

SULAMA-TEMEL KONULAR

(SULAMA SİSTEMLERİNİN TASARIMI DERSİ İÇİN)

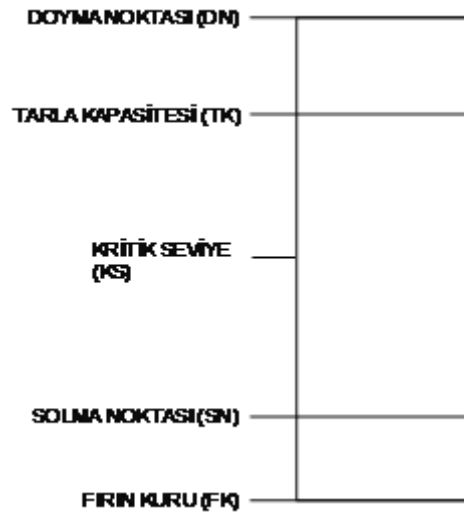
2. HAFTA

Sulama Açısından Önemli Toprak Nemi Sabiteleri

Sulama yönünden önemli toprak nemi sabiteleri tarla kapasitesi, solma noktası, doyma noktası ve kritik seviyedir.

Tarla kapasitesi (TK): Suya doymuş toprak drene olduktan sonra toprak gözeneklerinin tamamında tutulan su miktarıdır.

Solma noktası (SN): Bitkinin artık topraktan su alamadığı ve bu nedenle solduğu anda toprakta tutulan su miktarıdır.



Toprak nemi sabitelerinin grafiksel gösterimi

Doyma Noktası (DN): Gözeneklerin tümünün suyla dolu olduğu durumdur.

Fırın Kuru (FK): Toprak örneği fırında kurutulduktan sonra toprakta tutulan su miktarıdır.

Kritik seviye (KS): Bitkide stres yaratan ve verimin ve kalitenin düşmesine neden olan toprak nemi düzeyidir.

Sulama Açısından Önemli Toprak Nemi Sınıfları

Toprakta doyma noktası ile tarla kapasitesi arasında bulunan su zamanla (1-2 günde) yerçekiminin etkisiyle derine sızar ve **derine sızan su**, **cazibe suyu** veya **yerçekimi suyu** olarak isimlendirilir. Bu nedenle bitkinin bu suyu kullanamayacağı kabul edilir. Bitki solma noktasının altındaki suyu da kullanamaz, bu su da **kullanılmayan su** olarak isimlendirilir. Bitkinin kullanabileceği su, toprakta tarla kapasitesi ile solma noktası arasında tutulan su miktarıdır.

Birim toprak derinliği için kullanılabilir toprak nemi, o toprağın tarla kapasitesi ile devamlı solma noktası arasında tutulan nem miktarıdır ve **kullanılabilir su tutma kapasitesi** olarak isimlendirilir ($STK = TK - SN$). Bitkide strese neden olmadan tüketilebilecek olan (tüketilmesine

izin verilen) su miktarı ise, **izin verilen tüketim** olarak isimlendirilir. ($İVT = TK - KS$). Kritik seviye ile solma noktası arasındaki bölge ise stres bölgesidir (SB).

Toprağın tarla kapasitesi ve solma noktası değerleri, ağırlık yüzdesi veya hacim yüzdesi olarak ifade edilebilir. Eğer bu değerler ağırlık yüzdesi olarak ifade edilmişse birim derinlikteki (bir metre) toprak katmanı için su tutma kapasitesi (dk) aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$dk = (P_{wTK} - P_{wSN}) \times \gamma_t \times D = (P_{wTK} - P_{wSN}) \times \gamma_t \times 1000$$

Eşitlikte:

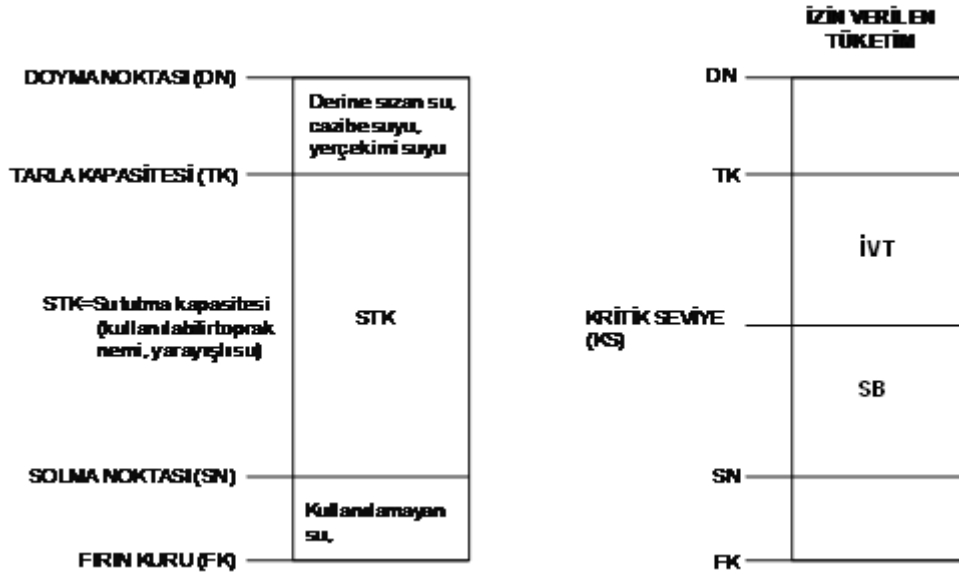
- dk : su tutma kapasitesi (mm/m),
 PwTK : tarla kapasitesindeki nem düzeyi (ağırlık yüzdesi),
 PwSN : solma noktasındaki nem düzeyi (ağırlık yüzdesi),
 D : toprak derinliği (mm),
 γ_t : toprağın (kuru toprak örneğinin) hacim ağırlığı (g/cm³) değerlerini göstermektedir.

Eğer bu değerler hacim yüzdesi olarak ifade edilmişse, bu durumda su tutma kapasitesi aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$dk = (P_{vTK} - P_{vSN}) \times D = (P_{vTK} - P_{vSN}) \times 1000$$

Eşitlikte:

- PvTK : tarla kapasitesindeki nem düzeyi (hacim yüzdesi),
 PvSN : solma noktasındaki nem düzeyi (hacim yüzdesi) değerlerini göstermektedir.



Toprak nemi sınıfları ve izin verilen tüketim bölgesi

Toprakların Hacim Ağırlığı, Tarla Kapasitesi, Solma Noktası ve Su Tutma Kapasitesi Değerleri

A. Ağırlık Yüzdesi cinsinden (Pw)				
Toprak bünyesi	Hacim Ağırlığı, γ_t (g/cm ³)	Tarla kapasitesi, Pw (%)	Solma noktası, Pw (%)	Su tutma kapasitesi, Pw (%)
Kum	1,67	7,5	3,2	4,3
Tınlı kum	1,67	10,6	4,3	6,3
Kumlu tın	1,62	14,0	5,7	8,3

İnce kumlu tın	1,57	18,6	7,9	10,7
Tın	1,52	22,9	10,0	12,9
Kumlu killi tın	1,47	27,4	14,2	13,2
Siltli tın	1,47	26,9	12,3	14,6
Killi tın	1,47	26,6	15,9	10,7
Siltli killi tın	1,42	28,0	14,1	13,9
Siltli kil	1,37	28,1	18,6	9,5
Kil	1,32	29,0	20,6	8,4
B. Hacim Yüzdesi cinsinden (Pv)				
Toprak bünyesi	Tarla kapasitesi, Pv (%)	Solma noktası, Pv (%)	Su tutma kapasitesi, Pv (%)	
Kum	12,5	5,3	7,2	
Tınlı kum	17,7	7,2	10,5	
Kumlu tın	22,7	9,2	13,5	
İnce kumlu tın	29,2	12,3	16,9	
Tın	34,8	15,2	19,6	
Kumlu killi tın	40,3	20,9	19,4	
Siltli tın	39,6	18,1	21,5	
Killi tın	39,1	23,4	15,7	
Siltli killi tın	39,7	20,0	19,7	
Siltli kil	38,6	25,4	13,2	
Kil	38,3	27,2	11,1	
C. Derinlik (su yüksekliği) cinsinden (mm/m)				
Toprak bünyesi	Tarla kapasitesi, d, (mm/m)	Solma noktası, d, (mm/m)	Su tutma kapasitesi, dk (mm/m)	
Kum	125	53	72	
Tınlı kum	177	72	105	
Kumlu tın	227	92	135	
İnce kumlu tın	292	123	169	
Tın	348	152	196	
Kumlu killi tın	403	209	194	
Siltli tın	396	181	215	
Killi tın	391	234	157	
Siltli killi tın	397	200	197	
Siltli kil	386	254	132	
Kil	383	272	111	

Toprakların Tarla Kapasitesi, Solma Noktası ve Su Tutma Kapasitesi Değerleri

Toprak bünyesi	Tarla kapasitesi* Pv (%)	Solma noktası* Pv (%)	Su tutma kapasitesi Pv (%)	Su tutma kapasitesi dk (mm/m)
Kum	9 (6-12)	4 (2-6)	5	50
Kumlu tın	14 (10-18)	6 (4-8)	8	80
Tın	22 (18-26)	10 (8-12)	12	120
Killi tın	27 (23-31)	13 (11-15)	14	140
Siltli kil	31 (27-35)	15 (13-17)	16	160
Kil	35 (31-39)	17 (15-19)	18	180

* Parantez içerisindeki değerler yaklaşık alt ve üst sınırları göstermektedir.

Örnek Problem 3: Toprak Nemi Sabiteleri Ve Toprak Nemi Sınıflarının Değerlerinin Belirlenmesi

Verilen:

Bir parselden alınan toprak örneklerinin analiz sonuçları aşağıda verilmiştir:

- Doyma noktası: $P_w = \%34$
- Tarla kapasitesi: $P_w = \%28$
- Solma noktası: $P_w = \%14$
- Toprağın hacim ağırlığı: $\gamma_t = 1,2 \text{ g/cm}^3$
- Yetiştirilen bitki için kritik seviye: $p = 0,50$
- Toprak derinliği: $D = 1 \text{ m}$

İstenen:

- Toprak nemi sabiteleri ve toprak nemi sınıflarının değerlerinin ağırlık yüzdesi, hacim yüzdesi ve derinlik cinsinden belirlenmesi

Çözüm:

1. Çözümün toprak nem kolonu üzerinde yapılması kolaylık sağlayacaktır.

Doyma noktasında (DN):

$$P_{V_{DN}} = P_{W_{DN}} \cdot \gamma_t = 0,34 \times 1,2 = 0,408 = \%40,8$$

$$d_{DN} = P_{V_{DN}} \cdot D = 0,408 \cdot 1000 = 408 \text{ mm/m}$$

Tarla akpasiitesi (TK) ve solma noktası (SN) için benzer şekilde hesaplanır.

Derine sızma (DS):

$$P_{W_{DS}} = P_{W_{DN}} - P_{W_{TK}} = 0,34 - 0,28 = 0,06 = \%6$$

$$P_{V_{DS}} = P_{V_{DN}} - P_{V_{TK}} = 0,408 - 0,336 = 0,072 = \%7,2$$

$$d_{DS} = d_{DN} - d_{TK} = 408 - 336 = 72 \text{ mm/m}$$

Toprağın kullanılabilir su tutma kapasitesi (TAM) benzer şekilde hesaplanır.

2. Bitkinin strese uğramadan kullanabileceği su miktarı (RAM) ve stres bölgesinde kullanabileceği su miktarının (SB) hesaplanması:

Kritik seviye: $p = 0,50$

$$P_{W_{KS}} = P_{W_{TK}} - (P_{W_{TK}} - P_{W_{SN}})p = 0,28 - (0,28 - 0,14)0,50 = 0,28 - 0,07 = 0,21 = \%21$$

$P_{V_{KS}}$ ve d_{KS} benzer şekilde hesaplanır.

$$RAM = TAM \times p = 168 \times 0,50 = 84 \text{ mm/m}$$

$$SB = TAM - RAM = 168 - 84 = 84 \text{ mm/m}$$

	Pw (%)	Pv (%)	d (mm/m) (D=1 m)
DN	34,0	40,8	408
DS	34-28=6,0	40,8-33,6=7,2	408-336=72
TK	28,0	33,6	336
TAM	28-14=14,0	33,6-16,8=16,8	336-168=168
SN	14,0	16,8	168

	Pw (%)	Pv (%)	d (mm/m)
DN	34,0	40,8	408
DS	34-28=6,0	40,8-33,6=7,2	408-336=72
TK	28,0	33,6	336
RAM	28-21=7,0	33,6-25,2=8,4	336-252=84
KS	21,0	25,2	252
SB	21-14=7,0	25,2-16,8=8,4	252-168=84
SN	14,0	16,8	168

Belirli Bir Toprak Derinliğindeki Su Miktarı

Buraya kadar ifade edilen su miktarları, birim toprak derinliği (1 m) için geçerlidir. Sulama ile ilgili çalışmalarda birim toprak derinliği yanında, bitki kök derinliğine göre farklı toprak katmanları için de toprak neminin hesaplanması gerekir.

Toprağın nem içeriğinin ağırlık yüzdesine veya hacim yüzdesine göre değeri, toprak derinliği ile değişmez, ancak toprak neminin derinlik (su yüksekliği) cinsinden değeri toprak derinliği ile değişir.

$$d = P_w \cdot \gamma_t \cdot D$$

$$d = P_v \cdot D$$

Eşitliklerde;

- d : toprakta bulunan nem miktarının derinlik cinsinden ifadesi (mm)
P_w : toprakta bulunan nem miktarının ağırlık yüzdesi cinsinden ifadesi (%)
P_v : toprakta bulunan nem miktarının hacim yüzdesi cinsinden ifadesi (%)
γ_t : toprağın (kuru toprak örneğinin) hacim ağırlığı (g/cm³)
D : toprak derinliği (mm) dir.

Burada önemli olan, d su derinliğinin hangi toprak derinliği (katmanı) için hesaplandığıdır ve birimi buna göre ifade edilir.

- Eğer birim toprak derinliği (D=1 m = 1000 mm) için hesaplanmışsa birimi mm/1000 mm olur (1000 mm toprak derinliğindeki su miktarının mm cinsinden ifadesi), ancak genellikle bu şekilde kullanılmaz ve basit olarak mm/m birimiyle ifade edilir (örneğin 120 mm/m).
- Eğer birim toprak derinliği dışındaki toprak derinlikleri için hesaplanmışsa birimi mm/D mm olur (D mm toprak derinliğindeki su miktarının mm cinsinden ifadesi). Örneğin D=0,5 m=50 cm=500 mm için d=60 mm olarak hesaplanmışsa, bunun farklı şekillerde ifade edilmesi mümkündür:
 - d=60 mm/0,5 m
 - d=60 mm/50 cm
 - d=60 mm (D=50 cm topraktaki nem)

Belirli Bir Toprak Derinliğinde İki Toprak Nemi Sabitesi Arasında Tutulan Su Miktarı:

Belirli bir toprak derinliğinde iki toprak nemi sabitesi arasında (örneğin tarla kapasitesi ile solma noktası arasında) tutulan su miktarı iki şekilde hesaplanabilir.

- Belirtilen toprak derinliğinde her iki sabite için tutulan su miktarları ayrı ayrı hesaplanır ve farkı alınır,
- Aşağıdaki eşitlikle doğrudan hesaplanır

$$d = (P_{w1} - P_{w2}) \cdot \gamma_t \cdot D$$

$$d = (P_{v1} - P_{v2}) \cdot D$$

Belirli bir toprak derinliğinde toprağın tarla kapasitesi ile solma noktası arasında tutulan su miktarına “**toplam kullanılabilir nem**” (**TAM**) adı verilir. Bu nem miktarının bitkide strese neden olmadan kullanılabilecek olan ve tarla kapasitesi ile kritik seviye arasında tutulan su miktarına karşılık gelen bölümüne ise “**izin verilen tüketim**” (**RAM**) adı verilir.

Örnek Problem 4: Etkili Kök Derinliğindeki Toprağın Su Tutma Kapasitesi ve İzin Verilen Tüketimin Belirlenmesi

Verilen:

- Örnek problem 3 te verilen toprak
- Bitkinin etkili kök derinliği: D=60 cm

- Kritik seviye: $p=0,55$
- Toprağın hacim ağırlığı: $\gamma_t=1,2 \text{ g/cm}^3$

İstenen:

Etkili kök derinliğindeki toprağın su tutma kapasitesi ve izin verilen tüketimin belirlenmesi

Çözüm:

1. Çözüm toprak nem kolonu üzerinde yapılabilir.

$$d_{TK} = P_{V_{TK}} \cdot D = 0,336 \times 600 \text{ mm} = 201,6 \text{ mm}$$

$$d_{SN} = P_{V_{SN}} \cdot D = 0,168 \times 600 \text{ mm} = 100,8 \text{ mm}$$

$$TAM = d_{TK} - d_{SN} = 201,6 - 100,8 = 100,8 \text{ mm}$$

Veya, $d = (P_{w1} - P_{w2}) \cdot \gamma_t \cdot D$ eşitliği kullanılarak:

$$TAM = (P_{w_{TK}} - P_{w_{SN}}) \cdot \gamma_t \cdot D = (0,28 - 0,14) \times 1,2 \times 600 = 100,8 \text{ mm}$$

	P_w (%)	P_v (%)	d (mm) ($D=0.6 \text{ m}$)
TK	28,0	33,6	201,6
TAM	$28 - 14 = 14,0$	$33,6 - 16,8 = 16,8$	$201,6 - 100,8 = 100,8$
SN	14,0	16,8	100,8

2. Bitkinin strese uğramadan kullanabileceği su miktarı (RAM) ve stres bölgesinde kullanabileceği su miktarının (SB) hesaplanması:

Kritik seviye: $p=0,50$

$$P_{w_{KS}} = P_{w_{TK}} - (P_{w_{TK}} - P_{w_{SN}})p = 0,28 - (0,28 - 0,14)0,55 = 0,28 - 0,077 = 0,203 = \%20,3$$

$$P_{v_{KS}} = P_{v_{TK}} - (P_{v_{TK}} - P_{v_{SN}})p = 0,336 - (0,336 - 0,168)0,55 = 0,336 - 0,092 = 0,244 = \%24,4$$

$$d_{KS} = d_{TK} - (d_{TK} - d_{SN})p = 201,6 - (201,6 - 100,8)0,55 = 201,6 - 55,4 = 146,2$$

$P_{v_{KS}}$ ve d_{KS} benzer şekilde hesaplanır.

$$RAM = TAM \times p = 168 \times 0,50 = 84 \text{ mm/m}$$

$$SB = TAM - RAM = 168 - 84 = 84 \text{ mm/m}$$

		Pw (%)	Pv (%)	d (mm) (D=0.6 m)
TK		28,0	33,6	201,6
	RAM	28-20,3=7,7	33.6-24,4=9,2	201,6-146,2=55,4
KS		20,3	24,4	146,2
	SB	20,3-14=6,3	24,4-16,8=7,6	146,2-100,8=45,4
SN		14,0	16,8	100,8

Belirli Bir Alandaki Su Miktarı

Eğer parsel alanı ve belirli bir toprak katmanında derinlik (su yüksekliği) cinsinden su içeriği biliniyorsa, bu alandaki toprakta bulunan su miktarı hacim veya ağırlık cinsinden hesaplanabilir.

$$V=A.d$$

$$W=V.\gamma_w$$

Eşitliklerde;

V : parseldeki toprakta D derinliğinde bulunan suyun hacmi (m³)

A : parsel alanı (m²)

d : D derinliğindeki toprakta bulunan su miktarı (m)

W : parseldeki toprakta D derinliğinde bulunan suyun ağırlığı (ton)

γ_w : suyun (+ 4 oC deki saf suyun) hacim ağırlığı (1 g/cm³, 1 ton/m³) dir.

Örnek Problem 5: Parselde Tutulan Su Miktarının Hacim ve Ağırlık Eşdeğeri

Verilen:

Bir parselde D=60 cm toprak derinliğinde tutulan toplam kullanılabilir su miktarı TAM= 72 mm olarak belirlenmiştir. Parsel alanı 15 dekadır.

İstenen:

Parselde D=60 cm toprak derinliğinde tutulan toplam kullanılabilir su miktarı hacim ve ağırlık olarak ne kadardır.

Çözüm:

1. Parselde tutulan su hacmi:

$$\text{Parsel alanı: } A=15 \text{ da}=15 \text{ 000 m}^2$$

$$\text{Tutulan Su miktarı: } d=TAM=72 \text{ mm}=0,072 \text{ m}$$

$$V= A.d=15000 \times 0,072 =360 \text{ m}^3$$

2. Parselde tutulan su ağırlığı:

Suyun hacim ağırlığı: $\gamma_w=1 \text{ ton/m}^3$

$$W=V.\gamma_w=360 \times 1 = 360 \text{ ton}$$

Örnek Problem 6: Havuzdan Parsele Verilen Su Miktarı Hesabı

Verilen:

Bir havuzda 400 m^3 sulama suyu depolanmıştır. Bu su, alanı 5 da olan parsele üniform olarak verilmiştir.

İstenen:

Parsele verilen sulama suyu miktarını derinlik olarak hesaplayınız.

Çözüm:

1. Parsele verilen su hacmi: $V=400 \text{ m}^3$
2. Parsel alanı: $A=5 \text{ da}=5000 \text{ m}^2$
3. Parsele verilen su miktarı (derinlik cinsinden)

$$d = V / A = 400 \text{ m}^3 / 5000 \text{ m}^2 = 0,080 \text{ m} = 80 \text{ mm}$$

Toprakta Belirli Bir Anda Bulunan Su Miktarı (Mevcut Nem)

Sulu tarımda belirli bir anda toprakta kök bölgesinde bulunan mevcut nem miktarının bilinmesi, sulama planlamasının açısından çok önemlidir. Mevcut nem düzeyine göre ve toprağın tarla kapasitesi, solma noktası, kritik seviye değerlerine göre sulamanın ne zaman yapılacağına ve ne kadar sulama suyu verileceğine karar verilebilir. Toprakta belirli zaman aralıklarıyla birkaç kez mevcut nem tayini yapılabilir. Mevcut nem bitki kök bölgesindeki topraktan farklı katmanlardan toprak örneği alınarak gravimetrik yaklaşımla veya çeşitli araçlar yardımıyla belirlenebilir.

Örnek Problem 7: Mevcut Nem Düzeylerinin Belirlenmesi

Verilen:

- Örnek problem 3 ve Örnek problem 4 te verilen toprak,
- Bitkinin etkili kök derinliği: $D=60 \text{ cm}$
- Kritik seviye: $p=0,55$
- Parselden 10 Mayıs 2010 tarihinde yapılan ölçümlerde etkili kök derinliğinde $P_w=\%22,2$ nem, 15 Mayıs 2010 tarihinde yapılan ölçümlerde etkili kök derinliğinde $P_w=\%18,8$ nem belirlenmiştir.

İstenen:

Her iki tarih için sulama zamanı ve sulama suyu miktarı ile ilgili görüş.

Çözüm:

1. Çözüm toprak nem kolonu üzerinde yapılabilir.

MR1 için: $P_w = \%22,1$

$$P_v = P_w \cdot \gamma_t = 0,221 \times 1,2 = 0,266 = \%26,6$$

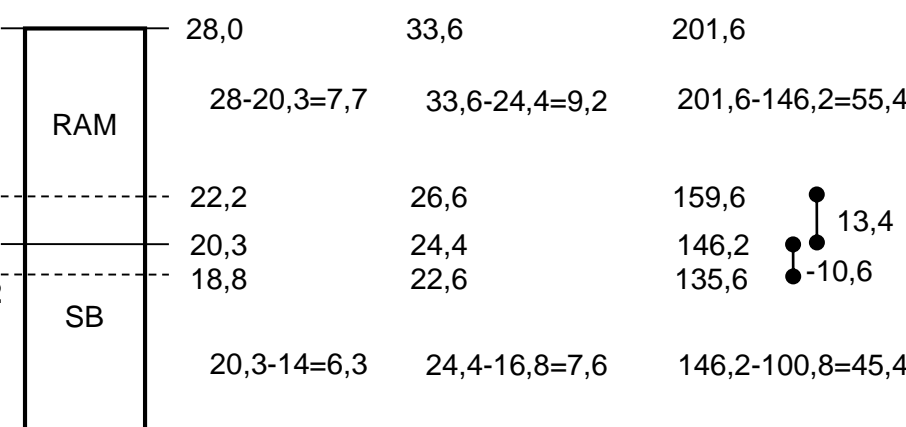
$$d = P_v \cdot D = (0,266)600 = 159,6 \text{ mm/m}$$

MR2 için: $P_w = \%18,8$

$$P_v = P_w \cdot \gamma_t = 0,188 \times 1,2 = 0,226 = \%22,6$$

$$d = P_v \cdot D = (0,226)600 = 135,6 \text{ mm/m}$$

	P_w (%)	P_v (%)	d (mm) ($D=0.6$ m)
TK	28,0	33,6	201,6
RAM	$28 - 20,3 = 7,7$	$33,6 - 24,4 = 9,2$	$201,6 - 146,2 = 55,4$
MR1	22,2	26,6	159,6
KS	20,3	24,4	146,2
MR2	18,8	22,6	135,6
SB	$20,3 - 14 = 6,3$	$24,4 - 16,8 = 7,6$	$146,2 - 100,8 = 45,4$
SN	14,0	16,8	100,8



2. MR1 için yorum:

MR1 ile KS farkı: $159,6 - 146,2 = 13,4$ mm

Toprakta bitkinin stres oluşmadan kullanabileceği 13,4 mm nem kalmıştır.

Eğer çiftçinin mevcut sulama suyu miktarı yeterliyse ve bitkide stres yaratmak istemiyorsa, çiftçi mevcut iklim koşullarına ve bitki su tüketimine göre tahmin edeceği süre kadar sonra (günlük su tüketimi 6 mm/gün civarında ise 2 gün sonra) sulama yapmalıdır.

Eğer çiftçi beklenmek istemiyorsa hemen sulama yapabilir. Bu durumda mevcut nemi tarla kapasitesine çıkarabilmek için $d = 201,6 - 159,6 = 42,0$ mm sulama suyu vermelidir.

3. MR2 için yorum:

MR2 ile KS farkı: $135,6 - 146,2 = -10,6$ mm

Çiftçi sulama yapmadığından bitkide stres başlamıştır.

Eğer çiftçi bitkide daha fazla stres yaratmak istemiyorsa, hemen sulama yapmalıdır. Bu durumda mevcut nemi tarla kapasitesine çıkarabilmek için $d = 201,6 - 135,6 = 66,0$ mm sulama suyu vermelidir.

Örnek Problem 8: Toprağın Su Tutma Kapasitesi Hesabı

Verilen:

Bir parselden farklı katmanlarda alınan toprak örneklerinin laboratuvar analizi sonuçları aşağıda verilmiştir.

Derinlik cm	Bünye Sınıfı	Hacim Ağırlığı, γ_t , gr/cm ³	Tarla Kapasitesi, Pw, %	Solma Noktası, Pw, %
0-30	SiC	1,15	33,52	16,25
30-60	SiC	1,28	33,87	15,87
60-90	CL	1,27	29,74	13,78
90-120	CL	1,26	29,70	13,65

İstenen:

Toprağın su tutma kapasitesinin belirlenmesi (dk, mm/m)

Çözüm:

- Her toprak katmanında tutulan su miktarı hesaplanır. 0-30 cm toprak katmanında tutulan su miktarı: (D=30 cm=300 mm)

$$d_{0-30}=(Pw1- Pw2) \cdot \gamma_t \cdot D=(0,3352-0,1625) \times 1,15 \times 300=59,6 \text{ mm}$$

$$d_{30-60}=(Pw1- Pw2) \cdot \gamma_t \cdot D=(0,3387-0,1587) \times 1,28 \times 300=69,1 \text{ mm}$$

$$d_{60-90}=(Pw1- Pw2) \cdot \gamma_t \cdot D=(0,2974-0,1378) \times 1,27 \times 300=60,8 \text{ mm}$$

$$d_{90-120}=(Pw1- Pw2) \cdot \gamma_t \cdot D=(0,2974-0,1378) \times 1,27 \times 300=60,7 \text{ mm}$$

- Su tutma kapasitesi (D=1m=100 cm yani 0-100 cm toprak katmanı için), ilk 3 katmanda tutulan su miktarları toplamına son katmanda tutulan suyun üçte biri ilave edilerek bulunur:

$$dk=59,6+69,1+60,8+(60,7/3)=209,7=210 \text{ mm/m}$$

Derinlik cm	Hacim Ağırlığı, γ_t , gr/cm ³	Tarla Kapasitesi, Pw, %	Solma Noktası, Pw, %	Tutulan su miktarı, d (mm/30 cm)
0-30	1,15	33,52	16,25	59,6
30-60	1,28	33,87	15,87	69,1
60-90	1,27	29,74	13,78	60,8
90-120	1,26	29,70	13,65	60,7
0-100				209,7

Sulama Suyu Uygulanacak Toprak Derinliği

Sulama programlaması çalışmalarında sulamada ıslatılacak toprak derinliğine karar verilirken, bitkinin etkili kök derinliği, bu derinliğin zaman boyutundaki değişimi ve etkili toprak derinliği gözönüne alınmaktadır. Bu nedenle bitki kök derinliğinin değişiminin bilinmesine gerek duyulmaktadır. Etkili kök derinliği veya etkili toprak derinliğinden hangisi küçükse, o değer ıslatılacak toprak derinliği olarak göz önüne alınır.

Örnek Problem 9: ıslatılacak Toprak Derinliğinin Belirlenmesi**Verilen:**

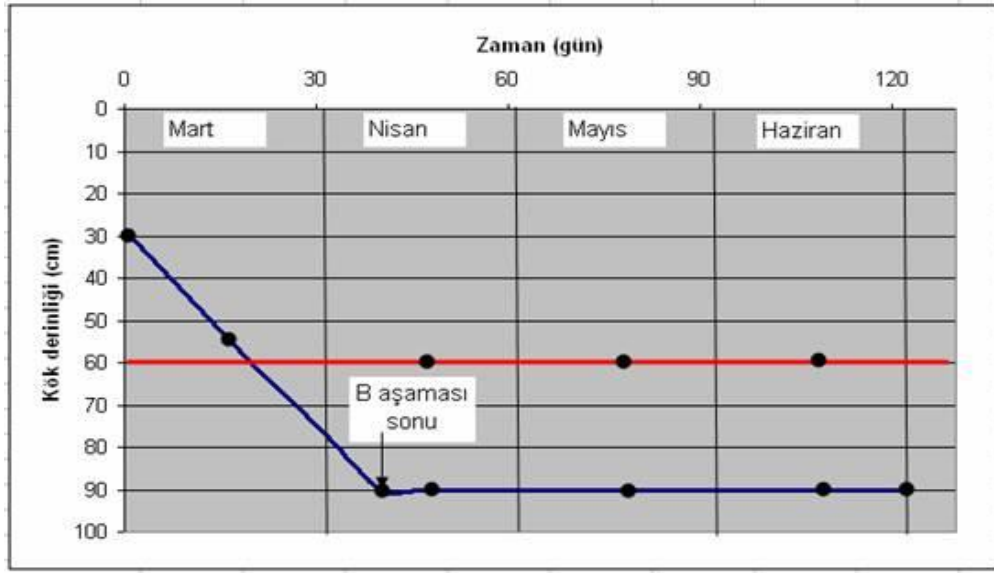
Bir çiftçi serada domates tarımı yapacaktır. Yörede domatesin yaklaşık ekim ve hasat tarihleri 1 Mart-30 Hazirandır. Domates için ikinci gelişme aşaması (B aşaması) sonu 40. gün olarak belirlenmiştir. Serada toprak katmanının kalınlığı 60 cm dir.

İstenen:

Sulamalar sırasında ıslatılacak (sulama suyu uygulanacak) toprak derinliğinin zaman boyutunda değişimi

Çözüm:

1. Domates tek yıllık olduğu için ekim anında kök derinliği 0,30 m olarak alınır: $D_1=0,30$ m
2. Domatesin etkili kök derinliği (maksimum): 0,9 m (Güngör ve ark. 2004): $D=0,9$ m
3. Yatay ekseninde zaman, düşey ekseninde derinlik alınarak bir grafik hazırlanır, başlangıç (ilk gün) kök derinliği 30 cm olarak işaretlenir, B aşaması sonu olan 40. günün derinliği, maksimum etkili kök derinliği yani 90 cm olarak işaretlenir, iki nokta bir doğru ile birleştirilir. Sonra 40. günden hasada kadar etkili kök derinliği 90 cm olarak çizilir.



5. Sulama hesaplamalarında kullanılacak aylık ortalama kök derinlikleri, her ayın yetiştirme dönemindeki günlerin orta noktasındaki (tam aylar için 15. gün) kök derinliklerine karşılık gelir.

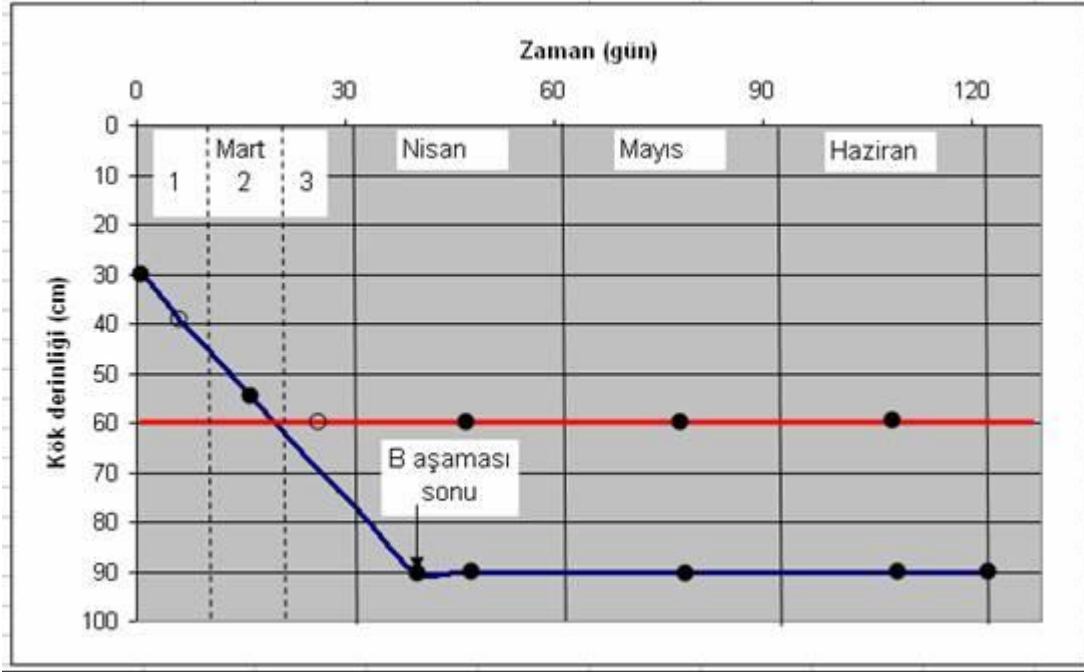
Aylar	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran
D (m)	0,54	0,90	0,90	0,90

1. Ancak seradaki maksimum toprak derinliği (etkili toprak derinliği) 0,6 m olduğundan, ıslatılacak toprak derinliği 0,6 metreyi geçemez, onun için çizelgedeki 0,6 m üzerindeki değerler 0,6 m olarak değiştirilir

Islatılacak toprak derinliği:

Aylar	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran
D (m)	0,54	0,60	0,60	0,60

2. Mart ayında etkili toprak derinliği zaman boyutunda değişim göstermektedir, diğer aylarda sabittir. Bu nedenle mart ayında yapılacak sulamalarda ıslatılacak toprak derinliğini ortalama 0,54 m almak yerine, onar gñnlük dönemler için ıslatılacak toprak derinliğinin bulunması daha sağlıklı olacaktır.



Islatılacak toprak derinliği:

Aylar	Mart-1	Mart-2	Mart-3	Nisan	Mayıs	Haziran
D (m)	0,39	0,54	0,60	0,60	0,60	0,60