

## DAMLA SULAMA YÖNTEMİ ve TASARIM İLKELERİ

Feridun HAKGÖREN\*

### ÖZET

Damla sulama, lateraller üzerindeki başlıklarla suyun düşük basınç altında yavaş fakat kısa aralıklarla toprağa uygulanmasıdır. Hatlarda pürüzsüz borudaki türbülanslı akışın var olduğu kabul edilerek sürtünme kaybı bu konuda geliştirilmiş eşitlikler kullanılarak elde edilebilir. Bu sistemlerde sürtünme kaybı boru uzunluğunun üstsel bir fonksiyonudur. Sistemde basınç dağılımı biliniyorsa damlatıcı debilerinin dağılımını saptamak mümkündür. Böylece debi dağılımından üniformluk katsayısı da hesaplanabilir.

### GİRİŞ

Bitkisel üretim için kök bölgesinde eksik olan suyun tamamlanmasına sulama, suyun toprağa uygulanış biçimine de sulama yöntemi denilmektedir. Bugün sulama ile toprakta eksik nemin tamamlanması yanında, suyun arzu edilen düzeyde tutulması da önemli olmaktadır. Bu anlayışla son yıllarda az su kullanımı sağlayan basınçlı sistemler üzerinde çeşitli çalışmalar yapılmaktadır.

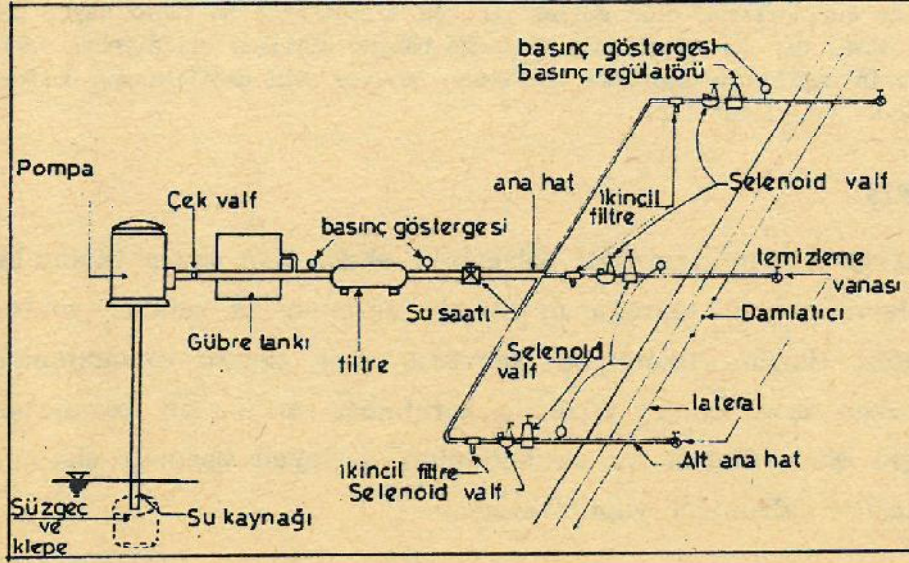
Bu sistemden biri olan damla sulama, bitkinin günlük ihtiyacı olan suyu kök bölgesi yakınında toprak yüzeyine hemen hemen sıfır basınçta damlatarak veren yöntemdir. Yöntemin özelliklerinden birisi su uygulama debisinin düşük olmasıdır. İdeal bir damla sulama düzeni üniform olarak sulamayı sağlayan yani her sulamada bitkiler tarafından gereksinme duyulan miktarlardaki suyu damlatıcılardan eşit olarak veren bir sistemdir (Wu ve Gitlin, 1973; Nir, 1982).

İlk yatırım masraflarının yüksek olmasına karşın, çeşitli yararları ile birlikte teknolojiye gelişmeler sonucunda yeryüzünde ve ülkemizde sistemin kullanım alanları gittikçe çoğalmaktadır. Özellikle ülkemizde örtüaltı yetiştiriciliğinin yapıldığı alanlarda damla sulama sisteminin uygulanması her geçen gün artmaktadır. Fakat damla sulamasının diğer sulama yöntemleri gibi her tarımsal ürüne ve alanlara uygulanabilirliği de kısıtlıdır. Bugünkü koşullarda sistemin; 1) Suyun kıt ve pahalı olduğu, 2) Toprağın kumlu, taşlı ve tesviyenin yapılamadığı ve 3) Pazar değeri yüksek bitkilerin yetiştirildiği yerlerde uygulanabilirliği vardır (Bucks ve Ark., 1982).

\* Doç.Dr., Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi



Bir damla sulama sistemi; su kaynağı, kontrol ünitesi, ana boru, alt ana boru ve üzerlerinde damlatıcılar bulunan laterellerden oluşur. Pompa ile doğrudan ana hatta gönderilen su, buradan alt ana boruya, laterellere ve damlatıcılara ulaşır. Damlatıcılar suyu bitki kök bölgesindeki toprağa vererek düşey ve yatay doğrultuda toprak içerisinde yayılmasını sağlar (Şekil 1).



Şekil 1 : Damla Sulama Sisteminin Unsurları

Suyu bitki kök bölgesinde kontrollü olarak verilmesini amaçlayan damla sulama yöntemiyle de tam anlamıyla üniform bir su dağılımını sağlamak mümkün değildir. Bunun nedeni su iletim borularındaki yük kayıpları ve topoğrafyaya bağlı olarak lateral borular boyunca basınçla/debinin değişmesidir.

Alt ana hatlardan laterallere olan akış veya laterallerden damlatıcılara doğru olan akış bu hatlar boyunca değişen basınçla kontrol edilmektedir. Sistemdeki hatlar boyunca basınç dağılımını, sürtünme sonucu oluşan enerji kaybı ve eğimde aşağı ve yukarı iniş ve çıkışlar nedeniyle kazanılan veya kaybedilen enerji etkilemektedir.

Lateral hat boyunca basınç dağılımı saptanabilirse Myers ve Bucks (1972), tarafından önerildiği şekilde damlatıcıların büyüklüğünü, mikrotüpün boyunu veya damlatıcılar arasındaki uzaklığı ayarlayarak üniform bir su dağılımı sağlanabilir. Tasarım lateral hat boyunca



damlatıcı debilerindeki değişimleri gözönüne alacak şekilde yapılmış ise damlatıcı debilerinin ayarlanması sonucu, ortaya çıkacak sorunlar elemine edilerek tek bir damlatıcı kullanılabilir (Wu ve Gitlin, 1974). Damlatıcı debisinde meydana gelen değişim derecesi Christiansen (1942)'nin üniformalık katsayısı eşitliği kullanılarak belirtilebilir.

Bu derlemede, lateral hat boyunca sürtünme nedeniyle basınçta meydana gelen düşmeyi, damla hattı boyunca basınç dağılımını ve lateral üzerindeki damlatıcıların debisindeki değişimi saptamak için geliştirilen yöntemler açıklanmaya çalışılmaktadır.

## DAMLA SULAMA HATLARININ HİDROLİĞİ

### Damlatıcı Özellikleri

Damlatıcılar damla sulama sisteminin uygulanmasını mümkün kılan ve suyu atmosferik basınç altında yavaş akışla toprağa veren gereçlerdir. Bunlar ucuz, yapımı ve çalışması üniform, montesi ve bakımı basit, tıkanma ve yırtılma gibi minimum sorunları bulunmalı ve basınç değişimlerine karşı hassas olmalıdır (Nir, 1982; Howell ve Ark., 1983).

Damlatıcılar basıncın kırılmasına göre; orifis, uzun akış yollu, delikli boru veya çift boru, akış rejimine göre; Laminar, kısmen türbülans ve türbülans, çalışma basıncına göre; düşük (2-5 m) veya yüksek (8-15 m), akış kesit alanına göre; Dar (<0,8 mm), orta veya geniş (>1,5 mm) ve debiye göre de düşük (< 4 L/h), orta (4-10 L/h) ve yüksek 15 L/h veya daha fazla biçiminde sınıflandırılabilir (Nir, 1982).

Her damlatıcının hidrolik özellikleri damlatıcıdan akan suyun rejimi ile doğrudan ilgilidir. Bu da Reynolds sayısı ile karakterize edilir. Akış rejimleri; a) Laminar  $R_e < 2000$ , b) Stabil olmayan  $2000 \leq R_e < 4000$ , c) Kısmen türbülanslı  $4000 \leq R_e \leq 10000$  ve d) Tam türbülanslı  $10000 \leq R_e$  şeklindedir.

Damlatıcı giriş basıncı ile damlatıcı debisi arasında,

$$q = KH^e \quad (1)$$

şeklinde belirtilen bir ilişki vardır. Burada q damlatıcı debisi L/h, K damlatıcı yapım biçimine bağlı bir katsayı, H çalışma basıncı m, e akış rejimine bağlı bir üs değeridir. K ve e katsayıları q debi ve H çalışma basıncının log-log kağıda karşılıklı işaretlenmesiyle elde



edilebilir. Çizilen bu doğru hattın eğimi  $e$  değerini,  $H = 1$  iken doğrunun  $y$  eksenini kestiği andaki değerde  $K$ 'yı verecektir. Laminar akışlı damlatıcılar için  $e = 1$ , yarı türbülanslı akış rejimli damlatıcılar için  $0,5 < e < 0,7$ , türbülanslı akış rejimli damlatıcılar için  $e = 0,5$  ve stabil olmayan akış rejimli damlatıcılar için  $0,7 < e < 1,0$  değerlerini almaktadır (Bucks ve Ark., 1982).

### Borularda Oluşan Yük Kayıpları

Damla sulamanın özelliklerinden birisi su uygulama debisinin düşük olmasıdır. Bu nedenle lateral ve alt ana hatlarda debi küçüktür. Genellikle sistemde üniform iç çaplı pürüzsüz plastik borular kullanılmaktadır. Bu tip boruların iç yüzeylerinin düzgün olması nedeniyle akış türbülanstır. Boruların hidrolik açısından pürüzsüz olduğu kabul edilirse sürtünme nedeniyle oluşan yük kaybı,

$$h_f = K, L \frac{V^m}{D^n} \quad (2)$$

genel eşitliği şeklindedir. Bu eşitlikteki  $K$ ,  $m$  ve  $n$  gibi parametreler birçok araştırmacı tarafından deneylerle saptanarak bu amaçla kullanılacak eşitlikler geliştirilmiştir. Bunlardan Darcy-Weisbach, Hazen-Williams ve Blasius eşitlikleri damla sulama sistemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Wu, Gitlin, 1974 ve Nir, 1982).

Darcy-Weisbach Eşitliği;

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

ve Blasius eşitliği,

$$f = 0,3164 \cdot R_e^{-0,25} \quad R_e = \frac{V \cdot D}{\nu} \quad (3)$$

şeklindedir. Burada,  $h_f$  yük kayıpları (m),  $f$  sürtünme faktörü,  $L$  boru uzunluğu m,  $D$  boru iç çapı m,  $V$  ortalama akış hızı m/s,  $g$  yerçekimi ivmesi  $m/s^2$ ,  $R_e$  Reynold sayısı ve  $\nu$  kinematik vizkoziteyi  $m^2/s$  göstermektedir. Eşitlik 3 Reynold sayısının  $4000 \leq R_e \leq 100000$  sınırları için geçerli olmaktadır. Darcy-Weisbach eşitliğinde  $f$  sürtünme faktörü Reynolds sayısının bir işlevi olması nedeniyle Blasius eşitliğinden saptanabilir.



Eşitlik 2 ve 3 birleştirilir ve 20°C'de  $\nu$  için  $1,0 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$  değeri alınırsa;

$$hf = \frac{0,3164}{\left(\frac{V \cdot D}{\nu}\right)^{0,25}} \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

$$hf = \frac{0,3164 \nu^{0,25}}{2g} \cdot \frac{LV^{1,75}}{D^{1,25}} \quad (4)$$

$$hf = 5,10 \times 10^{-4} \cdot L \cdot \frac{V^{1,75}}{D^{1,25}}$$

eşitlik 4'te  $V$  yerine süreklilik denklemindeki  $\frac{Q}{\frac{\pi D^2}{4}}$  değerini alarak

boru içerisinde akan suyun debisine göre düzenlediğimizde,

$$hf = 5,10 \times 10^{-4} \cdot \frac{L}{D^{1,25}} \left(\frac{4Q}{\pi D^2}\right)^{1,75}$$

şeklini alır. Basitleştirilirse eşitlik 5 elde edilir.

$$hf = 7,8 \times 10^{-4} L \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}} \quad (5)$$

Burada  $Q$  borudan akan suyun debisi  $\text{m}^3/\text{s}$ 'dir.

Yük kayıplarının hesaplanmasında basit ve kullanışlı olması nedeniyle yaygın olarak kullanılan diğer bir eşitlikte Hazen-Williams eşitliğidir;

$$hf = 0,628 LD^{-4,865} \cdot (100 Q/C)^{1,852} \quad (6)$$

Burada,  $hf$  yük kayıpları  $\text{m}$ ,  $L$  boru uzunluğu  $\text{m}$ ,  $D$  boru iç çapı  $\text{mm}$ ,  $Q$  debi  $\text{L/h}$ , ve  $C$  boyutsuz sürtünme faktörüdür.

Hazen-William eşitliğindeki  $C$  sürtünme faktörü hıza bağlı olarak değişmektedir.

Birçok imalatçı firmalar plastik borular için maksimum hızın  $1,5 \text{ m/s}$  olmasını önermektedirler. Çünkü bu hız koşullarında  $C$  sürtünme faktörü Blasius eşitliği ile iyi bir uyum sağlamaktadır.  $C$  sürtünme faktörü boru çapına bağlı olarak çap, 14-15 mm için 130, 18-19 mm için, 140 ve 25-27 mm için de 150 değerlerini almaktadır. Araştırmalar



Hazen-Williams eşitliğinin türbülanslı akış koşullarında sağlıklı sonuçlar verilebileceğini göstermektedir (Hughes ve Jeppson, 1978).

Borular dış çapları olan nominal çapları ile boyutlandırılırlar. Hidrolik hesaplamalarda suyun temas ettiği boru iç çapı kullanıldığından bu durum dikkate alınmalıdır. Damla sulama laterallerinde kullanılan nominal boru çapları 12, 16, 20, 25 ve 32 mm'dir. Nominal çaplardan boru iç çapları aşağıdaki eşitliklerden yararlanılarak bulunabilir.

$$D = D_n - 2t \quad (7)$$

Burada D boru iç çapı mm,  $D_n$  nominal çap mm ve t boru et kalınlığı mm'dir.

Boru et kalınlığı boru basınç dayanımına bağlıdır. 4 no'lu bükülebilir plastik borularda et kalınlığı yaklaşık olarak  $t = 1/15 D_n + 0.55$ , benzer tip 6 no'lu borularda ise  $t = 1/8 D_n$ 'dir. Sert plastik borularda da t et kalınlığı aynı şekildedir.

Damla sulama sistemlerinde yük kayıpları varsa, firmaların ürettikleri borularla ilgili yük kaybı-debi grafiklerinden yararlanmalı veya eşitlik 8'de belirtilen genel yük kaybı eşitliğindeki k, m ve n parametreleri deneysel olarak saptanmalıdır. Bu iki seçenektan biri yukarıda belirtilen amprik eşitliklere tercih edilmelidir (Korukçu, 1980; Nir, 1982).

#### Boru Hattı Boyunca Basınç Dağılımı

Bayır aşağı veya bayır yukarı eğimle yerleştirilmiş olan bir damla hattında eğim nedeniyle hidrostotik basınç etkilenecektir. Sonuçta, eğim ve hattın uzunluğu ile doğru orantılı olarak, basınçta artış veya azalış meydana gelecektir.

Boru hattının herhangi bir uzunluğundaki toplam enerji aşağıdaki eşitlikle ifade edilebilir (Wu ve Gitlin, 1974; Wu, 1985).

$$H = Z + h + \frac{v^2}{2g} \quad (8)$$

Burada, H toplam enerji m, Z potansiyel yük veya yükseklik m, h basınç yükü m ve  $V^2/2g$  hız yükü m'dir.

Hattın uzunluğuna göre enerjideki değişme şu şekildedir.

$$\frac{dH}{dL} = \frac{dZ}{dL} + \frac{dh}{dL} + \frac{d(V^2/2g)}{dL}$$



Damla sulama sistemlerinde damlatıcıların debisi düşüktür. Bu nedenle hat boyunca hız yükünün değişimi küçük olup ihmal edilebilir. Böylece enerji eşitliği şu şekli alır;

$$\frac{dH}{dL} = \frac{dZ}{dL} + \frac{dH}{dL}$$

Burada  $dH/dL$  enerji hattının eğimidir. Yani,

$$\frac{dH}{dL} = -S_f \quad (9)$$

Buradaki negatif işaret uzunluk boyunca sürtünme kaybının olduğunu gösterir.  $dZ/dL$  hattın eğimini belirtir.

$$\frac{dZ}{dL} = -S_o \quad (\text{bayır aşağı eğim}) \quad (10)$$

$$\frac{dZ}{dL} = S_o \quad (\text{bayır yukarı eğim}) \quad (11)$$

Bayır aşağı doğru olduğunda lateral hat boyunca basınç değişimi,

$$\frac{dh}{dL} = S_o - S_f \quad (12)$$

Bayır yukarı olduğunda,

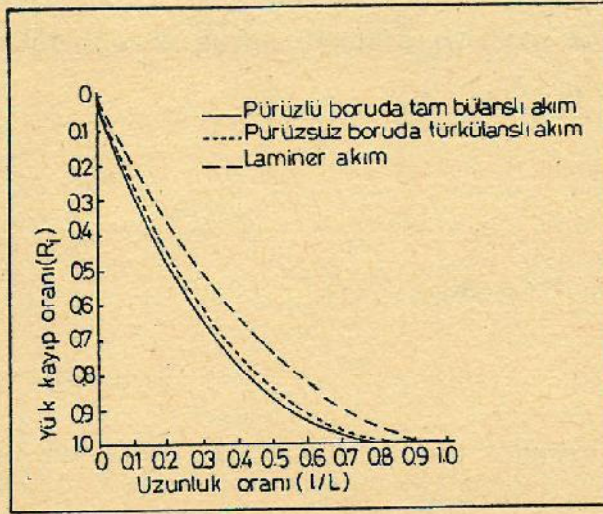
$$\frac{dH}{dL} = -S_o - S_f \quad (13)$$

şeklindedir. Burada  $S_o$  damla hattının eğimi,  $S_f$  sürtünme eğimi ve  $dh/dL$  uzunluğa göre basınçtaki değişim veya basınç eğrisinin eğimidir.

Şekil 2'deki pürüzsüz borudaki türbülans akışa ait boyutsuz eğri kullanıldığında toplam enerji kaybı ( $\Delta H$ ) biliniyorsa hattın herhangi bir uzunluğunda meydana gelen sürtünme kaybı saptanabilir. Yine boru hattının uzunluğu ve eğimi biliniyorsa, hattın herhangi bir kesitindeki basınç yükünde meydana gelen artış veya düşüş ( $\Delta H'$ ) hesaplanabilir (Wu ve Gitlin, 1973).

Bayır aşağı veya yukarı yerleştirilmiş bir damla sulama hattı boyunca basıncın dağılımı, ilk basınç biliniyorsa Şekil 3 ve 4'da gösterildiği şekilde Eşitlik 12 ve 13 kullanılarak bulunabilir. Hat boyunca basınç dağılımı elde edilince; 1) Meme çapını değiştirerek, 2) Mikrotüpün uzunluğunu değiştirerek veya farklı meme çapı ve mikrotüp





Şekil 2 : Lateral boru hatlarında farklı akış rejimleri için sürtünme kaybı boyutsuz eğrileri (Wu ve Gitlin, 1974).

uzunluğu bir arada kullanılarak ve 3) Damlatıcılar arasındaki uzaklığı değiştirerek üniformu bir akış elde edilebilir. Bu matematiksel olarak şu şekilde ifade edilebilir (Wu ve Gitlin, 1974).

$$H_i = H - \Delta H_i + \bar{\Delta H}'_i \quad (14)$$

Burada,  $H_i$  i. bölgede hidrastatik yük olarak ifade edilen basınç m,  $H$ , toplam iç basınç yükü m,  $\Delta H_i$  i. bölgede eğim nedeniyle basınçtaki artış-azalış m (+ işaret bayır aşağı, - işaret bayır yukarı). Sürtünme kaybı oranı  $R_i$  ( $R_i = \Delta H_i / \Delta H$ ) ile eğim dolayısıyla oluşan basınç veya azalış oranı  $R'_i$  ( $R'_i = \Delta H'_i / \Delta H'_i$ ) kullanılarak Eşitlik 14 şu şekilde yazılabilir.

$$H_i = H - R_i \Delta H + \bar{R}'_i \Delta H' \quad (15)$$

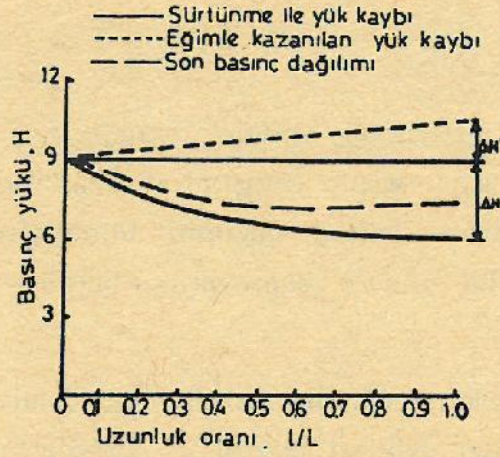
Burada,  $\Delta H$  hat sonundaki toplam sürtünme kaybı m,  $\Delta H'$  eğim nedeniyle kazanılan veya kaybedilen toplam basınç yükü m. Eşitlik 15 üniform ve üniform olmayan eğimler için kullanılabilir. Üniform eğimler için  $R'_i$  uzunluk oranı i ile aynıdır. Bu halde eşitlik 15 şu şekli alır,

$$H_i = H - R_i \Delta H + i \Delta H'$$

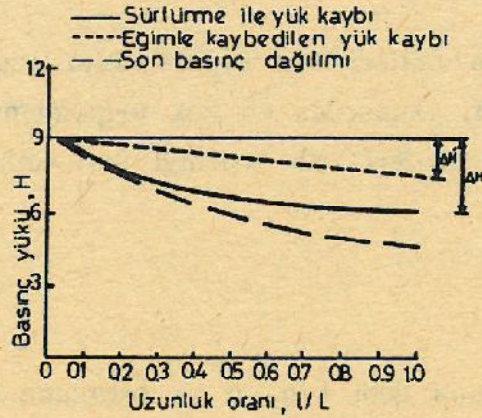
#### Boru Hatları Boyunca Debi Değişimi

Bir damla hattının herhangi bir bölümündeki çıkış debisi o bölümdeki basınçla kontrol edilmektedir. Basınçtaki değişimler hat üzerindeki damlatıcı debilerinde değişimlere neden olur. Eşitlik 1'de





Şekil 3 : Boru hattı boyunca basınç dağılımı-Bayır aşağı eğim (Wu ve Gitlin, 1974).



Şekil 4 : Boru hattı boyunca basınç dağılımı-Bayır yukarı eğim (Wu ve Gitlin, 1974).

görüldüğü gibi damlatıcı debisi damlatıcının çalışma basıncı ile saptanabilir. Üniform eğimli hatlarda orifis tipi damlatıcılarda damlatıcı debisi basıncın kare kökünün bir fonksiyonudur.

$$q_i = K(H - R_i \Delta H + R_i' \Delta H')^{1/2} \quad (17)$$

$q_i$  verilen i.bölümündeki damlatıcı debisi. Diğer tip damlatıcılar için ise e'nin uygun değerleri kullanılmalıdır.

Şekil 2'den farklı uzunluk oranları  $l/L$  için basınç oranı  $R_i$  bulunabilir ve basınç artış oranı  $R_i'$  uzunluk oranı  $l/L$  ile aynıdır. Toplam iç basınç  $H$ , toplam sürtünme kaybı  $\Delta H$  ve toplam basınçta meydana gelen maksimum artış-azalış ( $\Delta H'$ ) biliniyorsa çıkış debisinin dağılımı kolayca saptanabilir.



## ÜNİFORMLUK KATSAYISI

Damla hattının yerleştirildiği yerdeki eğimin bayır aşağı ve yukarı olmasının sonucu oluşan basınç değişimleri damlatıcı debilerine de etki etmektedir. Sistemde basınç bağılımı biliniyorsa damlatıcı debilerinin değişimini Eşitlik 17 ile saptayarak buradan üniformluk katsayısı hesaplanabilir.

Düz veya bayır yukarı eğimli tasarlanmış damla hatlarında en yüksek en düşük damlatıcı debileri lateral uç kısımlarında oluşmakta, bayır aşağı eğimlendirilmiş hatlarda ise en düşük damlatıcı debisi uç kısımda oluşmamaktadır. Bu nedenle uç damlatıcı verdilerini dikkate alarak seçilen yan boru boyutlarıyla uygun bir su dağılımı elde edilememektedir (Korukçu, 1980).

Sulama yöntemlerinde üniform su uygulamasını saptamak için birçok yöntem geliştirilmiştir. Bunlardan en çok uygulananı Christian- sen, 1942'nin yağmurlama sistemleri için önerdiği üniformluk katsayısı eşitliğidir. Bu eşitlik,

$$C_u = 1 - \frac{\Delta \bar{q}}{\bar{q}} \quad (18)$$

şeklindedir. Burada,  $\bar{q}$  ortalama debi L/h ve  $\Delta \bar{q}$  ortalama debilerinden mutlak sapmaların ortalamasıdır L/h.

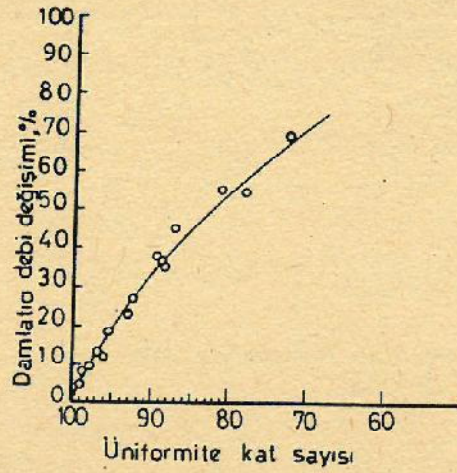
Damla sisteminde lateral hatlarda damlatıcı debi değişiminin saptanmasının diğer bir yolu da maksimum ve minimum damlatıcı debilerinin karşılaştırılmasıdır (Howell ve Ark., 1983).

$$q_d = \frac{q_{\max} - q_{\min}}{q_{\max}} \quad (19)$$

Buada,  $q$  damlatıcı debi değişimi,  $q_{\max}$  hat boyunca oluşan en büyük damlatıcı debisi,  $q_{\min}$  ise hat boyunca oluşan en küçük damlatıcı debisidir. Şekil 5'de üniformluk katsayısı ile damlatıcı debi değişimi arasındaki ilişki belirtilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi % 98'lik bir üniformluk katsayısı % 10 damlatıcı debi değişimine eş olmaktadır. Benzer şekilde % 95'lik bir üniformite katsayısı ise % 20'lik damlatıcı debisine eş olmaktadır. Debi değişimleri gözönüne alındığında proje ölçütü olarak üniformluluğun % 98 veya daha büyük değer olarak alınması gerektiği görülür. % 95 - 98 arasındaki bir üniformluk katsayısı da kabul edile-



bilir. Fakat % 95'den daha küçük bir üniformluk katsayı damla sulama sistemleri için önerilmez (Wu ve Gitlin, 1974).



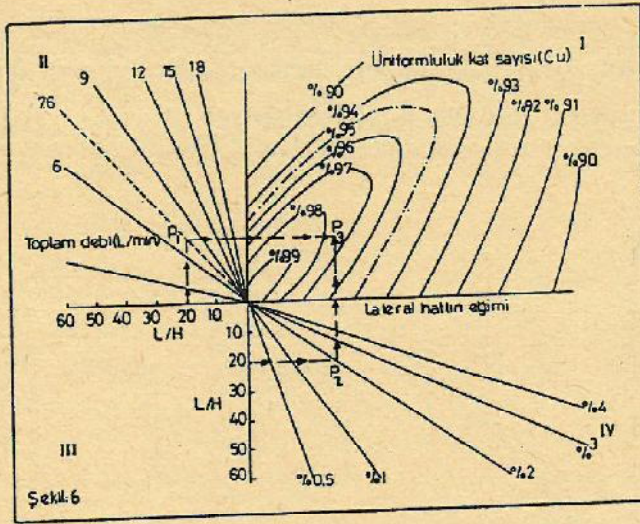
Şekil 5 : Üniformluk Katsayısı ile Damlatıcı Debi Değişimi Arasındaki İlişki (Howell ve Ark., 1983).

#### DAMLA SULAMA HATLARININ TASARIMINDA GRAFİKLERİN UYGULANMASI

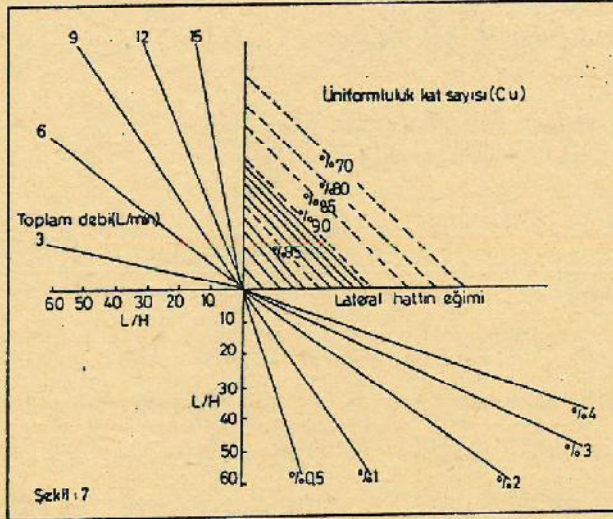
Damla sulama hatlarının tasarımı ile ilgili diğer bir çözüm şekli de Wu ve Gitlin, 1974 ve Wu, 1977; tarafından geliştirilen tasarım grafikleridir. Araştırmacılar Eşitlik 17 için  $\Delta H/H$  ve  $\Delta H'/H'$  nin farklı kombinasyonlarını kullanarak damla sulama hattının herhangi bir bölümündeki debinin maksimum debiye oranını ve Eşitlik 18'de çıkış debisi dağılımının üniformluk kat sayısını bir bilgisayar programı ile hesaplamışlardır. Hat uzunluğu, toplam debi arazi eğimini de dikkate alarak farklı boru çapları için lateral ve alt ana boru hatlarının tasarımında yararlanabilecek grafikler geliştirmişlerdir (Şekil 6-15). Toplam debi ve arazi eğiminin bilinmesi halinde projeyi yapan kişi tasarım grafiklerinde basınç ve uzunluğun farklı kombinasyonlarını kullanarak tarla koşullarına uygun H ve L değerleri saptayabilir. Fakat planlama için öncelikle üniformluk katsayısı ile ilgili bir değer kabul edilmesi gerekir.

Damlatıcı debilerinin ve aralıklarının verildiği varsayılarak deneme-yanılma yoluyla tarla koşullarına uygun değişik H ve L değerleri için grafikler yardımıyla istenilen üniformluk katsayısının elde edilip edilemeyeceği kontrol edilebilir. Aşağıda bu grafiklerin kullanılması ile ilgili bir örnek verilmiştir.





Şekil 6 : 1/2 Parmaklık Lateral Hat İçin Tasarım Grafiği-Bayıraşağı (Wu ve Gitlin, 1974).



Şekil 7 : 1/2 Par.Lateral Hat için Tasarım Grafiği-Bayır yukarı (Wu ve Gitlin, 1974).

İç basınç  $H = 4,60$  mss.

Hat uzunluğu  $L = 92$  m.

Toplam debi  $Q = 7,6$  L/m

Lateral hattın eğimi  $S = \% 2$  (bayıraşağı)

Lateral hattın çapı  $D = 1/2$  parmak =  $0,0127$  m

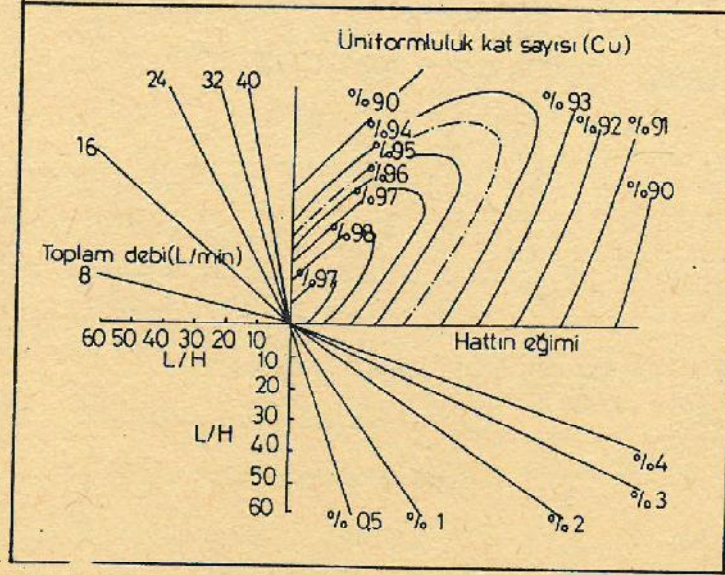
Yukarıda verilenler için üniformalık katsayı Şekil 6 yardımıyla aşağıdaki yol izlenerek bulunur.

a- L/H hesaplanır,  $L/H = 92/4,60 = 20$

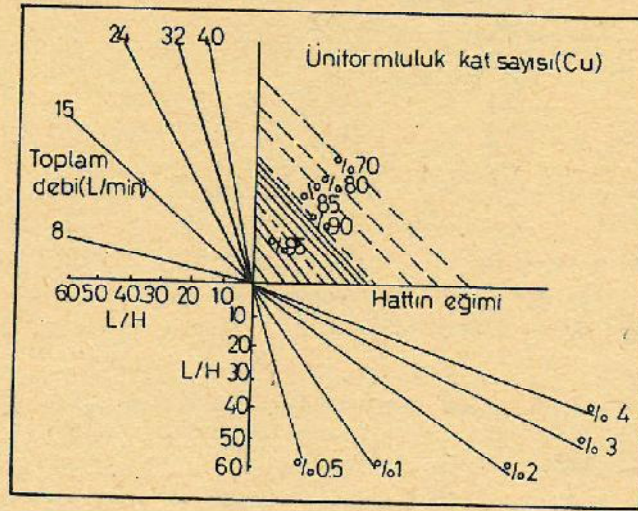
b- Şekil 6'nın II.bölgesinde L/H = 20 değerinden yukarıya doğru bir çizgi çizilir. Bu çizginin 7,6 L/m'lik debi çizgisini kestiği nokta P1'dir.



- c- IV.bölgede  $L/H = 20$  değerinden itibaren paralel bir çizgi çizilir. Bu çizginin % 2 eğim çizgisini kestiği nokta  $P_2$ 'dir.
- d-  $P_1$  noktasından itibaren çizilen paralel çizginin  $P_2$  noktasından çizilen dik çizgi ile kesim noktası  $P_3$ 'tür. Bu nokta üniformaluk katsayısını verir. Örneğimiz için bu değer  $C_u = \% 97$ 'dir.



Şekil 8 : 3/4 Par. Altana Hat İçin Tasarım Grafiği-  
Bayıraşağı (Wu ve Gitlin, 1974).



Şekil 9 : 3/4 Par. Alt Ana Hat İçin Tasarım Grafiği-  
Bayır yukarı (Wu ve Gitlin, 1974).

Yağmurlama sulama yöntemi için % 80 - 90'lık bir üniformaluk katsayısı yeterli görülmesine karşın damla sulama yöntemi için bu değer kabul edilebilir sınırın altındadır. Bu yöntem için % 95'den daha küçük bir üniformaluk katsayısı önerilmemektedir. O halde







## SUMMARY

### DRIP IRRIGATION METHOD AND DESIGN PRINCIPLES

Drip irrigation is the frequent and slow application of water to soil under low pressure through mechanical devices called emitters located along the plastic lateral pipes which are very smooth. The flow of water in the pipe is generally turbulent with smooth boundaries. The friction losses in a drip line can be computed by using some equations such as Darcy-Weisbach, Hazen-Williams and Blasius. The friction losses in a drip irrigation system is an exponential function of the length of the pipe. Pressure variations along a drip irrigation line are primarily due to friction and slope. If the pressure distribution is known, the emitter discharge distribution can be easily determined. A uniformity coefficient can be calculated from the discharge distribution.

An alternative solution method was presented in a nomograph form in this study. The nomograph consists of design pressure and length of drip line, total flow rate, slope of the line and uniformity coefficient. This nomograph will help to design lateral and submain lines based on acceptable uniformity. The designer will be able to use different combinations of pressure and pipe length in order to obtain an acceptable and suitable drip planning on the field condition.

### KAYNAKLAR

- Bucks, D.A., et al., 1982. Principles, Practices and Potentialities of Trickle (drip) Irrigation. Advances in Irrigation vol. 1, Academic Press. New York.
- Christiansen, J.E., 1942. Irrigation by Sprinkling. Bull. Calif Agric. Exp. Stn. 670, 1-24.
- Howell, T.A. and et al., 1983. Design and Operation Trickle (drip) Systems. Design and Operation Form Irrigation System, Chapter 16.663-714. ASAE Monograph.
- Hughes, T.C. and Jepsen, R.W., 1978. Hydraulic Friction Loss in Small Diameter Plastic Pipelines. Water Resour. Bull 14(5), 1159-1166.
- Korukçu, A., 1980. Damla Sulama Yan Boru Uzunluklarının Saptanması Üzerinde Bir Araştırma. Ankara Üni.Ziraat Fak. Yayınları, 742, Ankara.
- Myers, L.E. and Bucks, D.A., 1972. Uniform Irrigation with Low-Pressure Trickle Systems. J.Irrig.Drainage Div. Am., Soc. Civ., Eng. 98 (IR3), 341-346.
- Nir, D., 1982. Drip Irrigation. CRC Handbook of Irrigation Technology, Vol.I 247-298, CRC Press, Florida.
- Wu, I.P. and Gitlin, H.M., 1973. Hydraulics and Uniformity for Drip Irrigation, Journal of the Irrig. and Drain. Div. Am., Soc., Vol. 99, No:IR2, 157-168.
- Wu, I.P. and Gitlin, H.M., 1974. Design of Drip Irrigation Lines. Hawaii Agr. Exp. Station, Technical Bull. No:96.29.5.
- Wu, I.P., 1977. A General Drip Irrigation Design Calculator. 7 th. Inter'l, Agr. Plastic Cong. Proc. San Diego. CA. 54-60.
- Wu, I.P., 1985. A Uni-Plot Drip Irrigation Lateral and Submain Design Transactions of the ASAE. 522-528.