

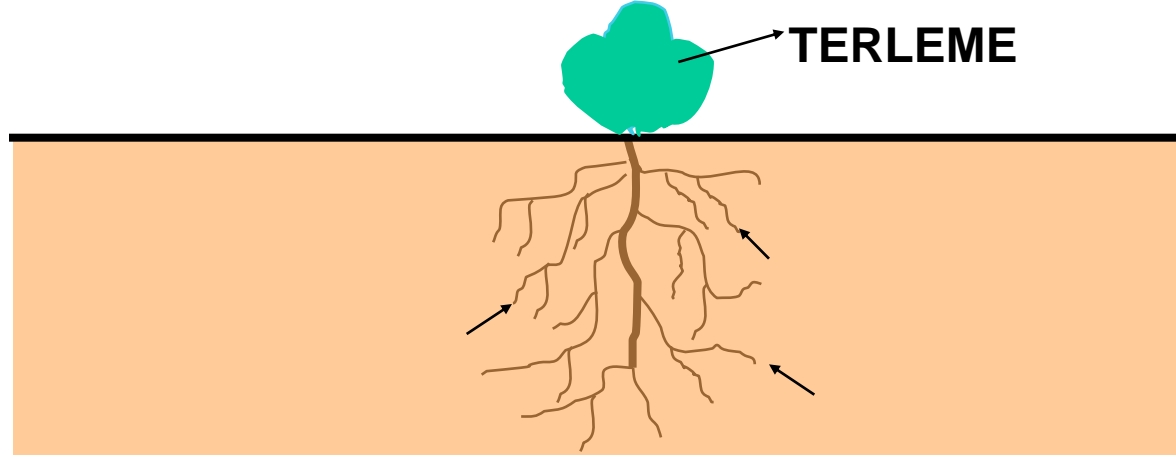
Sulama sistemleri

Sulama; bitkinin normal gelişmesi için gerekli olan ancak doğal yağışlarla karşılanamayan suyun, bitki kök bölgesindeki toprağa, gereken zamanda, gereken miktarda ve kontrollü olarak verilmesidir.

Gereğinden fazla yada bilinçsiz sulama uygulamaları;

- Kök hücrelerinin gelişiminin azalmasına,
- Faydalı toprak mikroorganizmalarının faaliyetinin yavaşlamasına,
- Toprakta besin maddelerinin alımını engelleyen zararlı bileşiklerin oluşmasına,
- Yüksek taban suyuna,
- Toprak tuzluluğu ve çoraklaşmaya,
- Erozyonla toprak kaybına,
- Aşırı su kullanımına ve verim kaybına neden olmaktadır.

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 yaklaşımı yapılır.

Sulamanın Yararları

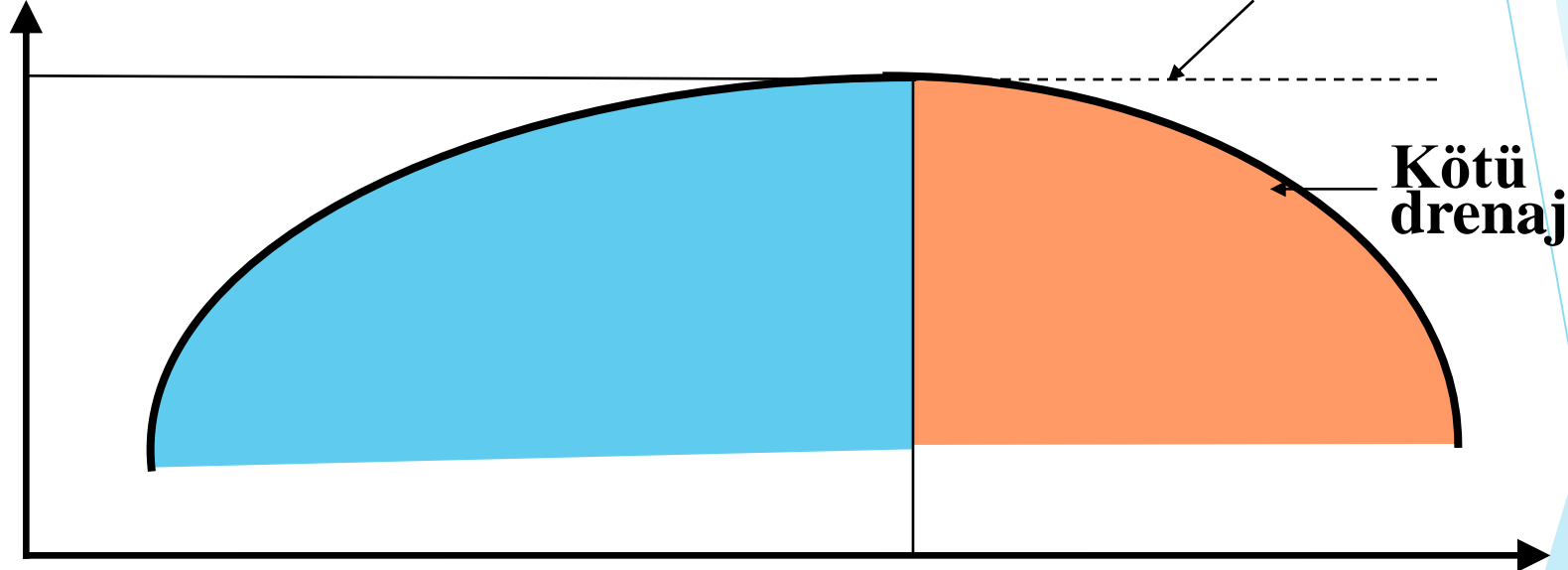
- 1. Sulamanın en önemli yararı,** büyüme mevsimi boyunca, bitkinin gereksinim duyduğu su miktarının kök bölgesinde depolanmasını sağlamasıdır. Böylelikle, devamlı ve kararlı bir bitki yetiştiriciliği yapılır.
- 2. Topraktaki fazla tuzun yıkanması sağlanır.** Bu özellikle, bitkilerin çimlenme ve çıkış dönemleri için önemlidir. Toprak tuzluluğuna dayanıklı olan bitkilerde bile, çimlenme ve çıkış periyodunda toprak tuzluluğuna duyarlılık söz konusudur. Ekimden hemen sonra yapılacak çimlenme ve çıkış sulaması, tohum yatağındaki tuzları alt katlara yıkar ve istenen düzeyde çimlenme ve çıkış elde edilir. Ayrıca, tuzlu toprakların ıslahında, tuzların kök bölgesinin altına yıkanması için gerekli yıkama suyu sulama ile verilir.

3. Toprakta mevcut taban taşı yumuşatılır. Toprak işleme aletleri ile, genellikle aynı derinlikte işleme yapıldığından, pulluk tabanı, toprağı sıkıştırarak sert bir tabaka oluşturabilir. Bitki kökleri bu tabakayı geçmekte zorlanır. Sulama ile sıkışmış olan bu tabaka yumuşar ve bitki köklerinin alt katmanlara doğru gelişmesi kolaylaşır.

4. Toprak ve bitki civarındaki hava serinletilir. Bitkiler, genellikle, en iyi gelişmeyi 20-25 C sıcaklıkta gösterir. Yaz aylarında, bitki civarındaki hava sıcaklığı, genellikle bu değerin üzerine çıkar. Sulama yapıldığında, bitki civarındaki hava ve toprak serinletilir ve sıcaklık açısından bitki gelişmesine katkıda bulunulur.

5. Damla ve ağaç altı mikro yağmurlama gibi bazı sulama yöntemlerinde, bitki besin elementleri sulama suyuna karıştırılarak uygulanır. Böylelikle, etkin bir gübreleme yapılır.

**Verim
(kg/da)**

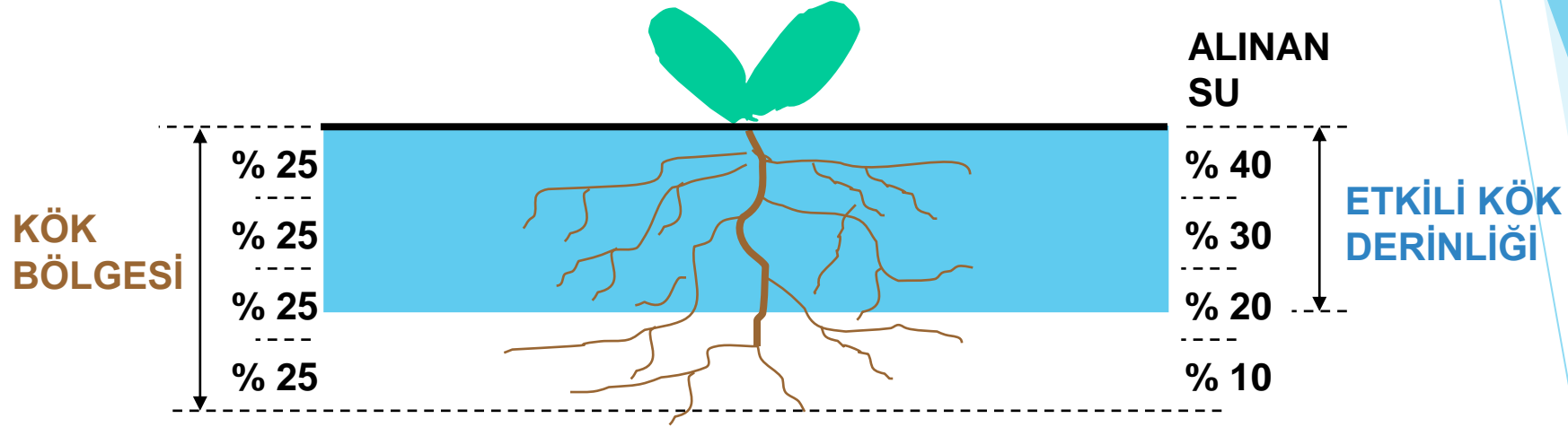


**İyi
drenaj**

**Kötü
drenaj**

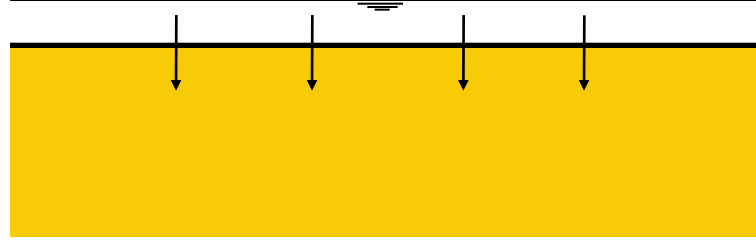
Toprak nemi (mm)

Sulama suyu uygulanacak toprak derinliği



- ▶ **Etkili toprak derinliği;** toprak yüzeyinden geçirimsiz katman ya da taban suyuna kadar olan toprak derinliğidir.
- ▶ **Etkili kök derinliği;** bitkilerin normal gelişimi için gerekli olan suyun %80'nin alındığı kök derinliğidir.
- ▶ **Bu iki değerden hangisi küçük ise, o değer sulama suyu uygulanacak toprak derinliğini verir.**

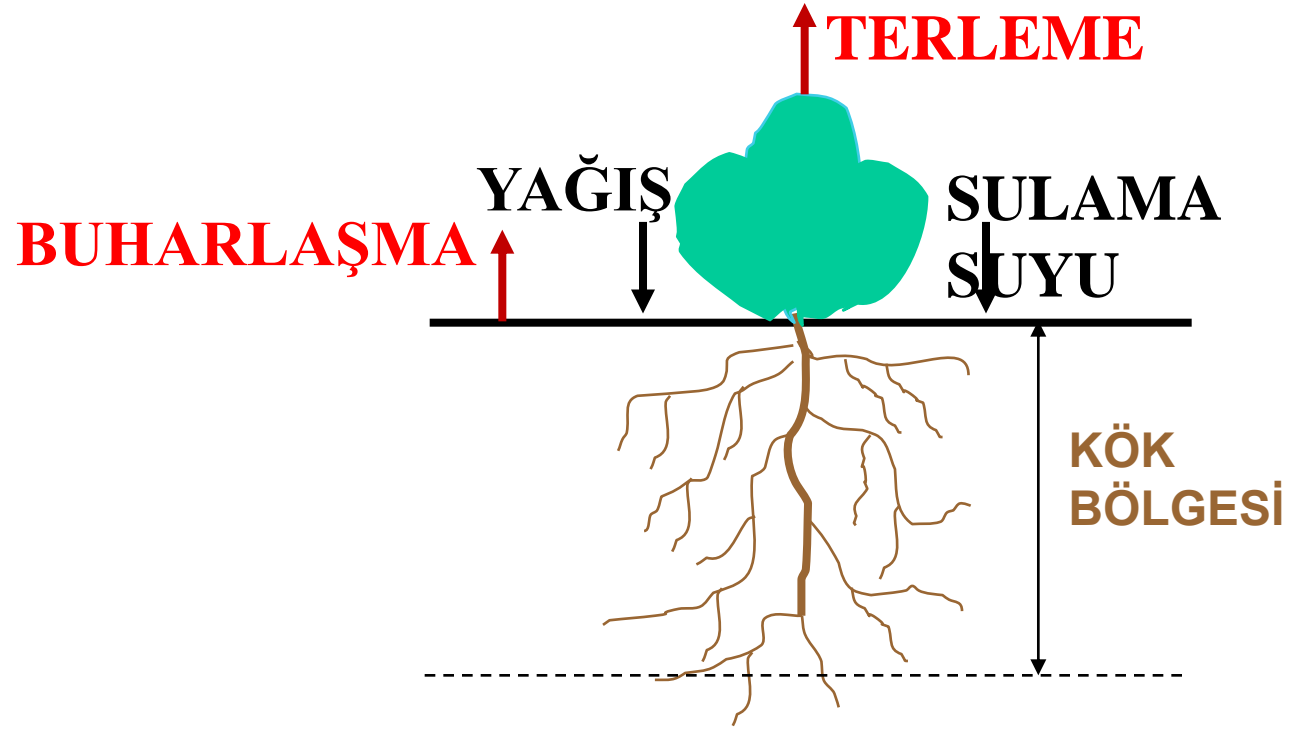
Toprağın su alma hızı



- ▶ **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



- ▶ 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

$$ET = k_c ET_o$$

- Kıyas Bitki

- . Yonca (USDA-SCS)
- . Çayır bitkileri (FAO)

Kıyas bitki su tüketimi (FAO)

“8-10 cm yüksekliğinde, yeknesak boylu, etkili büyüyen, yeterli sulanmış, çayır bitkileri ile kaplı geniş alandaki su tüketimi”

Sulama randımanı

► Su iletim randımanı :

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

► Su uygulama randımanı :

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

► Toplam sulama randımanı :

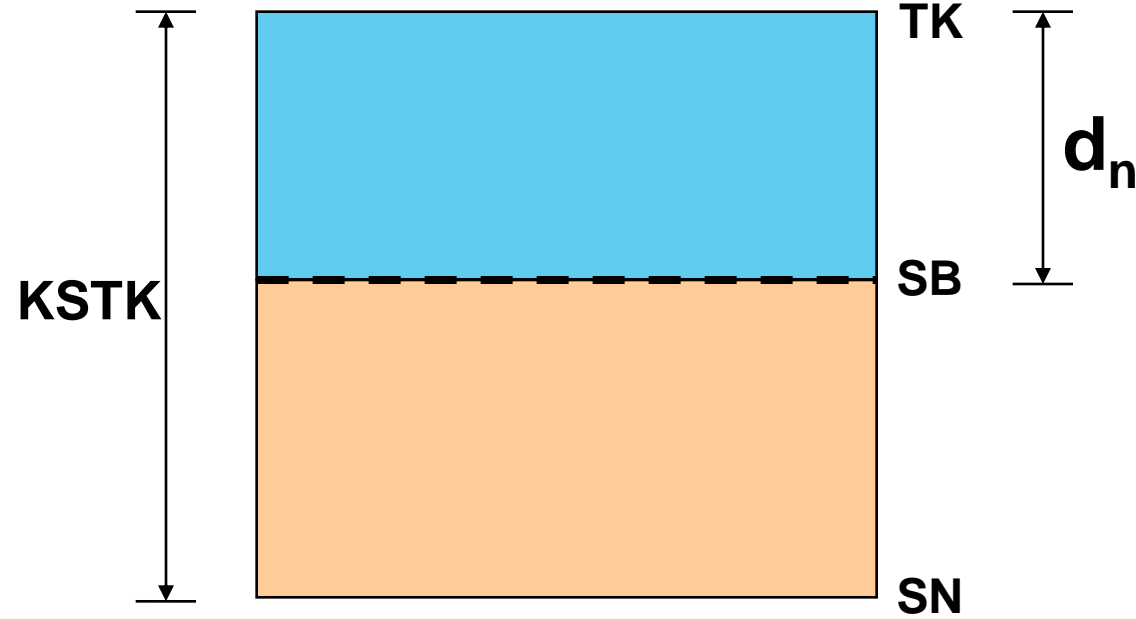
$$E = E_c E_a$$

Wr: Kaynaktan saptırılan su miktarı

Wf: Araziye iletilen su miktarı

Ws: Kök bölgesinde depolanan su miktarı

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 ;

$$d_n = \frac{(TK-SN) R_y}{100} Y_t D$$

- KSTK derinlik (mm) cinsinden verilmişse ;

$$d_n = d_k D R_y$$

• Toplam sulama suyu miktarı

- Tarlabaşında ;

- Su kaynağında ;

$$d_t = \frac{d_n}{E_a}$$

$$d_t = \frac{d_n}{E_a E_c}$$

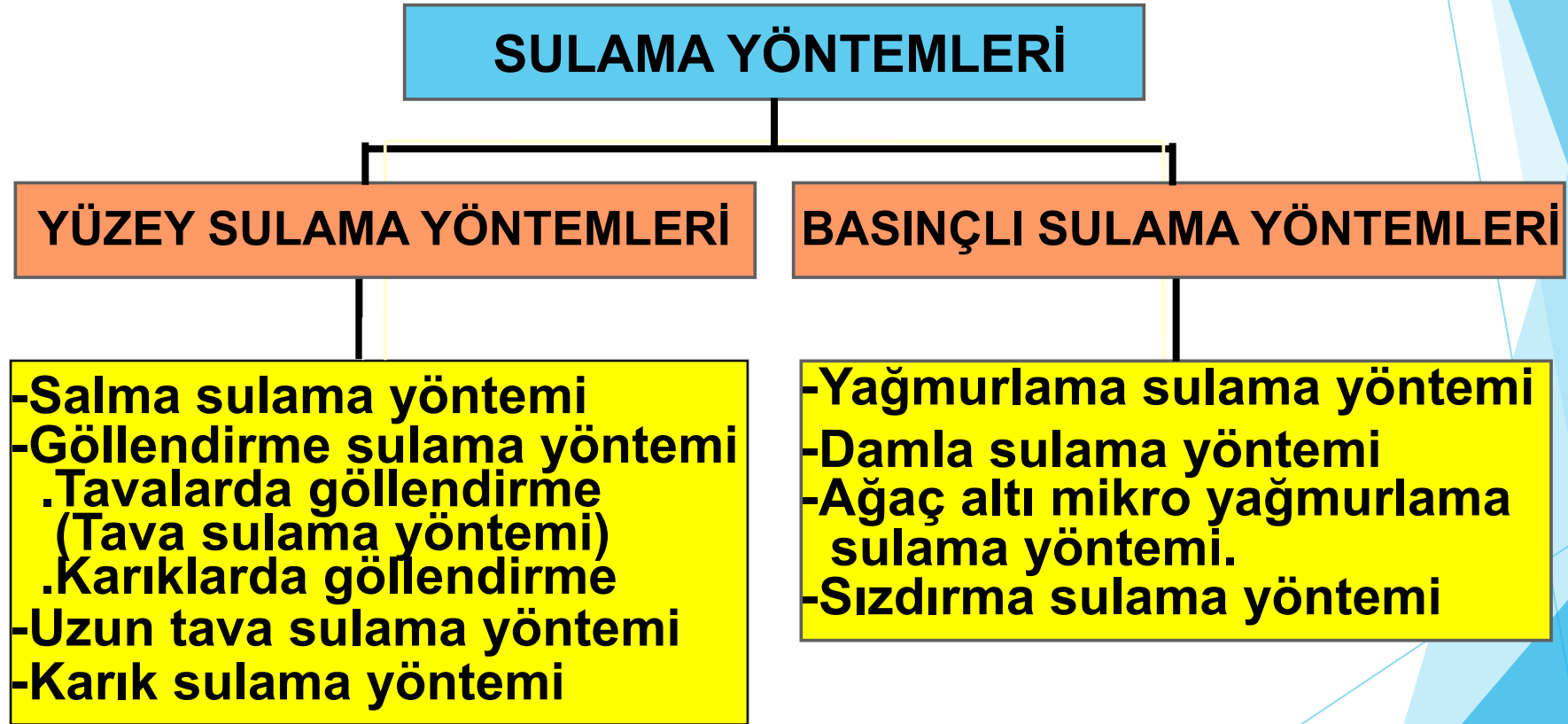
Sulama aralığı

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

Sistem kapasitesi

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

Sulama yöntemi, suyun toprağa bitki kök bölgesine verilış biçimidir.



Sulama yöntemleri, yüzey ve basınçlı sulama yöntemleri olmak üzere iki grup altında toplanabilir.

- **Yüzey sulama yöntemlerinde**, su toprak yüzeyinden akıtılarak verilir. Sulama suyu, toprak yüzeyinde yerçekiminin etkisi ile ilerlerken, bir yandan da infiltrasyonla toprak içerisine girer ve bitki kök bölgesinde depolanır.
- Basınçlı sulama yöntemlerinden **yağmurlama sulama yönteminde**, tarla parseli üzerine belirli aralıklarla yerleştirilen yağmurlama başlıklarından su basınç altında püskürtülerek doğal yağışa benzer biçimde atmosfere verilir. Buradan toprak yüzeyine düşen su, infiltrasyonla toprak içerisine girer ve kök bölgesinde depolanır. **Damla sulama yönteminde ise**, bitki yakınına yerleştirilen damlatıcılardan, su damlalar biçiminde toprağa, bitki köklerinin geliştiği ortama verilmektedir.

SULAMA YONTEMINİN SEÇİMİNDE ETKİLİ OLAN FAKTÖRLER

1. Su Kaynağı ve Sulama Suyunun Özellikleri

- Su kaynağının cinsi ve uzaklığı
- Su kaynağının debisi
- Su kısıtı
- Sulama suyu kalitesi
- Su maliyeti

2. Toprak Özellikleri

- Kullanılabilir su tutma kapasitesi
- Su alma hızı
- Toprak derinliği ve taban suyu
- Tuzluluk ve drenaj koşulları

3. Topografik Özellikler

- Eğim derecesi
- Erozyona uygunluk

4. İklim Özellikleri

- Rüzgar
- Sıcaklık
- Bağıl nem
- Yağış
- Don tehlikesi

5. Bitki Özellikleri

- Bitki cinsi
- Bitki hastalıkları
- Özel istekler

6. Ekonomik Koşullar

- Sulamanın maliyeti
- Ürünün değeri

7. Sosyal ve Kültürel Durum

Sulama Yöntemi Seçimine Etkili Faktörler

- ✓ **Arazinin topografyası** (eğimi, erozyon durumu)
 - Arazi eğimi yüksekse veya ortalama eğim düşük olsa bile arazi dalgalı bir topografyaya sahipse basınçlı sulama tercih edilmelidir.
 - Erozyona uygun topraklarda basınçlı sulama (özellikle damla) tercih edilmelidir.
- ✓ **Toprak özellikleri** (su tutma kapasitesi, infiltrasyon hızı, toprak derinliği, taban suyu durumu, taşlılık durumu, tuzluluk durumu, drenaj durumu).

- **Toprağın kullanılabilir su tutma kapasitesi** düşük ise (hafif bünyeli topraklar), sık aralıkla ve az miktarda su uygulanması gerektiğinden basınçlı sulama yöntemleri (özellikle damla) tercih edilmelidir.
- **Toprağın infiltrasyon hızı** yüksek ise (hafif bünyeli topraklar), yüzey sulama yöntemleriyle eş su dağılımı sağlanması güç ve pahalıdır, bu nedenle basınçlı sulama yöntemleri tercih edilmelidir.
- **Etkili toprak derinliğinin** az olduğu topraklarda (geçirimsiz tabaka yakınsa veya taban suyu yakınsa), kontrollü sulamanın yapılabildiği ve derine sızan suyun az olduğu basınçlı sulama yöntemleri kullanılmalıdır.
- **Tuzlu topraklarda** damla sulama yöntemi kullanılmalıdır. Yıkama suyu uygulanacaksa, tava veya yağmurlama sulama uygundur.
- **Taşlı topraklarda**, arazi tesviyesi yapılamayacağından yüzey sulama uygulanamaz, basınçlı sulama yöntemleri tercih edilmelidir.

- ✓ **Su kaynağının cinsi ve uzaklığı:** Su kaynağı, gerekli işletme basıncını sağlayacak kadar yüksekte ise, basınçlı sulama yöntemleri (damla, yağmurlama) kullanılmalıdır. Su kuyudan pompajla alınıyorsa, birim maliyeti yüksek olduğundan, su uygulama randımanı yüksek olan yöntemler kullanılmalıdır.
- ✓ **Su kaynağının kapasitesi:** Su kaynağının debisi düşük ise (30 l/s nin altında ise) basınçlı sulama yöntemleri (damla, yağmurlama) kullanılmalıdır.
- ✓ **Su kaynağının yeterlilik durumu (su kısıtı):** Su kaynağının debisi sulanacak araziye oranla az ise, su uygulama randımanı yüksek olan yöntemler (özellikle damla) kullanılmalıdır. Damla sulama ile aynı suyla daha fazla alan sulanabilir. Yüksek basınçlı sulama şebekelerinde, yağmurlama sistemi sulamalarda % 30-40, damla sistemi sulamalarda ise daha fazla (%50-60) **su tasarrufu** sağlanabilmektedir.

- ✓ **Sulama suyu kalitesi:** Sulama suyunda fazla miktarda sediment, alg ve diğer yüzücü cisimler varsa, basınçlı sistemlerde bunların filtre edilmesi pahalı olacağından, yüzey sulama yöntemi uygundur. Sulama suyu tuzlu ise tek seçenek damla sulamadır.
- ✓ **Suyun maliyeti:** Suyun maliyeti yüksek ise, su uygulama randımanı yüksek olan yöntemler (damla) kullanılmalıdır.
- ✓ **Pazar koşulları, ulusal ve uluslararası standartlar:** Organik tarım, EUREPGAP gibi standartlar, bazen mevzuat genellikle de teknik olarak kontrollü-basınçlı sulama yöntemlerini (yağmurlama, damla sulama) zorunlu kılmaktadır.
- ✓ **Sosyal ve kültürel durum:** Çiftçilerin gelenekleri, alışkanlıkları, kültür düzeyleri, tarımsal yönden eğitim düzeyleri, sulama yöntemi seçiminde önemlidir. Eğitim düzeyleri düşük çiftçilerin basınçlı sulama yöntemini uygulamaları genellikle güçtür.

✓ **Bitki özellikleri** (bitki cinsi, bitki hastalıkları)

- Yüksek boylu bitkilerde yağmurlama sulama önerilmez. Örtü altı yetiştiriciliğinde yetiştirilen bitkiler ile topraktaki nem eksikliğine duyarlı olan ve ekonomik değeri yüksek bitkilerde en uygun yöntem damla sulama yöntemidir.
- **Yüzlek köklü bitkilerde** sık aralıkla ve az miktarda su uygulanması gerektiğinden basınçlı sulama yöntemleri (özellikle damla) tercih edilmelidir.
- **Bitki yapraklarının ıslanmasından kaynaklanan hastalıklara duyarlı bitkilerde** yağmurlama sulama, kök boğazının ıslanmasından kaynaklanan hastalıklara duyarlı bitkilerde **tava sulama yöntemi** kullanılmamalıdır.

✓ **İklim özellikleri** (rüzgar, sıcaklık, nispi nem, yağış, don tehlikesi)

- Rüzgar hızı yüksekse, hava sıcaklığı yüksekse, veya nispi nem düşükse yağmurlama sulama tercih edilmemelidir.
- Bölge yağışı yüksekse sadece birkaç destekleme sulaması gerekliyse, yağmurlama sulama önerilir.
- İlkbahar son donlarının tehlikeli olduğu yörelerde, sabit yağmurlama sulama sistemi, ekonomik değeri yüksek bitkilerin dondan korunmasında kullanılabilir.

✓ **Ekonomik koşullar** (sulama sisteminin maliyeti, ürün değeri)

- Sulama sisteminin maliyeti: basınçlı sulama yöntemlerinde ilk tesis masrafı, yüzey sulamaya oranla daha fazladır, ancak arazi tesviyesi gerektiren yüzey sulamada maliyet çok yüksek olabilir. İşletme masrafları ise enerji bedeline bağlı olarak bazen basınçlı, bazen yüzey sulama lehine olabilir.
- Ürünün piyasa değeri yüksek ise, verimi daha fazla olan basınçlı sulama yöntemleri ekonomik olabilir.

- Eğer arazi eğimi yüksekse veya arazi dalgalı bir topografyaya sahipse,
- toprak erozyona uygunsa, toprak hafif bünyeli ise, toprak derinliği az ise, taban suyu yüzeye yakın ise, toprak tuzlu veya taşlı ise,
- sulama suyu kuyudan pompajla alınıyorsa, su kaynağının debisi düşük ise, su miktarı araziye yetmiyorsa, sulama suyu tuzlu ise, su pahalıya maloluyorsa,
- örtüaltı yetiştiriciliği yapılıyorsa veya ürünün piyasa değeri yüksek ise,
- bitki yüzlek köklü ise,
- organik tarım veya Eurepgap gibi standartlara uygun üretim yapılacaksa;

Damla Sulama Yöntemi tercih edilmelidir.

Bu koşullarda diğer sulama yöntemlerinin kullanılması durumunda etkin bir sulama yapılması ve sulamadan beklenen yararın sağlanması mümkün değildir.

Her sulama yönteminin kendine özgü bir sulama sistemi vardır. Bu nedenle uygulamada, önce mevcut su kaynağı, toprak, topografya, bitki, iklim, ekonomik durum, sosyal ve kültürel durum gibi faktörler dikkate alınarak koşullara **en uygun sulama yöntemi seçilir, sonra, bu sulama yönteminin gerektirdiği sulama sistemi planlanır, sistem unsurları boyutlandırılır, kurulur ve işletilir.**

Sulama sistemleri, hizmet götürülen alana göre ve su iletim ve dağıtım biçimine göre iki grupta toplanabilir.

Sulama sistemi;

- a. suyun kaynaktan alınması
- b. sulanacak alana iletilmesi ve
- c. alan içerisinde dağıtılması için gerekli yapı, araç, makina vb. unsurların bütünüdür.

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





- ▶ Hizmet götürülen alan açısından, *büyük sulama sistemleri*, binlerce hektar alana hizmet edecek şekilde kurulur. Çok sayıda tarım işletmesini kapsar.
- ▶ *Tarla sulama sistemleri* ise, bir ya da birkaç tarım işletmesine hizmet götüren küçük kapasiteli sulama sistemleridir.
- ▶ Su kaynağı, büyük sulama sistemlerinin tersiyer kanalları üzerindeki tarla prizleri olabileceği gibi, bir tarım işletmesine ya da kırsal yerleşim birimine ait kuyu, gölet, küçük akarsu, vb. olabilmektedir.
- ▶ Tarla sulama sistemine, çiftlik sulama sistemi, tersiyer altı sulama sistemi ya da tarla içi su dağıtım sistemi gibi isimler de verilmektedir.

- ▶ Suyun iletim ve dağıtım biçimi açısından, *yerçekimi sulama sistemleri*, ağırlıklı olarak yüzey sulama yöntemlerinin uygulandığı proje alanlarına kurulur. Su iletim ve dağıtımı açık kanallarla yapılır. Bu nedenle, bu tip sistemlere, **açık kanal sistemleri ya da yüzey sulama sistemleri adı da** verilmektedir.
- ▶ *Düşük basınçlı sulama sistemlerinin* kurulduğu alanda da, ağırlıklı olarak yüzey sulama yöntemleri uygulanır. Su iletimi ve dağıtımı düşük basınçlı boru hatları ile yapılır.
- ▶ *Yüksek basınçlı sulama sistemleri*, yağmurlama, damla, ağaç altı mikro yağmurlama gibi basınçlı sulama yöntemlerinin uygulandığı proje alanlarına kurulur. Su iletimi ve dağıtımı basınçlı boru hatları ile yapılır.

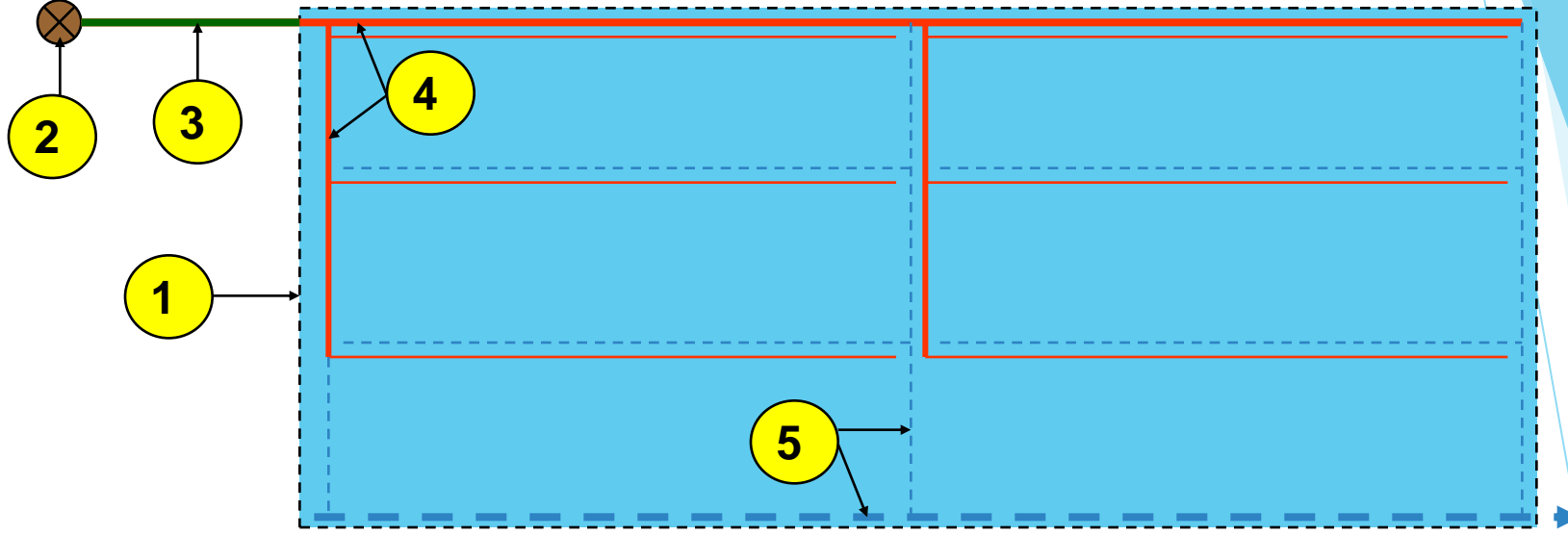
Sulama projesi;

a. sulu tarım alanı,

b. bu alana suyun iletilmesi ve dağıtılmasını sağlayan sulama sistemi,

c. alandaki fazla suyu uzaklaştıran drenaj sistemi ile alınan diğer tüm teknik ve biyolojik önlemlerin bütünüdür.

Sulama projesi unsurları



- 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 : -



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