστά υγρασία που προσεγγίζουν την κατάσταση κορεσμού
	1-5%
Άριστη	1.35-1.30
Καλή	1.25-1.15
Μέτρια	1.15-1.05
Κακή	1.05-0.80
Πολύ κακή	0.95-0.75

Παραδοχή
 $m_2 = m_3 = 1.10$

Διαστασιολόγηση οδοστρώματος με τη μέθοδο AASHTO

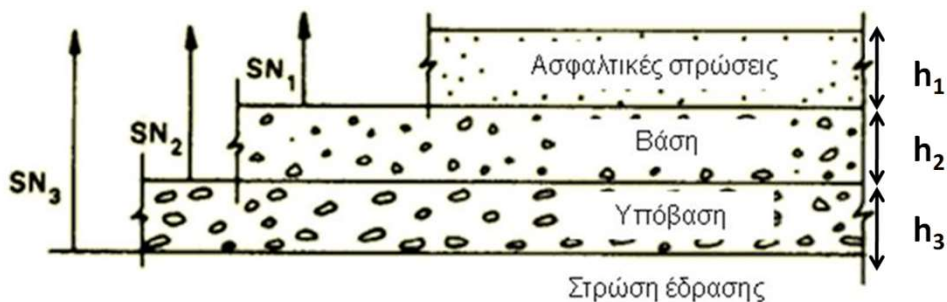
Ελάχιστα πάχη με βάση την κυκλοφορία

Κυκλοφορία (ITA)	Ελάχιστο πάχος (inches)	
	Ασφαλτικές στρώσεις	Στρώσεις από ασύνδετα αμμοχάλικα
<50.000	1.0	4.0
50.001-150.000	2.0	4.0
150.001-500.000	2.5	4.0
500.001-2.000.000	3.0	6.0
2.000.001-7.000.000	3.5	6.0
>7.000.000	4.0	6.0

$$W_{18}=36*10^6 \text{ ESALs}$$

Inches → cm	επί 2.54
cm → inches	δια 2.54

Υπολογισμός παχών στρώσεων νέου οδοστρώματος



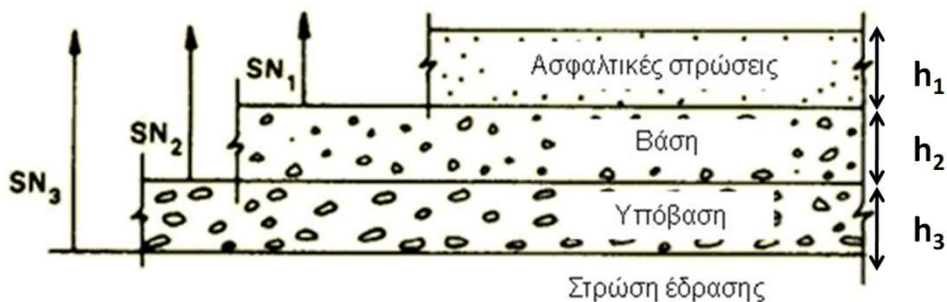
- Απαιτούμενοι δομικοί δείκτες αντοχής $SN_1=4.10$ $SN_2=5.10$ $SN_3=5.80$
- Πάχος h_1^* / Ενεργός δομικός δείκτης αντοχής SN_1^*

$$h_1 \geq \frac{SN_1}{a_1} = \frac{4.10}{0.44} = 9.32 \text{ inches } (23.6 \text{ cm} \approx 24 \text{ cm}) \rightarrow h_1^* = 9.45 \text{ inches}$$

($SN_{1\text{-provided}}$)

$$SN_1^* = a_1 h_1^* = 0.44 * 9.45 = 4.158 \geq SN_1$$

Υπολογισμός παχών στρώσεων νέου οδοστρώματος



- Απαιτούμενοι δομικοί δείκτες αντοχής $SN_1=4.10$ $SN_2=5.10$ $SN_3=5.80$
- Πάχος h_2^* / Ενεργός δομικός δείκτης αντοχής SN_2^*

$$h_2 \geq \frac{SN_2 - SN_1^*}{a_2 m_2} = \frac{5.10 - 4.158}{0.14 * 1.10} = 6.12 \text{ inches (15.5 cm} \approx \text{16 cm)} \rightarrow h_2^* = 6.3 \text{ inches}$$

$$SN_2^* = a_2 m_2 h_2^* = 0.14 * 1.10 * 6.3 = 0.97$$

(SN_2 -provided)

$$SN_1^* + SN_2^* = 4.158 + 0.97 = 5.128 \geq SN_2 = 5.10$$

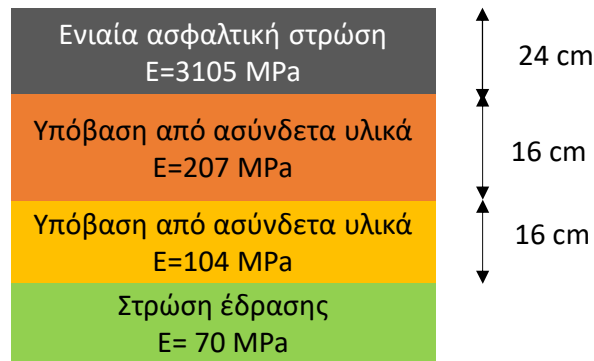
Υπολογισμός παχών στρώσεων νέου οδοστρώματος



$$h_3 \geq \frac{SN_3 - (SN_1^* + SN_2^*)}{a_3 m_3} = \frac{5.80 - (4.158 + 0.97)}{0.11 * 1.10} = 5.55 \text{ inches} \rightarrow 6 \text{ inches}$$

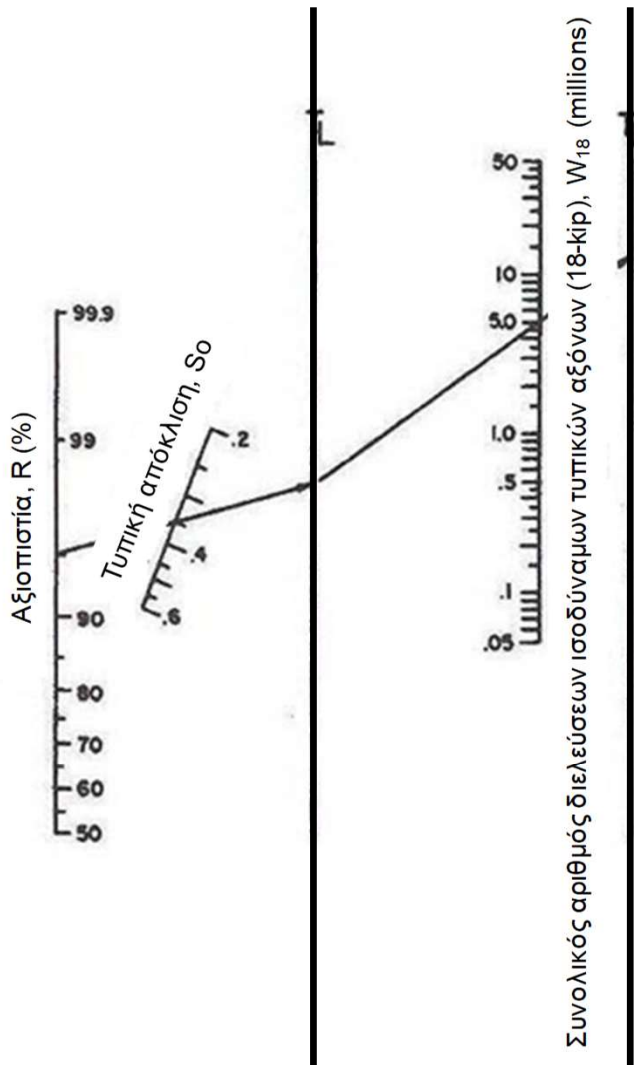
$$h_3 = 6 \text{ inches} = 15.24 \text{ cm} \rightarrow 16 \text{ cm}$$

Υπολογισμός παχών στρώσεων νέου οδοστρώματος



Μία εφαρμογή σχεδιασμού συνοδεύεται πάντα από κατάλληλο σκαρίφημα του προτεινόμενου στατικού προσομοιώματος





Διάγραμμα (κενό) προς χρήση

