

# ZİRAAT FAKÜLTESİ



## Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü

***TYS302 Tarımsal Sulama***

***Doç. Dr. Kadir Ersin TEMİZEL***

# Dersin Konusu

*Ders Kodu-Ders Adı*

*Hafta-#*



# TARIMSAL SULAMA

## KAYNAKLAR:

- 1.Sulama. **Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi** yayınları yayın no: 1540
2. Bahçe Bitkileri Sulama Tekniği. **A.Ü. Yayın no:1281**



# DERSİN İÇERİĞİ

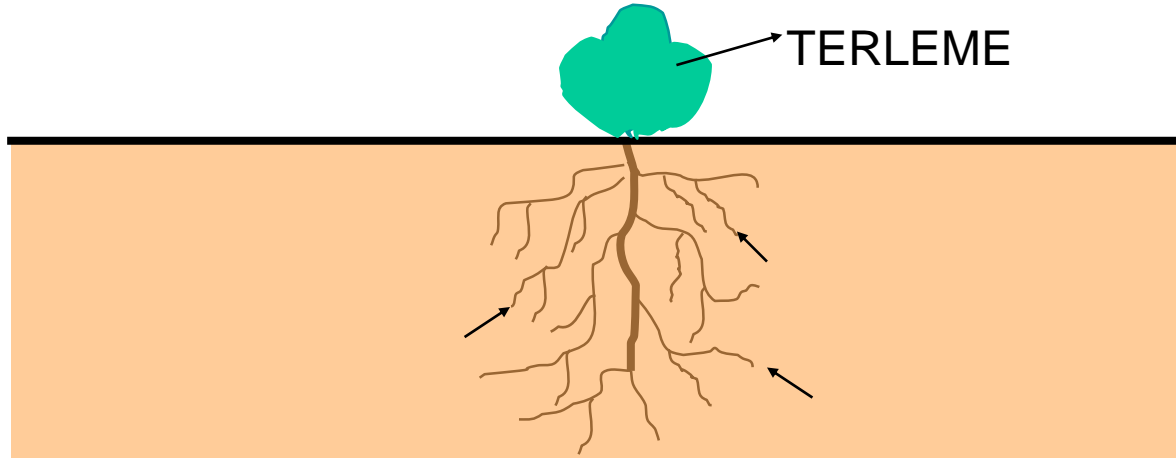
- Giriş
- Sulama Sistemleri
- Toprak-Bitki-Su İlişkileri
- Bitki Su Tüketimi ve Sulama Suyu İhtiyacı
- Arazinin Sulamaya Hazırlanması
- Sulama Yöntemleri
  - Salma sulama yöntemi
  - Tava sulama yöntemi
  - Uzun tava sulama yöntemi
  - Yağmurlama sulama yöntemi
  - Damla sulama yöntemi
  - Ağaç altı mikro yağmurlama sulama yöntemi



# 1. BÖLÜM

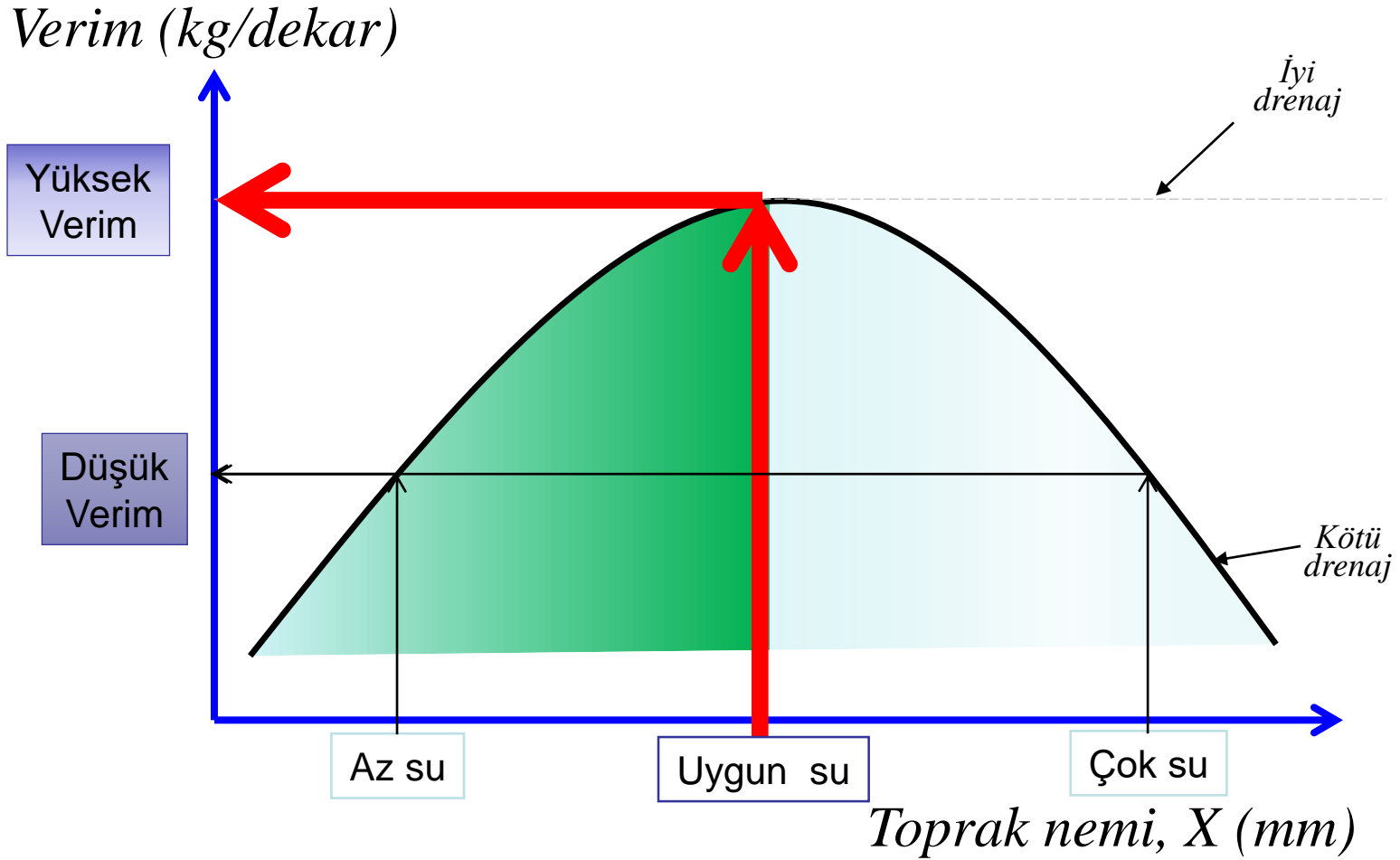
## GİRİŞ

# Sulamanın önemi



- **Bitki tarafından alınan su;**
  - Bitki dokularında su olarak kalır
  - Bitki bünyesinde çeşitli bileşiklerin yapımında kullanılır
  - Terleme ile atmosfere verilir
- **Sulamada, alınan suyun terleme miktarına eşit olduğu yaklaşımlı yapılır**

# SU – VERİM İLİŞKİSİ





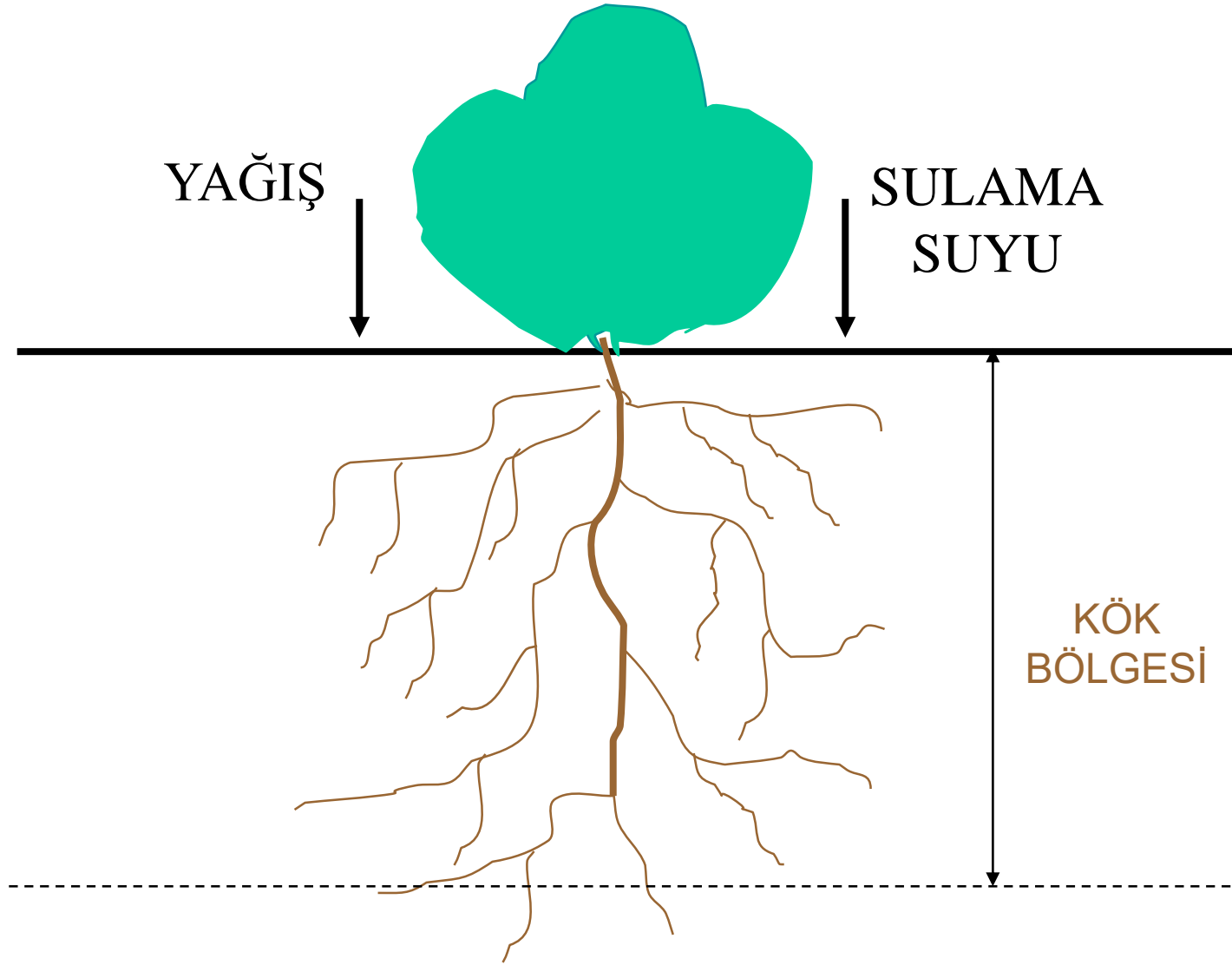
# Gereğinden düşük toprak nemi koşulunda;



- Toprak nemi toprak taneleri tarafından yüksek güçle tutulur. Bitki suyu alabilmek için yüksek kök basıncı uygular ve gelişme ve ürün yapımına ayıracağı enerjinin bir kısmını su alımında kullanır. Sonuçta, **bitki gelişmesi ve verim olumsuz yönde etkilenir.**

# Gereğinden yüksek toprak nemi koşulunda

- Toprak gözeneklerinde gereğinden yüksek su bulunur ve gözeneklerdeki hava oranı düşer. Bunun sonucunda;
  - Kılcal kök gelişimi sınırlanır.
  - Mikroorganizma faaliyetleri yavaşlar.
  - Bitki besin elementlerinin alımını engelleyen zararlı bileşikler oluşur.



## Sulamanın tanımı

**Sulama, bitkilerin normal gelişmesi için gerekli olan su miktarının yağışlarla karşılanamayan kısmının toprağa, bitki kök bölgesine verilmesidir.**

## Sulamanın yararları

- Bitki su ihtiyacı tam karşılanır.
- Diğer tarımsal girdilerin etkinliği artar.
- Topraktaki fazla tuzun yıkanması sağlanır.
- Toprakta mevcut taban taşı yumuşatılır.
- Gübre ve tarım ilaçları su ile birlikte verilebilir.
- Bazı bitkiler dondan korunabilir.

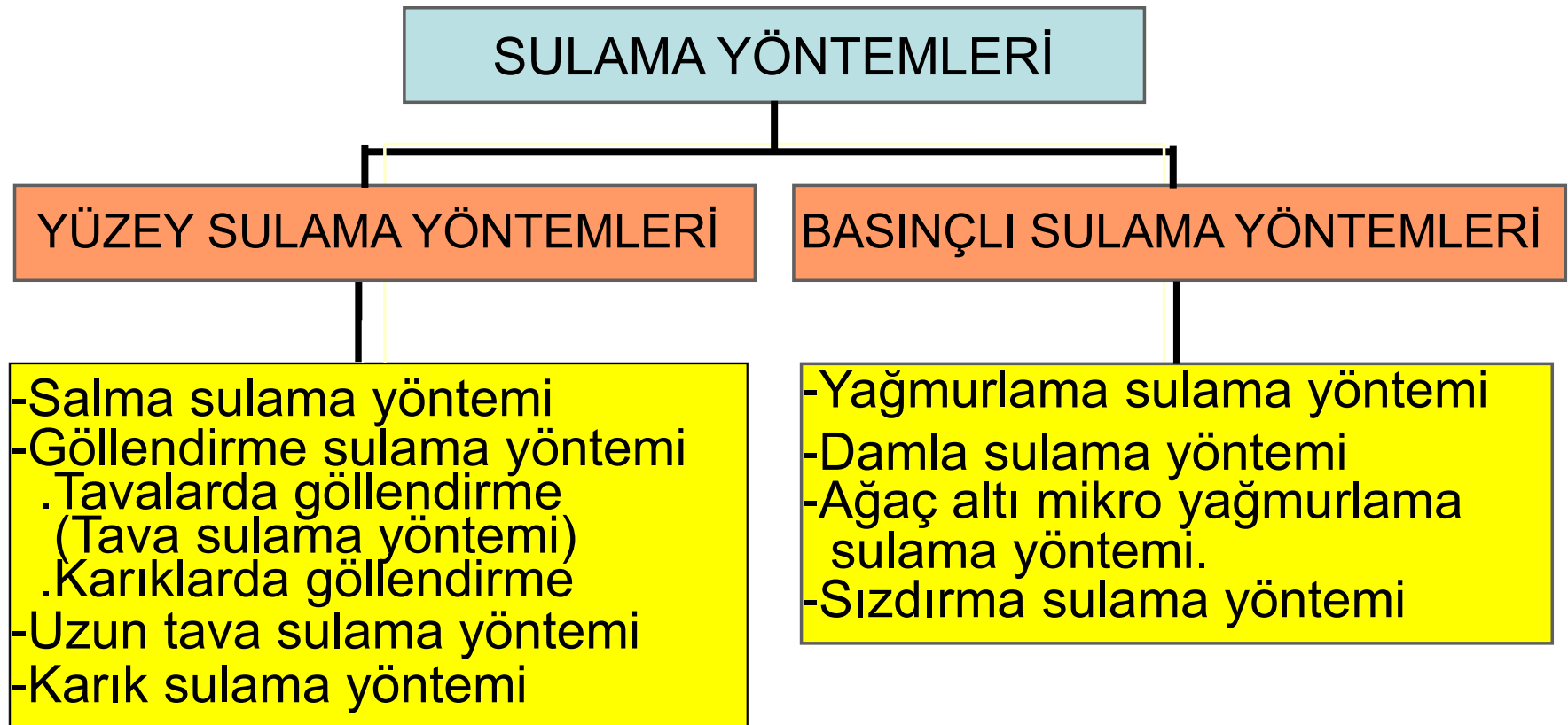


# Türkiye’de sulama

- **Tarım alanı :  $28 \times 10^6$  ha**
- **% 6 eğime kadar sulanabilir alan :  $13.5 \times 10^6$  ha**
- **Tüketici amaçlarla kullanılabilecek su kaynakları potansiyeli**
  - **$98 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/yıl yerüstü**
  - **$14 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/yıl yer altı**

- **Sulamaya ayrılacak su kaynakları potansiyeli ile Türkiye’de halen uygulanan sulama teknolojileri ile;**
  - Havzalar düzeyinde su nakli yapıldığında  $8.5 \times 10^6$  ha
  - Havzalar düzeyinde su nakli yapılmadığında  $6.5 \times 10^6$  ha alanın sulanabileceği hesaplanmaktadır.
- **Mevcut sulanan alan :  $4.4 \times 10^6$  ha** (1996 DSI verileri)
- **Uygulanan sulama yöntemleri**
  - % 85 Yüzey sulama
  - % 12 Yağmurlama sulama
  - % 3 Damla sulama

# Sulama yöntemi, suyun toprağa bitki kök bölgesine verilış biçimidir.



**Sulama sistemi;** suyun kaynaktan alınması, sulanacak alana iletilmesi, alan içerisinde dağıtılması için gerekli yapı, araç ve makinaların bütünüdür.

**Sulama projesi;** sulu tarım alanı, bu alan üzerindeki sulama ve drenaj sistemleri ile sulu tarım alanında alınan diğer tüm teknik ve biyolojik önlemlerin bütünüdür.

# **2. BÖLÜM**

# **SULAMA SİSTEMLERİ**

# SULAMA SİSTEMLERİ

## 1. HİZMET ETTİKLERİ ALANA GÖRE

BÜYÜK SULAMA  
SİSTEMLERİ

TARLA SULAMA  
SİSTEMLERİ

## 2. SU İLETİMİ VE DAĞITIMINA GÖRE

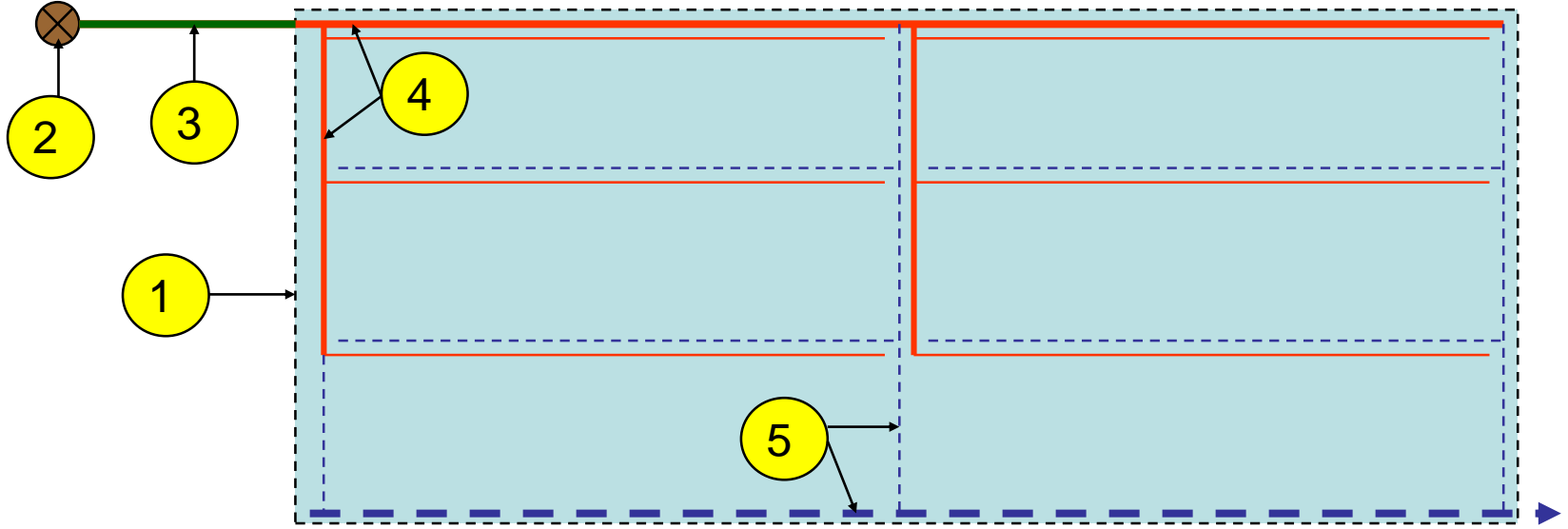
YÜZEY SULAMA  
SİSTEMLERİ

BASINÇLI SULAMA  
SİSTEMLERİ

DÜŞÜK BASINÇLI  
SULAMA SİSTEMLERİ

YÜKSEK BASINÇLI  
SULAMA SİSTEMLERİ

# Sulama projesi unsurlari



- 1 Proje alanı (sulanan tarım arazisi)
- 2 Suyun temin edildiği tesisler
- 3 Suyun proje alanına iletildiği tesisler
- 4 Suyun dağıtımı ile ilgili mühendislik tesisleri
- 5 Drenaj tesisleri

# SULAMA PROJELERİ

## 1. PROJEYİ İDARE EDENLERİN ORGANİZASYON BİÇİMİNE GÖRE

- Özel Sulama Projeleri
- Ticari Sulama Projeleri
- Kooperatif Sulama Projeleri
- Devlet Sulama Projeleri

## 2. SUYUN TEMİNİ VE DAĞITIMINDA KULLANILAN YÖNTEMLERE GÖRE

- Yerçekimi Sulama Projeleri
- Pompaj Sulama Projeleri
- Kombine Sulama Projeleri



# Sulama projelerinde sağlanması gerekli koşullar

1. İyi bir bitki yetiştiriciliğine uygun olmalı
2. Devamlı tarımsal işleme uygun olmalı
3. Su, miktar ve kalite açısından  
sulamaya uygun olmalı
4. Suyun maliyeti çiftçinin ödeyebileceği  
düzeyde olmalı

# Sulama projelerinin hazırlanmasında gerekli bilgiler

## 1. Proje alanının topografik haritası

Ölçek : 1/500 – 1/25 000

Tesviye eğrileri : 0.25 m – 1 m

## 2. Sulu arazi sınıflandırma haritası

1.sınıf : **Sarı**

Toprak, topografya, drenaj

2.sınıf : **Yeşil**

3.sınıf : **Mavi**

4.sınıf : **Kahverengi**

5.sınıf : **Pembe**

6.sınıf : -



# **Sulama projelerinin hazırlanmasında gerekli bilgiler**

**3. Bitki deseni**

**4. Tabansuyu durumu**

**5. Su kaynakları**

**6. Hidrolojik etütler**

- 5, 10 ve 15 yıllık yağışlar
- En az 20 yıllık akarsu gözlemleri
- Bitki su ihtiyaçları

**7. Su kalitesi**

**8. Malzeme**

# Sulama projelerinin geliştirilmesi aşamaları

**1.Etüt (kaynak araştırması)**

**2.Planlama**

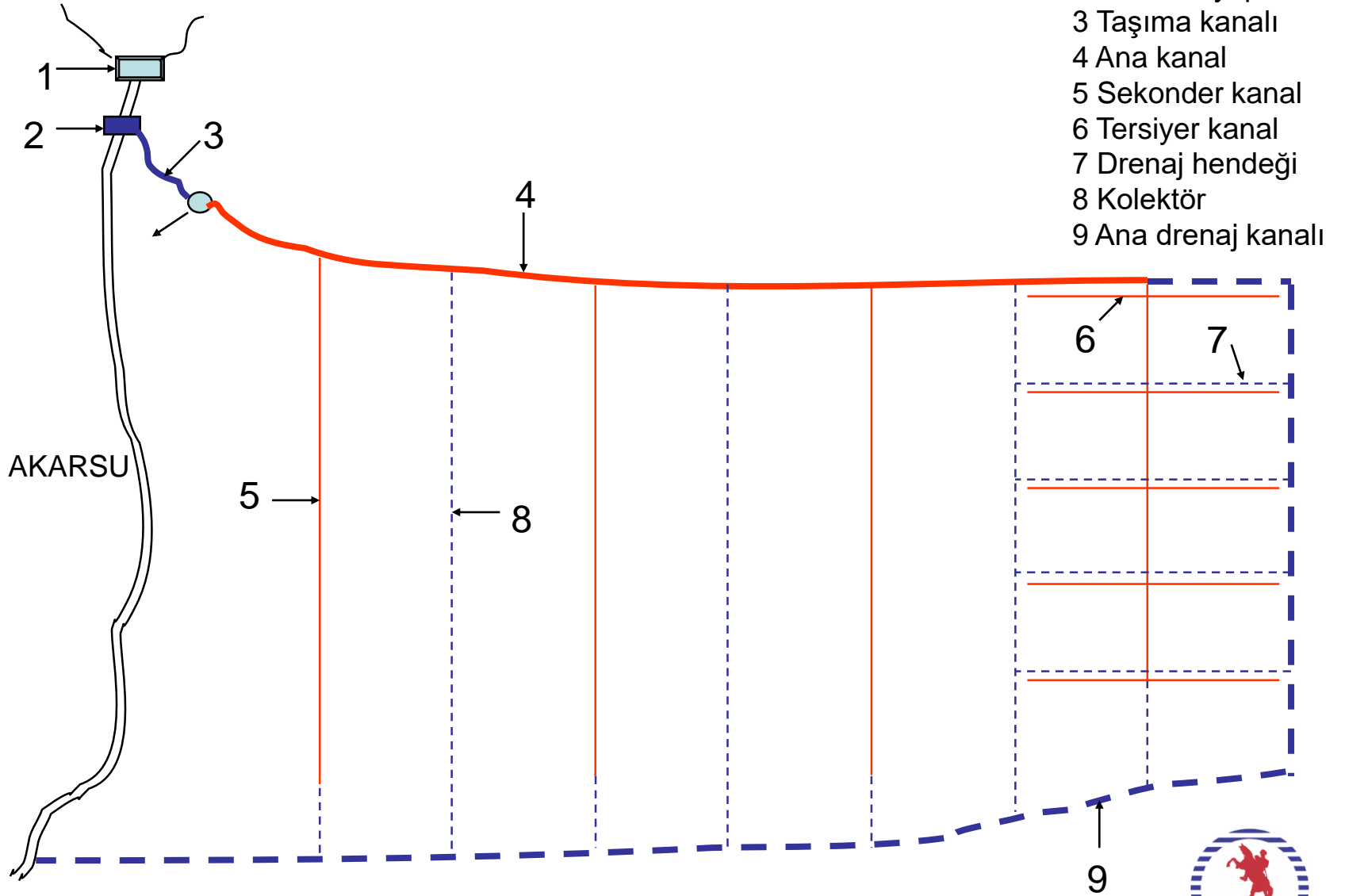
**3.İnşa**

**4.Yerleşme**

**5.İşletme ve bakım**

**6.İzleme ve değerlendirme**

# SULAMA SİSTEMİ UNSURLARI















# Sulama sistemlerinin işletilmesi yöntemleri

- **İstek yöntemi**
- **Rotasyon (nöbet) yöntemi**
- **Devamlı akış yöntemi**

# **3. BÖLÜM**

## **TOPRAK-BİTKİ-SU**

### **İLİŞKİLERİ**

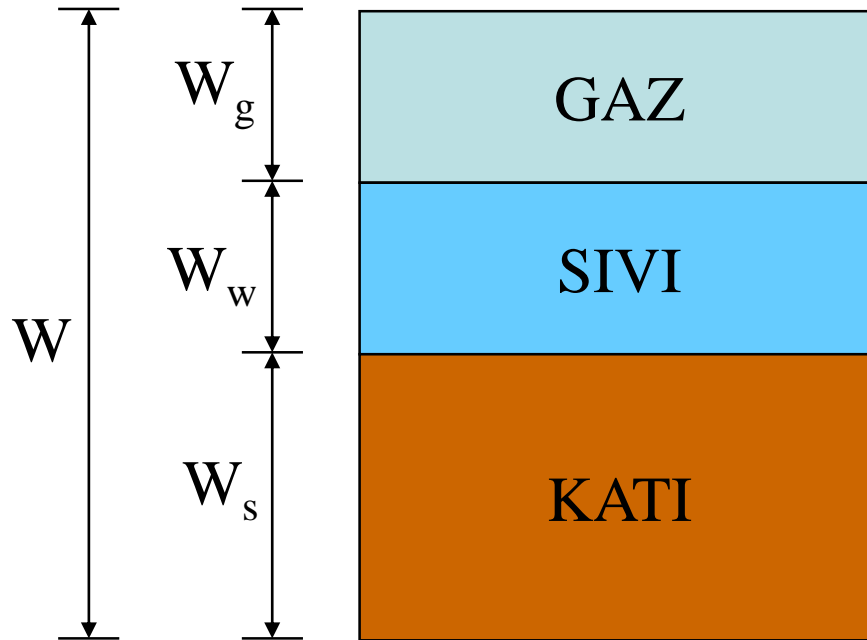
# Sulama yönünden önemli bazı toprak özellikleri

- **Toprak fazları**
  - Katı (toprak taneleri)
  - Sıvı (toprak suyu)
  - Gaz (toprak havası)
- **Toprak bünyesi** : Toprak tanelerinin büyüklük dağılımı
  - Kil ( $< 0.002$  mm)
  - Mil ( $0.002 - 0.05$  mm)
  - Kum ( $0.05-2$  mm)

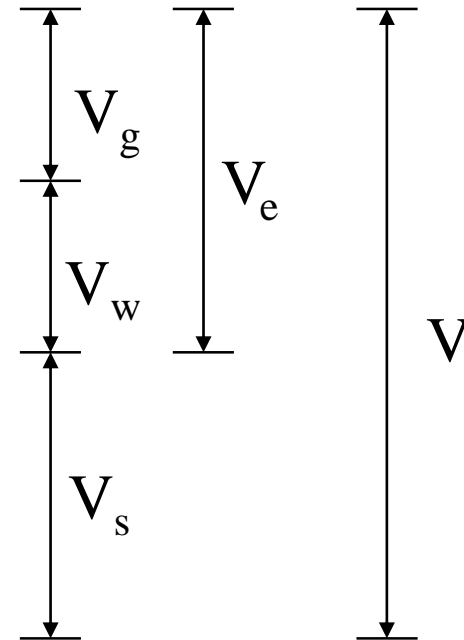
- **Toprak bünyeye sınıfları**
  - S, LS, SL, L, SiL, Si, SCL, CL, SiCL, SC, SiC, C
- **Toprak yapısı** : Toprak tanelerinin dizilişi ve gruplar halinde kümeleşme biçimi
  - Taneli (teksel) yapı : Ped yoksa
  - Kümeli (agregat şeklindeki) yapı : Ped varsa

- Özgöl ağırlık, hacim ağırlığı, porozite, Gözenek (boşluk) oranı, doyma derecesi

AĞIRLIK (g)



HACİM (cm<sup>3</sup>)



$$G_s = \gamma_s / \gamma_w = W_s / V_s \gamma_w = W_s / V_s$$

$$\gamma_t = W_s / V$$

$$n = 100 (V_e / V)$$

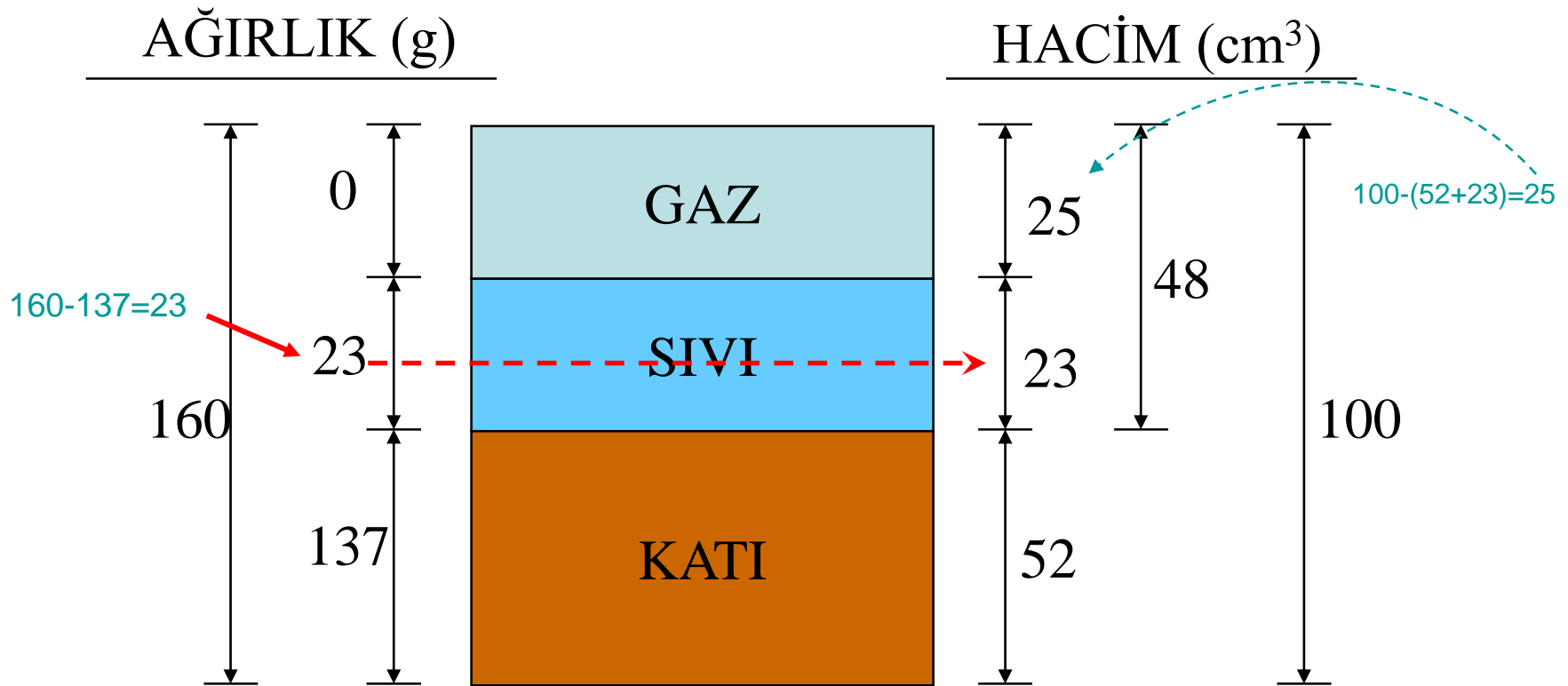
$$e = 100 (V_e / V_s)$$

$$S = 100 (V_w / V_e)$$

# örnek

- Araziden alınan  $100\text{cm}^3$  hacmindeki örnek tartılarak  $160\text{g}$  bulunmuştur. Örnek etüvde kurutulduktan sonra  $137\text{g}$  gelmiştir. Toprağın katı kısımları hacmi  $52\text{cm}^3$  olarak belirlendiğine göre;
- **Özgül ağırlığını,**
- **Hacim ağırlığını,**
- **Porozitesini,**
- **Gözenek (boşluk) oranını,**
- **Doyma derecesini bulunuz.**

- Özgöl ağırlık, hacim ağırlığı, porozite, gözenek oranı, doyma derecesi



$$G_s = \gamma_s / \gamma_w = W_s / V_s \gamma_w = W_s / V_s$$

$$= 137 / 52 = 2.63$$

$$\gamma_t = W_s / V = 137 / 100 = 1.37$$

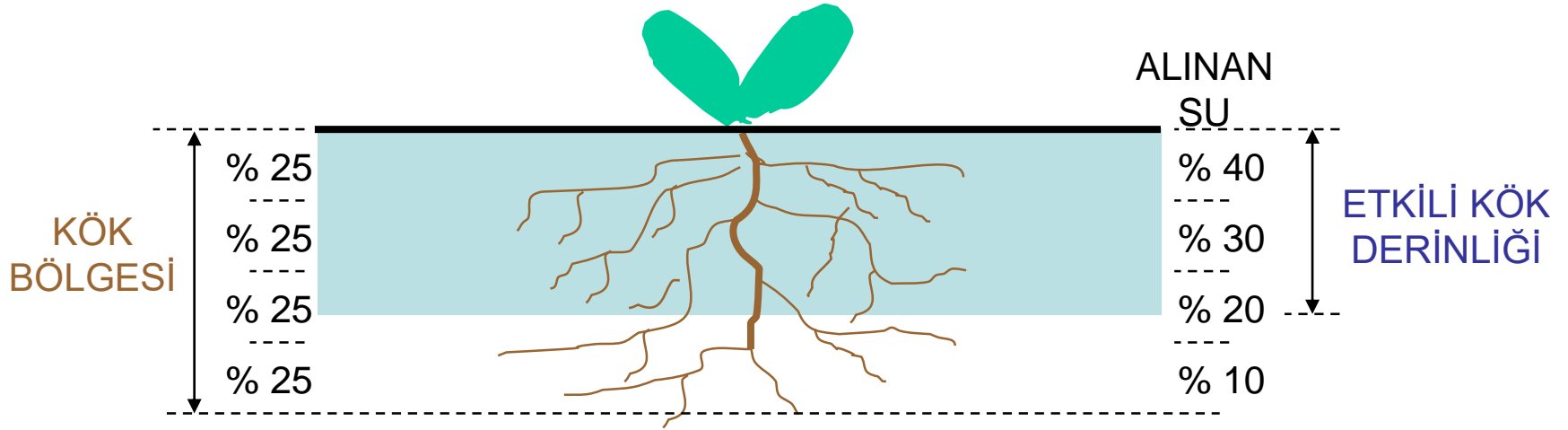
$$n = 100 (V_e / V) = 48 / 100 = \%48$$

$$e = 100 (V_e / V_s) = 48 / 52 = \%92.3$$

$$S = 100 (V_w / V_e) = 23 / 48 = \%47.9$$



# Sulama suyu uygulanacak toprak derinliği



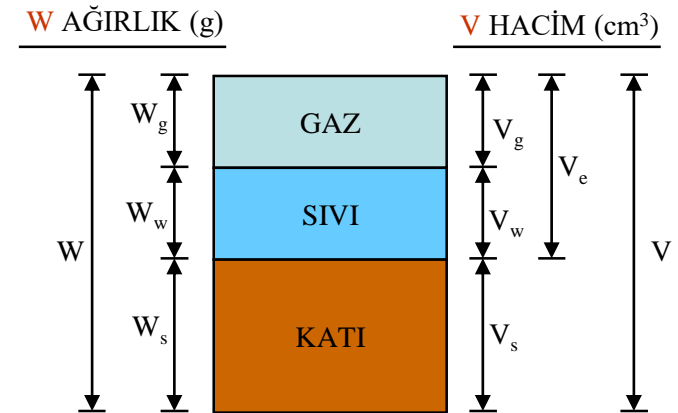
- Etkili kök derinliği
- Etkili toprak derinliği
- Bu iki deđerden hangisi küçük ise, o deđer sulama suyu uygulanacak toprak derinliđini verir.

# Toprak neminin ölçülmesi

## 1) Gravimetrik yöntem

$$P_w = 100 \frac{W - W_s}{W_s}$$

$$P_w = \frac{\text{Yaş ağırlık} - \text{Kuru ağırlık}}{\text{Kuru Ağırlık}}$$



# Toprak neminin ölçülmesi

## 1) Gravimetrik yöntem

$$P_w = 100 \frac{W - W_s}{W_s}$$

Bu değerler net değerlerdir. Toprakları bir toprak örneği alma kabı ile alacak olursak bu durumda toprakları o kapla birlikte tartmak zorunda kalırız. O yüzden;

Kap ile birlikte

Kap ile birlikte

$$P_w = \frac{W_{yaş} - W_{kuru}}{W_{kuru} - W_{dara}}$$

# Örnek 1

Araziden alınan toprak örneği, alındığı kap ile birlikte tartılarak 251.2g gelmiş, etüvde 24saat 105 °C de bekletilip tartılığında 214g gelmiştir. Kabin kendi ağırlığı 90g olduğuna göre topraktan örnek alma sırasındaki nem düzeyini belirleyiniz.

$$P_w = \frac{\text{Yaş ağırlık} - \text{Kuru ağırlık}}{\text{Kuru ağırlık} - \text{Dara}} \Rightarrow P_w = \frac{251.2 - 214}{214 - 90}$$

$$P_w = 0.30 = \%30$$



## Örnek 2

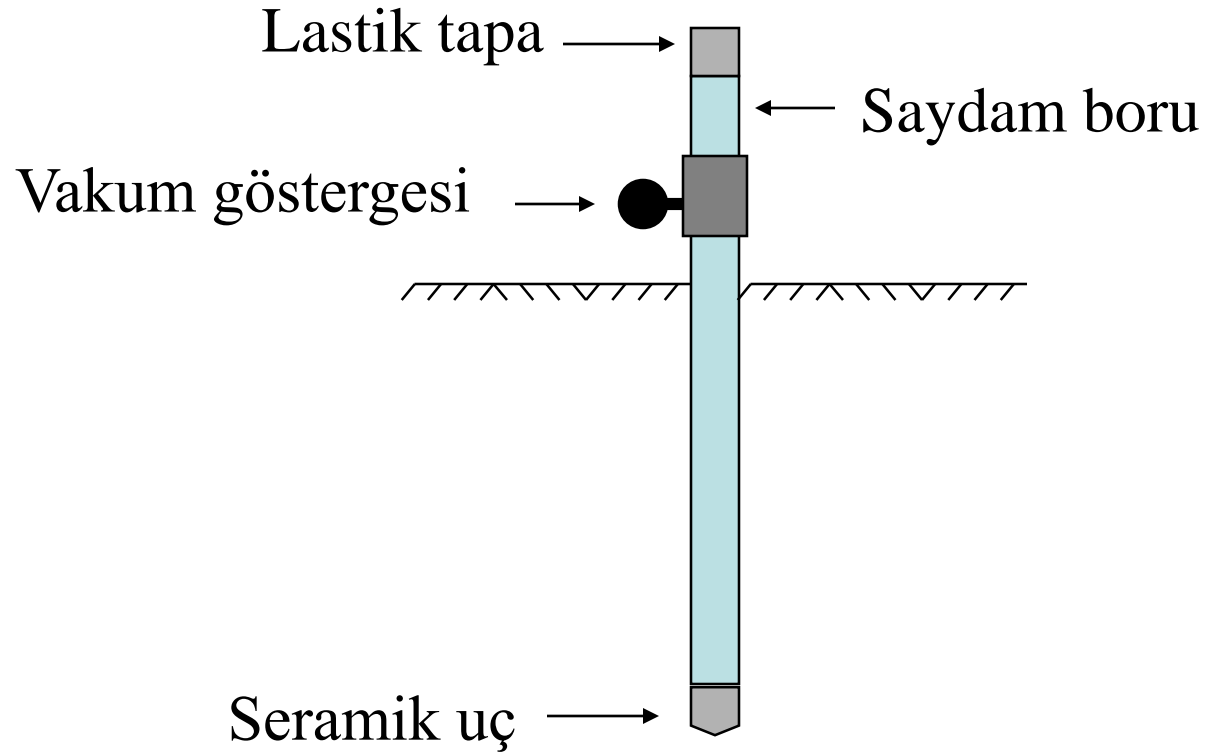
Araziden alınan toprak örneği, alındığı kap ile birlikte tartılarak **212g** gelmiş, etüvde 24saat 105 °C de bekletilip tartılığında **182g** gelmiştir. Kabin kendi ağırlığı **57g** olduğuna göre topraktan örnek alma sırasındaki nem düzeyini belirleyiniz.

$$P_w = \frac{\text{Yaş ağırlık} - \text{Kuru ağırlık}}{\text{Kuru ağırlık} - \text{Dara}} \Rightarrow P_w = \frac{212 - 182}{182 - 57}$$

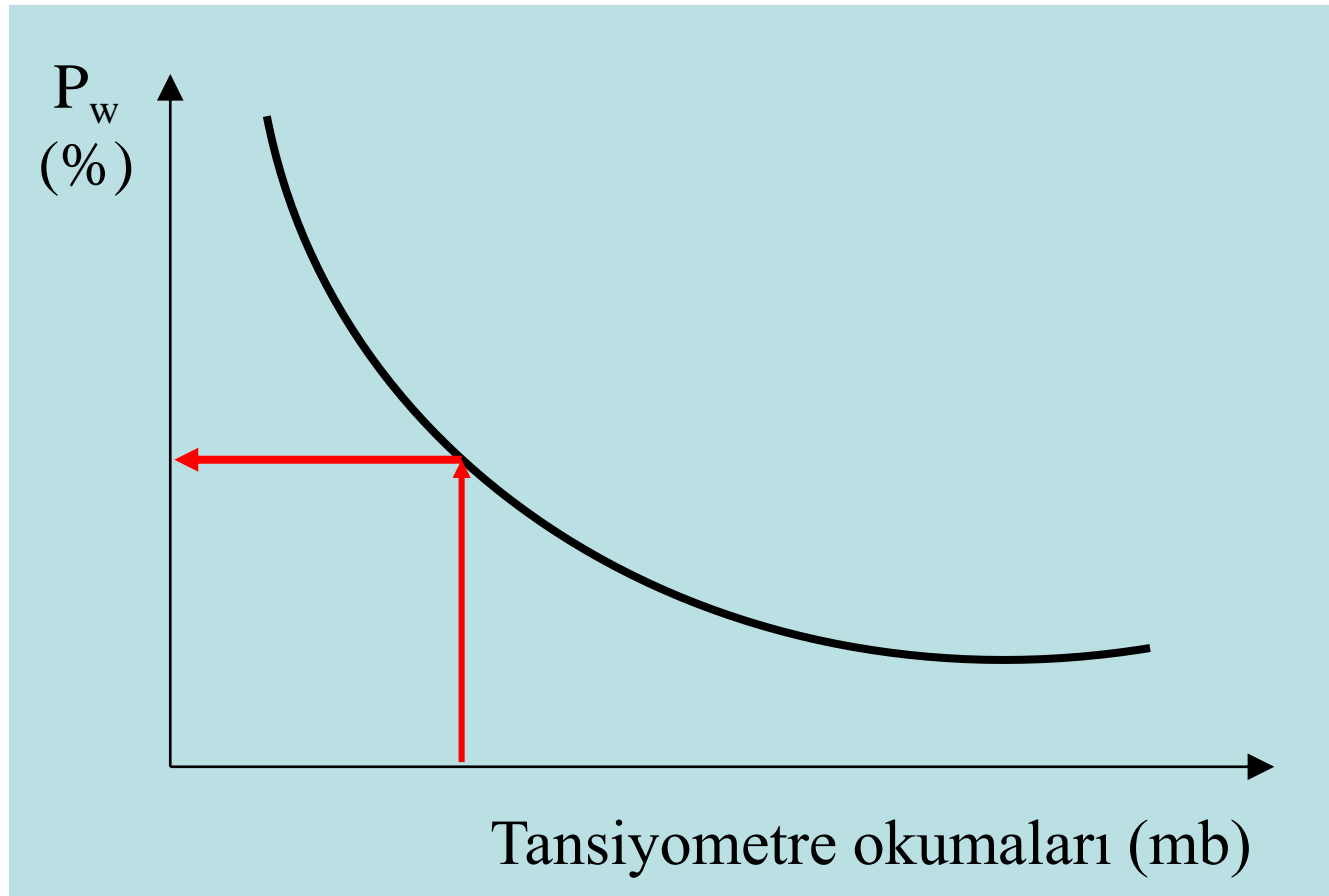
$$P_w = 0.24 = \%24$$



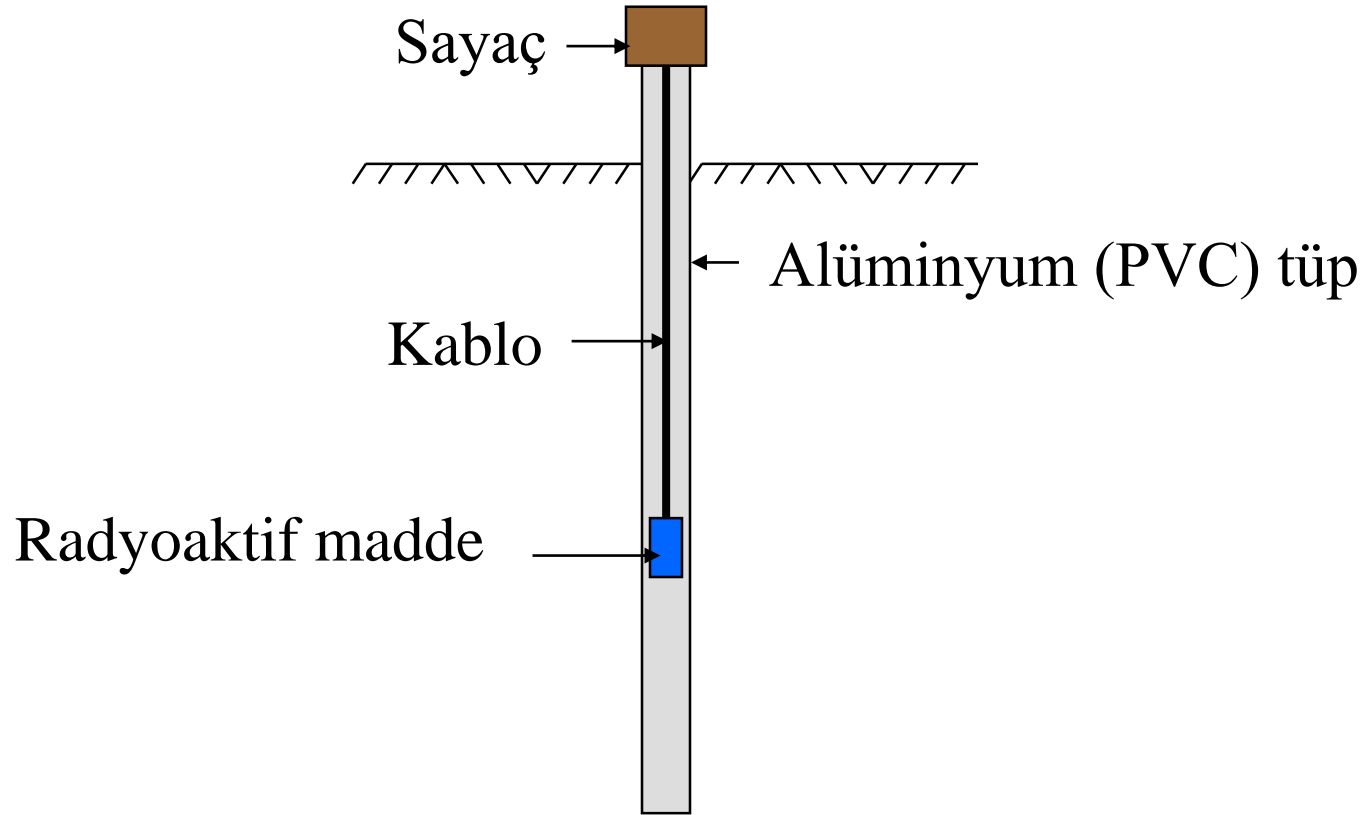
## 2) Tansiyometre



# Tansiyometre kalibrasyon eğrisi

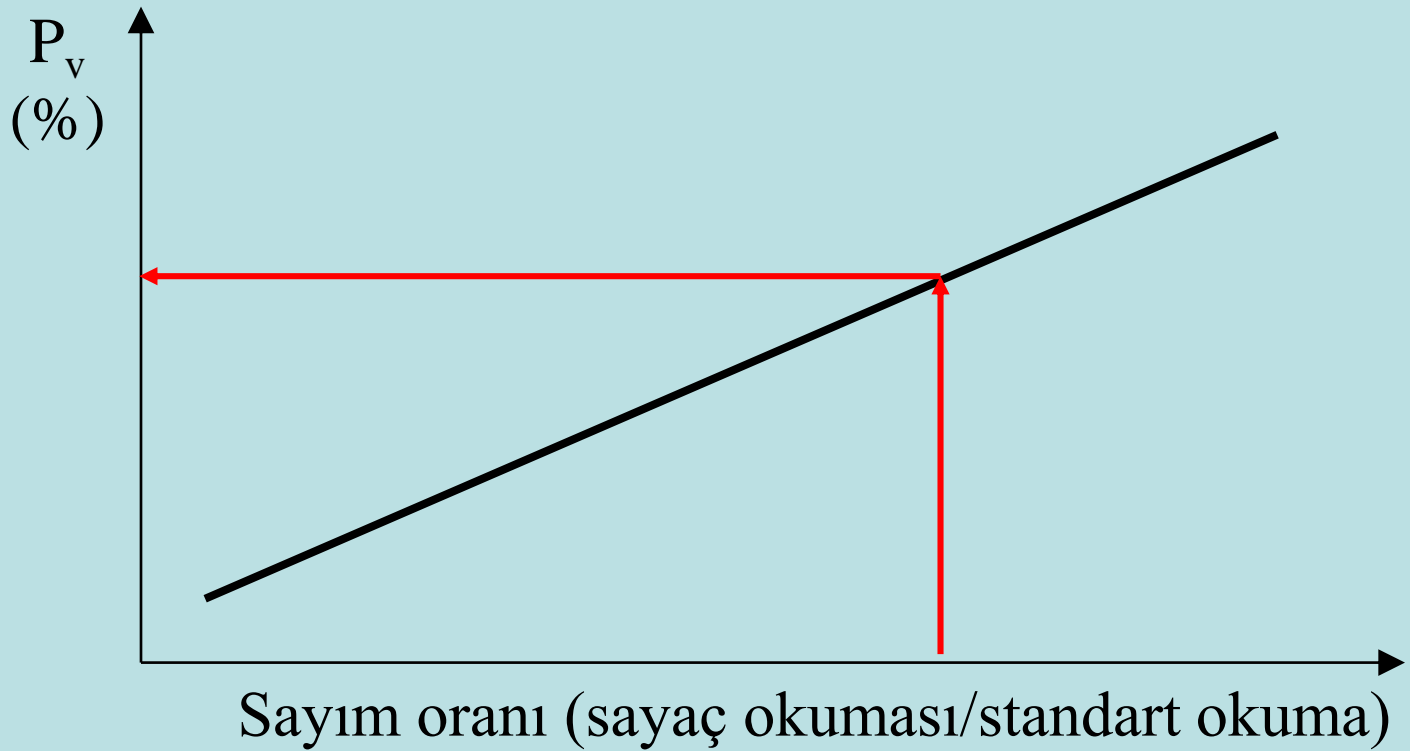


### 3) Nötron yöntemi





## *Nötronmetre kalibrasyon doğrusu*



## ***4) Elle kontrol yoluyla tahmin***

- **Toprak örneğinin rengi**
- **Avuçta bıraktığı ıslaklık**
- **Top oluşturma durumu**
- **Sicim - şerit oluşturma durumu**

# Toprak nemi ifade biçimleri

- **Kuru ağırlık yüzdesi cinsinden ifade**

$$P_w = 100 (W_w / W_s) = \boxed{P_w = \frac{W_w - W_s}{W_s}}$$

- **Hacim yüzdesi cinsinden ifade**

$$P_v = 100 (V_w / V) = P_w (\gamma_t / \gamma_w) = P_w \gamma_t$$

- **Derinlik cinsinden ifade**

$$d \text{ (mm)} = \frac{P_w \cdot \gamma_t \cdot D}{10}$$

- **Toprak rutubet gerilimi (tansiyon) cinsinden ifade** (atm, b, kg/cm<sup>2</sup>, m, cm, pF)

# Örnek

Araziden alınan  $100\text{cm}^3$  hacmindeki toprak örneği tartılarak 161.2g, etüvde kurutulduktan sonra ise 124g olarak belirlenmiştir;

- a) Kuru ağırlık yüzdesi (%),
- b) Hacim yüzdesi olarak (%)
- c) 90cm etkili kök derinliğinde Derinlik cinsinden (mm)

Toprak nemini belirleyiniz.



- Araziden alınan 100cm<sup>3</sup> hacmindeki toprak örneği tartılarak 161.2g, etüvde kurutulduktan sonra ise 124g olarak belirlenmiştir;

- a)Kuru ağırlık yüzdesi (%),

$$P_w = (161.2 - 124) / 124 = 0.30 = \%30$$

- b)Hacim yüzdesi olarak (%)

Önce hacim ağırlığını belirleyelim:

$$\gamma_t = 124 / 100 = 1.24 \text{ g/cm}^3$$

$$P_v = 1.24 \times 0.30 = 0.372 = \%37.2$$

- c)90cm etkili kök derinliğinde Derinlik cinsinden (mm)

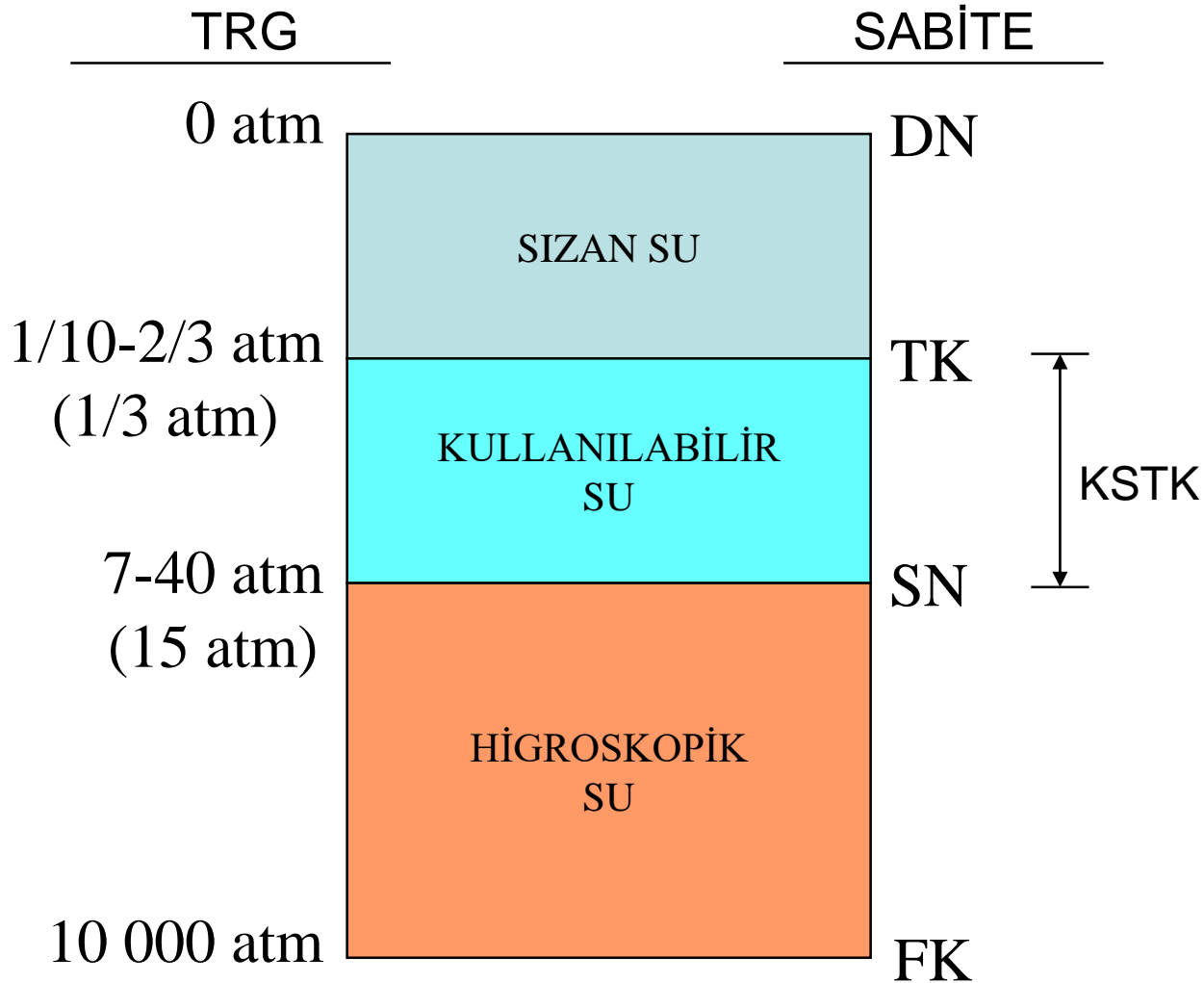
$$(30 \times 1.24 \times 90) / 10 = 334.8 \text{ mm}$$

$$d \text{ (mm)} = \frac{P_w \cdot \gamma_t \cdot D}{10}$$

$$d \text{ (mm)} = \frac{30 \cdot 1.24 \cdot 90}{10} = 334.8 \text{ mm}$$



# Toprak nemi sabiteleri



# Toprağın Kullanılabilir Su Tutma Kapasitesi

Kuru ağırlık yüzdesi cinsinden

$$Pw_{\text{kapasite}} = Pw_{\text{TK}} - Pw_{\text{SN}}$$

Solma Noktası

Tarla Kapasitesi



## Derinlik cinsinden

$$d_{\text{kapasite}} = \frac{(Pw_{TK} - Pw_{SN}) \cdot \gamma_t \cdot D}{100}$$

cm

$$d_{\text{kapasite}} = \frac{(Pw_{TK} - Pw_{SN}) \cdot \gamma_t \cdot D}{10}$$

mm



## Örnek:

Tarla kapasitesi  $P_w = \%36$ , Solma noktası  $P_w = \% 21$  ve hacim ağırlığı  $1.32 \text{ g/cm}^3$  olarak belirlenen bir toprakta kullanılabilir su tutma kapasitesini 1m toprak derinliği için mm cinsinden belirleyiniz

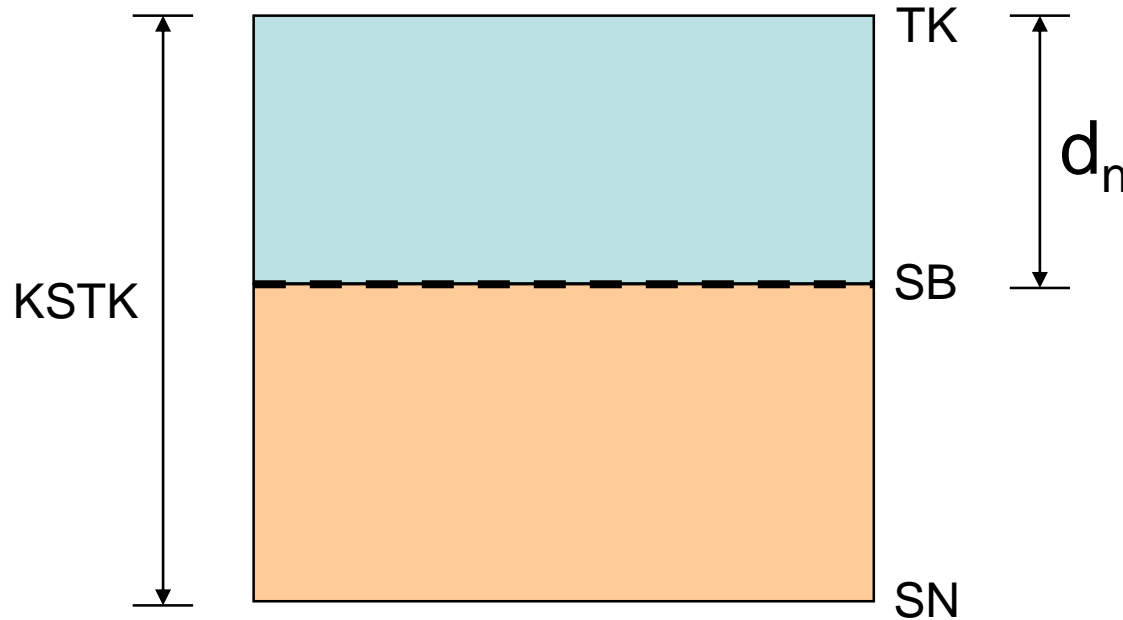
### Örnek:

Tarla kapasitesi  $P_w = 36\%$ , Solma noktası  $P_w = 21\%$  ve hacim ağırlığı  $1.32 \text{ g/cm}^3$  olarak belirlenen bir toprakta kullanılabilir su tutma kapasitesini 1m toprak derinliği için mm cinsinden belirleyiniz

$$d_{\text{kapasite}} = \frac{(36 - 21) 1.32 \cdot 100}{10} = 198 \text{ mm}$$

$$d_{\text{kapasite}} = 198 \text{ mm / m}$$

# Sulamaya başlanacak toprak nemi düzeyi



$$R_y = \frac{TK - SB}{TK - SN}$$

$R_y = \% 50$  Yüzey sulama yöntemleri  
 $R_y = \% 50$  Yağmurlama sulama yöntemi  
 $R_y = \% 30$  Damla sulama yöntemi  
 $R_y = \% 40$  Ağaç altı yağmurlama sulama yöntemi

# Her sulamada uygulanacak sulama suyu miktarı

- **Net sulama suyu miktarı :**

- KSTK yüzde (%) cinsinden verilmişse ; 
$$dn_{(mm)} = \frac{(P_{WTK} - P_{WSN}).\gamma.D.R_y}{10}$$

- KSTK derinlik (mm) cinsinden verilmişse ; 
$$d_n = d_k D R_y$$

- **Toplam sulama suyu miktarı**

- Tarlabaşında ; 
$$d_t = \frac{d_n}{E_a}$$

- Su kaynağında ; 
$$d_t = \frac{d_n}{E_a E_c}$$

# Sulama aralığı

$$SA = \frac{d_n}{ET}$$

# Sistem kapasitesi

$$Q = \frac{A d_t}{3.6 T}$$

# Sulama zamanının planlanması

- **Sulama zamanının planlanması : Sulamanın yapılacağı zaman ve uygulanacak sulama suyu miktarının saptanması**
- **Sulama zamanının planlanması yöntemleri**
  - **Fenolojik gözlemler**
  - **Toprak neminin elle kontrolü yoluyla tahmin**
  - **Toprak neminin ölçülmesi**
  - **Bitki su tüketiminden yararlanma**

# örnek

Kullanılabilir su tutma kapasitesi 120mm/m olan bir toprakta  $D=90\text{cm}$  etkili kök derinliğine sahip domates bitkisi yetiştirilecektir.  $ET=13.5\text{mm/gün}$ ,  $R_y = 0.50$  olduğuna göre;

her sulamada uygulanacak net sulama suyu miktarını,

sulama aralığını,

$E_a=\%65$  iken tarla başında ihtiyaç duyulan sulama suyu miktarını,

$E_c=\%90$  olduğunda su kaynağında ihtiyaç duyulan sulama suyu miktarını hesaplayınız.

5000da arazide yetiştirilecek olan bu bitki için günde 18 saat sulama düşünüldüğüne göre sulama modülünü ve sistem kapasitesini bulunuz.



$$dn = dk.D.Ry = 120mm / m .0.90m .0.50 = 54mm$$

$$SA = \frac{dn}{ET} = \frac{54}{13.5} = 4gün$$

$$dt_{Tarla} = \frac{dn}{Ea} = \frac{54}{0.65} = 83mm$$

$$dt_{Kaynak} = \frac{dn}{Ea.Ec} = \frac{54}{0.65.0.90} = yada = \frac{83}{0.9} = 92.3mm$$

$$q = \frac{10.dt}{3.6.T} = \frac{10.92.3}{3.6.18.30} = 0.474L / s / ha$$

$$Q = q.A = 0.474.500 = 237.4 \quad L / s$$

$$Q = \frac{A d_t}{3.6 T}$$

Formülünden de ayrıca 237.4 L/s değeri bulunabilir.





# Örnek

$P_{w_{TK}} = \%26$ ,  $P_{w_{SN}} = \%15$   $\gamma_t = 1.30 \text{ g/cm}^3$   
 $D = 80 \text{ cm}$  olan toprakta  $R_y = \%55$  ve  
 $ET = 9 \text{ mm/gün}$  olduğuna göre bir defada  
verilecek su miktarını ve sulama aralığını  
hesaplayınız.



## ÇÖZÜM

PwTK=%26, PwSN=%15  $\gamma_t=1.30$  g/cm<sup>3</sup> D=80cm olan toprakta Ry=%55 ve ET=9mm/gün olduğuna göre bir defada verilecek su miktarını ve sulama aralığını hesaplayınız.

$$d_n = \frac{(PW_{TK} - PW_{SN}) R_y}{10} \gamma_t D$$

$$= (26-15) \cdot 1.30 \cdot 80 \cdot 0.55 / 10 = 63 \text{ mm}$$

$$SA = \frac{d_n}{ET} = 63 / 9 = 7 \text{ gün}$$



# Örnek

Toprak derinliği 90cm tarla kapasitesi %42 solma noktası %23 olan biber ekili topraktan 100cm<sup>3</sup> hacminde ve 56g ağırlığındaki toprak örneği alma silindiri ile örnek alınmış, kap ile birlikte ağırlığı 234g etüvden sonra ise ağırlığı 193g gelmiştir. Örnek alma sırasındaki nem düzeyini (%) ve hacim ağırlığını belirleyiniz.  $R_y = \%40$  olduğuna göre bu defa ve bundan sonraki sulamalarda kaç mm su verilmesi gerektiğini hesaplayınız.



$$Pw_{MN} = (234-193)/(193-56) = 0.30 = \%30$$

$$\gamma_t = 137/100 = 1.37 \text{ g/cm}^3$$

Bu defa;

$$dn = (42-30) \cdot 1.37 \cdot 90 / 10 = 148 \text{ mm}$$

Bundan sonraki sulamalarda;

$$dn = (42-23) \cdot 1.37 \cdot 90 \cdot 0.40 / 10 = 93.7 \text{ mm}$$

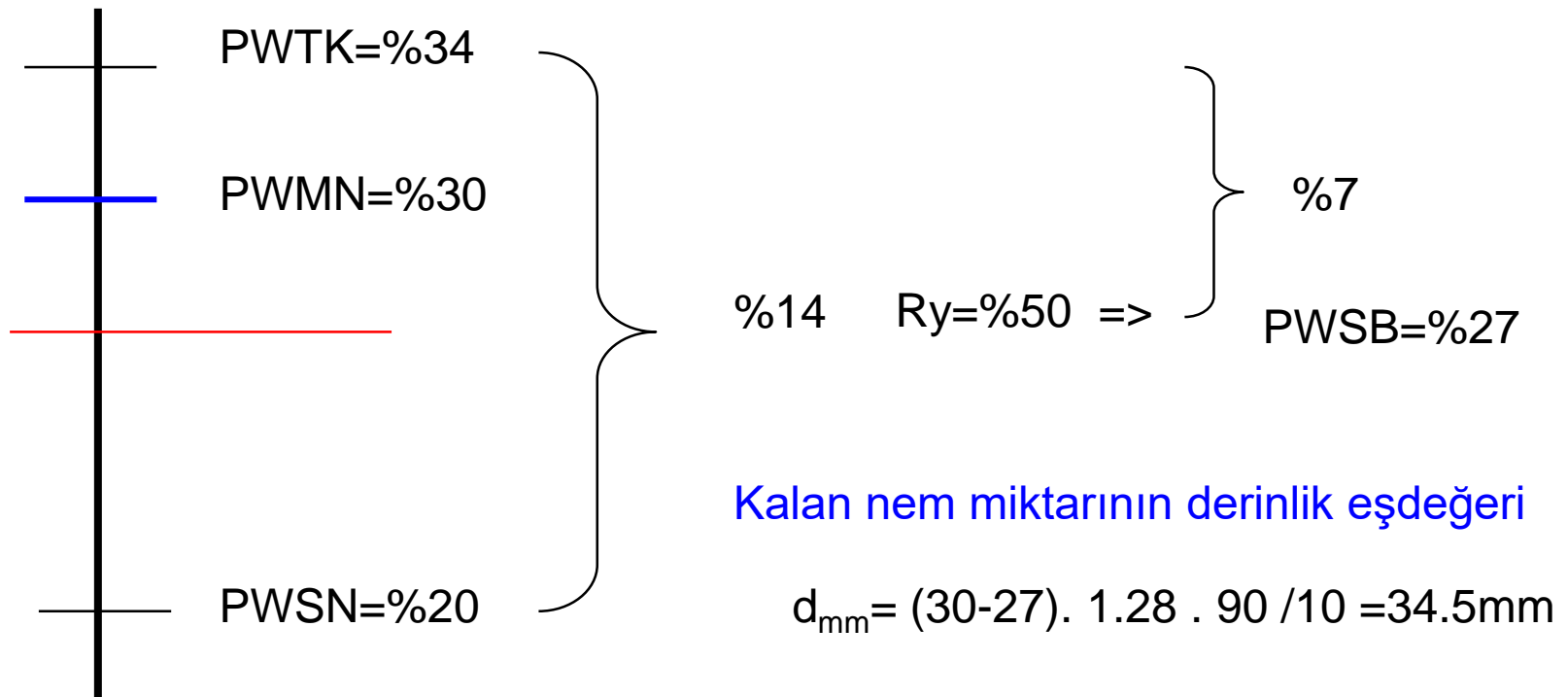


# Örnek

$Pw_{TK}=34$ ,  $Pw_{SN}=20$   $\gamma_t=1.28\text{g/cm}^3$   
 $D=90\text{cm}$  olan toprakta mevcut nem miktarı %30 olarak tespit edilmiştir.  $ET=6\text{mm/gün}$  ve  $Ry=\%50$  olduğuna göre sulamaya kaç gün kalmıştır, hesaplayınız.



$P_{wTK}=34$ ,  $P_{wSN}= 20$   $\gamma_t=1.28\text{g/cm}^3$   $D=90\text{cm}$  olan toprakta mevcut nem miktarı %30 olarak tespit edilmiştir.  $ET=6\text{mm/gün}$  ve  $R_y=\%50$  olduğuna göre sulamaya kaç gün kalmıştır, hesaplayınız.



Kalan nem miktarının harcanacağı gün sayısı

$$34.5/6=5.75 \text{ gün} \approx 5 \text{ gün}$$

Kalan nem miktarı 5 gün içinde bitirileceğinden 5 gün sonra sulama yapılmalıdır



# ÖRNEKLER



5.(15p). Etkili kök derinliği 60cm olan toprakta  $Pw_{TK}=\%37$   $Pw_{SN}=\%23$  ve  $\gamma_t=1.2 \text{ g/cm}^3$  olarak belirlenmiştir.  $ET=8\text{mm/gün}$  ve  $R_y=\%30$  olduğuna göre; (soruyu yan tarafa çözünüz)

a)dn hesaplanan

b)SA hesaplanan

c)SA planlanan

d)dn planlanan bulunuz.

e) Yeni durumda  $R_y$  kaç olmuştur





5.(15p). Etkili kök derinliği 65cm olan toprakta  $PwTK=\%42$   $PwSN=\%18$  ve  $\gamma_t=1.32 \text{ g/cm}^3$  olarak belirlenmiştir.  $ET=9.4\text{mm/gün}$  ve  $Ry=\%40$  olduğuna göre; (soruyu yan tarafa çözünüz)

a)dn hesaplanan

b)SA hesaplanan

c)SA planlanan

d)dn planlanan bulunuz.

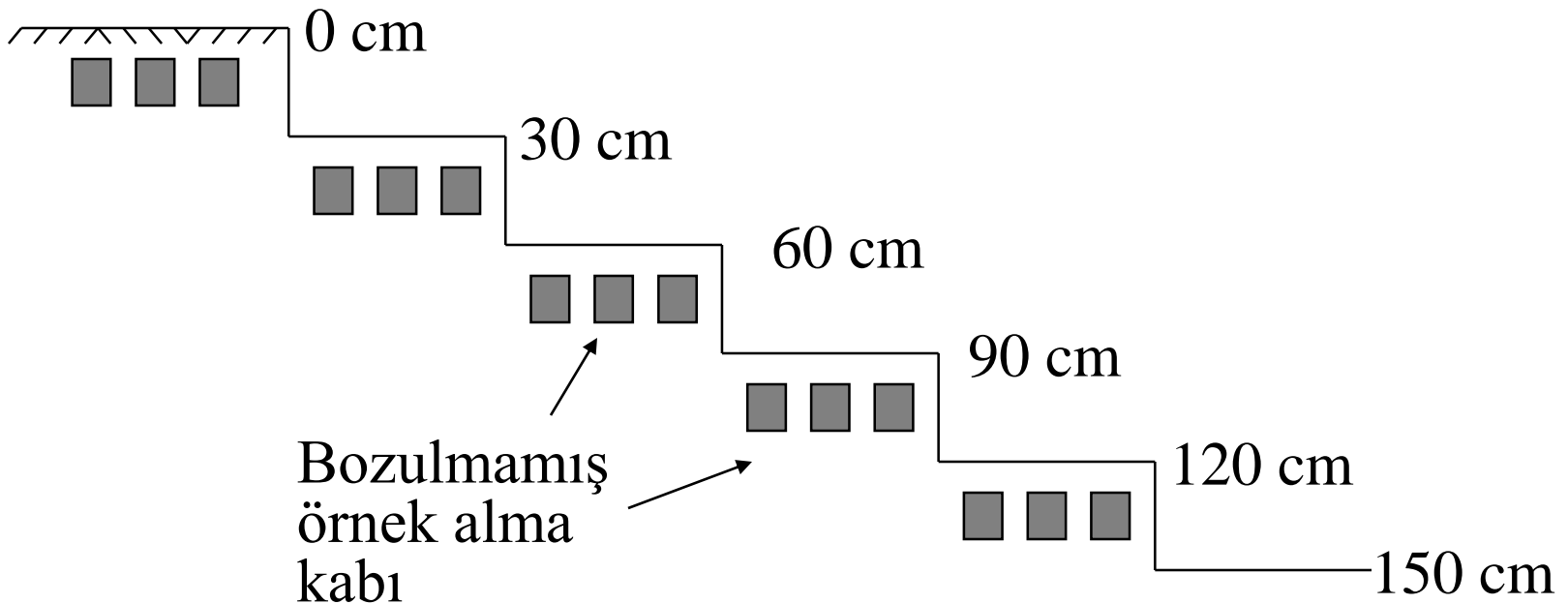
e) Yeni durumda  $Ry$  kaç olmuştur

f) Sulamaya 2 gün kala 47 mm yağış düşerse çiftçi kaç gün sonra sulama yapmalıdır. (7 gün)

g) Çiftçi sulayacağı günü belirlediyse (2 gün sonra sulayacak) kaç mm su vermelidir. (28.2mm)



# Toprak örneklerinin alınması



- **Bozulmamış toprak örneklerinden**
  - Tarla kapasitesi ve hacim ağırlığı
- **Bozulmuş toprak örneklerinden**
  - Toprak bünyesi, solma noktası, toprak tuzluluğu (elektriksel iletkenlik ya da tuz yüzdesi)
- **Profillerin incelenmesinden**
  - Etkili toprak derinliği

# Proje alanı sulama suyu ihtiyacı

$$dn = ET - r_e$$

ET : bitki su tüketimi

$r_e$  : Etkili yağış



# Sulama Modülü

Proje alanı için hektar (ha) başına düşen debi (L/s) miktarına sulama modülü denir.

Birimi ( L/s/ha ) dır.

$$q = \frac{10.dt}{3.6 T}$$

$$q = \frac{10000.ET}{86400.Ec.Ea.Tg}$$

q : Sulama modülü (L/s/ha),

dt : Toplam sulama suyu ihtiyacı (mm/ay)

T : Bir aydaki sulama süresi (h),

Tg : Aydaki sulama yapılan gün sayısı ( gün) örn: 30 gün boyunca gün de 12 saat sulama yapılırsa Tg= (30\*12) / 24h = 15 gün olarak kullanılır.



# Sistem kapasitesi

$$Q = q \cdot A$$

Q: sistem kapasitesi (L/s)

q: Modül (L/s/ha)

A: alan (ha)



# örnek

- 7500 dekarlık bir proje alanı için gerekli toplam sulama suyu ihtiyacı  $dt=250\text{mm/ay}$  olarak belirlendiği ve günde 20 saat sulama yapılabileceğine göre sulama modülü ve sistem kapasitesini bulunuz.

$$q = (10.250) / (3,6 \cdot 20.30) = 1.15 \text{ L/s/ha}$$

$$Q = q \cdot A = 1,15 \cdot 750 = 862.5 \text{ L/s}$$

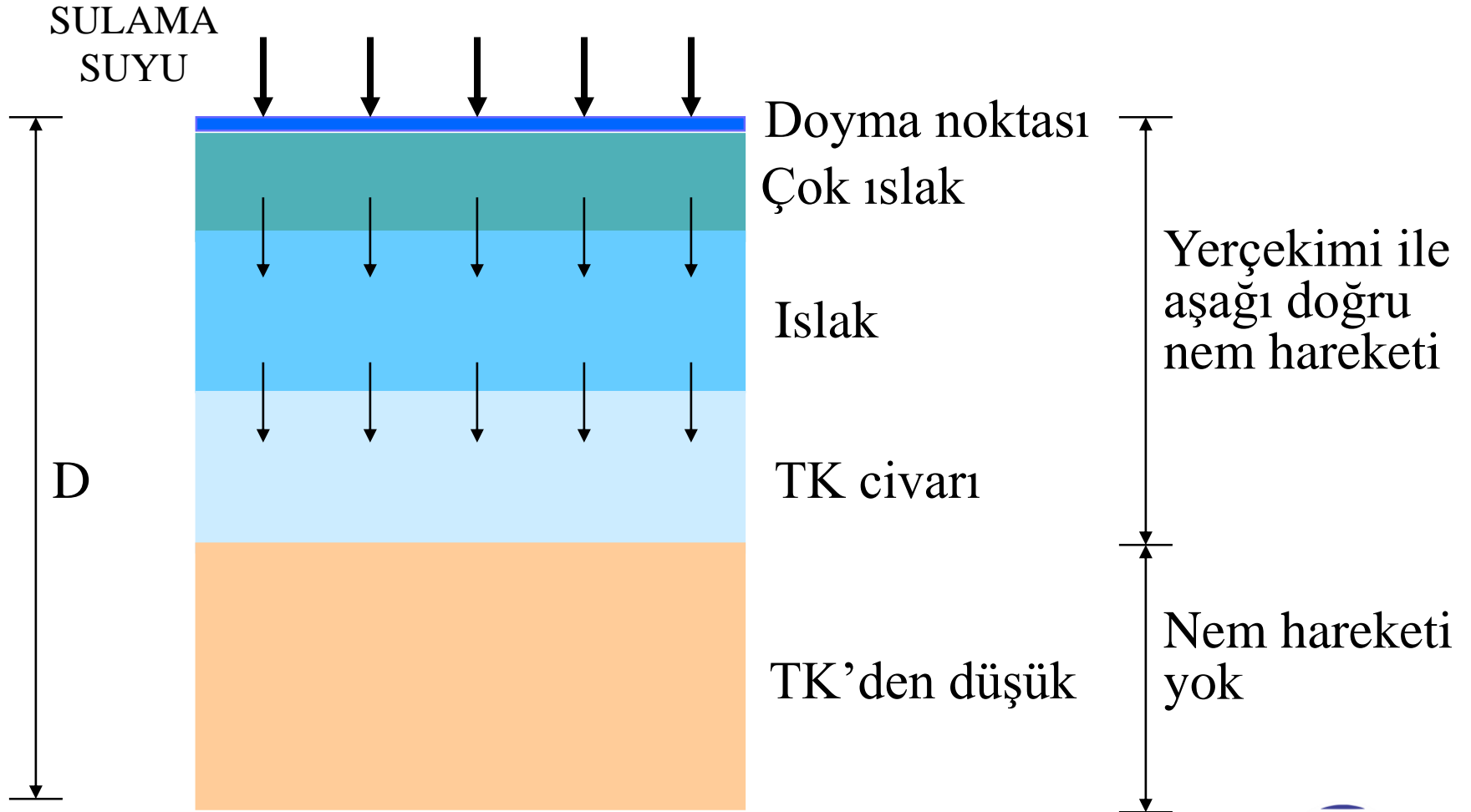




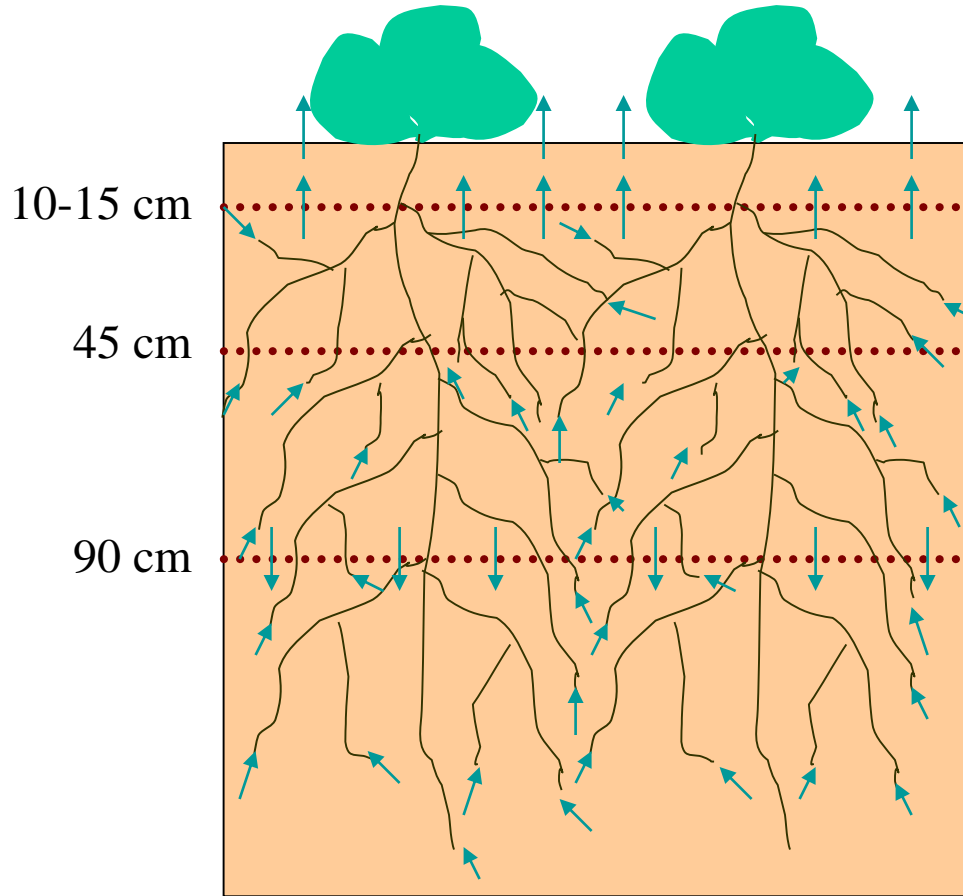
# Toprakta suyun hareketi

- **Doymuş toprak koşullarında**
  - Yerçekiminin etkisi ile
  - Basınç yükünün yüksek olduğu noktadan basınç yükünün düşük olduğu noktaya doğru
- **Doymamış toprak koşullarında**
  - Kapilar kuvvetler ve yerçekiminin etkisi ile
  - TRG'nin düşük olduğu noktadan yüksek olduğu noktaya doğru (Nemin yüksek olduğu noktadan düşük olduğu noktaya doğru)

# • Sulama sırasında



## • *Sulamadan sonra*



BUHARLAŞMA BÖLGESİ

Nem hareketi yukarı doğru.....

ASIL KÖK BÖLGESİ

Nem hareketi köklere ve yukarı doğru  
.....

İKİNCİ DERECE KÖK BÖLGESİ

Nem hareketi köklere ve aşağı doğru  
.....

KÜÇÜK KÖK BÖLGESİ

Nem hareketi köklere doğru

- *Suyun köklere doğru hareketi*

- Su hareketi kılcal köklere doğrudur
- Kılcal kökler nemin yüksek olduğu noktaya doğru uzayarak suya ulaşırlar

# Toprağın su alma hızı

- **Su alma (infiltrasyon) :**  
Suyun, yüzeyden toprak içerisine girmesi (mm, cm)
- **Su alma hızı (infiltrasyon hızı) :**  
Birim zamanda toprak içerisine giren su miktarı (mm/h, cm/h)

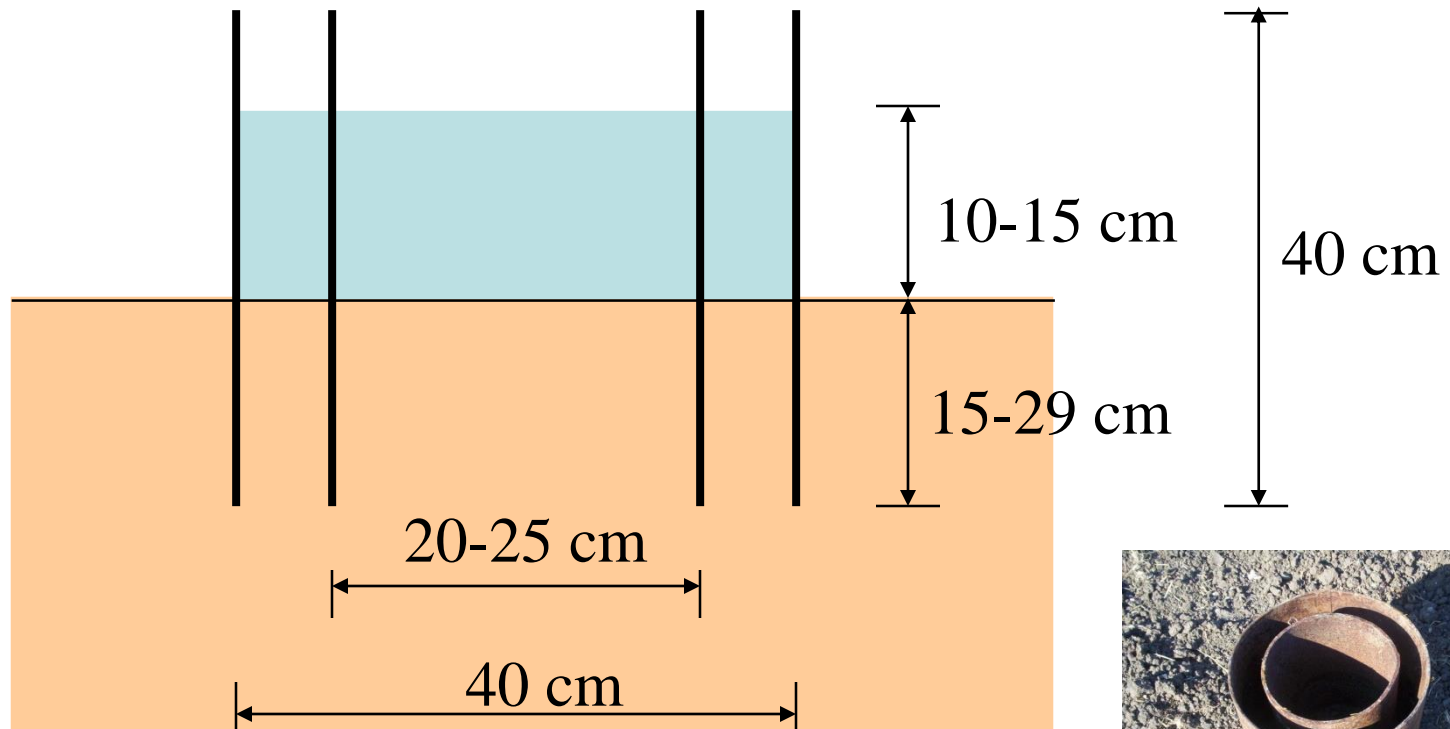
# Su alma hızına etkili faktörler

- **Toprak bünyesi**
- **Toprağın yapısı**
- **Toprakta mevcut nem miktarı**
- **Toprağın işlenme durumu**
- **Toprak yüzeyindeki su yüksekliği**
- **Topraktaki tuzların cinsi ve miktarı**

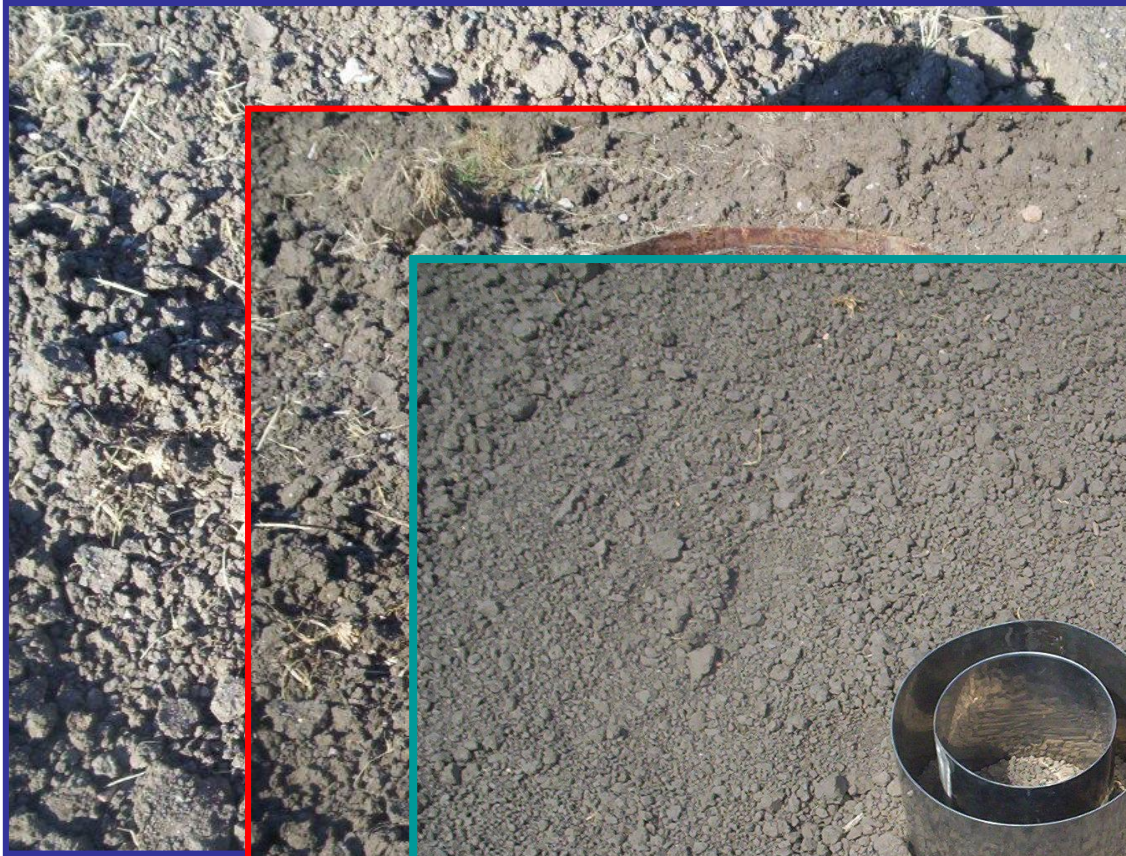
# Su alma hızının ölçülmesi

- **Çift silindir infiltrometre ölçmeleri**  
(Karık dışındaki tüm sulama yöntemleri için)
- **Karıklara giren ve çıkan suyun ölçülmesi** (Karık sulama yöntemi için)

# Çift silindir infiltrometre ölçmeleri

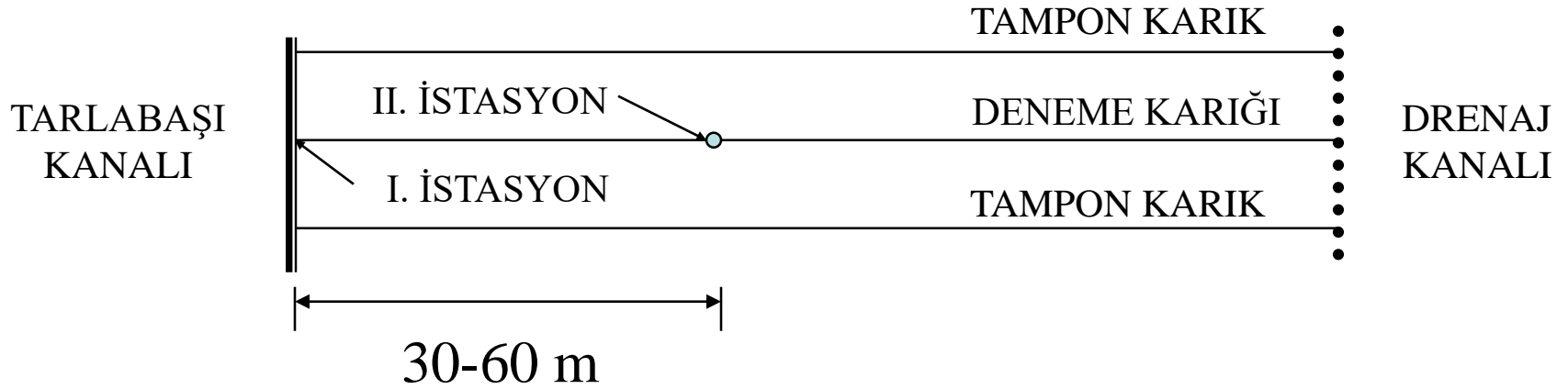








# Karıklara giren ve çıkan suyun ölçülmesi





21/08/2004

$$I = a \cdot T^{-b}$$

I: Su alma hızı (mm/h)

T : eklemeli zaman dakika,

a ve b : katsayılar

$$D = a. T^b$$

D : Eklemeli su alma mm,

- İnfiltrasyon  $D = a.T^b$  gibi bir eğri denklemine oldukça iyi uyum sağlar. Burada ;

D: eklemeli su alma (cm)

a ve b : denklemin y eksenini kestiği nokta ve doğrunun eğimi

T : eklemeli zaman (dakika)

# örnek

Su alma denklemi  $D = 1.18 T^{0.64}$  olan bir toprağa 75 dakikada kaç mm su girebileceğini ve 100mm suyun kaç dakikada infiltre olacağını belirleyiniz (D'nin birimi cm dir).

$$D = 1.18 \times 75^{0.64} = 18.70 \text{ cm} = 187 \text{ mm}$$

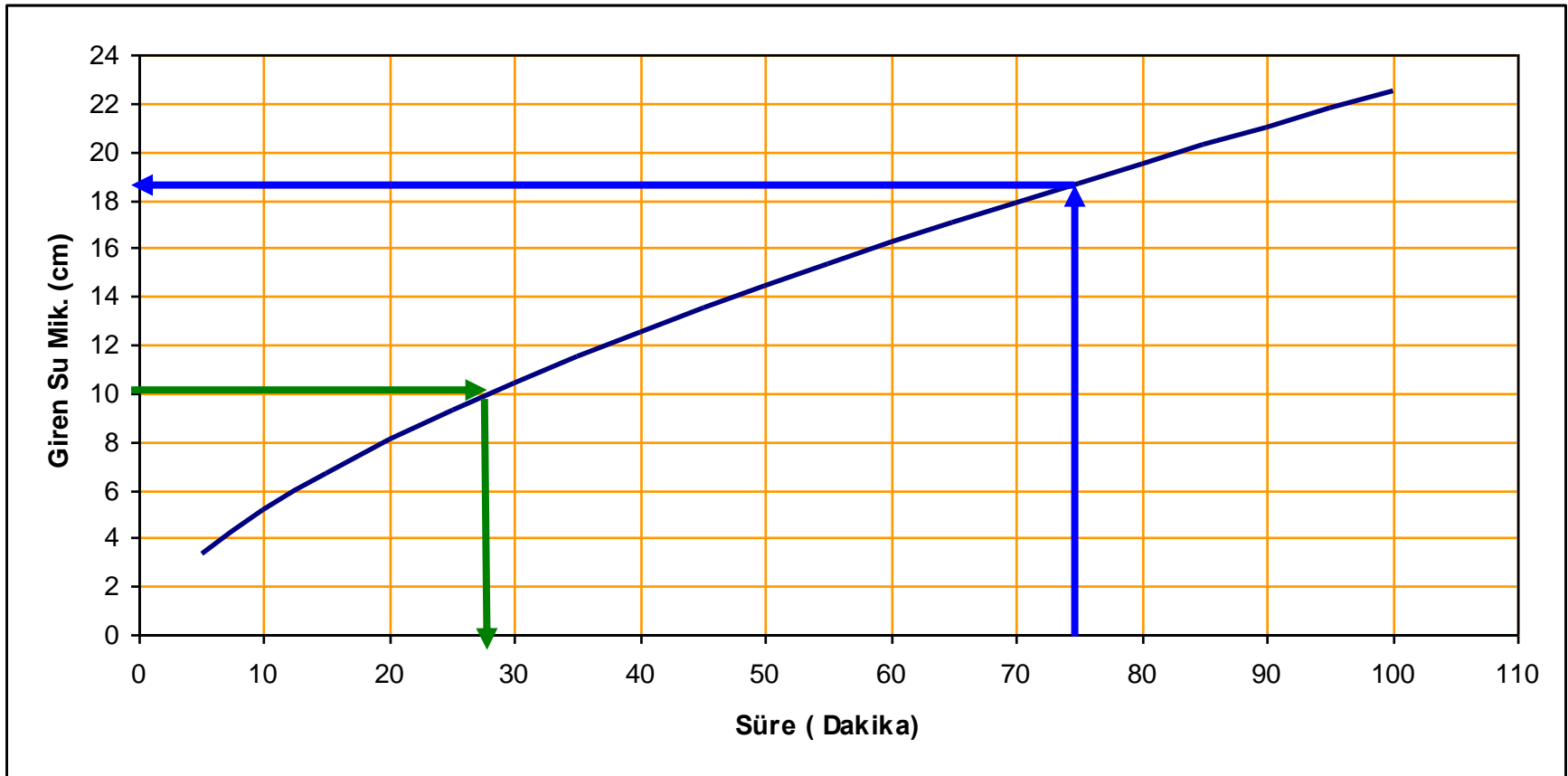
$$10 \text{ cm} = 1.18 \times T^{0.64} \Rightarrow T = 28.2 \text{ dakika}$$

75 Dakikada

187 mm su girer

100 mm su ise

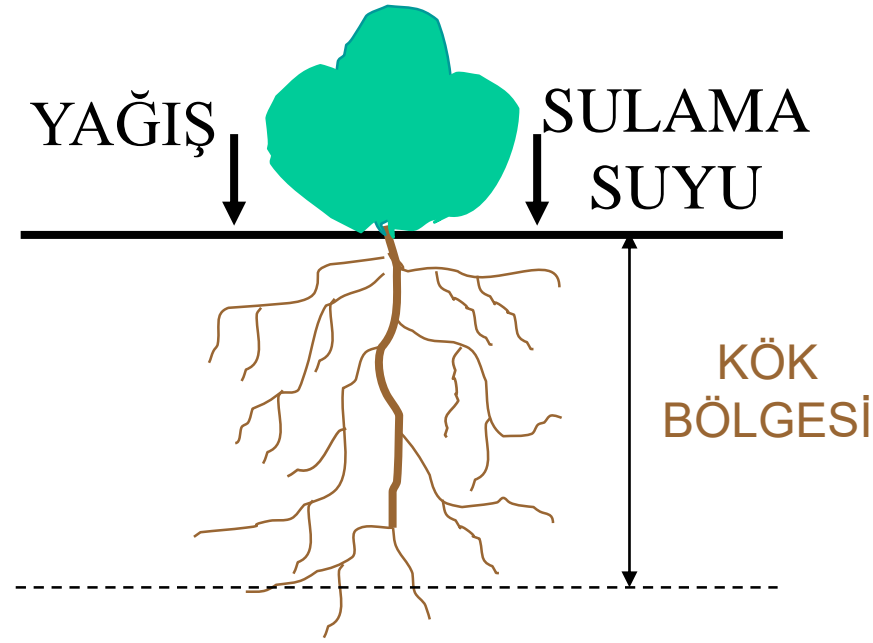
28.2 dakikada girer





# **4. BÖLÜM**

## **SULAMA SUYU İHTİYACI**



- **Bitki su tüketimi**
- **Etkili yağış**
- **Sulama randımanı**

# Bitki su tüketimi (Evapotranspirasyon)

- **Bitki su tüketimi** = Toprak yüzeyinden olan buharlaşma (evaporasyon) + Bitki yapraklarından olan terleme (transpirasyon)
- **Kısa periyotlu bitki su tüketimi** : Günlük, haftalık, on günlük
- **Uzun periyotlu su tüketimi** : Aylık, mevsimlik

# BİTKİ SU TÜKETİMİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

## 1. İKLİM FAKTÖRLERİ

- Solar radyasyon (güneş ışınları şiddeti)
- Sıcaklık
- Bağıl nem
- Rüzgar
- Güneşlenme süresi
- Gündüz saatleri

## 2. TOPRAK FAKTÖRLERİ

- Toprak nemi
- Toprağın işlenme durumu
- Bitki örtüsü

## 3. BİTKİ FAKTÖRLERİ

- Bitki cinsi
- Gelişme devresi
- Büyüme mevsimi

# Bitki su tüketiminin saptanması

- Doğrudan ölçme yöntemleri
- İklim verilerinden tahmin yöntemleri

$$ET = k_c ET_p$$

$$ET = k_c ET_o$$

## - Kıyas Bitki

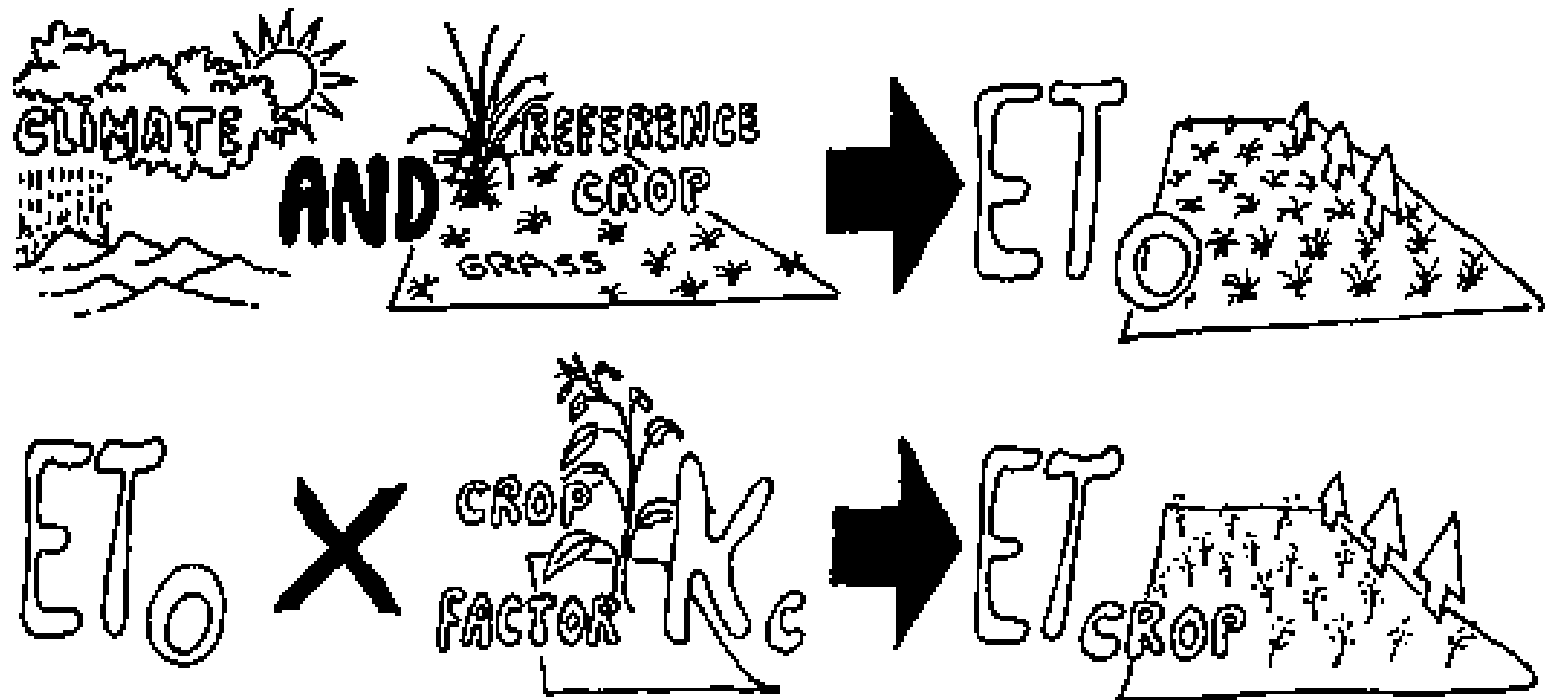
- Yonca (USDA-SCS)

- Çayır bitkileri (FAO)

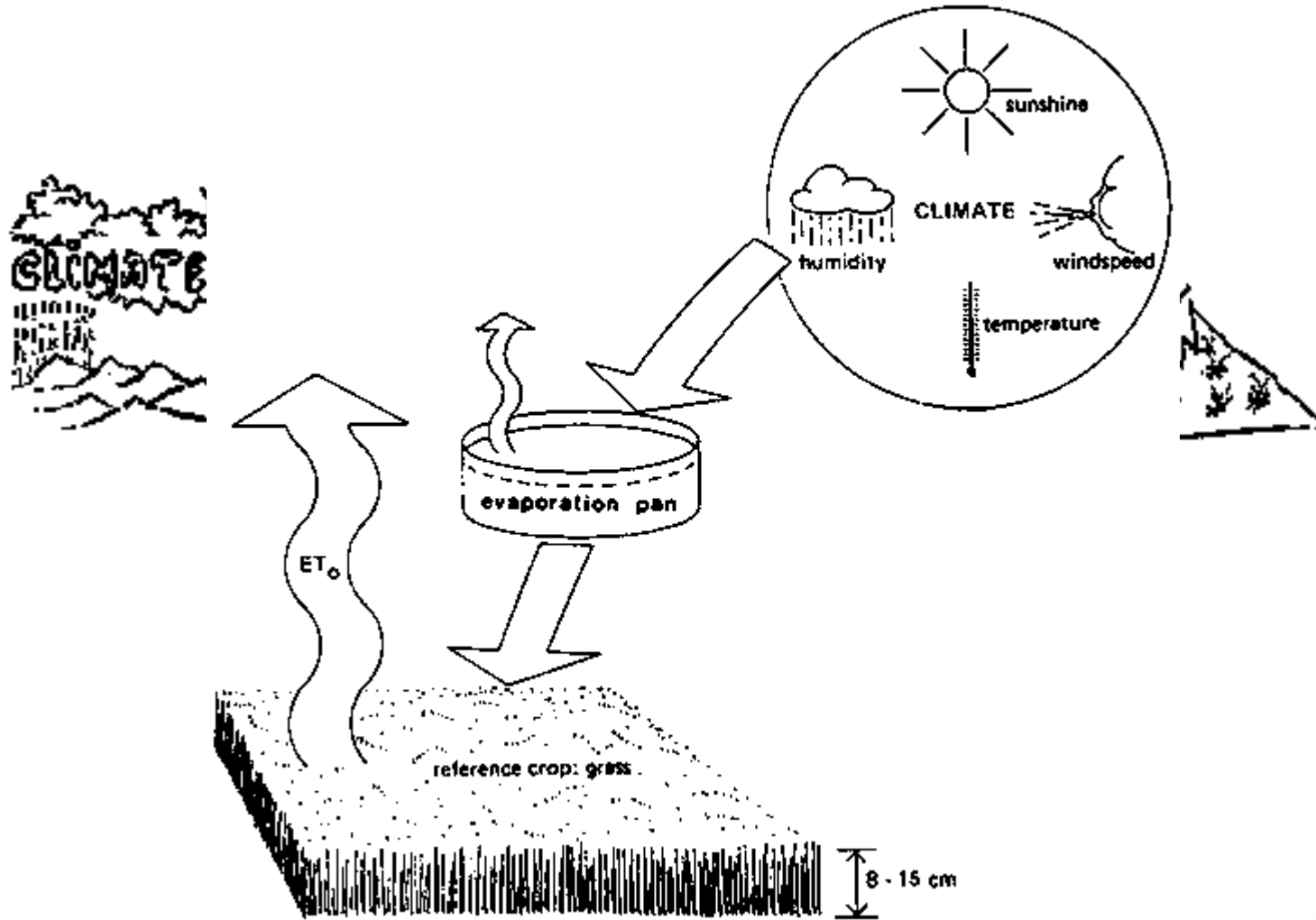
**Kıyas (Referans) bitki su tüketimi (FAO):** “8-10 cm yüksekliğinde, yeknesak boylu, etkili büyüyen, yeterli sulanmış, çayır bitkileri ile kaplı geniş alandaki su tüketimi”

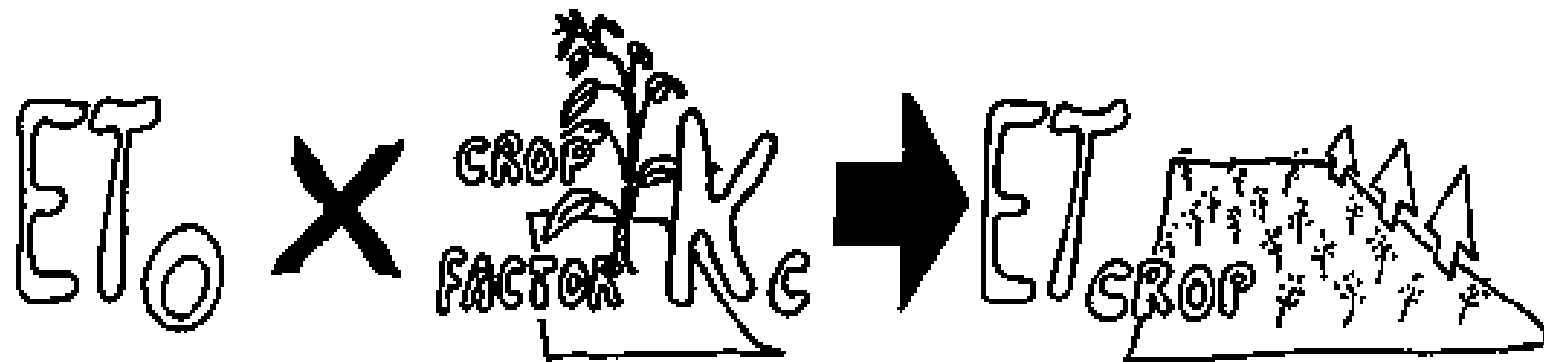


# Bitki su tüketiminin saptanması



# Bitki su tüketiminin saptanması



$$ET_0 \times \text{CROP FACTOR } K_c \rightarrow ET_{\text{CROP}}$$




# Referans bitki su tüketimi ( $ET_0$ ) tahmin yöntemleri (FAO)

- Penman-Monteith
- Kap buharlaşması
- Blaney-Criddle

# Penman-Monteith

Fazla miktarda meteorolojik veri kullanması nedeniyle oldukça iyi sonuç verirken, bazı yerlerde bu verilerin temininde sıkıntı çekilmesi nedeniyle de az kullanım alanı bulabilmektedir.

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)}$$

ET<sub>o</sub> : Referans Evapotranspirasyon [mm day<sup>-1</sup>],

R<sub>n</sub> : Bitki yüzeyindeki net radyasyon [MJ m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>],

G : toprak ısı akı yoğunluğu [MJ m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>],

T : 2 m yükseklikteki günlük ort. sıcaklık [°C],

u<sub>2</sub> : 2m deki rüzgar hızı [m s<sup>-1</sup>],

e<sub>s</sub> : Doygun buhar basıncı [kPa],

e<sub>a</sub> : geçek buhar basıncı [kPa],

e<sub>s</sub> - e<sub>a</sub> : doygun buhar basıncı açığı [kPa],

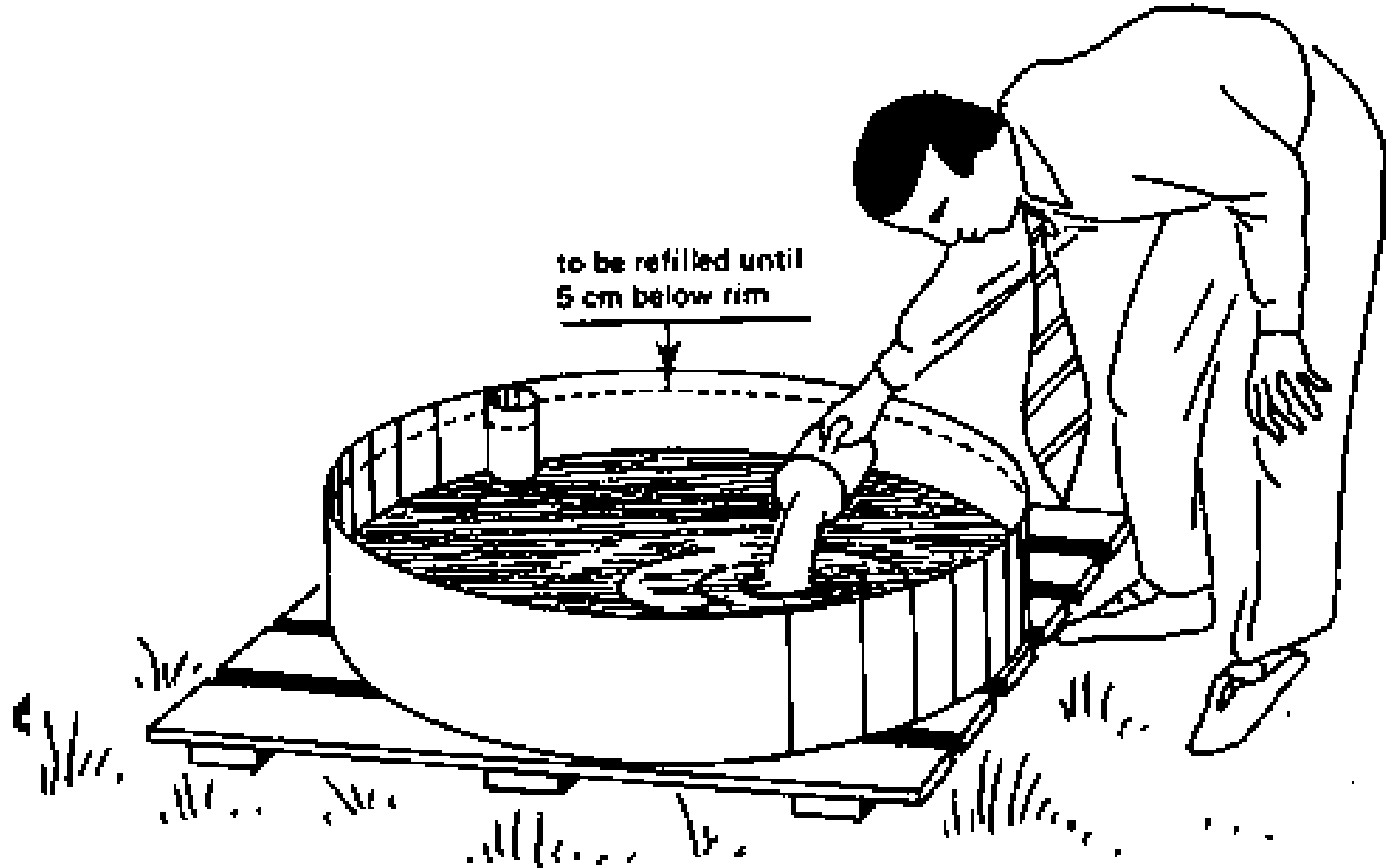
Δ : buhar basıncı eğrisi eğimi [kPa °C<sup>-1</sup>],

γ : Psikometrik sabite [kPa °C<sup>-1</sup>].

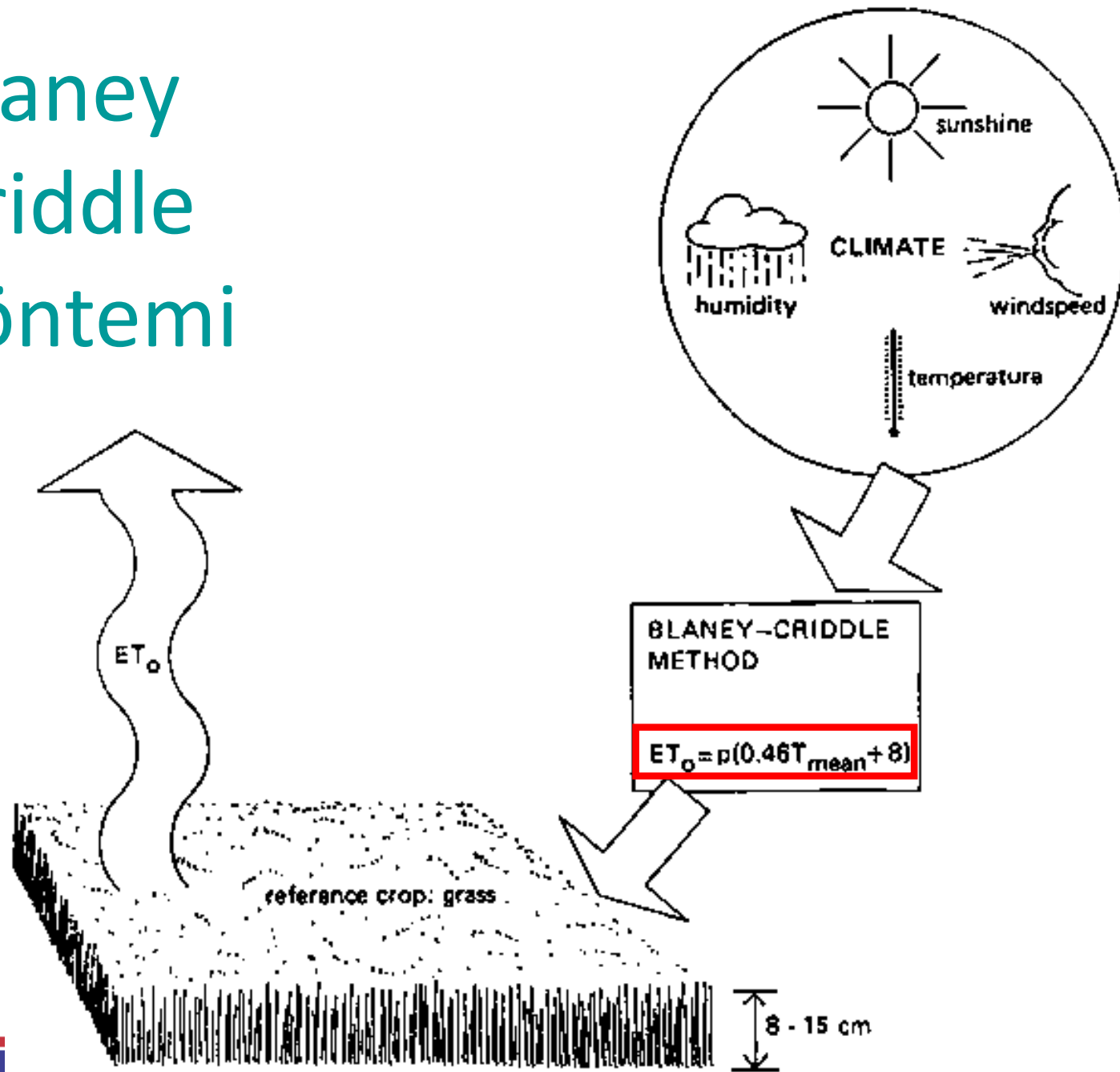




# Kap buharlaşması



# Blaney Criddle yöntemi



Örnek;

RH: %25

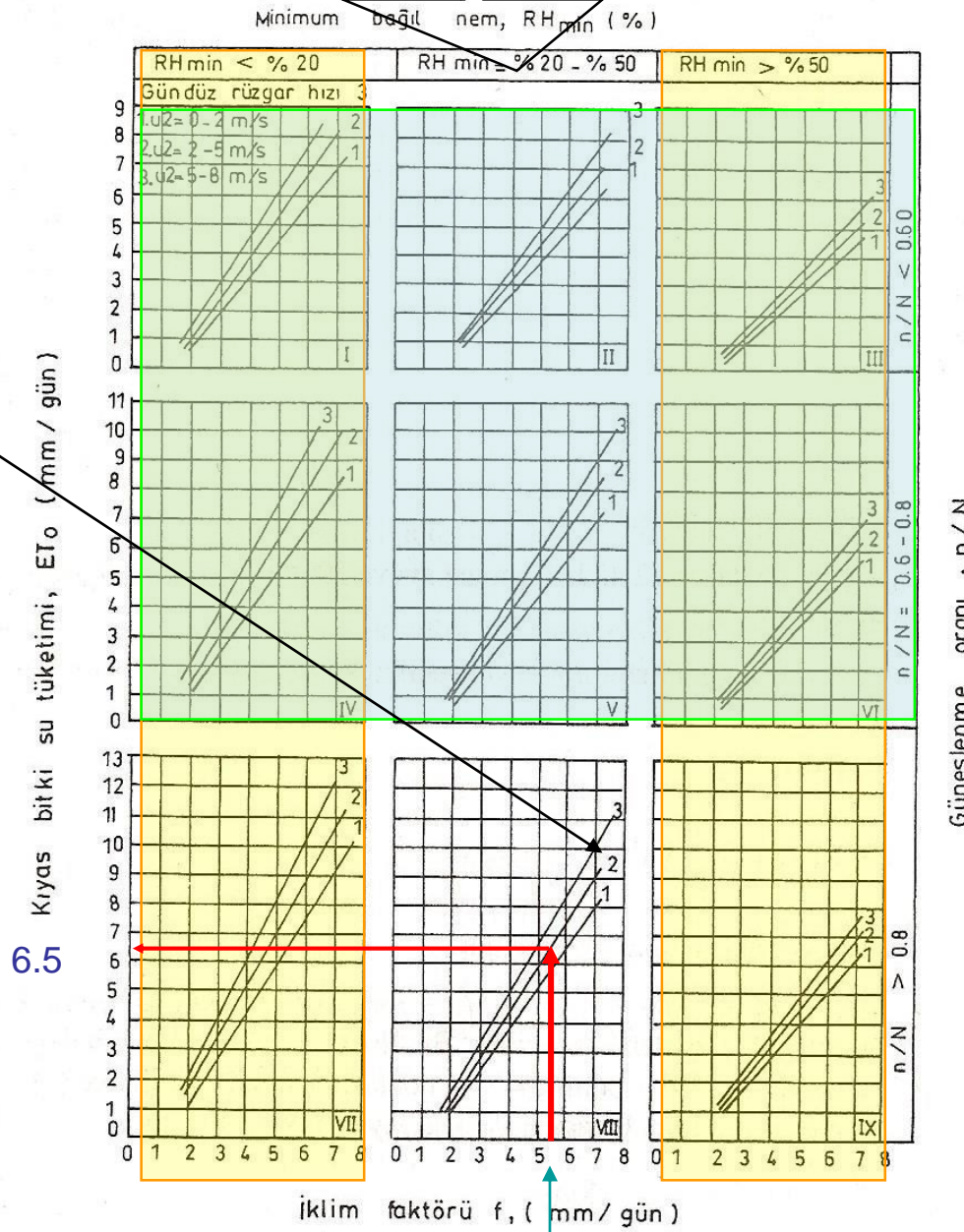
n/N : 0.85

u2 : 3m/s

t : 21 °C

p : 0.311

ETo=?



$$f = (0.46 \cdot t + 8) \cdot p$$

$$f = (0.46 \cdot 21 + 8) \cdot 0.311$$

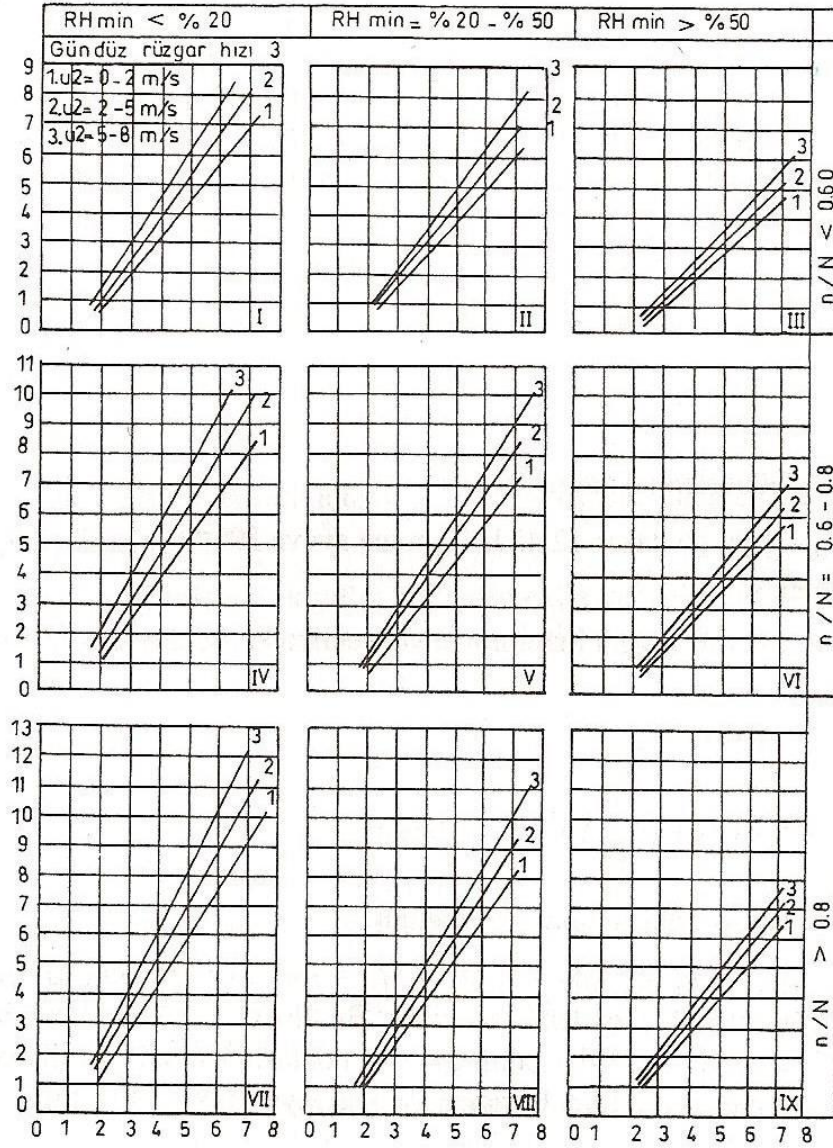
$$f = 5.5 \text{ mm/gün}$$





Minimum bağıl nem,  $RH_{min}$  (%)

Kıyas bitki su tüketimi,  $ET_0$  (mm / gün)



Güneşlenme oranı,  $n/N$



# Bitki katsayısı

Tek yıllık bitkilerde

- 1. devre (başlangıç devresi) :  
Ekim-dikim tarihi - % 10 örtü  
 $k_c$  minimum ve sabit
- 2. devre (ilk gelişme devresi) :  
% 10 örtü - maksimum örtü  
 $k_c$  minimumdan maksimuma artış gösterir
- 3. devre (orta devre) :  
Maksimum örtü – olgunlaşma başlangıcı  
 $k_c$  maksimum ve sabit
- 4. devre (son devre) :  
Olgunlaşma başlangıcı – hasat  
 $k_c$  maksimumdan belirli değere azalır



# Blaney- Criddle yöntemi

$$u = k \cdot f$$

$$k = k_c \cdot k_t$$

$$k_t = 0.031t + 0.24$$

Tablo değeri (4.17)

$$f = (45.7 \times t + 813) \times P / 100$$

Sıcaklık (°C)

Tablo değeri (4.10)



# %P

Çizelge 4.10 Aylık gündüz saatlerinin yıllık gündüz saatlerine oranı (% P değeri) (Kuzey Yarımküre)

Enlem dere- cesi	A y l a r												
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
45°	6.40	6.54	8.29	9.08	10.31	10.46	10.57	9.75	8.42	7.61	6.43	6.14	100
44°	6.48	6.57	8.29	9.05	10.25	10.39	10.49	9.71	8.41	7.64	6.50	6.22	100
43°	6.55	6.61	8.30	9.02	10.19	10.31	10.42	9.66	8.40	7.67	6.56	6.31	100
42°	6.61	6.65	8.30	8.99	10.13	10.24	10.35	9.62	8.40	7.70	6.62	6.39	100
41°	6.68	6.68	8.31	8.96	10.07	10.16	10.29	9.59	8.39	7.72	6.68	6.47	100
40°	6.75	6.72	8.32	8.93	10.01	10.09	10.22	9.55	8.39	7.75	6.73	6.54	100
39°	6.81	6.75	8.33	8.91	9.95	10.03	10.16	9.51	8.38	7.78	6.78	6.61	100
38°	6.87	6.79	8.33	8.89	9.90	9.96	10.11	9.47	8.37	7.80	6.83	6.68	100
37°	6.92	6.82	8.34	8.87	9.85	9.89	10.05	9.44	8.37	7.83	6.88	6.74	100
36°	6.98	6.85	8.35	8.85	9.80	9.82	9.99	9.41	8.36	7.85	6.93	6.81	100
35°	7.04	6.88	8.35	8.82	9.76	9.76	9.93	9.37	8.36	7.88	6.98	6.87	100
34°	7.10	6.91	8.35	8.80	9.71	9.71	9.88	9.34	8.35	7.90	7.02	6.93	100
33°	7.15	6.94	8.36	8.77	9.67	9.65	9.83	9.31	8.35	7.92	7.06	6.99	100

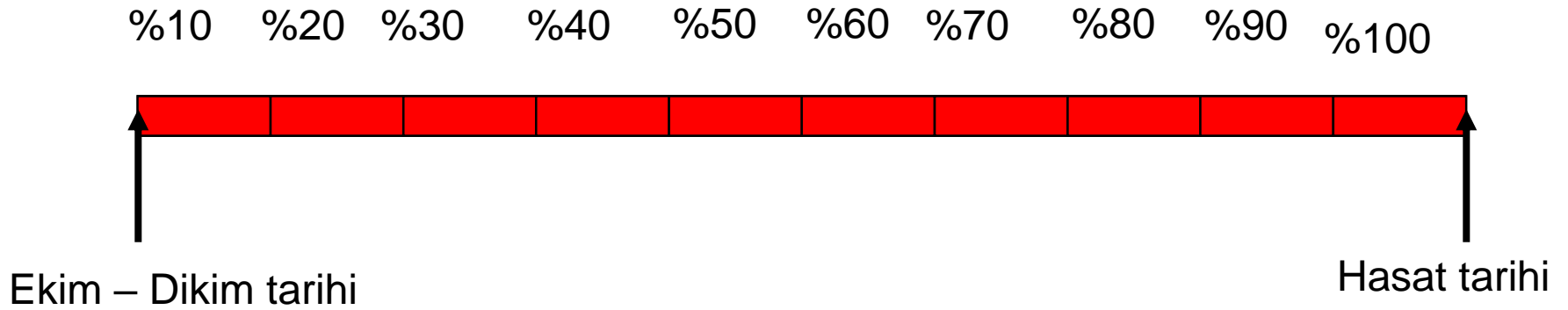


Kc

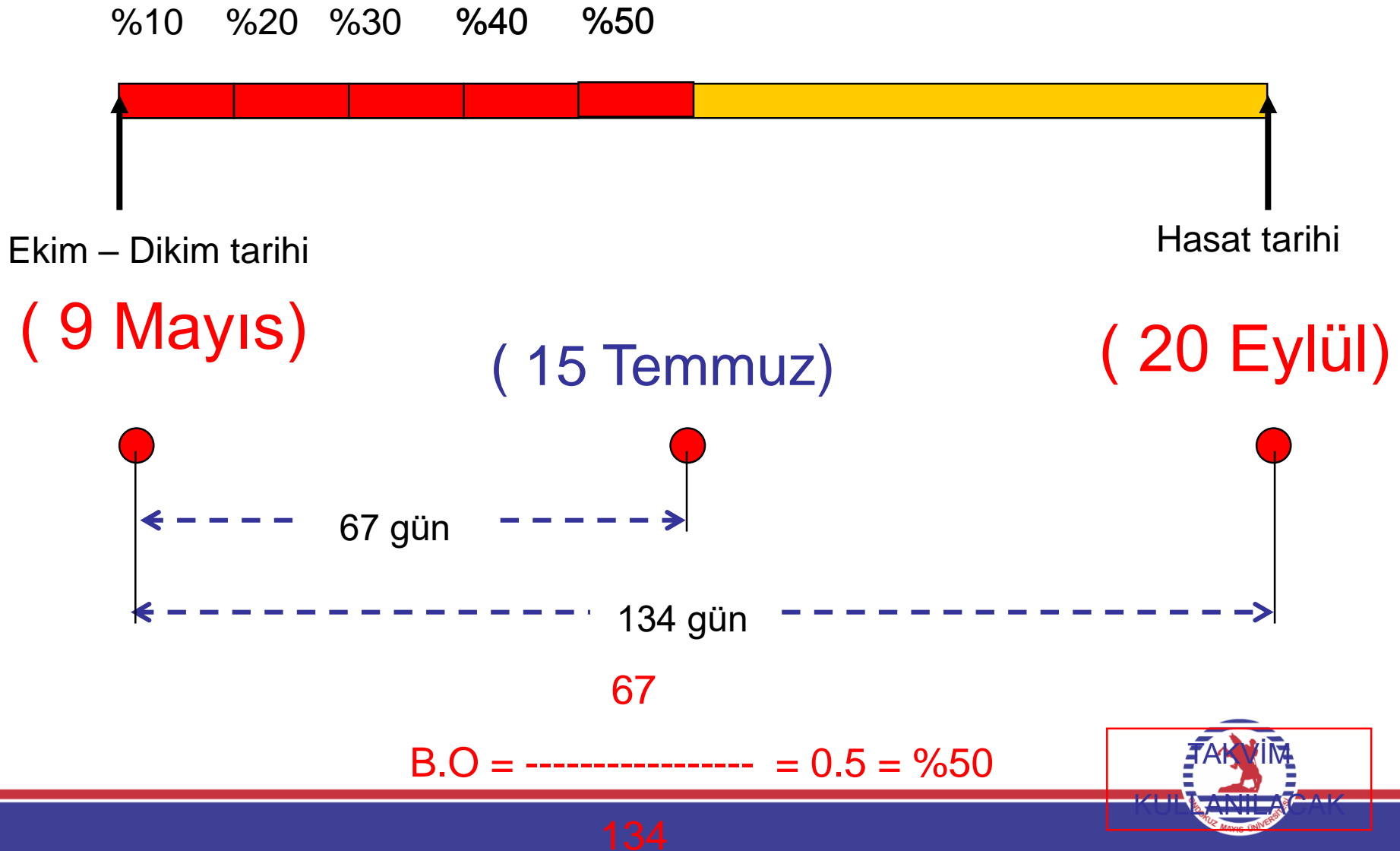
Çizelge 4.17 Blaney - Criddle yöntemi USDA-SCS modifikasyonu için  $k_c$  bitki Gelişme Katsayıları

Bitki cinsi	Bitki büyüme oranı											
	0.00	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	
Ayçiçeği	0.55	0.50	0.65	0.70	0.95	1.10	1.20	1.20	1.10	0.75	0.45	
Bağ	0.65	0.65	0.70	0.70	0.75	0.80	0.90	0.95	0.40	0.40	0.40	
Biber	0.65	0.70	0.70	0.80	0.95	1.10	1.30	1.30	1.15	0.80	0.55	
Domates	0.65	0.65	0.75	0.95	1.10	1.20	1.20	1.10	0.95	0.70	0.55	
Fasulye	0.50	0.60	0.90	1.05	1.10	1.15	1.00	0.70	0.65	0.60	0.55	
Hıyar	0.55	0.60	0.65	0.75	0.75	0.75	0.85	0.95	0.80	0.60	0.40	
Hububat (kışlık)	0.35	0.60	0.85	1.00	1.20	1.20	1.25	1.35	1.45	1.25	0.85	
Kavun-karpuz	0.30	0.45	0.60	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.85	0.80	0.65	
Meyve ağaçları	0.50	0.65	0.85	0.95	1.05	1.15	1.00	0.85	0.70	0.55	0.45	
Mısır	0.30	0.45	0.70	0.90	1.05	1.15	1.15	0.90	0.70	0.55	0.40	
Soya	0.20	0.25	0.30	0.40	0.60	0.80	1.00	0.85	0.75	0.65	0.55	
Pamuk	0.40	0.50	0.70	0.80	0.85	1.15	1.25	1.25	1.10	0.70	0.40	
Patates	0.55	0.65	0.75	0.85	0.95	1.10	1.20	1.20	1.05	0.70	0.50	
Sebze	0.65	0.70	0.75	0.85	1.00	1.15	1.25	1.20	1.05	0.75	0.55	
Soğan	0.65	0.75	0.90	1.00	1.05	1.05	0.95	0.75	0.60	0.50	0.35	
Sorgum	0.30	0.40	0.55	0.70	0.80	0.90	0.85	0.75	0.65	0.55	0.40	
Susam	0.40	0.40	0.45	0.50	0.65	0.70	0.65	0.60	0.50	0.45	0.40	
Şeker pancarı	0.85	0.90	0.95	1.10	1.25	1.35	1.35	1.30	1.15	0.90	0.70	
Turunçgiller	0.65	0.65	0.70	0.75	0.80	0.80	0.80	0.80	0.75	0.75	0.70	
Yer fıstığı	0.40	0.40	0.45	0.55	0.65	0.80	0.85	0.80	0.75	0.65	0.50	
Yonca	0.75	0.90	1.05	1.20	1.30	1.35	1.40	1.25	1.05	0.75	0.45	

# Büyüme Oranı



# Büyüme Oranı





# Örnek;

14 Mayıs da ekimi planlanan domates bitkisi  $42^{\circ}$  enlemindeki bir yörede 29 eylülde hasat edilmektedir. Ortalama sıcaklığın  $22^{\circ}\text{C}$  olduğu temmuz ayı su tüketimini hesaplayınız.



14 Mayıs da ekimi planlanan domates bitkisi 42 ° enlemindeki bir yörede 29 Eylülde hasat edilmektedir. Ortalama sıcaklığın 22 °C olduğu temmuz ayı su tüketimini hesaplayınız.

$$u = k.f \quad k = k_c.k_t \quad f = (45.7 \times t + 813) \times P / 100 \quad k_t = 0.031t + 0.24$$

Çizelge 4.10 Aylık gündüz saatlerinin yıllık gündüz saatlerine oranı (% P değeri) (Kuzey Yarımküre)

Enlem derecesi	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
45°	6.40	6.54	8.29	9.08	10.31	10.46	10.57	9.75	8.42	7.61	6.43	6.14	100
44°	6.48	6.57	8.29	9.05	10.25	10.39	10.49	9.71	8.41	7.64	6.50	6.22	100
43°	6.55	6.61	8.30	9.02	10.19	10.31	10.42	9.68	8.40	7.67	6.56	6.31	100
42°	6.61	6.65	8.30	9.00	10.17	10.28	10.35	9.62	8.40	7.70	6.62	6.39	100
41°	6.68	6.68	8.31	8.96	10.07	10.16	10.25	9.59	8.39	7.72	6.68	6.47	100
40°	6.75	6.72	8.32	8.93	10.01	10.09	10.22	9.55	8.39	7.75	6.73	6.54	100
39°	6.81	6.75	8.33	8.91	9.95	10.03	10.16	9.51	8.38	7.78	6.78	6.61	100
38°	6.87	6.79	8.33	8.89	9.90	9.96	10.11	9.47	8.37	7.80	6.83	6.68	100
37°	6.92	6.82	8.34	8.87	9.85	9.89	10.05	9.44	8.37	7.83	6.88	6.74	100
36°	6.98	6.85	8.35	8.85	9.80	9.82	9.99	9.41	8.36	7.85	6.93	6.81	100
35°	7.04	6.88	8.35	8.82	9.76	9.76	9.93	9.37	8.36	7.88	6.98	6.87	100
34°	7.10	6.91	8.35	8.80	9.71	9.71	9.88	9.34	8.35	7.90	7.02	6.93	100
33°	7.15	6.94	8.36	8.77	9.67	9.65	9.83	9.31	8.35	7.92	7.06	6.99	100



$$f = (45.7 \times 22 + 813) \times 10.35 / 100 = 188.20$$

$$kt = 0.031 \cdot 22 + 0.24 = 0.922$$

$$\text{Büyüme Oranı} = (14 \text{ mayıs} - 15 \text{ temmuz}) / (29 \text{ Eylül} - 14 \text{ mayıs})$$

$$B.O = 62 / 138 = \%45$$

$$k_c = (1.10 + 1.20) / 2 = 1.15$$

Çizelge 4.17 Blaney - Criddle yöntemi USDA-SCS modifikasyonu için  $k_c$  bitki Gelişme

$$k = k_c \cdot kt = 1.15 \times 0.922 = 1.06$$

$$u = k \cdot f = 188.2 \times 1.06 = 199.6 \text{ mm / temmuz ayı}$$

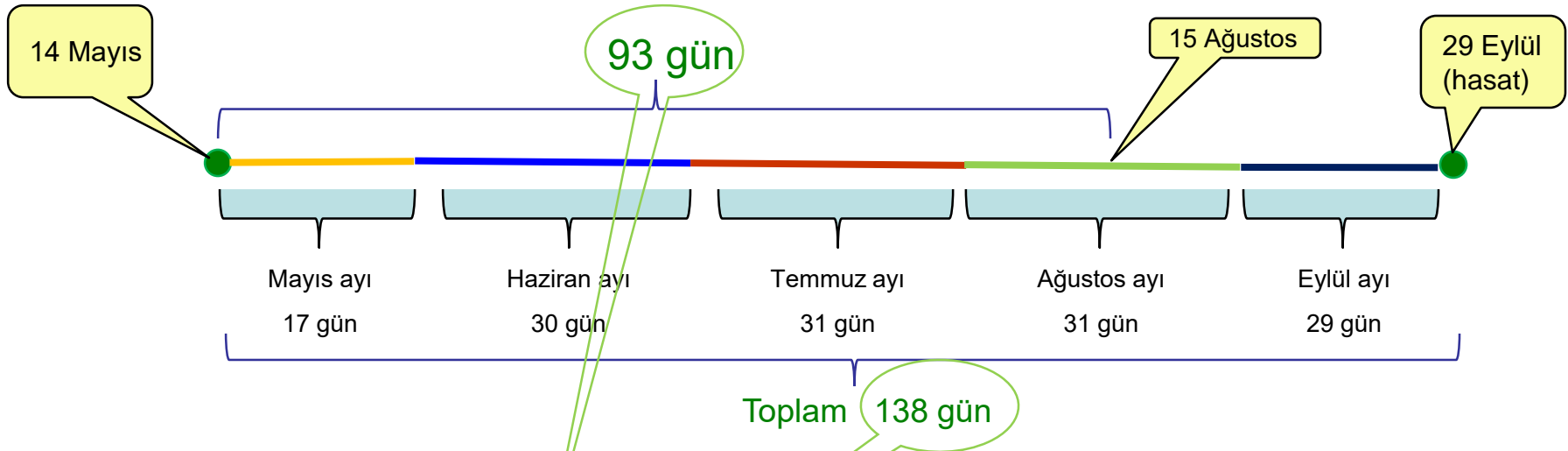
Bitki cinsi	Bitki büyüme oranı											
	0.00	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	
Ayçiçeği	0.55	0.50	0.65	0.70	0.95	1.10	1.20	1.20	1.10	0.75	0.45	
Biber	0.65	0.70	0.70	0.80	0.95	1.10	1.30	1.30	1.15	0.80	0.55	
Domates	0.65	0.65	0.75	0.95	1.10	1.20	1.20	1.10	0.95	0.70	0.55	
Fasulye	0.50	0.60	0.90	1.05	1.10	1.15	1.00	0.70	0.65	0.60	0.55	
Hıyar	0.55	0.60	0.65	0.75	0.75	0.75	0.85	0.95	0.80	0.60	0.40	
Hububat (kışlık)	0.35	0.60	0.85	1.00	1.20	1.20	1.25	1.35	1.45	1.25	0.85	
Kavun karnuz	0.30	0.45	0.60	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.85	0.80	0.65	

$k_f = 188.2 \times 1.06 = 199.6 \text{ mm / temmuz}$



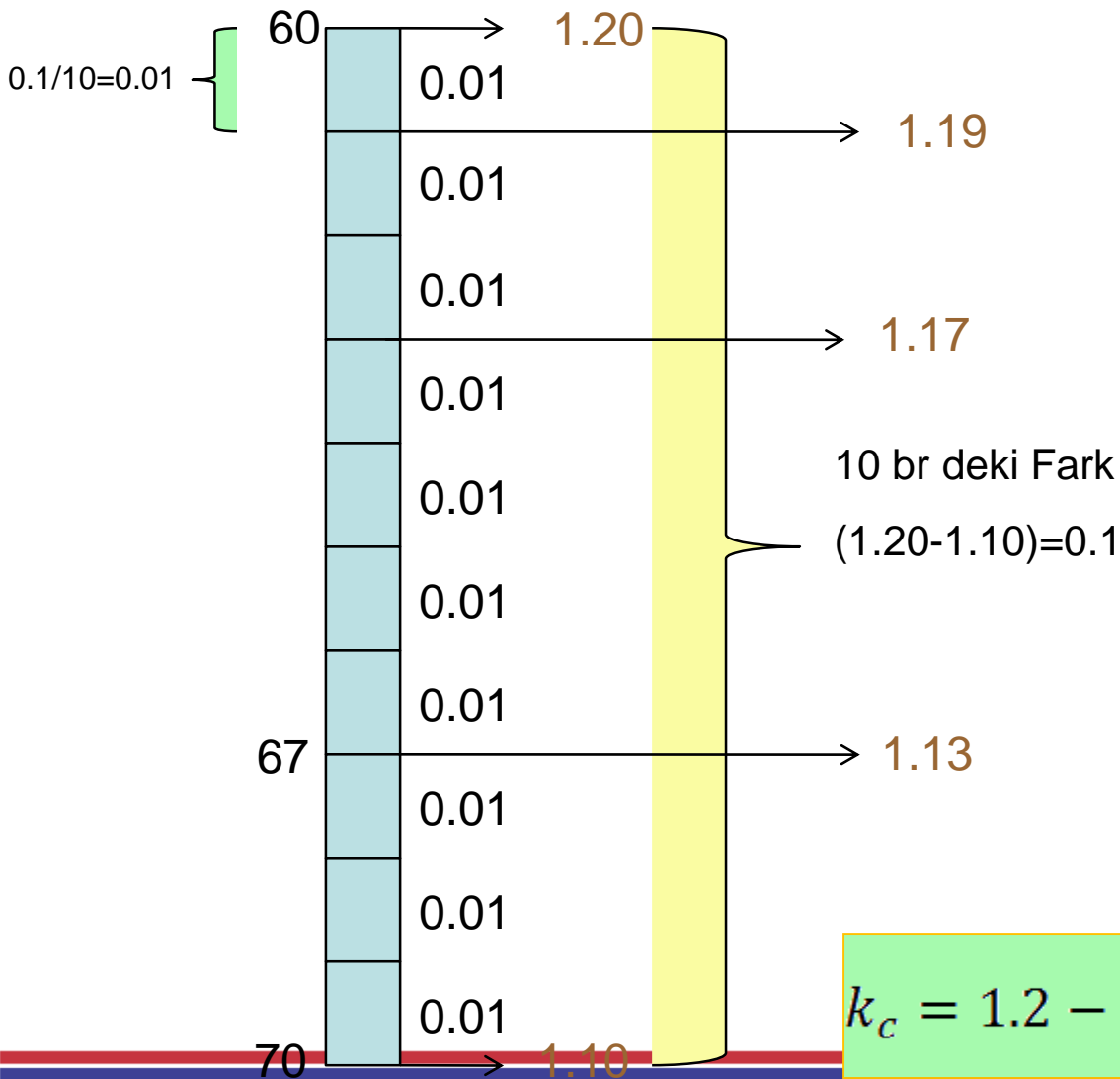


Aynı problemi  $t=20\text{ }^{\circ}\text{C}$  olan ağustos ayı için çözünüz.



$$B.O = \frac{93}{138} = 0.673 = \%67.3 \approx \%67$$

# B.O= %67 için



$$k_c = 1.2 - \left\{ \frac{1.2 - 1.1}{70 - 60} \times (67 - 60) \right\} = 1.13$$

$$k_c = 1.13$$

$$k_t = 0.031 \times 20 + 0.24 = 0.86$$

$$k = 1.13 \times 0.86 = 0.9718$$

$$f = (45.7 \times 20 + 813) \times 9.62 / 100 = 166.13 \text{ mm/ay}$$

$$u = 0.9718 \times 166.13 = 161.45 \text{ mm/ Ağustos ayı}$$

## Örnek 2

10 Mayıs da ekimi planlanan fasulye bitkisi  $39^{\circ}$  enlemindeki bir yörede 29 Ağustosta hasat edilmektedir. Ortalama sıcaklığın  $26^{\circ}\text{C}$  olduğu temmuz ayı su tüketimini hesaplayınız.



Çizelge 4.10 Aylık gündüz saatlerinin yıllık gündüz saatlerine oranı (% P değeri) (Kuzey Yarımküre)

Enlem dere-cesi	A y l a r												
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
45°	6.40	6.54	8.29	9.08	10.31	10.46	10.57	9.75	8.42	7.61	6.43	6.14	100
44°	6.48	6.57	8.29	9.05	10.25	10.39	10.49	9.71	8.41	7.64	6.50	6.22	100
43°	6.55	6.61	8.30	9.02	10.19	10.31	10.42	9.66	8.40	7.67	6.56	6.31	100
42°	6.61	6.65	8.30	8.99	10.13	10.24	10.35	9.62	8.40	7.70	6.62	6.39	100
41°	6.68	6.68	8.31	8.96	10.07	10.16	10.29	9.59	8.39	7.72	6.68	6.47	100
40°	6.75	6.72	8.32	8.93	10.01	10.09	10.22	9.55	8.39	7.75	6.73	6.54	100
39°	6.81	6.75	8.33	8.91	9.95	10.03	10.16	9.51	8.38	7.78	6.78	6.61	100
38°	6.87	6.79	8.33	8.89	9.90	9.96	10.11	9.47	8.37	7.80	6.83	6.68	100
37°	6.92	6.82	8.34	8.87	9.85	9.89	10.05	9.44	8.37	7.83	6.88	6.74	100
36°	6.98	6.85	8.35	8.85	9.80	9.82	9.99	9.41	8.36	7.85	6.93	6.81	100
35°	7.04	6.88	8.35	8.82	9.76	9.76	9.93	9.37	8.36	7.88	6.98	6.87	100
34°	7.10	6.91	8.35	8.80	9.71	9.71	9.88	9.34	8.35	7.90	7.02	6.93	100
33°	7.15	6.94	8.36	8.77	9.67	9.65	9.83	9.31	8.35	7.92	7.06	6.99	100

Çizelge 4.17 Blaney - Criddle yöntemi USDA-SCS modifikasyonu için  $k_c$  bitki Gelişme Katsayıları

Bitki cinsi	Bitki büyüme oranı												
	0.00	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00		
Ayçiçeği	0.55	0.50	0.65	0.70	0.95	1.10	1.20	1.20	1.10	0.75	0.45		
Bağ	0.65	0.65	0.70	0.70	0.75	0.80	0.90	0.95	0.40	0.40	0.40		
Biber	0.65	0.70	0.70	0.80	0.95	1.10	1.30	1.30	1.15	0.80	0.55		
Domates	0.65	0.65	0.75	0.95	1.10	1.20	1.20	1.10	0.95	0.70	0.55		
Fasulye	0.50	0.60	0.90	1.05	1.10	1.15	1.00	0.70	0.65	0.60	0.55		
Unvan	0.55	0.60	0.65	0.75	0.75	0.75	0.85	0.95	0.80	0.60	0.40		



$$k_t = 1.046$$

$$f = 203.32$$

$$k_c = 1.015$$

$$u = 215.86 \text{ mm/temmuz ayı}$$



# Sulama randımanı

- Transpirasyon randımanı :

- Su iletim randımanı :

$$E_c = 100 \frac{W_f}{W_r}$$

- Su uygulama randımanı :

$$E_a = 100 \frac{W_s}{W_f}$$

- Su depolama randımanı :

- Su dağıtım randımanı :

- Bitki su kullanım randımanı :

- Toplam sulama randımanı :

$$E = E_c E_a$$

# Etkili yağış

- **Etkili yağış** : Düşen yağışın bitkinin yararlandığı kısmı
- Düşen yağış 25 mm'den az olduğunda ;  
$$\text{Etkili yağış} = \text{Düşen yağış}$$
- Düşen yağış 25 mm'ye eşit ve fazla olduğunda ;

$$\text{Etkili yağış} < \text{Düşen yağış}$$



## **5. BÖLÜM**

# **ARAZİNİN SULAMAYA HAZIRLANMASI**

# Arazinin sulamaya hazırlanmasında sırası ile izlenecek aşamalar

- Yüzey sulama yöntemlerinin uygulanacağı alanlarda arazinin sulamaya hazırlanması gerekmektedir.

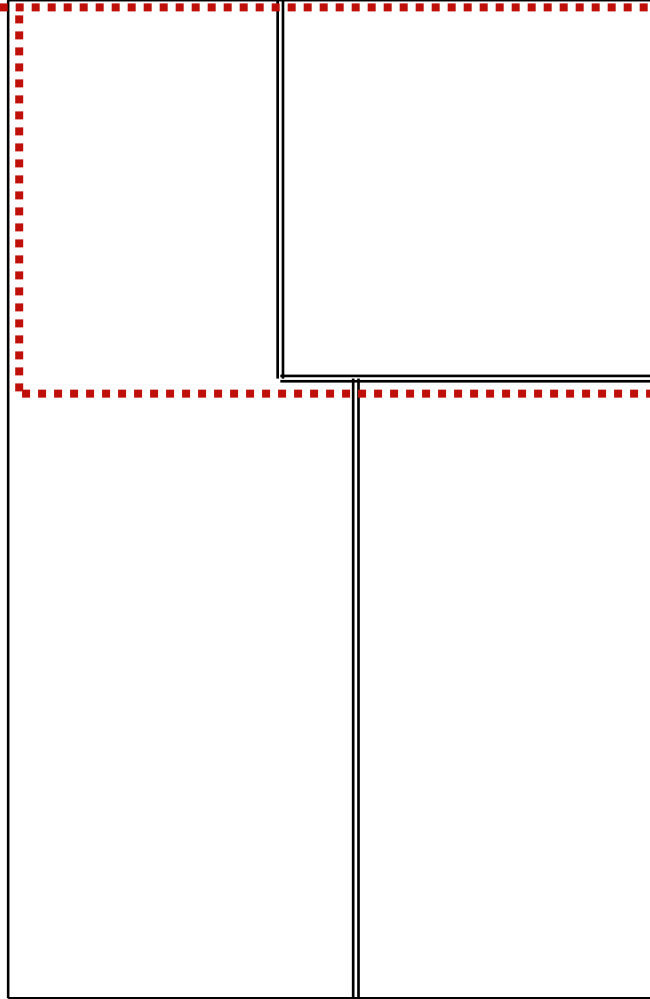
- **Arazi uygun boyutlu parsellere ayrılır**
- **Tarla sulama sistemleri (tarla içi su dağıtım sistemleri) ve tarla içi drenaj sistemleri planlanır ve kurulur**
- **Her tarla parseli ayrı tesviye edilir**

SU  
KAYNAĞI

270 m

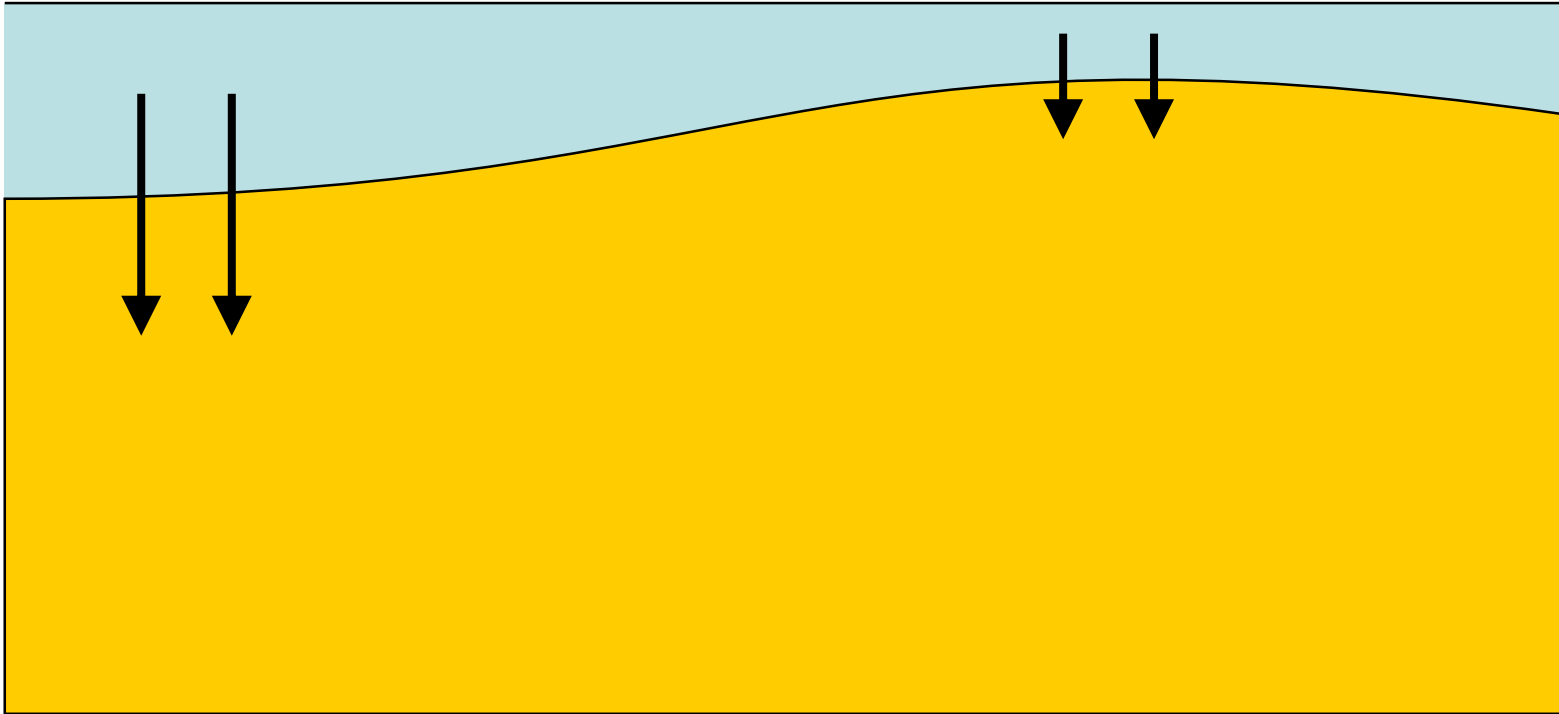
TOPRAK  
KANAL

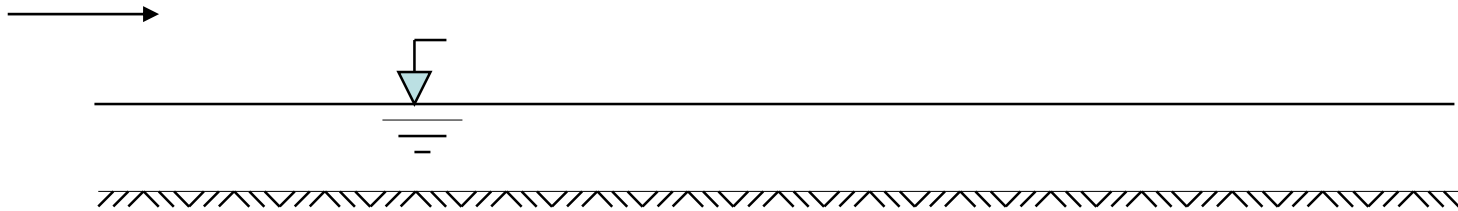
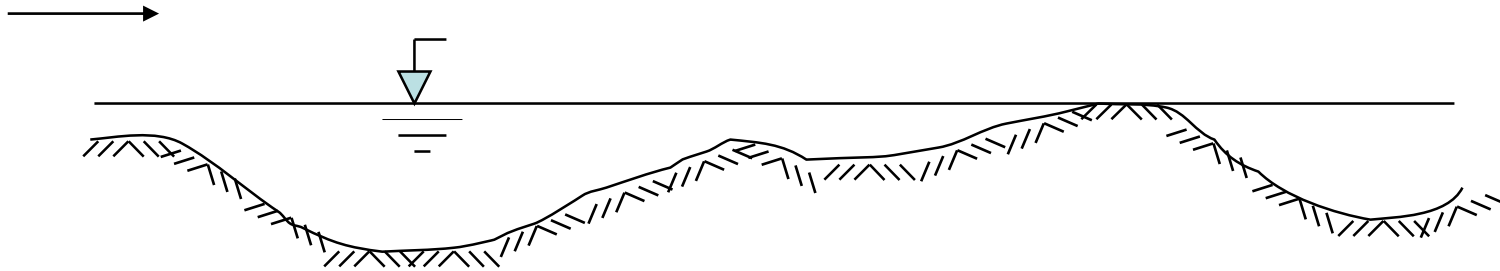
600 m





# Arazi tesviyesi





# Arazi tesviyesinin tanımı

Yüzey sulama yöntemlerinde, kabul edilebilir düzeyde eş su dağılımı sağlamak için, olanaklar ölçüsünde **doğal eğimi bozmadan, verimlilik potansiyelini azaltmadan, arazide bulunan yüzey düzensizliklerin, sulama yönteminin gerektirdiği eğim derecelerinde düzeltilmesine arazi tesviyesi** denir.

# Arazi tesviyesinin yararları

- Su uygulama randımanı yükselir
- Bitki besin elementlerinin yıkanması azalır
- Etkili yüzey drenajı yapılır, tuzluluk ve sodyumluluk sorunu azalır
- Toprak işleme kolaylaşır
- Sulama işçiliği azalır



# Arazi tesviyesinin uygulanmasını kısıtlayan etmenler

- Su alma hızı yüksek hafif bünyeli topraklar
- Yüzlek topraklar
- Yüksek eğim
- Dalgalı topografya
- Kısıtlı su kaynağı

# ARAZİ TESVİYESİ TİPLERİ

## 1. YAPILIŞ BİÇİMİ VE UYGULANACAK SULAMA YÖNTEMİNE GÖRE

- Yersel tesviye
- İki yönde değişken eğimli tesviye
- Tek yönde değişken eğimli tesviye
- İki yönde sabit eğimli tesviye
- Tek yönde sabit eğimli tesviye

## 2. KAZILACAK TOPRAK HACMİNE GÖRE

- Hafif tesviye ( $<50 \text{ m}^3/\text{da}$ )
- Orta tesviye ( $50-100 \text{ m}^3/\text{da}$ )
- Ağır tesviye ( $100-150 \text{ m}^3/\text{da}$ )
- Çok ağır tesviye ( $>150 \text{ m}^3/\text{da}$ )

## 3. YAPILIŞ SIRASINA GÖRE

- Kaba tesviye
- İnce tesviye

# En küçük kareler tesviye projeleme yöntemi

**Temel ilke :** İstasyonların doğal zemin mira değerleri ile tesviye düzlemi mira değerleri arasındaki farkların karelerinin toplamı en küçük olacak tesviye düzleminin geçirilmesidir.

# TESVİYE PROJELEME YÖNTEMLERİ

## DENEYİM-YANILGI ESASINA DAYALI YÖNTEMLER

- Tek yönlü kesit yöntemi
- Çift yönlü kesit yöntemi
- Değişken düzlem yöntemi
- Eş yükseklik eğrilerini düzenleme yöntemi

## MATEMATİKSEL ESASLARA DAYALI YÖNTEMLER

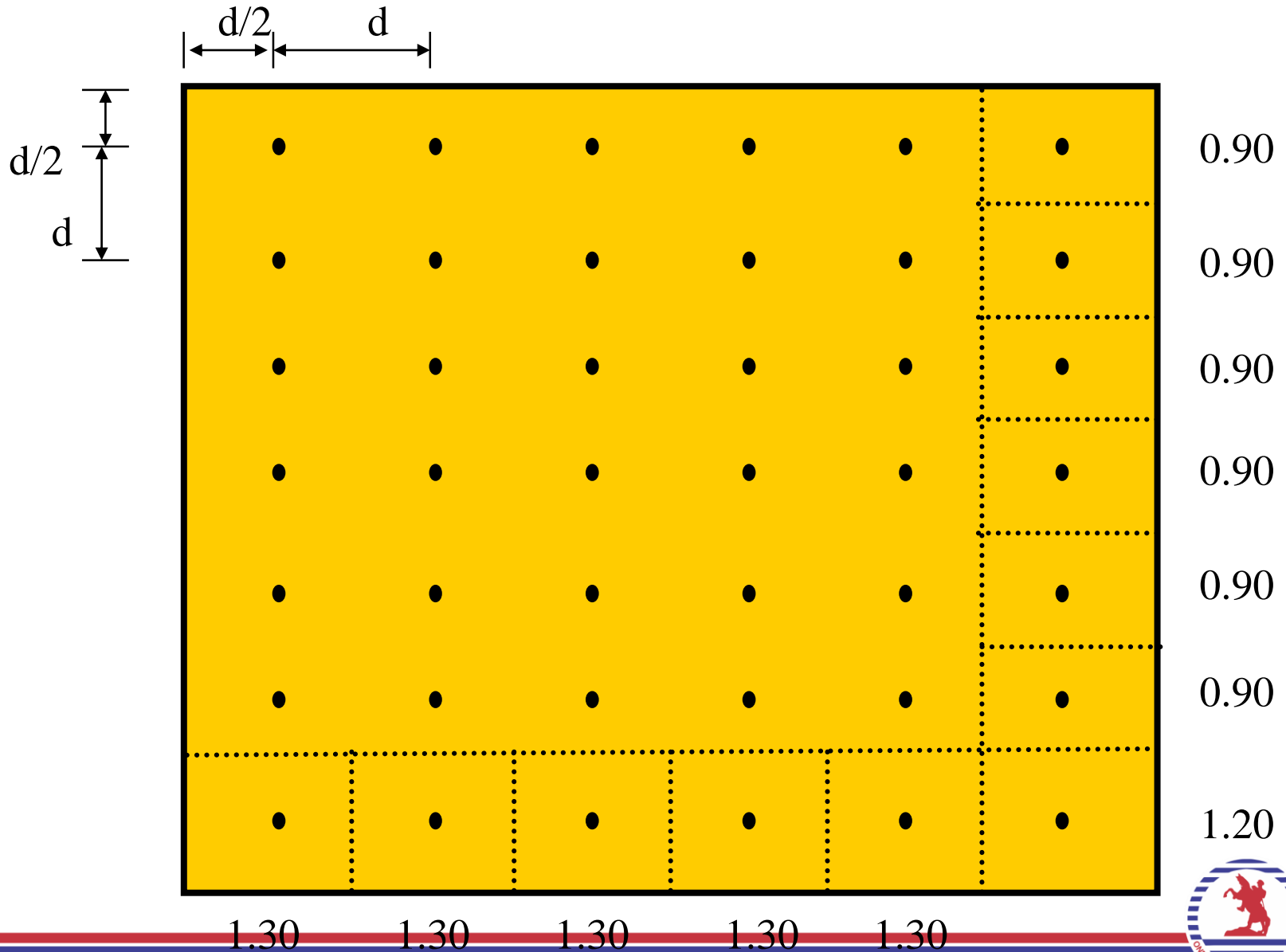
- Sabit hacim-denge yöntemi
- Ortalama kesit yöntemi
- En küçük kareler yöntemi
- Simetrik artıklar yöntemi

## OPTİMİZASYON TEKNİKLERİNE DAYALI YÖNTEMLER

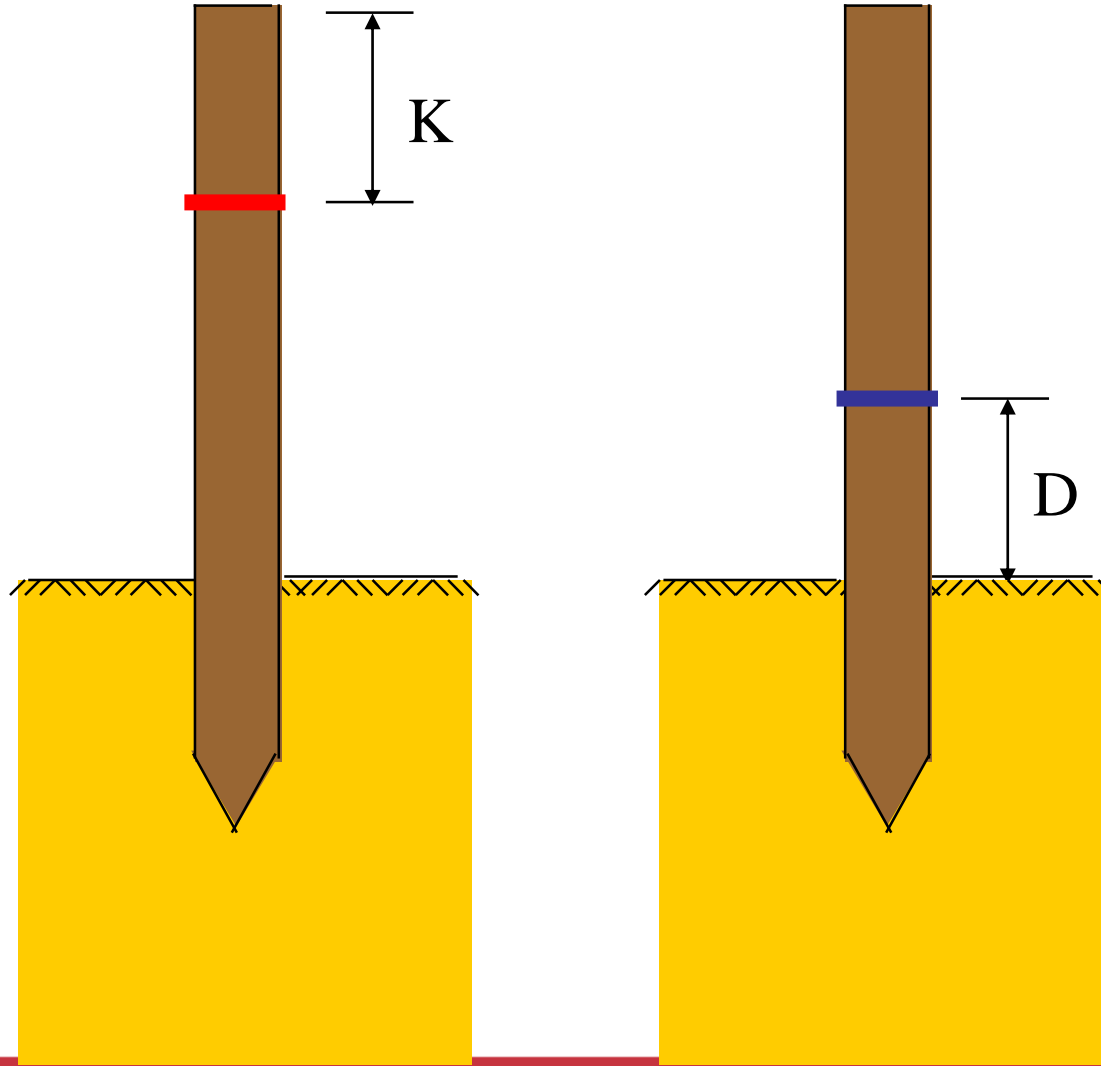
- Doğrusal programlama modelleri
- Transportasyon modelleri



# Tesviye Öncesi Hazırlık ve Ölçme İşleri



# Arazinin Tesviye Edilmesi





























01/01/2010



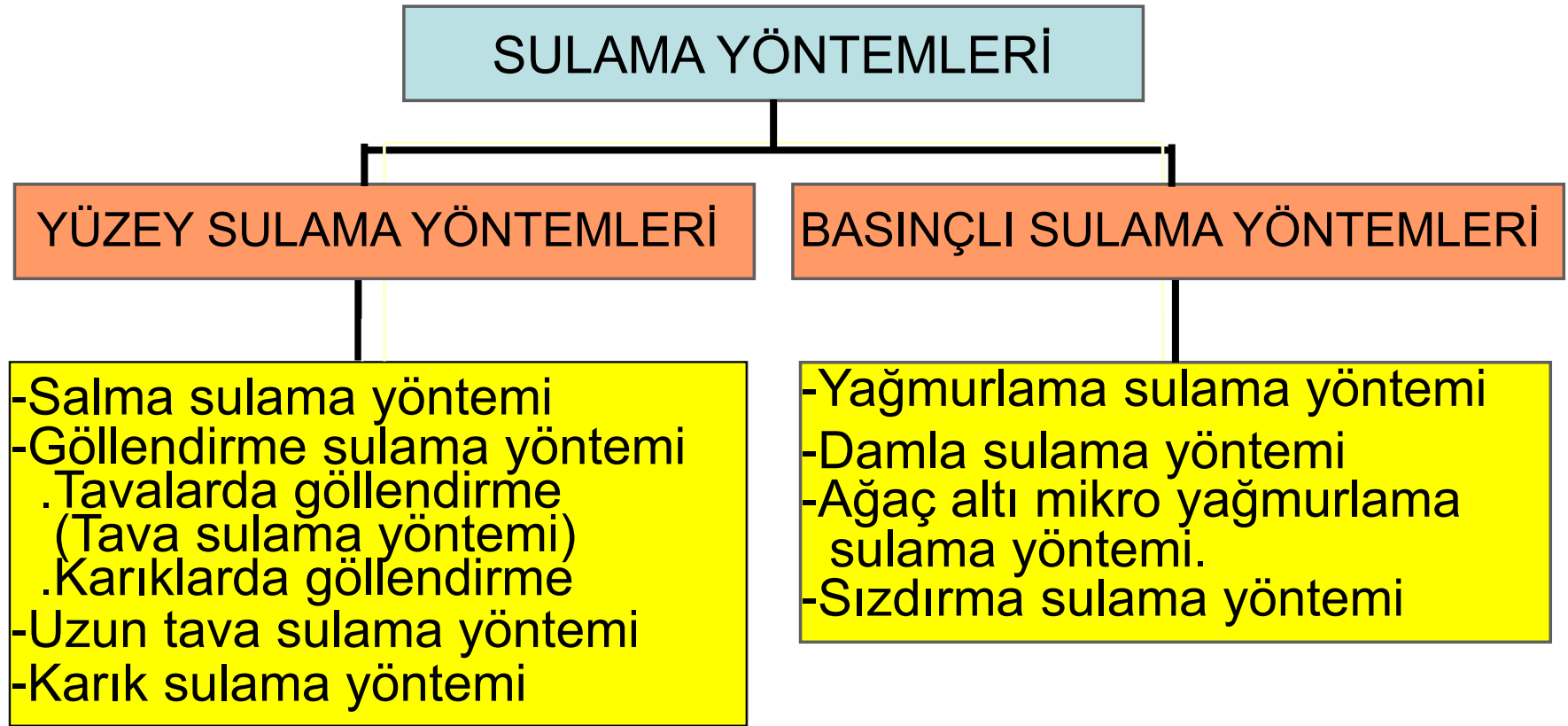


# **6. BÖLÜM**

## **SULAMA YÖNTEMLERİ**



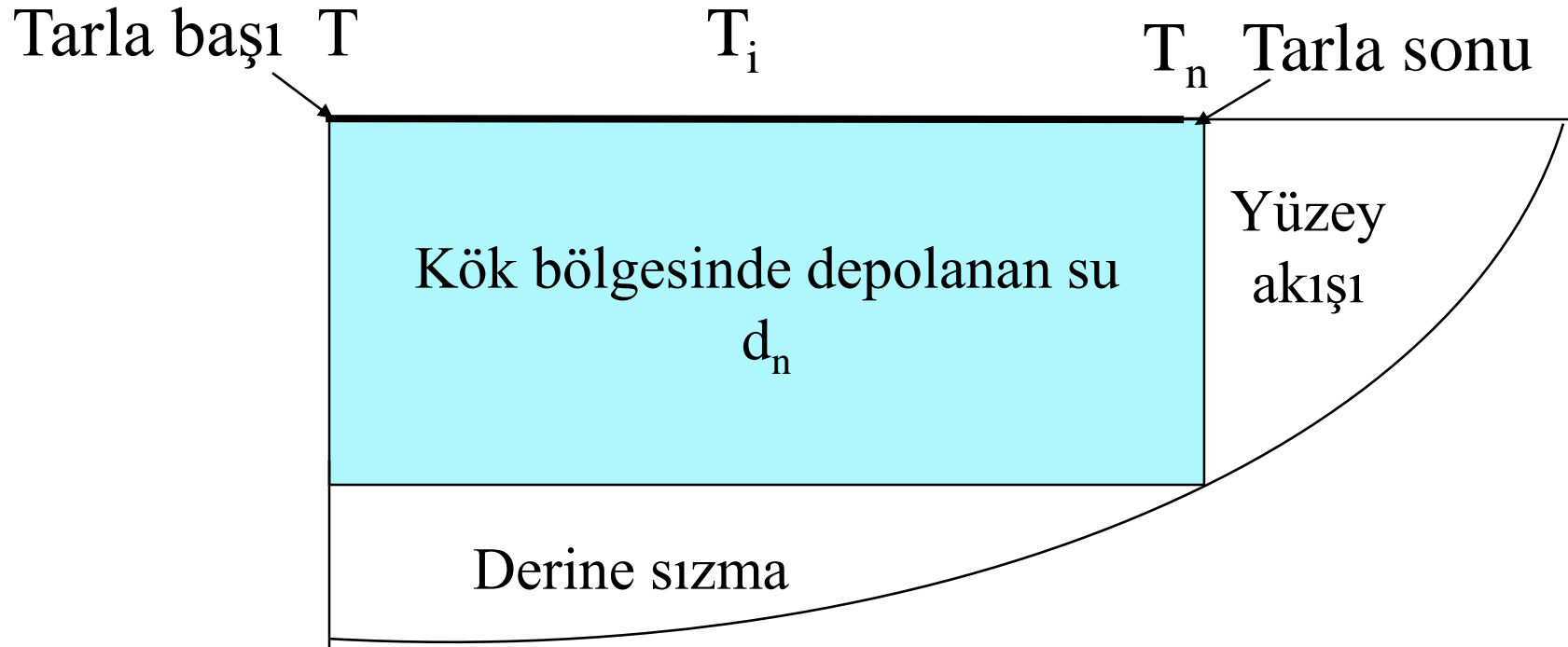
# Sulama yöntemi, suyun toprağa bitki kök bölgesine verilış biçimidir.





# Yüzey sulama yöntemleri

- **Yüzey sulama yöntemlerinin uygulanmasının temel koşulu arazinin tesviyeli olmasıdır.**
- **Yüzey sulama yöntemlerinde derine sızmadan ve bazılarında yüzey akıştan kaçınmak mümkün değildir. Ancak iyi bir planlama ile bu değerler kabul edilebilir sınırlar içerisinde tutulabilir.**



# Net infiltrasyon süresi

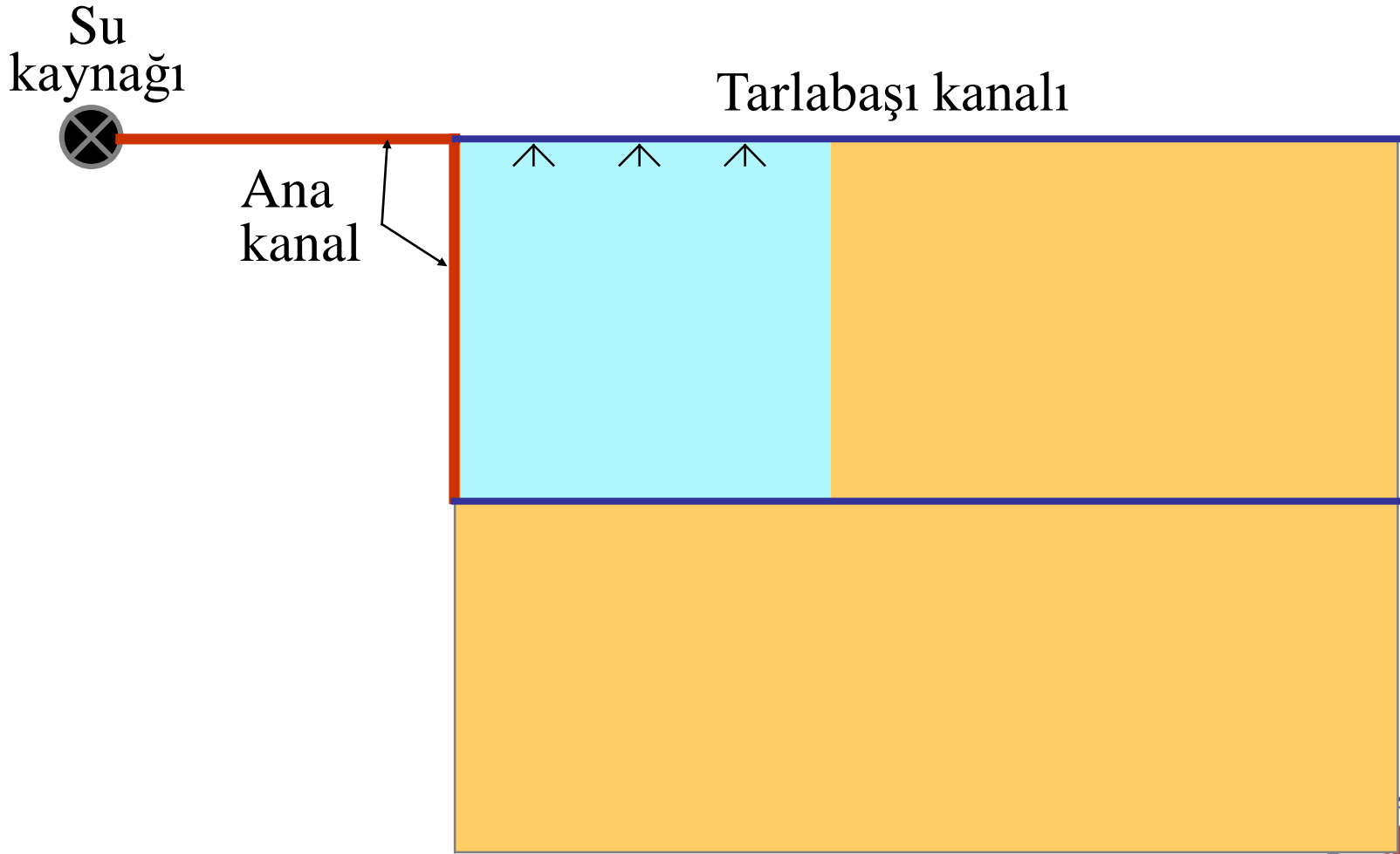
- Her sulamada uygulanacak net sulama suyu miktarının toprağa girmesi için geçen süre

$$D = a T^b$$

$$d_n = a T_n^b$$

$$T_n = (d_n / a)^{1/b}$$

# Salma sulama yöntemi

















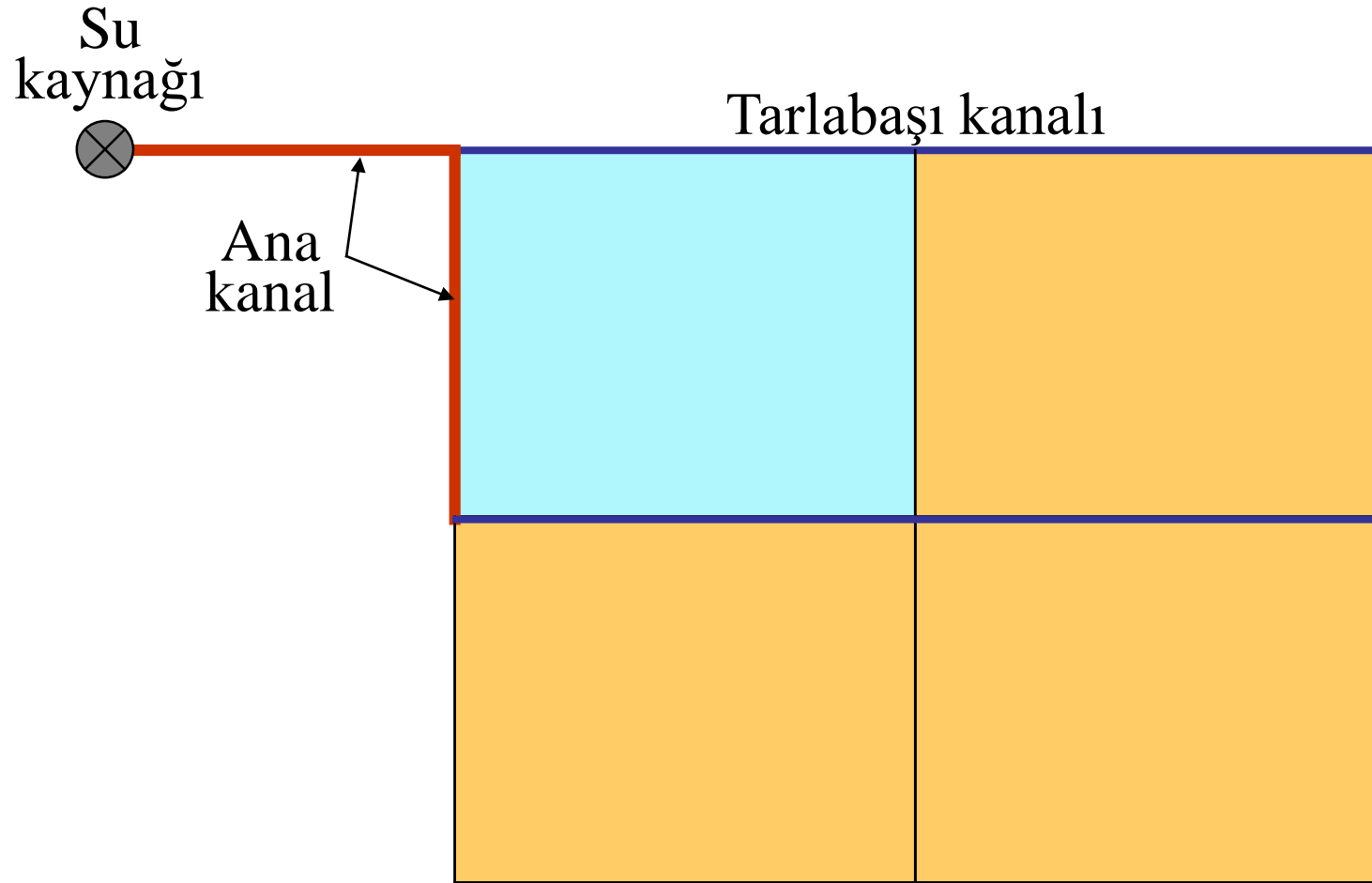




# Salma sulama yönteminin uygulanabileceği koşullar

- **Yeterli su kaynağı**
- **Düşük sulama işçiliği**
- **Kullanılabilir su tutma kapasitesi yüksek topraklar**
- **Doğal drenajın iyi olduğu derin topraklar**
- **Arazi tesviyesi gerektirmeyecek kadar düz arazi**
- **Çayır-mera bitkileri**

# Tava sulama yöntemi



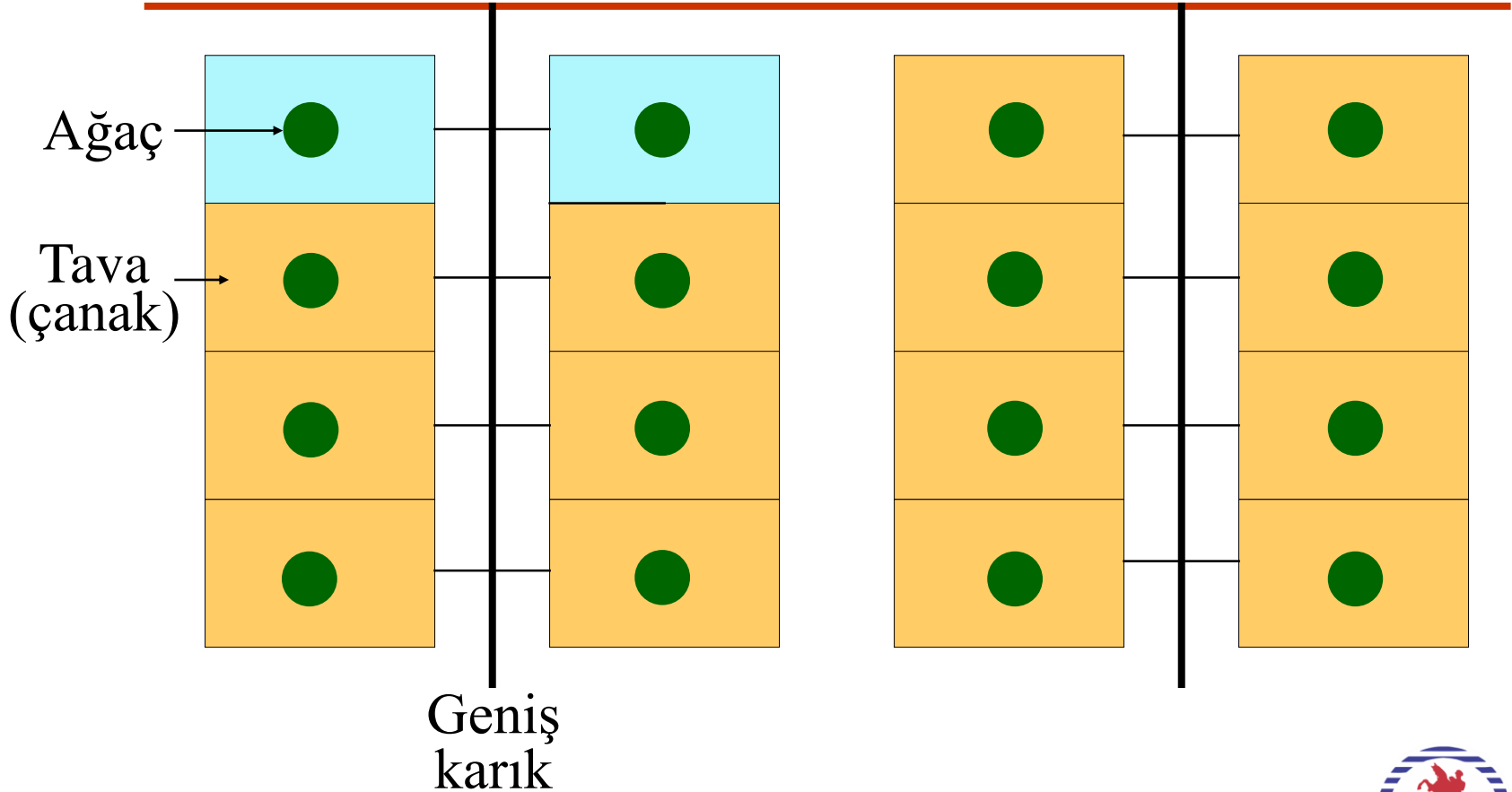


# Tava sulama yönteminin uygulanacağı koşullar

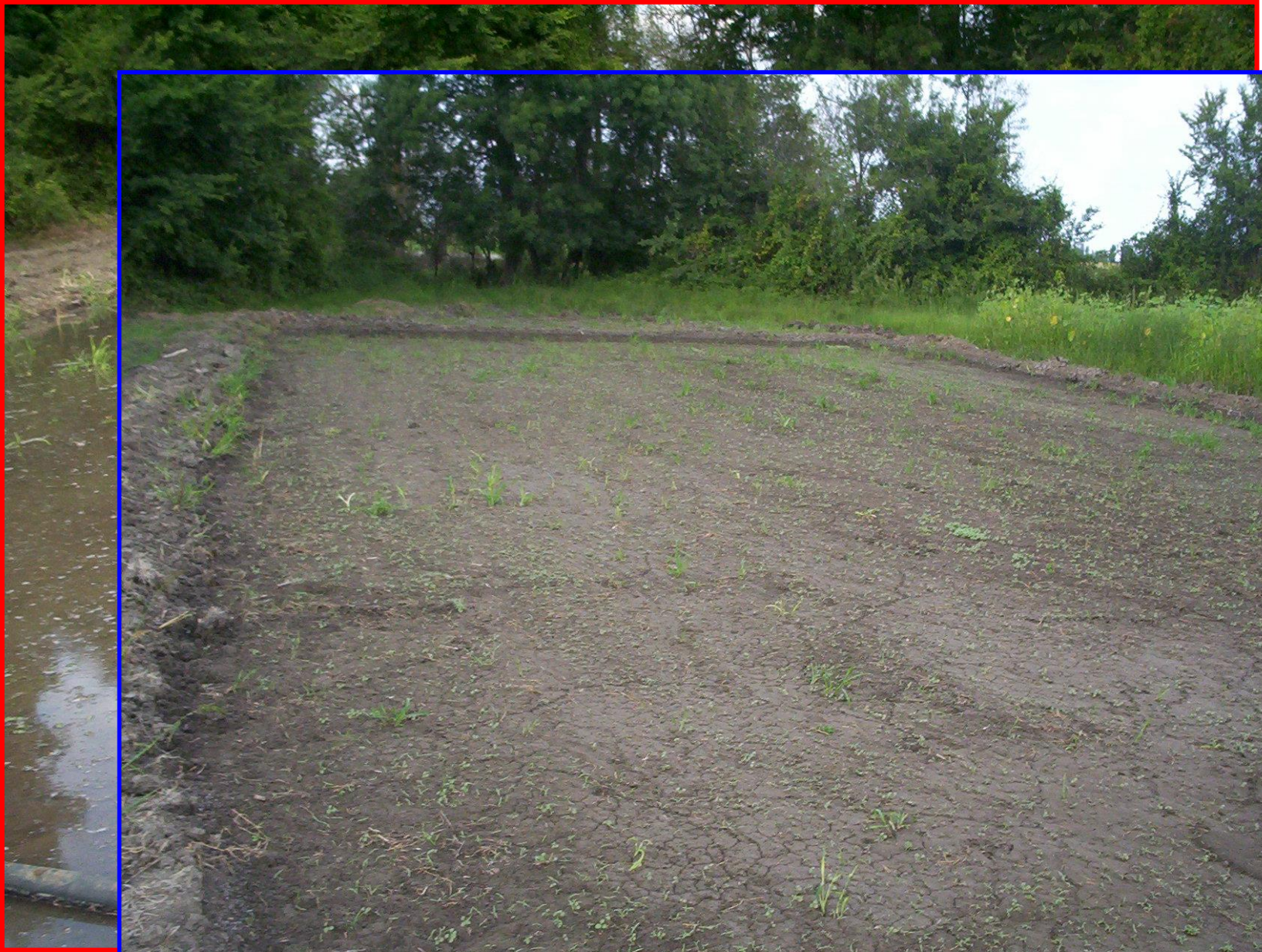
- **Bitki özellikleri**
  - Kök boğazının ıslatılmasından kaynaklanan hastalıklara duyarlı olmayan ve sık ekilen hububat, yem bitkileri, çayır-mera bitkileri
  - Meyve ağaçları
- **Toprak özellikleri**
  - Su tutma kapasitesi yüksek, kaymak tabakası bağlama özelliği taşımayan topraklar
- **Topografya özellikleri**
  - Tava tabanı eğimsiz ya da sulama yönünde tava uçları arasındaki eğim farkı en çok  $d_n/2$  kadar
- **Su kaynağı özellikleri**
  - Debi en az 30 L/s kadar olmalı

# Tava sulama yönteminin meyve ağaçlarına uygulanması

Tarlabaşı kanalı

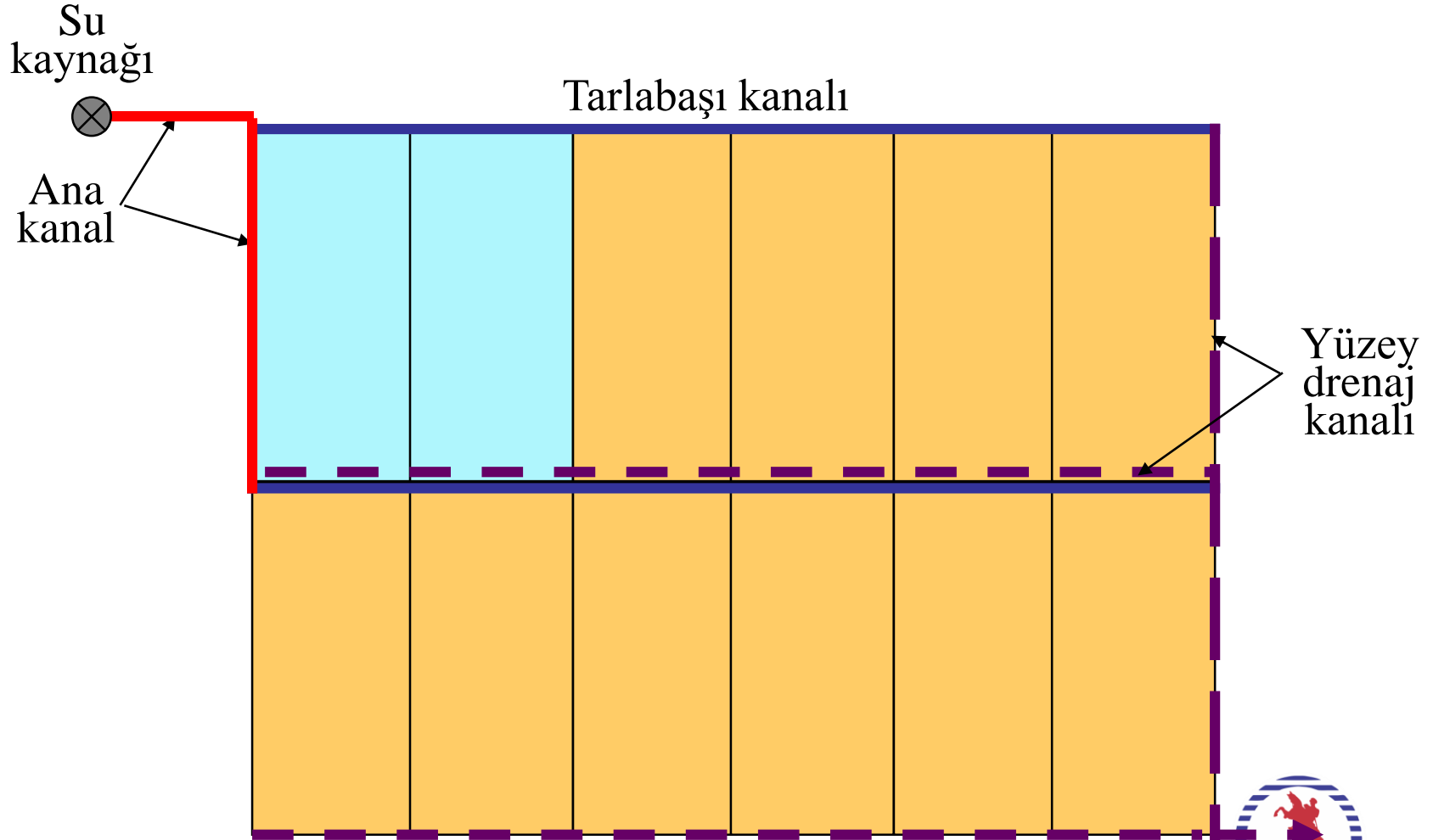






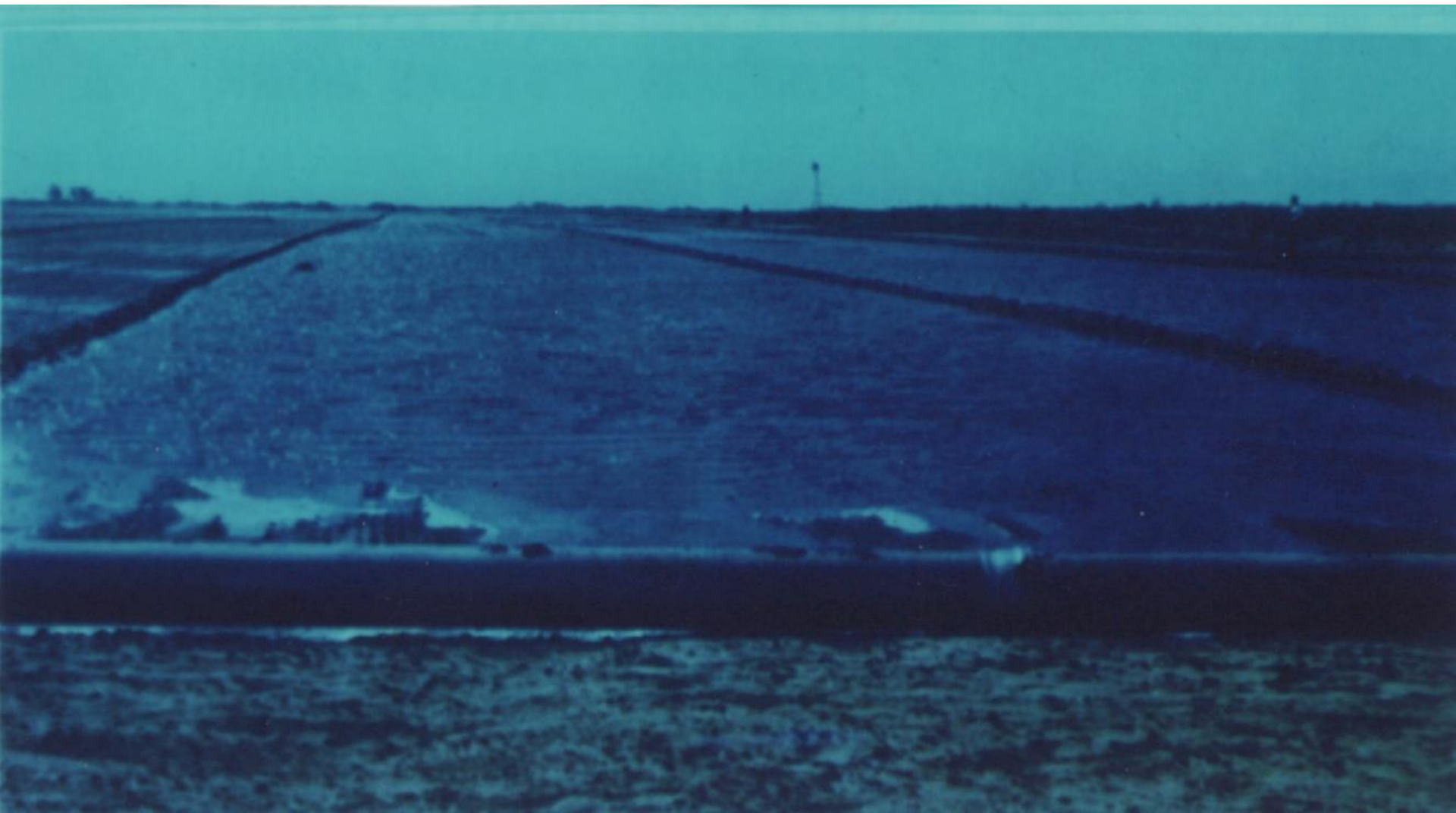


# Uzun tava sulama yöntemi

















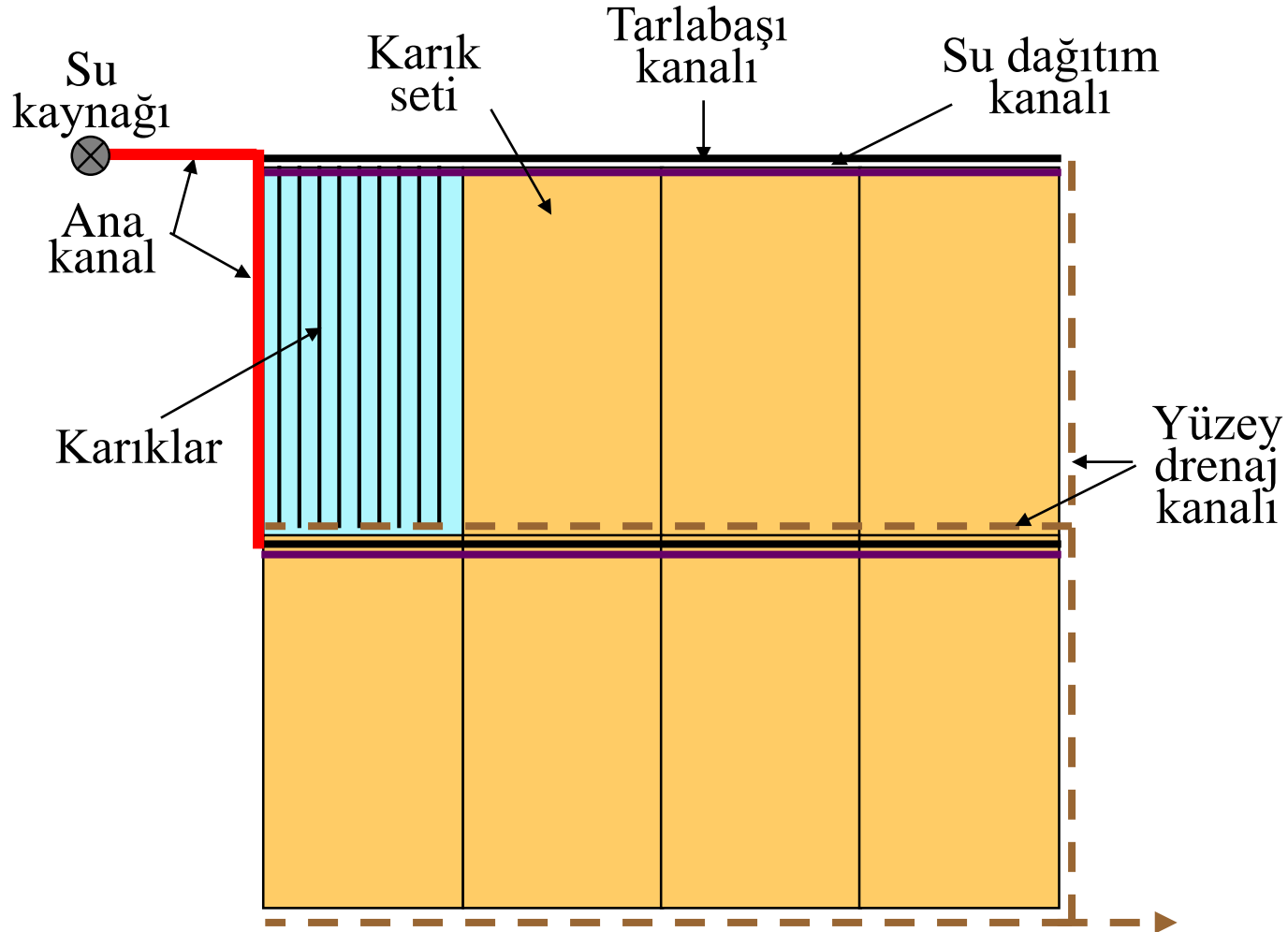




# Uzun tava sulama yönteminin uygulanacağı koşullar

- **Bitki özellikleri**
  - Kök boğazının ıslatılmasından kaynaklanan hastalıklara duyarlı olmayan ve sık ekilen hububat, yem bitkileri, çayır-mera bitkileri
  - Meyve ağaçları
- **Toprak özellikleri**
  - Su tutma kapasitesi yüksek, kaymak tabakası bağlama özelliği taşımayan topraklar
- **Topografya özellikleri**
  - Sulama doğrultusunda eğim en çok % 3
  - Sulamaya dik doğrultuda eğimsiz
- **Su kaynağı özellikleri**
  - Debi en az 30 L/s kadar olmalı

# Karık sulama yöntemi





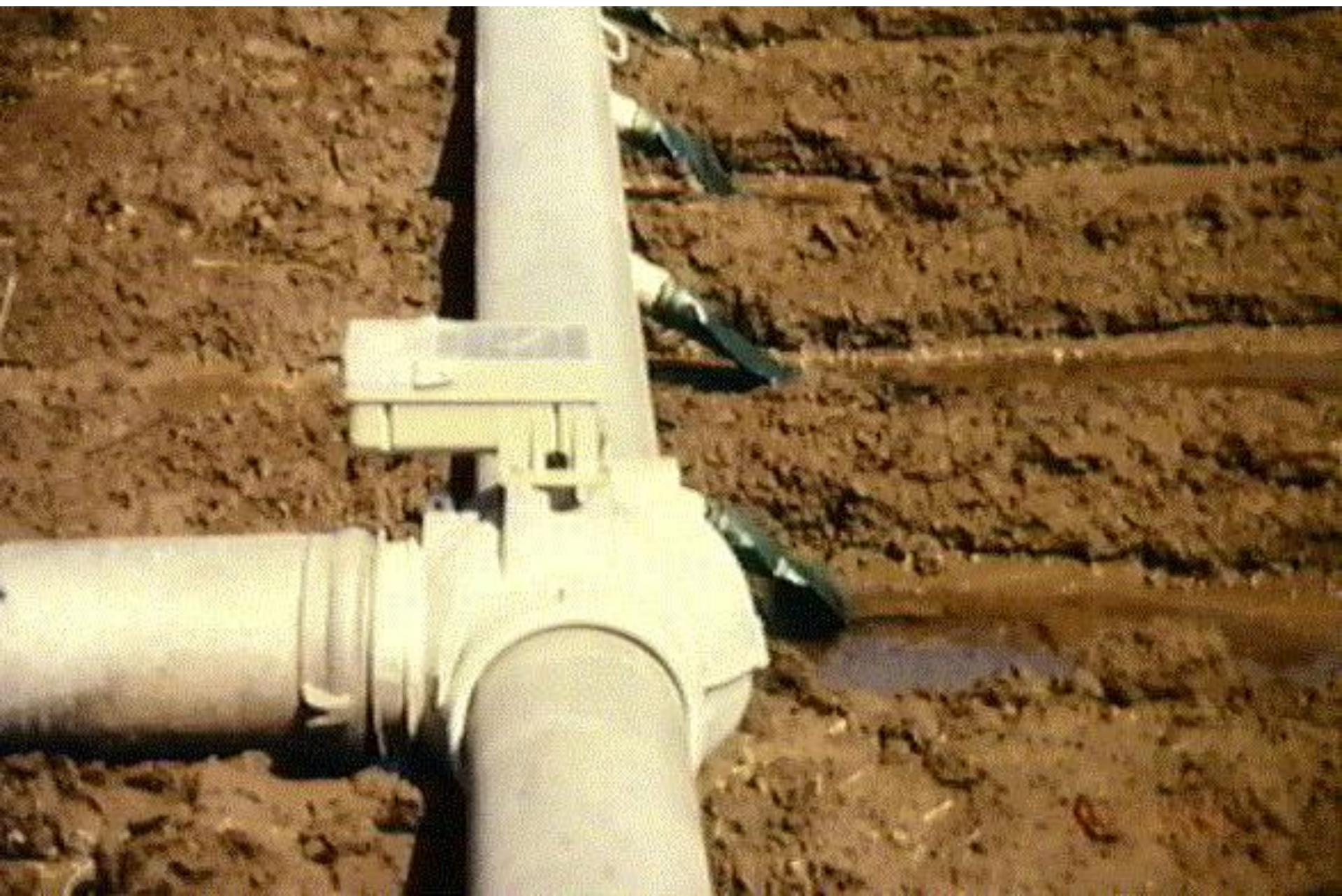












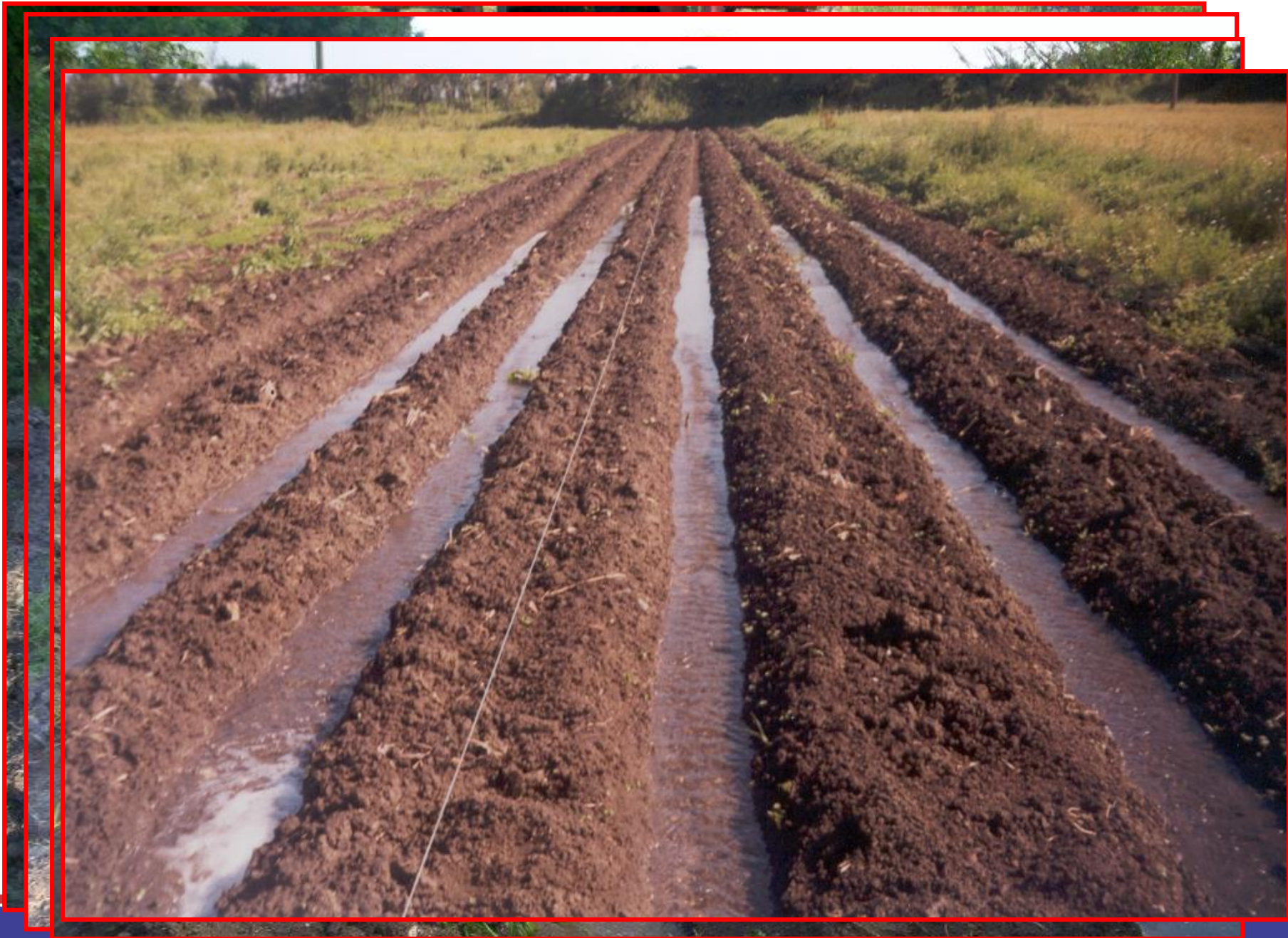




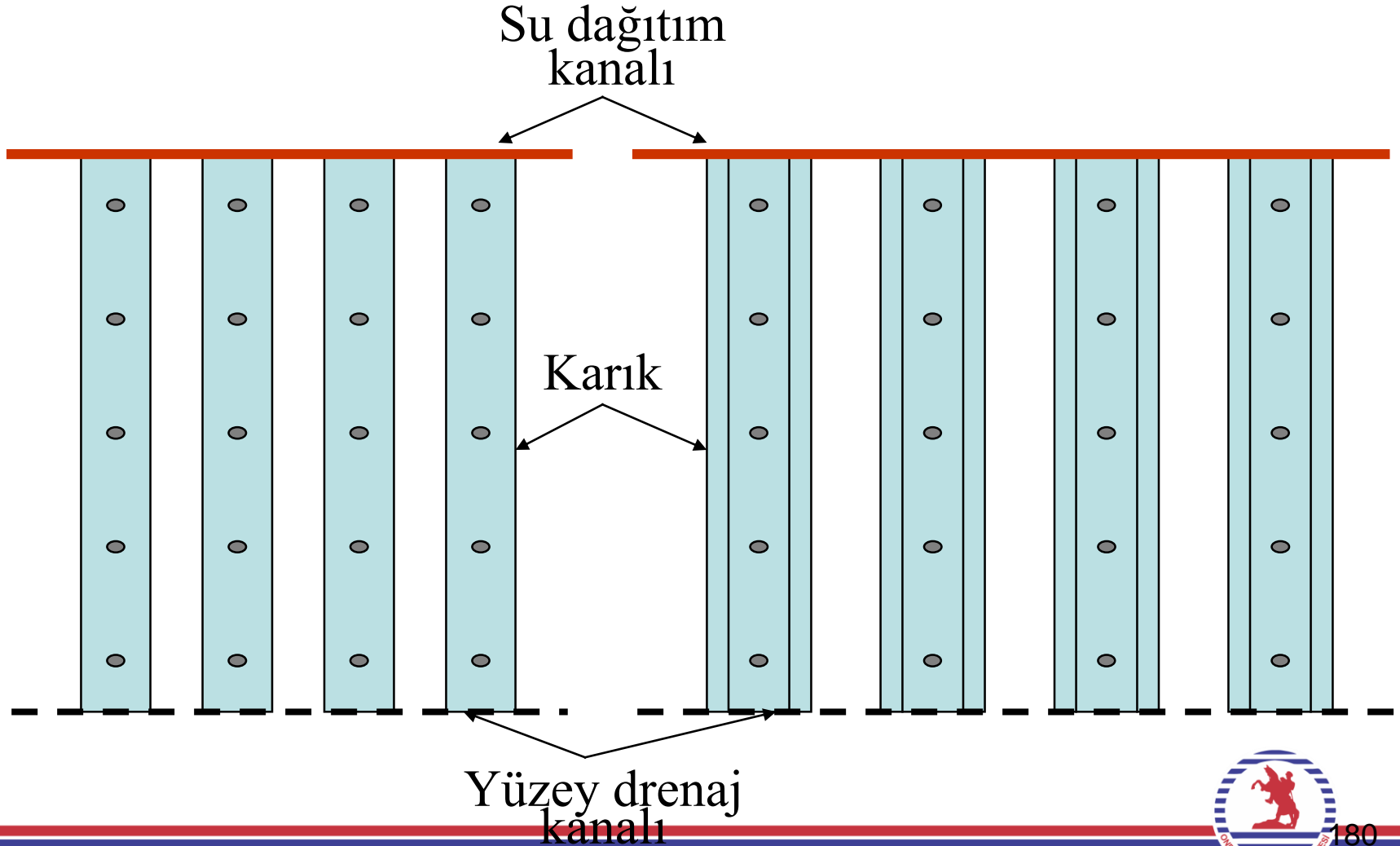








# Karık sulama yönteminin meyve ağaçlarına uygulanması



# Karık Sulama yönteminin uygulanacağı koşullar

- **Bitki özellikleri**
  - Sıraya ekilen, dikilen bitkiler
  - Bağ
  - Meyve ağaçları
- **Toprak özellikleri**
  - Hafif bünyeli topraklar dışında her türlü toprak bünye sınıfında
- **Topografya özellikleri**
  - Eğim;
    - Sulama doğrultusunda en çok % 3
    - Sulamaya dik yönde % 15 kadar olabilir
- **Su kaynağı özellikleri**
  - Tava ve uzun tava sulama yöntemlerine oranla daha düşük debideki su kaynaklarından yararlanılabilir.

# Karık tipleri

- **Sabit debili açık karıklar**
- **Değişken debili açık karıklar**
- **Kapalı karıklar**





# Yağmurlama sulama yöntemi



# Yağmurlama sulama yönteminin uygulanacağı koşullar

- **Bitki özellikleri**
  - Yaprakların ıslanmasından kaynaklanan hastalıklara duyarlı olmayan bitkiler
- **Toprak özellikleri**
  - Her türlü toprak bünye sınıfında
  - Her derinlikteki topraklarda
- **Topografya özellikleri**
  - Düşük ya da yüksek eğimde
  - Düz ya da dalgalı topografyada
- **Su kaynağı özellikleri**
  - Çok düşük debili su kaynaklarından yararlanılabilir
  - Su, fazla miktarda sediment ve yüzücü cisim içermemelidir
  - $C_3$  ve  $C_4$  tuzluluk sınıfında kullanmak sorun yaratabilir

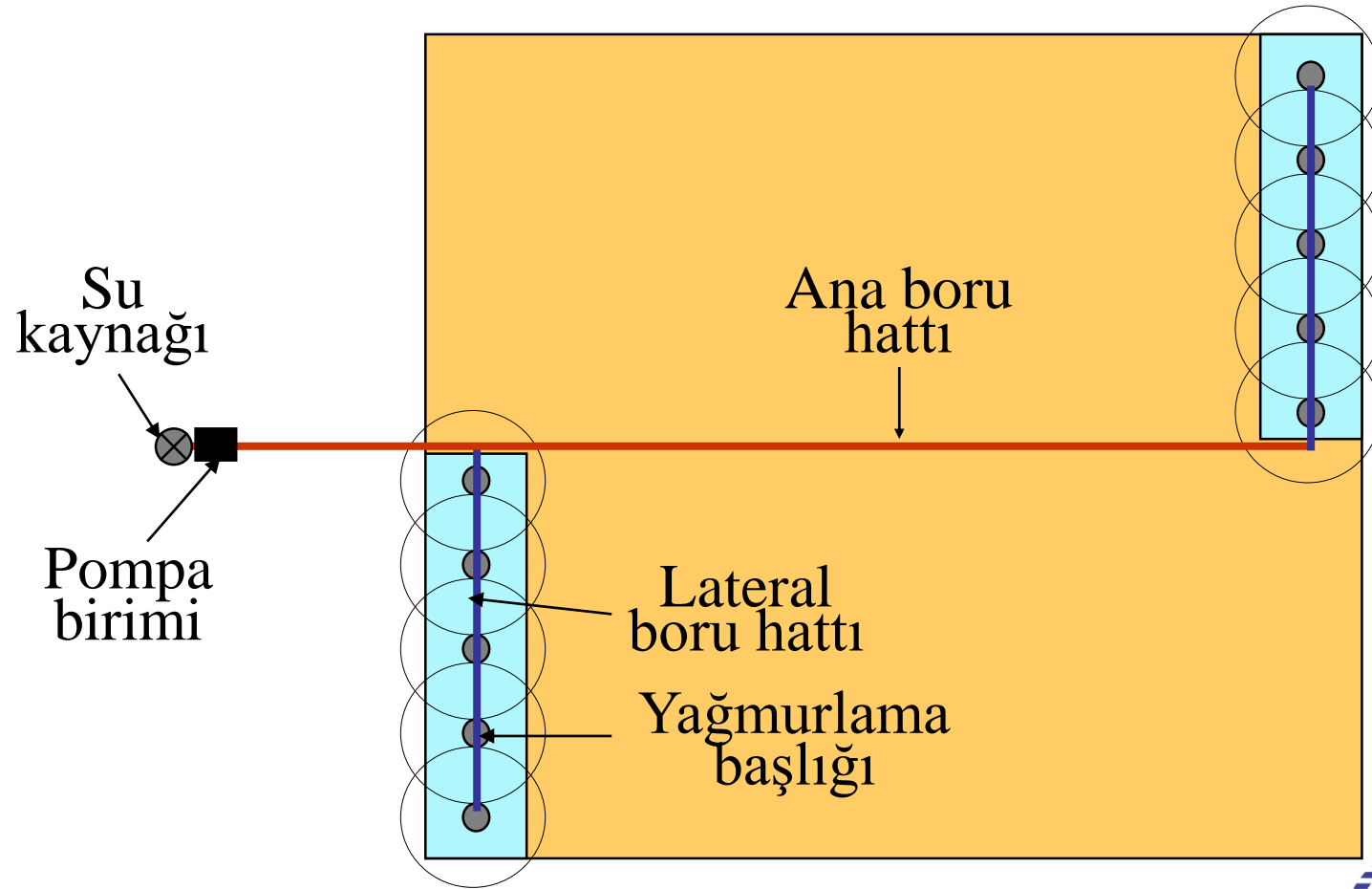
# Yağmurlama sulama yönteminin üstünlükleri

- **Arazi tesviyesi gerektirmez**
- **Hafif bünyeli topraklarda uygulanabilir**
- **Yüzlek topraklarda uygulanabilir**
- **Su uygulama randımanı yüksektir**
- **Erozyon sorunu yoktur**
- **Tarım dışı alan azdır**
- **Sulama işçiliği masrafları düşüktür**
- **Gübre ve tarım ilaçları su ile verilebilir**
- **Meyve ağaçları dondan korunabilir**

# Yağmurlama yönteminin uygulanmasını kısıtlayan faktörler

- İlk tesis masrafları yüksektir
- Enerji masrafları söz konusudur
- Yüksek rüzgar hızı ve esme süresi eş su dağılımını bozar
- Yüksek sıcaklık buharlaşmayı artırır
- Tozlaşma döneminde yapılacak sulama döllenmeyi olumsuz etkiler
- Bitki hastalıkları yayılma eğilimi gösterir
- Sulama gündüz saatlerinde bitirilirse yaprak yanmaları olabilir
- Tuzlu su yaprak yanmalarına neden olabilir

# Yağmurlama sisteminin unsurları



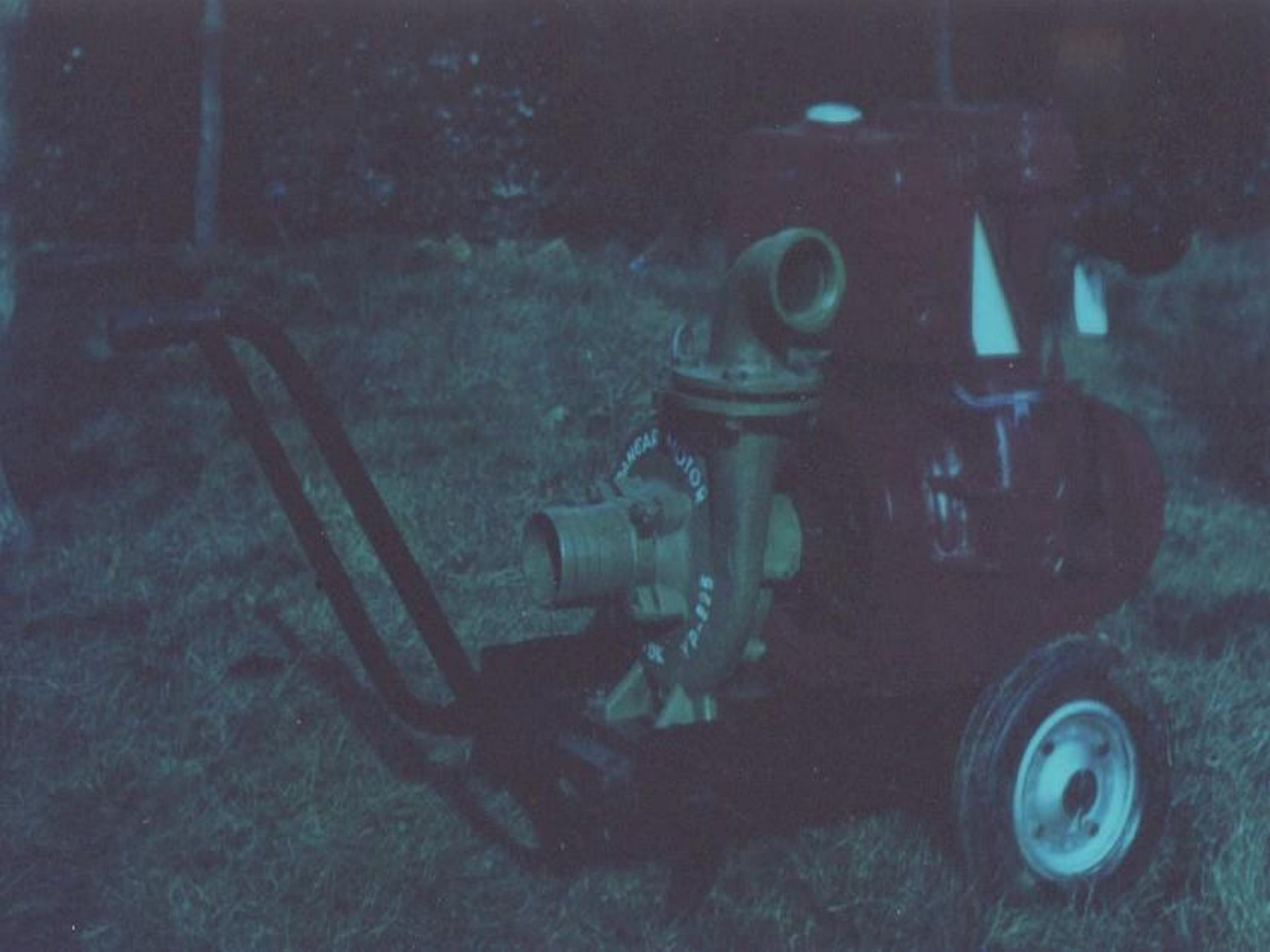


- **Pompa birimi**

- Gerekli işletme basıncını sağlar
- Elektrik motorlu pompalar, diesel motorlu pompalara tercih edilir

- **Boru hatları**

- Ana ve lateral boru hatları **yüzeye serildiğinde**, 6 atm işletme basınçlı alüminyum yada sert PE, **gömülü olduğunda** 10 atm işletme basınçlı sert PVC borulardan oluşturulur













# Yağmurlama başlıkları

- **İşletme basıncı** : Başlık çıkışında istenen basınç
- **İşlevlerine göre** ;
  - **Tarla tipi** : Püskürtme açısı  $30^{\circ} - 33^{\circ}$
  - **Bahçe tipi** : Püskürtme açısı  $10^{\circ} - 12^{\circ}$
- **İşletme basıncına göre** ;
  - **Düşük basınçlı** :  $< 2 \text{ atm}$
  - **Orta basınçlı** :  $2 - 4 \text{ atm}$
  - **Yüksek basınçlı** :  $> 4 \text{ atm}$
- **Dönme hızı** :  $0.8 - 1.2 \text{ d/d}$



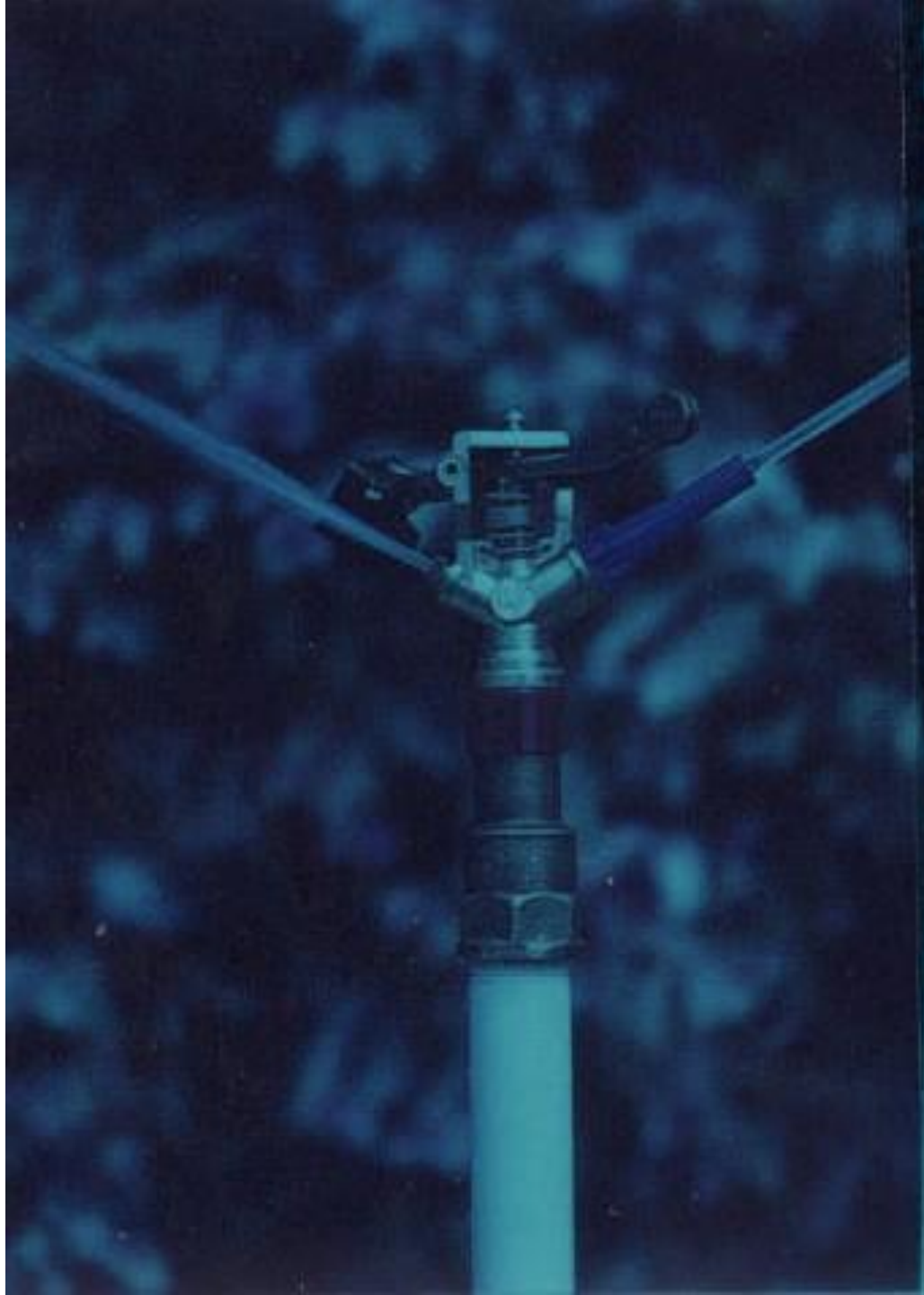












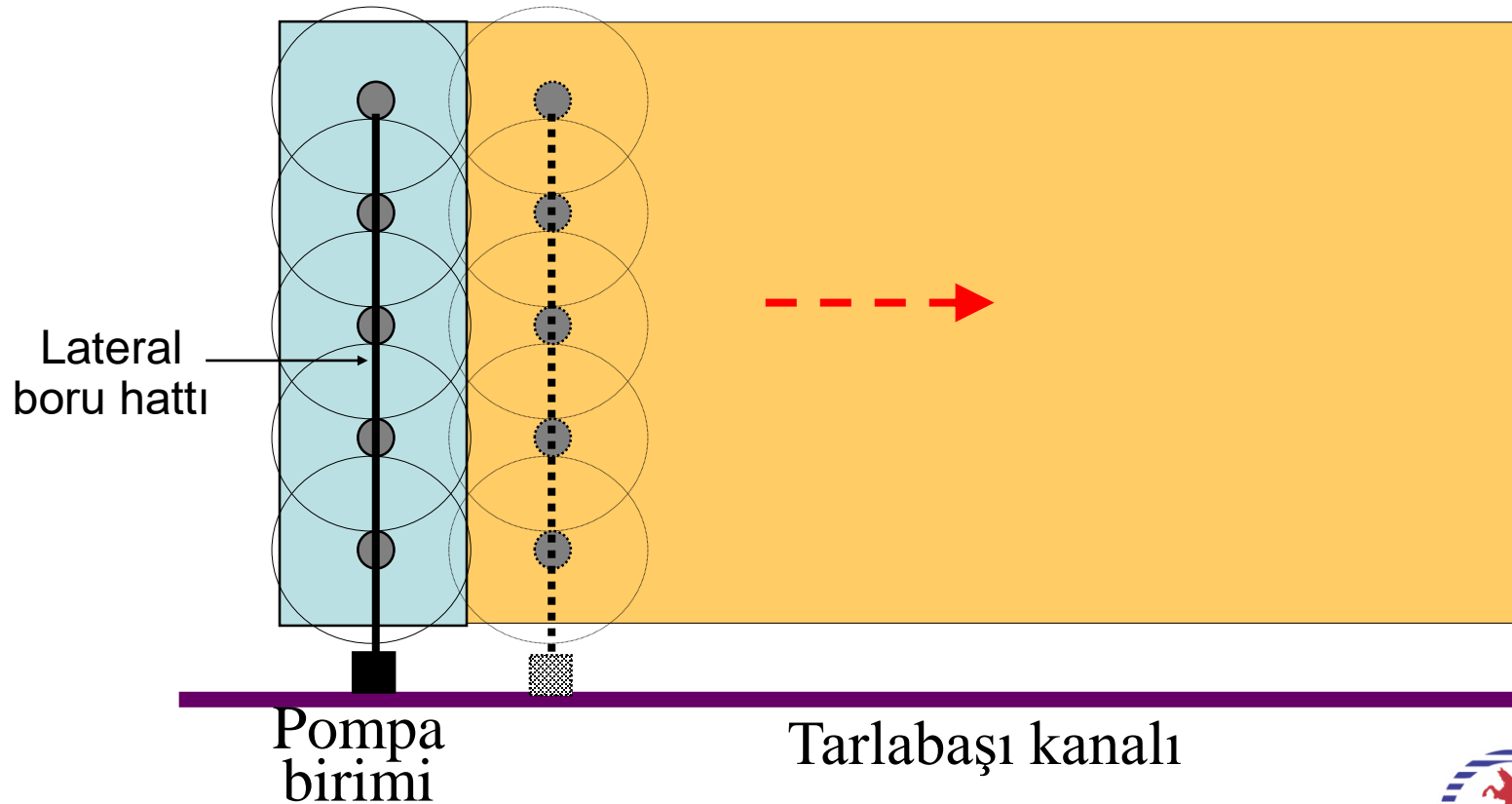




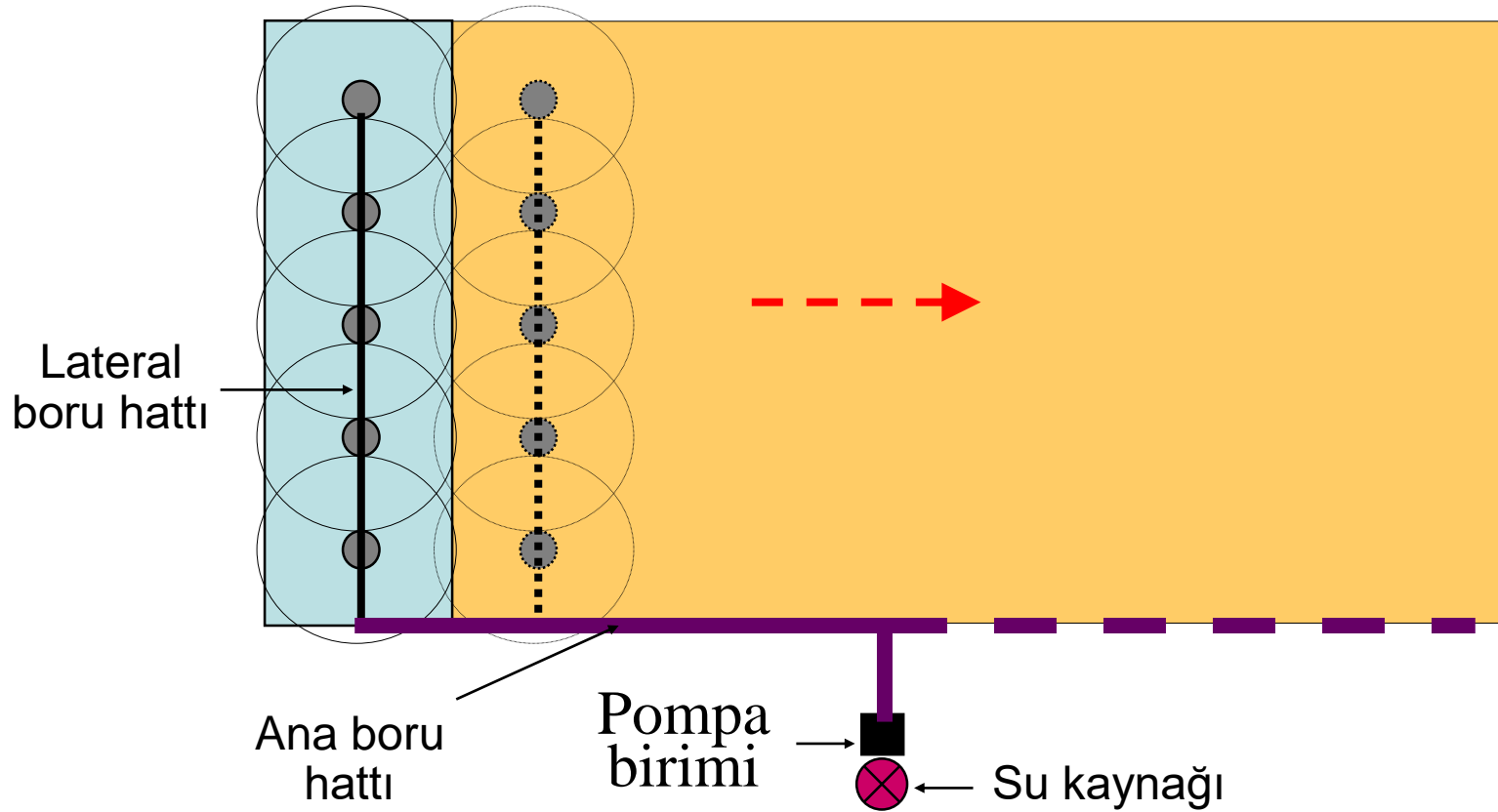


# Tesis ve işletme durumuna göre yağmurlama sistem tipleri

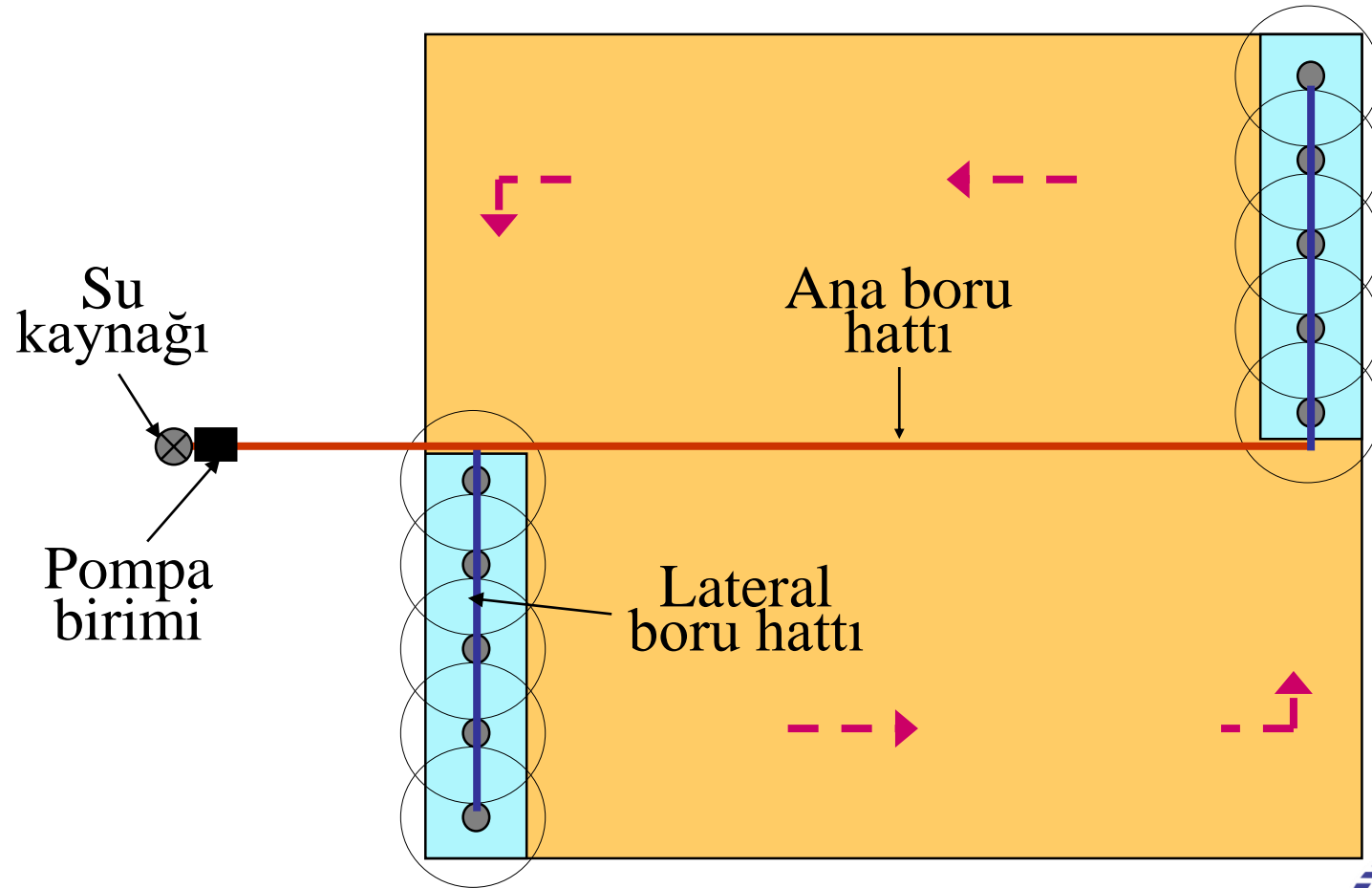
## Taşınabilir (portatif) sistemler



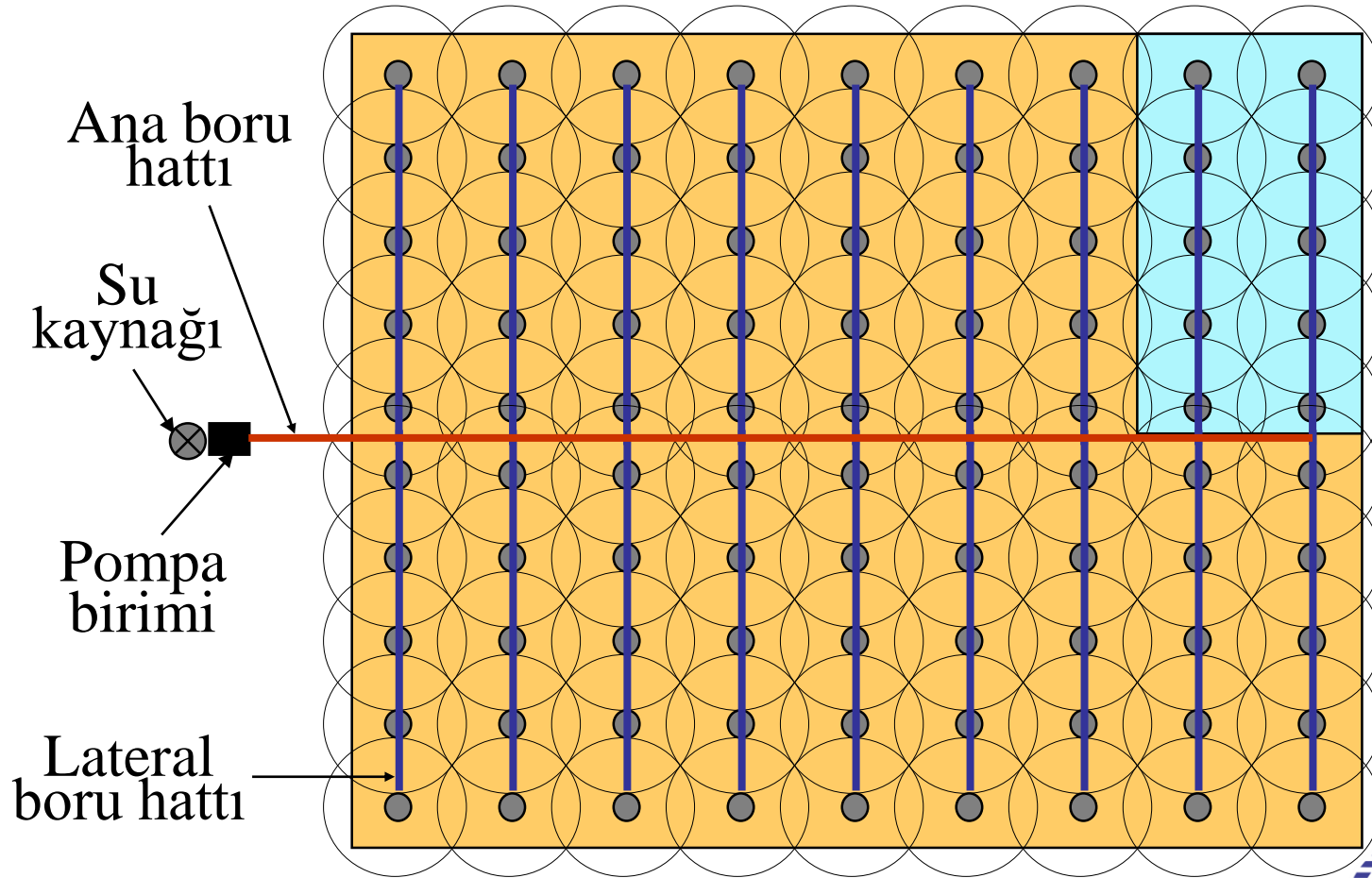
# Taşınabilir (portatif) sistemler



## Yarı sabit sistemler



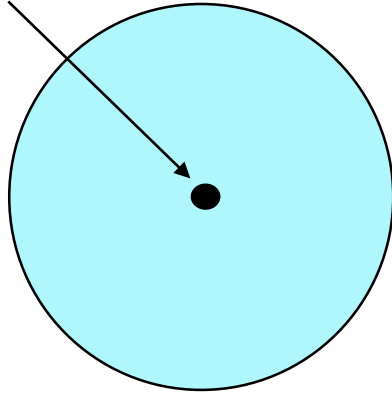
# Sabit sistemler



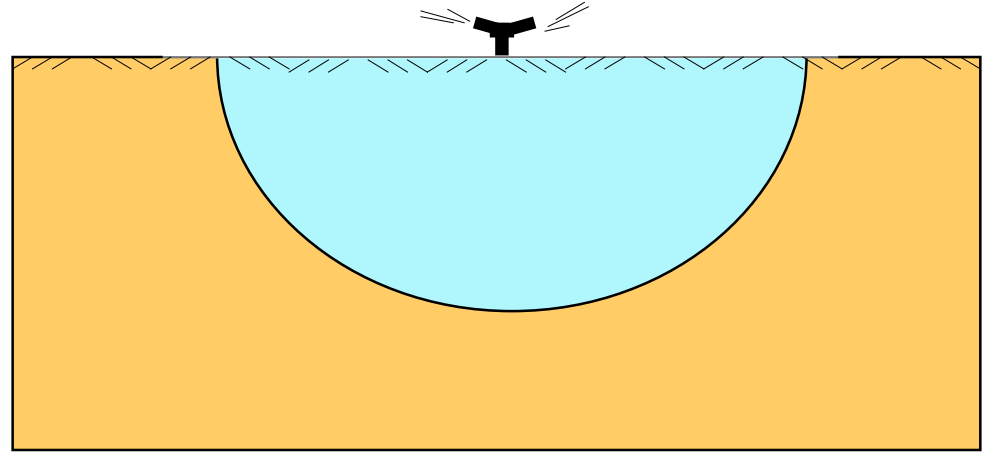


# Yağmurlama başlıklarında su dağılımı

Yağmurlama  
başlığı

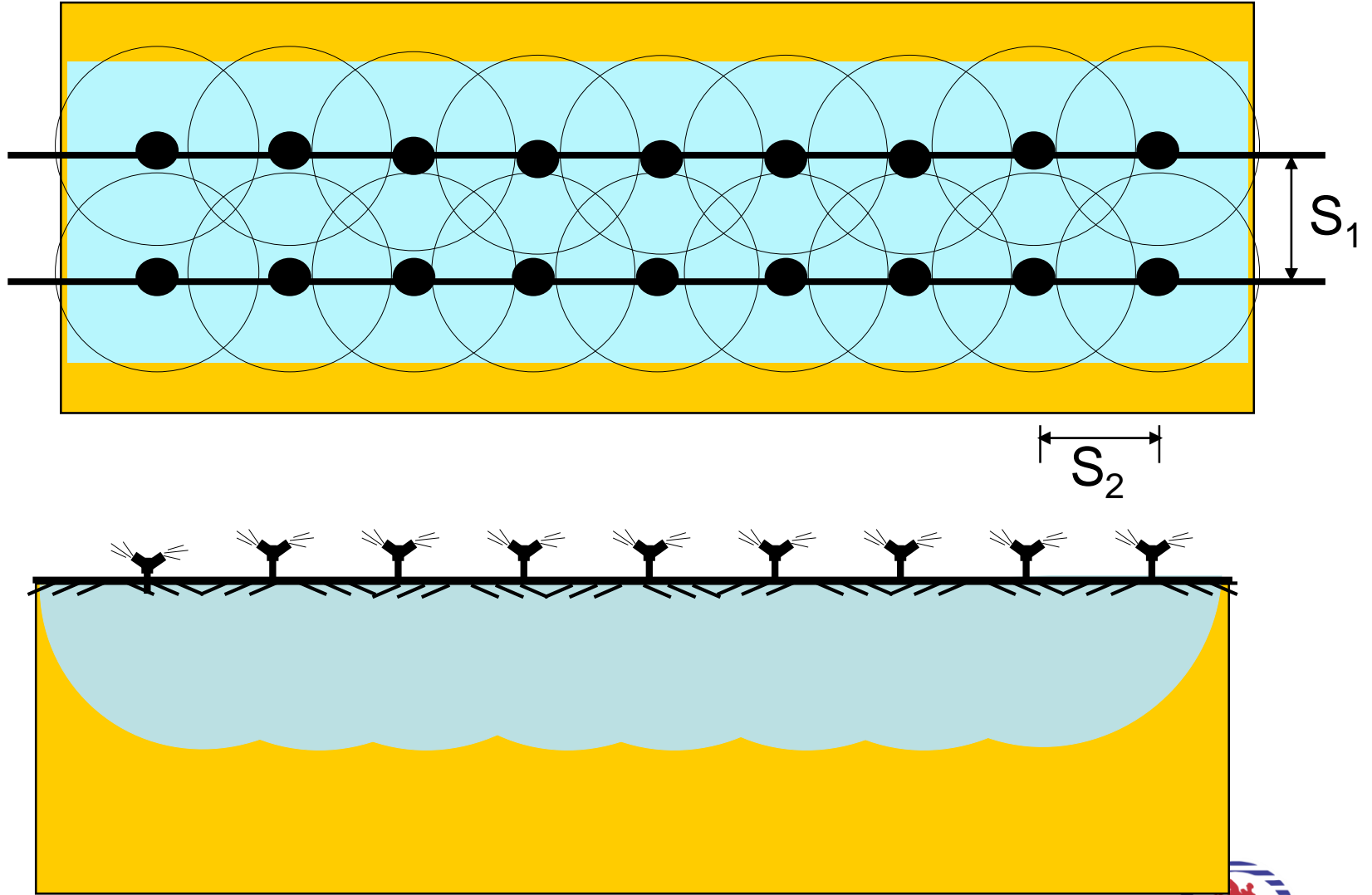


Islatma alanı

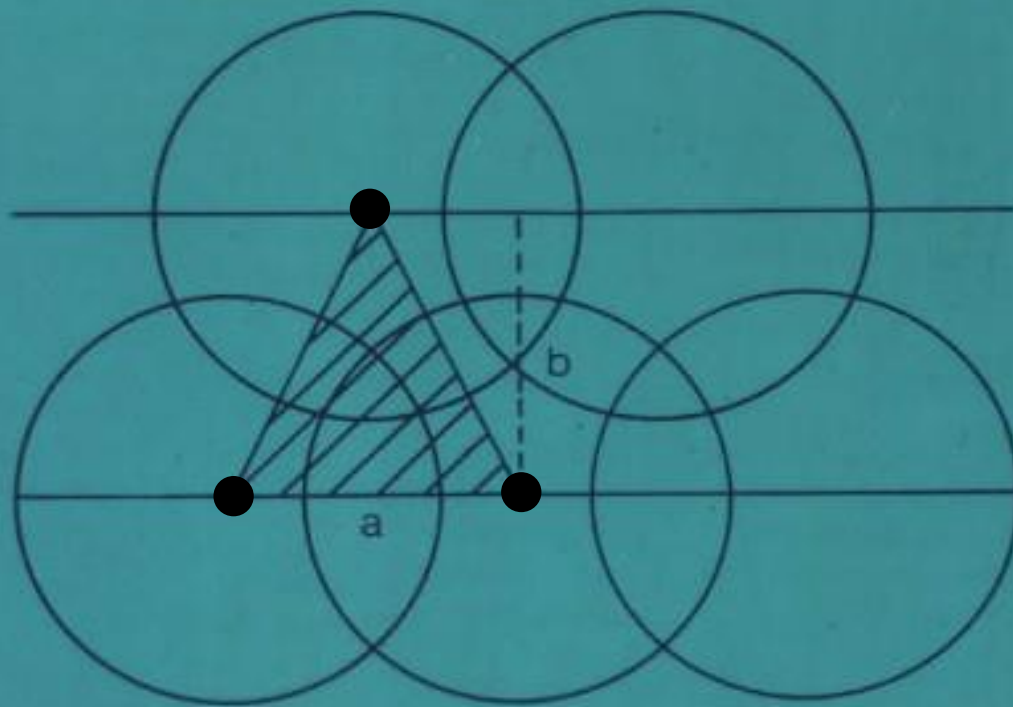
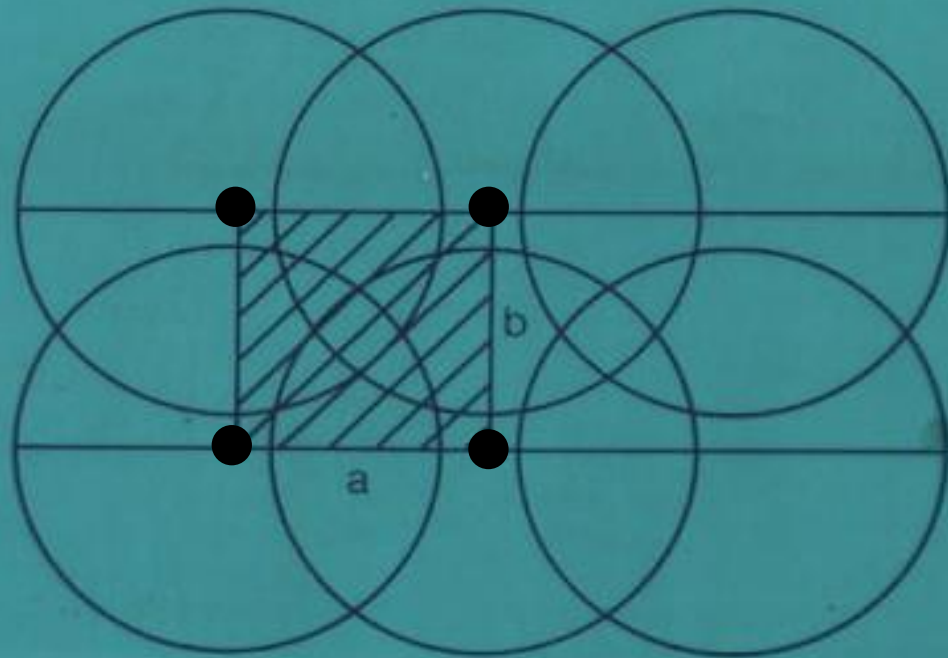


Su dağılım eğrisi

# Yağmurlama başlıklarının tertibi



Islatma deseni



# Yağmurlama sulama sistemlerinin tertiplenmesi

- **Yağmurlama başlıkları**
  - Dikdörtgen ya da kare tertipte
- **Lateral boru hatları**
  - Eğimsiz ya da bayır aşağı eğimde
  - Uzunluk 250 m
  - Etken rüzgar yönüne dik
  - Laterallerin ana hat boyunca hareketi en az işgücüne gerek göstermeli
- **Ana boru hattı**
  - Laterallere dik olmalı
  - Laterallere iki yönde hizmet etmeli
- **Sistemin tertibi**
  - Maliyeti en az kılmalı















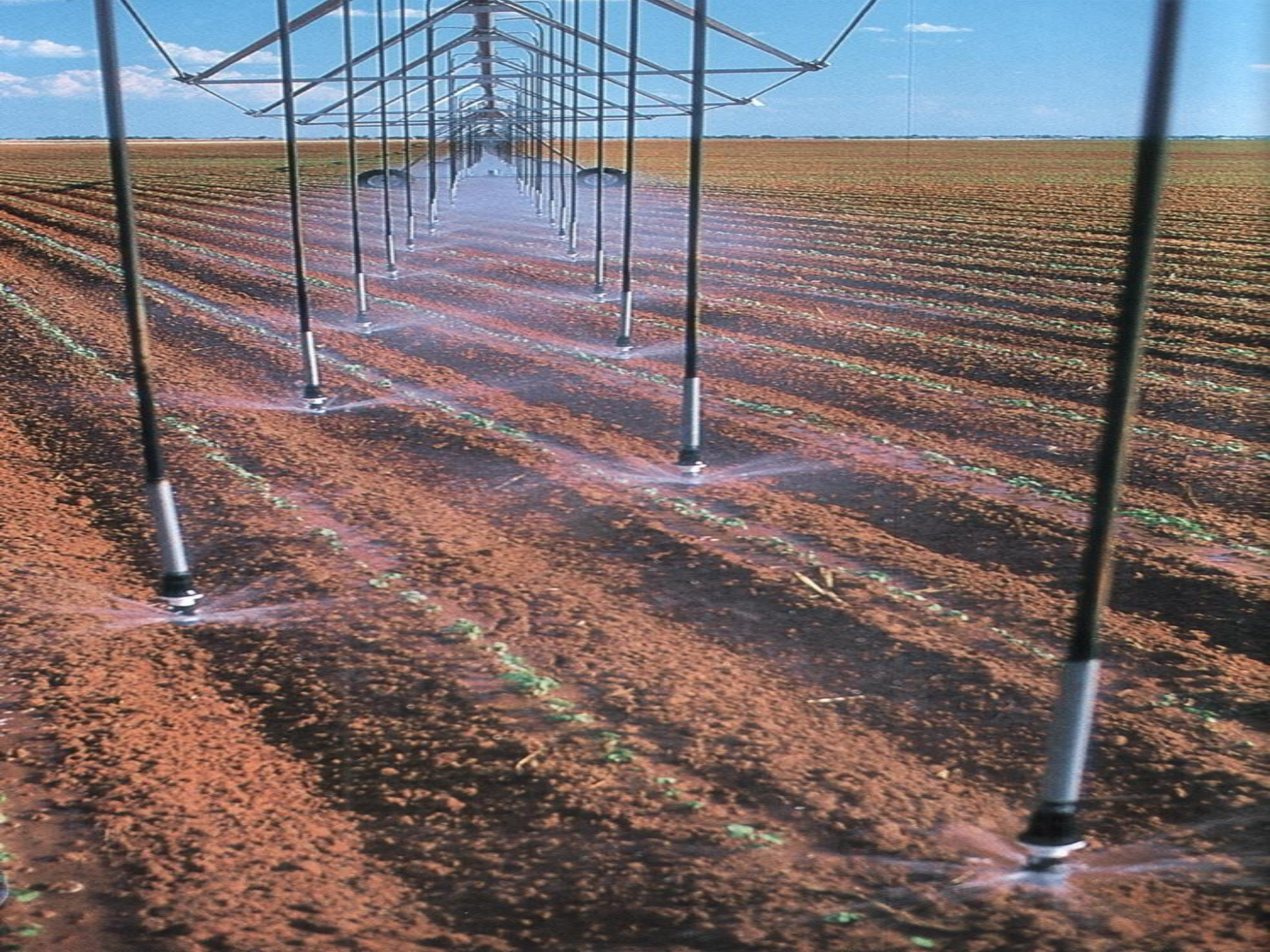






*Canal feed*











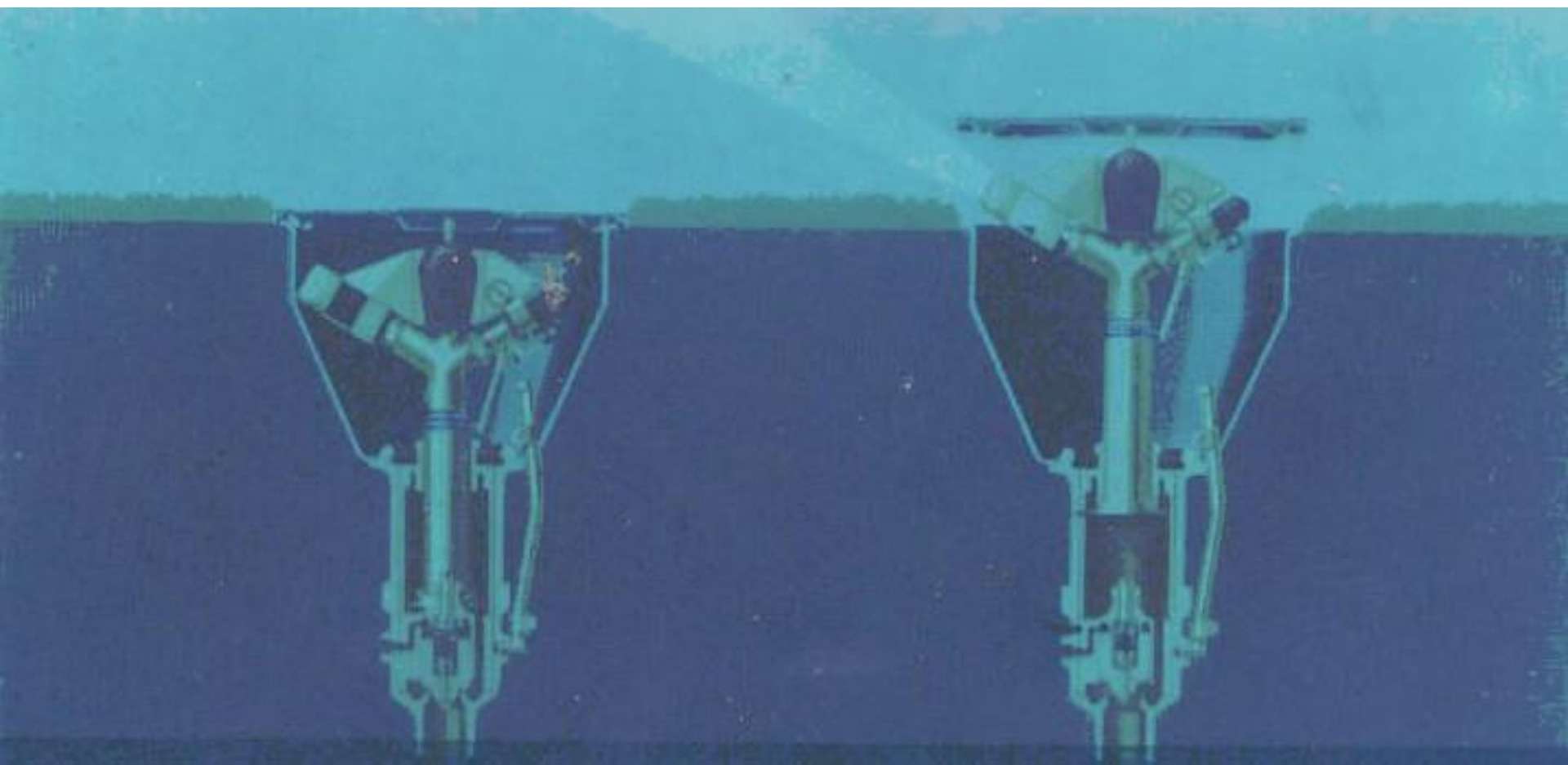






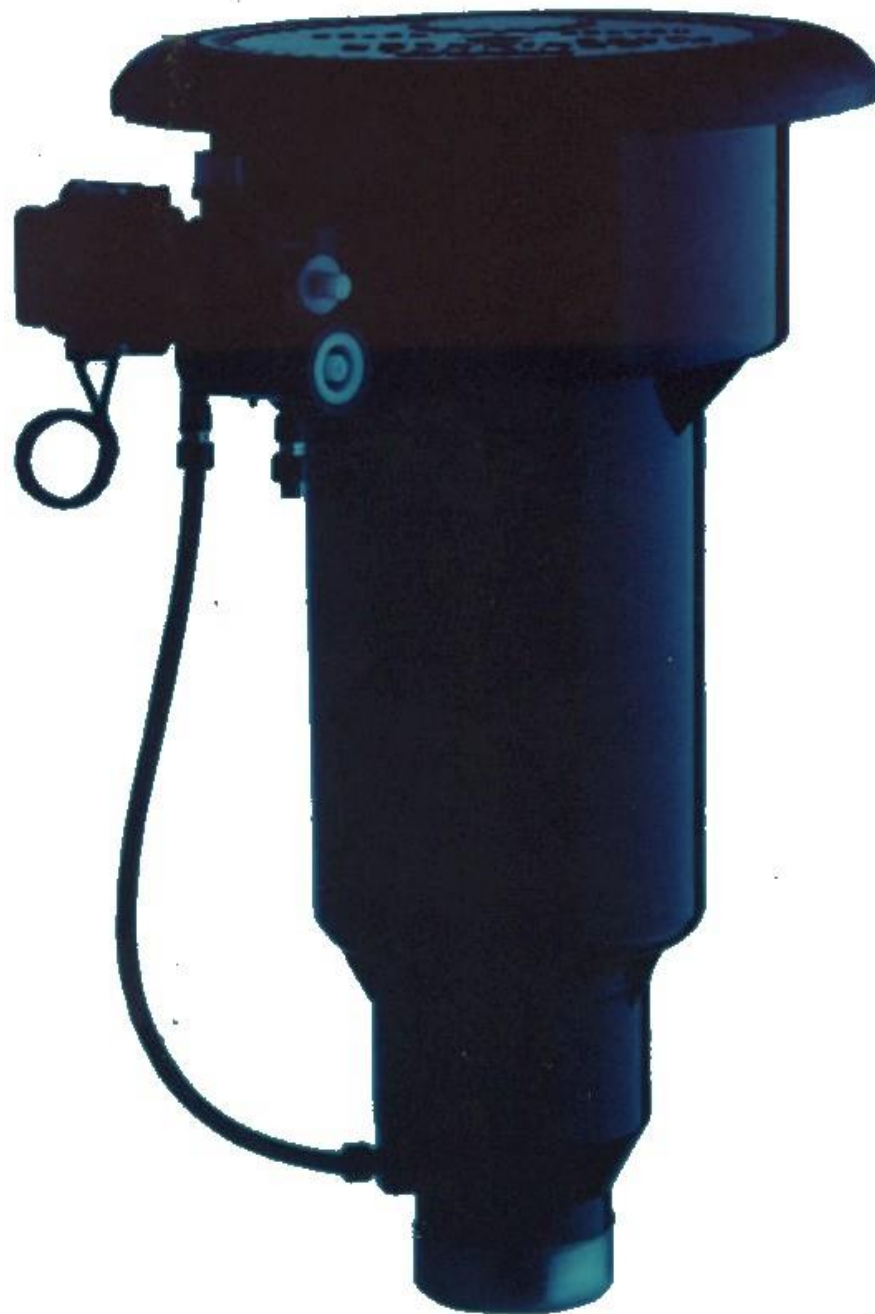






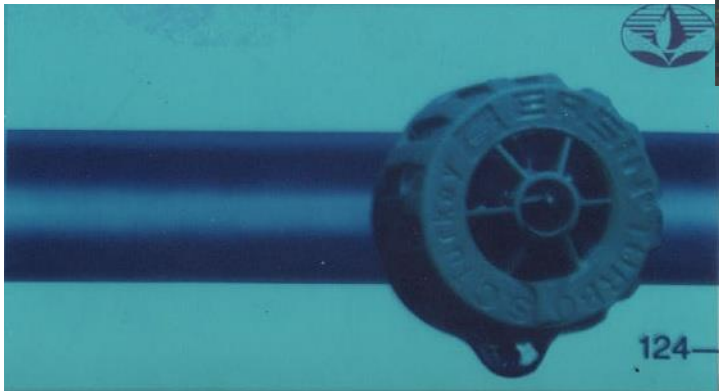








# Damla sulama yöntemi





# Damla sulama yönteminin üstünlükleri

- Birim alan sulama suyu ihtiyacı az
- Bitki su tüketimi düşük
- Üst seviyede verim ve üründe yüksek kalite
- Etkin gübreleme
- Tuzlu toprak ve tuzlu su koşullarında bitki yetiştiriciliği yapılabilir
- Su uygulama randımanı yüksektir
- Sulama işçiliği düşük
- Tarımsal savaş daha kolay
- Sulama sırasında bazı tarımsal işlemler yapılabilir
- Yöntemin uygulanmasını toprak ve topografya koşulları sınırlamaz
- Enerji giderleri yağmurlama yönteminden düşüktür.

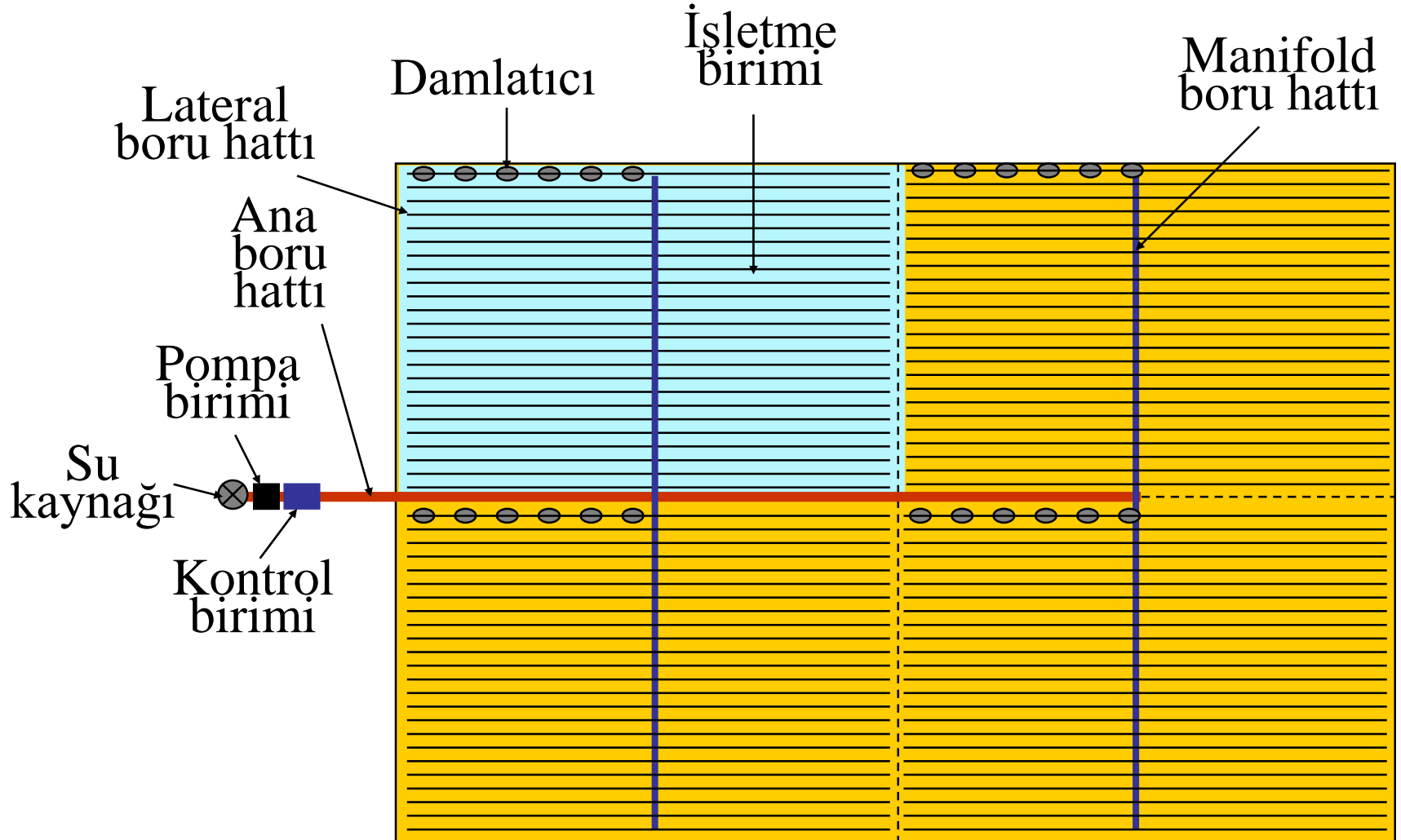
# **Damla sulama yönteminin uygulanmasını kısıtlayan etmenler**

- **Damlaticıların tıkanması**
- **Tuz birikimi**
- **Yüksek sistem maliyeti**

# Damla sulama yönteminin uygulanacağı koşullar

- **Bitki özellikleri**
  - Topraktaki nem eksikliğine duyarlı olan ve pazar değeri yüksek ürün elde edilen bitkiler
    - . Sebzeler, meyve ağaçları, bağ
    - . Örtü altında yetiştirilen bitkiler
    - . Süs bitkileri
    - . Su kaynağının kısıtlı olduğu koşulda patates, mısır, pamuk gibi tarla bitkileri
- **Toprak özellikleri**
  - Her türlü toprak bünye sınıfında
  - Derin yada yüzlek topraklarda
- **Topografya özellikleri**
  - Her türlü eğim derecesinde
  - Düz yada dalgalı topografyada
- **Su kaynağı özellikleri**
  - Her türlü su kaynağından yararlanılabilir
  - Su kaynağı debisi düşük olabilir
  - Suda fazla sediment ve yüzücü cisim olmamalıdır
  - Tuzlu su sulamada kullanılabilir

# Damla sulama sistemi unsurlari

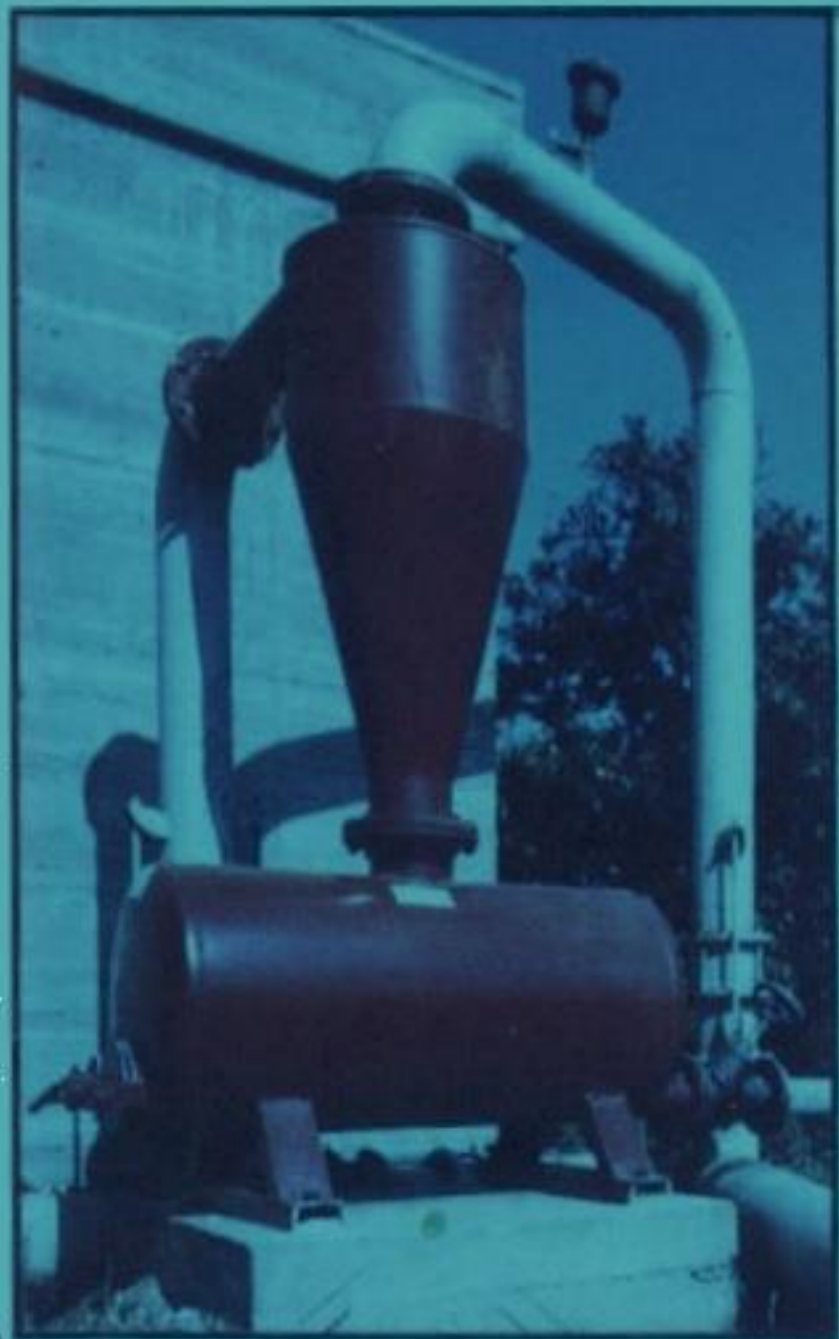
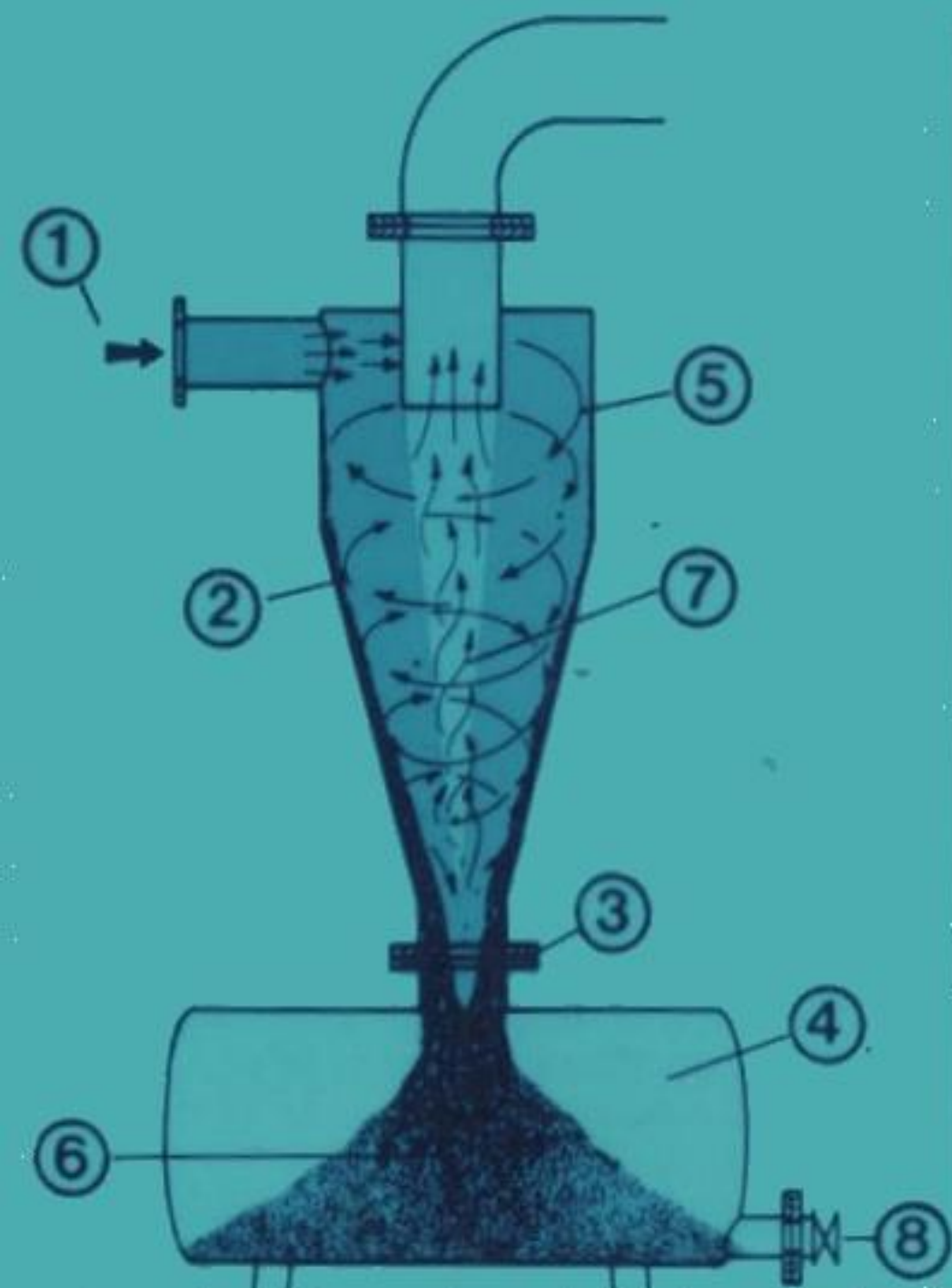


# Kontrol birimi unsurları

- **Hidrosiklon**
- **Kum-çakıl filtre tankı**
- **Gübre tankı**
- **Elektro filtre**
- **Basınç regülatörü**
- **Su ölçüm araçları, manometreler, vanalar**
- **Bağlantı elemanları**









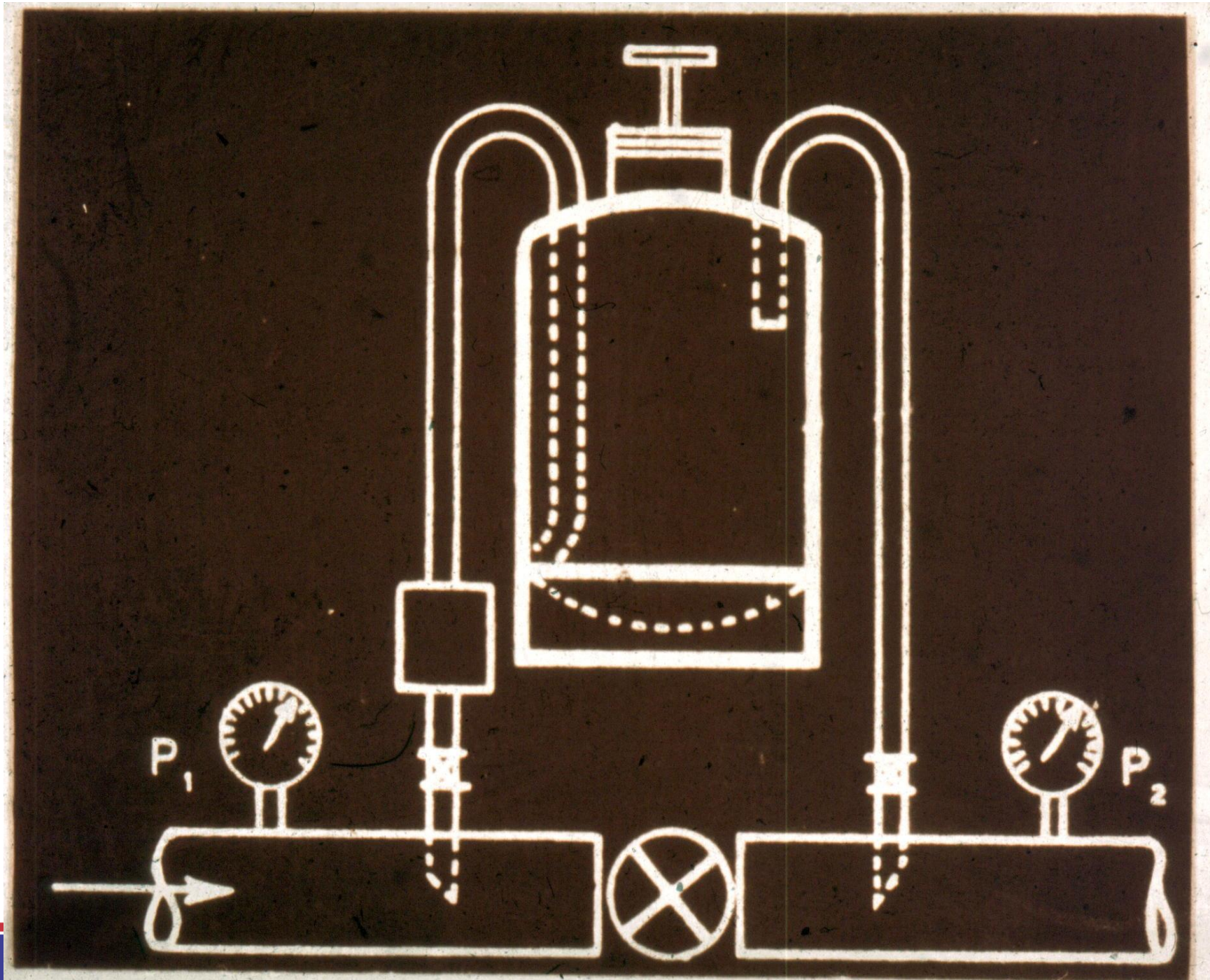




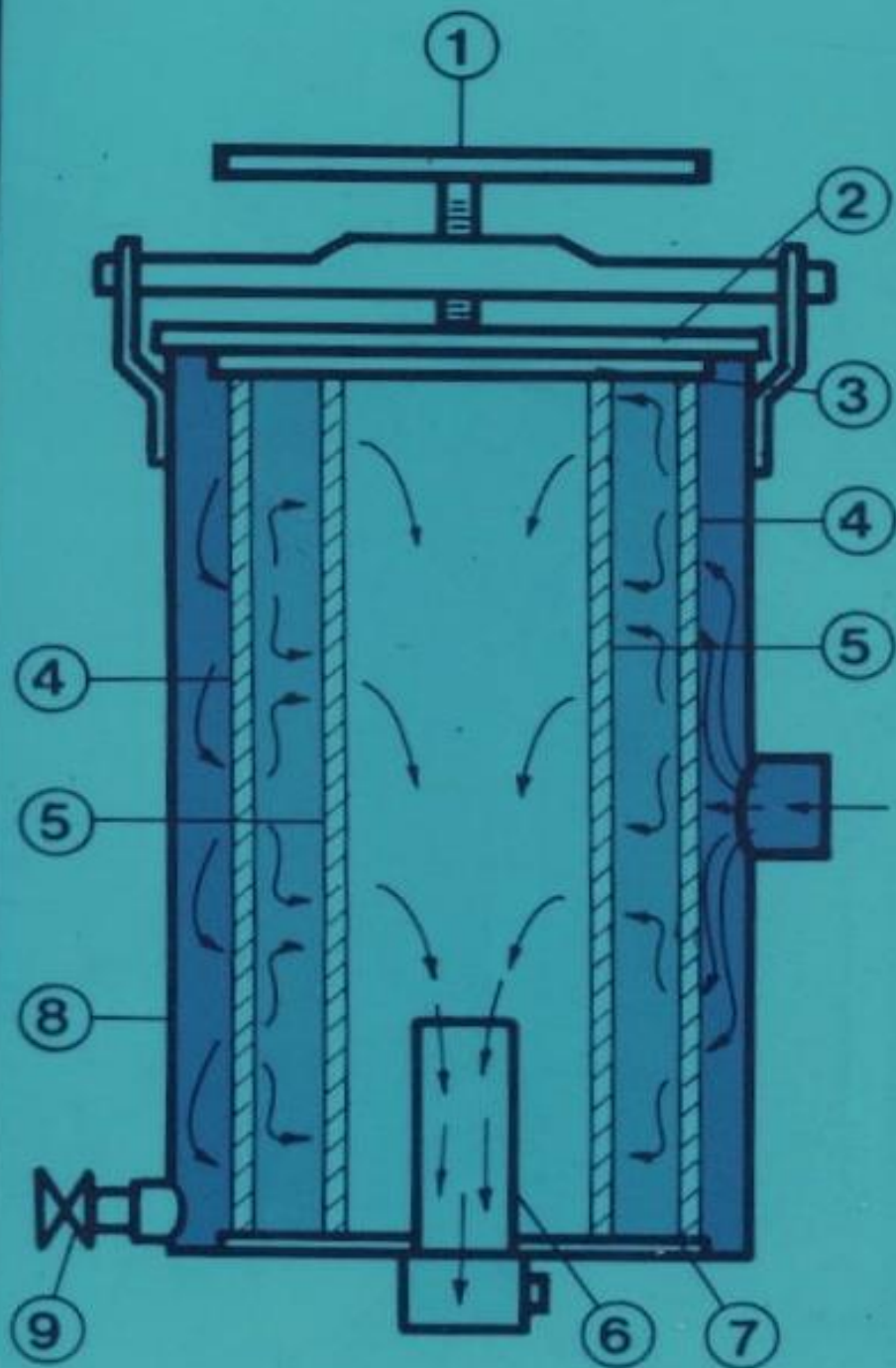














# Boru hatları

- **Ana boru hattı**

6 atm işletme basınçlı sert PVC (gömülü) yada PE (yüzeyde) borular

- **Manifold boru hatları**

6 atm işletme basınçlı sert PVC (gömülü) yada PE (yüzeyde) borular

- **Lateral boru hatları**

4 atm işletme basınçlı PE damla sulama boruları

# Damlaticılar

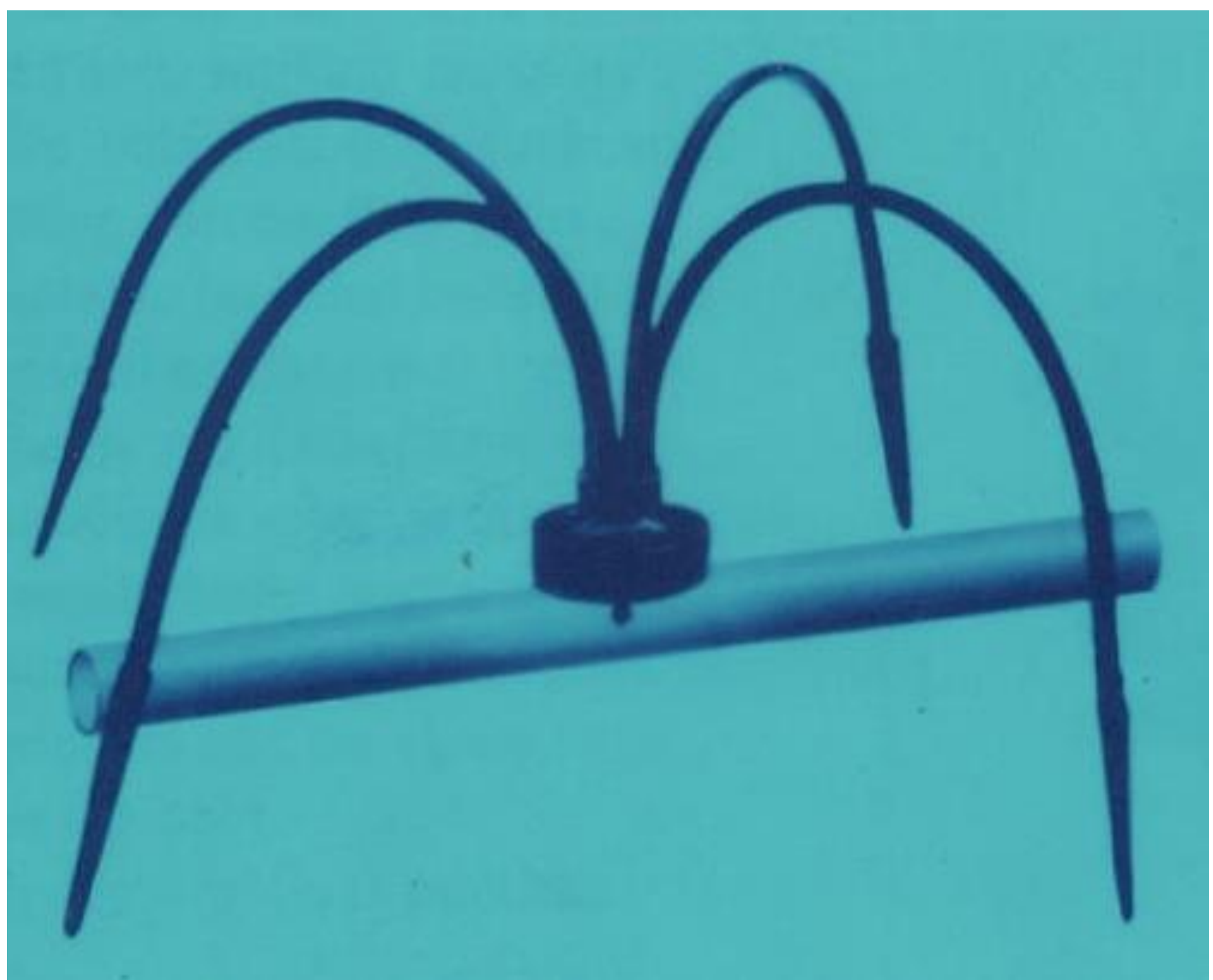
- Lateral boyuna geçik (in-line) yada lateral üzerine geçik (on-line) tipte
- Labirent yada zig-zag biçiminde uzun akış yolu
- **İşletme basıncı** : Lateral boru hattı içerisinde damlatıcı girişinde istenen basınç
  - $h_0 = 1-2$  atm
  - Gerekli basınç pompa birimi ile sağlanıyorsa;
    - .  $h_0 = 1$  atm alınır
- Çok yüksek eğim, dalgalı topografya yada uzun lateral boru hatlarında **kendinden basınç regülatörlü damlatıcılar** kullanılır

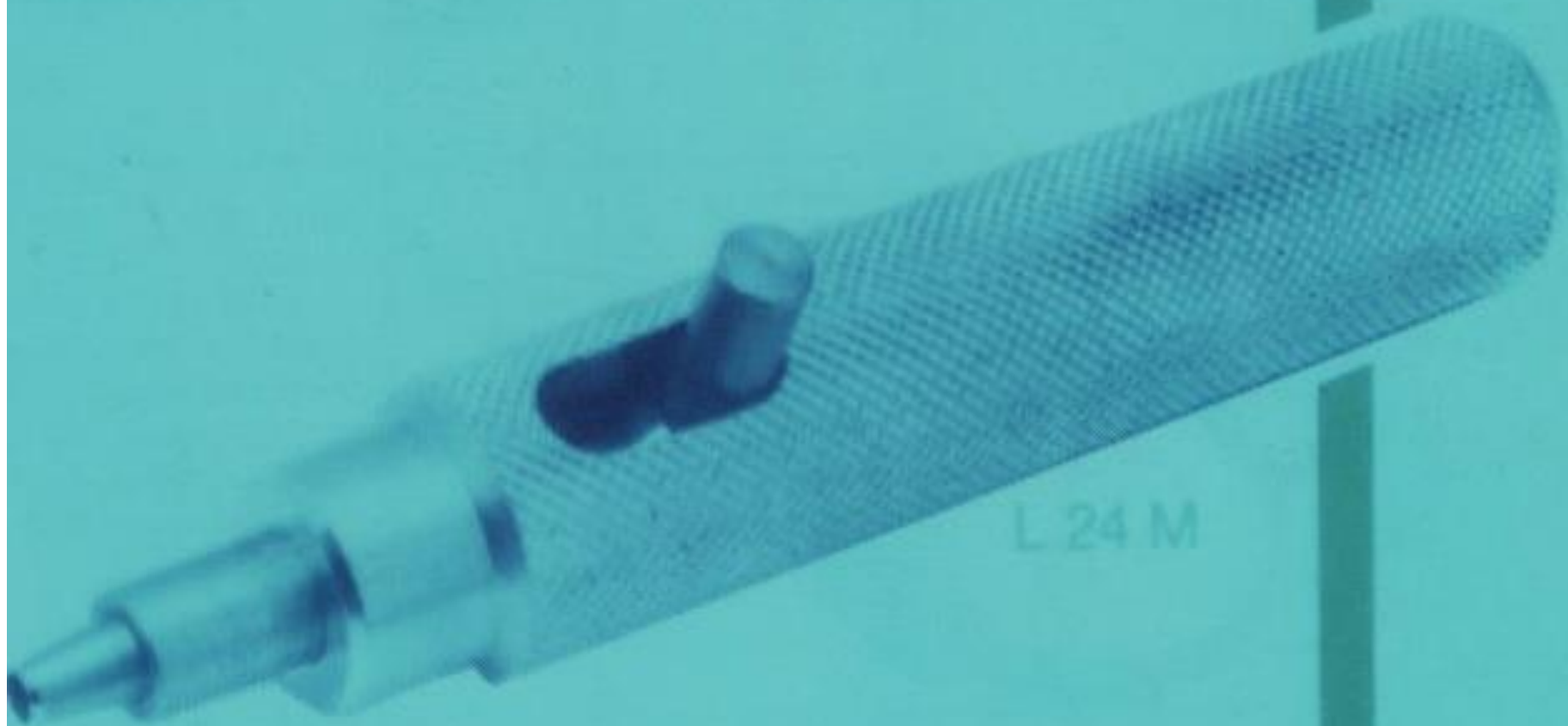




124—





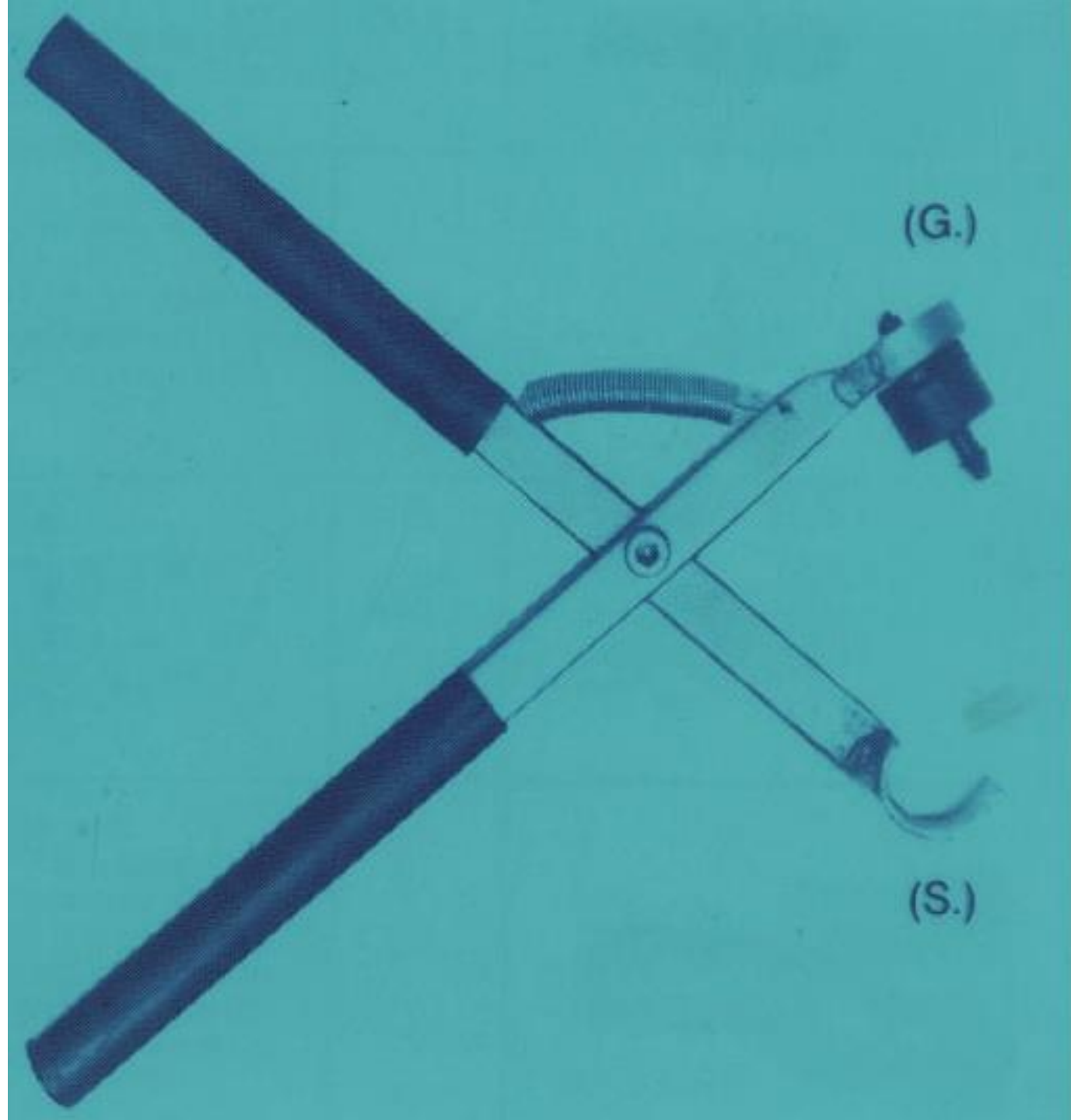


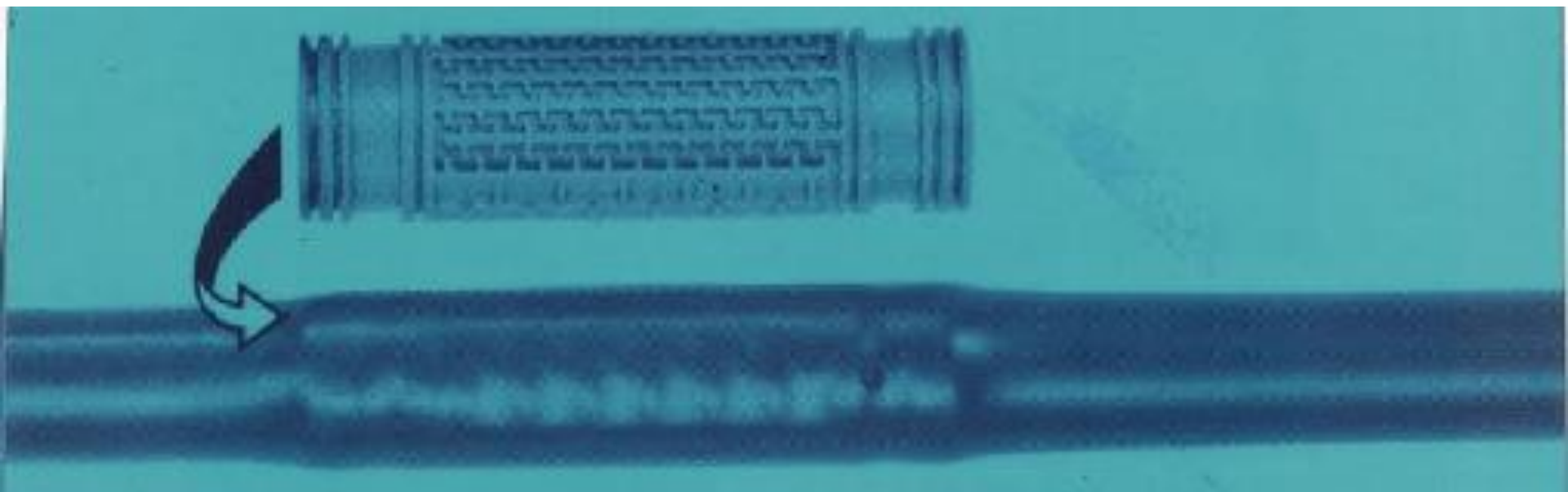
L 24 M





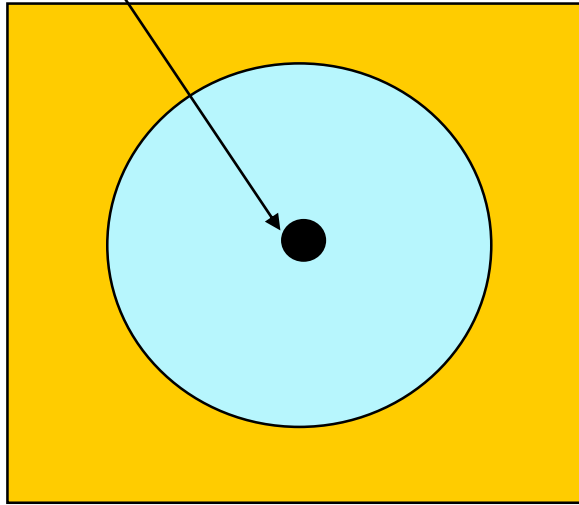






# Damla sulamada ıslatma desenleri

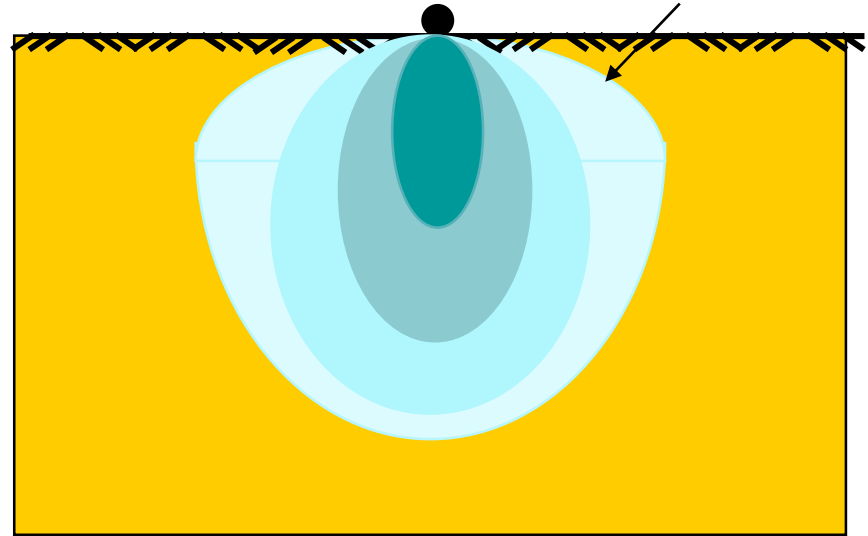
Damlaticı



D

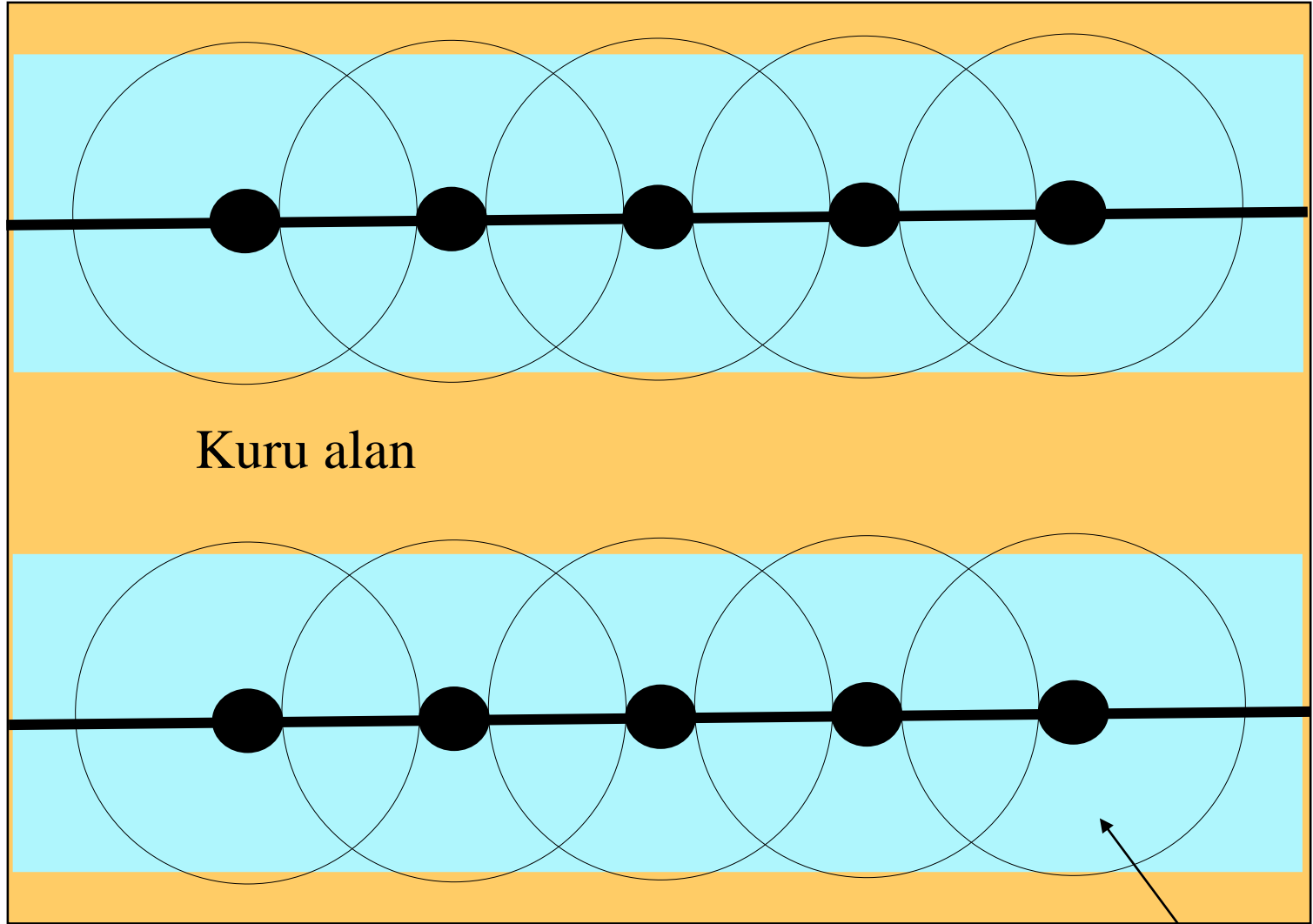
Islatma alanı

Tuz birikimi



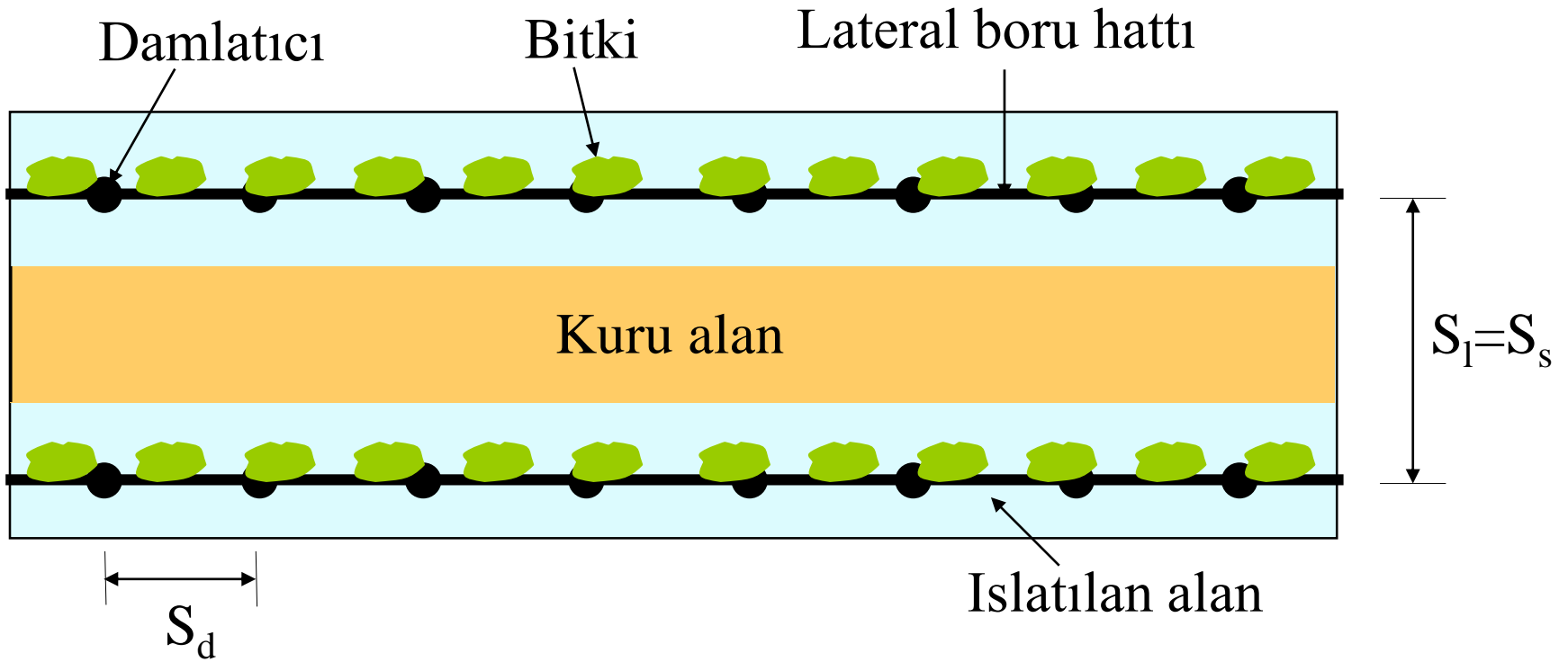
D

Toprakta nem dağılımı



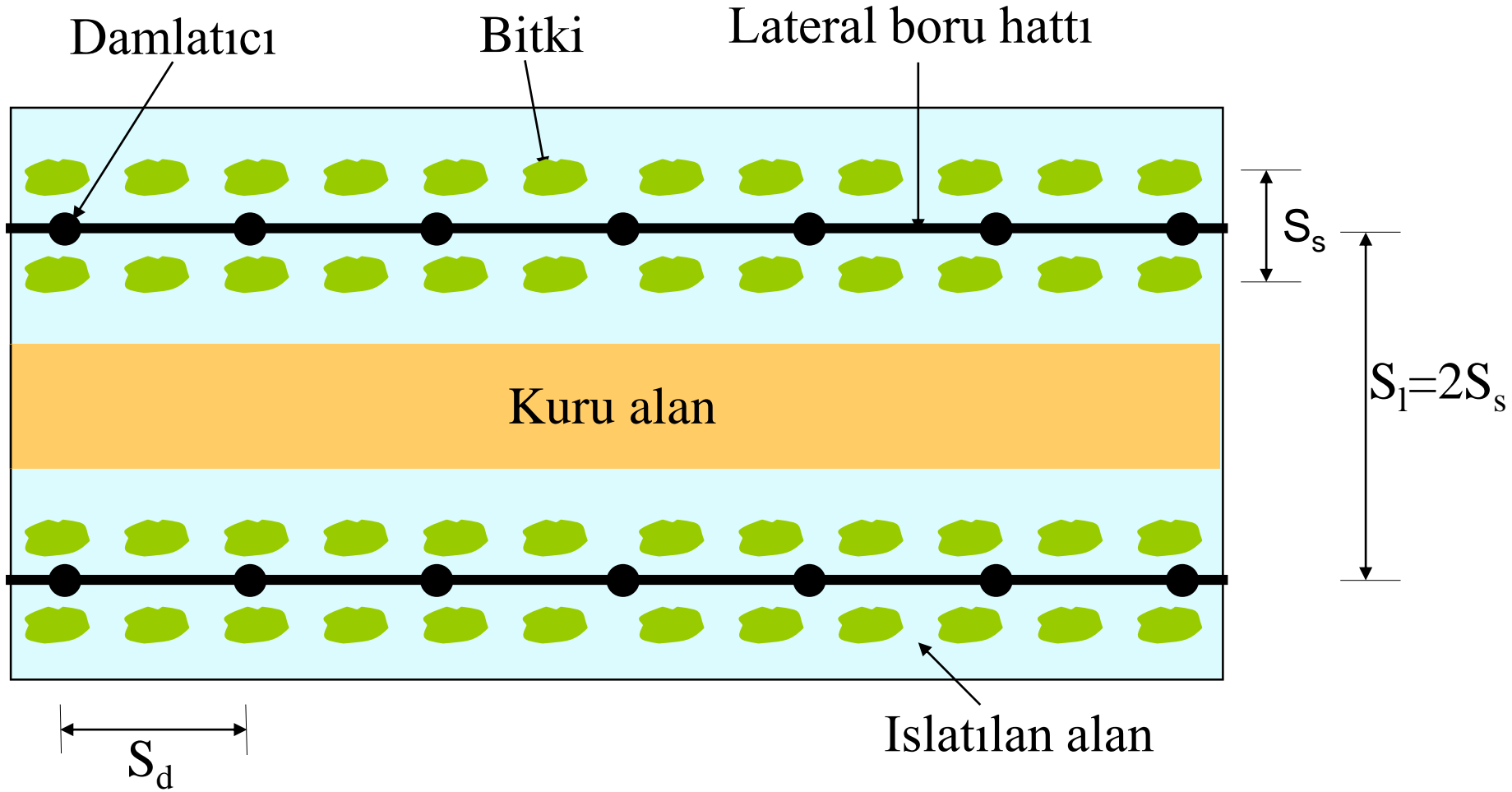
Kuru alan

# Tarla bitkileri ve sebzelerde lateral tertip biçimleri

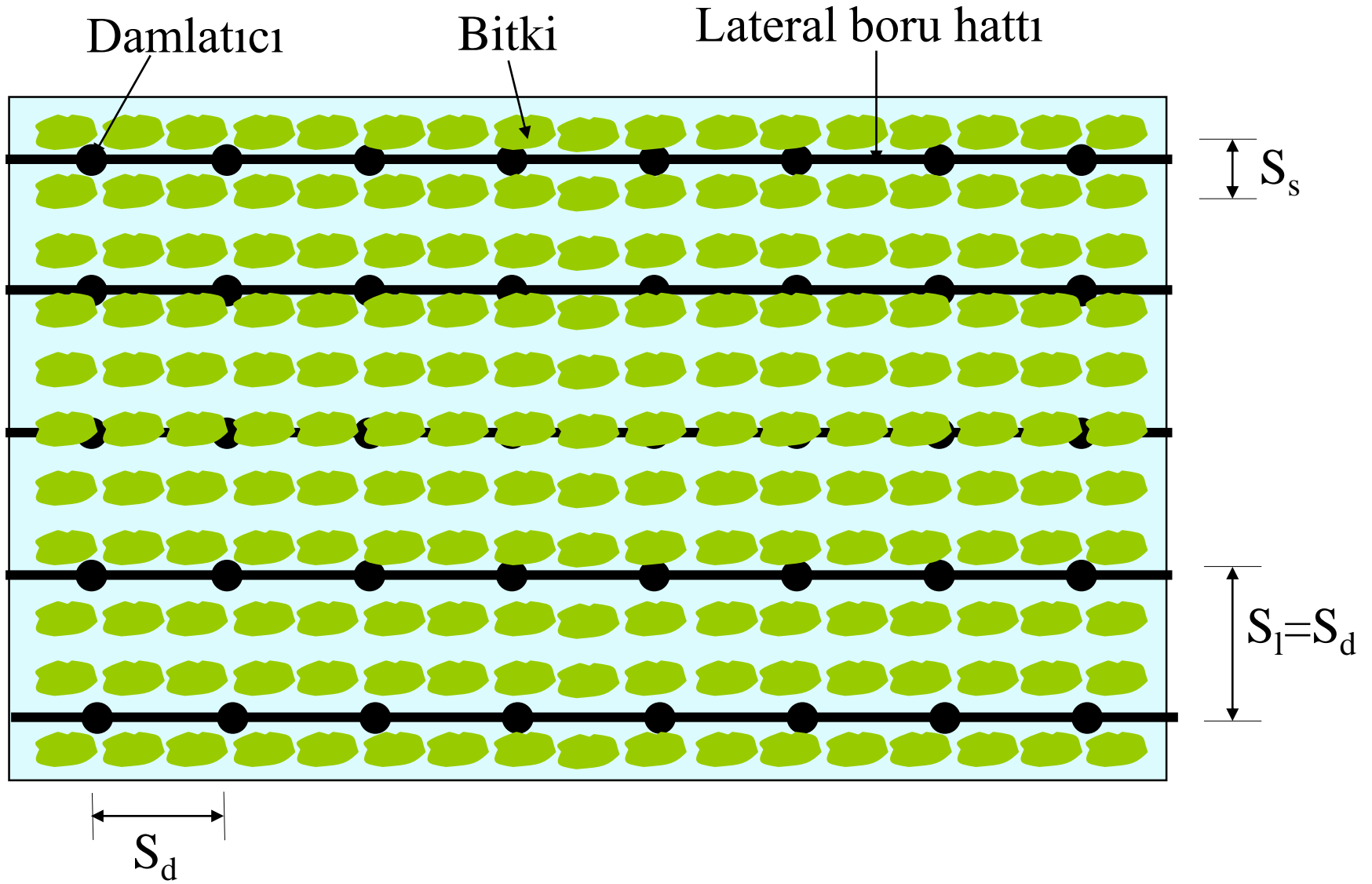


Bitki sıra aralığı damlatıcı aralığından büyük,  $S_s > S_d$



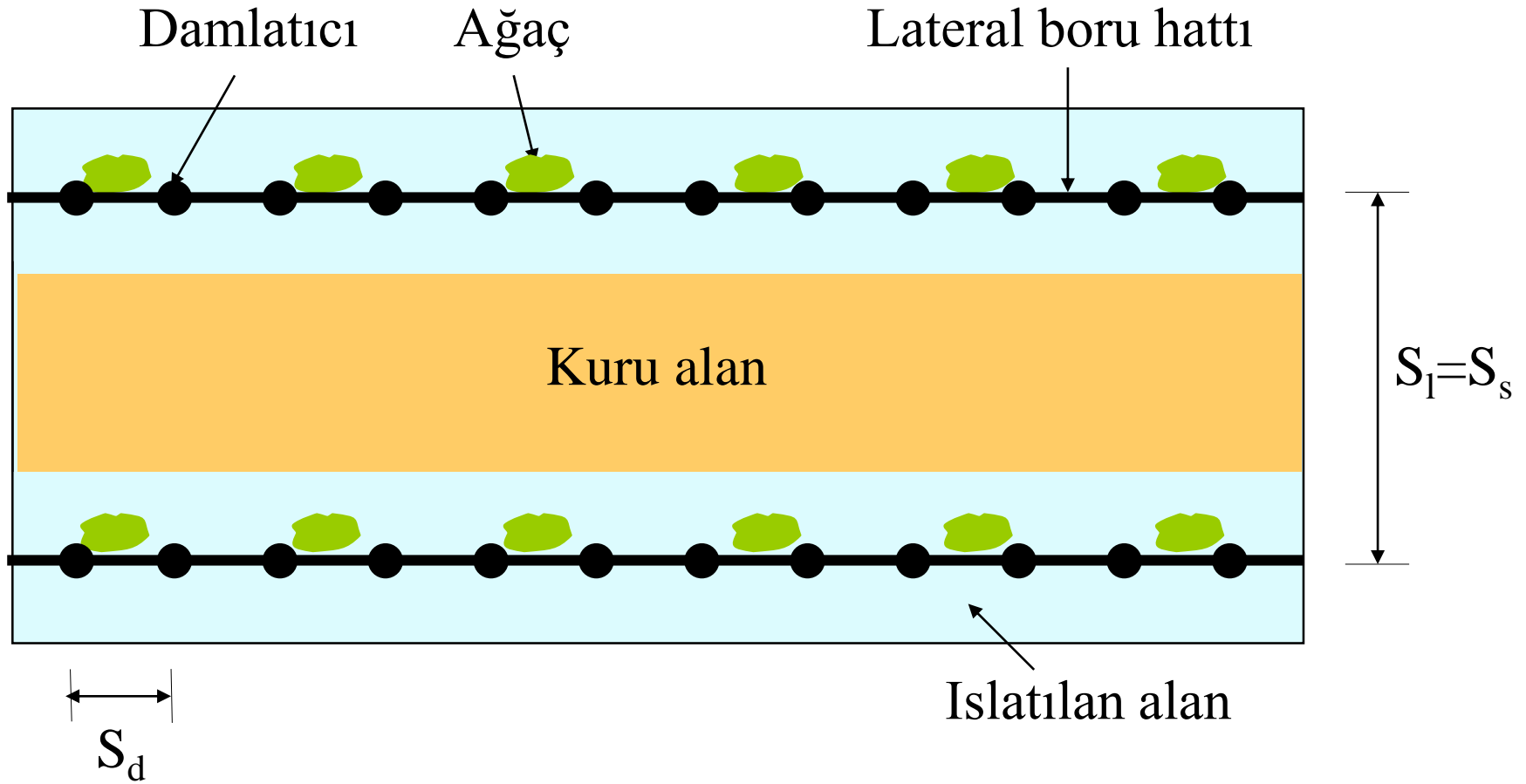


Bitki sıra aralığı damlatıcı aralığından küçük,  $S_s < S_d$

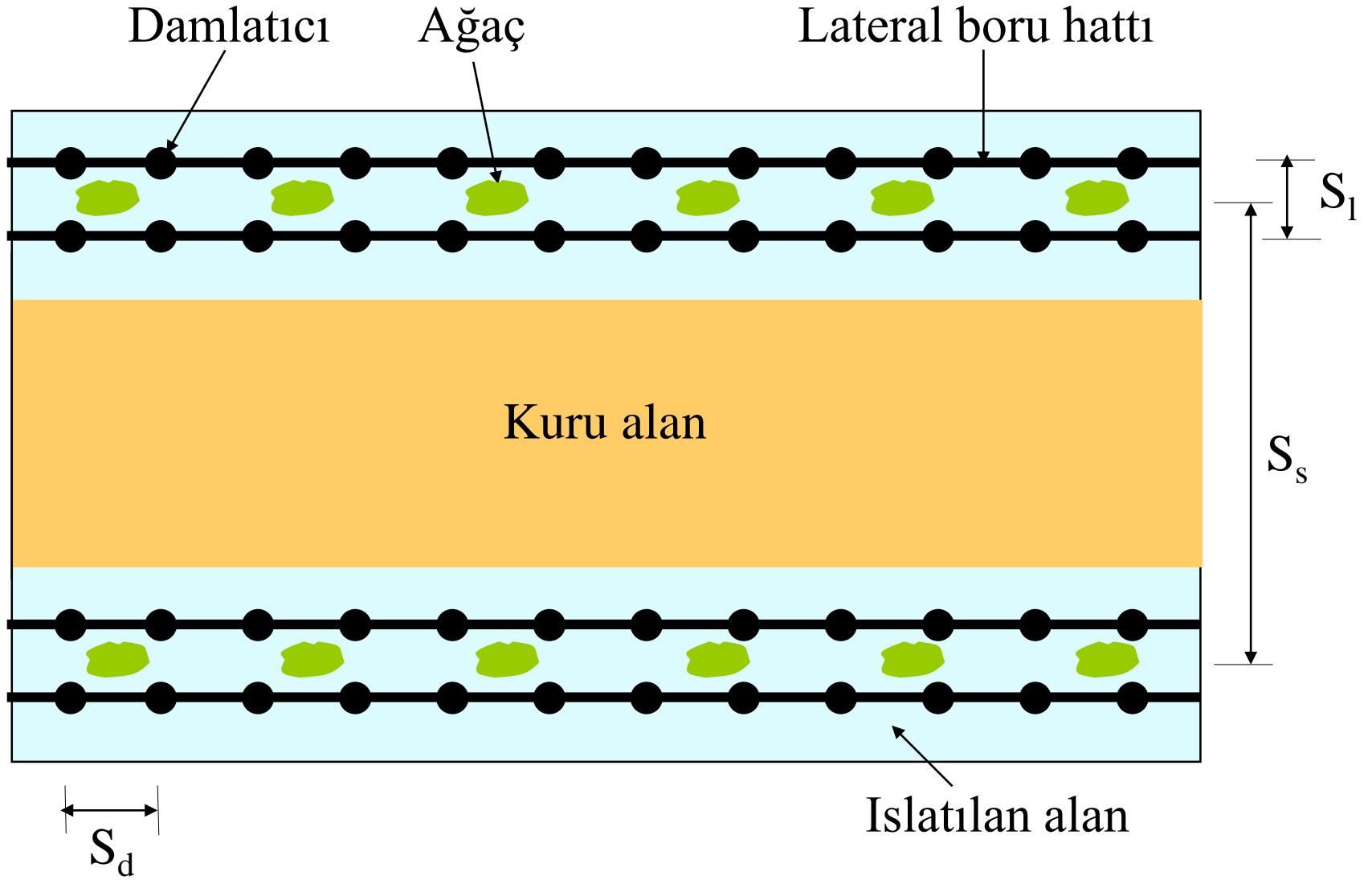


Sık ekilen-dikilen bitkiler,  $S_d > 2S_s$

# Meyve ağaçlarında lateral tertip biçimleri



Her ağaç sırasına tek lateral



Her ağaç sırasına iki lateral

# Damla sulamada sistem tertibi

- Lateral ve manifold boru hatları eğimsiz ya da bayır aşağı eğimde döşenir. Lateral uzunluğu 100 m'yi geçmemeli, manifold uzunluğu 40 m'nin altında olmamalıdır.
- Manifold boru hatları laterallere iki yönde hizmet etmelidir.
- Uygun lateral tertip biçimi seçilmelidir.
- Sistem tertibinde, maliyetin düşük ve işletmenin kolay yapılmasına özen gösterilmelidir.







































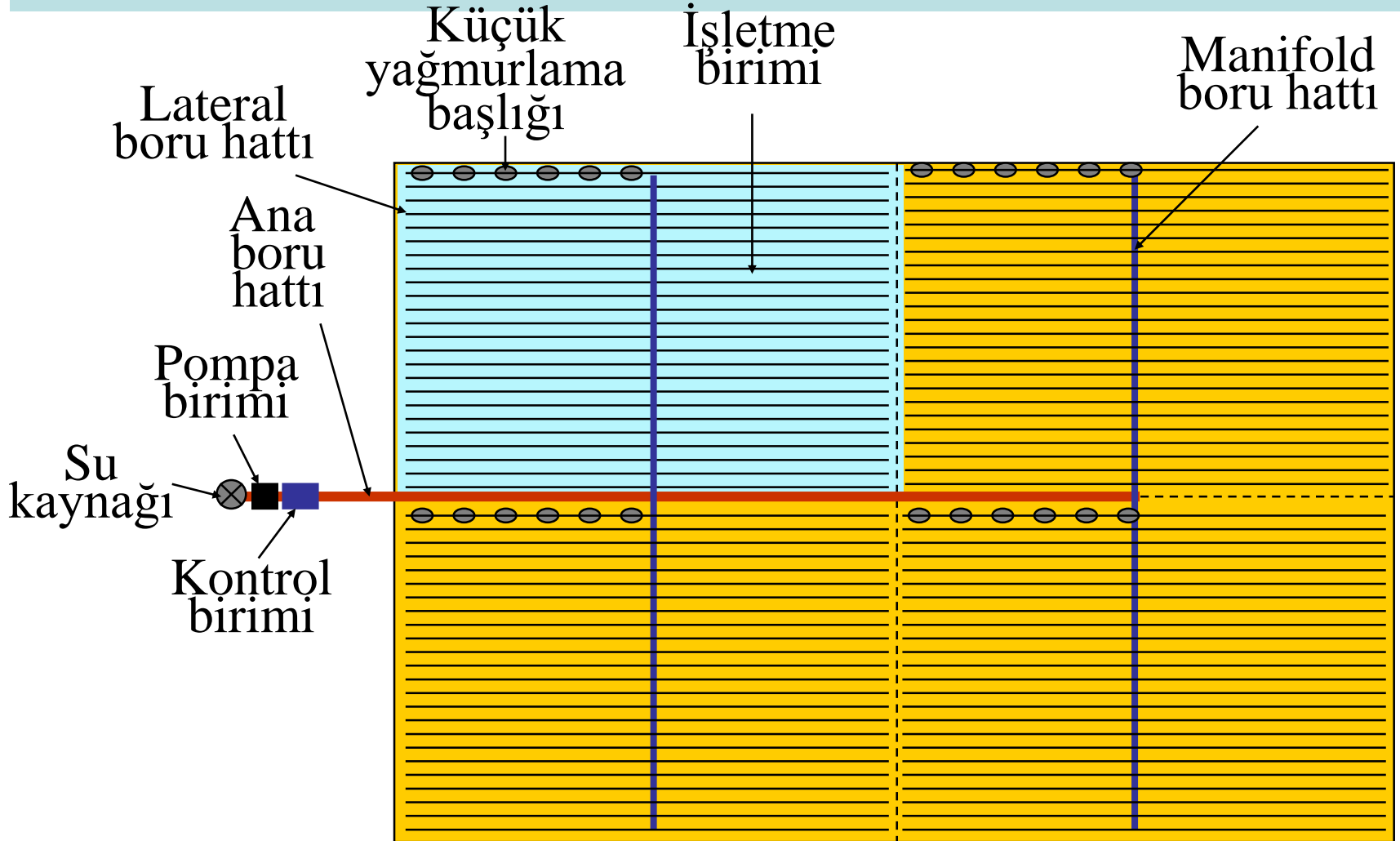




# Ağaç altı mikro yağmurlama sulama yöntemi

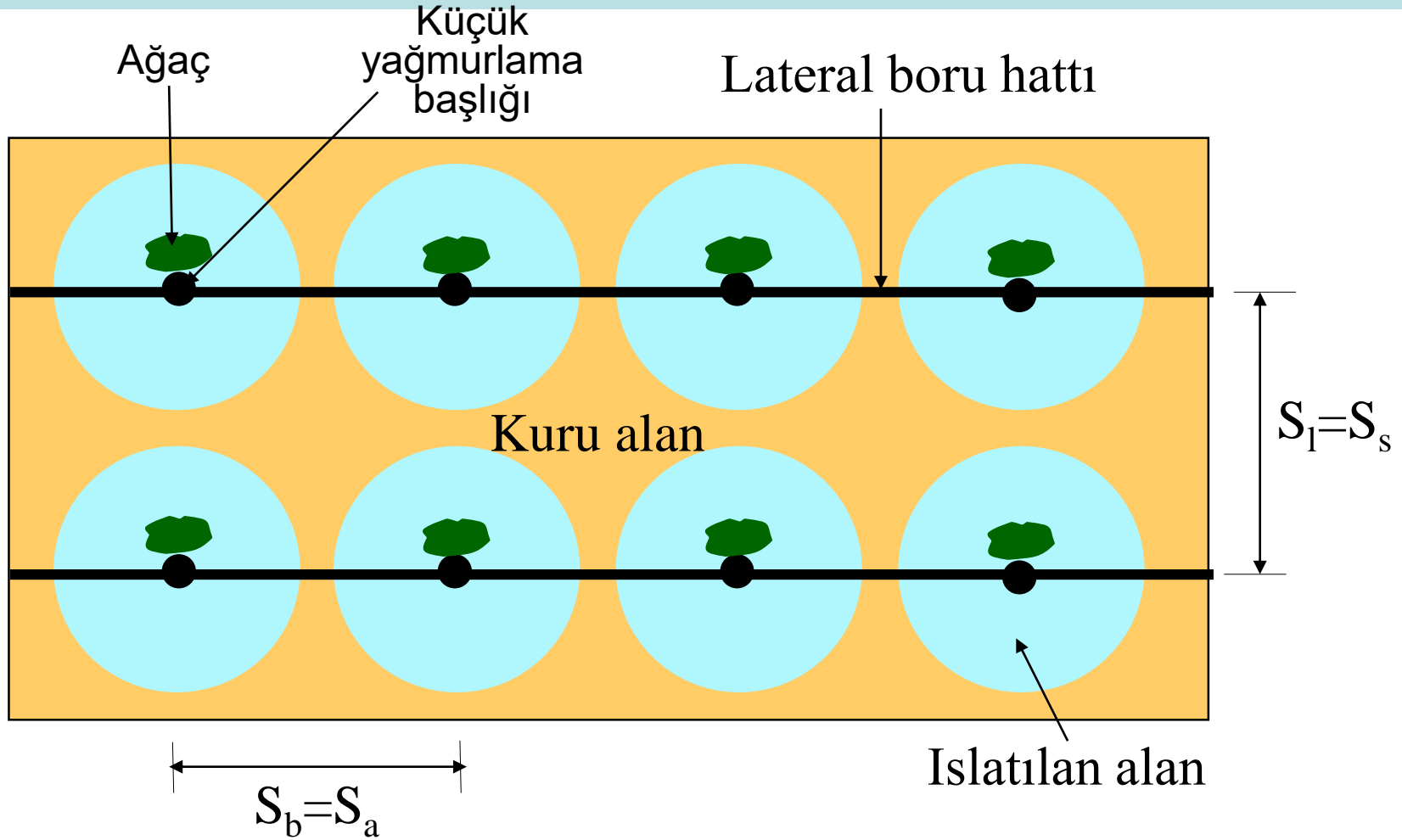
- Damla yöntemiyle yeterli ıslatma oranının elde edilemediği koşulda meyve ağaçlarının sulanmasında kullanılır
- Sistem unsurları, damla sulama sistemleri ile aynıdır. Tek fark damlatıcılar yerine her ağacın altına bir küçük yağmurlama başlığı konmasıdır.

# Sistem unsurları





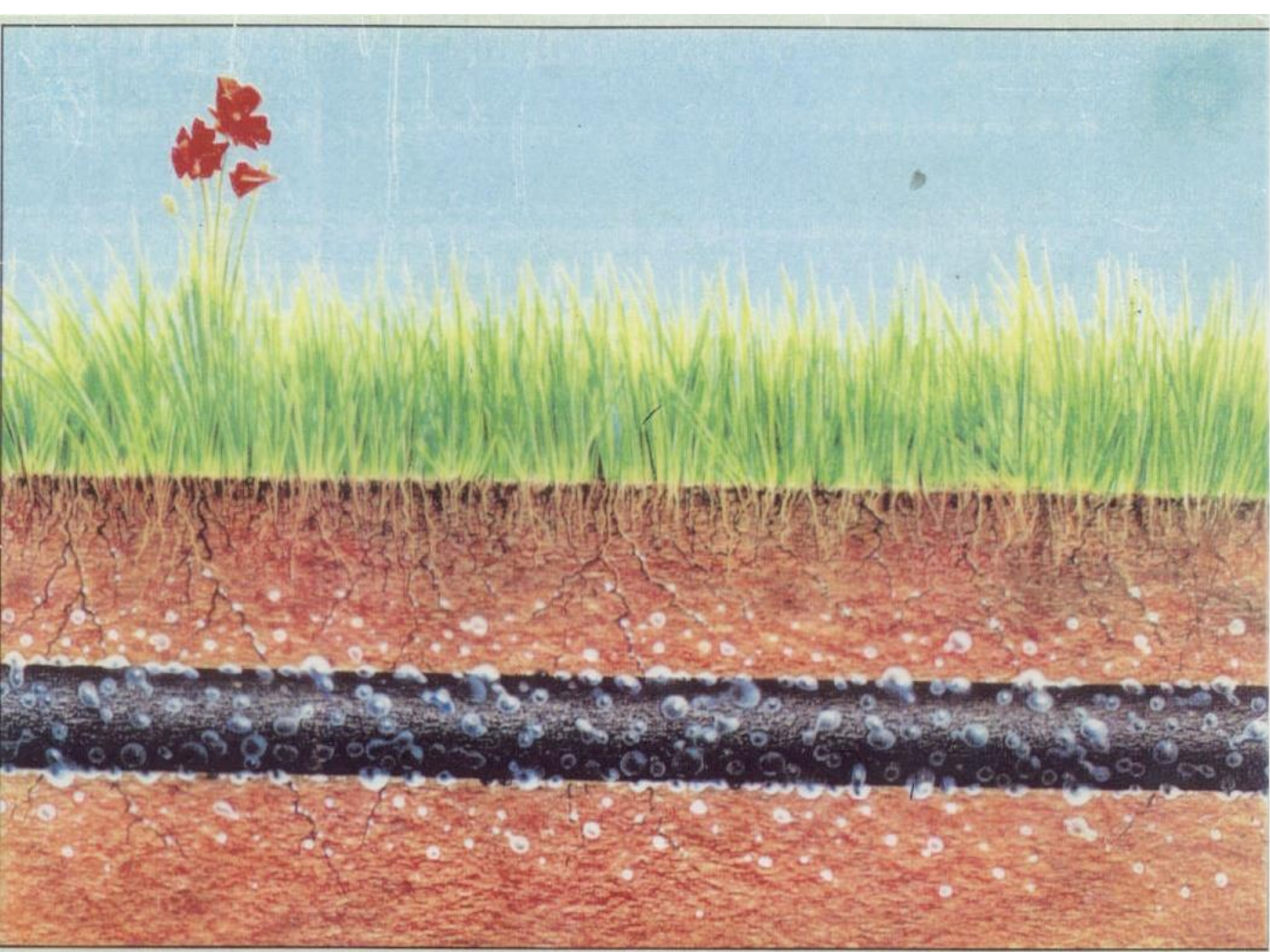
# Lateral tertip biçimi



Her ağaç sırasına bir lateral, her ağaç altına bir yağmurlama başlığı









A photograph of a suburban street scene. In the foreground, there is a grassy area with some low-lying plants. A road runs horizontally across the middle ground, with a dark car parked on the right side. Several tall palm trees are scattered throughout the scene, some in the foreground and others in the background. In the background, there are several multi-story houses or apartment buildings. The sky is a clear, pale blue. Overlaid on the center of the image is the word "SON" in large, bold, pink letters with a white outline and a slight 3D effect.

**SON**



