

---

SERİ

**B**

CİLT

**39**

SAYI

**2**

**1989**

---

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ  
**ORMAN FAKÜLTESİ**  
D E R G İ S İ



# PARK VE BAHÇE SULAMA SİSTEMLERİ

Prof. Dr. Ö. Bülend SEÇKİN<sup>1)</sup>

## Kısa Özet

Park-bahçe düzenleme çalışmaları; sert zemin, drenaj, sulama, aydınlatma gibi yapısal peyzaj öğeleri ile ağaç, çalı, çim ve diğer yerörtücüleri gibi bitkisel peyzaj öğelerinin bir bütünüdür. Bütün bu öğeler arasında yakın ve doğrudan bir ilişki mevcut olup, bu yazının konusunu peyzajın canlı öğelerinin sıhhatini, sağlığını ve gelişimini sağlayan sulama teşkil etmektedir. Bitkisel peyzajın fonksiyonelliğinin ve estetiğinin korunması büyük ölçüde sulamaya bağlıdır. Park ve bahçe bakım masraflarının artan işçi ücretleri karşısında fazla yükselmesi ve giderek artış gösteren bu masrafların devamlı olması, sprinkler sulama sistemlerini ekonomik, fonksiyonel ve aynı zamanda estetik görünümüyle cazip hale getirmiştir. Bu durum bir yandan sprinkler sulama sistemlerinin talebine ve gelişimine hız kazandırırken, bir yandan da bu sistemlerin dizaynı peyzaj mimarlığının konusu ve peyzaj projelerinin bir cüz-i tamı olmuştur.

## 1. GİRİŞ

Düzenli sulama, bilinmesi gereken park-bahçe bakım tekniklerinin en önemli ve en zorlarından birisidir. Bitkiler susuz yaşayamaz. Su, bitki sisteminin devamını sağlayan hemen hemen bütün proseslerin esasıdır. Bitki yapısının büyük bir kısmını su oluşturur. Nitekim aktif şekilde yaşamını sürdüren bir bitkinin % 85-90'ı sudur. Diğer bir ifade ile su, hem bitki gelişimine yarayan maddelerin fiziksel hareketi, hem de bitki beslenmesine özgü gıdaları oluşturan kimyasal prosesler için gerekli yaşam sürdürme sıvısıdır.

Bitki bünyesinde erimiş mineraller topraktan yapraklara taşınırken, bu hareket, xylem denilen mikroskopik kanallar içinde cereyan eder. Bu suretle yapraklara ulaşan bitki suyunun bir kısmı stomalar vasıtasıyla bitkiyi terkeder (terleme). Xylemdeki bu akışın yavaşlaması, yaprakların beslenme eksikliği çekmesine, bu da ekseriya yaprakların soluk yeşile ve sarıya dönüşmesine yolaçar. Bu durum, toprağın çok kuru olması, kök sisteminin fonksiyonunu tam olarak yerine

1) İ.Ü. Orman Fakültesi Öğretim Üyesi

getirememesi veya xylemin herhangi bir sebeple tıkanması ya da kesilmesi halinde ortaya çıkar. Eğer xylem akışı aniden azalır ve transpirasyon nisbeti yükselirse –muhtemelen sıcak veya rüzgârlı hava yüzünden– yapraklar canlılığını kaybeder, sonra da kurur ve düşer.

Bitkiler, stomaları açık olduğu zaman fotosentez yapar. Su eksikliği geçen bitkide ise stomalar kapanır, dolayısıyla fotosentez ve bitki büyümesi durur.

Bilindiği gibi bitkiler terleme suretiyle bütün suyunu dışarı atamaz. Geriya kalan su, şeker ve diğer kimyasal maddeleri taşıyarak yapraklardan çiçeklere, meyvalara, büyüyen sürgünlere ve köklere gider. Bitkideki bu taşıma sistemi de phloem adını alır. Eğer bir ağacın kabuğu pul-pul soyulursa, phloemi bu kabuğun beyaz kısmı olarak görmek mümkün olur. Phloemdeki su akışı, xylemden çok daha yavaş olup diffüzyon yoluyla olur.

Bir bitkinin su ihtiyacı, bitki boyutları ve onun su tutma kapasitesi ile ilgilidir. Mesela, su-suzluğa veya rüzgârlı yerlere özgü bitkiler, suyunu korumak için özel bir mekanizmaya sahiptir. Böyle bitkiler ekseriya küçük ve etli yapraklıdır.

Topraktaki suyun hareketi, yerçekimi kuvveti ve kapiler etki ile mümkün olur. Toprağa nüfuz eden su, toprak partikülleri arasındaki gözeneklerden aşağıya doğru hareket eder. Su ile dolan gözenekler doygun hale gelir ve bu hareket, gözeneklerdeki havanın yerini suyun almasıyla daha derinlere doğru seyreder. Suyun toprak içindeki bu hareket hızı, toprağın tekstürüne bağlı olup, mesela gözenek boşlukları büyük olduğundan kumda daha yüksek, küçük gözenek boşluklarına sahip olan kilde ise daha düşük olur. Giderek, suyun toprak içinde aşağıya doğru hareketini mümkün kılan yerçekimi kuvveti, toprak partiküllerine tutunan su moleküllerinin kapiler hareketi ile dengelenir ve suyun aşağıya doğru akması da durur. Bu durumda su, ancak kapiler boyutlu gözeneklerde bulunur ve büyük gözeneklerin hepsi hava ile doludur.

Bu durumda toprak, su ile ıslanmış bir süngere benzetilebilir. Bu sünger sıkıldığında suyu bırakır. Sıkma işlemi devam ederse süngerin suyu giderek azalır ve süngerden su çıkmaz olur.

Toprak, hem yüzeyinden evaporasyonla, hem de bitki kökleri ile su kaybına uğrar, giderek kurur. Sünger örneğinde olduğu gibi, artık su vermez. Yani, bitki kökleri, toprak partikül yüzeylerine tutunan son su zerrecelerini, çok kuvvetli kapilar kuvvet sebebiyle, koparamaz. Toprağın çok kuru olduğu bu noktadan önce bitkiler, yaprakları solarak veya bozularak, su sıkıntısı çeker.

Düzenli sulama için, toprak hakkında doğru bilgilere sahip olmak gerekir. Meselâ kumlu topraklar büyük gözeneklere sahip olduğundan hızla kurur. Bu tip topraklar çok sık sulamaya ihtiyaç gösterir. Küçük gözenekli olan killi topraklar ise daha yavaş kurur. İdeal toprak, büyük ve küçük gözenekli toprakların karışımından oluşur. Bu suretle, küçük gözenekler suyu tutarken, büyük gözenekler sulamadan sonra yeterli havanın toprağa girmesine yardımcı olur.

İdeal toprak şartları sağlanmamış bulunan yerlerde, toprak ıslahına gitmek gerekir. Bu da, toprağa organik madde ilavesiyle mümkün olur. Bu suretle elde edilen karışım, toprağın su tutma kapasitesini artırır, aynı zamanda da iyi bir drenaja ve havalandırmaya imkan verir. Topraktaki organik madde, kumlu topraklarda suyu tutar; killi topraklarda ise havalandırmayı artırır.

Bitki ve toprak yapısının yanısıra, nemlilik, sıcaklık, rüzgâr ve gün uzunluğu gibi iklim özellikleri de bitkinin su kullanımını ilgilendirir. Nitekim sıcak, kurak, rüzgârlı havada bitkiler yapraklarını canlı tutmak için fazla miktarda suya ihtiyaç gösterir. Hatta kışın, soğuk ve şiddetli rüzgârların yol açtığı düşük nemlilik bile bitki yapraklarının kurummasına ve kavrulmasına neden olur.

Bilindiği gibi, bitkiler sadece gündüzleri terler. Yılın en uzun günlü ayı haziran'dır. Mevsimin en sıcak ayı olmamasına rağmen bu ayda bitkilerin su talebi en fazla olur.

Bitkilerin kök zonundaki mevcudunun yaklaşık olarak yarıya inmesi hali, bitkinin en uygun sulama zamanının göstergesidir. Yapılan sulamanın yeterliliğini anlamak, sulamadan bir kaç saat sonra toprakta bir çukur açarak doygun zon derinliğini kontrol etmekle mümkündür. Eğer kök zonunun altındaki toprak doygunsa, bitki yeteri ölçüde sulanmıştır. Genel bir kural olarak, çim ve mevsimlik çiçekler için kök zonu derinliği 30 cm; sebze ve perenial çiçekler için 60 cm; ağaç ve çalılar için de 120 cm kabul edilebilir.

Suyunu tam alan bitkiler sağlıklı yeşil yapraklara ve normal büyüme hızına sahiptir. Sulamanın yetersizliğini bitkiler, genel olarak şu tip tepkileri ile yansıtır:

- Bazı bitkilerde, su sıkıntısının ilk işareti olarak, parlak yapraklar donuklaşır;
- Büyüme çok yavaşlar ve durur;
- Çiçekler hızla solar ve erken dökülür;
- Yaşlı yapraklar kahverengileşir, kurur ve dökülür;
- Yeni ve eski yapraklar canlı değil, solgundur. Ancak Ilex ve çam gibi bitkilerin yapraklarında su sıkıntısının etkisi dikkat çekici değildir; bununla birlikte bu bitkilerde büyüme durur.

## 2. SULAMA SİSTEMLERİ

İdeal olarak, bütün sulama sistemlerinin amacı, bitkinin terleme (transpirasyon) ve toprağın buharlaşma (evaporasyon) yoluyla kaybettiği suyu karşılamaktır.

Aslında, park ve bahçe sulama sistem ve ekipmanları, tarımsal amaçlar için geliştirilmiş, fakat daha sonraları aynen ve/veya bazı değişikliklerle mesken ve ticari projelerde kullanılmıştır. Bugün bu sistem ve ekipmanlar, mantıklı ve planlı yapılan her peyzaj çalışması için vazgeçilmez bir öğe olmuş ve uygulamada karşılaşılan her duruma uygun rasyonel çözümler mümkün hale gelmiştir.

Gelişmiş ülkelerde, son yıllarda, özellikle turizm tesisleri ile bazı büyük projeler başta olmak üzere ülkemizde de sabit sulama sistemleri peyzaj projelerinin vazgeçilmez bir üyesi haline gelmiştir. Park ve bahçe sulamada genelde üç sulama alternatifi mevcuttur: Bunlar elle, **sprinklerle** ve **damlama** sulamadır. En iyi sonuç için, bu sulama alternatifleri kombine edilebilir; mesela bu kombinasyon, ağaç, çalı ve yerörtücüleri için bir damlama sistem ve çim için de bir sabit sprinkler sistem ile sağlanabilir. Ancak hiç bir şekilde, bu iki farklı tipteki sulama sistemlerini tek bir (aynı) dağıtım ağına bağlı olarak kombine etmemek gerekir (çalışma basınçları ve süreleri farklı).

### Elle Sulama

Elle sulama, ya delikli teneke kova ya da sulama hortumu kullanılarak yapılır. Delikli kova ile sulama özellikle fide yasıkları gibi ihtimam isteyen yerler için uygundur. Hortumla sulama, park veya bahçe alanında belirli aralıklarla dağıtılmış (döşenmiş) bir musluk ağını gerektirir. Musluğa takılan sulama hortumu ayaklı veya el fiskiyeleri (seyyar fiskiyeler) ile kombineli

bir şekilde kullanılır. Yoğun insangücü kullanımını gerektiren bu sulama alternatifinin tesisi nisbeten az masraflı, fakat sulama işi çok yorucu ve zaman alıcıdır. Dolayısıyla, geniş alanlarda hayli masraflı bir sulama alternatifidir.

Hortumla elle sulama, küçük ev bahçelerinde mesela bir çift hortum ve birkaç seyyar bahçe sprinkleri (fiskiyesi) kullanımı ile en az masraflı bahçe sulama alternatifini oluşturabilir. Ayrıca bahçe bakımından haz duyan ev sahipleri için zevkli ve dinlendirici bir uğraş olarak da nitelendirilebilir. Ancak, büyük alanlarda hortum ve sprinklelerin bir yerden diğerine taşınması hafta içinde saatleri alabilmektedir. Ayrıca, görsel olarak da pek estetik değildir.

### **Sprinklerle Sulama**

Sprinkleler, genel olarak, çim ve yer örtücüler için kullanılır ve muntazam geniş alanlara döşendiği takdirde faydalıdır. Bunlar, bir bahçe sulama hortumunun ucuna takılabilir veya devamlı, otomatik bilgisayarlı sulama sisteminin bir parçası olarak tesis edilebilir. Değişik sulama şekillerini mümkün kılan birkaç sprinkler kafası (head) mevcuttur.

Geniş ve yoğun bitkilendirilmiş bir alana suyu dağıtmanın ekonomik yolu sprinklerlerdir. Bunlar, çim ya da geniş alanlardaki yer örtücülerini sulamak için pratik yegane imkandır. Fakat ne var ki, rüzgârlı günler, sprinklerle sulama bakımından bir dezavantajdır; çünkü sulama muntazam olmayacaktır. Öte yandan sprinkleler, kökler gibi yaprakları da ıslatır. Bu durumdan, hassas yapraklı bitkiler etkilenir, külleme ve diğer bitki hastalıkları kendini gösterir. Sprinkler kullanmadan, hortumla veya damlama sulama, bu bakımdan avantajlıdır.

### **Damlama Sulama**

Damlama suretiyle sulama, en ekonomik su ve sulama zamanı kullanımını mümkün kılar. Damlama memeleri (emitter) saatte yaklaşık 2-20 litre su akıtır. Sulama tamamen otomatik olarak veya elle açılıp kapanan bir vana vasıtasıyla yapılır.

Damlama sulama, yüzyıllık akışı sebebiyle verimden veya evaporasyonla su kaybına yol açılmadan sulama için mükemmeldir. Diğer sulama metodları ile erozyonun problem olduğu yamaçlar ve kompleks bitkilendirmeler için damlama sulama akıllı bir seçimdir.

Bu tip sulamada toprak sürekli olarak nisbeten nemli, bitki yaprakları ıslanmadığından külleme problemi yok, en önemlisi bitki gelişmesi diğer sistemlere nazaran daha iyi ve toprak sadece damlama memesi çevresinde ıslandığı için yabancı ot büyümesi azdır.

## **3. SULAMANIN AGRONOMİK PRENSİPLERİ**

Hiç şüphe yok ki, her sulama sisteminin amacı, bitki kök zonuna faydalanılabilir miktarda su temin etmektir. Bunu başarmak için, toprak koşullarını ve bitki büyüme karakteristiklerini bilmek şarttır.

### **3.1. Toprak Karakteristikleri**

Toprak, sulama sistemi plancısı için, hayati önemde iki karakteristiğe sahiptir; bunlar, infiltrasyon nisbeti ve tarla kapasitesidir. İnfiltrasyon nisbeti, herhangi bir toprağın bir saat zar-

ında absorbe edebileceği su miktarını; tarla kapasitesi de, toprağın fazla suyunun yerçekimi kuvveti etkisiyle drene olmasından sonra toprak tarafından tutulan su hacmini ifade eder. İnfiltrasyon cm/saat ve tarla kapasitesi cm olarak ölçülür.

Bir toprağın infiltrasyon karakteristikleri toprak yoğunluğuna ve arazi eğimine bağlıdır (Tablo 3.1).

Tablo 3.1  
Eğim ve Toprak Tipine Göre Maksimum İnfiltrasyon Nisbetleri

Eğim	Kumlu toprak	Normal toprak	Ağır toprak
% 0 – 5	1.90 cm/saat	1.27 cm/saat	0.63 cm/saat
% 6 – 8	1.52 cm/saat	1.02 cm/saat	0.51 cm/saat
% 9 – 12	1.40 cm/saat	0.76 cm/saat	0.43 cm/saat
% 13 – 20	0.89 cm/saat	0.51 cm/saat	0.25 cm/saat
% 20 <	0.63 cm/saat	0.38 cm/saat	0.18 cm/saat

Tarla kapasitesi, organik madde muhtevasına ve kompozisyonuna bağlı olarak topraktan toprağa geniş ölçüde değişir. Ancak, mesela konu özellikle çim alanları ile ilgili olduğu takdirde, sulama sistemi planıcısını, ekseriya, ana kök zonunu oluşturan üstten 15 cm derinlikteki toprak tabakasının kapasitesi meşgul eder. Bu derinlikteki toprağın tarla kapasitesi ile ilgili takribi bazı değerler Tablo 3.2'de görülmektedir. Ancak bu değerler takribi olduğundan, arazide bizzat ölçülerek tespit edilen veya edilecek olan test değerlerinin yerine kullanılmamalıdır.

Tablo 3.2: Toprağın Su Depolama Karakteristikleri

Toprak Tipi	Tarla Kapasitesi	Solma Noktası	Kullanışlı su %	15 cm derinlikteki toprağın su depolama kapasitesi
Kum	8	3	5	1.02 cm
Balçık	20	10	10	2.29 cm
Kil	30	15	15	3.56 cm

Toprağın depolama kapasitesinin tamamen değil, ancak % 5-10'u bitki için kullanışlıdır. Eğer bitki bu kullanışlı su hacmini hemen harcarsa, solar. Daha önce de belirtildiği gibi, su sızıntısı devam eder ve toprak aşırı derecede kurursa, bitki ölür-gider.

### 3.2. Bitki Karakteristikleri

Sulanacak bitki türleri, büyüme periyodları esnasında beslenmelerini ve hayatiyetlerini sağlamak için gerekli su miktarının belirlenmesi amacıyla değerlendirilmelidir. Su talebi, bitki türlerinin evapo-transpirasyon nisbeti ile ölçülür. Bu, bitkinin normal evaporasyon ve transpirasyon sonucunda kaybettiği su miktarıdır. Bu değerler, bölgeden bölgeye büyük ölçüde değişir.

Bu açıklamalardan sonra, özette belirtmek gerekir ki, planının çizim masasına oturmadan önce, cevaplandırılması gereken birkaç temel agronomik sorusu vardır. Bu sorular şunlardır:

- Su hangi hızla verilebilir? Bunun cevabı, toprağın infiltrasyon nisbetinin tayini ile mümkün olur.
- Verilecek suyun miktarı ne kadardır? Bu miktar, sulanacak bitki türlerinin evapotranspirasyon nisbetine bağlıdır.
- Sulama hangi sıklıkta yapılmalıdır? Bu sıklık, toprağın tarla kapasitesi ve kullanışlı rutubet yüzdesi ile tayin edilir.

Bu soruların cevapları, doğrudan doğruya sulama sisteminin şeklini ve kullanılacak ekipman tipini belirleyecektir. Bunun nasıl uygulandığını şu örnekle göstermek mümkündür. Bu örnekte çim alanı 10000 m<sup>2</sup> ve kumlu topraktır. Yer örtüsü olarak da Bermuda çimi kullanılmaktadır.

İlk iş olarak, infiltrasyon durumu etüd edilir. Laboratuvarında yapılan ölçmeler sonucunda toprağın infiltrasyon değerinin 1.90 cm/saat olduğu tespit edilmiştir. Ancak çim alanının ortalama % 6'lık bir eğime sahip olduğu dikkate alınır, bu takdirde, sözkonusu infiltrasyon nisbetinin Tablo 3.2 'e göre 1.52 cm/saat'e düşürülmesi gerekir.

Daha sonra, sözkonusu yöre koşullarında Bermuda çimine özgü en yüksek evapo-transpirasyon nisbetine bakılır. Yöre koşullarında Bermuda çimi için en yüksek evapo-transpirasyon nisbetinin 0.76 cm/gün ya da 5.34 cm/hafta olduğu saptanmıştır. Bu durumda, yılın yaklaşık olarak yalnızca üç ayı için sözkonusu olsa da, sistemin haftada en az 5.34 cm'lik evapo-transpirasyonu sağlayacak şekilde dizayn edilmesi gerekir.

Son olarak, sulama sıklığının belirlenmesi gerekir. Bunun için, Tablo 3.2'ye bakılarak kumlu toprakların yaklaşık 1.02 cm su depolayacağı bulunmuştur. Bunun anlamı, yılın en sıcak aylarında çimin normal su ihtiyacının karşılanması için bütün alanın hergün sulanması gereklidir. Öte yandan, yine aynı tablodaki değerlerden anlaşılacağı üzere, eğer toprak kumlu değil de killi olmuş olsaydı, çim alanının hergün değil, her dört günde bir sulanması ihtiyaç olacaktı.

Bu sonuçları kısaca özetlemek gerekirse, sözkonusu şartlara uygun sulama sistemi, hergün sulama ile, haftada en az 5.34 cm lik evapo-transpirasyon nisbetini karşılayacak ve yaklaşık olarak 1.52 cm/saat'lik infiltrasyon nisbetine cevap verecek kapasitede olmalıdır. Bu kadar sık sulamayı gerektiren bu ölçüde geniş bir çim alanında sulama sistemini uzaktan kontrollü olarak planlamak yerinde olacak, keza bu düşünce, sulama için gerekli işçi sayısında da önemli bir tasarrufa götürecektir.

#### 4. SULAMA SİSTEMLERİ

Elle sulama, bir yandan bitkilere verilen su miktarını ayarlamanın zorluğu, bir yandan da bahçıvanların dalgınlığı, unutkanlığı veya ihmali yüzünden en az etkili bir methodur. Seyyar sprinklerlerin de kontrolü zor; ekseriya gereğinden fazla su sarfiyatına, dolayısıyla aşırı sulama veya yüzeyssel akışa neden olur.

Sabit tesisatlı sprinkler sulama sistemi, çim alanlarını sulamak için en iyi methodur. Diğer bütün bitkilerin sulanması için de en pratik method damlama sistemidir.

#### 4.1 Sprinkler Sulama Sistemi

Sprinkler sulama sistemi, geniş çim veya park-bahçe alanlarının sulanmasında rahat, estetik ve etkili bir metod olup, manuel veya otomatik olarak idare edilebilir.

Bir sprinkler sulama sistemini dizayn etmek için bazı esasların bilinmesi gerekir. Bu esaslar şunlardır:

- (1) Toprağın karakteri (özellikle toprağın gözenekliliği ve su tutma kapasitesi)
- (2) İklim
  - Hakim rüzgârın yönü ve hızı
  - Nemlilik ve yağış karakteristikleri
- (3) Su temini (kaynağı)
  - Kaynak (kuyu, depo, göl, gölet, havuz veya şehir suyu)
  - Debi ve basınç
- (4) Mülk sahibinin istek ve arzuları

##### 4.1.1. Sistem tipinin seçimi

- (1) Elle bağlama sistemi

Yeraltındaki bütün sulama borularının devamlı basınç altında olduğu yerlerde, operatör veya bahçıvanın arzu ettiği kısımdaki çim alanının sulanması için sprinkler kafaları veya hortum bağlantıları, elle bağlama vanasına itilmek suretiyle monte edilerek vananın açılması sağlanır. Bu sistemde, sprinkler kafası veya sulama hortumu bağlantısı sözkonusu vanadan elle çekilerek çıkarıldığında vana kendiliğinden kapanır (Bunun uygulanmış bir örneğini Ataköy Galleria ön bahçesinde görmek mümkündür).

- (2) Seksiyon ve blok sistemi

Sulama alanı seksiyonlara ayrılır. Her seksiyondaki birçok sprinkler kafası bir kontrol vanası ile çalıştırılır (idare edilir). Bu vananın kontrolü, elle veya otomatik olarak ve otomatik zaman ayarlayıcı ile sağlanabilir (Elle kontrollü sisteme ait bir örneği Ataköy Holiday Inn –Yat Otelleri-’nin arka bahçesinde görmek mümkündür).

- (3) Tek vanadan uzaktan kumandalı sistem

Bu sistemle, benzer sulama isteklerine sahip değişik alanlarda aynı zamanda sulama yapılabilir.

Bu üç sistemden birinin veya bunların kombinasyonunun tercihinin karar verebilmek için, arazinin kullanım tipini, tesisin sulama ihtiyacını, mal sahibinin istek ve arzularını, tesisat ekonomisi ve mevcut su kaynağının özelliklerini birlikte değerlendirmek gerekir. Elle bağlama sisteminin tesis masrafı en düşük, fakat işletme masrafı, yoğun işçi istihdamı sebebiyle, en yüksektir. Seksiyon veya blok sistemi, nisbeten yüksek bir tesis masrafını gerektirir. Tek vanadan uzaktan kumandalı sistemde ise tesis masrafı en yüksek olur. Bunlardan iki veya bazen üç sistemin kombinasyonu, sistem seçimi sorusunun ekseriya en iyi cevabını oluşturur.

El ile idare edilen sistemlerde vananın el ile açılıp kapanması için bir şahıs gerekir. Bu sistemler otomatik sistemler kadar verimli değildir. Oysa, otomatik sistemler, kontrolör program-



lanarak optimal su gereksinimi sağladığı için, daha verimlidir. Kontrol vanasına ya tellerden elektriksel ya da kontrol borusundan hidrolik olarak sinyal yollanabilir.

Kontrolör, çimin veya park-bahçenin ne zaman, ne kadar süre sulanacağını ve günlük sulamaya başlama saatlerini belirlemek için programlanır. Kontrolör için pekçok seçmeli özellik mevcuttur. Ancak, genel olarak, kontrolörün ne kadar çok özelliği varsa, programlama o kadar karmaşık olur.

#### 4.1.2. Sprinkler Kafalarının Seçimi

Sistem tipinin seçimini takiben yapılacak iş, bitkinin sulama isteklerine, toprağın absorpsiyon karakteristiklerine, mevcut su kaynağının debisine ve basıncına göre belirlenen aralıklarda sprinkler kafaları seçiminin gerçekleştirilmesidir.

Sprinkler kafaları, püskürtür ve döner kafalar olmak üzere iki ana tiptedir. Bunlar ya pop-up veya sabit tipte olur.

Püskürtür kafalar 1.0-2.5 atü arasında bir basınçla çalışarak çapı 6-12 m olan küçük alanları sular ve birim zamanda fazla su sarfeder (2.5-5.0 cm/saat). Bunlar, küçük çim alanları ile gayri muntazam şekilli alanlar için en uygun sprinkler kafalarını teşkil eder.

Döner kafalar ise 2-6 atü gibi daha yüksek basınçla çalışarak, çapı 24-60 m olan daha büyük alanlarda sulama yapar, fakat birim zamanda daha az su sarfeder (0.25-1.30 cm/saat).

Döner sprinkler geniş çim alanlarında en etkili ve verimli bir şekilde kullanılır. Bu tip sprinkler kafaları (başlıkları) ile tam daire ve kısmi daire (daire dilimi) alanları üzerinde sulama yapılabilir.

Hemen belirtmek gerekir ki, aynı sulama alanında püskürtür (spray) ve döner sprinkler kafaları birlikte kullanılmamalıdır. Aksi takdirde dengesiz bir sulama kaçınılmaz olur. Herhangi bir seksiyonda aplikasyon oranı, her kafa için aynı olmalıdır. Aksi takdirde, seksiyon içinde bazı kısımlar daha çok, bazı kısımlar da daha az sulanacaktır. Eğer aynı seksiyonda tam daire kafalarla yarım daire kafalar kullanılıyorsa, tam daire kafalarla aynı aplikasyon oranına sahip yarım daire kafaları seçmek gerekir. Aksi takdirde yarım daire kafalar ayrı bir seksiyona toplanmalıdır.

Herhangi bir seksiyonda, sistemin tatminkâr şekilde çalışması için, sözkonusu seksiyondaki ilk ve son kafalar arasındaki çalışma basıncı, imalatçı firmaların tavsiye ettiği basınç sınırları içinde kalmalıdır.

Sprinkler kafalarının seçimi yapılırken, değişik kafa modellerinin herbirinin bir ideal çalışma basıncına sahip olduğu haurlanmalıdır. Çok düşük basınçlar, zayıf su dağıtım sonucunu doğurur. Çok tazyikli basınçlar da suyu havada zerreciler halinde rüzgârın etkisiyle dağıtır ve eşit bir sulama sözkonusu olamaz. Çalışma basıncına ek olarak, sprinkler kafalarının tip ve yüksekliğini tespit ederken, dikkate alınması gereken diğer hususlar da şunlardır:

- Sulama alanının büyüklüğü ve şekli
- Engellerin sayısı ve tipi
- Mevcut suyun hacmi
- Toprak tipi için caiz olan maksimum aplikasyon oranı
- Özel bitki türleri veya vejetasyon.

Sprinkler kafalarının seçiminde, mümkün olan yerlerde, önce büyük çaplı kafaların kullanımı tercih edilmelidir. Çünkü, m<sup>2</sup> esas alındığında, bunların kullanımını sistemin maliyetini artıran bir şekilde düşürecektir.

Sulama sisteminin bir ögesi olan sprinkler kafaları, meme ve gövde olmak üzere esas itibarıyla iki kısımdan oluşur. Piyasada mevcut olan sprinkler kafalarından bazıları üzerinde aşağıda kısaca durulmuştur:

#### (1) Püskürtür Kafalar

Bunlar en basit sulama kafaları olup bir gövdeye ve bir memeye sahiptir. Sabit bir alanı sulamak için kullanılır. Mevcut modelleri, kare ve dar şeritten, tam ve yarım daireye kadar değişir. Bu kafalar nisbeten ucuz olup bütün sulama çalışmalarında geniş bir uygulama alanı bulur.

#### (2) Püskürtür Pop-up Kafalar

Bunlar, püskürtür kafaların bir varyasyonudur. Meme, püskürtür kafalardakinin aynıdır; ancak bu meme, su basıncı ile gövde içinden yukarı doğru fırlayan (pop-up) bir dil üzerine monte edilmiştir. Yükselen bu dil sayesinde ve sulama esnasında memenin kotu toprak yüzeyinden yukarıdadır. Bu özellik, uzun çimlerin suyun püskürtmesine engel yaratma riskinin aşılması avantajını sağlar. Çim sulama işi bitirilip su basıncı devreden çıktığında, memeli dil kendiliğinden toprak düzeyi seviyesine iner. Bu da, çim makinelerinin engelsiz çalışmasına imkan verir. Bu sprinkler kafalarının ana problemi, bazı modellerinin sık sık çerçöp ile tıkanması, dolayısıyla dilin yuvasına tam olarak oturmaması, yüksekte kalması ve bu nedenle de insanların ve çim bakım ekipmanlarının çarpması yüzünden zarara uğramasıdır.

#### (3) Döner Kafalar

Döner sprinkler kafaları, çim alanına suyu fışkırtacak (dağıtacak) şekilde dönen bir tek meme veya memeler dizisine sahip olup, en küçük mesken bahçesinden en ağır tarımsal işlere kadar geniş bir sahada kullanılır.

#### (4) Döner Pop-up Kafalar

Döner pop-up, püskürtür pop-up'ın aynısıdır. Bu döner kafa tipi, su açıldığında gövdeden yukarıya doğru yükselen hareketli bir dil üzerinde yer alır. Bu kafalar, muhtemelen, bugün uygulamada en çok kullanılan tipi oluşturur; çünkü bunlar, otomatik sulama sistemleri için de çok uygundur.


#### 4.1.3. Sprinkler Kafalarının Düzeni ve Aralığı

Seçilen sprinkler kafalarının tipi ve boyutu, büyük ölçüde kafaların düzenini ve aralığını dikte eder. Bu kafalar ekseriya geometrik bir düzende, mesela ya kare ya da üçgen bir şekilde konumlandırılır. Ancak üçgen şekil daha iyi sonuç verir. Bazen hem kare hem de üçgen şekil-

ler birarada kullanılır (Resim 4.1). Sprinkler kafaları arasındaki mesafeler uygun ve eşit aralıklı olmazsa düzensiz ve dengesiz bir sulama sözkonusu olur.

Her sprinkler kafası, dairesel bir alanı sular; suyun dağıldığı (püskürtüldüğü) merkezden uzaklaştıkça su miktarı azalır ve fışkırtma veya püskürtme mesafesinin uç sınırında sıfırlanır. İyi ve düzenli bir su dağılımının sağlanması için, komşu sprinkler alanlarının belirli nisbetlerde birbiri üzerine bindirilmesi gerekir. Ve dağıtım modelleri, farklı tipteki sprinkler kafalarına ve çeşitli firmaların farklı dizaynlarına göre değişir. Dolayısıyla, muntazam bir su dağıtımını sağlamak için, imalatçı firmaların tavsiye ettiği aralıklara uymak gerekir. Ancak, imalatçı firmaların tavsiye ettiği aralıklar yerine, bir fikir vermek, pratik çözümlerde ve proje çalışmalarında tatminkar neticeler elde etmek için şu aralık mesafeler de önerilmektedir (Tablo 5.1).

Tablo 4.1: Tavsiye Edilen Sprinkler Kafaları Aralık Mesafeleri

Rüzgâr hızı km/saat	Aralık Mesafe 	Aralık Mesafe $\Delta$
0 – 10	0.65 D <sup>1)</sup>	0.75 D
10 – 15	0.60 D	0.70 D
15 <	0.50 D	0.55 D

Sulama dizaynlarında sprinkler kafalarının aralık mesafesi olarak çoğu kez sprinkler kafası sulama alanı çapının % 60'ını kullanmak yaygın ve pratik yoldur. Bu aralık, kare düzen (konumlandırma) için hem sprinkler kafa sıraları arasındaki, hem de herbir sıradaki kafalar arasındaki mesafedir.

Üçgen konumlandırmada bu aralık mesafe, kafalar arasında aynı, fakat kafa sıraları arasında ise sözkonusu mesafenin % 86'dır.

Hiçbir durumda, ya imalatçı firma tavsiyelerinin ya da çapın % 60'ı ölçüsünün dışına çıkılarak, sprinkler kafaları ve kafa sıraları arasındaki mesafeler artırılmamalıdır.

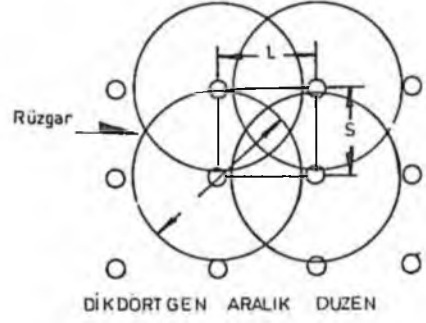
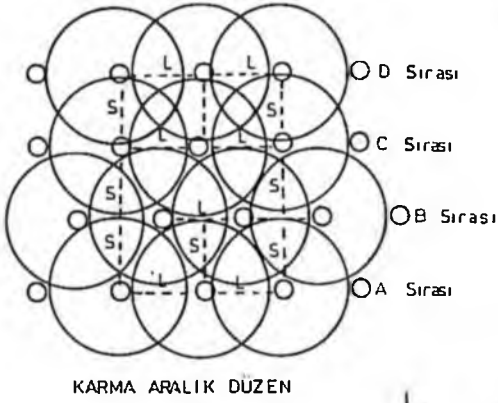
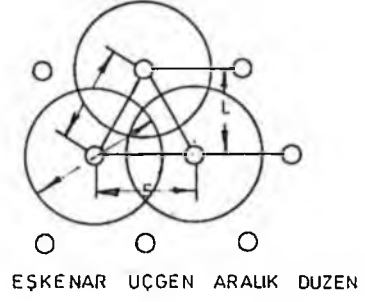
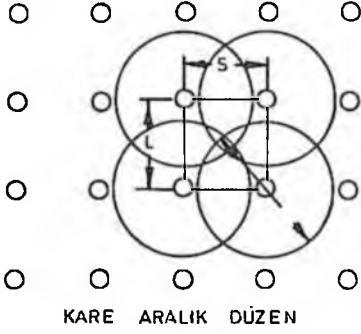
#### 4.1.4. Sistemin Seksiyonlara Ayrılması

Sprinkler kafa seçimi yapıldıktan sonra sıra sistemi seksiyonlara ayırmaya gelir. Bunu yaparken iki husus üzerinde durmak gerekir.

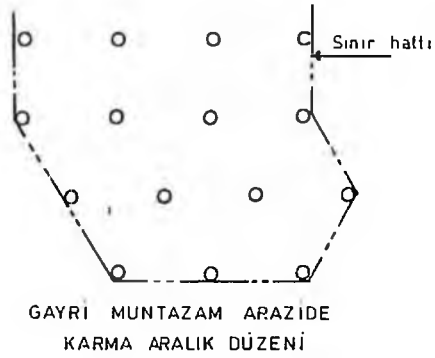
- (1) Pompanın büyüklüğüne veya şehir su şebekesine bağlı servis hattına ve sayaca göre su kaynağı ayarlanabilir.
- (2) Pompa büyüklüğü veya eğer belediye su şebekesi varsa, seçilecek servis hattı ve sayaç ile su kaynağı sınırlı olmayabilir.

Birinci durumda sistem seksiyonlara (bloklara) bölünmelidir. Herbir seksiyon, su kaynağının kapasitesini aşmayan litre/dak'lık bir talebe sahiptir. Eğer sulama süresi yeterli ise, her seksiyon için sprinkler kafalarının sayısı azaltılabilir. Böylece daha fazla seksiyon oluşur. Ancak, hiç bir şekilde, herhangi bir seksiyonun litre/dak talebi mevcut (emre anı) hacımdan daha fazla olamaz.

1) D = sprinkler kafası sulama alanı çapı.



S: SPRİNKLER KAFA ARALIĞI  
L: SPRİNKLER SIRA ARALIĞI



Resim 4.1: Sprinkler Kafa Planı Şekilleri.

İkinci durumda ise, su kaynağının halihazır pompaların kapasitesi veya mevcut servis hattının ve sayacın büyüklüğü ile sınırlı olmadığı yerlerde, sistemin seksiyonlara bölünmesindeki normal prosedür, aşağıdaki determinasyonları yapmaktır:

- Sprinklerlerin aplikasyon nisbeti, cm/saat
- En kurak sezondaki her durum için su talebi, cm/hafta.
- Sulama için uygun maksimum süre.

Bilindiği gibi, bir sprinkler sisteminin ana gayesi yüzeysel erozyona meydan vermeden toprağın kabul edebileceği miktarda suyu temin etmektir. Normal bir toprak, yüzeysel akış vuku bulmadan önce yaklaşık olarak saatte 0.8 cm su kabul eder. Bazı sprinkler sistemler saatte 10 cm'ye kadar çıkan bir yağış (precipitation) nisbetine sahiptir. Sprinklerlerin yağış nisbetleri, aşağıdaki formüllerden yararlanılarak cm/saat olarak hesap edilebilir:

- (a) Tam daire kafalarla üçgen düzendeki sprinklerler için yağış nisbeti:

$$\text{cm/saat} = \frac{\text{Litre} \times 60}{(\text{Kafa aralığı})^2 \times 0.866}$$

veya

$$\text{cm/saat} = \frac{\text{Litre} \times 60}{\text{Kafa aralığı} \times \text{sıra aralığı}}$$

- (b) Tam daire kafalarla kare düzendeki sprinklerler için yağış nisbeti:

$$\text{cm/saat} = \frac{\text{Litre} \times 60}{(\text{Kafa aralığı})^2}$$

- (c) Gayri muntazam aralıklı sprinklerler için ortalama yağış nisbeti:

$$\text{cm/saat} = \frac{\text{Litre} \times 60}{\text{Seksiyon alanı}}$$

Bu formüllerde kısaca litre olarak ifade edilen terim (a) ve (b) şıklarındaki beher sprinklerin dakikada litre, (c) şıkında ise her bir seksiyondaki toplam sprinklerlerin dakikada litre su sarfiyat (tüketim) miktarıdır.

Mutedil iklimlerde çim ve çalılar için gerekli yağış miktarı yaklaşık olarak haftada 2.54 cm, sıcak iklimlerde ise haftada 4.5 cm'dir. Mutedil iklimli yerlerdeki golf sahalarında oyun alanı içindeki gerekli haftalık yağış miktarı yaklaşık 2.54 cm, yeşil kısımlarda da 5.08 cm'e kadar çıkmaktadır. Bu aplikasyon nisbetlerini daha somutlaştırmak gerekirse, 2.54 cm'lik yağış hemen hemen her bir 100 m<sup>2</sup> lik bir çim alanına düşen 2540 litre suya eşittir. Bu da, beher m<sup>2</sup>çim alanı başına 2.54 cm lik yağış için 3.6 litre/gün, 4.5 cm için 6.5 litre/gün ve 5.08 cm için de 7.2 litre/gün demektir.

En kurak sezon esnasında çim veya vejetasyonun ihtiyaç duyduğu cm cinsinden haftalık yağış miktarı sprinklerlerin cm olarak saatlik aplikasyon nisbetine bölündüğünde, elde edilecek rakam, her sprinklerin haftada çalışması gerekli saat sayısı olacaktır. Bu sayı 60 ile çarpılarak dakikaya dönüştürülür ve her sprinklerin dakika olarak günde çalışması gerekli süreyi bulmak için de elde edilen bu son rakam 7'ye bölünür. Genellikle sulamanın yapılabileceği süre (saat) sınırlıdır. Sprinklerlerin hergün çalışması uygun olan dakika miktarı (süre), herbir sprinklerlerin çalışması gerekli dakika miktarına bölünürse, seksiyonların (blokların) sayısı bulunabilir. Eğer elde edilen sayı küsürlü çıkarsa, küsur atılır ve tam sayı blok sayısı olarak kullanılır.

Her seksiyondaki kafaların sayısı, toplam eşdeğer kafa sayısını blok sayısına bölmek suretiyle bulunabilir. Eşdeğer terimi ile, seçilmiş bir üniteyi ifade eden kafaların miktarı kastedilir. Yani, eğer 80 litre/dak su tüketen (aplike eden) bir sprinkler kafasına bir ünite denilirse, 40 litre/dak su tüketen sprinkler kafası 0.5 ünite, 20 litre/dak su tüketen sprinkler kafası da 0.25 ünite dir. Eğer sonuç küsürlü çıkarsa küsürat atılır ve kalanı, seksiyonlar arasında mümkün olduğu kadar eşit şekilde taksim edilir. Seksiyonları mümkün olduğu kadar eşit yapmanın bir diğer yolu sistemdeki bütün kafaların litre/dak talebini (ihtiyacını) toplamak ve her seksiyondaki litre/saat talebini bulmak için de seksiyon adedine bölmektir. Böylece her seksiyonun litre/dak ihtiyacı bulunur.

Bilindiği gibi her seksiyondaki yağış aplikasyon nisbetinin aynı olması gerekir. Bunun amacı, kaynak üzerindeki litre/dak ihtiyacını mümkün olduğu kadar sabit tutmaktır. En fazla litre/dak ihtiyacına sahip olan seksiyona göre, pompa seçimi yapılır.

#### 4.1.5. Sistemin Toplam Basınç Kaybı

Seksiyonlar (bloklar) tesis edildikten sonra, boru hattı planlar üzerine çizilebilir ve seksiyonların ayrı ayrı istenilen zaman aralıklarında ve sıklıkta kontrol vanalarıyla çalıştırılacak şekilde sistem tasarımı yapılır. Boru planı yapıldıktan sonra borular boyutlandırılmak için sistemdeki basınç kayıplarının belirlenmesi gerekir.

Su boru içinden akarken, basınç kaybına uğrar. Bu kayıp, boru cidarlarındaki, bağlantı yerleri ile vanalardaki sürtünmeler sebebiyle ortaya çıkar. Ayrıca suyun kaynak ve tahliye noktaları arasındaki herhangi bir kot farkı da basınçta bir kazanç ya da kayba yolaçar. Basınç, metre su sütunu yüksekliği anlamına gelen bar, atü veya  $\text{kg/cm}^2$  ile ölçülür<sup>1)</sup>.

Sprinkler kafaları için gerekli olan basınç, imalatçı firmalar tarafından spesifik olarak verilir. Eğer pompanın mevcut basıncı veya şehir suyunun ana hattaki basıncı biliniyorsa, boru içinde uygun görülen basınç kaybı kaynağın basıncı ile sprinkler kafası için gerekli basınç arasındaki farka eşittir. Eğer kaynak olarak şehir suyu kullanılıyorsa, servis hattı boyunca ve sayaçtan geçerken bir basınç kaybı sözkonusu olur. Su sayaçları ekseriya servis hattından bir boy daha küçük tesis edilir. Boyutları genelde sayacın üzerine damgalanmış veya oyulmak suretiyle yazılmıştır (giriş yolu ve çıkış yolu bağlantıları üzerine).

Sprinkler sulama sistemi için gerekli olan litre/dak akış; sayaçtan geçen emniyetli maksimum akışın % 75'i ile, veya sayaçtan geçerken ana hattaki statik basınçta % 10'dan daha fazla bir basınç kaybına uğramayan bir akışla sınırlandırılmalıdır.

1) 15 psi = 1 bar = 1 Atü = 1  $\text{kg/cm}^2$  = 10 m SS'dur.

Tablo 4.2: Suyun Standart Su Sayacından Geçerken Uğradığı Basınç Kayıpları

Sayaç Boyutu	Basınç Kayıpları, PSİ																
	Gallon/Dak								Gallon/Dak								
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	35	40	45	50
5/8''	1.3	2.3	3.7	5.1	7.2	9.4	12.0	15.0									
3/4''	.7	1.0	1.6	2.2	3.1	4.1	5.2	6.5	7.9	9.5	11.2	13.0	15.0				
1''	.3	.5	.7	.9	1.1	1.4	1.8	2.2	2.8	3.4	4.0	4.6	5.3	7.3	9.6	12.2	14.9
	Gallon/Dak								Gallon/Dak								
	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	80	90	100	120	140	160
1 $\frac{1}{2}$ ''	.8	1.3	1.8	2.5	3.3	4.0	4.9	5.9	7.2	8.3	9.8	12.8	16.1	20.0			
2''	.4	.5	.7	1.0	1.3	1.6	1.9	2.3	2.7	3.2	3.7	4.9	6.2	7.8	11.3	15.0	20.0
	Gallon/Dak								Gallon/Dak								
	60	70	80	90	100	120	140	160	180	200	250	300	350	400	450	500	
3''	1.0	1.3	1.6	2.0	2.5	3.4	4.5	5.8	7.2	9.0	14.0	20.0					
4''	.5	.6	.7	.8	.9	1.2	1.6	2.1	2.7	3.2	5.0	7.2	10.0	13.0	16.2	20.0	

Herhangi bir kesimdeki basınç değişimleri sprinkler sistemi için gerekli olan basıncın % 20'sinden daha büyük olmamalıdır. Ayrıca, boru bağlantı yerlerindeki (fittinglerdeki) basınç kayıplarının karşılanması için boru kesiminde meydana gelen basınç kaybının % 10'u düzeyinde bir basınç kaybı daha dikkate alınmalıdır. Bu esastan hareketle, bütün sistemdeki basınç kayıplarının hesaplanabilmesi mümkündür.

#### 4.1.6. Boruların Boyutlandırılması

Aşağıda, sprinkler sulama sistemlerinde genel olarak kullanılan polyethylene ve polyvinyl chloride (PVC) boruların kapasitelerine ait basitleştirilmiş bir liste görülmektedir. Bu kapasiteler 5 fps'lik hızları aşmamaktadır.

Akış, gallon/dak	Boru boyutu	Boru materyali
0 - 8	3/4"	Polyethylene
9 - 13	1"	Polyethylene
14 - 22	1 $\frac{1}{4}$ "	Polyethylene
23 - 30	1 $\frac{1}{2}$ "	Polyethylene
31 - 50	2 "	Polyethylene
0 - 10	3/4"	Polyvinyl chloride
11 - 18	1"	Polyvinyl chloride
19 - 28	1 $\frac{1}{4}$ "	Polyvinyl chloride
29 - 38	1 $\frac{1}{2}$ "	Polyvinyl chloride
39 - 59	2 "	Polyvinyl chloride
60 - 87	2 $\frac{1}{2}$ "	Polyvinyl chloride
88 - 130	3"	Polyvinyl chloride
131- 210	4"	Polyvinyl chloride
211- 310	5"	Polyvinyl chloride
311- 430	6"	Polyvinyl chloride

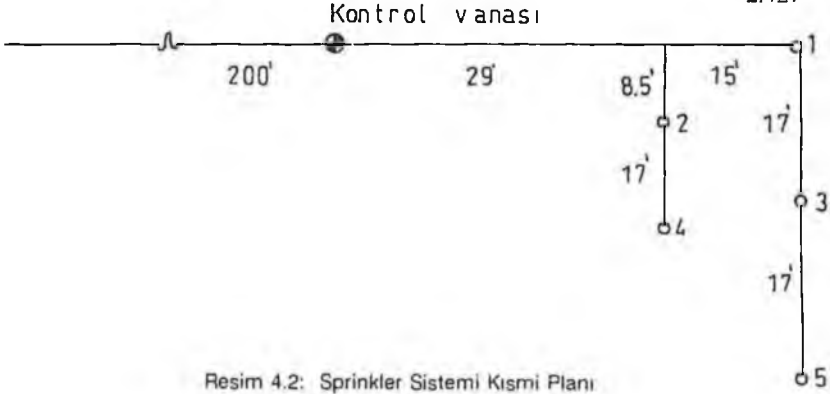
Yukarıdaki tablo değerlerinden yararlanılarak Resim 4.2'de görülen plandaki boruların boyutları aşağıda olduğu gibi tespit edilir.



Sprinkler kafaları	Akış, gallon/dak.	Akış mesafesi ft	Çap
Kafa 5	5	17	3/4"
Kafa 3	10	17	1"
Kafa 1	15	15	1 $\frac{1''}{4}$
Kafa 4	5	17	3/4"
Kafa 2	10	8,5	1"
Kontrol vanası	25	29	1 $\frac{1''}{2}$

Boru çaplarına göre basınç kayıpları:

Sprinkler kafaları	Boru çapı	Basınç kaybı psi/100 ft	Akış mesafesi ft	Totlam basınç kaybı psi
Kafa 5	1/2"	4.1	17	0.697
Kafa 3	3/4"	4.3	17	0.731
Kafa 1	1"	2.6	15	0.390
Kontrol vanası	1 $\frac{1''}{4}$	2.1	29	<u>0.609</u>
				2.427



Resim 4.2: Sprinkler Sistemi Kısmi Planı

#### 4.2 Damlama Sistemi

Damlama sistemi (drip sistem), belirli zamanda belirli miktarda suyu damlatarak sulamayı gerçekleştirir. Sistem haftada birkaç kez hergün saatlerce sulama yapar. Akış yavaş ve

dengelidir; su, yüzeysel olarak toprağı ıslatmaktan ziyade toprağı doyurucu şekilde nüfuz eder ve yüzeysel akışa yolaçmaz.

Damlama sistemi, özellikle drenajı zayıf olan ağır killi topraklı alanlarda faydalıdır. Bitkiler damlama suretiyle sulandığından iyi bir gelişme gösterir; çünkü kökler ihtiyacı olan suyu yeterli ölçüde alır. Bu sistemle ağaçlar, çalılar ve yerörtücüler sulanır. Sabit tesisli sprinkler sistemden genellikle daha az masraflıdır; fakat çimi sulayamamak gibi bir dezavantaja sahiptir.

Damlama sisteminin anahtar elemanı memeler (emitter)'dir. Su temin boruları sürekli bir su basıncı ile yüklü olmasına rağmen, her meme birim zamanda bir tek damla su tüketir. Piyasada çok çeşitli damlama memeleri mevcuttur. Bunların saat başına su damlatma miktarları 1,5 litre ile 20 litre arasında değişir. Ancak büyük çoğunlukla tüketimi (damlatma miktarı) 4 litre/saat olan memeler kullanılır.

Bir meme sistemi 5-25 psi gibi düşük basınçla çalışır; bu nedenle de malzemesi pahalı değildir. Ancak, sulamayı her bitkiye ayrı ayrı götürmek zorunlu olduğundan çok sayıda malzeme satın almak gereklidir.

Yakın zamana kadar, damlama sisteminin bazı mühendislik problemleri sözkonusuydu. Ancak şimdi, teknoloji öyle gelişmiştir ki, mükemmel bir damlama sisteminin dizayn edilmesi problem olmaktan çıkmış ve kullanımı bir sprinkler sistem kadar kolaylaşmıştır.

#### KAYNAKLAR

- FOSTER, L., 1984: *Gardening Techniques*. Ortho Books, Chevron Chemical Company, San Francisco.
- HARRIS, C. W., NICHOLAS, D.T., 1988: *Time-Saver Standards For Landscape Architecture*. McGraw Hill Book Company, USA.
- HORTON, A.; COTTON L., 1988: *All About Landscaping*. Ortho Books, Chevron Chemical Company, San Ramon.
- LANDPHAIR, H.C.; KLATF, F., 1979: *Landscape Architecture Construction*. Elsevier, New York.
- MUNSON, A. E. 1974: *Construction Design For Landscape Architecture*. McGraw Hill, Inc. New York.