

# ΑΔΡΑΝΗ ΥΛΙΚΑ (aggregate)

- Έμφαση ως συστατικό υλικό για την παρασκευή σκυροδέματος, ασφαλτικών οδοστρωμάτων

Καταλαμβάνουν ~ 60-70% του όγκου του σκυροδέματος, συνεπώς επηρεάζουν βασικές του ιδιότητες (αντοχή, ανθεκτικότητα)

- θεωρούνται “αδρανή” (inert) → δεν ισχύει ακριβώς, διότι οι φυσικές (πορώδες), θερμικές, χημικές τους ιδιότητες επηρεάζουν την συμπεριφορά του σκυροδέματος

- είναι το φθηνό συστατικό: ζητούμενο η μέγιστη δυνατή συμμετοχή του στο σκυρόδεμα ώστε να ελαχιστοποιηθεί το κόστος του τσιμέντου (ακριβό υλικό)

Το μεγαλύτερο μέγεθος αδρανούς που μπαίνει στο σκυρόδεμα είναι μεταξύ 10 - 50 mm, συνήθως είναι ~20 - 30mm.



Διαβάθμιση του μεγέθους των κόκκων αδρανών



Μία αποθήκη που τα περιέχει όλα (all-in) → χαμηλής ποιότητας σκυροδέματα

Δύο αποθέσεις ή περισσότερες → για καλή ποιότητα σκυροδέματος

Αν 2 αποθέσεις: τα λεπτόκοκκα – άμμος (<4mm) και τα χονδρόκοκκα (>4mm)

αποθέσεις σε ομάδες



# ΑΔΡΑΝΗ ΥΛΙΚΑ

Μπορεί να είναι: φυσικά                    τεχνητά                    ανακυκλωμένα

- Τεχνητά → βιομηχανικά προϊόντα, χρήση για ειδικές κατασκευές με απαιτήσεις π.χ. θερμομόνωσης



LECA: lightweight  
expanded clay  
aggregates



foamed glass aggregates

- Ανακυκλωμένα → από τεχνητούς λίθους (π.χ. σκυρόδεμα από κατεδαφίσεις)



# ΑΔΡΑΝΗ ΥΛΙΚΑ

Μπορεί να είναι: **φυσικά**      **τεχνητά**      **ανακυκλωμένα**

- **Φυσικά** → έχουν υποστεί μόνο μηχανική κατεργασία
  - **συλλεκτά**: λείανση από φυσικές αιτίες (αέρας, νερό) → μειωμένη τριβή
  - **Θραυστά**: από λατομεία → γωνιώδη με αυξημένη τριβή



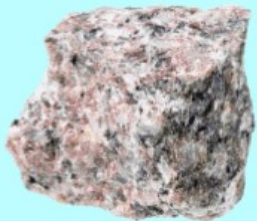
Τα συλλεκτά προέρχονται από φυσικές αποθέσεις ποταμών, θαλασσών, ορυχείων και χρησιμοποιούνται χωρίς θραύση (αλλά μετά από διαλογή ή/και κοσκίνισμα και πλύσιμο όπου απαιτείται – μπορεί να περιέχουν κελύφη/κοχύλια: όριο 10% κατά μάζα). Τα θραυστά προέρχονται από τη θραύση πετρωμάτων ή από τη θραύση συλλεκτών αδρανών.

# ΦΥΣΙΚΑ ΑΔΡΑΝΗ από κάποια πετρώματα όπως:

## Πυριγενή

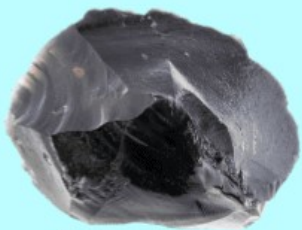
### Igneous

- Forms from magma or lava solidification
- Hard, no layers



Granite

**Intrusive**  
slow magma  
cooling



Obsidian

**Extrusive**  
rapid lava  
cooling

## Ιζηματογενή

### Sedimentary

- Forms from sediment compaction
- Crumbly, layered



Sandstone

**Clastic**  
compacted  
broken rocks



Limestone

**Chemical**  
compacted  
dissolved minerals



Coal

**Organic**  
compacted  
biogenic matter

## Μεταμορφωμένα

### Metamorphic

- Forms by transformation of other rocks
- Relatively hard, may or may not have layers



Slate

**Foliated**  
has layers



Marble

**Non-Foliated**  
no layers

## Πριν την θραύση:

**Μητρικό πέτρωμα:** χημική και ορυκτολογική σύσταση, πετρογραφική κατάταξη, ειδική πυκνότητα, σκληρότητα, αντοχή, πορώδες → Επιστήμη της Γεωλογίας

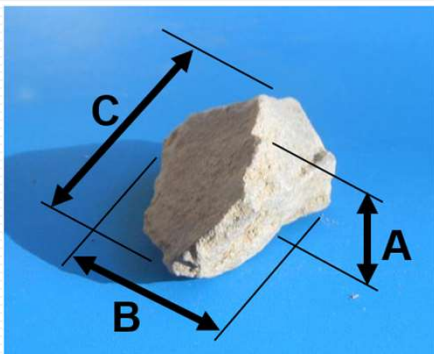
**Μετά την θραύση:** ενδιαφέρουν επιπλέον ιδιότητες όπως το **σχήμα** και **μέγεθος αδρανούς, επιφανειακή υφή, απορροφητικότητα**

**Σχήμα:** στρογγυλευμένο, ακανόνιστο με στρογγυλεμένες άκρες, πλακοειδές, γωνιώδες

→ καθορίζει την συμπύκνωσή τους (Π.χ. εάν έχουν το ίδιο σχήμα και μικρές διαφορές στις διαστάσεις τους, τότε το πόσο γωνιώδη είναι μπορεί να προσδιορισθεί εμμέσως από τον κενό χώρο μεταξύ τους. Έτσι:

**γωνιώδες (angularity) = 67 - % συμπαγούς όγκου**, με 67 τον συμπαγή όγκο στρογγυλών αδρανών (όχι άμμου)!

→ **Σφαιρικότητα αδρανούς:** λαμβάνεται υπόψη ο λόγος **εμβαδόν εξωτερικής επιφάνειας/όγκος = ειδική επιφάνεια** (π.χ. εάν έχουμε σφαιρικό αδρανές με επιφάνεια σφαίρας  $4\pi r^2$  και όγκο  $4/3 \times \pi r^3$  τότε ειδική επιφάνεια =  $3/r$ ).

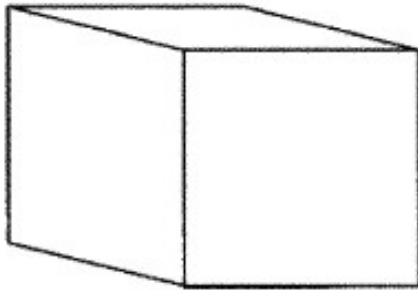


C=μήκος  
B=πλάτος  
A=πάχος

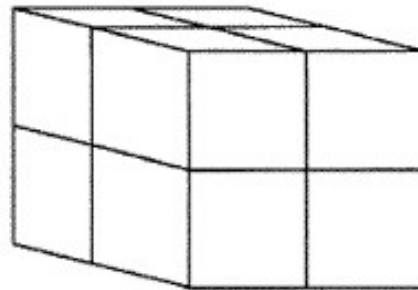
Αν  $B/A > 3$  πλακοειδές  
Αν  $C/B > 3$  επιμήκες

**ειδική επιφάνεια = εμβαδόν εξωτερικής επιφάνειας/όγκος**

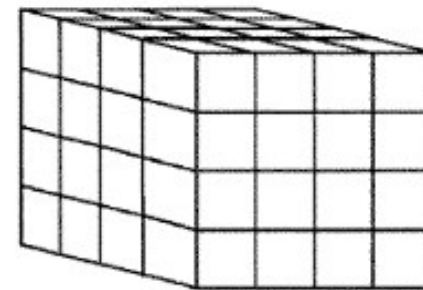
Όγκος (1),  $V=\alpha^3$



Όγκος (1),  $V=(\alpha/2)^3$



Όγκος (1),  $V=(\alpha/4)^3$



**Εξωτερική επιφάνεια:**

$$E_1 = 6 \times \alpha^2$$

$$E_2 = 6 \times (\alpha/2)^2$$

$$E_3 = 6 \times (\alpha/4)^2$$

**ειδική επιφάνεια:**

$$EE_1 = 6 \times \alpha^2 / \alpha^3 = 6/\alpha$$

$$EE_2 = 12/\alpha = 2EE_1$$

$$EE_3 = 24/\alpha = 4EE_1$$

**Αύξηση ειδικής επιφάνειας με αύξηση της  
λεπτότητας του υλικού**

# ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ

ένα αδρανές τείνει να διατάσσει την μικρότερη διάστασή του κατακόρυφα (είναι πιο σταθερό).

Φυσικά

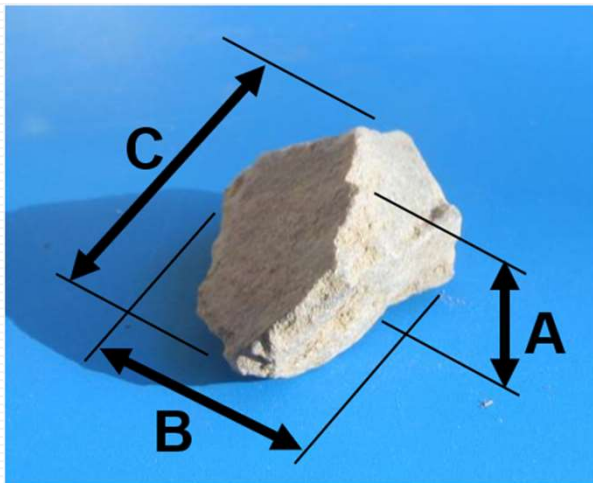
## Σφαιρικά, γωνιώδη, πλακοειδή (flakiness index, FI<35)

Τα πλακοειδή αδρανή τείνουν να συσσωρεύονται πιο σφιχτά από τα ακανόνιστα αδρανή και άρα απαιτούν λιγότερο συνδετικό.



πλακοειδές αδρανές: έχει ελάχιστη διάσταση μικρότερη από 0,6 του μέσου όρου α) του μικρότερου μεγέθους κόσκινου από το οποίο διέρχεται και β) του μεγαλύτερου μεγέθους κόσκινου στο οποίο συγκρατείται.

A 265/1	4.9 x 30 mm slot
A 265/2	7.2 x 40 mm slot
A 265/3	10.2 x 50 mm slot
A 265/4	14.4 x 60 mm slot
A 265/5	19.7 x 80 mm slot
A 265/6	26.3 x 90 mm slot
A 265/7	33.9 x 100 mm slot



Τοποθέτηση: από το μεγαλύτερης σχισμής (πάνω) στο μικρότερης (κάτω)

# ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ

ένα αδρανές τείνει να διατάσσει την μικρότερη διάστασή του κατακόρυφα (είναι πιο σταθερό).

Φυσικά

## Σφαιρικά, γωνιώδη, πλακοειδή (flakiness index, FI<35)

Τα πλακοειδή αδρανή τείνουν να συσσωρεύονται πιο σφιχτά από τα ακανόνιστα αδρανή και άρα απαιτούν λιγότερο συνδετικό.

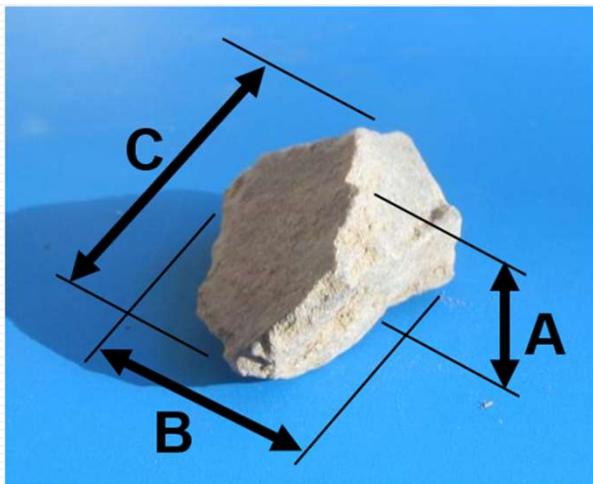
4.9 x 30 mm slot
7.2 x 40 mm slot
10.2 x 50 mm slot
14.4 x 60 mm slot
19.7 x 80 mm slot
26.3 x 90 mm slot
33.9 x 100 mm slot

πλακοειδές αδρανές: έχει ελάχιστη διάσταση μικρότερη από 0,6 του μέσου όρου α) του μικρότερου μεγέθους κόσκινου από το οποίο διέρχεται και β) του μεγαλύτερου μεγέθους κόσκινου στο οποίο συγκρατείται.

Π.χ: αν η μικρότερη διάσταση αδρανούς min (A, B, C)=5mm και αυτό διέρχεται από κόσκινο σχισμής 14.4mm και 10.2mm αλλά συγκρατείται στο κόσκινο με σχισμή 7.2mm τότε

$$M.O = (10.2 + 7.2) / 2 = 8.7 \text{ mm} \rightarrow 0.6 \times 8.7 = 5.22 \text{ mm.}$$

Επειδή  $5 \text{ mm} < 5.22 \text{ mm} \rightarrow$  είναι πλακοειδές



Ο δείκτης FI ορίζεται ως το ποσοστό (κατά μάζα) των αδρανών σε ένα σύνολο-δείγμα, με **ALD (average list dimension)** μικρότερη από 0,6 φορές τη μέση διάστασή τους.



Πριν την θραύση:

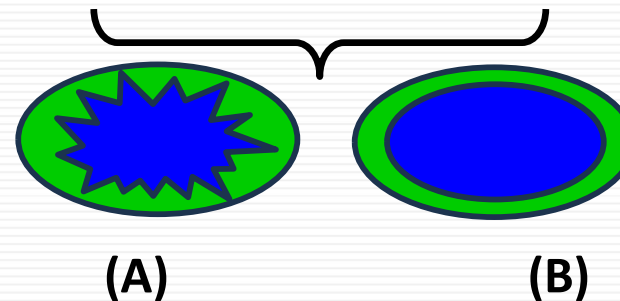
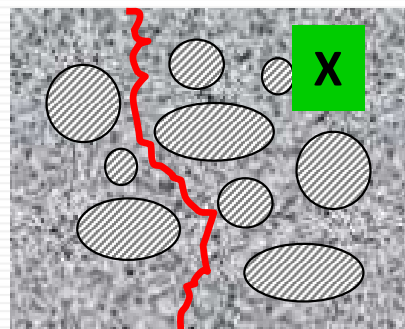
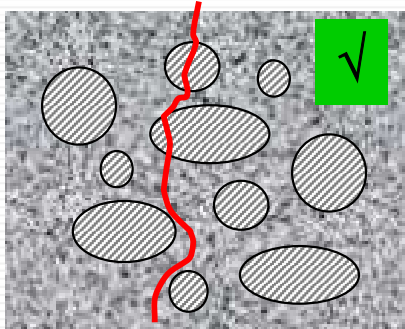
**Μητρικό πέτρωμα:** χημική και ορυκτολογική σύσταση, πετρογραφική κατάταξη, ειδική πυκνότητα, σκληρότητα, αντοχή, πορώδες (γεωλογία)

**Μετά την θραύση:** επιπλέον ιδιότητες όπως το **σχήμα** και **μέγεθος αδρανούς**, **επιφανειακή υφή**, **απορροφητικότητα**

επιφανειακή υφή (λείο ή τραχύ): αυτή καθορίζεται από την σκληρότητα, το μέγεθος του κόκκου και το πορώδες του πετρώματος. Έχει μεγάλη επιρροή στην απαίτηση για νερό ειδικώς για τα πολύ λεπτά αδρανή όπως είναι η άμμος!

σχήμα και επιφανειακή υφή → **ΣΥΝΑΦΕΙΑ ΠΑΣΤΑΣ – ΑΔΡΑΝΟΥΣ** → επιδρούν στην αντοχή του σκυροδέματος

όσο ↑↑ η **ΣΥΝΑΦΕΙΑ** τότε:

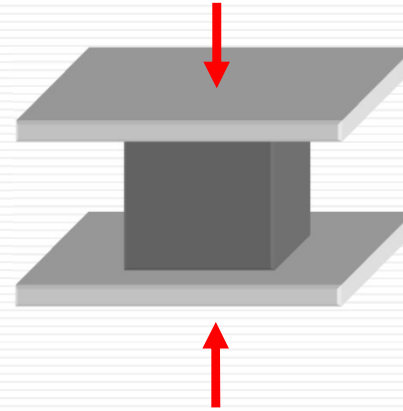
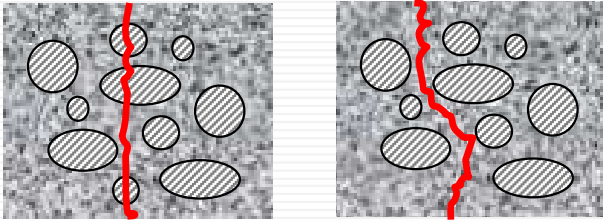


(A) Μεγαλύτερη ειδική επιφάνεια έχει το (A) και άρα ↑ συνάφεια

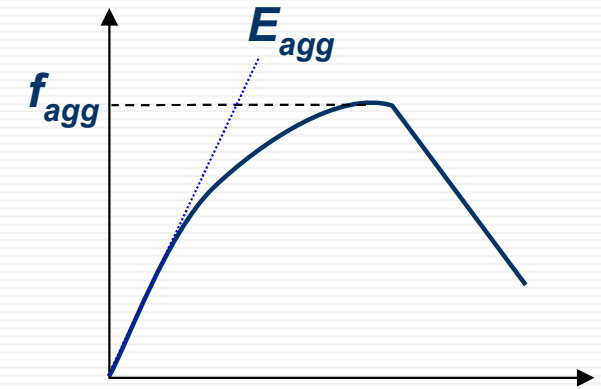
**Συνάφεια: Μηχανική ιδιότητα**

## Αντοχή σε θλίψη (crushing)

$$f_{agg} = 35 \quad - \quad 350\text{MPa}$$



## Μηχανικές ιδιότητες



### Αποτίμηση αντοχής

⇒ δοκίμια από το μητρικό πέτρωμα

⇒ ή χρήση ξηρού αδρανούς μάζας  $m_{init}$  & μεγέθους 10 - 14mm, που πιέζεται για 10min με πίεση  $p \approx 20\text{MPa}$ , έπειτα το δείγμα κοσκινίζεται σε κόσκινο οπής  $\sim 2.5\text{mm}$ . Αυτό που διέρχεται, ζυγίζεται  $m_{pass}$  και ο  $m_{pass}/m_{init} = \text{ACV}$  (aggregate crushing value. Μεγάλη τιμή?)

Μέτρο ελαστικότητας  $E_{agg}$ : πόσο συμπιεστό ή όχι είναι το αδρανές

Ένα «μαλακό» αδρανές μικρών  $E$  και  $f_{agg}$  σημαίνει ότι είναι πορώδες και σε θερμική διαστολή της μάζα του ο επιπλέον όγκος θα «στεγαστεί» εντός του πορώδους οπότε δεν θα ασκήσει πιέσεις στην τσιμεντόπαστα

### Σκληρότητα/δυσθραυστότητα (toughness):

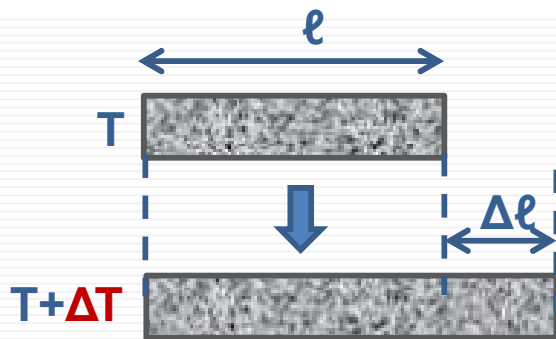
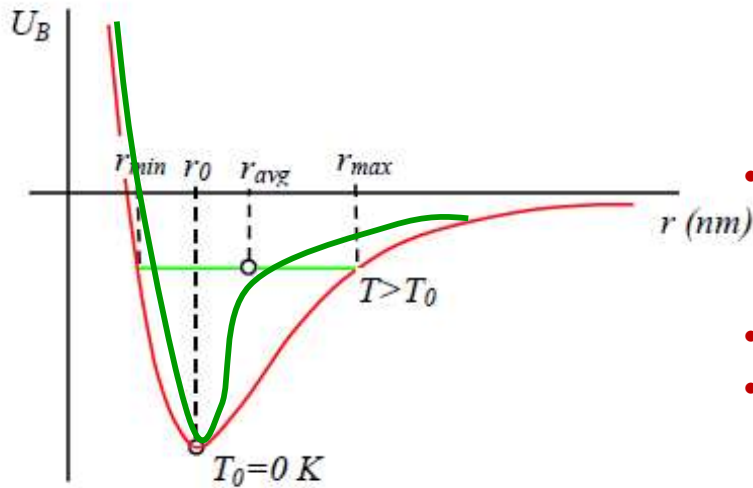
πώς αστοχεί σε κρούση (impact) → AIV

Τα αδρανή (ξηρά και κορεσμένα SSD):

κρούονται με σφυρί και πάλι μετριέται ότι περνάει από κόσκινο οπής 2.5mm κλπ.

AIV=25% για ισχυρά πατώματα  
= 45% για σκυρόδεμα

# Θερμικές ιδιότητες



Τσιμεντόπαστα:  $11-16 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$

Σε θερμοκρασίες  $< 60^\circ\text{C}$  οι διαφορές  $\alpha_{\text{paste}}$   $\alpha_{\text{agg}}$  δεν επιφέρουν βλάβη  
Επιτρεπτές διαφορές έως  $5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$

Διάγραμμα Δυναμικής Ενέργειας – απόστασης μεταξύ ατόμων:

Σε  $T_0 = 0 \text{ K}$  ( $\text{K} = 273 + ^\circ\text{C}$ ) η απόσταση μεταξύ ατόμων είναι  $r_0$  (ισορροπία) και αυξάνει με  $T > T_0$  (θερμική ενέργεια = Κιν. + Δυν. Ενέργεια) λόγω ταλάντωσης

- **Δύναμη =  $dU/dr$** : όσο πιο απότομη η αλλαγή της δυναμικής ενέργειας τόσο μεγαλύτερες οι ασκούμενες δυνάμεις μεταξύ ατόμων ή μορίων
- Κάθε υλικό έχει το δικό του διάγραμμα.
- Στα ισοτροπικά υλικά, όπου το διάγραμμα της δυναμικής ενέργειας είναι το ίδιο σε όλες τις διευθύνσεις, η θερμική διαστολή λαμβάνει χώρα ομοιόμορφα προς όλες τις διευθύνσεις του σώματος.

Συντελεστής **θερμικής διαστολής  $\alpha$**  (γραμμικός):

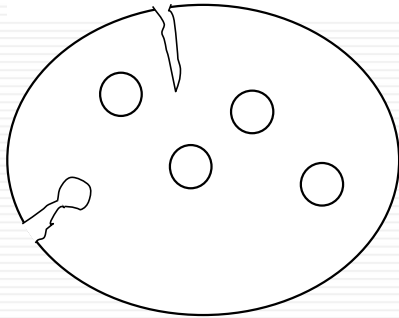
## πέτρωμα

πέτρωμα	$10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C}$
Granite	1.8 to 11.9
Diorite, andesite	4.1 to 10.3
Gabbro, basalt, diabase	3.6 to 9.7
Sandstone	4.3 to 13.9
Dolomite	6.7 to 8.6
Limestone	0.9 to 12.2
Chert	7.4 to 13.1
Marble	1.1 to 16.0

## ξηρά και κορεσμένα αδρανή

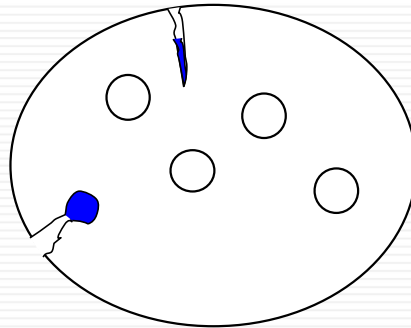
i)

Ξηρή κατάσταση  
(100°C, 24hrs)



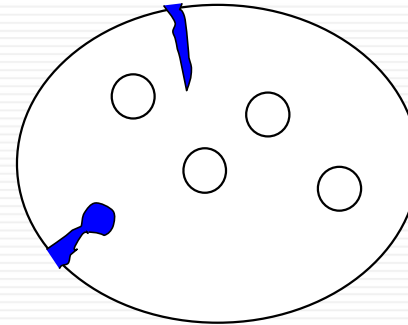
ii)

επιφανειακά στεγνό –  
μη κορεσμένο



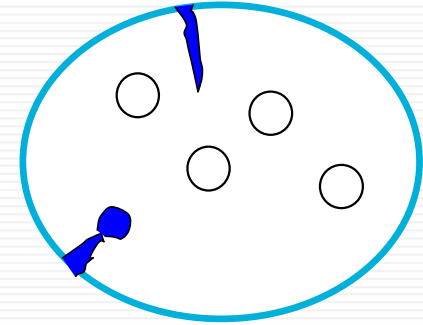
iii)

κορεσμένο –  
επιφανειακά στεγνό, SSD

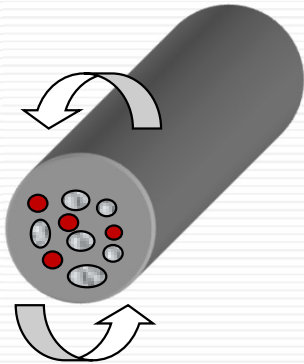


iv)

υγρό



**Αντοχή σε τριβή (λείανση και εκδορά):** Απαραίτητη ιδιότητα σε έργα που καταπονούνται σε δυνάμεις τριβής: π.χ. βιομηχανικά δάπεδα, οδοστρώματα



Δοκιμές: σε εκδορά (αδρανές – **άμμος**)  
σε λείανση (αδρανές – καουτσούκ ελαστικών)

*Los Angeles test: συνδυαστική δοκιμή για εκδορά και φθορά αλλά και για την αντοχή των αδρανών: Αδρανή + μεταλλικές σφαίρες: Ζυγίζεται το υλικό πριν ( $m_{initial}$ ) και μετά την δοκιμή ( $m_{final}$ ) **που συγκρατείται από το ίδιο κόσκινο***

*→ υπολογίζεται ο δείκτης απόρριψης  $LA = \Delta m / m_{initial}$  (%)*



Los Angeles test

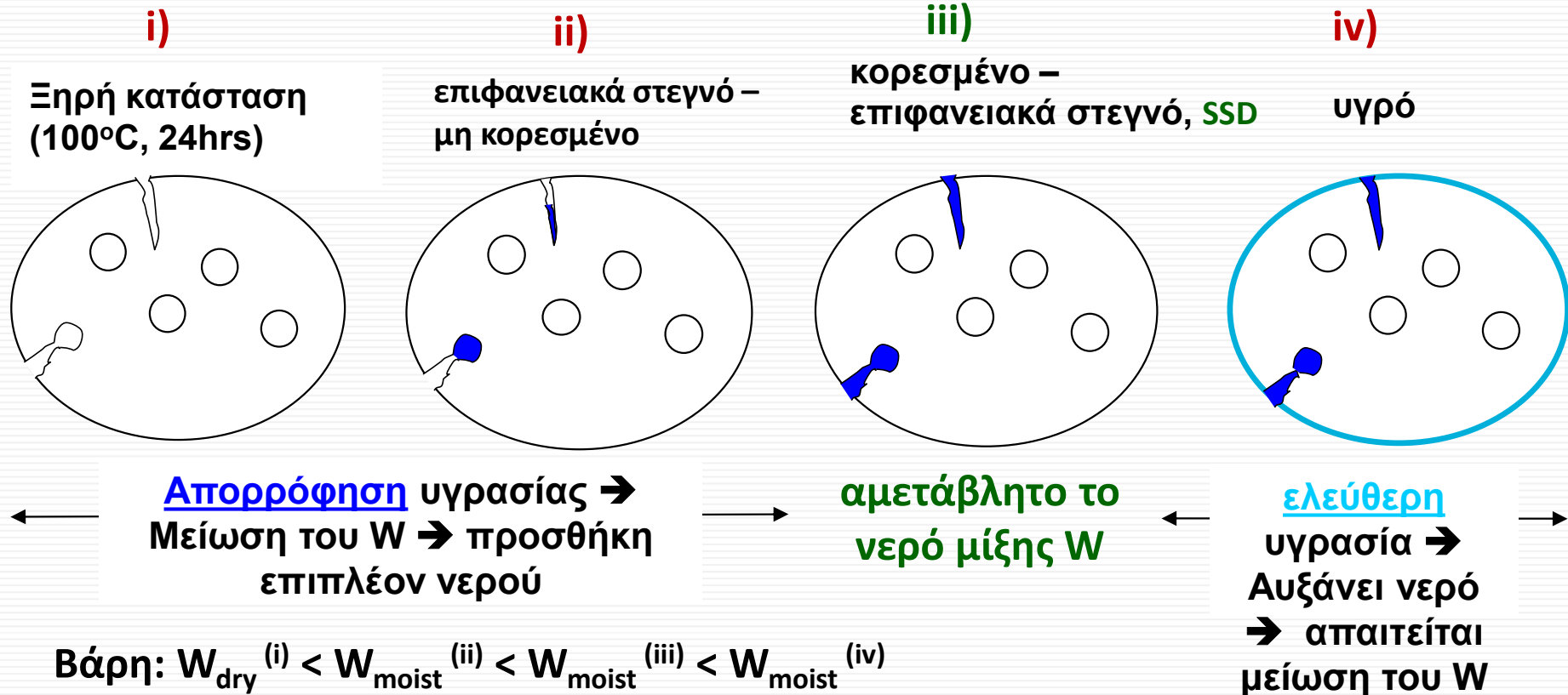
# Φυσικές ιδιότητες: ΥΓΡΑΣΙΑ

## Επιφανειακή (iv)

✓ Συμβάλλει σε ενυδάτωση τσιμέντου

## Ανοικτών πόρων

✓ Συμβάλλει στην σκλήρυνση σκυροδέματος



$$\text{Υγρασία: } Y = (W_{moist} - W_{dry}) / W_{dry} \times 100$$

Συνολική υγρασία (water content): της SSD + ελεύθερη

Στην περίπτωση της άμμου: η υγρασία που περιβάλλει κάθε κόκκο επιφέρει «διόγκωση», και επηρεάζει την σύνθεση στο σκυρόδεμα όταν οι αναλογίες είναι κ.ο. → μπαίνει λιγότερη άμμος → καλύτερα να είναι ΞΗΡΗ!!!

# Φυσικές ιδιότητες: ΥΓΡΑΣΙΑ

Συνολική υγρασία = απορροφητικότητα (SSD) + ελεύθερη υγρασία

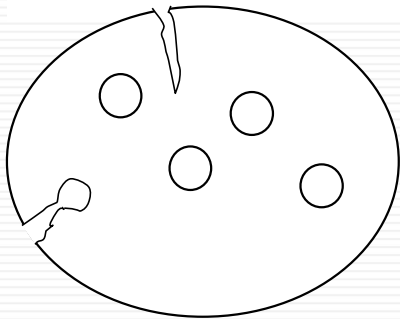
$$\text{Υγρασία: } Y = (W_{\text{moist}} - W_{\text{dry}}) / W_{\text{dry}} \times 100$$

Η υδατοαπορροφητικότητα στον κανονισμό ΚΤΣ2016 δηλώνεται ως  $WA_{24}$   
Πόσο νερό χάνεται από το SSD όταν ξηρανθεί σε φούρνο για 24ώρες!

$$\text{υδατοαπορροφητικότητα : } WA_{24} = (W_{\text{SSD}} - W_{\text{dry}}) / W_{\text{dry}} \times 100$$

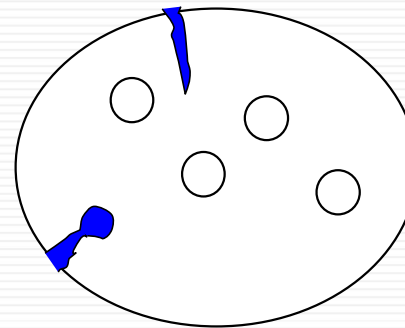
i)

Ξηρή κατάσταση  
(100°C, 24hrs)



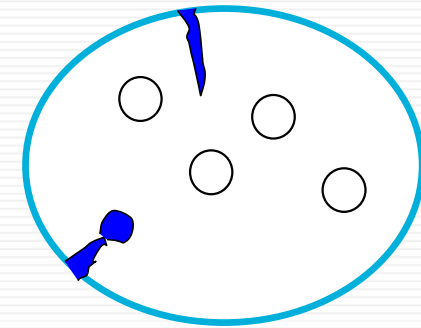
iii)

κορεσμένο –  
επιφανειακά στεγνό, SSD



iv)

υγρό



Παράδειγμα 1: Άμμος με:  $W_{\text{moist}} = 625 \text{ gr}$ ,  $W_{\text{dry}} = 590 \text{ gr}$ , απορρόφηση  $WA_{24} = 1,6\%$

Μάζα νερού  $W_{\text{water}} = W_{\text{moist}} - W_{\text{dry}} = 625 - 590 = 35 \text{ gr}$

Συνολική Υγρασία:  $Y = (625 - 590) / 590 \times 100 = 6\% > WA_{24}$

→ Ελεύθερη υγρασία: =  $6 - 1,6 = 4,4\%$

Σημείωση: επειδή υγρασία είναι μεγαλύτερη της  $WA_{24}$  σημαίνει ότι το δείγμα βρίσκεται στην κατάσταση iv)

# Φυσικές ιδιότητες: ΥΓΡΑΣΙΑ

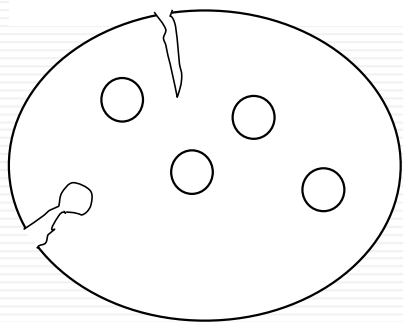
συνολική υγρασία = ελεύθερη υγρασία + απορροφητικότητα

$$\text{Υγρασία, } Y = (W_{\text{moist}} - W_{\text{dry}}) / W_{\text{dry}} \times 100$$

$$\text{υδατοαπορροφητικότητα : } WA_{24} = (W_{\text{SSD}} - W_{\text{dry}}) / W_{\text{dry}} \times 100$$

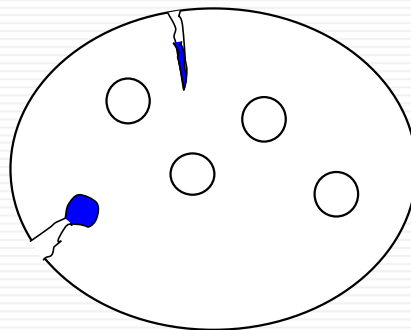
i)

Ξηρή κατάσταση  
(100°C, 24hrs)



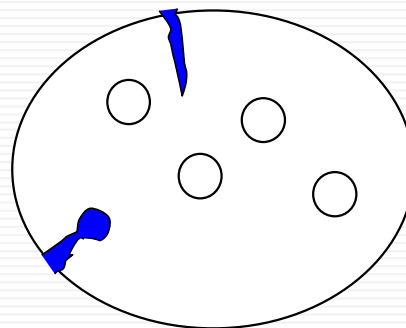
ii)

επιφανειακά στεγνό –  
μη κορεσμένο



iii)

κορεσμένο –  
επιφανειακά στεγνό, SSD



Σημείωση: επειδή η  $WA_{24}$  είναι μεγαλύτερη της υγρασίας σημαίνει ότι το δείγμα βρίσκεται στην κατάσταση ii)

Παράδειγμα 2: ανάμιξη δύο τύπων αδρανών

	Χονδρόκοκκα αδρανή	+	άμμος
Βάρος:	50 Kg		30 Kg
Υγρασία:	3,9%		3,5%
Απορρόφηση:	4,7%		4,9%

1<sup>ο</sup> ΒΗΜΑ: Ποιο το ξηρό βάρος;  $\rightarrow W_{\text{dry}} = W_{\text{moist}} / (Y/100 + 1)$

Ξηρά βάρη:  $50 / 1,039 = 48,123$   $30 / 1,035 = 28,986$

2<sup>ο</sup> ΒΗΜΑ: πόσο νερό χρειάζεται  $W_{\text{water}}$  για μετάβαση στην Κατάσταση SSD;

$(0,047 - 0,039) \times 48,123 = 0,385 \text{Kg}$   $(0,049 - 0,035) \times 28,986 = 0,40 \text{Kg}$



πυκνότητα,  $\rho = m/V$

$m$ : μάζα συμπαγούς υλικού

$V$ : όγκος υλικού

Ειδικό βάρος (σχετική πυκνότητα):

$= \rho / \rho_{\text{water}} = m / m_{\text{water}}$

η μάζα υλικού διαιρεμένη με την μάζα νερού ίσου όγκου με το υλικό

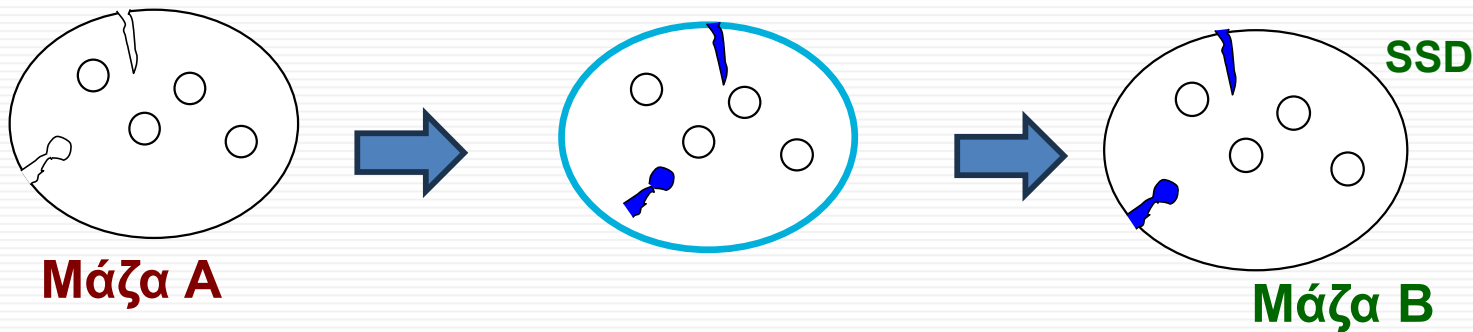
## Φυσικές Ιδιότητες

Φαινόμενο ειδικό βάρος αδρανών

$V$ : όγκος στερεού + αδιαπέρατων πόρων = όγκος αδρανούς

Μέθοδος Μέτρησης:

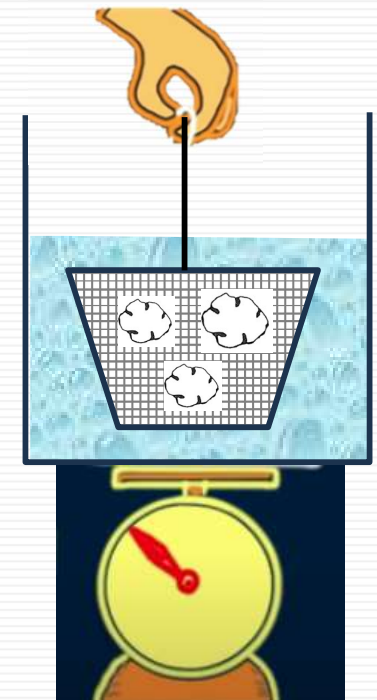
ξηρανση στους 100-110°C για 24 ώρες, μετά εμφύσηση για 24hrs, μετά σκούπισμα



Το SSD δείγμα τοποθετείται σε συρμάτινο καλάθι που επικρέμεται μέσα σε δοχείο με νερό. Η ζυγαριά ζυγίζει το φαινόμενο βάρος μέσα στο νερό (μάζα C), το οποίο είναι μικρότερο από του αέρα (B) και η διαφορά ισούται με την μάζα του εκτοπισμένου νερού → αυτή η μάζα νερού ισούται με τον όγκο των αδρανών!

Φαινόμενο ειδικό βάρος (ξηρό) =  $A / (B - C)$

Φαινόμενο ειδικό βάρος (SSD) =  $B / (B - C)$



### Example 6: Specific gravity calculation for coarse aggregate

Oven-dry mass in air	<b>A</b>	=	3168.5 g
Saturated surface-dry mass in air	<b>B</b>	=	3190.0 g
Saturated mass in water	<b>C</b>	=	1972.0 g

## Φυσικές Ιδιότητες

$$\text{Bulk specific gravity} = \frac{3168.5 \text{ g}}{3190.0 \text{ g} - 1972.0 \text{ g}} = 2.60$$

Φαινόμενο ειδικό βάρος (ξηρό) =  $A/(B-C)$

$$\text{Bulk specific gravity SSD} = \frac{3190.0 \text{ g}}{3190.0 \text{ g} - 1972.0 \text{ g}} = 2.62$$

Φαινόμενο ειδικό βάρος (SSD) =  $B/(B-C)$

☞ Το φαινόμενο ειδικό βάρος χρησιμοποιείται στην αναλογία μίξης υλικών στο σκυρόδεμα ώστε να προκύψει ο όγκος **V** που καταλαμβάνει δεδομένη μάζα αδρανών **m** μέσα στο σκυρόδεμα

**V**: όγκος στερεού υλικού + αδιαπέρατων πόρων του αδρανούς (δεν αφορά τα κενά μεταξύ αδρανών!!!)

$$V = m / (\Phi.E.B. \times \rho_{\text{νερού}})$$

Π.χ. εάν η μάζα ξηρών αδρανών είναι 47.7 Kg και το ξηρό φαινόμενο βάρος είναι 2.6 τότε ο όγκος τους είναι  $V = 47.7 / (2.6 \times 1000) = 0.018 \text{ m}^3$

πυκνότητα,  $\rho = m/V$

$m$ : μάζα συμπαγούς υλικού

$V$ : όγκος υλικού

Ειδικό βάρος (σχετική πυκνότητα):

$= \rho / \rho_{\text{water}} = m / m_{\text{water}}$

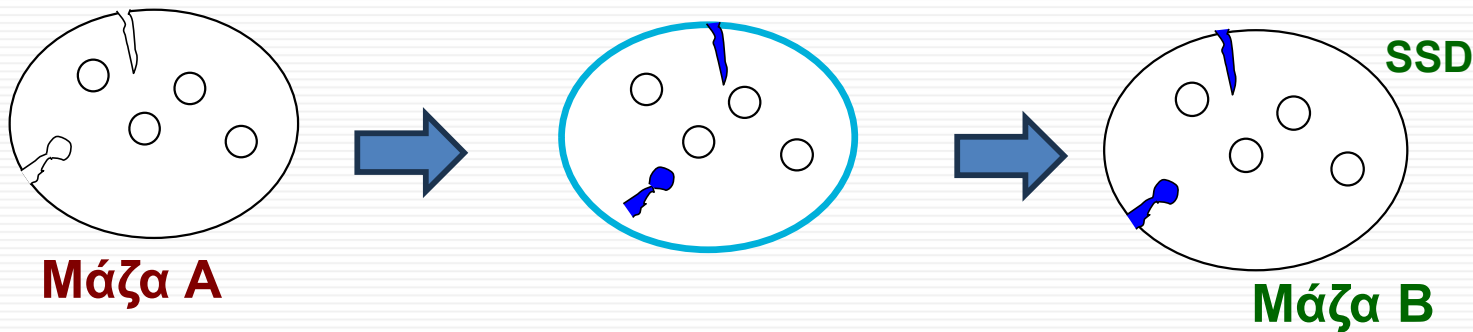
η μάζα υλικού διαιρεμένη με την μάζα νερού ίσου όγκου με το υλικό

Φαινόμενο ειδικό βάρος αδρανών

$V$ : όγκος στερεού + αδιαπέρατων πόρων = όγκος αδρανούς

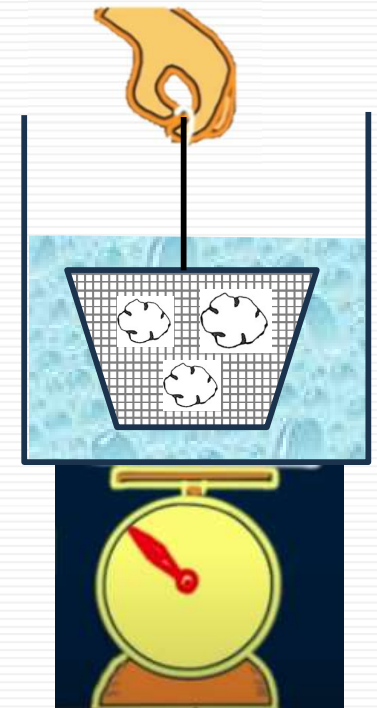
Μέθοδος Μέτρησης:

ξηρανση στους 100-110°C για 24 ώρες, μετά εμβάπτιση για 24hrs, μετά σκούπισμα



Φαινόμενο ειδικό βάρος (ξηρό) =  $A / (B - C)$

Φαινόμενο ειδικό βάρος (SSD) =  $B / (B - C)$



Φαινόμενη πυκνότητα (χύδη)

$\rho = \text{μάζα αδρανών} / (\text{όγκο αδρανών} + \text{κενών μεταξύ τους})$



## Φαινόμενη πυκνότητα (χύδην)

$\rho = \text{μάζα αδρανών} / (\text{όγκο αδρανών} + \text{κενών μεταξύ τους})$

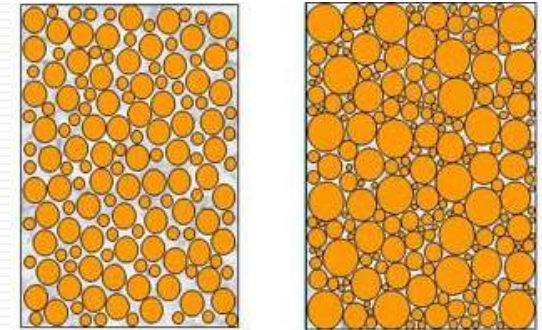
Ξηρό ή SSD δείγμα

**m:** η μάζα που χωράει σε δοχείο γνωστού όγκου **V**

**Χαλαρό:** απλώς τοποθετούνται στο δοχείο

**Συμπυκνωμένο:** σε τρεις στρώσεις με χτυπήματα

Ανάλογα το σχήμα, διάταξη και κοκκομετρία των αδρανών:  
 $\rho_{\text{χαλαρό}} = (0.87 - 0.96) \rho_{\text{συμπυκνωμένο}}$



χαλαρό συμπυκνωμένο

Το ποσοστό κενών χονδροκόκκων αδρανών υποδεικνύει τον όγκο κονιάματος (τσιμεντόπαστας και άμμου) που χρειάζεται για να γεμίσει τα κενά.

Παράγοντες που επηρεάζουν την φαινόμενη πυκνότητα αδρανών:

➤ Η συνολική υγρασία

Στα χονδροκόκκα αδρανή → αύξηση Φ.Π.

Η Άμμος όταν βρίσκεται πέρα από το SSD (έχει ελεύθερη υγρασία) → μείωση Φ.Π.

επειδή η υγρασία που περιβάλλει κάθε κόκκο επιφέρει «διόγκωση» → στην δοκιμή λιγότερη μάζα άμμου καταλαμβάνει τον όγκο του δοχείου.

➤ Η διαβάθμιση, το σχήμα κόκκου, η επιφανειακή τραχύτητα

**Φαινόμενο ειδικό βάρος συνήθων αδρανών 2.6 – 2.7**  
(φαινόμενη –χύδην- πυκνότητα συνήθων αδρανών 1200-1750Kg/m<sup>3</sup>)

**Βαρέα αδρανή (2.8-6): βαρύτης, μαγνησίτης**  
**μεταλλεύματα σιδήρου, πυριτοσιδήρου**

**Ελαφρά αδρανή (<2):**

- **διογκωμένη άργιλος (LECA) 0.3-0.6**
- **Κίσηρη** Ηφαιστειογενές πέτρωμα με πολλούς πόρους **0.8-1.2**
- **Περλίτης** Υφαιστειακό γυαλί, όταν θερμανθεί διογκώνεται **0.3-0.6**

**διογκωμένη άργιλος**



**κίσηρη**



**περλίτης**



- Τρίβονται εύκολα
- Μεγάλη υδατοαπορροφητικότητα

## επιβλαβείς προσμίξεις

- Παρεμποδίζουν την ενυδάτωση του τσιμέντου
- Περιβάλλουν τα αδρανή παρεμποδίζοντας την συνάφεια αδρανούς – τσιμεντόπαστας
- είναι σαθρά (π.χ. κελύφη), και άρα αδύναμα σημεία της δομής του σκυροδέματος

### Οργανικές προσμίξεις – φυτικό υλικό σε αποσύνθεση (υπάρχει κυρίως στην άμμο)

- πηλός: περιβάλλει τα αδρανή και παρεμποδίζει την συνάφεια
- Παιπάλη (πούδρα): είτε περιβάλλει τα αδρανή είτε είναι συστατικό υλικό (χαλαρό) → μεγάλη ειδική επιφάνεια ( $1/r$ ) → αυξάνει το νερό μίξης που χρειάζεται ώστε να διαβραχούν όλα τα λεπτόκοκκα (παιπάλη και τσιμέντο)

Ο Κανονισμός EN12620 : **finer**, έχουν μέγεθος κόκκου  $<0.063\text{mm}$ , βάζει επιτρεπτά όρια

Άλατα (χλωριόντα): έως 6% σε άμμο από παραθαλάσσιες αποθέσεις → κίνδυνος σκουριάς του οπλισμού εντός του σκυροδέματος  
από άμμο βυθού: λιγότερο επικίνδυνη, αρκεί το πλύσιμο

Εάν το άλας επί της άμμου προσλάβει υγρασία → *efflorescence*



# Αλκαλοπυριτική αντίδραση (alkali-silica reactivity AAR)

Αντίδραση μεταξύ των ενεργών οξειδίων πυριτίου ( $\text{SiO}_2$ ) των αδρανών και των αλκαλίων του τσιμέντου

Ενεργοί τύποι  $\text{SiO}_2$  μπορούν να εμπεριέχονται σε πετρώματα όπως το οπάλιο, **πυριτικός ασβεστόλιθος (συνήθως ελαφρά αδρανή)**

Η αντίδραση ξεκινά μεταξύ οξειδίων πυριτίου ( $\text{SiO}_2$ ) και των αλκαλίων  $\text{Na}_2\text{O}$  &  $\text{K}_2\text{O}$  του τσιμέντου. Δημιουργείται γέλη (gel) η οποία απορροφά νερό και αυξάνει τον όγκο της → σαν «πρήξιμο-φούσκωμα» αδρανών. Επειδή η γέλη βρίσκεται μεταξύ αδρανούς και

τσιμεντοπάστας πιέζει την πάστα και την ρηγματώνει → **πολυρηγμάτωση σκυροδέματος**

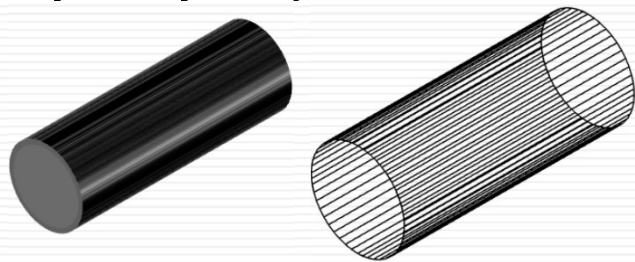
Πόσο γρήγορα θα γίνει η AAR εξαρτάται από το πόσο λεπτόκοκκο (ενεργό) είναι το  $\text{SiO}_2$ : 4-8 εβδομάδες (ταχεία επιδείνωση του έργου) ή μετά από 4-5 χρόνια...

**ΛΥΣΗ: Προσεχτική επιλογή αδρανών και τσιμέντου χαμηλής περιεκτικότητας σε αλκάλια!**

Πώς ελέγχω γρήγορα εάν τα αδρανή είναι κατάλληλα:

Θραύονται σε άμμο και αναμιγνύονται με τσιμέντο (με αλκάλια <0.6%) και νερό (κονίαμα).

Τα δοκίμια τοποθετούνται πάνω από νερό θερμοκρασίας 40°C για 3 μήνες και μετρίεται η διόγκωσή τους.



$V_{init}$

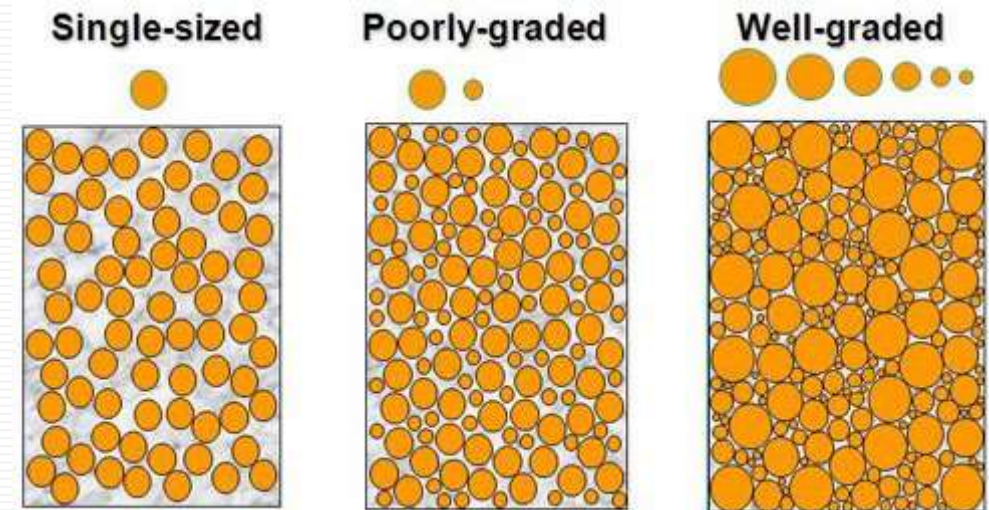
$V_{final} < 1.05 V_{init}$

→ **δεν υπάρχει κίνδυνος AAR**



# ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗ – ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΑΔΡΑΝΩΝ

- Η διαβάθμιση τους εντός του σκυροδέματος καθορίζει τον όγκο κενών και συνεπώς την απαιτούμενη τσιμεντόπαστα ώστε να γεμίσει τα κενά.



- Η βέλτιστη διαβάθμιση αδρανών προάγει την ελαχιστοποίηση των κενών – εγκλωβισμένου αέρα (αδύναμων σημείων) και συνεπώς τον όγκο της τσιμεντόπαστας ώστε το σκυρόδεμα να χαρακτηρίζεται από:

Ο όγκος κενών καλά διαβαθμισμένης άμμου: ~ 30%  
Ο όγκος κενών καλά διαβαθμισμένων αδρανών ~ 30 - 45%  
Αυτά αντιπροσωπεύουν τον όγκο της τσιμεντόπαστας που θα γεμίσει τα διάκενα της άμμου, και τον όγκο της άμμου που θα γεμίσει τα διάκενα των αδρανών.

↑↑ εργασιμότητα (↓↓ η απαίτηση για συμπύκνωση - κόστος)

↑↑ οικονομία (ακριβό το τσιμέντο) → ↓↓ του CO<sub>2</sub>

↑↑ ρεολογικών & μηχανικών χαρακτηριστικών και ανθεκτικότητας

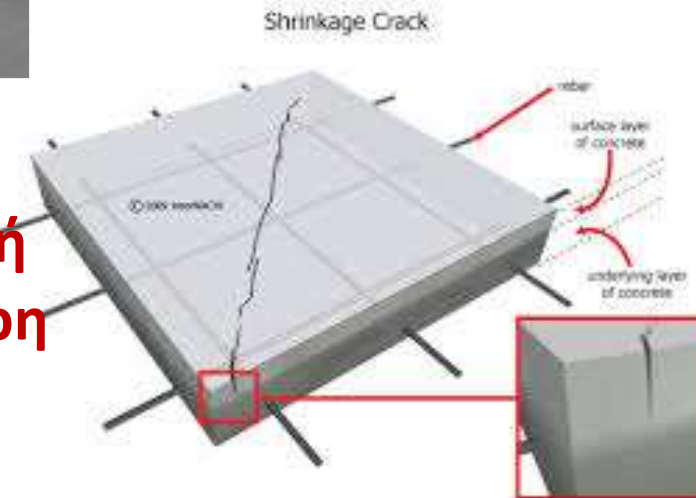
↓↓ προβλημάτων στο σκυρόδεμα: διαχωρισμού, εξίδρωσης και συστολής ξήρανσης



# ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗ – ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΑΔΡΑΝΩΝ



**συστολή ξήρανσης: η τσιμεντόπαστα τείνει να συρρικνώνεται όταν χάνεται η υγρασία (εξάτμιση ή χημικές διεργασίες). Τα αδρανή έχοντας μεγαλύτερη σκληρότητα από την σκληρυμμένη πάστα αντιστέκονται στην συρρίκνωση → ρηγματώσεις**

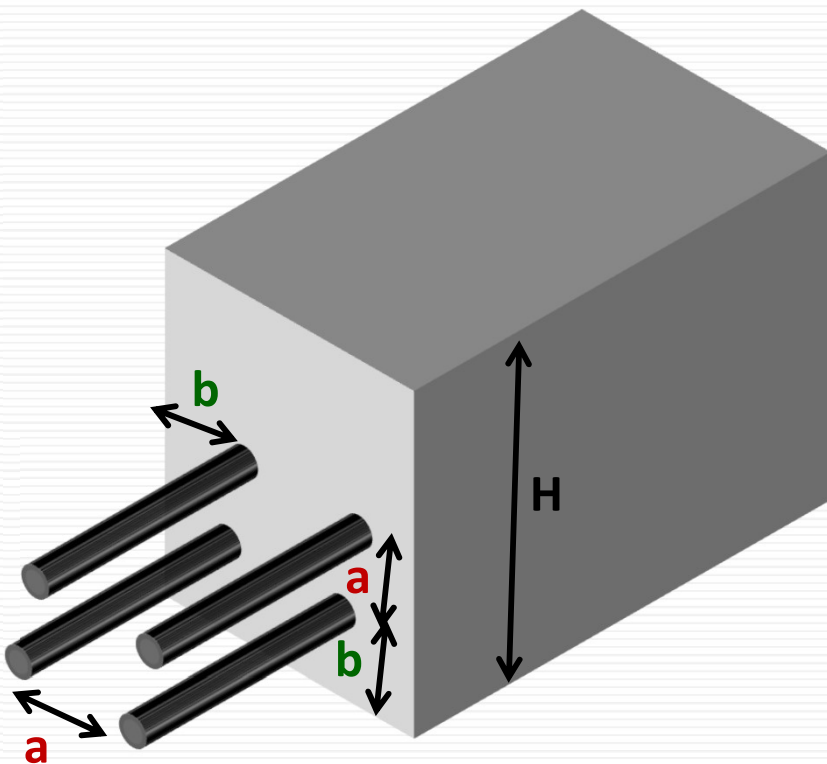


↓↓ προβλημάτων στο σκυρόδεμα: **διαχωρισμού, εξίδρωσης και συστολής ξήρανσης**

# ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗ – ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΑΔΡΑΝΩΝ

Το μέγιστο μέγεθος αδρανούς  $D_{max}$  επηρεάζει την δομική συμπεριφορά:

- Θα πρέπει να χωράει ανάμεσα σε ράβδους οπλισμού:  $D_{max} < a$
- Θα πρέπει να χωράει μέσα στην επικάλυψη:  $D_{max} < b$
- Να συμμετέχουν στο πάχος του στοιχείου τουλάχιστον τρεις κόκκοι:  $D_{max} < 1/3H$



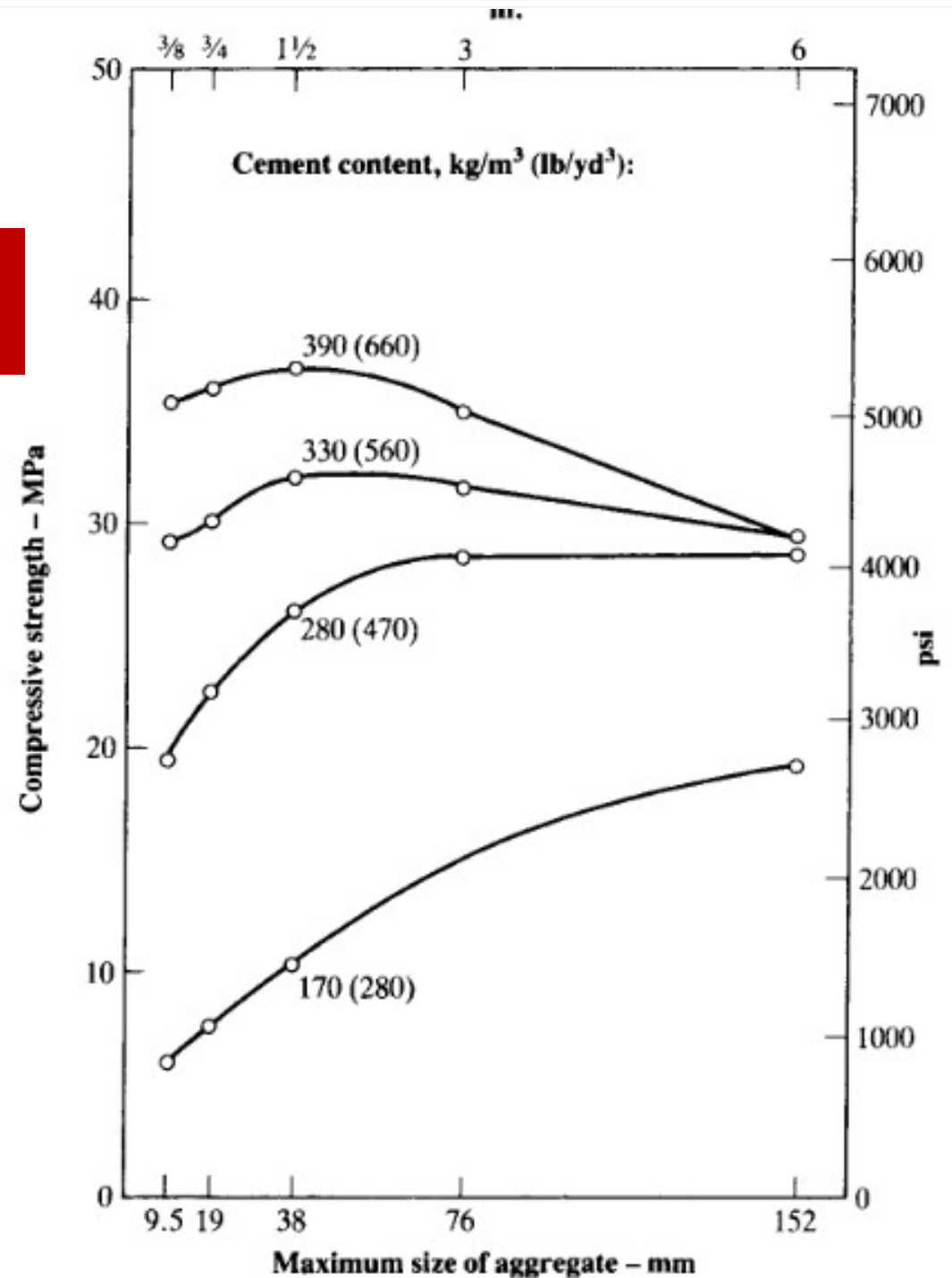
Δεν ελήφθη υπόψη  
εάν τα αδρανή  
χωράνε μεταξύ των  
ράβδων οπλισμού και  
της επικάλυψης αυτών

# ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗ – ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΑΔΡΑΝΩΝ

Το μέγιστο μέγεθος αδρανούς  $D_{max}$  επηρεάζει και την αντοχή του σκυροδέματος

**ειδική επιφάνεια** = εμβαδόν εξωτερικής επιφάνειας/όγκος (π.χ. σε σφαίρα  $EE=3/r$ )!!!

- Ε.Ε. είναι πολύ μεγάλη στα λεπτά και μικρή στα χονδρόκοκκα και άρα η επιφάνεια διαβροχής είναι μικρή!!!
- Θεωρητικά το απαιτούμενο νερό γίνεται λιγότερο σε ένα σκυρόδεμα, όσο αυξάνει το μέγεθος του αδρανούς, με ευμενή συνέπεια την αύξηση της αντοχής.
- Όμως μειώνεται η επιφάνεια συνάφειας μεταξύ αδρανούς και τσιμεντόπαστας



# Ευρωπαϊκό πρότυπο: EN 12620 (aggregates in concrete) - ΜΕΓΕΘΟΣ

Σχεδιασμός διάστασης κοκκομετρικής ομάδας κατά  $d/D$ , δηλ. από την μικρότερη  $d$  στην μεγαλύτερη διάσταση  $D$  κόκκου της συγκεκριμένης ομάδας

Ο χαρακτηρισμός του μεγέθους ενός αδρανούς ως  $d/D$  σημαίνει ότι ένα μικρό ποσοστό κόκκων του αδρανούς μπορεί να συγκρατείται στο κόσκινο  $D$  (υπερδιάστατο ποσοστό) και ένα μικρό ποσοστό κόκκων μπορεί να διέρχεται από το κόσκινο  $d$  (υποδιάστατο ποσοστό).

**Λεπτόκοκκα**  
(fine  $D \leq 4 \text{ mm}$ )



**Άμμος 0/4**



**Filler/παιπάλη**  
( $<0.063 \text{ mm}$ )

**Χονδρόκοκκα**  
(coarse aggregate  $D \geq 4 \text{ mm}$   $d \geq 2 \text{ mm}$ )



**Γαρμπίλι 4/16**



**Χονδρό γαρμπίλι 8/16**



**Σκύρα ( $\geq 16\text{mm}$ )**



**Ρυζάκι 4/8**

**Μια κοκκομετρική ομάδα πρέπει να έχει:  $D/d > 1.4$**



# Διαβάθμιση αδρανών: Πώς την μετράμε;

Κόσκινα με τετραγωνικές οπές (βρόγχους) συγκεκριμένων διαστάσεων

## Ευρωπαϊκό πρότυπο: EN 12620 (aggregates in concrete)

Table 1 — Sieve sizes for specifying aggregate sizes

Basic set mm	Basic set plus set 1 mm	Basic set plus set 2 mm
0	0	0
1	1	1
2	2	2
4	4	4
—	5,6 (5)	—
—	—	6,3 (6)
8	8	8
—	—	10
—	11,2 (11)	—
—	—	12,5 (12)
—	—	14
16	16	16
—	—	20
—	22,4 (22)	—
31,5 (32)	31,5 (32)	31,5 (32)
—	—	40
—	45	—
63	63	63

Τα κόσκινα τοποθετούνται από το μεγαλύτερης οπής έως το μικρότερης οπής (τέλος ο συλλέκτης) σε κοσκιγιέρα η οποία κοσκινίζει το δείγμα για συγκεκριμένο χρόνο.



Αν το δείγμα (>99%) διέρχεται από το D: χρήση και των D, d, d/2

π.χ. 6/22, πρέπει στην σειρά να υπάρχουν το 22, 6 και το 3 → 4 με συνδυασμό basic + set 1 ή basic + set 2

Table 3.6: BS, ASTM and BS EN sieve sizes normally used for grading of aggregate

<u>Coarse aggregate</u>				
BS		ASTM		BS EN
Aperture	Previous	Aperture	Previous	Aperture
–	–	125 mm (5 in.)	5 in.	125 mm (5 in.)
–	–	100 mm (4 in.)	4 in.	–
75 mm (3 in.)	3 in.	75 mm (3 in.)	3 in.	–
63 mm (2.5 in.)	2½ in.	63 mm (2.5 in.)	2½ in.	63 mm (2.5 in.)
50 mm (2 in.)	2 in.	50 mm (2 in.)	2 in.	–
37.5 mm (1.5 in.)	1½ in.	37.5 mm (1.5 in.)	1½ in.	31.5 mm (1.24 in.)
28 mm (1.1 in.)	1 in.	25 mm (1 in.)	1 in.	–
20 mm (0.786 in.)	¾ in.	19 mm (0.75 in.)	¾ in.	–
14 mm (0.51 in.)	½ in.	12.5 mm (0.5 in.)	½ in.	16 mm (0.63 in.)
10 mm (0.393 in.)	⅜ in.	9.5 mm (0.374 in.)	⅜ in.	–
6.3 mm (0.248 in.)	¼ in.	6.3 mm (0.248 in.)	¼ in.	8 mm (0.315 in.)
<u>Fine aggregate</u>				
BS		ASTM		BS EN
Aperture	Previous	Aperture	Previous	Aperture
5 mm (0.197 in.)	⅜ in.	4.75 mm (0.187 in.)	No. 4	4 mm (0.157 in.)
2.36 mm (0.0937 in.)	No. 7	2.36 mm (0.0937 in.)	No. 8	2 mm (0.0787 in.)
1.18 mm (0.0469 in.)	No. 14	1.18 mm (0.0469 in.)	No. 16	1 mm (0.0394 in.)
600 μm (0.0234 in.)	No. 26	600 μm (0.0234 in.)	No. 30	0.5 mm (0.0197 in.)
300 μm (0.0117 in.)	No. 52	300 μm (0.0117 in.)	No. 50	0.25 mm (0.0098 in.)
150 μm (0.0059 in.)	No. 100	50 μm (0.0059 in.)	No. 100	0.125 mm (0.0049 in.)
–	–	–	–	0.063 mm (0.0025 in.)

Ευρώπη: Τα EN κόσκινα  
Αμερική: Τα ASTM κόσκινα

Τα χονδρόκοκκα αδρανή  
(coarse aggregate)  
διαβαθμίζονται με  
διαφορετική σειρά κοσκίνων  
από αυτά της άμμου!!!

# Διαβάθμιση αδρανών: Πώς την μετράμε;



Το κάθε κόσκινο θα συγκρατήσει μια ποσότητα από το δείγμα  
Π.χ. το Νο. 32 τα αδρανή με κόκκο  $d > 32\text{mm}$   
Το Νο. 16 τα αδρανή με κόκκους  $d > 16\text{mm}$  και  $d \leq 32\text{mm}$   
κλπ. (**ΣΥΓΚΡΑΤΟΥΜΕΝΑ**)

Βήματα:

1. Ζυγίζεται το απόβαρο



2. Ζυγίζεται το μικτό βάρος του δείγματος και τοποθετείται στην κοσκινιέρα



3. Ζυγίζεται η 1<sup>η</sup> συγκρατούμενη ποσότητα (π.χ. από 32)



4. Προστίθεται η 2<sup>η</sup> συγκρατούμενη ποσότητα (π.χ. από Νο. 16) και ζυγίζεται μαζί με την 1<sup>η</sup> συγκρατούμενη κλπ. →  
**ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΑ**  
**ΣΥΓΚΡΑΤΟΥΜΕΝΑ**



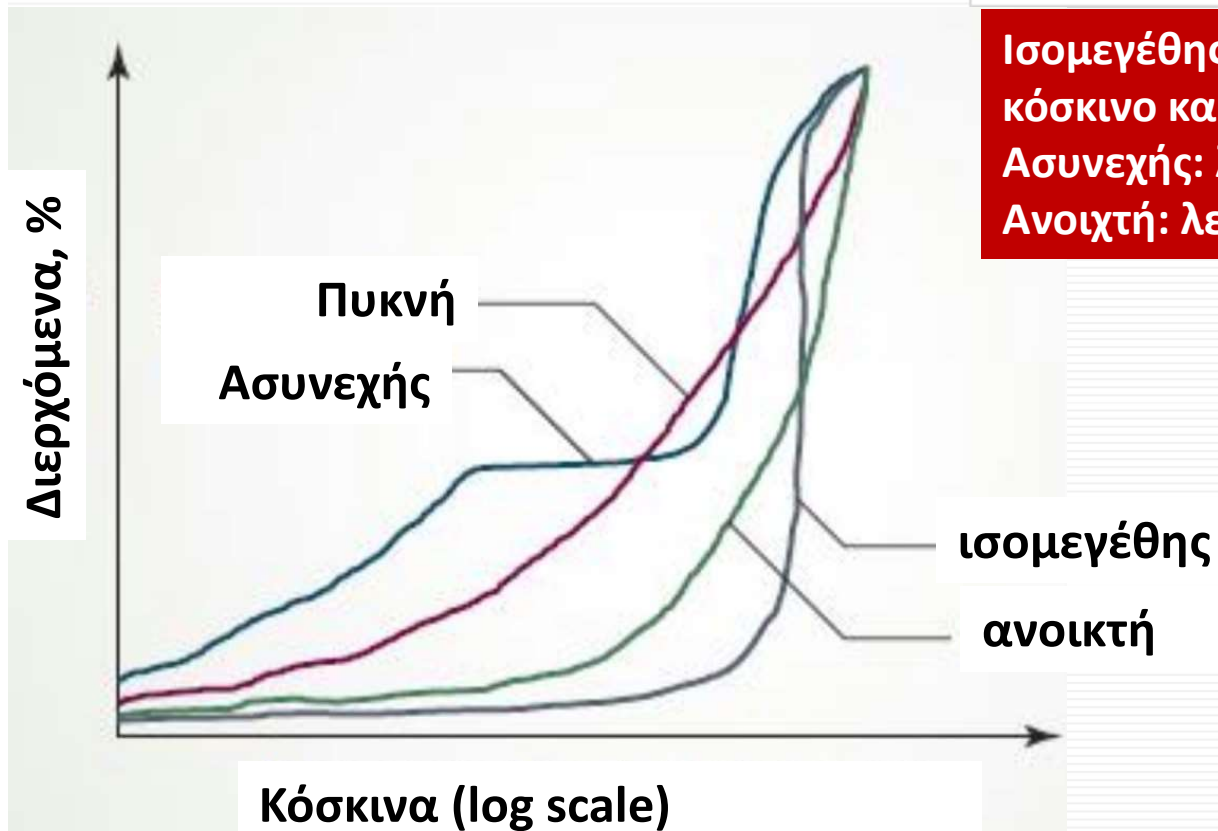
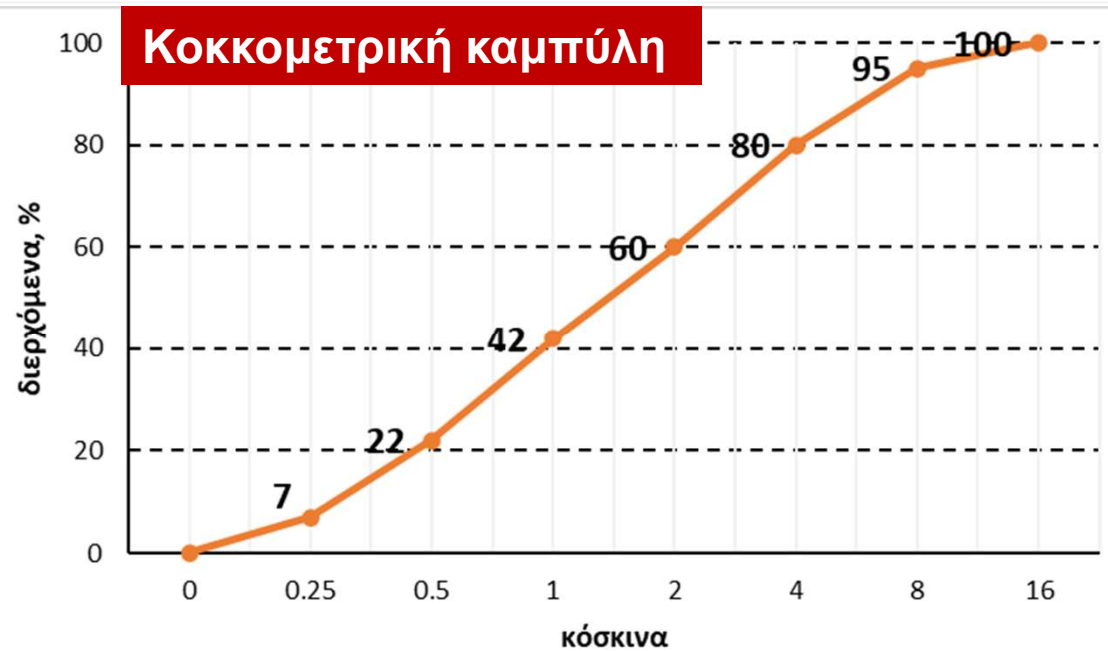
# Διαβάθμιση αδρανών: Πώς την μετράμε;

Π.χ. δείγμα 1000gr αδρανών (η ζυγαριά ακρίβειας 0.1% του βάρους, π.χ. 1gr):

Κόσκινα	ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΑ ΣΥΓΚΡΑΤΟΥΜΕΝΑ	ΣΥΓΚΡΑΤΟΥΜΕΝΑ σε κάθε κόσκινο ΔMi	<u>Διερχόμενα</u> = βάρος δείγματος – Αθρ. Συγκρατούμενα
8mm	50	50-0=50	1000-50=950gr (95%)
4mm	200	200-50=150	1000-200=800gr (80%)
2mm	400	400-200=200	1000-400=600gr (60%)
1mm	580	580-400=180	1000-580=420gr (42%)
0.5mm	780	780-580=200	1000-780=220gr (22%)
0.25mm	930	930-780=150	1000-930=70gr (7%)
συλλέκτης (0 mm)	1000 (δεκτό έως 1% απόκλιση, π.χ. 990gr)	1000-930=70	1000-1000=0 (0%)
Σύνολο	1000gr	1000gr	



Κόσκινα	ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΑ ΣΥΓΚΡΑΤΟΥΜΕΝΑ	ΣΥΓΚΡΑΤΟΥΜΕΝΑ σε κάθε κόσκινο ΔMi	Διερχόμενα = βάρος δείγματος – Αθρ. Συγκρατούμενα
8mm	50	50-0=50	1000-50=950γρ (95%)
4mm	200	200-50=150	1000-200=800γρ (80%)
2mm	400	400-200=200	1000-400=600γρ (60%)
1mm	580	580-400=180	1000-580=420γρ (42%)
0.5mm	780	780-580=200	1000-780=220γρ (22%)
0.25mm	930	930-780=150	1000-930=70γρ (7%)
συλλέκτης	1000 (δεκτό έως 1% απόκλιση, π.χ. 990γρ)	1000-930=70	1000-1000=0 (0%)
Σύνολο	1000gr	1000gr	



**Ισομεγέθης:** η πλειονότητα διέρχεται από ένα κόσκινο και συγκρατείται από το επόμενο.  
**Ασυνεχής:** λείπουν ένα ή περισσότερα μεγέθη.  
**Ανοικτή:** λείπουν τα μικρά μεγέθη

Όταν η κατανομή είναι πυκνή τότε υπάρχουν όλα τα μεγέθη και συνεπώς υπάρχουν λιγότερα κενά μεταξύ των κόκκων. Όταν η προστιθέμενη άμμος είναι λίγη (αυτή που θα γέμιζε τα κενά) τότε απαιτείται περισσότερη τσιμεντόπαστα. Εάν έμπαινε περισσότερη άμμος, λόγω μεγάλης ειδικής επιφάνειάς θα απαιτούσε πάλι μεγάλη ποσότητα τσιμεντόπαστας.

Κόσκινα	ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΑ ΣΥΓΚΡΑΤΟΥΜΕΝΑ	ΣΥΓΚΡΑΤΟΥΜΕΝΑ σε κάθε κόσκινο ΔMi	Διερχόμενα = βάρος δείγματος – Αθρ. Συγκρατούμενα	ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΑ ΣΥΓΚΡΑΤΟΥΜΕΝΑ, %
8mm	50	50-0=50	1000-50=950γρ (95%)	50/1000=5%
4mm	200	200-50=150	1000-200=800γρ (80%)	200/1000=20%
2mm	400	400-200=200	1000-400=600γρ (60%)	400/1000=40%
1mm	580	580-400=180	1000-580=420γρ (42%)	580/1000=58%
0.5mm	780	780-580=200	1000-780=220γρ (22%)	780/1000=78%
0.25mm	930	930-780=150	1000-930=70γρ (7%)	930/1000=93%
συλλέκτης	1000 (δεκτό έως 1% απόκλιση, π.χ. 990γρ)	1000-930=70	1000-1000=0 (0%)	Άθροισμα:
Σύνολο	1000gr	1000gr		2.94

Παρατήρηση:  
Στον υπολογισμό του δείκτη λεπτότητας δεν περιλαμβάνονται το κόσκινο με 100% διερχόμενα (άρα αθρ. Συγκρατούμενο 0) ούτε ο συλλέκτης (που θα είχε αθροιστικό συγκρατούμενο 100)

$$= (5+20+40+58+78+93)/100$$

Κατά ASTM (mm): 75, 37.5, 19, 9.5,  
4.75, 2.36, 1.18, 600μm, 300 μm,  
150 μm (min)

**Δείκτης λεπτότητας** = το άθροισμα των  
αθροιστικών συγκρατούμενων σε κάθε κόσκινο/100

## Δείκτης λεπτότητας (fineness modulus, FM)

Σειρά κοσκίνων, όπου το κάθε ένα έχει διπλάσιο μέγεθος από το επόμενο. Υπολογίζεται κυρίως για τα λεπτά αδρανή (τυπικές τιμές 2.3 – 3, υψηλότερες τιμές δηλώνουν χονδροκόκκα). Η χρησιμότητα του FM έγκειται στο να ανιχνευθούν τυχόν διαφορές από την ίδια πηγή παραγωγής τους (επιρροή της εργασιμότητας του σκυροδέματος)

## Παράδειγμα 1

### Example 1: Calculations for sieve analysis of fine aggregate

A sample of fine aggregate with a mass of 510.5 g is passed through the sieves shown in the following and the masses retained on each sieve are as shown.

$$FM = (2 + 15 + 35 + 55 + 79 + 97) / 100 = 2.83$$

Sieve size	Mass retained, g, individual on each sieve	Individual % retained	Total % retained cumulative	Total % passing
3/8	0.0	0.0	0	100
4.75 mm (No. 4)	9.2	2	2	98
2.36 mm (No. 8)	67.6	13	15	85
1.18 mm (No. 16)	101.2	20	35	65
600 μm (No. 30)	102.2	20	55	45
300 μm (No. 50)	120.5	24	79	21
150 μm (No. 100)	93.1	18	97	3
75 μm (No. 200)	10.2	2	99	1
Pan	4.5	1	100	0
Total	508.5	100	—	—

Συγκρατούμενο: με ζύγισμα του κάθε κόσκινου ξεχωριστά

$$\text{Π.χ. } 9,2 / 508,5 \times 100 \approx 2\%$$

Το συνολικό βάρος 508,5 g διαφέρει από το αρχικό 510,5 g κατά 0,4%.

Αθροιστικό συγκρατούμενο: Π.χ. No. 16: αυτό και όλα τα μεγαλύτερα αυτού κόσκινα

Αθροιστικό διερχόμενα: Π.χ. 100- αθροιστικό συγκρατούμενο κάθε γραμμής

$$FM = (5 + 70 + 95 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100) / 100 = 670 / 100 = 6.7$$

Κατά ASTM (mm): 75, 37.5, 19, 9.5, 4.75, 2.36, 1.18, 600 μm, 300 μm, 150 μm (min)

Sieve size	Total % retained
25.0 mm (1 in.)	0
19.0 mm (3/4 in.)	5
✘ 12.5 mm (1/2 in.)	40
9.5 mm (3/8 in.)	70
4.75 mm (No. 4)	95
2.36 mm (No. 8)	100

Προστίθενται και τα μικρότερα κόσκινα που θα είχαν αθρ. Συγκρατούμενο επίσης το 100%

Sieve size	Total % retained
19.0 mm (3/4 in.)	5
9.5 mm (3/8 in.)	70
4.75 mm (No. 4)	95
2.36 mm (No. 8)	100
1.18 mm (No. 16)	100
600 μm (No. 30)	100
300 μm (No. 50)	100
150 μm (No. 100)	100
Sum	670
Fineness modulus = 670/100 = 6.70	

# Διαβαθμιση αδρανών:

για επίτευξη μέγιστης πυκνότητας → «ιδανικά» διερχόμενα

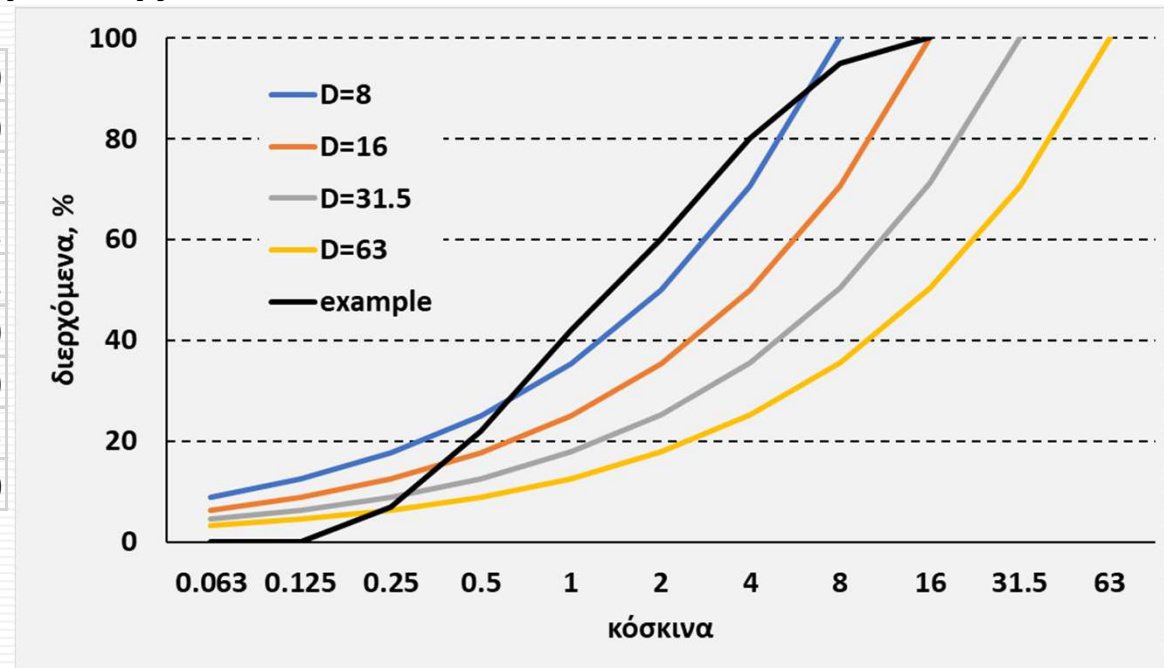
κατά Fuller 1907:

$$P_i = 100 \times \left( \frac{d_i}{D} \right)^{0.5}$$

P<sub>i</sub>= το ποσοστό που διέρχεται από κόσκινο μεγέθους d<sub>i</sub>  
 d<sub>i</sub>= το συγκεκριμένο μέγεθος του κόσκινου  
 D=μέγιστο μέγεθος αδρανών

D	8	16	31.5	63	
d <sub>i</sub>	P <sub>i</sub>				
0.063	9	6	4	3	0
0.125	13	9	6	4	0
0.25	18	13	9	6	7
0.5	25	18	13	9	22
1	35	25	18	13	42
2	50	35	25	18	60
4	71	50	36	25	80
8	100	71	50	36	95
16		100	71	50	100
31.5			100	71	
63				100	

Διερχόμενα από παράδειγμα



## Για όλα τα αδρανή (EN 12620):

Aggregate αδρανές	Size μέγεθος	Percentage passing by mass Διερχόμενο ποσοστό (μάζα)					Category $G^d$
		$2D$	$1,4D^{a\&b}$	$D^c$	$d^b$	$d/2^{a\&b}$	
Coarse	$D/d \leq 2$ or $D \leq 11,2$ mm	100 100	98 to 100 98 to 100	85 to 99 80 to 99	0 to 20 0 to 20	0 to 5 0 to 5	$G_C85/20$ $G_C80/20$
	<u><math>D/d &gt; 2</math> and <math>D &gt; 11,2</math> mm</u>	100	98 to 100	90 to 99	0 to 15	0 to 5	<u><math>G_C90/15</math></u>
Fine	$D \leq 4$ mm and $d = 0$	100	95 to 100	85 to 99	–	–	$G_F85$
Natural graded 0/8	$D = 8$ mm and $d = 0$	100	98 to 100	90 to 99	–	–	$G_{NG}90$
All-in	$D \leq 45$ mm and $d = 0$	100 100	98 to 100 98 to 100	90 to 99 85 to 99	–	–	$G_A90$ $G_A85$

**Παράδειγμα:** για κοκκομετρική ομάδα 8/31.5 ( $d/D$ ) είναι:

$D/d=31.5/8=3.9 >2$  και  $D>11.2\text{mm} \rightarrow$  2<sup>η</sup> γραμμή

Πρέπει να ισχύουν: από κόσκινο  $2D=63$  mm να διέρχεται το 100% του δείγματος

Από κόσκινο  $1.4D=1.4 \times 31.5=44$  mm (χρήση πλησιέστερου, 45 mm) πρέπει να διέρχεται το 98-100% (να συγκρατεί το πολύ το 2%)

Από κόσκινο  $D=31.5$  mm να διέρχεται το 90-99% (να συγκρατεί το πολύ το 10%)

Από κόσκινο  $d=8$  mm να διέρχεται το 0-15%

Από κόσκινο  $d/2=4$  mm να διέρχεται το 0-5%

## Για όλα τα αδρανή (EN 12620):

Aggregate αδρανές	Size μέγεθος	Percentage passing by mass Διερχόμενο ποσοστό (μάζα)					Category $G^d$
		$2D$	$1,4D^{a\&b}$	$D^c$	$d^b$	$d/2^{a\&b}$	
Coarse	$D/d \leq 2$ or $D \leq 11,2$ mm	100 100	98 to 100 98 to 100	85 to 99 80 to 99	0 to 20 0 to 20	0 to 5 0 to 5	$G_C85/20$ $G_C80/20$
	$D/d > 2$ and $D > 11,2$ mm	100	98 to 100	90 to 99	0 to 15	0 to 5	$G_C90/15$
Fine	$D \leq 4$ mm and $d = 0$	100	95 to 100	85 to 99	–	–	$G_F85$
Natural graded 0/8	$D = 8$ mm and $d = 0$	100	98 to 100	90 to 99	–	–	$G_{NG}90$
All-in	$D \leq 45$ mm and $d = 0$	100	98 to 100	90 to 99	–	–	$G_A90$
		100	98 to 100	85 to 99	–	–	$G_A85$

Κόσκια	ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΑ ΣΥΓΚΡΑΤΟΥΜΕΝΑ	ΣΥΓΚΡΑΤΟΥΜΕΝΑ σε κάθε κόσκινο $\Delta Mi$	Διερχόμενα = βάρος δείγματος – Αθρ. Συγκρατούμενα
8mm	50	50-0=50	1000-50=950gr (95%)
4mm	200	200-50=150	1000-200=800gr (80%)
2mm	400	400-200=200	1000-400=600gr (60%)
1mm	580	580-400=180	1000-580=420gr (42%)
0.5mm	780	780-580=200	1000-780=220gr (22%)
0.25mm	930	930-780=150	1000-930=70gr (7%)
συλλέκτης	1000 (δεκτό έως 1% απόκλιση, π.χ. 990gr)	1000-930=70	1000-1000=0 (0%)
Σύνολο	1000gr	1000gr	

Αν από το 16 διέρχεται το 100%:

$2D=100\%$

Λείπει το  $1.4D=11.2$ mm (έστω ότι θα συγκρατούσε <2%) → ✓

Αν  $D=8$ mm, διερχόμενο 95% → ✓

Αν  $d=0.25$ mm, διερχόμενο 7% → ✓

Λείπει το  $d/2=0.125$ mm (έστω ότι θα διερχόταν 2%) → ✓

Τότε  $d/D=0.25/8$  και  $G_C85/20$  υπό την προϋπόθεση ότι υπήρχαν στην σειρά κοσκινίσματος τα κόσκινια 16mm, 11.2mm & 0.125mm

## Για όλα τα αδρανή (EN 12620):

Aggregate αδρανές	Size μέγεθος	Percentage passing by mass Διερχόμενο ποσοστό (μάζα)					Category $G^d$
		$2D$	$1,4D^{a\&b}$	$D^c$	$d^b$	$d/2^{a\&b}$	
Coarse	$D/d \leq 2$ or $D \leq 11,2$ mm	100 100	98 to 100 98 to 100	85 to 99 80 to 99	0 to 20 0 to 20	0 to 5 0 to 5	$G_C85/20$ $G_C80/20$
	$D/d > 2$ and $D > 11,2$ mm	100	98 to 100	90 to 99	0 to 15	0 to 5	$G_C90/15$
Fine	$D \leq 4$ mm and $d = 0$	100	95 to 100	85 to 99	–	–	$G_T85$
Natural graded 0/8	$D = 8$ mm and $d = 0$	100	98 to 100	90 to 99	–	–	$G_{NG}90$
All-in	$D \leq 45$ mm and $d = 0$	100 100	98 to 100 98 to 100	90 to 99 85 to 99	–	–	$G_A90$ $G_A85$

Επιπλέον στις περιπτώσεις α)  $D > 11.2$  mm και  $D/d > 2$  ή β)  $D \leq 11.2$  mm και  $D/d > 4$

$D/d$	Mid-size sieve mm	Overall limits and tolerances at mid-size sieves (percentage passing by mass)		Category $G_T$
		Overall limits	Tolerances on producer's declared typical grading	
$< 4$	$D/1,4$	25 to 70	$\pm 15$	$G_T15$
$\geq 4$	$D/2$	25 to 70	$\pm 17,5$	$G_T17,5$

Where the mid-size sieve calculated as above is not an exact sieve size in the ISO 565:1990/R20 series then the nearest sieve in the series shall be used.

NOTE Overall limits and tolerances for the most common product sizes are illustrated in annex A.

## Για όλα τα αδρανή (EN 12620):

Παράδειγμα: για κοκκομετρική ομάδα 8/31.5 (d/D) είναι:

$D/d=31.5/8=3.9 >2$  και  $D>11.2\text{mm} \rightarrow 2^{\text{η}}$  γραμμή

Πρέπει να ισχύουν: από κόσκινο  $2D=63\text{ mm}$  να διέρχεται το 100% του δείγματος

Από κόσκινο  $1.4D=1.4 \times 31.5=44\text{ mm}$  (χρήση πλησιέστερου, 45 mm) πρέπει να διέρχεται το 98-100% (να συγκρατεί το πολύ το 2%)

Από κόσκινο  $D=31.5\text{ mm}$  να διέρχεται το 90-99% (να συγκρατεί το πολύ το 10%)

Από κόσκινο  $d=8\text{ mm}$  να διέρχεται το 0-15%

Από κόσκινο  $d/2=4\text{ mm}$  να διέρχεται το 0-5%

Συνέχεια παραδείγματος:

Ελέγχω  $D/d = 3.9 \rightarrow 1^{\text{η}}$  γραμμή οπότε το κόσκινο  $D/1.4 = 22.5\text{ mm}$  (χρήση του πλησιέστερου, 22.4mm) να διέρχεται το 25-70%

Επιπλέον στις περιπτώσεις α)  $D > 11.2\text{ mm}$  και  $D/d > 2$  ή β)  $D \leq 11.2\text{ mm}$  και  $D/d > 4$

$D/d$	Mid-size sieve mm	Overall limits and tolerances at mid-size sieves (percentage passing by mass)		Category $G_T$
		Overall limits	Tolerances on producer's declared typical grading	
$< 4$	$D/1,4$	25 to 70	$\pm 15$	$G_T15$
$\geq 4$	$D/2$	25 to 70	$\pm 17,5$	$G_T17,5$

Where the mid-size sieve calculated as above is not an exact sieve size in the ISO 565:1990/R20 series then the nearest sieve in the series shall be used.

NOTE Overall limits and tolerances for the most common product sizes are illustrated in annex A.



## διαβάθμιση αδρανών (grading of aggregates)

**Λεπτόκοκκα**  
(fine  $\leq 4$  mm)



**Άμμος (0-4mm)**



**Filler (<0.063 mm)**  
**Παιπάλη**

Για θραυστή άμμο: <16%  
του ξηρού βάρους

Για συλλεκτή άμμο: <3%  
του ξηρού βάρους

Η διαφορά στις τιμές έγκειται στο ότι  
η συλλεκτή άμμος (π.χ. ποταμίσια)  
είναι πλυμένη

**Χονδρόκοκκα**  
(coarse > 4 mm)



**Γαρμπίλι (4-16mm)**



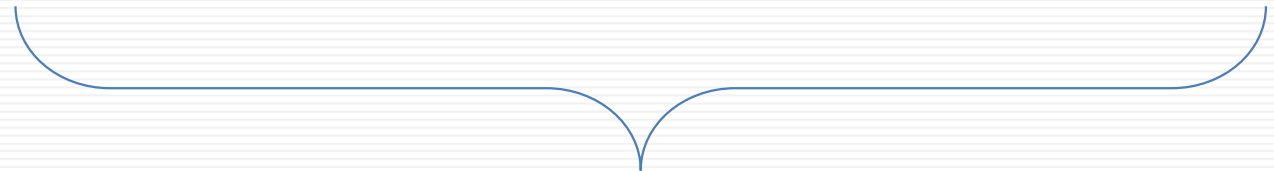
**ρυζάκι**



**Χονδρό γαρμπίλι (8-16)**



**Χαλίκι, σκύρα**  
( $\geq 16$ mm)



Η επιτρεπόμενη παιπάλη που έχουν ΚΑΙ τα  
χονδρόκοκκα <1.5% του ξηρού βάρους τους

Η παιπάλη έχει υψηλή **ειδική επιφάνεια**  
(=εμβαδόν εξωτερικής επιφάνειας/όγκος  
=3/r)!!!

## διαβάθμιση αδρανών (grading of aggregates)

### Λεπτόκοκκα

(sand  $\leq 4$  mm)

Aggregate	Size	Percentage passing by mass					Category $G^d$
		$2D$	$1,4D^{a\&b}$	$D^c$	$d^b$	$d/2^{a\&b}$	
Coarse	$D/d \leq 2$ or $D \leq 11,2$ mm	100 100	98 to 100 98 to 100	85 to 99 80 to 99	0 to 20 0 to 20	0 to 5 0 to 5	$G_C85/20$ $G_C80/20$
	$D/d > 2$ and $D > 11,2$ mm	100	98 to 100	90 to 99	0 to 15	0 to 5	$G_C90/15$
Fine	$D \leq 4$ mm and $d = 0$	100	95 to 100	85 to 99	–	–	$G_F85$
Natural graded 0/8	$D = 8$ mm and $d = 0$	100	98 to 100	90 to 99	–	–	$G_{NG}90$
All-in	$D \leq 45$ mm and $d = 0$	100 100	98 to 100 98 to 100	90 to 99 85 to 99	–	–	$G_A90$ $G_A85$

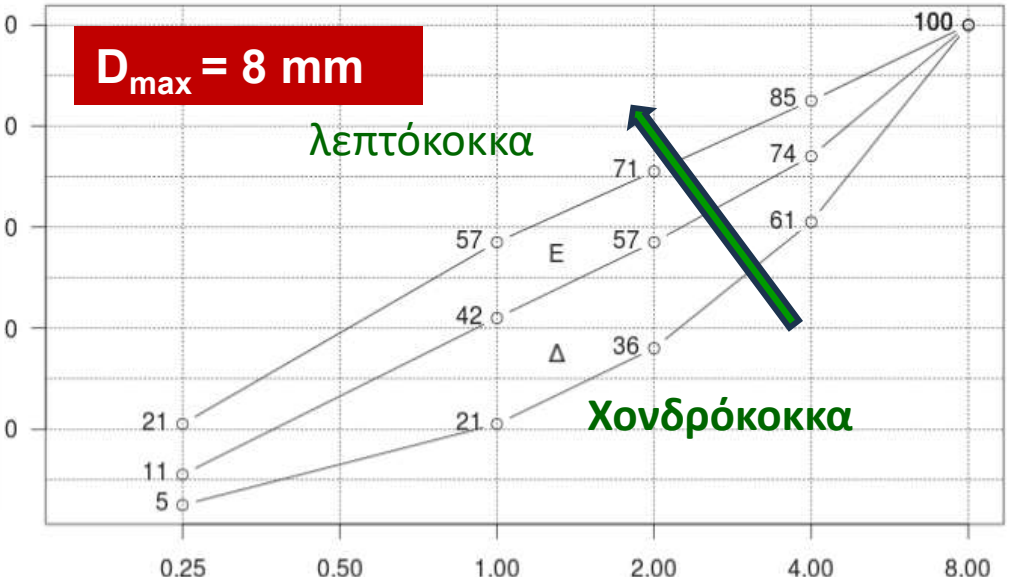
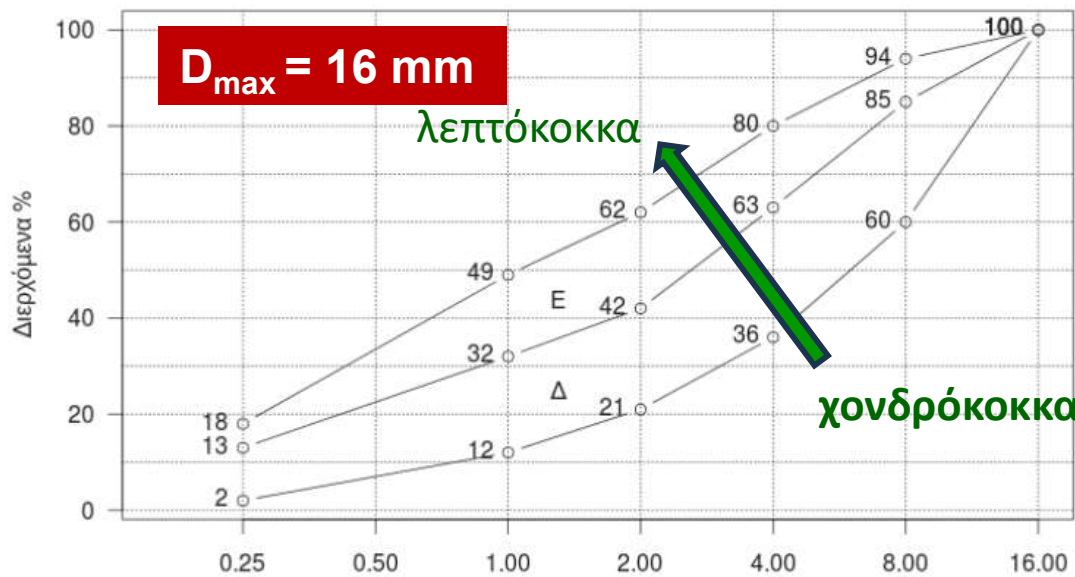
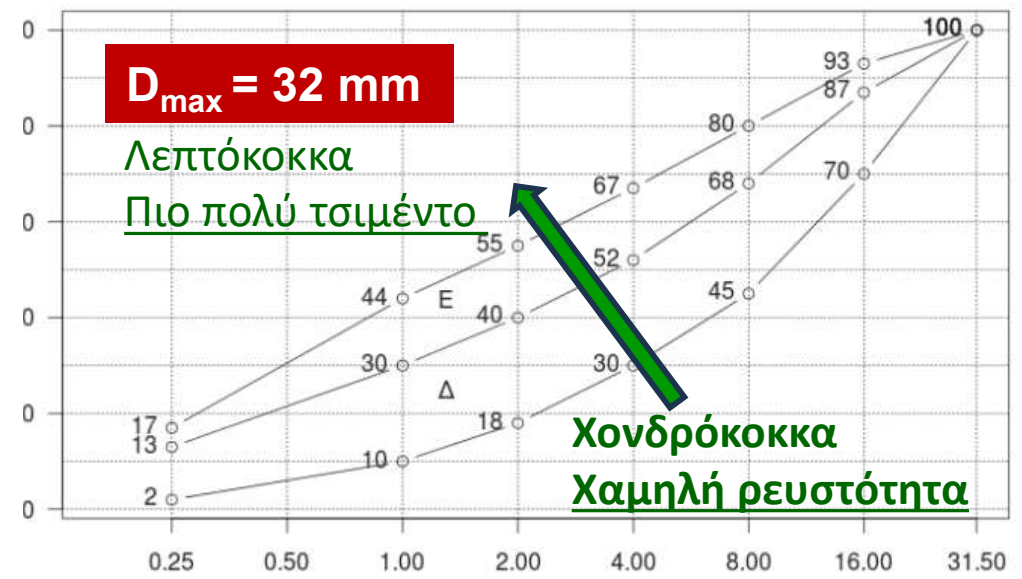
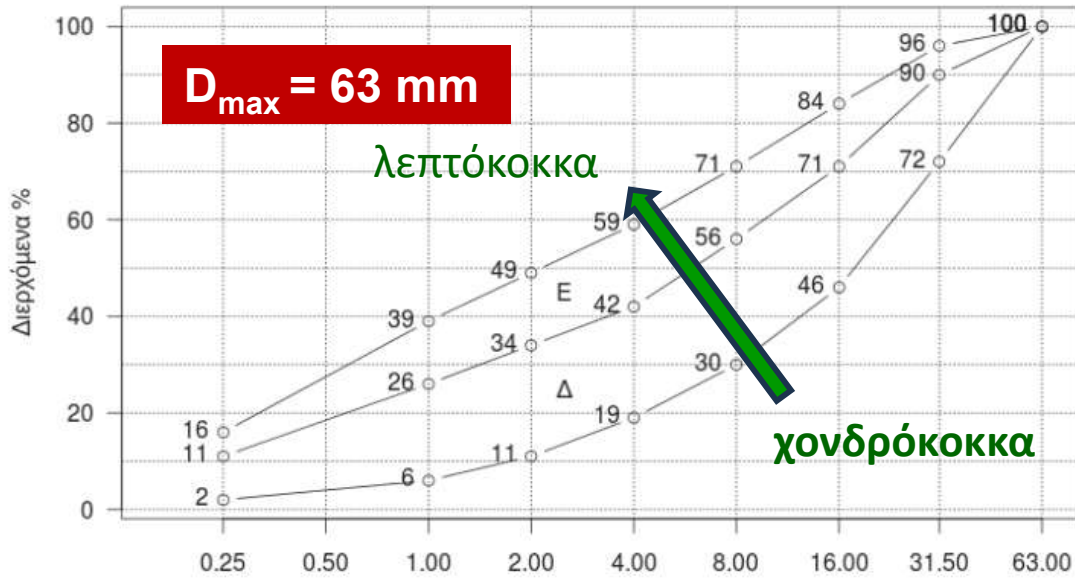
**Παράδειγμα:**

**Πρέπει να ισχύουν: από κόσκινο  $2D=8$  mm να διέρχεται το 100% του δείγματος**

**Από κόσκινο  $1.4D=1.4 \times 4=5.6$  mm (υπάρχει) πρέπει να διέρχεται το 95-100% (να συγκρατεί το πολύ το 5%)**

**Από κόσκινο  $D=4$  mm να διέρχεται το 85-99% (να συγκρατεί το πολύ το 15%)**

**Κανονιστικά όρια κοκκομετρικών καμπυλών βάσει  $D_{max}$  (χονδρόκοκκα αδρανή και όχι άμμος) ζητούμενο το «καλής» ποιότητας σκυρόδεμα!**



Αναγνωρίζονται περιοχές «υποζώνες» E και Δ: επηρεάζεται η εργασιμότητα (όχι η αντοχή του τελικού προϊόντος = σκυροδέματος). Όμως η υψηλή αντοχή απαιτεί μέγιστη συμπύκνωση  
 Όσο πιο λεπτόκοκκη τόσο περισσότερο τσιμέντο + νερό  
 Όσο πιο χονδρόκοκκη, χαμηλή ρευστότητα

Κόσκινα		Διερχόμενα (%)	
Όνομασία	Άνοιγμα	Υποζώνη Δ	Υποζώνη Ε
0,25	250 μm	2-11	11-16
1	1 mm	6-26	26-39
2	2 mm	11-34	34-49
4	4 mm	19-42	42-59
8	8 mm	30-56	56-71
16	16 mm	46-71	71-84
31,5	31.5 mm	72-90	90-96
63	63 mm	100	100

Κόσκινα		Διερχόμενα (%)	
Όνομασία	Άνοιγμα	Υποζώνη Δ	Υποζώνη Ε
0,25	250 μm	2-13	13-17
1	1 mm	10-30	30-44
2	2 mm	18-40	40-55
4	4 mm	30-52	52-67
8	8 mm	45-68	68-80
16	16 mm	70-87	87-93
31,5	31.5 mm	100	100

Κόσκινα		Διερχόμενα (%)	
Όνομασία	Άνοιγμα	Υποζώνη Δ	Υποζώνη Ε
0,25	250 μm	2-13	13-18
1	1 mm	12-32	32-49
2	2 mm	21-42	42-62
4	4 mm	36-63	63-80
8	8 mm	60-85	85-94
16	16 mm	100	100

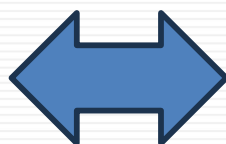
Κόσκινα		Διερχόμενα (%)	
Όνομασία	Άνοιγμα	Υποζώνη Δ	Υποζώνη Ε
0,25	250 μm	5-11	11-21
1	1 mm	21-42	42-57
2	2 mm	36-57	57-71
4	4 mm	61-74	74-85
8	8 mm	100	100

Αντί διαγραμμάτων, πίνακες τιμών για τις 4 βασικές διαβαθμίσεις με μέγιστους κόκκους 63, 31.5, 16 και 8 (κάτω όριο της υποζώνης Δ και άνω όριο της υποζώνης Ε)

# Διαβαθμιση αδρανών:

για επίτευξη μέγιστης πυκνότητας → «ιδανικά» διερχόμενα

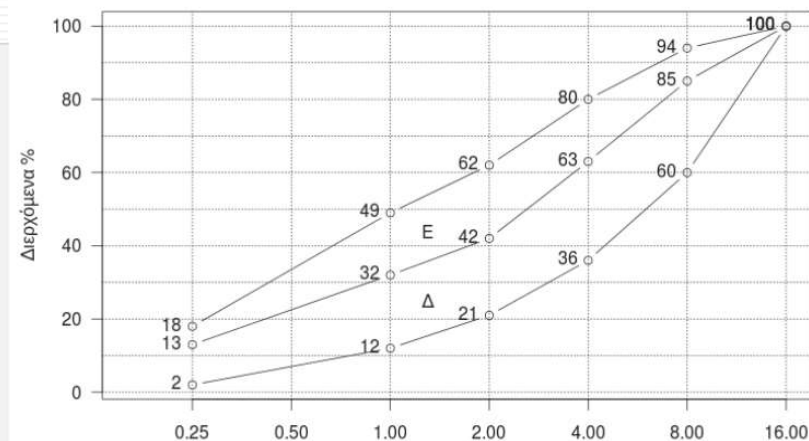
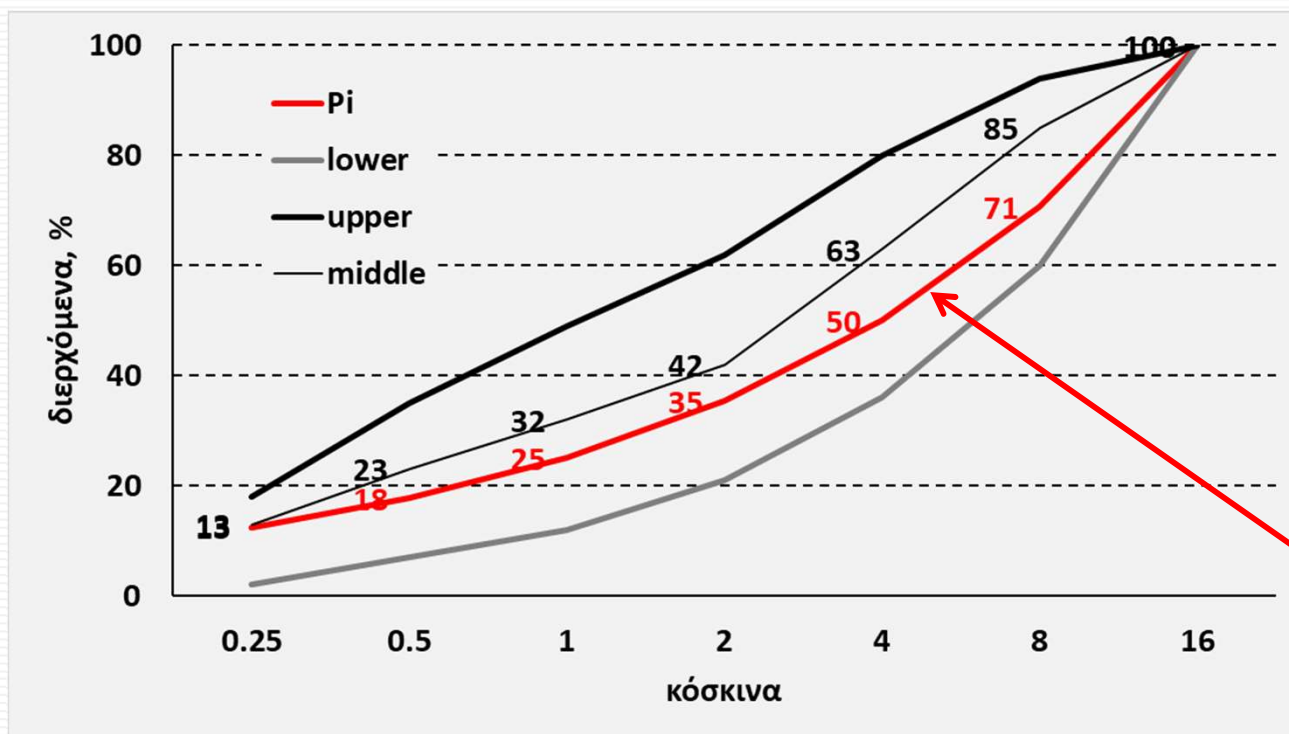
κατά Fuller 1907:



Κανονιστικές καμπύλες

$$P_i = 100 \times \left( \frac{d_i}{D} \right)^{0.5}$$

$P_i$  = το ποσοστό που διέρχεται από κόσκινο μεγέθους  $d_i$   
 $d_i$  = το συγκεκριμένο μέγεθος του κόσκινου  
 $D$  = μέγιστο μέγεθος αδρανών



Π.χ.  
 $100 \times (8/16)^{0.5} = 71\%$   
 $100 \times (4/16)^{0.5} = 50\%$   
Κ.λπ.

Παράδειγμα: έστω ότι αθροίζω τρεις κοκκομετρίες σε μία με ΓΝΩΣΤΑ τα ποσοστά συμμετοχής κατά μάζα: A1=35%, A2=25% και A3=40%

Αθροιστικά διερχόμενα → ποσοστό συμμετοχής της κάθε ομάδας

Sieve size	Percent passing		
	Aggregate 1	Aggregate 2	Aggregate 3
50 mm (2 in.)	100	100	100
37.5 mm (1-1/2 in.)	100	100	95
25.0 mm (1 in.)	100	100	51
19.0 mm (3/4 in.)	100	100	25
12.5 mm (1/2 in.)	100	99	8
9.5 mm (3/8 in.)	100	89	2
4.75 mm (No. 4)	99	24	0
2.36 mm (No. 8)	85	3	—
1.18 mm (No. 16)	65	0	—
600 μm (No. 30)	38	—	—
300 μm (No. 50)	15	—	—
150 μm (No. 100)	4	—	—
Sieve size	Percent passing		
	Aggregate 1	Aggregate 2	Aggregate 3
75 μm (No. 200)	1	—	—
Percentage by mass	35	25	40

× 0,35      × 0,25      × 0,40

Δείκτης λεπτότητας της προκύπτουσας:

$$FM = (2+30+42+59+69+77+87+95+99)/100 = 560/100 = 5.6$$

Κατά ASTM (mm): 75, 37.5, 19, 9.5, 4.75, 2.36, 1.18, 600μm, 300 μm, 150 μm (min)

Sieve size	Aggregate %			% passing combined	% retained = 100% - % passing	Individual % retained combined aggregate
	Aggregate 1, %	Aggregate 2, %	Aggregate 3, %			
50 mm (2 in.)	35	25	40	100	0 ✘	0
37.5 mm (1-1/2 in.)	35	25	38	98	2	2
25.0 mm (1 in.)	35	25	20	80	20 ✘	18
19.0 mm (3/4 in.)	35	25	10	70	30	10
12.5 mm (1/2 in.)	35	25	3	63	27 ✘	7
9.5 mm (3/8 in.)	35	22	1	58	42	12
4.75 mm (No. 4)	35	6	0	41	59	17
2.36 mm (No. 8)	30	1	—	31	69	10
1.18 mm (No. 16)	23	0	—	23	77	8
600 μm (No. 30)	13	—	—	13	87	9
300 μm (No. 50)	5	—	—	5	95	8
150 μm (No. 100)	1	—	—	1	99	4
75 μm (No. 200)	0	—	—	0	100 ✘	1
Sum:					560	

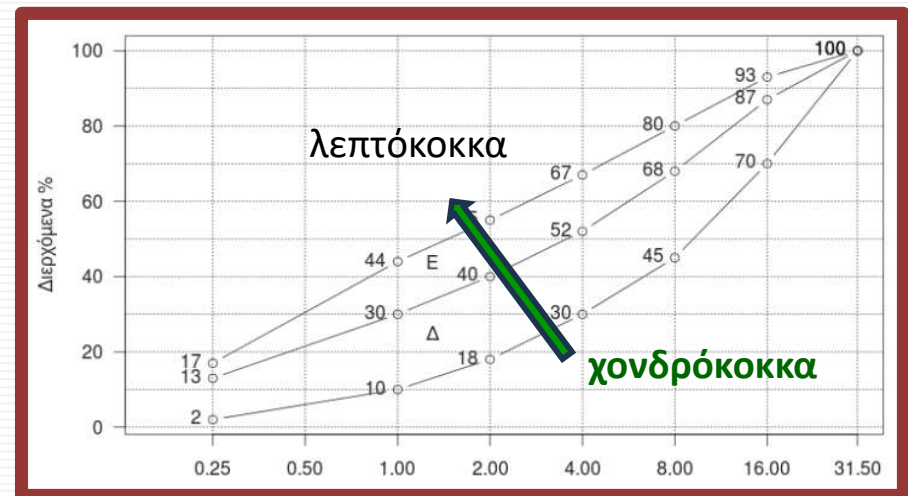
άθροισμα των τριών

Αθροιστικά συγκρατούμενα

Αδρανή από περισσότερες αποθέσεις  $n \geq 2 \rightarrow$   
 Από κάθε απόθεση  $\rightarrow$  Μία Κοκκομετρική καμπύλη  
 Σύθεση των  $n$  κοκκομετριών: π.χ. πόση άμμο,  
 πόσο γαρμπίλι, πόσα σκύρα θα μπουν ως  
 ανάμιγμα μαζί με τσιμέντο και νερό για την  
 παραγωγή σκυροδέματος

## Σύνθεση: Αριθμητική μέθοδος (excel)

$$P = aA_i + bB_i + cC_i + \dots$$



Παράδειγμα:

		Κόσκινο:	32	16	8	4	2	1	0.5	0.25
Προδιαγραφή: εντός Δ	min (χονδρόκοκκα)		100	70	45	30	18	10	7	2
	max (λεπτόκοκκα)		100	93	80	67	55	44	30	21
ΕΠΙΘΥΜΗΤΗ - Στόχος (π.χ. στην μέση)			100	81.5	62.5	48.5	36.5	27	18.5	11.5

Παράδειγμα: ως προδιαγραφή έστω ότι θέτω ότι τα πιο χονδρόκοκκα θα τα πάρω από το κάτω όριο του διαγράμματος 31.5 και τα πιο λεπτόκοκκα από το άνω όριο.

Η Επιθυμητή ορίζεται π.χ. ως η μέση τιμή των δύο ορίων min & max

Αδρανή από περισσότερες αποθέσεις  $n \geq 2 \rightarrow$   
 Από κάθε απόθεση  $\rightarrow$  Μία Κοκκομετρική καμπύλη  
 Σύνθεση των  $n$  κοκκομετριών: π.χ. πόση άμμο,  
 πόσο γαρμπίλι, πόσα σκύρα θα μπουν ως  
 ανάμιγμα μαζί με τσιμέντο και νερό για την  
 παραγωγή σκυροδέματος

A:



B:

## Σύνθεση: Αριθμητική μέθοδος (excel)

$$P = aA_i + bB_i + cC_i + \dots$$

Παράδειγμα:

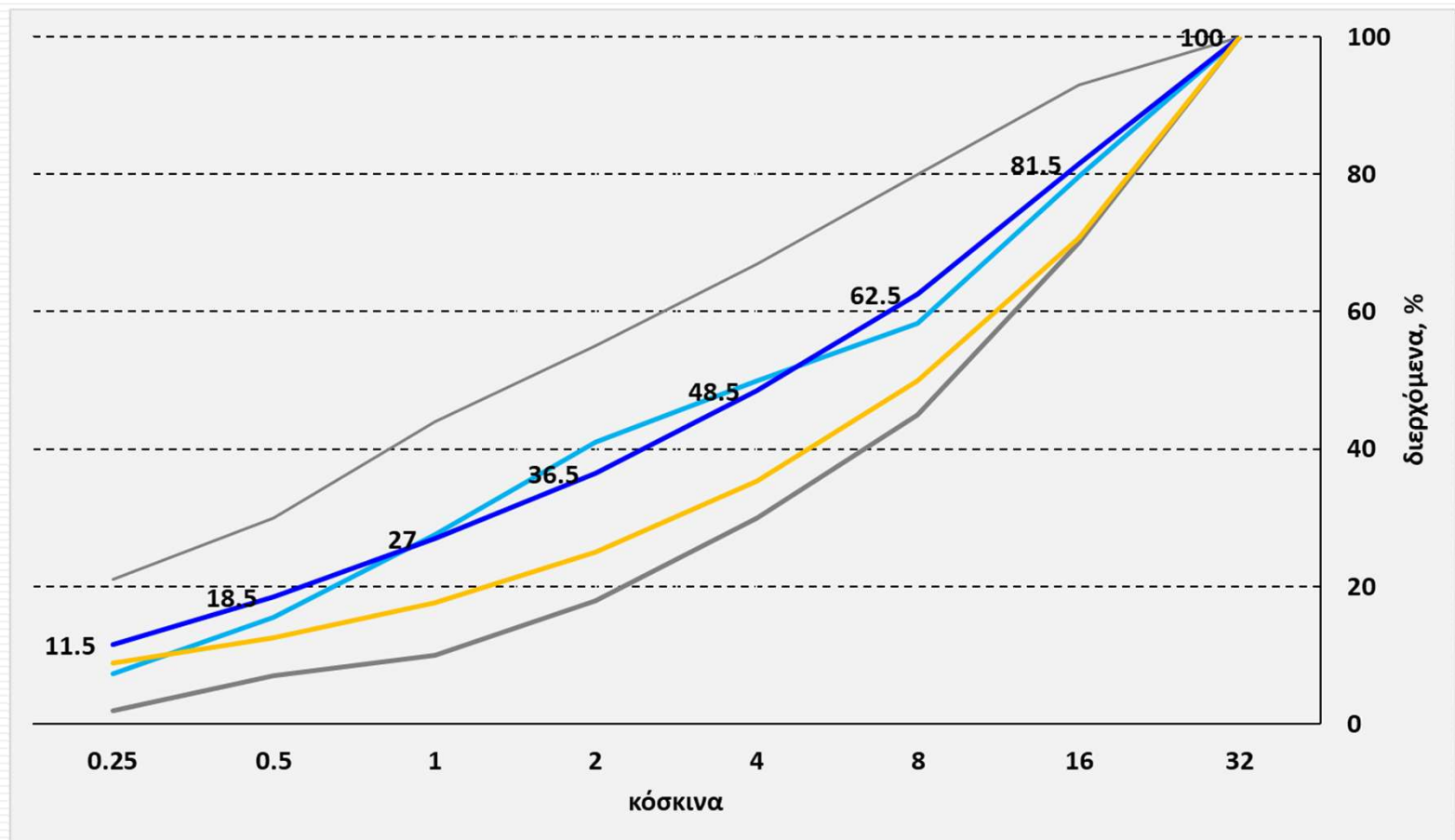
	Κόσκινο:	32	16	8	4	2	1	0.5	0.25
Προδιαγραφή: εντός Δ	min (χονδρόκοκκα)	100	70	45	30	18	10	7	2
	max (λεπτόκοκκα)	100	93	80	67	55	44	30	21
ΕΠΙΘΥΜΗΤΗ - Στόχος (π.χ. στην μέση)		100	81.5	62.5	48.5	36.5	27	18.5	11.5
Διερχόμενα Α ομάδας, $A_i$		100	100	98	80	65	50	35	17
Διερχόμενα Β ομάδας, $B_i$		100	73	45	40	33	20	9	4
$A_n$ της $A_i$ ( $aA_i$ )	0.25	25	25	24.5	20	16.25	12.5	8.75	4.25
$A_n$ της $B_i$ ( $bB_i$ )	0.75	75	54.75	33.75	30	24.75	15	6.75	3
Μίγμα: $P = aA_i + bB_i$		100	79.75	58.25	50	41	27.5	15.5	7.25
έλεγχος $\min < P < \max$ ?		ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
έλεγχος $P \approx$ ΣΤΟΧΟ?		ok	ok	ok	ok	ok	ok	FALSE	FALSE
fuller		100	70.71	50	35.36	25	17.68	12.5	8.8388

Προφανώς  $a+b=1$

1<sup>ος</sup> έλεγχος: βρίσκεται το μίγμα  $P$  εντός των ορίων  $\min$  &  $\max$

2<sup>ος</sup> έλεγχος: βρίσκεται το μίγμα  $P$  εντός στόχου - ΕΠΙΘΥΜΗΤΗ

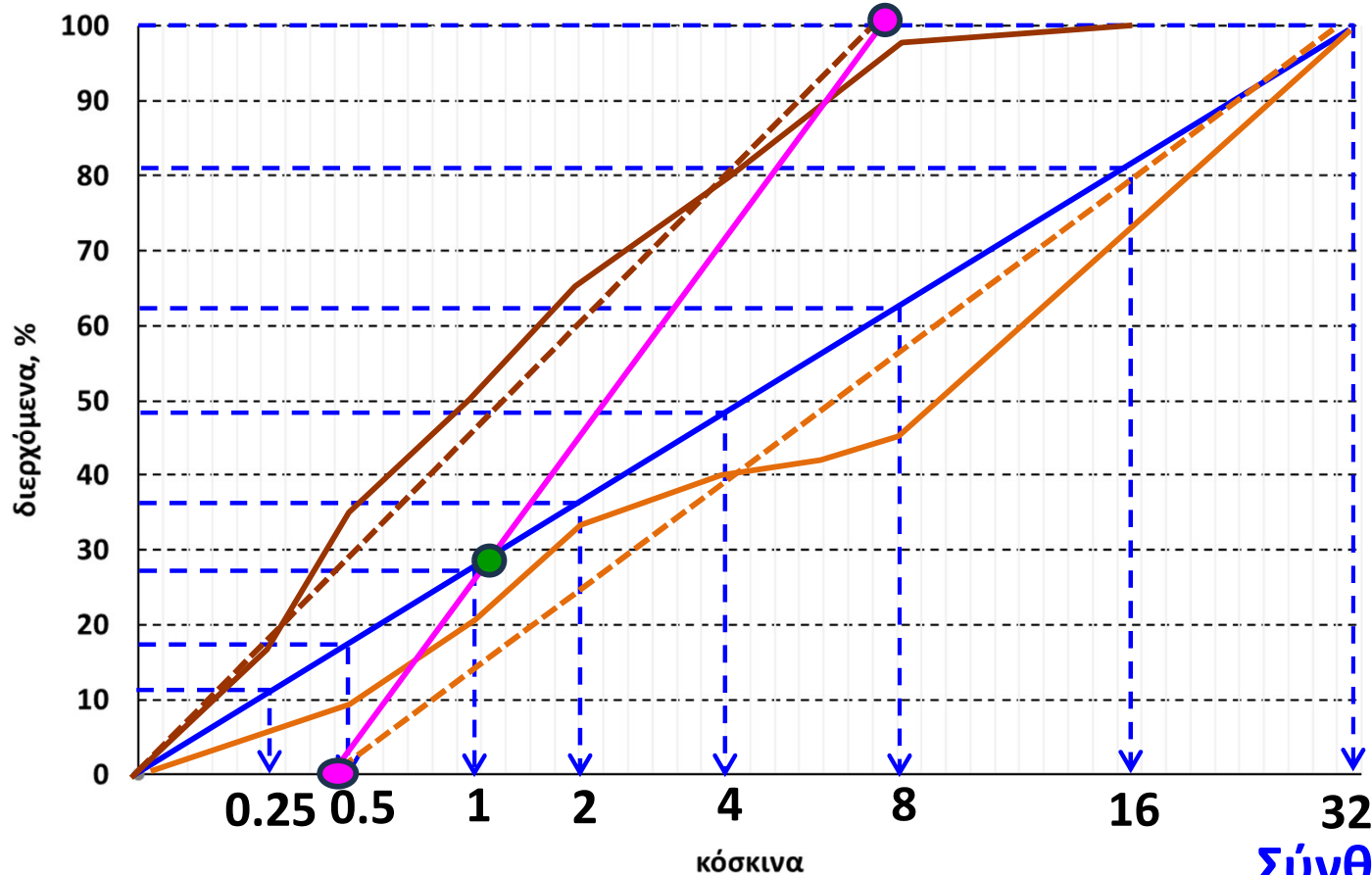




		Κόσκινο:	32	16	8	4	2	1	0.5	0.25
Προδιαγραφή: εντός Δ	min (χονδρόκοκκα)		100	70	45	30	18	10	7	2
	max (λεπτόκοκκα)		100	93	80	67	55	44	30	21
ΕΠΙΘΥΜΗΤΗ - Στόχος (π.χ. στην μέση)			100	81.5	62.5	48.5	36.5	27	18.5	11.5
Διερχόμενα Α ομάδας, A <sub>i</sub>			100	100	98	80	65	50	35	17
Διερχόμενα Β ομάδας, B <sub>i</sub>			100	73	45	40	33	20	9	4
Αν α της A <sub>i</sub> (aA <sub>i</sub> )	0.25		25	25	24.5	20	16.25	12.5	8.75	4.25
Αν b της B <sub>i</sub> (bB <sub>i</sub> )	0.75		75	54.75	33.75	30	24.75	15	6.75	3
Μίγμα: P=aA <sub>i</sub> +bB <sub>i</sub>			100	79.75	58.25	50	41	27.5	15.5	7.25
έλεγχος min<P<max ?			ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
έλεγχος P ≈ ΣΤΟΧΟ?			ok	ok	ok	ok	ok	ok	FALSE	FALSE
fuller			100	70.71	50	35.36	25	17.68	12.5	8.8388

Κόσκινο:		32	16	8	4	2	1	0.5	0.25
Προδιαγραφή: εντός Δ	min (χονδρόκοκκα)	100	70	45	30	18	10	7	2
	max (λεπτόκοκκα)	100	93	80	67	55	44	30	21
ΕΠΙΘΥΜΗΤΗ - Στόχος (π.χ. στην μέση)		100	81.5	62.5	48.5	36.5	27	18.5	11.5
Διερχόμενα Α ομάδας, A <sub>i</sub>		100	100	98	80	65	50	35	17
Διερχόμενα Β ομάδας, B <sub>i</sub>		100	73	45	40	33	20	9	4
Αν α της A <sub>i</sub> (aA <sub>i</sub> )	0.25	25	25	24.5	20	16.25	12.5	8.75	4.25
Αν b της B <sub>i</sub> (bB <sub>i</sub> )	0.75	75	54.75	33.75	30	24.75	15	6.75	3
Μίγμα: P=aA <sub>i</sub> +bB <sub>i</sub>		100	79.75	58.25	50	41	27.5	15.5	7.25
έλεγχος min<P<max ?		ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
έλεγχος P ≈ ΣΤΟΧΟ?		ok	ok	ok	ok	ok	ok	FALSE	FALSE
fuller		100	70.71	50	35.36	25	17.68	12.5	8.8388

## Σύνθεση: Γραφική μέθοδος



**Σύνθεση: από γραφική μέθοδο**  
**A = 28% & B = 72%**

**Σύνθεση: από αριθμητική μέθοδο**  
**A = 25% & B = 75%**

1<sup>ον</sup>: σχεδιάζεται η επιθυμητή: τα % της επιθυμητής (κατακ. Άξονας ισοβαθμισμένος) ορίζουν την θέση των κοσκίνων (οριζ. Άξονας) με τομή της διαγωνίου.

2<sup>ον</sup>: Σχεδιάζω τις δύο κοκκομετρίες

3<sup>ον</sup>: τις προσεγγίζω με ευθείες που αφήνουν εκατέρωθεν ίδιο εμβαδό (διακεκομμένες - - -).

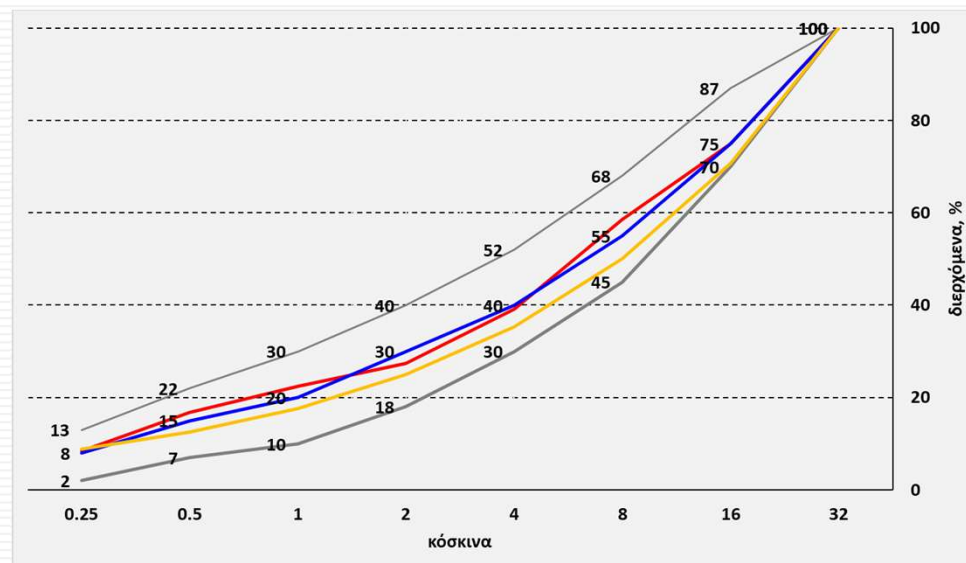
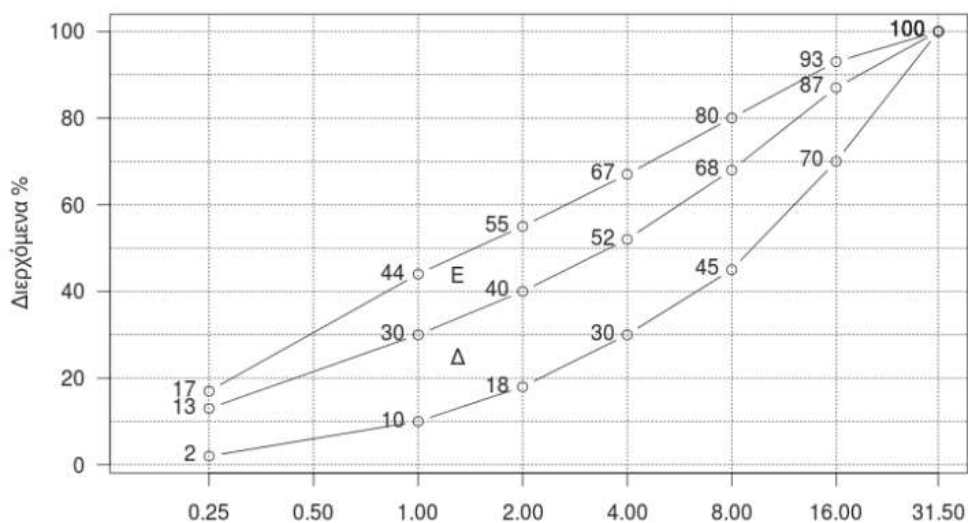
4<sup>ον</sup>: ενώνω, από αριστερά προς δεξιά, το άνω σημείο της μιας διακεκομμένης με το κάτω σημείο της άλλης.

5<sup>ον</sup>: η τομή με την διαγώνιο δίνει το % συμμετοχής της λεπτόκοκκης ομάδας (π.χ. 28%) οπότε το λοιπό 100-28=72% είναι της χονδρόκοκκης ομάδας



## Παράδειγμα για το σπίτι:

Για την επιθυμητή (εντός υποζώνης Δ), να βρείτε τα ποσοστά συμμετοχής κάθε κοκκομετρικής ομάδας με γραφικό και υπολογιστικό τρόπο



Προδιαγραφή: εντός Δ	min (χονδρόκοκκα)	100	70	45	30	18	10	7	2
	max (λεπτόκοκκα)	100	87	68	52	40	30	22	13
ΕΠΙΘΥΜΗΤΗ		100	75	55	40	30	20	15	8
Διερχόμενα ΑΜΜΟΥ, Ai (έστω πιο λεπτόκοκκη)		100	100	100	100	90	80	60	30
Διερχόμενα ΓΑΡΜΠΙΛΙ, Bi		100	100	82	28	10	0	0	0
Διερχόμενα ΣΚΥΡΑ, Ci		100	50	25	10	0	0	0	0
Αν α Αμμου (αAi)	0.28	28	28	28	28	25.2	22.4	16.8	8.4
Αν b Γαρμπίλι Bi (bBi)	0.22	22	22	18.04	6.16	2.2	0	0	0
Αν c ΣΚΥΡΑ Ci (cCi)	0.5	50	25	12.5	5	0	0	0	0
Μίγμα: P=aAi+bBi+cCi		100	75	58.54	39.16	27.4	22.4	16.8	8.4
έλεγχος P ≈ επιθυμητή?		ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
fuller		100	70.71	50	35.36	25	17.68	12.5	8.8388

Να αναπαραχθεί η αναλυτική λύση στο excel. Εάν αυτή δίνει:

Ποσοστό της A = 28%, B=22% και C=50% (με απόκλιση από την επιθυμητή ±15%)

Διερευνήστε το ίδιο πρόβλημα με την γραφική λύση.

# Εγκυρότητα δειματοληψίας



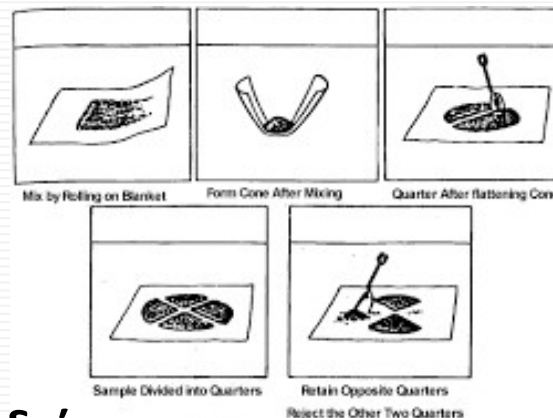
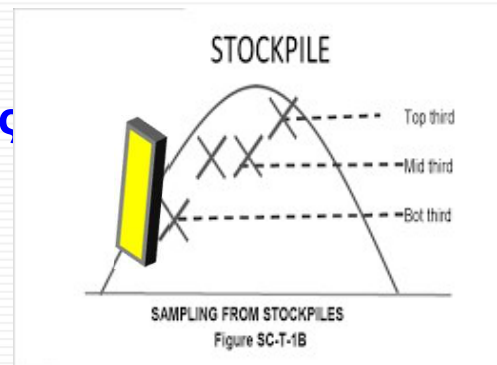
Στις σωρούς των αδρανών: τα χονδρόκοκκα βρίσκονται στην βάση και τα λεπτόκοκκα στην κορυφή → **διαχωρισμός!**

Όταν κατά την μεταφορά δονούνται: τα λεπτότερα στην βάση, τα χονδρότερα στην κορυφή → **διαχωρισμός!**

**Δειματοληψία: το δείγμα πρέπει να είναι αντίστοιχο της σωρού**

**Τρία δείγματα από κορυφή, μέση και βάση → λήψη με τοποθέτηση κατακόρυφα σανίδας**

**Ανάμιξή τους, διάστρωση, τεταρτομερισμός και τέλος απόρριψη των δύο απέναντι τετάρτων**



Lot A	Lot B
2.70	2.70
2.75	2.95
2.63	2.47
2.68	2.88
2.74	2.50
Average = 2.70	Average = 2.70

**Έστω δύο σωροί άμμου Α και Β. Από κάθε σωρό λαμβάνω πέντε δείγματα για τα οποία φτιάχνω τις κοκκομετρικές καμπύλες και υπολογίζω τον δείκτη Λεπτότητας FM.**

**Ενώ η μέση τιμή είναι ίδια (2.7) η Β έχει σημαντική διακύμανση!**

**Τεταρτομερισμός δείγματος:**

## Μεγέθη δειγματοληψίας



Size of samples	
Nominal maximum size of aggregates	Approximate minimum mass of field samples, kg (lb)
Fine aggregate	
2.36 mm (No. 8)	10 (25)
4.75 mm (No. 4)	10 (25)
Coarse aggregate	
9.5 mm (3/8 in.)	10 (25)
12.5 mm (1/2 in.)	15 (35)
19.0 mm (3/4 in.)	25 (55)
25.0 mm (1 in.)	50 (110)
37.5 mm (1-1/2 in.)	75 (165)
50 mm (2 in.)	100 (220)
63 mm (2-1/2 in.)	125 (275)
75 mm (3 in.)	150 (330)
90 mm (3-1/2 in.)	175 (385)

# Βιβλιογραφία

- Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος (ΚΤΣ2016)
- Concrete Technology A.M. Neville, J.J. Brooks (1987)
- Aggregates for Concrete, ACI Bulletin E1-7, 2007
- EN12620