

# Άρδευση με καταιονισμό- Τεχνητή βροχή

- ✓ Στον καταιονισμό το νερό εφαρμόζεται στην επιφάνεια του αγρού σαν απομίμηση της βροχής και διηθείται στο έδαφος κατακόρυφα με ακόρεστες συνθήκες ροής.
- ✓ Η τεχνητή βροχή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άρδευση όλων σχεδόν των καλλιεργειών και για μεγάλη ποικιλία εδαφικών συνθηκών. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εδάφη με μεγάλη ανομοιομορφία, όταν το έδαφος έχει μεγάλη περατότητα, σε αβαθή εδάφη, με υψηλή υπόγεια στάθμη, μεγάλη κλίση και ανώμαλη τοπογραφία και όταν η διαθέσιμη παροχή άρδευσης είναι σχετικά μικρή.
- ✓ Με τον σωστό σχεδιασμό το σύστημα εξασφαλίζει ομοιόμορφη κατανομή του νερού στο χωράφι και αποφυγή λιμνάσματος ή απωλειών λόγω επιφανειακής απορροής.
- ✓ Για να λειτουργήσουν τα συστήματα αυτά χρειάζονται πίεση, το νερό οδηγείται στον εκτοξευτήρα με κλειστό αγωγό υπό πίεση. Τα συστήματα αυτά λέγονται και συστήματα υπό πίεση.

# Άρδευση με καταιονισμό

Ένα τυπικό σύστημα περιλαμβάνει:

**Υδροληψία (Υ.)** – πηγή νερού

**Αντλητικό συγκρότημα (Α.Σ.)** (περιλαμβάνει την αντλία και τον κινητήρα, αντλεί το νερό από την πηγή και το διοχετεύει στο αρδευτικό σύστημα με την κατάλληλη πίεση για τη λειτουργία των εκτοξευτήρων)

**Δίκτυο μεταφοράς (Α.Μ.)** (μεταφέρει το νερό από την αντλία στο σύστημα εφαρμογής. Μπορεί να είναι μόνιμο – υπόγειο ή μεταφερόμενο. Οι σωλήνες του δικτύου μπορεί να είναι από αλουμίνιο, πλαστικό ή χάλυβα. Τα τυπικά μήκη είναι 6 m και συνδέονται με ταχυσυνδέσμους)

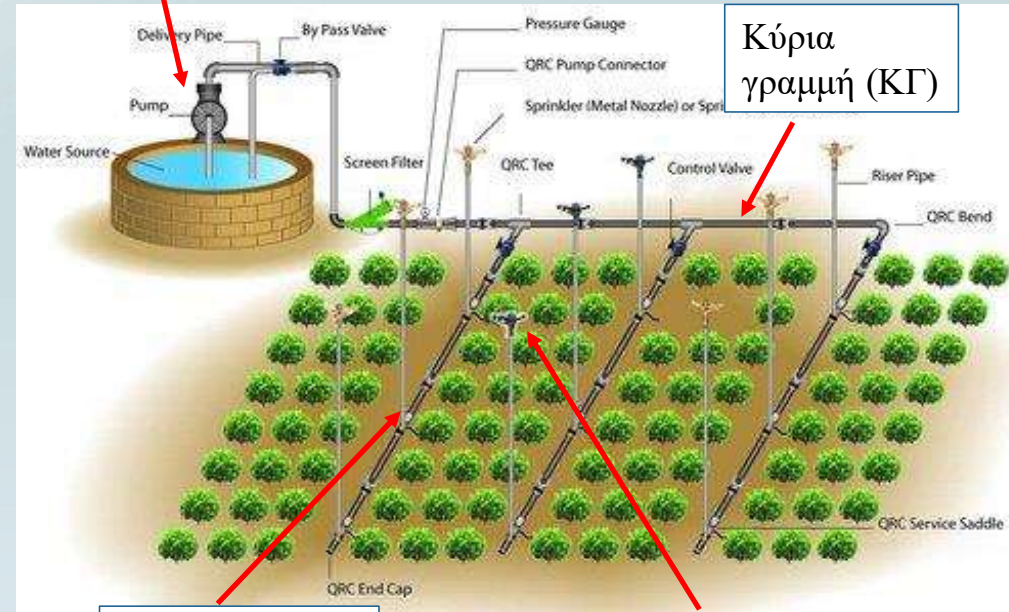
**Κύρια Γραμμή Άρδευσης (Κ.Γ.)**

**Γραμμή Άρδευσης (Γ.Α.)** που φέρει τους εκτοξευτήρες

**Εκτοξευτήρες (Ε.)**

**Αποδοτικότητα άρδευσης συστήματος  
καταιονισμού 75-80 % περίπου**

Αντλία



Κύρια  
γραμμή (ΚΓ)

Γραμμές  
άρδευσης (ΓΑ)

Εκτοξευτήρες  
(Ε)

Τυπικό σύστημα τεχνητής βροχής

## Κατάταξη συστημάτων άρδευσης τεχνητής βροχής

### A. Συστήματα εφαρμογής του νερού σε στάση

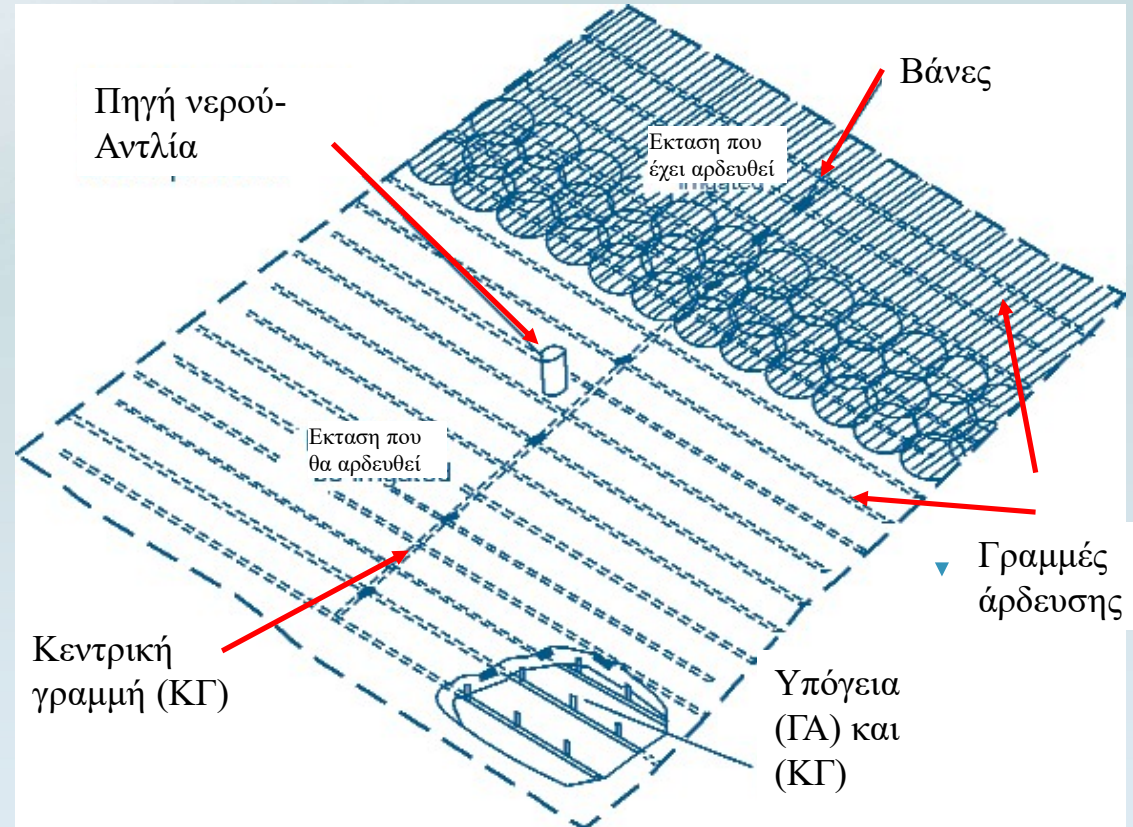
Στα συστήματα αυτής της κατηγορίας οι εκτοξευτήρες κατά την διάρκεια λειτουργία τους παραμένουν στην ίδια θέση.

- ✓ **Μόνιμα** (Κ.Γ., Γ.Α., Ε. – Σταθερά). Μένουν σταθερά στο ίδιο σημείο τουλάχιστον για μία αρδευτική περίοδο και αρδεύουν όλη την αρδευτική περίοδο. Μπορεί οι αγωγοί να είναι υπόγειοι ή να είναι τοποθετημένοι στην επιφάνεια του εδάφους. Ανάλογα με τις απαιτήσεις σε παροχή το σύστημα μπορεί να λειτουργεί με στάσεις με αυτόματες βανες. Χρησιμοποιείται σε καλλιέργειες μεγάλης αξίας ή στο καλλωπιστικό πράσινο. Συστήματα με μεγάλο κόστος διότι απαιτούν μεγάλο αριθμό αγωγών, βανών, εκτοξευτήρων.
- ✓ **Ημιμόνιμα** (Κ.Γ. – Σταθερή, Γ.Α. – Μεταφερόμενη). Τα ημιμόνιμα συστήματα απαιτούν μικρότερο αριθμό εκτοξευτήρων και μικρότερη διάμετρο αγωγών, με σημαντικό περιορισμό του κόστους και της ενέργειας λειτουργίας τους. Η άρδευση γίνεται με σταδιακή μεταφορά της Γ.Α. (μίας ή περισσότερων που λειτουργούν ταυτόχρονα) στα διάφορα τμήματα του αγρού για την ολοκλήρωση της άρδευσης. Απαιτούν εργασία και παρακολούθηση για την ολοκλήρωση της άρδευσης.
- ✓ **Μεταφερόμενα** (Κ.Γ –Γ.Α- Μεταφερόμενα)

# Άρδευση με καταιονισμό – Μόνιμο σύστημα

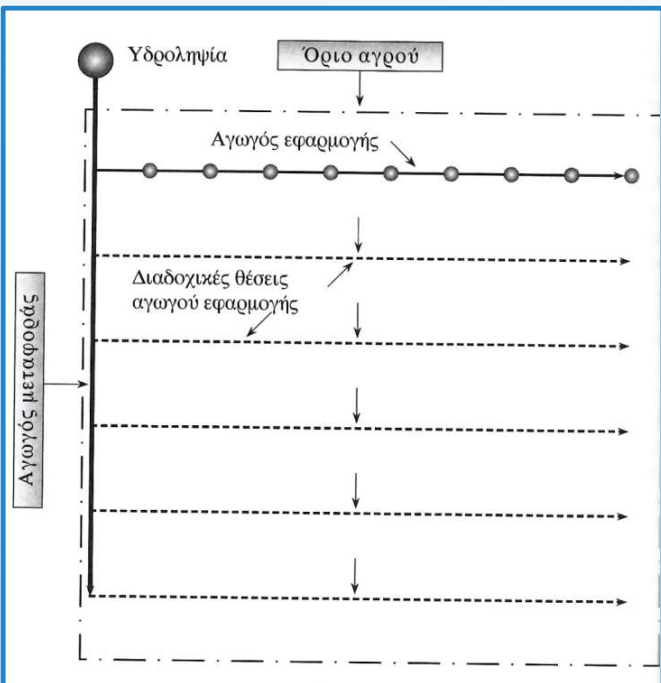
## Μόνιμο σύστημα τεχνητής βροχής.

Μπορεί να αυτοματοποιηθεί πλήρως η άρδευση.  
Δεν απαιτείται εργασία για την εφαρμογή της άρδευσης.

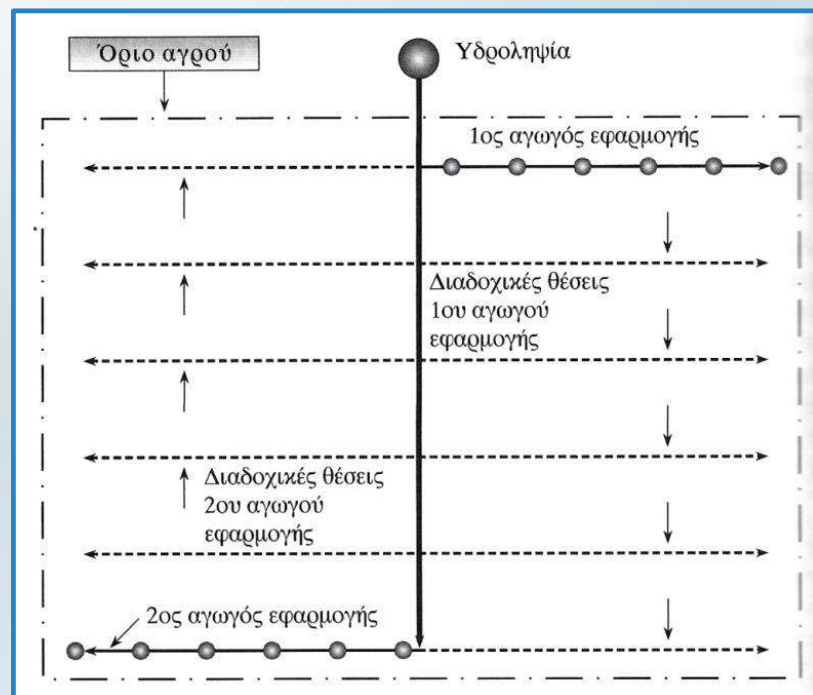




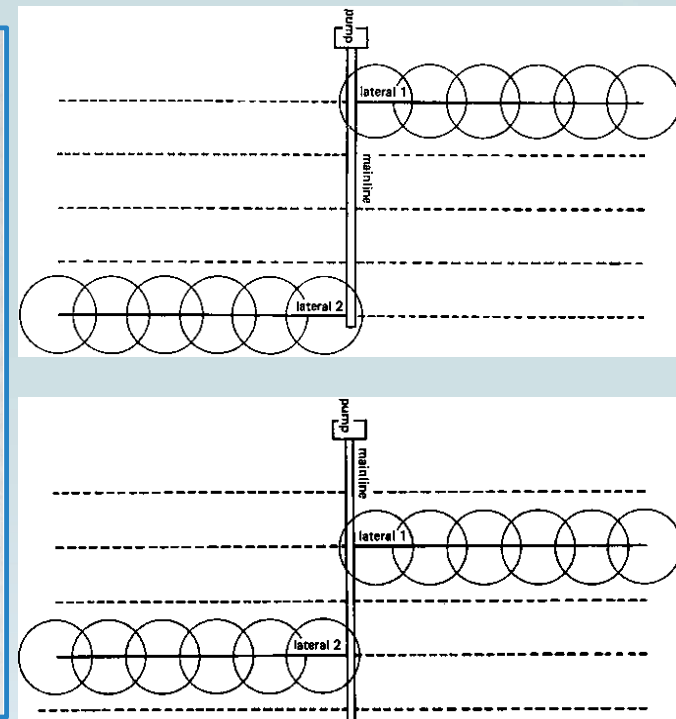
# Άρδευση με καταιονισμό- Ημιμόνιμα συστήματα



Διάταξη άρδευσης ημιμόνιμο σύστημα με ένα αγωγό εφαρμογής (Γ.Α)



Διάταξη άρδευσης ημιμόνιμο σύστημα με δύο αγωγούς εφαρμογής (Γ.Α)



# Άρδευση με καταιονισμό





# Άρδευση με καταιονισμό

## **B. Συστήματα συνεχούς μετατόπισης – Αυτοκινούμενα**

-**Γραμμικής μετακίνησης** όπου όλη η γραμμή άρδευσης είναι σε τροχούς που εξασφαλίζουν συνεχή μετακίνηση

-**Αυτοκινούμενος εκτοξευτήρας υψηλής πίεσης (Καρούλι ή Κανόνι)** όπου ο σωλήνας εφαρμογής του αρδευτικού νερού είναι ένας εύκαμπτος πλαστικός σωλήνας που τυλίγεται πάνω σε τύμπανο, καταλήγει σε εκτοξευτήρα υψηλής πίεσης και κινείται από το ένα άκρο του χωραφιού μέχρι το άλλο αρδεύοντας μια λωρίδα εδάφους. Αρδεύει και διαβρέχει έναν κύκλο διαμέτρου έως και 120 m.

- **Κυκλικής περιστροφικής μετακίνησης** γύρω από ένα σημείο (center pivot) για άρδευση τετραγωνισμένων αγροτεμαχίων. Το μήκος της γραμμής άρδευσης κυμαίνεται από 100-600 m. και η διάμετρος του μπορεί να φθάνει τα 255 m.

## Αυτοκινούμενος εκτοξευτήρας υψηλής πίεσης (Καρούλι ή Κανόνι)

Ο αυτοκινούμενος εκτοξευτήρας υψηλής πίεσης (κανόνι) αποτελείται από ένα φορείο που πάνω του βρίσκεται ο εκτοξευτήρας και από ένα άλλο φορείο που φέρει το τύμπανο στο οποίο τυλίγεται ο εύκαμπος πλαστικός σωλήνας που συνδέεται στο ένα άκρο με την πηγή τροφοδοσίας του αρδευτικού νερού (κύριο αγωγό μεταφοράς) και στο άλλο άκρο με τον εκτοξευτήρα. Το τύμπανο περιστρέφεται με υδραυλική τουρμπίνα.

Πριν την έναρξη της άρδευσης το φορείο με το τύμπανο τοποθετείται στο ένα άκρο του αγρού και το φορείο με τον εκτοξευτήρα τοποθετείται στο άλλο, ο εύκαμπος σωλήνας συνδέει τα δύο φορεία.

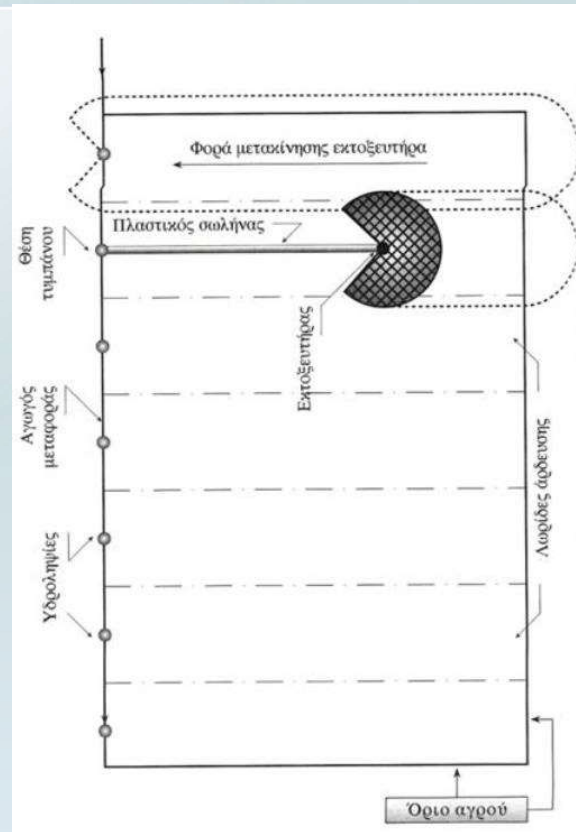




# Αυτοκινούμενος εκτοξευτήρας υψηλής πίεσης (Καρούλι ή Κανόνι)

Με την έναρξη της άρδευσης, το τύμπανο αρχίζει να περιστρέφεται τυλίγοντας το σωλήνα, ο οποίος ταυτόχρονα τροφοδοτεί με νερό τον εκτοξευτήρα και έλκει το φορείο που τον φέρνει, επιτυγχάνοντας έτσι την άρδευση μιας λωρίδας εδάφους. Μετά την άρδευση της λωρίδας αυτής, το σύστημα μετακινείται στη διπλανή.

Το πλάτος της λωρίδας που αρδεύεται κάθε φορά εξαρτάται από τη διάμετρο εκτόξευσης του νερού και την ταχύτητα του ανέμου. Ο εκτοξευτήρας μπορεί να διαγράψει ολόκληρο κύκλο ή μέρος μόνο του κύκλου και στην περίπτωση αυτή το φορείο με τον εκτοξευτήρα κινείται σε ξηρό έδαφος.



<https://www.youtube.com/watch?v=2V3GUXqWGpY>

# Αυτοκινούμενο σύστημα άρδευσης γραμμικής μετακίνησης (ράμπα) (boom irrigation)

- ✓ Στην άρδευση με ράμπα, ο αυτοκινούμενος εκτοξευτήρας υψηλής πίεσης αντικαθίσταται με αυτοκινούμενη ράμπα η οποία φέρει αριθμό εκτοξευτήρων χαμηλής ή μεσαίας πίεσης.
- ✓ Η επιλογή των χαρακτηριστικών των μικροεκτοξευτήρων έχει σχέση με την ένταση καταιόνισης που επιδιώκεται και εξαρτάται μεταξύ των άλλων από τον τύπο του εδάφους.
- ✓ Το μήκος του αναδιπλούμενου ιστού μπορεί να φτάνει μέχρι 80M. Ο ιστός μπορεί να ανυψώνεται ή να κατεβαίνει, για να επιτυγχάνονται διάφορα ύψη διανομής ανάλογα με το ύψος της καλλιέργειας.
- ✓ Ένα από τα πλεονεκτήματα είναι η μικρή επίδραση του αέρα και, επομένως, γενικότερα η μεγάλη ομοιομορφία διανομής καθώς και η μικρή πίεση λειτουργίας, που μειώνει την κατανάλωση ενέργειας.
- ✓ Μειονέκτημα είναι η μεγάλη ένταση βροχής που δημιουργεί και σε εδάφη με μικρή διηθητικότητα μπορεί να προκαλείται κατάκλυση.
- ✓ Υψηλότερο κόστος

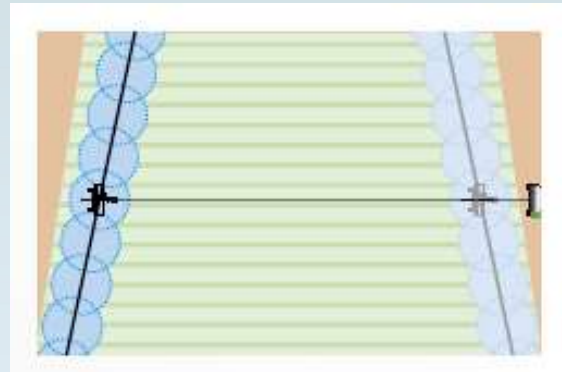


<https://www.youtube.com/watch?v=ktPuxAX8Ubk>

<https://www.youtube.com/watch?v=Xnwl17zVVzA>

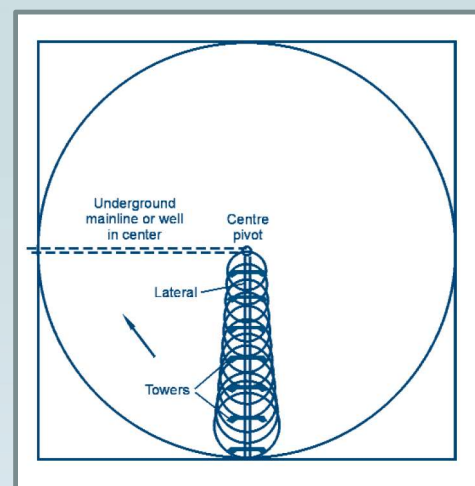


# Αυτοκινούμενο σύστημα άρδευσης γραμμικής μετακίνησης (ράμπα) (boom irrigation)



# Περιστρεφόμενα αρδευτικά συστήματα (Center Pivot)

- ✓ Αποτελούνται από ένα πλευρικό αγωγό εφαρμογής του αρδευτικού νερού που είναι τοποθετημένος πάνω σε μεταλλικούς πυλώνες και καταλήγει σε ένα κεντρικό σταθερό μεταλλικό πυλώνα (κεντρικός άξονας περιστροφής-pivot) όπου ο αγωγός συνδέεται με την κεντρική πηγή του αρδευτικού νερού.
- ✓ Οι πυλώνες είναι μεταλλικές κατασκευές στηρίζονται σε δύο τροχούς, στο επάνω μέρος τους στηρίζονται οι σωλήνες εφαρμογής του νερού και κινούνται κυκλικά γύρω από τον κεντρικό σταθερό πυλώνα με περιστροφή των τροχών τους από ηλεκτροκινητήρες που ρυθμίζουν την ταχύτητα περιστροφής τους.
- ✓ Η εκτόξευση του νερού μπορεί να γίνει από διάφορων τύπων εκτοξευτήρες τοποθετημένους στον πλευρικό αγωγό. Μπορεί επίσης στον πλευρικό αγωγό να φέρουν κατακόρυφους σωλήνες και οι εκτοξευτήρες να τοποθετούνται ακριβώς πάνω από την καλλιέργεια, ή ανάμεσα στις γραμμές της καλλιέργειας (χρήσιμο για την ομοιομορφία της άρδευσης σε συνθήκες ανέμου).
- ✓ Συνήθως φέρουν στο τέλος του πλευρικού αγωγού εκτοξευτήρα υψηλής πίεσης για την μη ομοιόμορφη άρδευση τμήματος του αγρού εκτός του κύκλου.



Τα συστήματα αυτά δεν χρειάζονται αλλαγές θέσης (ελάχιστη εργασία και παρακολούθηση). Μειονέκτημα το υψηλό κόστος επένδυσης και τα κενά ακαλλιέργητου εδάφους μεταξύ των κύκλων.



## Περιστρεφόμενα αρδευτικά συστήματα (Center Pivot)



Τα συστήματα αυτά έχουν επικρατήσει στις ΗΠΑ.  
Στην Ελλάδα δεν χρησιμοποιούνται

# Άρδευση με καταιονισμό - Πλεονεκτήματα

- Εξυπηρετείται η άρδευση σε μη ομαλά εδάφη στα οποία δεν μπορεί να εφαρμοσθούν επιφανειακές μέθοδοι άρδευσης (εδάφη με κλίση  $> 4\%$ , σε αμμώδη εδάφη με μεγάλη διηθητικότητα  $>75 \text{ mm/h}$ ).
- Εύκολη η αυτόματη λειτουργία χωρίς παρακολούθηση
- Οικονομία νερού σε σχέση με την επιφανειακή άρδευση. Οι απώλειες των μεθόδων επιφανειακής άρδευσης από εξάτμιση, βαθιά διήθηση ή επιφανειακή απορροή, κάτω από συνήθεις συνθήκες εδάφους κυμαίνονται σε  $30 - 50\%$ . Μεγάλες απώλειες νερού λόγω εξάτμισης κατά τη μεταφορά του. Στην άρδευση με καταιονισμό οι απώλειες νερού οφείλονται κυρίως στην εξάτμιση και υπολογίζονται σε  $10 \sim 15\%$  του νερού εφαρμογής μικρές απώλειες κατά την μεταφορά. Ο καταιονισμός έχει, βαθμό απόδοσης άρδευσης  $75\sim 85\%$  ενώ οι επιφανειακές μέθοδοι άρδευσης έχουν βαθμό απόδοσης  $50\sim 65\%$ .
- Δεν απαιτεί να διατεθεί τμήμα της έκτασης του αγρού για την εφαρμογή της (στις επιφανειακές αρδεύσεις ποσοστό  $12$  ή  $14\%$  της συνολικής έκτασης διατίθεται για τα έργα μεταφοράς και διανομής του νερού).
- Δεν καταστρέφει τη δομή του εδάφους με το φράξιμο των πόρων από την μεταφορά λεπτόκοκκων σωματίδιων εδάφους, λόγω υπεράρδευσης, όπως συμβαίνει στις επιφανειακές μεθόδους άρδευσης με τον σχηματισμό επιφανειακής κρούστας του εδάφους
- Δεν απαιτούνται εργασίες προετοιμασίας του εδάφους. Σε όλες τις μεθόδους επιφανειακής άρδευσης, η επιτυχία της άρδευσης εξαρτάται από την ισοπέδωση των αρδευόμενων εδαφών.
- Αποφεύγεται η δημιουργία εστιών ζιζανίων που δημιουργούνται στις όχθες των ανοικτών τάφρων της επιφανειακής άρδευσης.
- Ελαττωμένα εργατικά σε σχέση με την επιφανειακή άρδευση
- Μπορεί να συνδυαστεί με την εφαρμογή λίπανσης και καταπολέμησης ασθενειών
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για προστασία από τον ανοιξιάτικο παγετό

## Άρδευση με καταιονισμό – Μειονεκτήματα

- Μεγάλες δαπάνες ενέργειας (καύσιμα, ηλεκτρικό)
- Απαιτεί συνεχή παροχή αρδευτικού νερού
- Προβληματική σε ανεμόπληκτες περιοχές που η ταχύτητα του ανέμου είναι  $> 2,8\text{m/s}$ . Η άρδευση πρέπει να σταματά όταν η ταχύτητα του ανέμου είναι  $> 4\text{m/s}$
- Δυσμενείς επιδράσεις του νερού στο φύλλωμα και στην ανθοφορία των δένδρων και κυρίως των δένδρων που έχουν ψεκαστεί για περονόσπορο, μελίγκρα κλπ, αφού η τεχνητή βροχή απομακρύνει τα φυτοφάρμακα από τα φύλλα
- Ανομοιομορφία της άρδευσης όταν δεν εξασφαλίζεται η κατάλληλη πίεση λειτουργίας
- Δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί νερό μεγάλης αλατότητας, αφού προκαλούνται εγκαύματα στα φύλλα των φυτών (αυξημένος κίνδυνος τοξικότητας Cl και Na).
- Δαπανηρή μέθοδος, μεγάλο κόστος εγκατάστασης

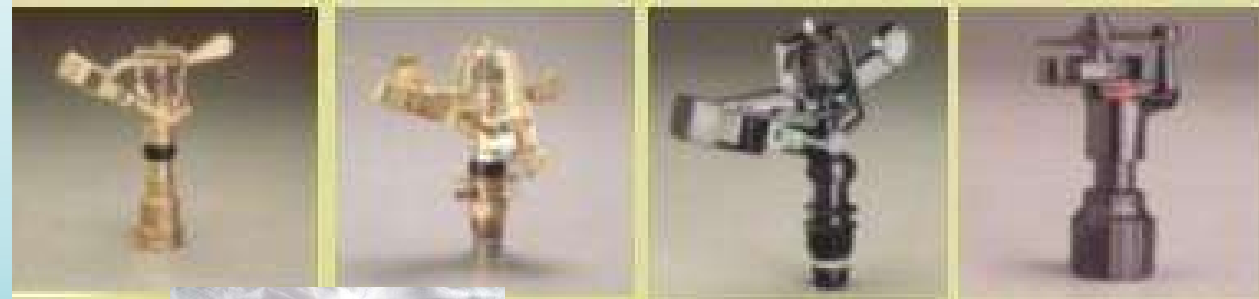
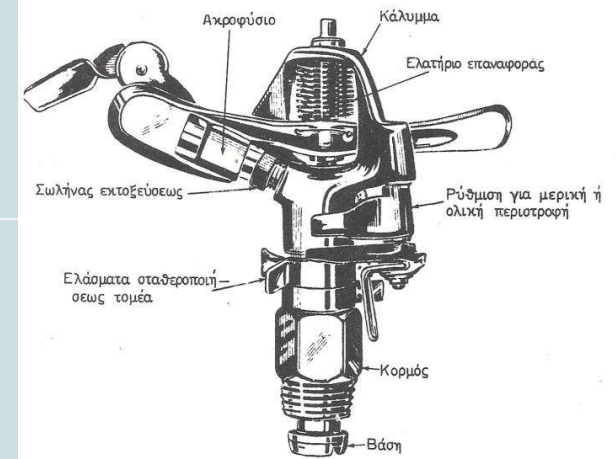
# Εκτοξευτήρες

Τα κύρια όργανα ενός συγκροτήματος καταιονισμού είναι οι εκτοξευτήρες. Με αυτούς εκτοξεύεται το νερό στον αγρό και επιτυγχάνεται η άρδευση.

Κάθε εκτοξευτήρας, αποτελείται από:

- α. Τη βάση ή κορμό, ο οποίος συνδέεται στον αγωγό παροχής του νερού (γραμμή άρδευσης).
- β. Από τον σωλήνα εκτόξευσης, ο οποίος ολικά ή μερικά πάνω στη βάση και στο άκρο του φέρει το ακροφύσιο από το οποίο εκτοξεύεται το νερό.
- γ. Από το μηχανισμό περιστροφής.

Σημαντικό χαρακτηριστικό του εκτοξευτήρα είναι το ακροφύσιο. Αυτό αποτελεί στένωση του σωλήνα εκτόξευσης. Εξ' αιτίας της στένωσης, αύξηση της ταχύτητας ροής. Το νερό εκτοξεύεται στον αέρα, αρχικά σαν υδάτινη δέσμη, η οποία λόγω της αντίστασης του αέρα διασκορπίζεται και πέφτει στο έδαφος υπό μορφή σταγόνων βροχής



Οι εκτοξευτήρες τοποθετούνται συνήθως επάνω σε σωλήνες ανύψωσης, που τοποθετούνται στις γραμμές άρδευσης, μικρής διαμέτρου, με ύψος συνήθως 60 cm πάνω από το έδαφος,.



# Εκτοξευτήρες

Οι εκτοξευτήρες μπορεί να είναι περιστροφικού τύπου που είναι και οι ευρέως χρησιμοποιούμενοι ή σταθεροί με μονό ή διπλό ακροφύσιο. Διατίθενται σε διάφορα μεγέθη ακροφυσίων, παροχών, πιέσεων λειτουργίας και διαμέτρων διαβροχής, πλήρους ή μερικής διαβροχής. Ανάλογα με την γωνία εκτόξευσης του νερού πάνω από το ακροφύσιο χωρίζονται σε χαμηλής γωνίας ( $4^\circ - 11^\circ$ ), ή υψηλής γωνίας εκτόξευσης ( $20^\circ - 30^\circ$ ). Είναι κατασκευασμένοι από ορείχαλκο ή υψηλής ποιότητας πλαστικά.

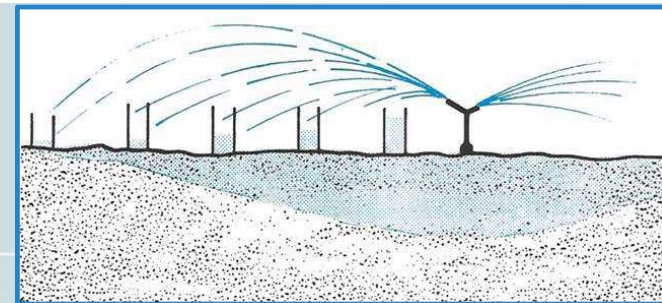
## Χαρακτηριστικά Εκτοξευτήρα:

- A) Πίεση λειτουργίας ( $hs$ )
- B) Διάμετρος ακροφυσίου ( $Da$ )
- Γ) Παροχή εκτοξευτήρα ( $qs$ )
- Δ) Ακτίνα εκτόξευσης ( $R$ )
- E) Μέση ένταση τεχνητής βροχής  $r$
- ΣΤ) Μέγιστες αποστάσεις μεταξύ των εκτοξευτήρων για ομοιόμορφη άρδευση ανάλογα με την διάταξη τους (ορθογωνική, τετραγωνική, τριγωνική)

## Κατηγορίες εκτοξευτήρων

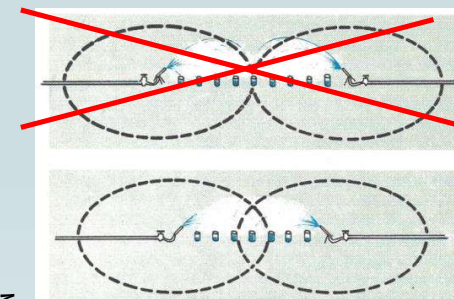
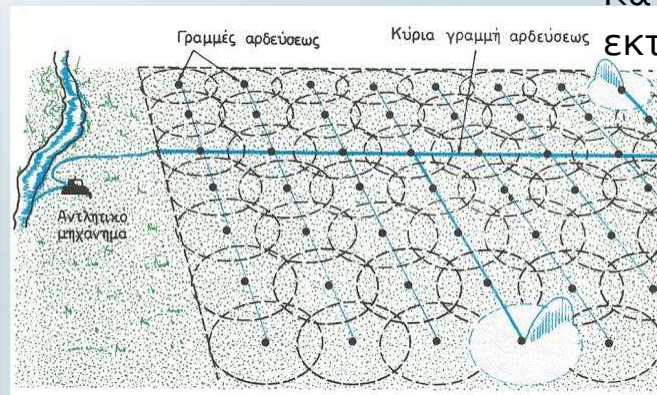
- **Χαμηλής πίεσης λειτουργίας και παροχής** μικροεκτοξευτήρες: πίεση λειτουργίας  $0,8-2atm$  ( $R=1,5-5m$ ) και παροχές από 35-400 l/h
- **Μεσαίας πίεσης και παροχής**, περιστροφικοί βραδείας περιστροφής:  $1,5-3.0 atm$  ( $R=12-15m$ ) και παροχές 0.5-5.0 m<sup>3</sup>/h. Είναι κατάλληλοι για όλες τις καλλιέργειες
- **Υψηλής πίεσης και παροχής**, Κανόνι:  $4,5-9atm$  ( $R=40-100m$ ) και παροχές 20-150 m<sup>3</sup>/h

# Κατανομή ύψους άρδευσης

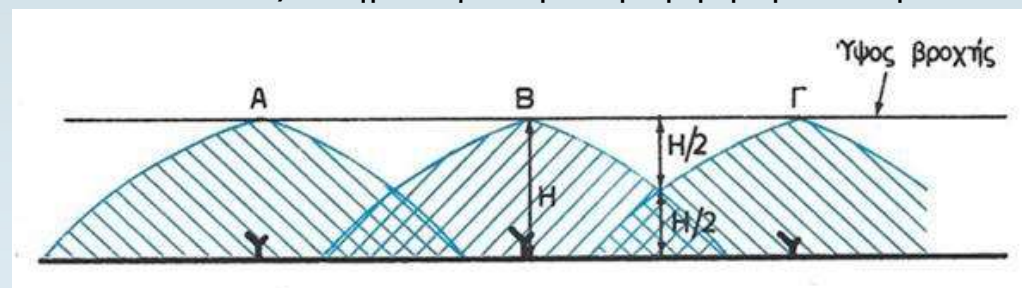


Κατανομή συνολικού ύψους νερού εκτοξευτήρα μεσαίας πίεσης

- ✓ Το ύψος του νερού που εφαρμόζεται στην επιφάνεια του εδάφους από έναν εκτοξευτήρα σε κανονική πίεση λειτουργίας έχει την μέγιστη τιμή κοντά στον εκτοξευτήρα και μειώνεται όσο η απόσταση από τον εκτοξευτή αυξάνεται.
- ✓ Για να επιτευχθεί ομοιόμορφο ύψος βροχής σε όλο το μήκος της ακτίνας του εκτοξευτήρα θα πρέπει να υπάρχει επικάλυψη των κύκλων διαβροχής διαδοχικών εκτοξευτήρων
- ✓ Κάθε εκτοξευτήρας έχει μια χαρακτηριστική κατανομή νερού που εξαρτάται από την πίεση και το μέγεθος του ακροφυσίου. Διαφορετικοί εκτοξευτές έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά κατανομής



Επικάλυψη ακτίνων εκτόξευσης εκτοξευτήρων για ομοιόμορφη άρδευση

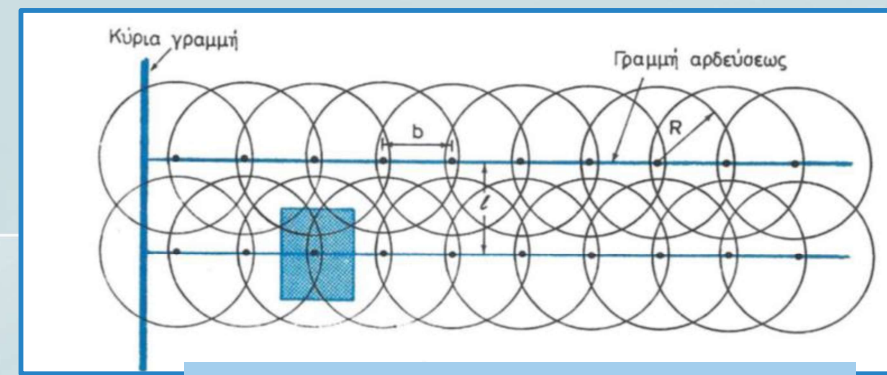


Κανονική επικάλυψη. Το ύψος της βροχής είναι σχεδόν ίδιο σε όλη την επιφάνεια

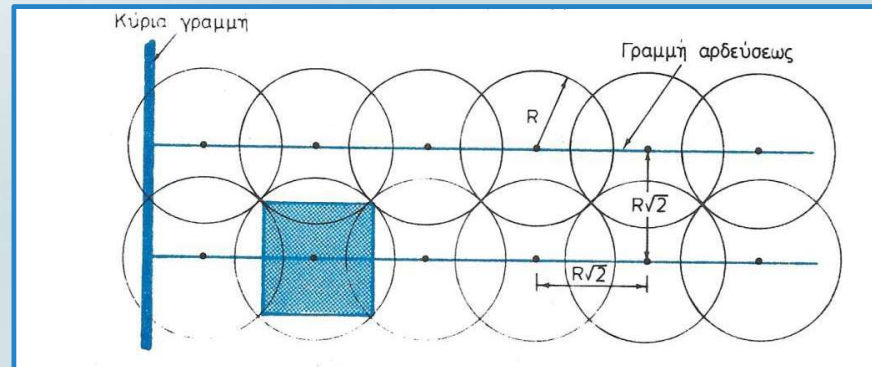
# Διάταξη εκτοξευτήρων

Για να πετύχουμε ομοιόμορφη άρδευση, οι εκτοξευτήρες τοποθετούνται σε αποστάσεις μικρότερες του διπλάσιου της ακτίνας εκτόξευσης  $R$ . Οι δυνατές διατάξεις των εκτοξευτών είναι: η τετραγωνική, η ορθογωνική και η τριγωνική.

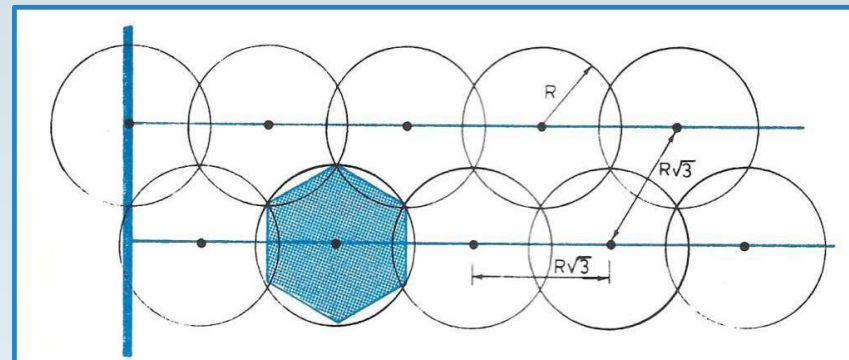
Το μήκος των σωλήνων τεχνητής βροχής είναι τυποποιημένο στα 6 m. Για τον υπολογισμό των αποστάσεων των εκτοξευτήρων, η απόσταση μεταξύ εκτοξευτήρων ή των γραμμών άρδευσης πρέπει να είναι ακέραιο πολλαπλάσιο του έξι. Η τυπική διάταξη είναι 12x18. Όταν επικρατούν ισχυροί άνεμοι 12x12



Ορθογωνική διάταξη  $b=R$ ,  $l=1.33 R$



Τετραγωνική διάταξη  
 $b=l=R \cdot \sqrt{2}=1.41 R$



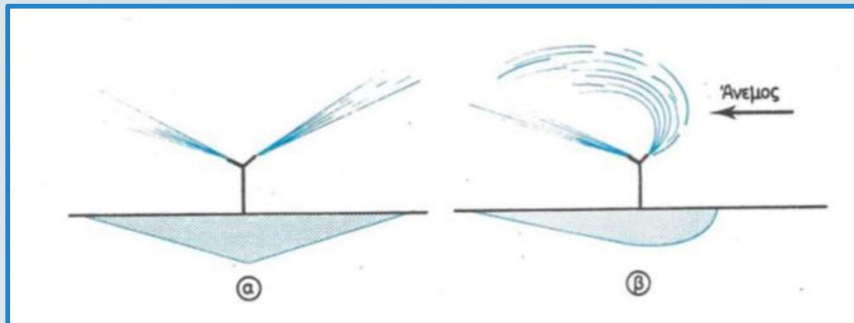
Τριγωνική διάταξη  
 $b=R \cdot \sqrt{3}$ ,  $l=1.52 R$



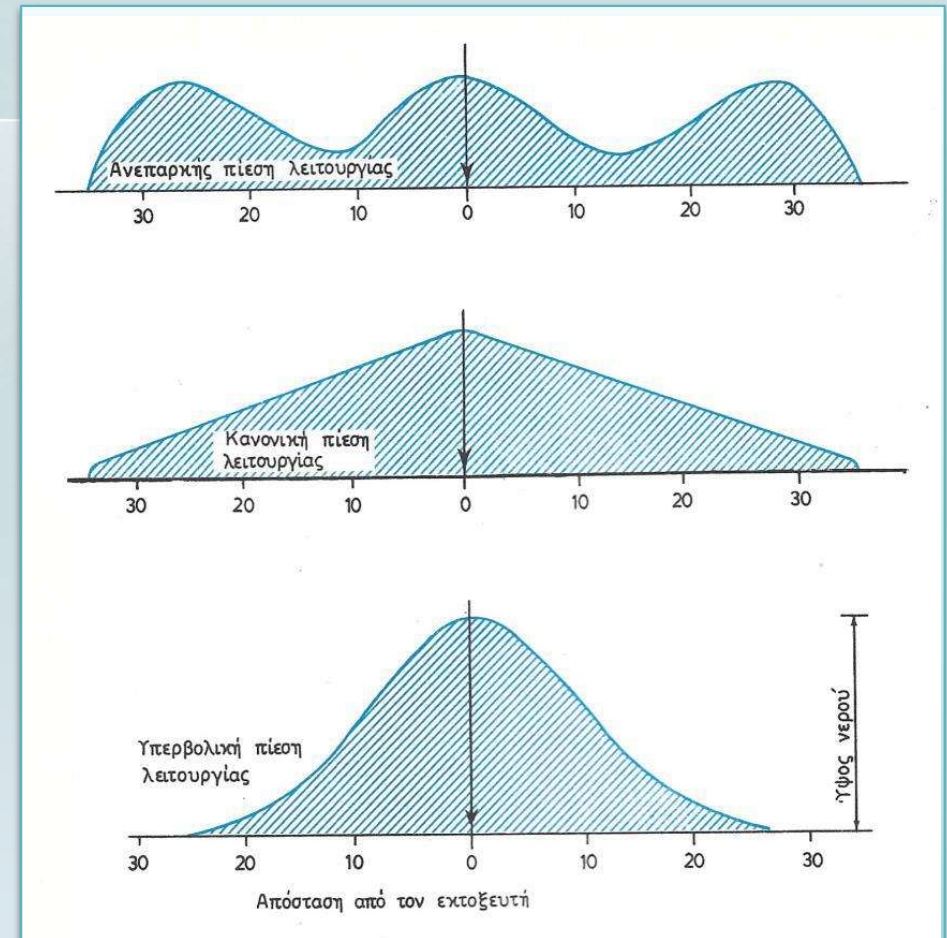
# Κατανομή ύψους άρδευσης

Η κανονική κατανομή του ύψους βροχής του εκτοξευτήρα αλλοιώνεται από:

- τη μεταβολή της πίεσης λειτουργίας εκτός των συνιστώμενων ορίων λειτουργίας του
- Από την επίδραση του ανέμου



Επίδραση του ανέμου (α) χωρίς άνεμο  
(β) με αισθητό άνεμο



Επίδραση της πίεσης λειτουργίας εκτοξευτήρα στην κατανομή της βροχής



# Ένταση τεχνητής βροχής

Η ένταση τεχνητής βροχής είναι ο μέσος ρυθμός με τον οποίο το νερό παρέχεται στις καλλιέργειες και μετριέται σε mm/ώρα. Εξαρτάται από το μέγεθος των ακροφυσίων του εκτοξευτήρα, την πίεση λειτουργίας, την διάταξη και απόσταση των εκτοξευτήρων.

Για την περίπτωση ορθογωνικής διάταξης η ένταση της βροχής δίνεται από τη σχέση:

$$r = \frac{V}{A \cdot t} = \frac{q_s}{Se \cdot Sm}$$

$r$  = η ένταση βροχής σε mm/h.

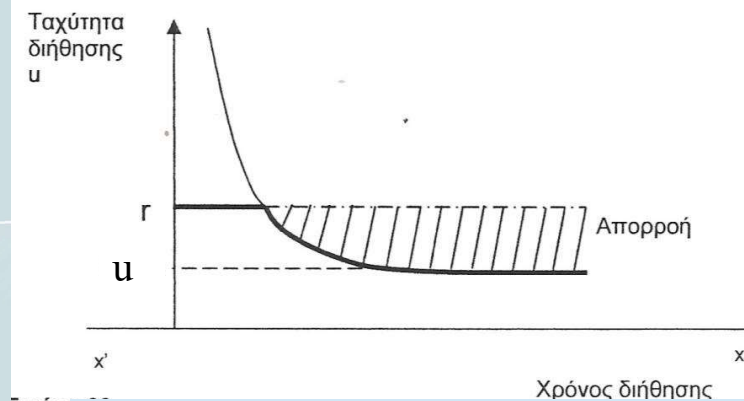
$q_s$  = η παροχή εκτοξευτήρα σε m<sup>3</sup>/h.

$Se$  = η απόσταση εκτοξευτήρων επί των γραμμών άρδευσης σε m

$Sm$  = η απόσταση γραμμών άρδευσης σε m.

**Για να αποφευχθεί η απώλεια νερού από επιφανειακή απορροή, πρέπει η ένταση βροχής ( $r$ ) να είναι ίση ή μικρότερη από τη βασική διηθητικότητα του εδάφους. ( $r < u_{\min} = K_s$ )**

Όταν το νερό εφαρμόζεται σε ξηρό έδαφος η ταχύτητα διήθησης του νερού στην επιφάνεια του εδάφους είναι αρχικά μεγάλη λόγω της μεγάλης κλίσης του υδραυλικού φορτίου και με την παροδο του χρόνου άρδευσης μειώνεται και τελικά τείνει στην βασική ταχύτητα διήθησης που παραμένει σταθερή (ισούται με την υδραυλική αγωγιμότητα στον κορεσμό  $K_s$  του εδάφους). Αν η ένταση της τεχνητής βροχής υπερβαίνει την βασική διηθητικότητα του εδάφους τότε θα έχουμε λίμνασμα του νερού στην επιφάνεια του εδάφους και απώλειες νερού με επιφανειακή απορροή ειδικά όταν οι κλίσεις του εδάφους είναι μεγάλες.



*Μεταβολή της ταχύτητας διήθησης  $u$  του νερού στο έδαφος με τον χρόνο  $t$  ( $r$  ένταση βροχής)*

Τιμές βασικής διηθητικότητας εδάφους για διάφορους τύπους εδαφών

Soil type	Basic infiltration (mm/hr)
Clay	1 - 7
Clay Loam	7 - 15
Silt Loam	15 - 25
Sandy Loam	25 - 40
Sand	>40

## Ομοιομορφία εφαρμογής νερού άρδευσης

Η ομοιομορφία κατανομής του νερού στο χωράφι είναι συνάρτηση των χαρακτηριστικών των εκτοξευτήρων και της διάταξής τους

Ο Christiansen σαν μέσο εκτίμησης της ομοιομορφίας της κατανομής της βροχής προτείνει τον συντελεστή ομοιομορφίας

$$Cu = 100. \left(1 - \frac{\sum(x - \bar{x})}{n\bar{x}}\right)$$

$x$  είναι το ύψος του νερού σε κάθε θέση παρατήρησης,  $\bar{x}$  είναι ο μέσος όρος των  $x$  και  $n$  ο αριθμός των θέσεων παρατήρησης

·  
Μια διάταξη είναι αποδεκτή όταν  **$Cu > 85\%$**

## Επιλογή διαμέτρων αγωγών ΚΓ- Γ

Ο σχεδιασμός στοχεύει στην ομοιόμορφη κατανομή νερού στον αγρό, χωρίς λίμνασμα και απορροή και στην αποθήκευση της δόσης άρδευσης ( $I$ ) στο ριζόστρωμα με τον οικονομικότερο τρόπο.

Αναζητείται η μικρότερη διάμετρος των αγωγών της ΚΓ και της ΓΑ (οικονομικότερη) ώστε να:

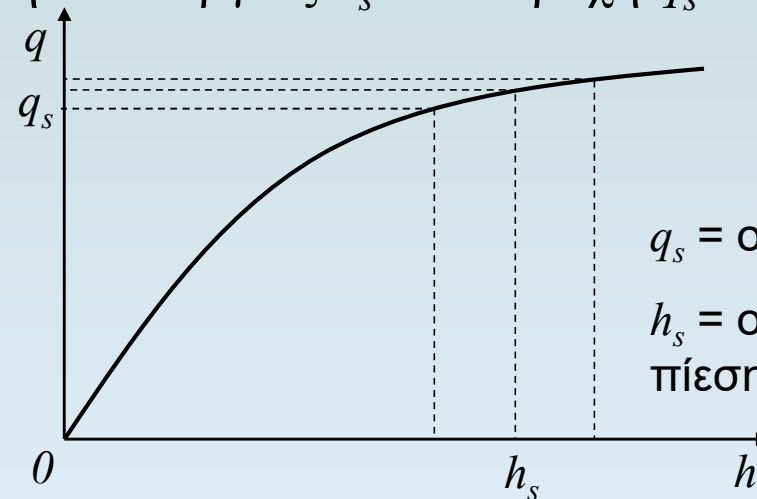
α) ικανοποιείται το κριτήριο ομοιομορφίας

β) εξασφαλίζεται το σωστό φορτίο πίεσης  $h_u$  στην είσοδο της ΓΑ έτσι ώστε ο τελευταίος εκτοξευτήρας να λειτουργεί με την συνιστώμενη πίεση λειτουργίας

Οι εκτοξευτήρες έχουν ονομαστική πίεση λειτουργίας  $h_s$  και παροχή  $q_s$

**Εκθετική σχέση  $h_s - q_s$**

$$q = ch^x$$



$q_s$  = ονομαστική παροχή

$h_s$  = ονομαστικό φορτίο πίεσης



## Επιλογή διαμέτρων αγωγών

**Υπολογισμός μέγιστων επιτρεπόμενων απωλειών στην ΚΓ και ΑΜ**

$$h_f^{(\kappa\gamma)} = J_{(\kappa\gamma)} \leq 5\%$$

Οι γραμμικές απώλειες ( $J$ ) πρέπει να είναι  $< 5\%$

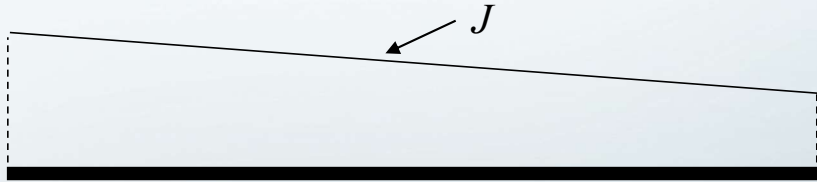
**Υπολογισμός μέγιστων επιτρεπόμενων απωλειών ΓΑ**

$$h_f^{(\gamma\alpha)} \leq 0,2h_s$$

Αν το έδαφος δεν είναι οριζόντιο, τότε στις παραπάνω σχέσεις συνυπολογίζεται και ο όρος  $\pm \Delta Z$  ( $Z =$  υψομετρική διαφορά μεταξύ των άκρων των αγωγών)

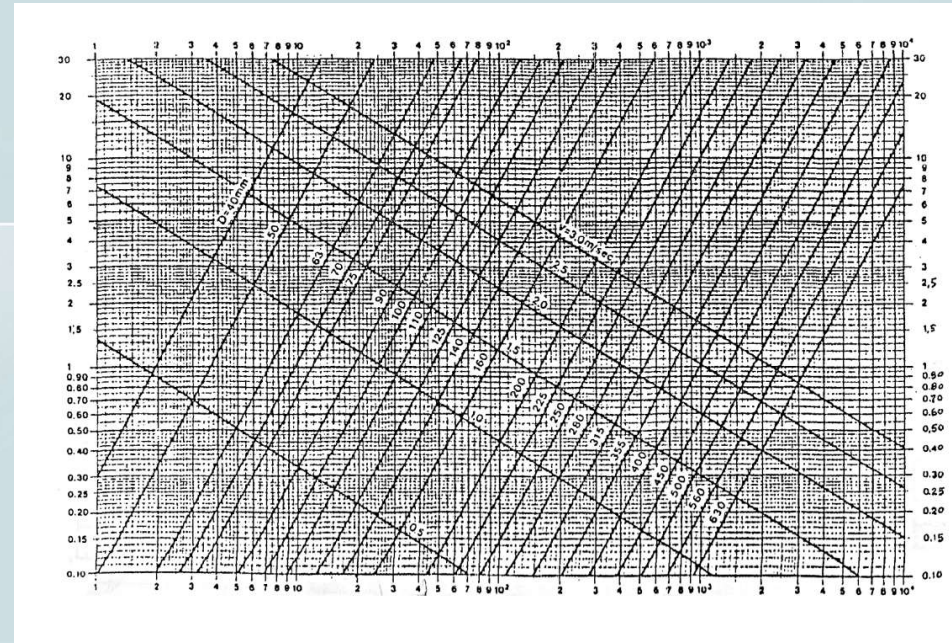
# Επιλογή διαμέτρων αγωγών

Υπολογισμός γραμμικών Απωλειών Ενέργειας κατά μήκος αγωγού διαμέτρου  $D$  για σταθερή παροχή  $Q$  (ΓΜ, ΚΓ)

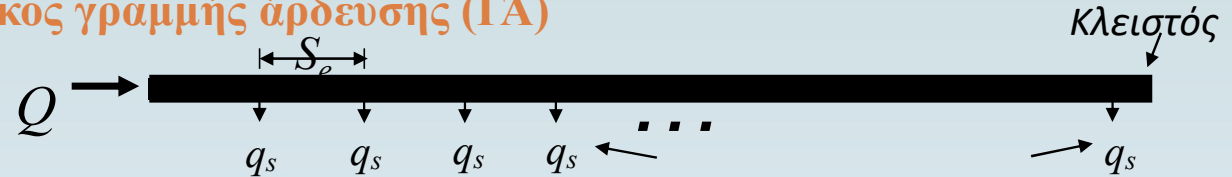


Από νομογράφημα οι γραμμικές απώλειες  $J$  (m/100 m)

Οι συνολικές απώλειες για αγωγό μήκους  $L$  είναι:  $h_f^{(\gamma\rho)} = J \cdot L$



Υπολογισμός απωλειών Ενέργειας κατά μήκος γραμμής άρδευσης (ΓΑ)



Στην γραμμή άρδευσης (ΓΑ) η παροχή κατά μήκος της γραμμής μειώνεται λόγω των εκτοξευτήρων οι συνολικές γραμμικές απώλειες θα είναι μικρότερες από τις υπολογιζόμενες από το νομογράφημα με ένα μειωτικό συντελεστή  $F$  εξαρτώμενο από τον αριθμό των εκτοξευτήρων. Στις συνολικές απώλειες προστίθενται και τοπικές απώλειες 10% των γραμμικών

Οι συνολικές απώλειες για αγωγό μήκους  $Lx'$  (γραμμή άρδευσης)

$$h_f^{(\gamma\alpha)} = 1,1 \cdot F \cdot J \cdot Lx'$$