

2. SULAMALI TARIM SİSTEMLERİNE YÖNELİK PARAMETRİK DEĞERLENDİRME

Bu parametrik değerlendirme yönteminin amacı (Sys and Verheye, 1974), sulamalı tarım sistemlerinin değerlendirilebilmesine olanak veren bir yöntemi göstermektir. Yine, bir toprak profilinin alışıla-gelen toprak özellikleri ve fiziko-kimyasal karakteristiklerine dayandırılmış bir yöntemi sulanan araziler için sağlamaktır.

Göz önünde bulundurulan esas arazi kullanım tipi “sulamalı tarım”dır.

2.1. YAKLAŞIM

2.1.1 Seçilmiş Arazi Karakteristikleri

İlk olarak, sulamalı tarım koşullarını ilgilendiren bu yöntemde, bir bitki yetiştirme ortamı olan toprağın, gerekli su ve bbe’ni elverişli biçimde ve en ekonomik şekilde sağlaması öngörülmüştür.

Bu yüzden, sulama için toprak uygunluğunu etkileyen unsurlar aşağıda 4 alt grupta verilmiştir:

- (1) FİZİKSEL ÖZELLİKLER, toprak bünyesi, yapısı ve derinliği ile ilişkili olan toprak su geçirgenliği ve elverişli su içeriği gibi “solum”daki toprak su ilişkilerini belirleyen toprak fiziksel özellikleridir. Toprak profilindeki CaCO₃ ve jips (CaSO₄) durumu da burada düşünülmektedir;
- (2) KİMYASAL ÖZELLİKLER, çözünebilir tuzlar ve değişebilir Na gibi tuzluluk / alkalilik ile ilişkilendirilir;
- (3) DRENAJ ÖZELLİKLERİ; ve
- (4) ÇEVRESEL ETMENLER, örneğin eğim.

2.1.2. ARAZİ YETENEK SINIFI

Sulama toprak uygunluğunu etkileyen farklı arazi karakteristikleri değerlendirilir ve bir “sulama arazi indisi” (C_i), Eş. [1]’e göre hesaplanır:

$$C_i = A \times \frac{B}{100} \times \frac{C}{100} \times \frac{D}{100} \times \frac{E}{100} \times \frac{F}{100} \times \frac{G}{100} \quad [1]$$

Burada,

C_i: sulama yetenek indisi

A: bünye değeri

B: toprak derinlik değeri

C: CaCO₃ durum değerlemesi

D: jips (CaSO₄) durum değerlemesi

E: tuzluluk/alkalilik değerlemesi

F: drenaj değerlemesi
G: eğim değerlemesi

Yetenek sınıfları, yetenek indisi değerlerine göre tanımlanır (izelge 2.1).

Çizelge 2.1. Farklı yetenek sınıfları için yetenek indisleri

Yetenek indisi	Yetenek sınıfı	Tanım
> 80	I	Mükemmel
60 – 80	II	Uygun
45 – 60	III	Hafif-derecede uygun
30 – 45	IV	Hemen hemen uygun
≤ 30	V	Uygun değil

II. sınıf ve V. sınıflar, sınırlayıcı etmenlerin doğasına göre aŐaęıdaki alt sınıflara sahiptir.

s - toprak fiziksel özellikleri kaynaklı sınırlar (A, B, C, D);
n – tuzluluk/alkalilik kökenli sınırlamalar (E);
w – ıslaklık sınırlamaları (F);
t – topoğrafik sınırlamalar (G).

2.1.3. BÜNYE

Bünye, su geçirgenliği ve elverişli su içeriği (izelge 2.2) ile ilişkili olarak değerlendirilir. Toprak profilinin bünye değerlemesi, 1 m derinliğe veya sığ toprak profilleri için etkili toprak derinliğine kadar hesaplanılan ağırlıklı ortalama değerlemesidir (her bir toprak horizonu için belirlenmesi gerekli bir değerlemedir). Örneğin, > %75 hacimsel % olarak kaba parçalar içeren bir horizon bir sınırlayıcı toprak katmanı oluŐturur ve etkili toprak derinliğini düŐürür ve toprak derinliği ile birlikte değerlendirilmelidir.

Çizelge 2.2. Sulama için bünye sınıfları değerlemesi

Bünye sınıfı	Değerleme				
	≤ 15 v%* akıl	İnce akıllı (v%)		Kaba akıllı (v%)	
		15 - 35	35 - 75	15 - 35	35 - 75
CL + SiCL	100	90	80	80	50
SCL	95	85	75	75	45
L + SiL + Si	90	80	70	70	45
SiC + C < 60%	85	95	80	80	40
SC	80	90	75	75	35
SL	75	65	60	60	35
C > 60%	65	65	55	55	30
LS	55	50	45	45	25
S	30	25	25	25	25

*hacim yüzdesi

2.1.4. TOPRAK DERİNLİĞİ

Toprak derinliği, kök gelişimini veya su geçirgenliğini engelleyen bir sınırlayıcı katman üzerindeki gevşek toprak kalınlığı olarak tanımlanır. Bu sınırlayıcı katmanların en yaygın çeşitleri:

- en azından 75 v% kaba parçalarına sahip bir sıkışmamış çakıllı veya taşlı horizon;
- en az 30 cm kalınlığı olan, ve en az 75 v% kalsiyum karbonat veya jips (veya her ikisi birarada) içeren devamlı, oldukça sıkışmış katman (kalsiyum karbonat veya jipsli katman); ve
- 10 cm'den kalın devamlı bir sert kaya katmanı (hardpan)

Çizelge 2.3. Sulama için derinlik değerlemesi

Toprak derinliği (cm)	Değerleme
< 20	30
20 – 50	60
50 – 80	80
80 – 100	90
≥ 100	100

2.1.5. KALSİYUM KARBONAT DURUMU

Topraktaki serbest kireçin varlığı, yalnız toprak kütlelerinin yapısal düzenlenmesi üzerinde değil, yani su geçirgenlik oranı (infiltrasyon) ve buharlaşma (evaporasyon) üzerine doğrudan etkisinin yanında, tamamiyle “solum”un toprak tepkimesi ve fiziko-kimyasal yapılaşmasında da bir rol oynar. Böylece, kalsiyum karbonat durumu, aynı zamanda, toprağın toprak-su ilişkileri ve bitki gelişimi için toprağın elverişli bbe sağlanımını da büyük oranda etkiler.

Ortalama bir CaCO₃ içeriği sulama için toprak uygunluğu üzerinde yararlı bir etkiye sahiptir. Fakat, yüksek içerikler sulamada toprak geçirgenliğini sınırlar ve böylece kök sistemi gelişimini sınırlar. Çizelge 4.4 bu parametrik değerlendirme sisteminde kullanılan CaCO₃ değerlemesini verir. Toprak profilinin CaCO₃ içeriği yüzeysel 1 m'lik derinlikteki ağırlıklı ortalamayı temsil eder.

Çizelge 2.4. CaCO₃ içerik değerlendirme

CaCO ₃ (%)	Değerleme
≥ 50	80
25 – 50	90
10 – 25	100
0,3 - 10	95
< 0.3	90

2.1.6. JİPS DURUMU

Jips etkisi CaCO_3 'ın etkisi ile karşılaştırılabilir, su alımı üzerine etkisi olduğu kadar , bbe denge elverişliliği ile de etkileşir. Fakat, jips “kalsiyum karbonat”dan daha çözünebilirdir ve sulama altında çözünme sonucunda arazi yüzeyinde çukurluklar oluşabilir. Bu nedenle yüksek jips içeriğine sahip topraklar önemli ölçülerde düşük derecelendirilmektedir

Çizelge 4.5’de değerlemeler önerilmiştir. Jips içeriği 100 cm’lik üst katmanlar için ağırlıklı ortalamayı temsil eder.

Çizelge 2.5. Jips içerik değerlemesi

CaSO ₄ (%)	Değerleme
≥ 50	30
25 – 50	60
10 – 25	85
0,3 - 10	100
< 0,3	90

2.1.7. TOPRAK TUZLULUK / ALKALİLİĞİ

Tuzluluk ve alkaliliğin istenilmeyen etkilerinin değerlendirilmesi Çizelge 6’da verilmiştir. Değişebilir sodyum yüzdesi (ESP) (Eş. [2]) ve doyunluk süzüğünde yapılan elektriksel iletkenlik (ECe) değerleri, üst 100 cm’lik kısım için ağırlıklı ortalamadır. Değerlendirme toprak bünyesine bağlıdır; tuzluluk ve alkaliliğe ince bünyeli topraklar çok daha duyarlıdır ve kaba bünyeli topraklardan daha zor ıslah edilirler.

$$ESP = \frac{Na^+}{KDK} \cdot 100 \quad [2]$$

Çizelge 2.6. Tuzluluk ve alkalilik değerlemesi

ESP (%)	Doygunluk süzüğünde elektriksel iletkenlik ECe (dS m ⁻¹)				
	0 - 4	4 - 8	8 - 16	16 - 30	> 30
0 - 8	100 / 100*	95 / 90*	90 / 80*	85 / 70*	80 / 60*
8 - 15	95 / 90*	90 / 80*	85 / 70*	80 / 60*	75 / 50*
15 - 30	90 / 80*	85 / 70*	80 / 60*	75 / 50*	70 / 40*
> 30	85 / 70*	80 / 60*	75 / 50*	70 / 40*	65 / 30

* kil, siltli kil, kumlu kil

2.1.8. DRENAJ

İyi olmayan veya zayıf drenaj kesinlikle sınırlayıcı bir etmendir. Sulama için drenaj sorunları toprak bünyesi ve derinliği ile yeraltı suyunun tuzluluk derecesi ile ilişkilidir. Değerleme Çizelge 2.7’de verilmiştir.

Çizelge 2.7. Bünye ve yeraltı suyu tuzluluğu ile ilişkili olarak drenaj sınıflarının değerlemesi

Drenaj sınıfı	Değerleme			
	Kil, siltli kil, kumlu kil, siltli kil tın		Diğer bünyeler	
-	Tuzsuz yeraltı suyu	Tuzlu yeraltı suyu	Tuzsuz yeraltı suyu	Tuzlu yeraltı suyu
İyi drene olan topraklar; indirgenme benekleri derinlikleri				
- > 3,0 m	100	100	100	100
- 2,0 – 3,0 m	95	85	100	100
- 1,2 – 2,0 m	90	75	95	95
Orta derecede iyi drene olan topraklar; indirgenme benekleri derinliği				
- 0,8 – 1,2 m	80	50	90	70
Yetersiz ölçüde drene olan topraklar; indirgenme benekleri derinliği				
- 0,4 – 0,8 m	70	35	80	60
Zayıf ölçülerde drene olan topraklar; indirgenme benekleri derinliği				
- < 0,4 m	60	30	65	40
Çok zayıf ölçülerde drene olan topraklar; indirgenme horizonu derinliği				
- < 0,4 m	40	20	65	30

2.1.9. EĞİM

Bir arazinin sulama yeteneğini etkileyen en baskın topoğrafik öge “eğim”dir. Bu yöntemde arazinin genel eğimi değerlendirilmektedir. Ayrıca, değerlendirmede teraslanmış ve teraslanmamış eğimler arasındaki farklılıklar da göz önünde bulundurulmuştur. Değerlemeler Çizelge 2.8’de verilmiştir.

Çizelge 2.8. Eğim değerlemesi

Eğim sınıfı (%)	Değerleme	
	terassız	teraslı
0 - 1	100	100
1 - 3	95	95
3 - 5	90	95
5 - 8	80	95
8 - 16	70	85
16 - 30	50	70
>30	30	50

2.2. ÖRNEK ÇÖZÜM

2.2.1. VERİ: MARVEDASHT - İRAN TOPRAK PROFİLİ

Bitki örtüsü	Nadas
Fizyografya	Cur ırmağı kıyı birikintileri
Röliyef	Eğim
Eğim dikliği	%2,5
Toprak sınıflandırması	Typic Xerofluvent
Ana materyal	Alüvyal
İç drenaj	İyi, 3,90m'de tuzlu yer altı suyu seviyesi (tablası)

Toprak profil tanımlaması

Ap	0 - 20 cm	10YR 4/3 kuru; silt tın, küçük granüler yapı; çok kırılğan, az ince kökler, kesin düz sınır.
C1	20 - 45 cm	7,5YR 4/4 kuru; sitli kil tın, kuvvetli orta ve küçük yarı köşeli blok yapı; hafif sert, yapışkan, plastik; çok-az çok ince kökler; belirli düz sınır.
C2	45 - 90 cm	10YR 5/3 kuru; silt tın, küçük kireçli çakıl; zayıf - masif; kesin düz sınır.
C3	90 - 120+ cm	10YR 5/3 kuru; siltli kil tın, zayıf - masif;.

Çizelge 2.9. Marvedasht – İran'daki toprak biriminin analitik toprak verileri

Horizon	Derinlik (cm)	Tane büyüklük dağılımı (%w)				O.C (%)	pH_H ₂ O	CaCO ₃ (%)	CaSO ₄ (%)
		Kil	Silt	Kum	Çakıl				
Ap	0 – 20	24	64	12	0	0,74	8,4	39	0,23
C1	20 – 45	34	60	6	0	0,58	8,6	39	0,23
C2	45 – 90	20	60	20	44	0,42	8,6	38	0,16
C3	90–120+	32	58	10	0	0,54	8,6	36	1,20
Horizon	Derinlik (cm)	Değişebilir Katyonlar (cmol(+) kg ⁻¹)				KDK (cmol(+) kg ⁻¹)	BD (g cm ⁻³)	ESP (%)	ECe dS m ⁻¹
		Ca	Mg	K	Na				
Ap	0 – 20				0,6	13,4	1,48	4,1	1,1
C1	20 – 45				1,5	13,4		11,2	1,2
C2	45 – 90				2,3	10,6		21,6	3,3
C3	90–120+				4,4	11,4		38,6	8,6

2.2.2 ARAZİ KAREKTERİSTİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

2.2.2.1. Bünye değerlemesi

Bünye profil boyunca bünye değiştiği için, 1 m'ye veya sınırlayıcı katmana kadar ağırlıklı ortalama değerleri hesaplanmalıdır. 1 m içerisinde bir sınırlayıcı katman kayıt edilmemiştir. C2 horizonunda ağırlıkça %44 kireçli çakıl belirlenmiştir. Bu çakıl içeriğini hacim% (v%)'ne çevirmek için, 2,65 g cm⁻³ tane özgül ağırlığı göz önünde bulundurulmuştur.

- Ap (20 cm):
 - Bünye sınıfı = SiL
 - Çakıl = %0 (v%) → R(Ap) = 90
- C1 (25 cm):
 - Bünye sınıfı = SiCL
 - Çakıl = %0 (v%) → R(C1) = 100
- C2 (45 cm):
 - Bünye sınıfı = SiL
 - Çakıl = %44 (w%) = $44 \times \frac{1,48}{2,65} = 25v\%$ (v%) → R(C2) = 80
- C3 (10 cm)*:
 - Bünye sınıfı = SiCL
 - Çakıl = %0 (v%) → R(C3) = 100

$$A = [(20 \times 90) + (25 \times 100) + (45 \times 80) + (10 \times 100)] / 100 = 89$$

* üst 1 m'lik profil bölümü hesaplamalara konu edilmiştir $(100 - (20 + 25 + 45)) = 100 - 90 = 10$.

2.2.2.2. Toprak derinlik değerlemesi

C1 ve C2 horizonlarında zayıf – masif toprak yapısı belirlenmiştir. Fakat, toprak yapısının köklenmeyi ciddi bir şekilde etkileyip etkilemeyeceği açıkça belirtilmemiştir. Bu yüzden toprak derinliği > 100 cm kabul edilmiştir.

→ B = 100

2.2.2.3. CaCO₃ değerlemesi

1 m toprak profil derinliği boyunca CaCO₃ içeriğinin yeniden hesaplanması gereklidir.

$$\text{CaCO}_3 = [(39 \times (20 - 0)) + (39 \times (45 - 20)) + (38 \times (90 - 45)) + (36 \times (100 - 90))] / 100 = \%38$$

→ C = 90

2.2.2.4. CaSO₄ değerlemesi

1 m toprak profil derinliği boyunca CaSO₄ içeriğinin yeniden hesaplanması gereklidir.

$$\text{CaSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O} = [(0,23 \times (20 - 0)) + (0,23 \times (45 - 20)) + (0,16 \times (90 - 45)) + (1,20 \times (100 - 90))] / 100 = \%0,30$$

→ D = 100

2.2.2.5. Tuzluluk / alkalilik değerlemesi

1 m toprak profil derinliği boyunca elektriksel iletkenliğin ağırlıklı ortalama olarak hesaplanması gereklidir.

$$\text{EC}_e (\text{dSm}^{-1}) = [(1,1 \times (20 - 0)) + (1,2 \times (45 - 20)) + (3,3 \times (90 - 45)) + (8,6 \times (100 - 90))] / 100 = 2,9 \text{dSm}^{-1}$$

1 m toprak profil derinliği boyunca değişebilir sodyum yüzdesinin ağırlıklı ortalama olarak hesaplanması gereklidir.

$$\% \text{ESP} = [(4,1 \times (20 - 0)) + (11,2 \times (45 - 20)) + (21,6 \times (90 - 45)) + (38,6 \times (100 - 90))] / 100 = \%17,2$$

Bünye doğrulaması: kil yok, siltli kil veya kumlu kil bünye

→ E = 90

2.2.2.6. Drenaj değerlemesi

Drenaj: iyi

Bünye sınıfı (USDA)*: SiL ve SiCL (Çizelge 2.7'den SiCL seçilmiştir)

Yer altı suyu: 3,90 m'de tuzlu

* USDA: United State Department of Agriculture (ABD Tarım Bakanlığı)

→ F = 100

2.2.2.7. Eğim değerlemesi

Eğim: %2,5

Terassız

→ G = 95

2.2.3. YETENEK İNDİSİ VE YETENEK SINIFI BELİRLENMESİ

Yıllık bitkiler için

$$C_i = 89 \times \frac{100}{100} \times \frac{90}{100} \times \frac{100}{100} \times \frac{90}{100} \times \frac{100}{100} \times \frac{95}{100} = 68$$

→ Sınıf II, Uygun

→ Alt sınıflar: güçlü sınırlama yok, fakat alkalilik ve tuzluluğun daha fazla yükselmesini engellemek için iyi kaliteli (nitelikli) sulama suyu kullanılmalıdır (n)

2.2.4. SONUÇLARIN ÖZETİ

Sonuçların bir özeti Çizelge 2.10'da verilmiştir.

Çizelge 2.10. Marvedasht – İran sulama için yetenek sınıflaması sonuçları

Sc	Faktör (Etmen)	Parametre	Değer	Değerleme
s	A	bünye		89
		Ap: siltli tın		
		C1: siltli kil tın		
		C2: siltli tın %25 (v%)küçük CF		
		C3: siltli kil tın		
s	B	Toprak derinliği (cm)	> 100	100
s	C	CaCO ₃ (%)	38	90
s	D	CaSO ₄ H ₂ O(%)	0,30	100
n	E	ECe (dS m ⁻¹)	2,9	
		ESP (%)	17,2	90
w	F	Drenaj	İyi	100
		Bünye sınıfı	SiCL	
		Yer altı suyu	Tuzlu, 3,9 m	
t	G	Eğim (%)	2,5	95
Ci				68
Sınıf				II
Altsınıf				(n)

2.3. ÖDEV

1.2.1. VERİ: MT5 TOPRAK PROFİLİ

Bitki örtüsü	Dağınık seyrek ağaçlar ile otlı savana
Fizyografya	Alçak plato
Röliyef	Hemen hemen düz
Eğim dikliği	%2
Toprak profili	MT5
Toprak sınıflandırması	Kalsik Luvisol
Ana materyal	Alüvyal
İç drenaj (internal drenaj)	Orta derecede iyi drenajlı
Yer-altı suyu seviyesi	Belirlenmedi (Kayıt edilmedi, gözlenmedi)

Toprak profil tanımlaması

Ah	0 – 20 cm	10YR 3/3 kuru, 10YR 3/2 nemli; tın; çakıllı (demir oksitli çakıl); orta orta yarı köşeli blok; kırılğan; köpürme yok; bol miktarda ince kökler; belirli dalgalı sınır.
Bt	20 – 40 cm	10YR 3/2 kuru, 10YR 2/2 nemli; kil tın; az çakıllı (küçük demir oksitli çakıl); orta orta prizmatik; az ölçüde sert – sert; zayıf köpürme; çok ince ve orta kökler; tedrici düz sınır.
BCc	40 – 69 cm	10YR 5/3 kuru, 10YR 5/2 nemli; kumlu kil tın; orta – kaba – çok kaba yarı-köşeli blok; sert; orta ölçüde köpürme; kök yok (köksüz), birkaç orta – kaba kalkerli nodüller.
Ccm	69+ cm	Petrocalcic horizon

Çizelge 2.11. MT5 toprak profilinin analitik toprak verileri

Horizon	Derinlik (cm)	Tane büyüklük dağılımı (%w)			Çakıl (%v)	O.C (%)	pH _{H2O}	CaCO ₃ (%)	CaSO ₄ (%)
		Kil	Silt	Kum					
Ah	0 – 20	22	45	33	25	1,03	6,9	0	0
Bt	20 – 40	33	25	42	8	0,63	7,5	6	5
BCc	40 – 69	30	12	58	0	0,21	7,9	12	9
Ccm	69+	-	-	-	-	-	-	76	-
Horizon	Derinlik (cm)	Değişebilir Katyonlar (cmol(+) kg ⁻¹)				KDK (cmol (+) kg ⁻¹)			ECe dS m ⁻¹
		Ca	Mg	K	Na				
Ah	0 – 20	5,3	4,8	0,6	1,2	12,9			0,3
Bt	20 – 40	14,3	5,4	0,9	2,5	17,3			5,4
BCc	40 – 69	15,6	6,2	0,8	3,2	23,5			8,1
Ccm	69+	-	--	-	-	-			-

2.3.2. ÖDEV

Sulama amaçlı parametrik değerlendirme yönteminine göre “toprak profili MT5” nin yetenek sınıfını belirleyiniz?

2.3. KAYNAKLAR

Sys, C. and Verheye, W. 1974. Land evaluation for irrigation of arid regions by the use of the parametric method. Trans. 10th International Soil Congress, Moscow, 10: p. 149 - 155.