

## SULAMA PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİNDE YENİ YAKLAŞIMLAR

A. Osman DEMİR

Hasan DEĞİRMENCİ

Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Görükle -BURSA

### Özet

Suyun tarım ve tarım dışı kullanıcıları arasındaki rekabetin artması ile birlikte, su tasarrufu konusu gündeme gelmiştir. Tarımda su en fazla sulama amacıyla kullanılmaktadır. Bu nedenle sulama sistemlerinin planlama, projelendirme ve yönetiminde, suyun etkin kullanımı çoğunlukla bitkisel üretim kadar önemlidir. Bugüne kadar sulama performans değerlendirilmesine yönelik çok sayıda gösterge geliştirilmiştir. Farklı sulama performans göstergelerini nitelendirmek için ortaya konan yaklaşım ve tanımlamaları standart hale getirmek gerekmektedir.

Bu çalışmada; çeşitli araştırmacılar ve ASCE (Amerikan İnşaat Mühendisleri Birliği) komitesi tarafından geliştirilen; sulama randımanı, sulama tüketimsel kullanım katsayısı, sulama uygunluğu, dağıtım üniformluluğu, uygulama randımanı, potansiyel uygulama randımanı ve düşük çeyrek yeterliliği gibi farklı performans göstergelerinin bir özeti verilmiştir. Bu çalışmanın amacı, yeniden tanımlanan sulama performans göstergelerini ortaya koymaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Sulama Randımanı, Dağıtım Üniformluluğu, Uygunluk, Yeterlilik

### New Approaches on Irrigation Performance Assessment

#### Abstract

With increasing competition among agricultural and nonagricultural users of water, the notion of water conservation was born. Irrigation is major water user of agriculture. For this reason, efficient use of water is now often a major goal in planning, design and management of irrigation systems as well as production of the crop. A great many measures have been developed to evaluate irrigation performance up to now. It is essential to standardize the exist approaches and definitions to quantifying various irrigation performance measures.

In this study, various performance measures such as irrigation efficiency, irrigation consumptive use coefficient, irrigation sagacity, distribution uniformity, application efficiency, potential application efficiency and low-quarter adequacy developed by different researchers and ASCE Task Committe were summarized. The aim of this study is to present redefined irrigation performance measures.

**Keywords:** irrigation efficiency, distribution uniformity, sagacity, adequacy

### 1. Giriş

Suyun sulama amacı dışında, tarımsal veya tarım dışı kullanımlarının artması, su tasarrufu konusunu gündeme getirmiştir. Dünya su tüketiminin çoğunluğunu sulamanın oluşturduğu ve birbirleriyle rekabet halindeki su kullanıcılarının arkasında genellikle politik bir çoğunluk olduğu günümüzde, sulama suyunun akla uygun bir biçimde kullanımı çok önemli duruma gelmiştir.

Son yıllarda, sulama sistemlerinin tasarımı ve yönetiminde suyun etkin kullanımı, çoğu kez bitkisel üretim kadar, öncelikli hedef olarak ele alınmaktadır. Bir çiftçi için üretim ve verim kadar, suyun maliyeti, işletmenin sürdürülebilirliği ve aşırı su kullanımından doğabilecek sorunlar da önemlidir. Sulama suyu kullanıcıları suyu planlı bir biçimde kullanmak

koşuluyla, su kaynakları üzerindeki haklarını savunmak ya da paylarını ellerinde tutmak zorundadırlar. Bu nedenle su tasarrufu sağlayan uygun sulama yöntemlerinin seçilmesi gerekmektedir. Yüzey, yağmurlama, mini yağmurlama ve damla gibi yöntemlerin seçimi ise; maliyet, su tüketimi ve uygunluk gibi temel faktörlere bağlıdır.

Sulama sistemlerinin performansının değerlendirilmesinde, öncelikle tasarım ve yönetim kriterleri daha sonra da işletim kriterlerinin ele alınması gerekir. Uzun bir süredir, performans göstergeleri bir faktörden diğerine ya da bir sulama yönteminden diğer bir sulama yöntemine göre farklı şekillerde belirlenmiştir. Sonuçta, sulama performans göstergesi olarak “*sulama randımanı*” kavramı ortaya çıkmıştır. Diğer bir performans göstergesi ise “*üniformaluluk*” tur. Üniformaluluk arazinin farklı bölümlerinde bitkilerin eşit karakterde davranış gösterme gerekliliğini yansıtmaktadır. Ancak yukarıda anlatılan iki terim, zaman zaman yanlışlıkla birbirlerinin yerine kullanılmaktadır (Burt ve ark.,1997).

Randıman ve üniformaluluk terimlerinin doğru bir biçimde anlaşılmasına, Amerikan İnşaat Mühendisleri Birliği Sulama ve Drenaj Bölümü Çiftlik Sulama Komitesinin yayınları büyük katkı sağlamıştır (ASCE, 1978). Randıman ve üniformaluluğa ilişkin birçok çalışma bulunmaktadır. Bunlardan başlıcaları; Merriam ve Keller (1978), Bos (1985), Heerman ve ark. (1990) ve Wolters (1992)'dir.

Bu makalenin amacı; mevcut ve yeni geliştirilen sulama performans göstergelerine ilişkin gerekli ve yeterli sayıdaki terim ve kavramları ayrı ayrı ve doğru bir biçimde tanımlayarak, anılan göstergeler arasında bir bütünlük sağlamaktır. Bu çalışma kapsamında, ortaya konan yeni yaklaşımlara ilişkin

parametreler tanımlanmış, sınırlamalar belirtilmiş ve önerilerde bulunulmuştur.

## **2. Performans Göstergelerinde Kullanılan Kavramlar**

### *2.1. Tüketimsel Kullanımlar*

Atmosfere geçen (evaporasyon, transpirasyon) ya da hasat edilmiş bitki hücrelerinde kalan su (moleküler su) yeniden kullanılmayan ya da tüketilmiş su olarak değerlendirilir.

### *2.2. Tüketimsel Olmayan Kullanımlar*

Bunlar, göz önünde bulunduru- rulan bölgeyi terk eden diğer suları temsil ederler. Tüketimsel olmayan sular, kalitesi bir miktar bozulmuş olarak başka yerlerde, yani ilk kullanımdan sonra hareket ettikleri sınırlar dışında yeniden kullanılabilirler. Yüzey akışlar, derine sızmalar ve kanal tahliyeleri bu tür kullanımlara ilişkin örneklerdir.

### *2.3. Yarayışlı Kullanımlar*

Bir suyun yarayışlı kullanımı, tanım olarak; gıda, giyim, yağ, peyzaj, süs ya da yem amaçlı bitkisel üretimi destekler nitelikte tarımsal bir hedefi gerçekleştirmek için tüketilmesidir. Asıl yarayışlı kullanımlar, bitki su tüketimi ve toprak verimliliğini geliştirmek ya da devam ettirmek (tuzu uzaklaştırmak) amacı ile kullanılan sulardır. Bunlara ek yarayışlı kullanımlar içerisinde; iklim kontrolü için kullanılan su (serinletme ya da dondan koruma), tohum yatağı hazırlanması, tohumların çimlenmesi ve çıkışına yönelik toprak kaymak tabakasının yumuşatılması için kullanılan sular ya da ürünlere yarayışlı bitkilerden (rüzgar kıranlar, meyvelikler için örtü bitkisi) oluşan evapotranspirasyon (ET) sayılabilir. Bu

ek yarayışlı kullanımlar genelde az olmakla birlikte, bazı durumlarda yarayışlı sulama suyunun önemli bir kısmını oluştururlar.

#### 2.4. Yarayışlı Olmayan Kullanımlar

Üniform olmayan su dağıtımından kaynaklanan aşırı bir sulama yarayışlı olmayan bir sulama biçimidir. Ayrıca, tuz giderimi için gerekli olanın üzerindeki derine sızma, bir arazinin ekili alanının dışındaki ıslak topraktan olan gereksiz buharlaşma yarayışlı olmayan kullanım şeklinde değerlendirilmektedir.

### 3. Performans Göstergeleri

Uygulanan sulama suyunun kısımlara ayrılması belirli performans göstergelerinin, özellikle randıman ve üniformaluluk değerlendirmesinin temelini oluşturmaktadır. Bu kısımlar, belirli işlevlere yönlendirilmiş sulama suyu hacminin bileşenleri olup, yüzde olarak ifade edilebilirler. Çalışma alanını ve zaman periyodunu dikkatli bir şekilde ortaya koymadan, bu bileşenleri kesin bir biçimde belirlemek olası değildir. Farklı göstergelerin farklı amaçları bulunmaktadır ve bunlar dikkatli bir biçimde ayırt edilmelidir.

Sözü edilen göstergeler oran olarak uygun bir şekilde ifade edilirler ve arazideki su dağılımının üniformalılığı gibi kavramlara işaret ederler. Çizelge 1'de farklı performans göstergelerinin özeti verilmiştir.

#### 3.1. Sulama Randımanı (SR)

Yarayışlı kullanılan sulama suyu hacminin sulama alanını belirli bir

sürede terk eden su hacmine oranı olarak tanımlanır (Burt ve ark.,1997).

$$SR (\%) = \frac{Q_{yk}}{Q - Q_t} \times 100$$

Burada;

$Q_{yk}$  :Yarayışlı kullanılan sulama suyu

$Q$  : Uygulanan sulama suyu

$Q_t$  : Sulama suyunun toprakta depolanan miktarıdır.

Payda değeri, sınırları terk eden sulama suyunun toplam hacmini temsil etmektedir. Bu hacim, belirli bir zaman aralığında ortamı terk eder. Bu yaklaşımda belirli zaman aralığının dışındaki kullanım için, kök bölgesinde

<p><u>Yarayışlı Kullanımlar</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bitki <math>ET_c</math></li> <li>• Hasat edilen bitkide kalan su</li> <li>• Tuz giderimi</li> <li>• İklim kontrolü</li> <li>• Toprak hazırlama vb.</li> </ul>	<p>SR (%)</p>
<p><u>Yarayışlı Olmayan Kullanımlar</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Taban suyundan beslenen bitkilerden ET</li> <li>• Aşırı ıslak toprak buharlaşması</li> <li>• Aşırı derine sızma</li> <li>• Aşırı kuyruk suyu</li> </ul>	<p>(100-SR)%</p>

Şekil 1: Sulama Randımanı ile Yarayışlı ve Yarayışlı Olmayan Kullanımlar Arasındaki İlişki.

geçici olarak depolanan su hesaba katılmamaktadır. Sulama randımanı ile yarayışlı ve yarayışlı olmayan kullanımlar arasındaki ilişki Şekil 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Sulama Performans Göstergeleri ve Uygulamaları.

Gösterge	Değerlendirildiği Birim	Değerlendirme Periyodu	Açıklama
Sulama Randımanı, SR (%)	Tarla, çiftlik, bölge, proje ya da havza	Zaman aralığı (tam bir sulama sezonu gibi iki tarih arasında)	Sadece sulamadan sonra ölçülür, gelecekteki yararlılı kullanımlar için yaklaşım yapmaz. Belirli bir zaman aralığında, hangi oranda suyun yararlılı kullanıldığına ilişkin doğru değerlendirmeyi gerektirir.
Sulama Tüketimsel Kullanım Katsayısı, STKK (%)	Tarla, çiftlik, bölge, proje ya da havza	Zaman aralığı	Yeniden elde edilemeyen suları belirler.
Sulama Uygunluğu, SU (%)	Tarla, çiftlik, bölge, proje ya da havza	Zaman aralığı	Yararlılı ve akla uygun kullanımları kapsar.
Dağıtım Ünlformluluğu, DU (oran)	Tarla veya daha küçük birim	Bir sulamada	Yararlılı kullanımları belirlemeye yöneliktir.
Uygulama Randımanı, UR (%)	Tarla veya daha küçük birim	Bir sulama	Tarla düzeyinde üniform hedef su derinliğini dikkate alır.
Yeterlilik, Y (oran)	Tarla veya daha küçük birim. Örneğin; tek bir karık, dört yağmurlama başlığı	Bir sulama	Sulama yeterliliğini tahmin eder ve üniform hedef su derinliği yaklaşımını yapar.
Potansiyel Uygulama Randımanı, PUR (%)	Tarla veya daha küçük birim	Bir sulama	Uygulama randımanının hangi düzeyde mümkün olacağını tahmin eder, uygun sulama zamanı ve üniform hedef su derinliği yaklaşımını yapar.

### 3.2. Sulama Tüketimsel Kullanım Katsayısı (STKK)

Jensen (1993) tarafından geliştirilen bu gösterge, tüketim amacıyla kullanılan sulama suyu hacminin, bölgeyi terk eden toplam sulama suyu hacmine oranı olarak tanımlanır ve belirli bir zaman dilimi için yüzde olarak ifade edilir.

$$STKK(\%) = \frac{Q_{tk}}{Q - Q_t} \times 100$$

Burada;

$Q_{tk}$  : Tüketimsel olarak kullanılan sulama suyu

$Q$  : Uygulanan sulama suyu

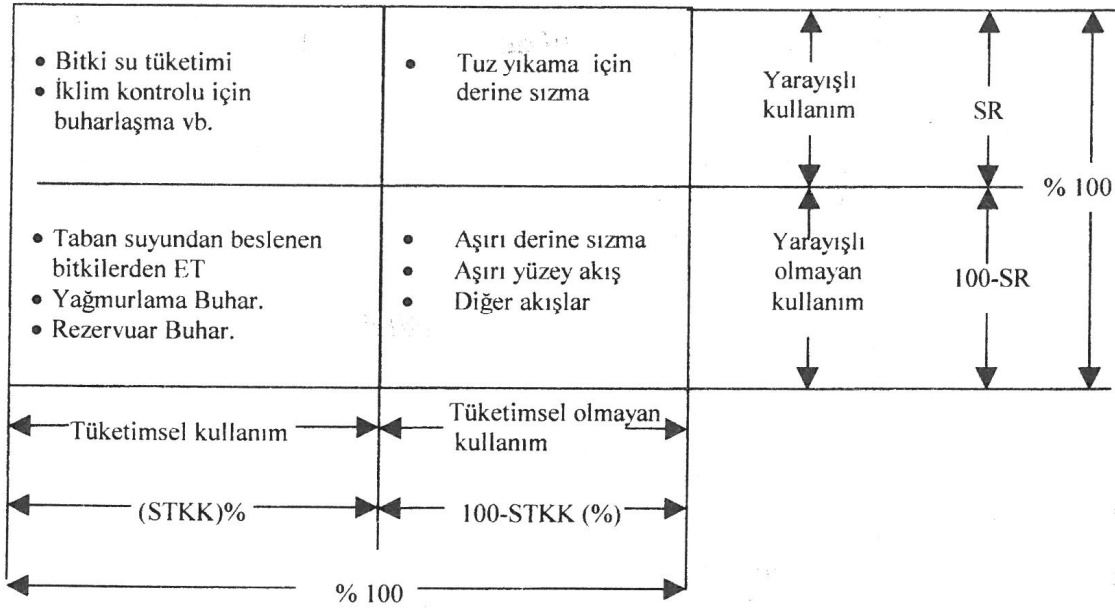
$Q_t$  : Sulama suyunun toprakta depolanan miktarı

Sulama randımanı gibi, sulama tüketimsel kullanım katsayısı proje ya da tarla düzeyinde uygulanabilir.

<u>Tüketimsel Kullanım</u>	<u>Tüketimsel olmayan Kullanım</u>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bitki su tüketimi</li> <li>• Taban suyundan beslenen bitkilerden ET</li> <li>• Yağmurlama sulama sırasında buharlaşma</li> <li>• Rezervuardan buharlaşma</li> <li>• Islak topraktan buharlaşma</li> <li>• Hasat edilen bitkide kalan su</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yıkama suyu</li> <li>• Aşırı derine sızma</li> <li>• Yüzeysel akış</li> <li>• Diğer akışlar</li> </ul>
← (STKK)% →	← (100-STKK)% →

Şekil 2. STKK ile Tüketimsel ve Tüketimsel Olmayan Kullanımlar Arasındaki İlişki

Sulama tüketimsel kullanım katsayısı ile tüketimsel ve tüketimsel olmayan kullanım arasındaki ilişki Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 3. Sulama Randımanı (SR) ile Sulamada Tüketimsel Kullanım Katsayısı (STKK) Arasındaki Sınırlar.

STKK, sık sık sulama randımanının hesaplanmasında yanlış bir biçimde kullanılmaktadır. Şekil 3 bu iki terim arasındaki farkları göstermektedir.

Ayrıca, Uluslararası Sulama ve Drenaj Komisyonu (ICID), bir dizi sulama performans göstergesi geliştirilmiştir (Bos, 1985; ICID, 1995). Bu tanımlamaların özelliği, performansı bir sulama projesinin her bir bileşenine göre (örneğin; proje, taşıma, dağıtım, tarla randımanı gibi) alt bölümlere ayırmayı önermesidir. Bu terimler, tam anlamıyla tüketimsel ve tüketimsel olmayan kullanımları ele alırlar ve böylece sulamada tüketimsel kullanım katsayısı (STKK)'na benzer özellik gösterirler.

### 3.3. Sulama Uygunluğu (SU)

Sulama randımanı, toplumun ve yetiştiricilerin bakış açısından karşılaştırma yapmak için her ne kadar kullanışlı bir terim ise de, bazı kullanımlarda eksik kalabilmektedir. Sulama suyunun bir kısmı bitkiler tarafından kullanılmasa

dahi, sulama için kullanılan suyun başka amaçlar için kullanımı da söz konusudur. Örneğin; sulama suyunun kıyı, göl ve nehir yaban hayatının desteklenmesinde olduğu gibi diğer faydaları da bulunmaktadır. Solomon (1997) tarafından geliştirilen sulama uygunluğu şu şekilde ifade edilir.

$$SU(\%) = \frac{Q_{yk} \text{ ve/veya } Q_u}{Q - Q_t} \times 100$$

Burada;

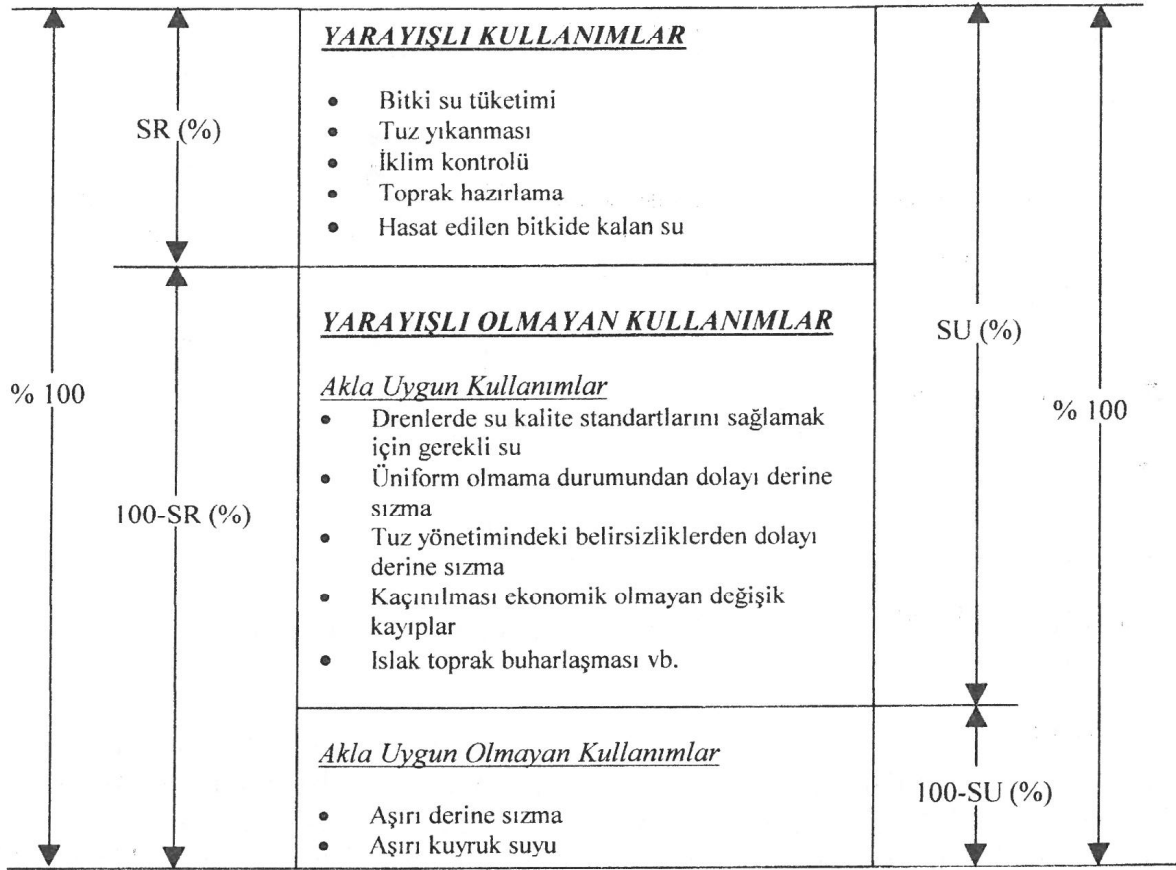
$Q_{yk}$  : Yarayışlı kullanılan sulama suyu

$Q_u$  : Akla uygun kullanılan sulama suyu

$Q$  : Uygulanan sulama suyu

$Q_t$  : Sulama suyunun toprakta depolanan miktarıdır.

Sulama uygunluğunun sulama randımanı yerine kullanılması önerilmekte, oldukça açık bir ifade ile ya her ikisinin de birlikte kullanımı, ya da ayrı ayrı yerinde kullanılmaları önerilmektedir. Şekil 4 bu ikisi arasındaki farkı göstermektedir.



Şekil 4. Sulama Randımanı (SR) ile Sulama Uygunluğu (SU) Arasındaki Farklar.

### 3.4. Dağıtım Üniformluluğu (DU)

Uygulanan suyun ne kadar iyi kullanıldığı konusuna ek olarak, bu suyun bitkiye (ya da toprağa, sulama öncesi için) ne kadar üniform dağıtıldığı konusu da çok önemlidir. Üniform olmayan bir dağıtım, bitkilerin gereksinim duyduğu suyun bir kısmının eksik kalması yanında, arazinin bazı kesimlerinin fazla sulanmasına neden olarak arazide suyla doygunluğa, bitkilerin zarar görmesine, tuzluluğa ve kimyasal maddelerin yeraltı suyuna ulaşmasına neden olabilmektedir (Solomon, 1983). Burada dağıtım üniformluluğu (DU), bir tarlada farklı alanlara verilen sulama suyunun eş dağılımının bir ölçüsü olarak tanımlanır.

Bir arazi için ifade edilen su dağıtımı, suya gereksinimi olan arazi elemanlarının toplamı ve eleman boyutu kavramlarının her ikisini de içermelidir. Bir eleman, arazide suya gereksinim duyan en küçük alandır, fakat bu alanın sınırları içerisinde dağıtılan suyun varyasyonu önemsizdir. Eğer tüm elemanlar aynı büyüklükte ise, bir araziye uygulanan suyun dağılımı, her elemana ait sulama suyu derinliği değerlerinin listelenmesi ile yeterli bir biçimde belirlenebilecektir. Bağ ve meyve bahçelerinde eleman boyutu bir bitkinin kökleriyle kapladığı alan olarak dikkate alınmaktadır. Tarla bitkileri yetiştiriciliğinde ise yetiştiricilik yapılan tüm alan, eleman boyutu olarak dikkate alınır.

Dağıtım üniformluluğunun üniversal bir biçimde tanımlanmasında eleman boyutu kavramı çok önemlidir. Meyve bahçeleri ya da bağlarda,  $DU_{dç}$  (düşük-çeyrek derinlik dağıtım üniformluluğu)'nun 1 olması arazinin her kısmının aynı miktar suyu aldığı değil, sadece eşit eleman alanlarının eşit miktarda su alacağı anlamına gelmektedir. Diğer yandan, hemen hemen her noktasına bir bitki düşen buğday ekili bir arazide, tüm noktaların üniform bir biçimde örtülmesi önemlidir ve  $DU_{dç} = 1$  olması, gerçekten tarladaki her bir noktanın aynı miktarda su alacağı anlamına gelecektir.

Dağıtım üniforluluğu genellikle, dağıtımdaki en küçük birikimli derinliklerin belli bir miktarının ortalama birikimli derinliğe oranı olarak tanımlanır. İlke olarak bir üniformluluk oranı dağılımdaki en büyük değerlerin ölçüsü bakımından tanımlanabilir. Bir tarlaya uygulanan derinlikteki gerçek değişim dikkate alınmaksızın, tek sayısal değer varyasyonu tam olarak tanımlayamamaktadır Birikimli su dağıtım fonksiyonunun gerçek şekli hakkında yapılan bazı yaklaşımlara göre, bir tanımlama diğeri kadar iyidir. Bitkisel üretimde yeterli sulamanın öneminden dolayı hala üniformluluğu ifade etmek için geleneksel olarak, en küçük derinlikler seçilmektedir.

Dağıtımda en küçük derinlik-lerin değerlendirilmesi, o dağıtımın yapıldığı arazi kısmındaki en küçük derinliklerin ortalamasının alınması ile yapılır. Bu ortalama  $d_{endüşük}$ , mutlak minimum değer olarak değil, dağıtım üniformluluğu (DU) formülünün payında kullanılır. Elde edilen dağıtım üniformluluğunun sayısal değeri, açık bir biçimde, ortalama  $d_{endüşük}$ 'ün belirlenmesinde seçilmiş toplam arazi kısmına bağlı olup, bu kısmın belirlenmesi ile değerlendirilmelidir (ör.  $DU_a$ ; ortalama dağıtım üniformluluğu). Genellikle seçilen kısım sulama sisteminin yönetim

amacına bağlıdır. En düşük  $1/4$  oranı 1940'lardan beri USDA NRCS (Birleşik Devletler Tarım Bakanlığı Doğal Kaynakları Koruma Servisi) tarafından kullanılmıştır. Bu oranın sulu tarımda pratik ve yararlı olduğu kanıtlanmış ve böylece ortalama düşük-çeyrek derinlik ( $d_{dç}$ ) tanımı, yani en düşük derinlikleri alan arazinin çeyreğinde ( $1/4$ 'ünde) biriken derinlik-lerin ortalaması bulunmuştur (ASCE, 1978):

$$d_{dç} = \frac{V_{1/4} \text{ veya } d_m}{A_{1/4}}$$

Burada;

$d_{dç}$  : Düşük çeyrek derinliği

$V_{1/4}$  : En küçük derinliklere sahip elemanların toplam alanının  $1/4$ 'ün de biriken hacim

$d_m$  : En küçük derinlikler

$A_{1/4}$  : Elemanların toplam alanının  $1/4$ 'üdür.

Daha sonra, Düşük-Çeyrek Dağıtım Üniformluluğu ( $DU_{dç}$ ) aşağıdaki şekilde belirlenir:

$$DU_{dç} = \frac{d_{dç}}{d_{ort}}$$

Burada;

$d_{dç}$  : Ortalama düşük-çeyrek derinlik

$d_{ort}$  : Tüm elemanlarda biriken toplam hacmin tüm elemanların toplam alanına bölünmesidir.

Bu tanımlamalar, arazi parçalarının farklı büyüklüklerde olmasına izin verir.  $DU_{dç}$ , USDA-NRCS tarafından geliştirilmiş ve diğer araştırmacılar tarafından geniş bir biçimde kabul görmüştür (Burt ve ark., 1992). Çünkü; 1.  $DU_{dç}$  tam minimum değerini içermekten çok (eğer her bir asmaya yalnızca bir damlatıcının düştüğü bağ sulama sistemi söz konusu ise, damlatıcının tıkanması durumunda bu

değer “sıfır” olacaktır), belirlenebilir bir elemanı kullanır. Bunu da çiftçilere göstermek kolaydır. 2.Tarlanın 1/4'ünün alınması, özellikle bitki büyümesi ve su stresini gözlemlenme ile ilgili konularda, idari açıdan hem pratik hem de ekonomik görünmektedir. Ancak, bu 1/4'lük alan içerisinde kalan ve tarlanın yaklaşık 1/8'ine karşılık gelen kısmın sulanması ve sulanan bu kısma ilişkin değerlerin doğrusal dağılım göstermesi gerekmektedir.

Dağıtım üniformluluğu ifadesi bir randıman terimi değildir. Bunu vurgulamak için yüzde ile değil oranla ifade edilmesi önerilir. Bir sulama belki çok üniform olabilir (yüksek DU), fakat uygulanan su fazla ise gereksiz yüzey akış ve derine sızma olacak, bu da düşük uygulama randımanı anlamına gelecektir. Bununla birlikte, eğer dağıtım üniformluluğu yüksekse ve fazla sulama da söz konusu değilse, yüksek bir uygulama randımanı elde edilebilir. Bu nedenle, bir sulama sisteminin dağıtım üniformluluğuna ilişkin arazi değerlendirmesinin yürütülmesi, çiftlik sulama randımanının değerlendirilmesinde ve geliştirilmesinde ilk adımlardan birisidir.

Suyun tarla düzeyinde üniform dağılımı kadar, tüm kullanıcılara üniform (eşit ve adil ) dağıtımına da dikkat edilmelidir.

### 3.5. Uygulama Randımanı (UR)

Sulama randımanı, sulama uygunluğu ve sulama tüketimsel kullanım katsayısı, esas itibarıyla, hızlı bir biçimde belirlenmesi zor olan ve önceden uygulanmış sulama suyunun son varış noktaları ile kullanımının nitelendirilmesi ve detaylı envanterini gerektiren göstergelerdir. Gerçekte bitkilerin neye ihtiyacı olduğu değil de, bu ihtiyaçların ne kadar iyi ve etkin

şekilde temin edildiği konu edildiğinde; bir arazide sulama sisteminin performansını değerlendirmeye ve gelecek için plan yapmaya yönelik sistemin bilinen bir gereksinimi karşılama ne kadar yeterli olduğunun belirlenmesi gerekir(örneğin, hedef derinlik).

Bu durumda sorun, uygulama randımanı (UR) diye adlandırılan diğer bir randıman teriminin kullanımı ile çözülür. Bu terim, bir sulamada hedeflenen sulama derinliğinin karşılanmasını esas alır ve sulama sisteminin verilen bir hedef derinliğin ne kadarını karşıladığı konusunda, faydalı ya da uygun değerlerin belirlenmesini ortaya koyar. Her ne kadar su henüz evapotranspirasyon için kullanılmıyorsa da, uygulama randımanı (UR) tek bir sulama olayı sırasında neler olduğunu tahminlemede kullanılır. Seçilen hedef derinlik; toprak nemi tüketimi (TNT) ya da potansiyel yağışı karşılayacak daha küçük bir değer olabilir. Hedef derinlik, ıslah (yıkama) suyunun istenilen bir derinliğini içerebilir veya TNT'ye ek olarak yıkama derinliğini de içerebilir. Her hangi bir sulama uygulamasında Uygulama Randımanı ortalama hedef sulama suyu derinliğinin uygulanan sulama suyunun ortalama derinliğe oranının yüzde ifadesidir.

$$UR(\%) = \frac{d_h}{d_u} \times 100$$

Burada;

$d_h$  : Ortalama hedef sulama suyu derinliği

$d_u$  : Uygulanan sulama suyunun ortalama derinliğidir.

Bu güncellenmiş tanımlama, önceki uygulama randımanı tanımlarından türetilmiştir (ASCE 1978). Önceki uygulama randımanı tanımlaması, sadece toprak nemi tüketimini esas



almış, yıkama ya da diğer yarayışlı kullanımlar için gerekli olan herhangi bir su miktarını dikkate almamıştır. Bu özel durum için toprak nemi tüketimine göre uygulama randımanı geliştirilmiş-tir.

$$UR_{TNT}(\%) = \frac{d_{TNT}}{d_u} \times 100$$

Burada;

$UR_{TNT}$  : Toprak nemi tüketimine göre uygulama randımanı,

$d_{TNT}$  : Toprak nemi tüketimini karşılayan suyun ortalama derinliği,

$d_u$  : Uygulanan sulama suyunun ortalama derinliğidir.

### 3.6. Potansiyel Uygulama Randımanı ( $PUR$ , $PUR_{dç}$ )

Potansiyel uygulama randımanı kavramı ( $PUR$ ) tek bir sulama faaliyeti için sistem performansının ölçülmesinde faydalıdır.  $PUR$  sulama infiltrasyon dağılımındaki en düşük değerlerin ortalaması tarafından hedef derinliğin karşılandığı zamanda, uygulamanın sona ermesi mantığına dayanmaktadır. Derine sızma kayıpları bu şekilde minimumda tutulur ve uygulama randımanı önemli bir sulama eksikliği olmaksızın maksimum olur. Derine sızma yalnızca dağıtımın üniform olmamasından dolayı minimize edilir.

$PUR$ , tarımsal bakış açısından doyurucu ve yeterli en küçük değerlerin ortalamasını verdiği için, belirli bir gereksinimi karşılamaya yönelik suyun hesaplanması bakımından akla uygun bir kriterdir. Arazinin küçük bir kısmında sulama eksikliği ortaya çıkabilir, fakat arazide gereksinim gerçekte karşılanmış olur. Bu nedenle, uygulama randımanı "potansiyel" nitelendirmesi ile ayrılmıştır. Dağıtım üniformluluğunda olduğu gibi, bu parametre, dağıtımdaki en küçük değerler belirli bir arazi parçası

tarafından karakterize edilene kadar ölçülememektedir. Yine, dağıtım üniformluluğunda olduğu gibi, şimdiki uygulama  $\frac{1}{4}$  değerini destekler. Önceden belirtildiği gibi, arazide infiltre olan derinliğin varyasyonu doğrusal olursa, bu arazinin  $\frac{1}{8}$ 'inde sulama eksikliğinin olacağı söylenebilir. Böylece, tek bir sulama faaliyeti için Düşük Çeyrek Potansiyel Uygulama Randımanı ( $PUR_{dç}$ ) şu şekilde belirlenir.

$$PUR_{dç}(\%) = \frac{d_k}{d_e} \times 100$$

Burada;

$d_k$  : Hedefe ulaşmada kullanılan sulama suyunun ort. derinliği

$d_e$  :  $d_{dç}$ 'nin hedef derinliğe eşit olduğu durumda uygulanan suyun ortalama derinliğidir.

$PUR_{dç}$  kullanılarak, uygulanacak suyun toplam miktarı belirlenebilir, ancak  $DU_{dç}$  ve  $PUR_{dç}$ 'nin paydaları temelde farklıdır. Bu farklılık, yüzey kayıplarının miktarındaki (sulama süresince ölçülmeyen yüzey akış ve buharlaşma) farklılıklardan ileri gelir. Eğer yüzey kayıpları doğru bir biçimde belirlenebiliyorsa, sulama programlaması için ortalama düşük-çeyrek değerindeki bir hedef derinlik ile,  $PUR_{dç}$  önceden tahmin edilebilir (tahmin değeri genellikle biraz daha yüksektir).

$$PUR_{dç} \approx DU_{dç} \times (100 - YK)$$

Burada;

$PUR_{dç}$  : Düşük çeyrek potansiyel uygulama randımanı,

$DU_{dç}$  : Düşük çeyrek dağıtım Üniformluluğu,

$YK$  : Yüzey kayıplarıdır (%).

Burada yüzey kayıpları, sulama sırasındaki buharlaşma, rüzgarla

sürüklenme ve toplanmamış yüzey akışların-dan oluşmaktadır.

Bu tahmin, DU ve yüzey kayıplarının(%), yüzey sulama yöntemlerinde olduğu gibi uygulama derinliği ile çok fazla değişmediği basınçlı sulama sistemlerinde genelde daha iyi sonuçlar vermektedir.

Uygun sulama programlamasına sahip bir sulama faaliyeti için gereken toplam sulama suyu miktarı şu şekilde tahmin edilir:

$$\text{Toplam sulama suyu miktarı} \approx \text{Hedef derinlik} \times \frac{100}{PUR_{d\check{c}}}$$

### 3.7. Düşük-Çeyrek Yeterliliği ( $Y_{d\check{c}}$ ):

Yetersiz sulama ile arazide çok yüksek bir UR'na ulaşmak mümkündür. Hangi derecede hedef veya gereken derinliğin karşılanacağını gösteren uygulama randımanını tamamlayıcı bir parametrenin, performans gösterge listesine eklenmesi gerekmektedir. Tüm önerilen yarayışlı kullanımlardan kaynaklanan bir gereksinime dayalı olarak, UR için yukarıda sözü geçen tanımlamaya da bakılarak Düşük Çeyrek Yeterliliği ( $Y_{d\check{c}}$ ) aşağıdaki gibi belirlenir:

$$Y_{d\check{c}} = \frac{d_{d\check{c}}}{d_g}$$

Burada;

$Y_{d\check{c}}$ : Düşük çeyrek yeterliliği,

$d_{d\check{c}}$ : Düşük çeyrek derinliği,

$d_g$ : Gereksinim duyulan derinliktir.

Eğer ortalama düşük-çeyrek derinlik( $d_{d\check{c}}$ ) sulama programlama kriteri için kullanılıyorsa, eksik sulanmış arazinin yaklaşık 1/8'inde  $Y_{d\check{c}} = 1.0$  olduğu durumda uygun sulama süresi sağlanmış olacaktır( $Y_{d\check{c}} = 1.0$  kriterinin benimsenmesi, tam minimum derinlikten çok, ortalama düşük-çeyrek derinliği hedefler). Bu tanımlama ile, Çizelge

2'de gösterildiği gibi,  $Y_{d\check{c}} > 1.0$  aşırı sulamayı gösterirken,  $Y_{d\check{c}} < 1$  eksik sulamayı gösterir. Bu gösterge yeterli bir biçimde sulanan alanın yüzdesini esas alan (%0-%100 arasında değişen) diğer yeterlilik tanımlamalarına terstir.

Çizelge 2: Çeşitli  $Y_{d\check{c}}$  Değerlerinin Yorumlanması.

Sulamamın Özelliği	$Y_{d\check{c}}$ 'nin Değerleri
Kısıtlı sulama	$Y_{d\check{c}} < 1.0$ 1.0' den farklı olan değerler kısıtlı sulamanın derecesini yansıtır
Uygun	$Y_{d\check{c}} < 1.0$ , $UR = PUR_{d\check{c}}$ Potansiyel değerlere karşılık yüzey kayıpları
Aşırı sulama	$Y_{d\check{c}} > 1.0$ 1.0' den olan farklar aşırı sulamanın derecesini yansıtır.

## 4. Sonuçlar

Bu çalışmada ortaya konan bazı önemli sonuçlar şunlardır (Burt ve ark., 1997):

1. Bir hidrolojik sistem içerisinde, ölçek (tarla ya da havza) göz önüne alınmayarak, su dengesi bileşenlerinin doğru bir biçimde belirlenmesi ve ölçülmesi kolay değildir.

2. Doğrudan tüketilen ve yarayışlı olarak kullanılan su arasında kesin bir ayırım yapılmaktadır. Çok sayıda tanımların bulunması, bu kavramların karışmasına ve karışıklığın doğmasına neden olmaktadır.

3. Randıman terimi belirli bir zaman aralığında belirli bir sınır içinde depolamadaki değişimi dikkate almak durumunda olduğundan, sulama randımanını tek bir bireysel sulama için belirlenemez. Zaman aralığının uygun şekilde ortaya konması, sulama randımanının değerini belirlemede önemlidir.

4. Yarayışlı ve akla uygun su kullanımı kavramlarını birleştirmek ve ayrıca sulama randımanının anlamındaki karışıklıktan uzaklaşmak için yeni bir

kavram (sulama uygunluğu, SU) ortaya konmuştur. Bu tür kavramlar bir çok politik kararlar için gereklidir.

5. Mevcut teknolojide sulama randımanı değerlerini,  $\pm$  % 10 doğruluk sınırı içerisinde belirlemek zordur. Önemli bazı masraflar yapılmaksızın, su miktarlarının geniş ölçekli bir projede doğru bir şekilde ölçülemeyeceği bilinmelidir.

6. Uygulama randımanı (UR), yalnızca toprak suyu eksikliğinden çok, belirlenen hedef derinlik veya gereksinim bakımından tanımlanır. Bu esnek tanımlama, uygulama randımanının yönetim amacıyla daha kolaylıkla kullanımına olanak sağlar.

7. Sulama üniformalılığı kavramı, sulama yönetimdeki önemi ve sulama suyunun dağılımının ölçülmesi ile ilgili problemler bakımından tartışılmaktadır. Dağıtım üniform-luluğunu (DU) daha genelleştirmek, bitki ve sulama sistemi özelliklerinden daha az etkilenmesini sağlamak için bir çerçeve oluşturulmaktadır.

8. Dağıtımın ortalama düşük-çeyrek derinliği; uygulanabilirliği ve geniş kabul görmesi nedeniyle, tipik tarımsal uygulamalar için sulama performansının bir göstergesi olarak önerilmiştir.

9. Bireysel sulama faaliyetlerinin performansını değerlendirmek için burada tanımlanan performans göstergeleri, arazi üzerinde suya duyulan gereksinimin üniform olduğunu kabul etmektedir. Tüm yönetim için gerekli olan performans göstergelerinde ise durum farklıdır; örneğin, sulama randımanı su kullanımında yersel değişikliği göz önüne alır. Bireysel sulama faaliyetleri için ortaya konan mevcut performans göstergeleri, üniform olmayan bir hedefe sahip olan su uygulama yöntemlerinin tanımı için modifiye edilmeye gereksinim duyacaktır.

## Kaynaklar

- ASCE, 1978. "Describing irrigation efficiency and uniformity" J.Irrig. and Drain. Engrg., ASCE, 104 (1), 35-41.
- Bos, M. G., 1985. "Summary of ICID definitions on irrigation efficiency" ICID Bull., 344 (1), 28-35.
- Burt, C. M., Walker, R. E., and Styles, S. W., 1992. Irrigation system evaluation manual. Irrig. Training and Res. Ctr., California Polytechnic State Univ., San Luis Obispo, Calif.
- Burt, C. M., Clemmens, A. J., Strelkoff, T. S., Solomon, K. S., Bliesner, R. D., Hardy, L. A., Howell, T. A. and Eisenhauer, D. E., 1997. Irrigation Performance Measures: Efficiency and Uniformity. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, Vol. 123, No. 6 p. 423-442.
- Heermann, D. F., Wallender, W. W., and Bos, M. G., 1990. "Irrigation efficiency and uniformity." Chap. 6 in Management of Farm Irrigation Systems, G.J.Hoffman, T.A. Howell and K.H.Solomon, eds., American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, Mich., 125-149.
- ICID, 1995. "Meeting of working group on irrigation performance." Sept., International Commission on Irrigation and Drainage, Rome, Italy.
- Jensen, M. E., 1993. "The impact of irrigation and drainage on the environment." 5<sup>th</sup> Gulhati Memorial Lect., International Commission on Irrigation and Drainage, The Hague, The Netherlands.
- Merriam, J. L., and Keller, J., 1978. "Farm irrigation system evaluation: A guide to management." Utah State Univ., Logan, Utah.
- Solomon, K. H., 1983. "Irrigation uniformity and yield theory" PhD thesis, Utah State Univ., Logan, Utah.
- Wolters, W., 1992. "Influences on the efficiency of irrigation water use." Int. Inst. for Land Reclamation and Improvement, Wageningen, The Netherlands.