

Peyzaj Sulama Tasarımı

[Landscape Irrigation Design]

Hüseyin Emrullah ÇELİK



iuc-universitypress.org

IUC
UNIVERSITY
PRESS

Peyzaj Sulama Tasarımı

Bu kitap Cumhuriyetimizin kuruluşunun 100. yılı anısına
“Cumhuriyetin 100. Yılına 100 Kitap Projesi” kapsamında
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa tarafından yayımlanmıştır.

Hüseyin Emrullah Çelik

Mart 2024



İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
CERRAHPAŞA

IUC
UNIVERSITY
PRESS



Peyzaj Sulama Tasarımı

Yazar: Hüseyin Emrullah Çelik

Kurum: İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği, Orman İnşaatı ve Transportu Ana Bilim Dalı, İstanbul, Türkiye

E-posta: hecelik@iuc.edu.tr

Yayıncı



Adres: Üniversite Mahallesi, 34320 İstanbul/Türkiye

E-posta: iucpress@iuc.edu.tr

E-ISBN: 978-605-7880-57-4

DOI: 10.5152/0010

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Yayınevi Seri No: 41

Yayıncılık Hizmetleri



© 2024. Telif hakkı yazarlara aittir. Bu kitaptaki bölümler açık erişimli olup Creative Commons Atıf 4.0 Uluslararası Lisansı altında dağıtılmaktadır. Bu lisans kullanıcılara, bölümleri herhangi bir amaç için indirme, çoğaltma ve yayımlanan bölümler üzerinde çalışma imkânı sunar. Böylece yayınlarımızın en geniş şekilde yayılmasını ve daha geniş bir etkiye sahip olmasını sağlar.

Sorumluluk Reddi

Kitapta yayımlanan metinlerin/bölümlerin ifadeleri veya görüşleri yazar(lar)ın ve editör(ler)in görüşlerini yansıtır. İÜC Yayınevi ve İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa yazarların içeriğinden sorumlu değildir. Yayımlanan kitaplardaki çalışmaların doğru ve iyi araştırılmış olması ve metinlerde ifade edilen görüşlerin tutarlılığı yazar ve editörlerin sorumluluğundadır. İÜC Yayınevi ve İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, yazarlara çalışmalarını bilimsel toplulukla paylaşmak için bir platform sağlamaktadır.

Atıf için: Çelik, H. E. (2024). *Peyzaj sulama tasarımı*. İstanbul: İÜC Yayınevi.

İÇİNDEKİLER

REKTÖRÜN ÖN SÖZÜ	VIII	4. SPRİNKLER (BAŞLIK) PLANI	20
ÖN SÖZ	IX	4.1. Başlık Aralığı	20
GİRİŞ	2	4.2. Kare Düzende Başlık Planı	20
1. SULAMA TEMEL BİLGİLERİ	3	4.3. Dikdörtgen Alanlarda Başlık Planı.....	21
1.1. Sulama tipleri	3	4.4. Üçgen Düzende Başlık Planı.....	22
1.2. Sulama Tasarım Süreci	3	4.5. Üçgen Düzende Başlıkların Yerleştirilmesi ..	22
1.2.1. Alan İncelemesi	3	4.6. Rüzgârın Sprinkler Sistemine Etkisi	22
1.2.2. Tasarım Süreci.....	3	4.7. Eğimli Yüzeylerde Sprinkler Tesisi	23
1.3. Toprak Türleri ve Sulama.....	3	5. YAĞMURLAMA ORANI	24
1.3.1. Kil Topraklar	3	5.1. Günlük Çalışma Süresi	24
1.3.2. Balçık Topraklar	4	5.2. Yağmurlama Oranının Toprağın İnfiltrasyon Oranına Uyumu	24
1.3.3. Kumlu Topraklar	4	5.3. Sulama Takvimi	25
1.4. Toprak Suyu	4	5.4. Eşlenik Sulama	25
1.5. İnfiltrasyon	5	5.4.1. Sprey Sprinklerlerde Eşlenik Sulama	26
1.6. Suyun Bitkideki İşlevleri	5	5.4.2. Melez Sprinklerlerde Eşlenik Sulama	26
1.7. Bitkinin Toprakta Suyu Alması	5	5.4.3. Rotor (döner) Sprinklerlerde Eşlenik Sulama	26
1.8. Bitki Su İsteği-Evapotranspirasyon	7	5.5. Üniform Dağıtım (Distribution Uniformity) ...	28
1.9. Sulama Uygulama Randımanı	7	6. SULAMA ALANININ ZONLARA AYRILMASI	30
1.10. Bitki Susuzluk İşaretleri	8	6.1. Bitki Tipi	30
1.11. Sulama Suyu Kalitesi.....	11	6.2. Toprak Türü	30
1.11.1. Sulama Suyunun Fiziksel Özellikleri	11	6.3. Eğim	30
1.11.2. Sulama Suyunun Kimyasal Özellikleri	11	6.4. Bakı	30
1.12. Tuzlu Suyun Bitkiye Etkisi	12	6.5. Alanın Güneşli veya Gölgede Olması	30
1.13. Sulama Zamanı ve Mevsimi	13	6.6. Rüzgâr Altında Olmak.....	30
1.14. Sulama Aralığı.....	13	6.7. Alan Kullanımı	30
2. YAĞMURLAMA SULAMA SİSTEMİ	15	6.8. Yağmurlama Oranı.....	30
3. SPRİNKLERLER	16	6.9. Ekonomi	30
3.1. Sprinklerlerin Çalışması	16	7. PEYZAJ SULAMADA BORULAR, BORU SEÇİMİ VE BORU PLANI	31
3.2. Sprinkler Tipleri.....	17	7.1. Boru Tipleri.....	31
3.2.1. Sprey Sprinklerler	18	7.1.1. Metal Boru.....	31
3.2.2. Döner (Rotor) Sprinklerler.....	18	7.1.2. PVC Boru	31
3.2.2.1. Rotor (Dişli) Sprinklerler.....	18	7.1.3. Polietilen (PE) Boru	31
3.2.2.2. Darbeli Rotor (Döner) Sprinklerler	18	7.1.4. PP Boru	32
3.2.3. Melez Sprinklerler	18	7.2. Boru Seçimi.....	32
3.3. Sprinklerlerin Karşılaştırılması	19	7.3. Boru Çapının Belirlenmesi	32
		7.4. Borunun Taşıyacağı Debinin ve Boru	

Çaplarının Belirlenmesi.....	32
7.5. Boru Çapı Belirlenmesinde Farklı Teknikler	34
7.6. Boru Döşeme	34
7.7. Boru Sızdırma Testi.	34
7.8. Boru Planı	35
7.9. Boru Planı Tipleri.....	35
7.9.1. Dal Tipi Boru Planı.....	35
7.9.2. Lup Tipi Boru Planı	36
7.10. Su darbesi	36
8. BORU/ZON BASINÇ KAYBI HESABI.....	37
8.1. Boru Basınç Kaybı Hesabı.....	37
8.2. Eğimli Alanda Basınç Kaybı Hesabı.....	38
8.3. Zon İçindeki Kabul Edilebilir Basınç Farklılıkları.....	38
8.4. Lup Sisteminde Basınç Kaybı Hesabı.....	38
9. VANALAR	39
9.1. Manuel Vanalar.....	39
9.1.1. Sürgülü (Şiber) Vana	39
9.1.2. Küresel Vana	39
9.1.3. Çek Valf.....	39
9.1.4. Klape.....	39
9.1.5. Kaplin Vana	39
9.1.6. Hava Tahliye Vanaları	40
9.2. Elektro Vanalar	40
9.3. Pilli ve Güneş Enerjili Vanalar	41
9.4. Elektro Vana Seçimi.....	41
9.5. Elektro Vana Kutusu ve Yer Seçimi.....	41
10. KONTROLÖRLER.....	43
10.1. Tarih-Saat Ayarı (Date/Time)	43
10.2. Başlama Zamanı (Start Times).	43
10.3. Çalışma Süresi (Run Times)	43
10.4. Sulama Günleri (Water Days)	43
10.5. Mevsimlik Ayar (Seasonal Adjust)	44
10.6. Güneşlenme Ayarı (Solar-Sync)	44
10.7. Elle Çalıştırma (Manual)	44
10.8. Açma Kapama (System Off).....	44
10.9. Çalışma (Run).....	44
10.10. Programlar	44
10.11. Vana Bağlantı İstasyonları.....	44
10.12. Hafıza Koruma Pili.....	44
10.13. Transformatör.....	44
10.14. Sensör Bağlantısı	44

10.15. Pompa Bağlantısı.....	44
10.16. Ana Vana Bağlantısı.	45
10.17. Aydınlatma Bağlantısı.	45
10.18. Ana-Yan Kontrolörler.....	45
10.19. Sensörler.	45
10.20. Kontrolörün Elektrik Bağlantısı ve Programlanması.	46
10.21. Dekoder Sistemi.	46
10.22. Kontrolör Seçimi.....	46

11. ELEKTRO VANA KABLO KESİTİNİN

BELİRLENMESİ	48
11.1. Elektrik Terimleri.....	48
11.2. Elektrik Devreleri.....	48
11.3. Kablo Bağlantıları	49
11.4. Kablo Kesitinin Belirlenmesi	49
11.5. Kablo Döşenmesi.....	50

12. FİLTRELER.....

12.1. Filtre Tipleri	51
12.1.1. Elek Filtre.	51
12.1.2. Kum Filtresi	51
12.1.3. Disk Filtre.	51
12.1.4. Santrifüj Filtre.....	51
12.2. Filtre Seçimi	51

13. EK PARÇALAR VE BAĞLANTI TİPLERİ

13.1. Ek Parçalar.....	53
13.2. Bağlantı Tipleri.	54
13.2.1. Mekanik Bağlantılar	54
13.2.1.1. Kaplin (Sıkıştırma).....	54
13.2.1.2. Priz Kolye	55
13.2.1.3. Kurtağzı Bağlantı	55
13.2.1.4. Dişli Bağlantı	55
13.2.1.5. Flanş.....	56
13.2.2. Kaynak.....	56
13.2.2.1. Alın Kaynağı	56
13.2.2.2. Elektro Füzyon	56
13.2.2.3. Muf Kaynağı	57
13.2.2.4. Metal Kaynağı	57
13.2.3. Yapıştırma	57
13.3. Hasar Görmüş Borunun Onarımı	57
13.3.1. Kaplin Kullanarak Onarım	57
13.3.2. Elektro Füzyon Kullanarak Onarım	57
13.4. Boru Tesisatının Basınç ve Sızıntı Kontrolü	57

13.5. Bağlantı Tipinin Seçimi	57	18.13. Damlama Sulama Sisteminin Bakımı	76
14. POMPALAR	58	19.KEŞİF	77
14.1. Pompa Temel Kavramları.....	58	19.1. Birim Alan Yöntemi	77
14.1.1. Devir (d/dk).	58	19.2. Ana Sulama Elemanları Yöntemi	77
14.1.2. Debi (Q)	58	19.3. Proje ve Metraja Dayalı Keşif Yöntemi	77
14.1.3. Manometrik Yükseklik (H).....	58	19.4. Örnek Keşif.....	78
14.1.4. Verim (η)	58	20. ÖRNEK PROJE	81
14.1.5. Kaviteasyon.....	58	20.1. Alanın Sulama Zonlarına Ayrılması.....	81
14.1.6. Emmedeki Net Pozitif Yük (ENPY).....	58	20.2. 1 Nolu Zon	81
14.2. Santrifüj Pompalar	58	20.2.1. Sprinkler Seçimi	81
14.3. Dalgıç ve Düşey Türbin Pompalar	59	20.2.2. Yağmurlama Oranı Hesap ve Yorumu.....	82
14.4. Hidrofor	59	20.3. 2 Nolu Zon	83
14.5. Pompa Karakteristik Eğrileri	60	20.3.1. Sprinkler Seçimi	83
14.6. Pompa Seçimi.....	60	20.3.2. Yağmurlama Oranı Hesap ve Yorumu.....	84
15. GERİ AKIŞ ÖNLEME	62	20.4. 3 Nolu Zon	84
15.1. Geri Akış Önleyiciler	62	20.4.1. Sprinkler Seçimi	84
16.SPOR SAHASI SULAMA TASARIMI	63	20.4.2. Yağmurlama Oranı Hesap ve Yorumu.....	85
16.1. Futbol Sahasının Sulama Tasarımı	63	20.5. Boru Planı	85
16.2. Tenis Kortunun Sulama Tasarımı	64	20.6. Can Suyu Vanası (Kaplin Vana)	86
17.SULAMA PROJESİ ÇİZİMİ.....	65	20.7. Damlama Sulama Tasarımı	86
17.1. Detaylar	65	20.8. Basınç Kayıp Tablosu.....	86
17.2. As-built Plan (rölöveler)	65	20.8.1. Ek Parça Basınç Kaybı	86
18.DAMLAMA SULAMA.....	67	20.8.2. Elektro Vana Basınç Kaybı	86
18.1. Damlatıcılar (Emitör)	67	20.8.3. Filtre Basınç Kaybı	86
18.1.1. Basınç Regülatörlü Damlatıcılar	68	20.8.4. Kot Farkından Kaynaklanan Basınç Kaybı	86
18.1.2. Normal damlatıcılar.....	68	20.8.5. Sprinkler İşletme Basıncı	86
18.2. Damlama Sulama Sisteminde Mikro Sprinkler ve Bubbler.....	68	20.9. Pompa Karakteristiklerinin Belirlenmesi	87
18.3. Yeraltı Damlama Sulama	69	20.10. Metraj.....	89
18.4. Yeraltı Damlama Sulama Sisteminin Sakıncaları	69	20.11. Keşif	90
18.5. Damlama Sulamada Filtre.....	70	20.12. Depo Hacmi ve Teknik Rapor	90
18.6. Damlama Sulamada Basınç Regülatörü/Düşürücü	70	21. SULAMA SİSTEMİNİN KIŞA HAZIRLANMASI	91
18.7. Toprak Türleri ve Damlatıcı Konumu	70	21.1. Hava Kompresörü Kullanılması	91
18.8. Damlama Borusu ve Damlatıcı Planı	71	21.2. Drenaj Vanalarının Kullanılması	91
18.9. Yamaçlarda Damlama Sulama.....	71	22. SU KORUMASI.....	92
18.10. Tuzlanma ve Damlatıcı Aralığı	71	23. BİRİMLER	93
18.11. Damlama Sulama Tasarımı	71	KISALTMALAR	94
18.11.1. Bitki Su İsteğinin Belirlenmesi.....	72	KAYNAKÇA.....	95
18.11.2. Damlatıcı Sayısının Belirlenmesi.....	72	DİZİN	96
18.12. Damlama Sulama Basınç Kaybı Hesabı ...	72		

REKTÖRÜN ÖN SÖZÜ

Türk milletinin bağımsızlık mücadelesi, 29 Ekim 1923'te Cumhuriyetin ilanı ile taçlanmıştır. Dünya tarihine altın harflerle kazınan büyük bir mücadele sonucu elde edilen şanlı zafer, Türk milletinin hür ve bağımsız yaşama kararlılığı ile çıktığı yolda; inanç, cesaret, güven ve sınırsız fedakârlıkla gösterdiği eşsiz kahramanlıkların eseridir. Egemenliğin kayıtsız şartsız millete teslim edildiği Türkiye Cumhuriyeti, Millî Mücadele'mizin önderi Gazi Mustafa Kemal Atatürk'ün milletimize en büyük armağanıdır.

Cumhuriyetin kazanımlarını koruma ve milletimizin muasır medeniyetler seviyesine ulaşma hedefinde, eğitim ve bilim her zaman en büyük rehberdir. Bu hedeflerin gerçekleştirilmesinde ise en büyük sorumluluk kuşkusuz üniversitelere düşmektedir.

Ülkemizin köklü ve öncü üniversiteleri arasında yer alan İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa; bilimsel yaklaşımı benimseyen, bilgi üreten ve uygulamalarıyla toplumun gelişmesine katkıda bulunmayı ilke edinen bir araştırma üniversitesidir. Cumhuriyet değerlerine bağlı bir yükseköğretim kurumu olarak Cumhuriyetimizin 100. yılına ithafen akademisyenlerimizin iş birliğiyle "*Cumhuriyetin 100. Yılına 100 Kitap*" projesini hayata geçiriyoruz. Proje kapsamında, akademisyenlerimizin kendi uzmanlık alanlarıyla ilgili kaleme aldıkları ve "İÜC Üniversite Yayınevi" tarafından basılan kitaplar, açık erişimle tüm toplumun faydasına sunulmaktadır. Sağlıktan mühendisliğe, sosyal bilimlerden eğitime kadar pek çok alanda hazırlanan 100 kitap; eğitim-öğretim materyali, ders kitabı olarak kullanılabilen gibi araştırma geliştirme kapsamında yararlanılacak kaynak olarak da kullanılabilir nitelikteki kitaplardan oluşmaktadır.

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa olarak köklü geçmişimizden aldığımız güçle Cumhuriyetimizi nice yüzyıllara taşımak için var gücümüzle çalışmaya ve üretmeye devam ediyor, 100. yılını kutladığımız Cumhuriyet'in kurulmasında emeği geçen tüm kahramanlara adadığımız "*Cumhuriyetin 100. Yılına 100 Kitap*" projemizi; tüm akademisyenlerin, öğrencilerin ve araştırmacıların kullanımına sunuyoruz.

Rektör
Prof. Dr. Nuri AYDIN
29 Ekim 2023

ÖN SÖZ

Peyzaj Sulama Tasarımı kitabı, 2001 yılından başlayarak İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Orman Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Ormancılık Meslek Yüksek Okulu Sulama Teknolojisi Programı ve Orman Mühendisliği bölümünde verdiğim sulama tasarımı dersleri için ders kitabı olarak hazırlanmıştır. Metin, sulama konusundaki literatür, sulama sistem tasarımcıları ve sulama yüklenicilerinden alınan bilgi ve önerilerin bileşimidir. Metnin kolay anlaşılabilir olması amacıyla her bölüm, meslekten olmayan eşim, öğretim üyeleri ve sulama uygulamacıları tarafından okunmuş, önerileri alınmış ve açık olmayan ifadeler yeniden yazılmıştır.

Kitapta Anglosakson bir yaklaşım benimsenmiş ve uygulamacıların işine yarayacak kadar teorik bilgiye yer verilmiştir. Sulama tasarımının anlatımında gündelik hayatta izlenen yol dikkate alınmıştır. Bu bağlamda sulama ürün katalogları, kataloglardaki sulama ürünlerinin performans tabloları, boru basınç kayıp tabloları vd. kullanılmıştır.

Kitabın hazırlanması sürecinde gösterdiği anlayış ve metni okuyarak katkılarından dolayı eşim Aynur Çelik'e teşekkürlerimi sunarım.

Kitabın bölümlerini gözden geçiren fakültemizin öğretim üyeleri Prof. Dr. Ö. Bülend Seçkin'e, Prof. Dr. Mesut Hasdemir'e, Prof. Dr. Ömer Karaöz'e, Prof. Dr. Ferhat Gökbulak'a, Prof. Dr. Ünal Akkemik'e, İÜ-C Mühendislik Fakültesinden Prof. Dr. Mukden Uğur'a ve İÜ-C Ormancılık Meslek Yüksek Okulundan Öğretim Görevlisi A. İlker Esin'e şükranlarını sunarım.

Kitabın şekillerini çizen ve sayfa düzenini sağlayan Orman İnşaatı ve Transportu Anabilim Dalımız araştırma görevlisi Hakan Topatan'a ve bazı tabloları hazırlayan Dr. Anıl Akay'a çok teşekkür ederim.

Kitabı okuyarak pek çok değerli öneride bulunan Peyzaj Mimarı Ferda Arkain Üzümcüoğlu'na, bilgi ve önerilerinden çok yararlandığım Peyzaj Mimarı Ümit Karaman'a, pompa bölümünü gözden geçiren Makine mühendisleri Aydın Acemi ve Standart Pompa firmasından Dr. Mehmet Kaya'ya, ürün bilgisi sağlayan ve örnek projenin hazırlanması sırasındaki katkılarından dolayı SGS Firmasından Uğur Noyan ve Nuri Anarat'a, Irrigation kitabını fakültemize kazandıran Hunter Industries firmasından İlker Akbaş'a, firmalarının yayınlarındaki şekillerden yararlanma izni alınmasındaki yardımlarından dolayı Hunter Türkiye firmasından M. Özgür Tunç'a ve Rain Bird Türkiye firmasından Kerem Aksaray'a, yurtdışı yayıncılarla ilişkilerdeki yardımından dolayı David Simpson'a teşekkürü bir borç bilirim.

Kitabın öğrencilere, uygulamacılara ve konuya ilgi duyanlara yararlı olmasını dilerim

Prof. Dr. Hüseyin E. ÇELİK

Peyzaj Sulama Tasarımı

Landscape Irrigation Design

KİTAP HAKKINDA

Bitkinin su gereksinimini yağış, yeraltı suyu vb. doğal yollarla karşılayamadığı durumda bu açığın insan eliyle kapatılmasına sulama denir. Peyzaj sulaması, tarımsal sulamanın küçük ölçekli ve estetik olanıdır. Boru, sprinkler vd. sulama elemanları yeraltına alınmıştır. Kitapta, peyzaj sulamada çoğunlukla kullanılan otomatik sprinkler ve damlama sulama sistemleri anlatılmıştır.

Sulama disiplini, ağırlıklı olarak bitki, toprak ve hidrolik disiplinlerinden yararlanır. Dolayısıyla bu disiplinlerin sulamayı ilgilendiren bitki su isteği, toprak türleri, toprağın su alma ve tutma kapasitesi, sulama suyu kalitesi, filtrasyon, basınç üretimi ve basınç kaybı vd. konuları içermektedir.

Sprinkler sulama sisteminde suyu bitkiye veren sprinkler ile filtre, pompa, vana, boru vd. elemanları ve sisteme otomatiklik kazandıran kontrolör bulunmaktadır. Damlama sulama sisteminde sprinkler yerine damlatıcı ve diğer mikro sulama elemanları suyu bitkiye vermektedir.

Kitapta daha çok uygulamaya dönük bir yaklaşımla sulama sisteminin tasarımı anlatılmaya çalışılmıştır. Bu yaklaşımla sulama tasarımında ürünlerin performans tablolarından yararlanılmış, problemler dört işlemle çözülmüştür.

Sulama endüstrisi ana işlevleri yerine getirmek amacıyla sürekli yeni elemanlar geliştirmektedir. Sulama tasarımcısı sektördeki gelişmeleri izlemeli, tasarımını yeni ve verimli elemanlarla çevreyi gözeterek uygun maliyetlerle gerçekleştirmelidir.

Anahtar kelimeler: Peyzaj, otomatik sulama, tasarım, sprinkler sulama, damlama sulama

ABOUT the BOOK

When the water needs of a plant cannot be met through natural means such as rainfall or groundwater, irrigation is the human intervention to address this deficiency. Landscape irrigation represents a smaller-scale and aesthetic version of agricultural irrigation. Elements like pipes, sprinklers, and others are placed underground. The book primarily discusses automatic sprinkler and drip irrigation systems commonly used in landscape irrigation.

The discipline of irrigation heavily relies on plant, soil, and hydraulic disciplines. Consequently, this discipline encompasses topics related to irrigation such as plant water requirements, soil types, soil water absorption and retention capacity, irrigation water quality, filtration, pressure generation, and pressure loss.

In a sprinkler irrigation system, elements such as filters, pumps, valves, pipes, and a controller providing automation to the system, along with sprinklers delivering water to the plant, are present. In a drip irrigation system, drippers and other micro-irrigation elements replace sprinklers in delivering water to the plant.

The book aims to describe the design of the irrigation system with a more practical approach. In this approach, the design utilizes performance tables of products in irrigation design, and problems are solved through basic arithmetic operations.

The irrigation industry continually develops new elements to fulfill its primary functions. Irrigation designers should stay informed about industry advancements and design their systems using new and efficient elements, considering environmental aspects, and achieving cost-effectiveness.

Keywords: Landscape, automatic irrigation, design, sprinkler irrigation, drip irrigation



Giriş

Sulama, yöredeki yağış ve diğer doğal kaynaklarla bitkiye gelen suyun bitkinin yaşamını sürdürebilmesi için yeterli olmadığı durumda su açığının insan eliyle tamamlanması şeklinde tanımlanabilir.

Sulama; tarımda tarımsal sulama, peyzajda ise peyzaj sulama olarak adlandırılmaktadır. İngilizce’de de benzer bir adlandırma olduğu için (landscape irrigation) kitabın adı peyzaj sulama tasarımı olarak belirlenmiştir. Peyzaj sulama tarımsal sulamanın küçük ve estetik bir uygulamasıdır. Tarımsal sulamada borular ve sprinklerler genellikle yer üstünde olmasına karşın, peyzaj sulamada yeraltındadır. Tarımsal sulamada verimlilik ön plandayken peyzaj sulamada sürdürülebilirlik esastır.

Peyzaj sulama elle veya otomatik sistemlerle gerçekleştirilmektedir. Elle sulama küçük alanlar için uygun olabilir ancak alan küçük de olsa çoğu durumda elle sulama iyi ve kolay bir seçenek değildir. İnsan sabrı, çim alanda birim alana gerekli suyu vermeye çoğu zaman yeterli değildir. Özellikle küçük alanlardaki ev sahipleri elle sulama seçeneğini tercih ettiklerinde genellikle yaz aylarına rastlayan tatil veya seyahatlerde sulama aksamaktadır. Dolayısıyla otomatik sulama daha iyi bir seçenek olarak karşımıza çıkmaktadır.

Dünyada, özellikle Amerika’da 1950’lerde şehir dışındaki villalarda yaşama akımı başlayınca, villaların çim alanlarının bakımlı olması hem mülkün değeri hem de sahibinin konforu açısından önem kazanmıştır. Sağlıklı çimler için tarımda kullanılan sprink-

ler sulama sisteminin peyzaja uyarlanması süreci başlamıştır.

Türkiye’de 1980’li yıllarda yaygınlaşmaya başlayan peyzaj sulama konusunda kullanıcıyı elle sulama yerine otomatik sulamaya ikna etmek oldukça güç olmuştur. O yıllarda sistemin elemanlarının göreceli olarak pahalı olması, uzman sulama tasarımcısı sayısının az olmasından dolayı kurulan sulama sistemlerinin iyi çalışmaması gibi nedenlerle otomatik sulama genel kabul görmemiştir. Sistem elemanlarının ucuzlaması ve sulama tasarımcısının artmasıyla birlikte otomatik sulama bir peyzaj projesinin ayrılmaz parçası haline gelmiştir. Kamuya ait park, bahçelerde ve otoyol şevlerinde yeşil alanların artması otomatik veya yarı otomatik sulama sektörünün büyümesine yardımcı olmuştur.

Sulama, bitki, toprak ve suyun ara kesitidir. Sulama tasarımcısının bu üç disiplinden sulama için gerekli bilgiye sahip olması gerekir.

Otomatik sulama sisteminin ilk yatırım maliyeti elle sulamaya göre yüksektir. Ancak maliyet değerlendirmesi bir dönem, örneğin beş yıl için hesaplanırsa otomatik peyzaj sulamanın avantajlı hale geldiği görülmektedir. Bir peyzaj alanı ve sistemin ömrü için beş yılın kısa bir süre olduğu için, daha uzun bir dönem değerlendirildiğinde sulama sisteminin ekonomik üstünlüğü daha da artmaktadır. İyi tasarlanmış, iyi uygulanmış, bakımlı ve sulama takvimi doğru belirlenmiş bir peyzaj sulama sistemi sulamayı başarıyla yerine getirmektedir. Böyle bir sulama sistemi optimum miktarda su kullanarak su tasarrufu da sağlamaktadır. Ülkemizde yerleşimin yoğun olduğu bölgelerin su fakirliği sınırında olması ve iklim değişikliğinin etkileri, iyi planlanmış sulama sisteminin önemini daha da öne çıkarmaktadır.

1. Sulama Temel Bilgileri

1.1. Sulama Tipleri

Sulama, salma ve basınçlı sulama olarak ikiye ayrılmaktadır. Salma sulamanın artık tarımda da vazgeçilmesi gerektiği gerçeği ileri sürülmekte, su kaynakları kıt olan Türkiye’de su yönetimi ve su koruma açısından basınçlı sulama öne çıkmaktadır. Peyzajda elle sulama ve giderek artan oranda otomatik sulama söz konusudur.

1.2. Sulama Tasarım Süreci

1.2.1. Alan İncelemesi

Sulama tasarım süreci alan incelemesi (sörvey) ile başlar. Alanın peşaj uygulama projesi incelenir veya proje uygulanmışsa projesi veya rölövesi varsa sahaya gidip projenin/rölövenin yollar, yapılar, bitkiler vb. açısından alanla uyumu kontrol edilir, değişmiş olan kısımlar projeye/rölöveye işlenir. Rölöve yoksa sulama tasarımcısının rölöve çıkarması veya bu iş için hizmet alması gerekir.

Alandan yeteri kadar fotoğraf çekilmesi gereklidir. Tasarıma başlandığında bu fotoğraflardaki bilgiler alana tekrar gitmeyi önleyebilir. Alan incelemesi sırasında temel bilgileri toplamadan hazırlanan bir sulama projesi alana uymayabilir veya uygulamacı zarara uğrayabilir. Bu nedenle öncelikle aşağıda sayılan temel veriler olmak üzere alandan gerekli bilgilerin toplanması, daha sonra tasarıma geçilmesi gerekir.

- Topografya (eşyüksekti eğri harita, plan kote)
- Alanın yüzölçümü
- Su kaynağı: kuyu, havuz, şehir şebekesi, depo varsa hacmi ve hidrofor bağlantısı
- Su kaynağı şehir şebekesi ise sayaç çapı ve sulamaya izin verilen saatteki debi
- Su analizi: kullanılacak yerüstü veya yeraltı suyundan örnek alarak tuzluluk vd. sulama suyu parametrelerinin analizi
- Toprak türü: toprak örneği alınarak, toprak türü analizi, alan büyükse toprak haritası
- Sahanın tesviye edilip edilmediği, kazı dolgu gerekli olup olmadığı
- Sahada kırılması gereken beton, yıkılması gereken duvar, atılması gereken moloz olup olmadığı
- Alanda bulunan, tasarımda dikkate alınmazsa sulama desenini bozabilecek bitkiler (ağaç, çalı) ve diğer öğelerin yeri
- Boru kanalının elle mi makine ile mi kazılacağı
- Drenaj durumu, analizi
- Pompa varsa modeli, gücü, basınç ve debisi
- Pompa yoksa enerji kaynağının yeri ve pompa yerleştirilecek alanın belirlenmesi
- Elektriğin tek fazlı (monofaze) veya üç fazlı (trifaze) olduğu
- Kontrolörün bağlanabileceği yer
- İklim, mikro klima, hâkim rüzgâr yönü, rüzgârın esmediği saatler
- Belediye, site yönetimi vd. alınması gereken izinler

1.2.2. Tasarım Süreci

Tasarıma başlamadan önce büroda bazı bilgilerin derlenmesi

gerekir. Bunlar yöredeki evapotranspirasyon miktarı, alanda veya peşaj projesinde bulunan bitkilerin su istekleri, kamunun sulama ile ilgili yönetmeliği vb. konulardır.

Alandan bilgi toplandıktan sonra tasarım süreci şu aşamalardan oluşur: bitki su isteğini, toplam su ve enerji isteğini belirlemek, sprinkler ve diğer elemanları seçmek, başlık, boru planı, elektro vanaların boyutunu ve konumlarını belirlemek, boru çapını belirlemek ve basınç kayıplarını hesaplamak, kontrolörün yerini belirlemek, kontrolör ile elektro vana arasındaki kablo kesitini belirlemek ve sulama projesini çizmektir. Daha sonra metraj ve keşfin hazırlanması gelir. Bu aşamalar kitapta bölümler halinde ele alınmıştır.

Müşterinin sulama ile ilgili bilgisi kısıtlı olabilir ancak tasarıma müşteriye dâhil etmek, belli noktalarda fikrini almak yararlı olabilir ve sonraki birtakım anlaşmazlıkları ortadan kaldırabilir.

1.3. Toprak Türleri ve Sulama

Sulamanın üç bileşeninden biri ve belki en önemlisi topraktır. Suyun toprağa sızması/infiltrasyon olması ve toprağın suyu tutması gerekir. Çepel (1993)’e göre belirli bir zaman süresinde toprağa girebilen toplam sızıntı suyu miktarına infiltrasyon oranı denir. Bitkilerin su ihtiyacı ortaya konduktan sonra toprak türü bilinmeden toprağa verilecek su miktarı ve takvimi belirlenemez. Topraklar kil, balçık ve kum olmak üzere üç ana gruba ayrılırlar.¹ Toprak kumlu (hafif) ise geçirgendir ve bu nedenle verilen suyun önemli bir kısmı bitkinin etkili kök derinliğinin altına sızabilir. Toprak killi (ağır) ise verilen su toprağın infiltrasyon kapasitesini aşabileceğinden su yüzeyde göllenebilir veya arazi eğimli ise verilen suyun bir kısmı yüzeyel akıyla bitki köküne ulaşmadan ortamdan uzaklaşabilir. Balçık grubu topraklar hem suyun infiltrasyonunda hem de bitkinin kullanması bakımından daha başarılıdır.

Topraktaki boşlukların boyutu suyun topraktaki düşey ve yatay hareketinin hızlı veya yavaş olacağını belirler. Boşluk çapı azaldıkça suyun toprakta yatay yöndeki hareketi kolaylaşır. Büyük çaplı boşluklar ise suyun toprakta yatay yöndeki hareketini engeller. Sonuç olarak killi topraklarda suyun kumlu topraklara göre daha çok yatay yönde yayıldığı söylenebilir. Dolayısıyla ne tür bir toprak üzerinde çalışıldığı bilinmelidir (Çepel 1993).

Sulama tasarımcısı alan analizi için sahaya gittiğinde infiltrasyon ile yeterli sayıda ölçüm yaparak toprağın infiltrasyon hızını belirlemelidir. İnfiltrasyon hızını öğrenmek için diğer bir yöntem, alandan yöntemine göre ve yeterli sayıda toprak örneği alarak analiz ettirmek ve toprak türünü öğrenmektir. Daha sonra tablolara bakarak alandaki toprak türünün infiltrasyon hızı belirlenebilir. Bu yöntemlerden biriyle belirlenen toprağın infiltrasyon hızı dikkate alınarak uygun başlıklar seçilebilir, her seferde toprağa verilecek su miktarı hesaplanabilir ve sulama takvimi hazırlanabilir. Toprak ağır ve müşteri maliyetini kabul ederse hem sulama hem de bitki gelişmesi açısından yararlı olan toprağın iyileştirilmesi için gerekli önlemler alınabilir.

1.3.1. Kil Topraklar

Kil oranı % 35’ten fazla olan tozlu killi balçık, killi balçık, kumlu kil,

¹Toprak türlerinin adları konusunda ormancılık literatürü ile tarım literatürü arasında fark bulunmaktadır. Tarım literatüründe balçık için tın, toz için silt terimleri kullanılmaktadır.

tozlu kil ve kil topraklar ağır toprak olarak nitelenir (Çepel 1996). Kil topraklar ince tekstürlüdür, gözenek boşluğu azdır, dolayısıyla infiltrasyon oranı düşüktür, infiltrasyon deseni sığ ama geniş, suyun toprağın derinliklerine gitmesine izin vermezler, su tutma kapasiteleri yüksektir ancak yüksek su tutma gücü nedeniyle tuttukları suyun bir kısmı bitki tarafından kullanılamaz (Çizelge 1.1).

1.3.2. Balçık Topraklar

Kil oranı % 35'ten az tozlu-killi balçık ve tozlu kil tekstüründeki orta derecede ağır topraklara balçık topraklar denir (Çepel 1996). Suyun infiltrasyonunda, tutulmasında ve köklerin suyu almasında optimum özelliklere sahiptir. Infiltrasyon deseni orta derecede derin ve geniştir (Çizelge 1.1).

1.3.3. Kumlu Topraklar

Kil oranı % 18'den az kum oranı % 65'ten fazla olan balçıklı kum ve kum olan hafif topraklara kumlu toprak denir (Çepel 1996). Kumlu topraklar kaba tekstürlüdür, gözenek boşluğu fazladır, bu nedenle, infiltrasyon oranları yüksektir ancak su tutma yetenekleri düşük-

Çizelge 1.1.

Toprak türlerine göre ıslanma desenleri ve yararlanılabilir su miktarı

Toprak türü	Maksimum infiltrasyon oranı mm/sa (milimetre/saat)	Toprak türüne göre ıslanma deseni	Islak çap cm (santimetre)	Yararlanılabilir su cm/m (santimetre/metre)
Hafif (kumlu balçık)	18-32	Hafif	30-90	11,5
Orta (balçık)	6-19	Orta	60-120	16,5
Ağır (killi balçık)	3-6	Ağır	90-180	21,0

Açıklama notu. Rain Bird 2000. Low-Volume Landscape Irrigation Design Manual, <https://www.RainBird.com/sites/default/files/media/documents/2018-02/LowVolumeGuide.pdf> kaynağından alınmıştır. Rain Bird firmasının (2024) izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır

tür. Infiltrasyon deseni dar ama derindir (Çizelge 1.1). Sulama ile verilen su bitki etkili kök derinliğinin altına sızabilir, sonuçta bitki bu sudan yararlanamaz. Sulama takviminde bu özellik dikkate alınarak kumlu toprakların tutabileceği kadar su verilmelidir.

1.4. Toprak Suyu

Toprak suyu toprakta tutulma enerjisine göre **sızıntı suyu**, **kapılar su**, **higroskopik su** olmak üzere üçe ayrılmaktadır (Çepel 1996).

Islak toprak olarak tanımlanan bir topraktaki kaba gözeneklerden yerçekimi ile taban suyunu doğru hareket eden suya **sızıntı suyu** denir (Çepel 1996).

Doğurucu bir yağıştan sonra, serbest yerçekimi ile uzaklaşan sızıntı suyundan orta ve ince gözeneklerde arta kalan suya **kapılar su** denir. Kapılar boşluklarda tutulan su da kapılarite ile hareket edebilir, bitki kökleri kapılar suyu çekip alabilir. Su kapılarite ile killi topraklarda 3 m'ye kadar yükselebilirken kumlu topraklarda 75 cm yükselebilir (Stetson ve Mecham 2011).

Kapılar su uzaklaştıktan sonra toprak taneciklerinin yüzeyinde adhezyon kuvveti ile tutulan toprak suyuna **higroskopik su** denir (Çepel 1993). Higroskopik suyu bitkiler alamadığı için ölü su da denir. Pratikte toprağın hava kurusu durumunda içerdiği sudur (Kantarci 2000).

Bitkilerin yararlanması bakımından **toprak nemi** türleri **tarla kapasitesi ve sürekli pörsüme noktasının** da bilinmesi gerekir (Şekil 1.1) (Çepel 1996).

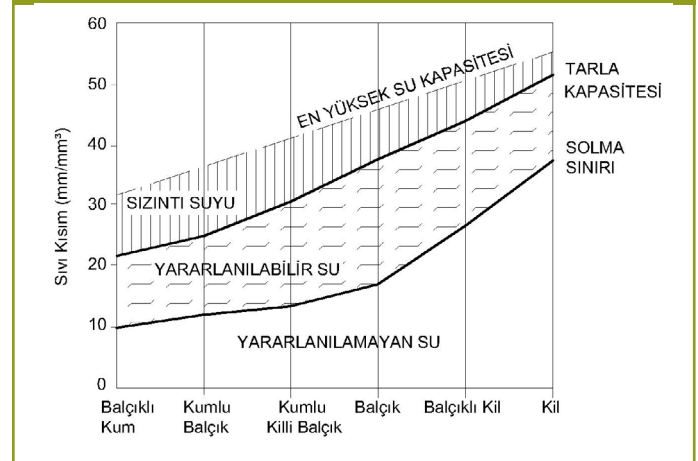
Topraktaki su bitki tarafından kullanılır ama bu arada bitki sulanmazsa transpirasyonla harcadığı suyu topraktan alamaz ve bunun sonucunda pörsür. Toprağa yeniden su verilse bile pörsüme durumu ortadan kalkmaz ise bu nem derecesine **sürekli pörsüme noktası** (Çepel 1993) veya **solma (pörsüme) sınırı** (Kantarci 2000) denir.

Tarla kapasitesi, sızıntı suyu bir toprağın serbest yerçekimine karşı tutabileceği en yüksek miktardaki sudur. Pratik amaçlar için, doyurucu bir yağıştan 2-3 gün sonra düşey yöndeki toprak hareketi durduğunda toprağın tutabildiği sudur. Bitkiler tarafından **yararlanılabilir** suyun üst sınırını belirtir (Çepel 1993). Şekil 1.1'de balçık toprakların hem suyu depolama hem de bitkilerin kullanımına sunma yeteneğinin en iyi toprak **türü** olduğunu göstermektedir. Bitkinin su stresine girmemesi için topraktaki nemin tarla kapasitesinde tutulması gerekir.

15 atmosfer basınçtan daha yüksek güçle toprakta tutulan toprak nemine **higroskopik** nem denir. Higroskopik nem toprakta pörsüme noktasından daha yüksek bir güçle tutulduğu için bitki yararlanamaz (Kantarci 2000).

Şekil 1.1

Yararlanılabilir su miktarı balçık toprakta diğer toprak türlerine göre daha fazladır.



Açıklama notu. Kantarci MD, 2000. Toprak İlimi, İÜ Orman Fakültesi Yayın No 462, ISBN 975-404-588-7, İstanbul. kaynağından alınmıştır.

Yararlanılabilir su, tarla kapasitesindeki nem miktarı ile solma sınırındaki nem miktarı arasındaki farka eşittir. Yararlanılabilir su, bitki köklerinin topraktan alabileceği toprakta depolanmış su miktarını gösterdiği için son derece önemlidir (Kantarci 2000).

1.5. İnfiltrasyon

Belirli bir zaman süresinde birim alana sahip toprağa sızan su miktarına 'infiltrasyon oranı' denir. İnfiltrasyon oranı matematiksel olarak ifade edilirse (Çepel 1996):

$$I = \frac{Q (m^3)}{F (m^2)} \cdot 1000$$

Formülde:

I : İnfiltrasyon oranını (mm/sa)

Q : Birim yüzeyden bir saatte geçen su miktarını (m³),

F : İnfiltrasyonun meydana geldiği yüzeyi (m²)

1000 : m biriminden çıkan sonucu mm'ye çevirme çarpanıdır.

Eğer bir m² yüzeye sahip bir toprağa verilen 20 lt (0,02 m³) su bir saatte infiltre olmuşsa infiltrasyon oranı:

$$I = \frac{0,02}{1} \cdot 1000 = 20 \text{ mm/sa'tir.}$$

Hacimle ölçülen yağışın ve infiltrasyon miktarının uzunluk birimi **milimetre** ile gösterilmesinin nedeni şudur: taban alanı 1 m² olan bir kaba bir litre su doldurulduğunda, suyun yüksekliği 1 mm olur. Matematik ifadeyle bir litre, taban alanı 1 m² ve yüksekliği 1 mm (0,001m) olan bir hacme eşittir.

$$v = (1 \text{ m}^2) \cdot 0,001 \text{ m} = 0,001 \text{ m}^3 = 1 \text{ lt}$$

Bazı toprak türlerine (tekstür) göre tipik **infiltrasyon oranları** Çizelge 1.2'de verilmiştir. Çizelge 1.2 toprak yüzeyinin bitkiyle kaplı olup olmamasına ve eğime göre belli toprak türlerine uygulanabilecek en fazla yağmurlama oranlarını göstermektedir. Bu tabloya göre suyu en hızlı alan kaba tekstürlü kumlu topraklardır; topraktaki kil ve toz miktarı ile eğim arttıkça infiltrasyon oranı azalmaktadır. Örneğin killi toprakta infiltrasyon oranı 5 mm/sa'tır. Bu toprakta eğim %12 ve üzeri ise infiltrasyon oranı 2,5 mm/sa'ya düşmektedir.

Toprak bitki örtüsü ile kaplıysa infiltrasyon oranı yaklaşık iki kat artmaktadır. Örneğin çıplak tozlu balçık bir toprak 13 mm/sa infiltrasyon oranına sahipken bu oran bitki örtüsü ile kaplı olduğunda 25 mm/sa'te çıkmaktadır.

1.6. Suyun Bitkideki İşlevleri

Odunsu bitkilerin organlarına göre değişen taze ağırlığının %70-90'ı sudan oluşmaktadır (Çepel 1993).

Suyun bitkideki işlevleri şöyle sayılabilir (Akkemik 2017):

- Hücre sıvısının önemli bir kısmını oluşturarak, çeşitli fizyolojik faaliyetlerin gerçekleşmesini sağlar.
- Organizma içeriği olan mineral tuzların iyonlarına ayrıştığı çözücü madde görevini görür.
- Tüm biyokimyasal reaksiyonlar için çözünme ortamı oluşturur.
- Çeşitli besin maddelerinin organizmadaki yakın ve uzak mesafe iletimleri için ortam hazırlar.
- Fotosentezde CO₂ ile karbonhidratların yapımına katılır.
- Yapısındaki hidrojen ve oksijen elemanları yönünden de önemli bir yapı maddesidir.

Su bitki için hayati süreçlerden çimlenmede, mineral maddelerin

yapraklara iletilmesinde, solunum ve fotosentezde; sonrasında fotosentezle üretilen besin maddelerinin bitkinin değişik organlarına iletilmesinde taşıyıcı unsurdur. Düzenli sulama, bitkinin yaşamsal olan bu işlevlerinin süreklilik kazanması açısından çok önemlidir.

Bitkilerin suyu emme gücü, toprakta bulunan su miktarı ile ters orantılı olarak değişir. Toprakta su azaldıkça (toprak kurudukça) bitkilerin de suyu emme güçleri yükselir. Öyle bir noktaya gelinir ki, toprak, suyu bitkinin geliştirdiği emme gücünden daha fazla güçle tutar. Ancak bitkiler toprağın 15 atmosferden daha büyük kuvvetle tuttuğu suyu alamamaktadırlar (Çepel 1996).

Toprakta su yoksa veya kalan az miktardaki suyu bitkinin topraktan almaya gücü yetmiyorsa, bitki içinde bulunduğu susuzluğu gösteren bazı tepkiler verir. Bunlar bitkide büyümede duraklama, çiçeklerini dökme, yapraklarını dökme ve/veya sararmadır.

Su hayatın temel unsurlarından biridir. Kuru toprak besin maddelerini tutarak bitkiyi strese sokar, taze köklerin ölmesine yol açar hatta bitkideki suyu tüketir.

Öte yandan ıslak toprak kök solunumunu önleyerek bitkiyi boğar, kök uçlarını öldürür ve kökte çürümeye neden olur.

1.7. Bitkinin Toprakdan Suyu Alması

Su ve suda erimiş halde bulunan mineral maddeler, primer kök uçlarında bulunan kök tüyleri, mikoriza ve diğer primer dış yüzeyler tarafından osmotik yoldan alındıktan sonra, suyu taşımak için özel olarak oluşturulan su borularıyla yapraklardaki kloroplastlara kadar iletilmektedir (Akkemik 2018).

Suyun uzak mesafede iletimi, primer yapıda iletim demetlerinin ksilemleri ile ağaç gövdelerinin bu amaç için oluşturduğu mikroskobik boyuttaki (gymnospermlerde traheid ve angiospermlerde trahe olarak adlandırılan) su borularında gerçekleşmektedir (Akkemik 2018).

Ksilem sistemiyle yapraklara iletilen su, CO₂ ve güneşten alınan enerjiyle fotosentez sonucunda besin maddesine dönüştürülmektedir. Karbonhidrat formundaki bu besin maddeleri ve aminoasitler suyla floem sistemi aracılığıyla bitkinin ihtiyaç duyduğu tomurcuk, çiçek, dal, kök vb. organlarına, ulaştırılmaktadır (Akkemik 2018) (Şekil 1.2).

Toprakta suyun alınması ve iletilmesi; toprağın su kapasitesi, hava sıcaklığı ve atmosfer nemi ile rüzgâr gibi etkilere bağlı olarak değişir. Su tüketiminin en yüksek olduğu dönem ilkbahar ve yaz aylarıdır. Bu dönem bitkilerin de hayat faaliyetlerini sürdürdükleri dönem olduğu için fotosentez, ışıklanma, sıcaklık, solunum gibi olaylarla su alımı arasında doğrusal bir ilişki vardır.

Bitkilerin normal gelişebilmeleri için gerekli suyun % 80'ini aldıkları kök uzunluğuna **etkili kök** derinliği denir (Orta 2017). Etkili kök derinliği, uygun sulama koşullarında toprakta depolanan nemin ve bitki besin maddelerinin çoğunu elde etmek için bitki köklerinin çoğunluğu tarafından kullanılan toprağın derinliğidir. Maksimum kök derinliği ile aynı değildir. Genel bir kural olarak, kök tarafından alınan nemin yaklaşık %70'i kök bölgesinin üst yarısından, % 20'si üçüncü çeyrekte, % 10'u ise en alt çeyrekte alınır (USDA, 1997) (Şekil 1.3.).

Etkili kök derinliği, toprak derinliği, mevcut besin maddesi, sulama ve bitkinin köklenme özelliklerine göre değişir. Her bitkinin, belirli bir toprak profilinde yeterli toprak nemi koşulları altında çok az değişen kök gelişim özellikleri vardır. Sulama suyu uygulaması sadece etkili kök derinliğine kadar nüfuz edecek miktarda olmalıdır. Bu miktarı aşan uygulamalar su israfına ve enerji masrafına neden olur. Ayrıca, hafif tekstürlü topraklarda fazla sulama topraktaki besin maddelerinin köklerin ulaşamayacağı kadar derine sızmasına neden olabilir (USDA 1997).

Etkili kök derinliği yukarıda sayılan etkenlere göre değişmekle birlikte, çimde 30 cm çoğu çalı türünde 45 cm, ağaç ve ağaççıklarda 60-90 cm alınabilir (Orta 2017).

1.8. Bitki Su İsteği-Evapotranspirasyon

Bitki su isteği, evaporasyon ve transpirasyon ile topraktan kaybolan su miktarı olarak tanımlanabilir. Sıcaklıkla toprak yüzeyinden buharlaşma (**evaporasyon**) sonucunda topraktaki su miktarı azalmaktadır. Bitkinin topraktan aldığı suyu yapraklarından havaya

Çizelge 1.2

Toprak türlerine göre maksimum yağmurlama oranları (mm/sa)²

Toprak Tekstürü	Eğim %							
	0-5		5-8		8-12		%12+	
	Bitkiyle kaplı	Çıplak	Bitkiyle kaplı	Çıplak	Bitkiyle kaplı	Çıplak	Bitkiyle kaplı	Çıplak
Dişli kum	51	51	51	38	38	25	25	13
Dişli kum (sıkışık alt toprak üzerinde)	44	38	32	25	25	19	19	10
Kumlu balçık	44	25	32	20	25	15	19	10
Kumlu balçık (sıkışık alt toprak üzerinde)	32	19	25	13	19	10	13	8
Tozlu balçık	25	13	20	10	15	8	10	5
Tozlu balçık (sıkışık alt toprak üzerinde)	15	8	13	6	10	4	8	3
Kil veya killi balçık	5	4	4	3	3	2	3	2

Açıklama notu. Hunter 2019. The Handbook of Technical Irrigation Information, A Complete Reference Source for the Professionals, https://www.hunterindustries.com/sites/default/files/tech_handbook_of_technical_irrigation_information.pdf, kaynağından alınmıştır. Hunter Industries firmasının izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

verme sürecine ise **transpirasyon** (terleme) denir. Bu iki kaybı birden ifade etmek üzere **evapotranspirasyon** terimi kullanılmaktadır.

Sulama ile hedeflenen, topraktan evapotranspirasyon (ET) ile kaybolan su miktarının toprağa verilmesidir. Dolayısıyla ET sulamanın en önemli konularından biridir.

Bir bitkiye ne kadar su verileceği belirlemek için **bitki tipi, bitki boyutu, iklim, toprak, su uygulama randımanı** vd. şeklinde sayılabilecek değişkenlerin dikkate alınması gerekir.

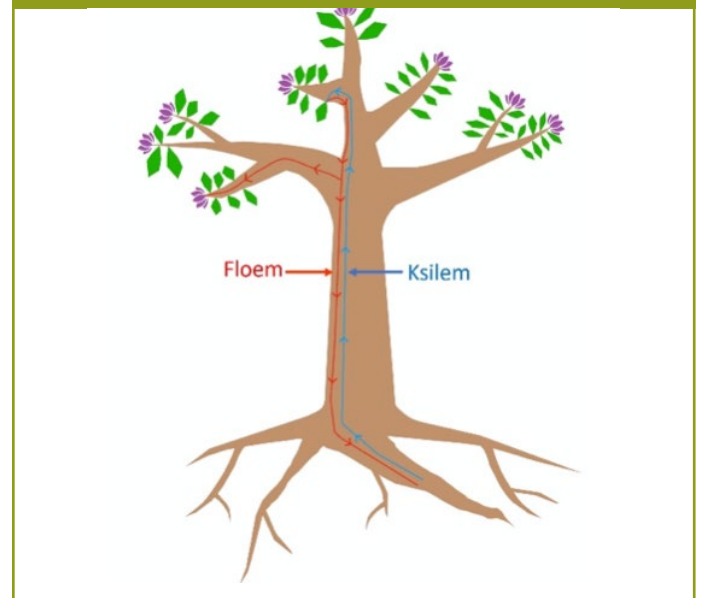
Sulama açısından bitki tipleri, bitkilerin su ihtiyacına göre gruplara ayrılır. Bazı bitkilerin suya ihtiyacı çok fazladır, bazıları ise az suyla yaşamlarını sürdürebilirler. Sulama tasarımcısı peyzajda çok kullanılan bitkilerin su ihtiyaçlarını bilmelidir. Peyzajda bitki listesine sürekli yeni bitkiler eklendiği için tanınmayan bitkinin su ihtiyacı öğrenilmelidir.

Bazı bitkiler yüksek miktarda su isterken bazıları az miktarda su isterler. Bitki büyüdükçe su isteği artabilir. Yetiştirme ortamındaki sıcaklığa, rüzgâra, güneşlenme süresine ve hava nemine bağlı olarak bitki su isteği değişmektedir.

Bitki su tüketim miktarı ET_c'yi bulmak için önce Penman-Monteith yöntemi ile referans bitki için su tüketimi bulunur, daha sonra bu değer bitki katsayısı (K_c) ile çarpılarak bitki su isteği hesaplanır. Bunun dışında örneğin Gıda ve Tarım Örgütü (FAO)'nün geliştirdiği CROPWAT bilgisayar programları da bulunmaktadır (Orta 2017). Öte yandan ET'yi anlık ölçüp sulama sistemini yönlendiren sensörler kontrolöre bağlanabilmektedir.

Şekil 1.2

Topraktan köklerle su ve minerallerin alınıp ksilem sistemiyle (mavi çizgi) yapraklara taşınması, yapraklarda fotosentezle üretilen besinlerin ve aminoasitlerin floem sistemiyle (kırmızı çizgi) bitkinin organlarına iletilmesi

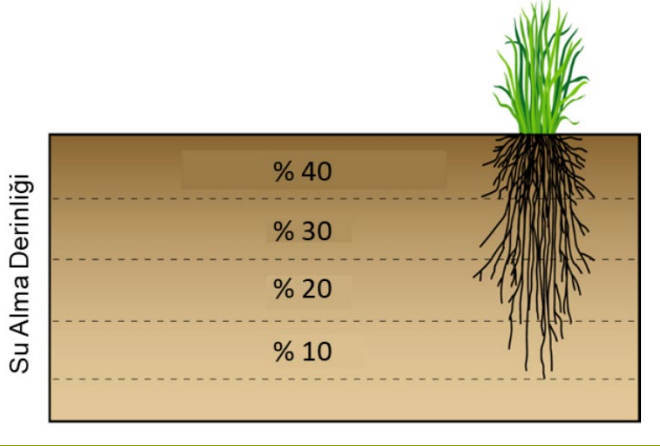


Açıklama notu. Çizim D. Simpson'a aittir.

²Maksimum yağmurlama oranları Amerikan Tarım Bakanlığı tarafından önerilmiştir. Değerler ortalamadır, toprak ve yerörtücü koşullarına göre değişebilir.

Şekil 1.3

Bitkiler suyun % 70'ini kök derinliğinin üst % 50'sinden almaktadır



Açıklama notu. USDA 1997. National Engineering Handbook: Irrigation Guide, part 652. US Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service Washington, DC, 852. kaynağından alınmıştır.

Mızrak (1983, 1988) Türkiye'yi 5 ana iklim bölgesi ve 29 alt bölgeye ayırmıştır (Şekil 1.4). Anılan 29 iklim bölgesinin esas alındığı TAGEM (2017) projesi ile 'Türkiye'de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimleri' belirlenmiştir. Projede Türkiye'deki 259 meteoroloji istasyonunun verileri kullanılarak Penman-Monteith yöntemine göre referans ET (bitki su tüketimi/isteği, ET_0) değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler Ziraat Fakültelerinden öğretim üyeleri, tarımsal araştırma enstitülerinden ve DSI'den uzmanlar tarafından kontrol edilmiştir.

Referans ET_0 değeri çim ve benzeri yerörtücü bitkiler için hesaplanmış olduğu için çimin ET_0 değeri ET_c değerine eşit kabul edilmektedir. Türkiye'de çim sulamada kullanılabilecek 259 yörenin ET değerlerinden, Türkiye'nin illerine ait olan ET değerleri Çizelge 1.3'te verilmiştir.

Doğaldır ki bir ilin içinde farklı bakılar, farklı güneşlenme oranları vd. faktörlerin etkisiyle farklı ET miktarları bulunabilir. Aynı alanda bile güneş altında veya gölgedeki bitkilerin ET miktarları arasında fark bulunabilir. Belirlenmiş ET değerleri sahadaki uygulamalardan toplanacak bilgiyle kontrol edilmelidir.

TAGEM (2017) projesinde, belirlenen bitki tüketim değerleri (ET_0) belirlenen bitki katsayıları (K_c) ile çarpılarak tarımsal bitkilerin su tüketim miktarları (ET) hesaplanmıştır.

$$ET_c = K_c \cdot ET_0$$

Formülde: ET_c : Bitki su tüketimi,
 K_c : Bitki katsayısı
 ET_0 : Referans bitki su tüketimidir.

Çalışma tarımsal bitki ve meyve ağaçlarıyla sınırlı olduğu için pey-

zajda kullanılan süs bitkilerini içermemektedir. Tarımsal bitkiler çoğunlukla monokültür olarak yetiştirildikleri için K_c katsayılarını belirlemek daha kolaydır. Oysa peyzajda bitkiler karışık kullanıldığı için katsayının belirlenmesi daha karmaşıktır. Türkiye için süs bitkilerinin K_c değerleri henüz belirlenmediğinden dolayı K_c değerinin hesabında Bölüm 18.10.1'de anlatılan yöntem kullanılabilir.

1.9. Sulama Uygulama Randımanı

Boru sistemindeki kaçaklar vb. nedenlerle kaynaktan alınan sulama suyunun tamamının alana iletilmesi mümkün olmayabilir. Ayrıca sprinkler sulama sırasında sprinklerden çıkan damlacıklar havada rüzgarla savrulabilir. Havaya püskürtülen damlacıklardan, toprak yüzeyinden ve bitki örtüsünün üzerine düşen sudan buharlaşma (intersepsiyon) meydana gelir. Sistem fazla oranda ince damlacık üretiyorsa rüzgâr savurması ve damlacıkların havada buharlaşması ile kayıp daha yüksek oranda meydana gelir (Irmak vd. 2011).

Kaynaktan verilen suyun alana ulaşma oranına **su iletim randımanı**, verilen suyun bitkinin kök bölgesine ulaşma oranına **su uygulama randımanı** denir. ET_0 değerleri sulama sisteminin su iletim ve su uygulama randımanı oranında artırılarak kullanılmalıdır. Bu amaçla aşağıdaki formül kullanılır:

$$dt = \frac{dn}{Ea \cdot Ec}$$

Formülde:

dt : Su kaynağından verilmesi gereken su miktarı, mm

dn : Bitki su tüketimi (ET), mm

Ea : Su uygulama randımanı,

Ec : Su iletim randımanıdır.

Hiçbir sulama sistemi % 100 su uygulama randımanına sahip değildir. Su uygulama randımanı yağmurlama sulamada 0,65-0,80 arasında, damlama sulama sistemi suyu doğrudan kök zonuna verdiği için 0,85-0,95 (Rain Bird 2000) arasındadır. Peyzaj sulama sisteminin borulaması genel olarak düzgün yapıldığı için su iletim randımanı 1,0 olarak alınabilir.

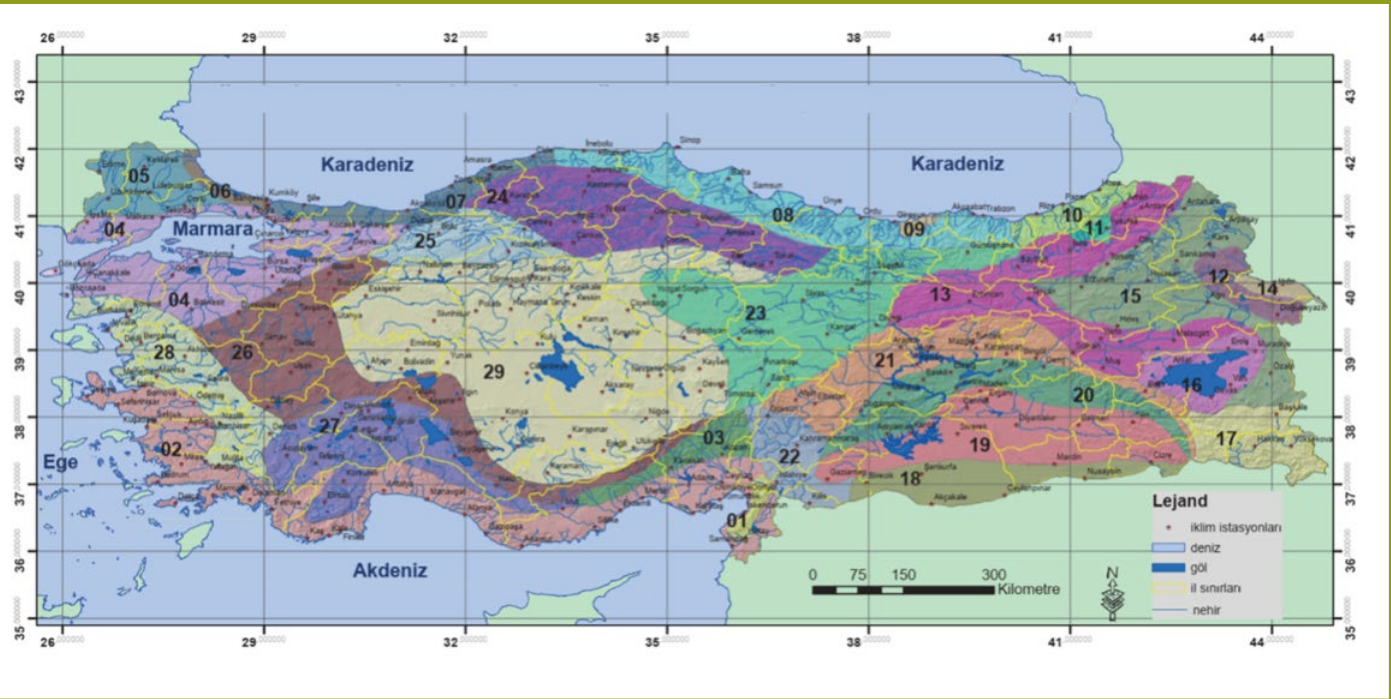
1.10. Bitki Susuzluk İşaretleri

Su isteği yeterince karşılanmayan bitkiler bazı işaretler verirler. Sulama alanı izlenerek sulamanın yeterli olup olmadığı, çalışmayan bir sprinkler veya damlama hattı olup olmadığı anlaşılabilir. Topraktaki su miktarını ölçen tansiyometre, nemölçer gibi araçlar bulunmaktadır (Şekil 10.3). Kızıl ötesi veya multispektral görüntü ile de bitkinin su stresi yaşadığı belirlenebilmektedir.

Bitkinin verdiği genel işaretlerin susuzluk veya başka bir sorundan kaynaklandığı gözlemlerle de anlaşılabilir. Bu amaçla bitkinin bulunduğu alandaki toprak parmakla karıştırılarak elde edilen hisse göre toprak ıslak veya kuruyorsa veya yapraktaki lekelerle göre yorumlanabilir (Çizelge 1.4) (Şekil 1.5).

Şekil 1.4

Türkiye'nin iklim bölgeleri



Açıklama notu. Mızrak G, 1983. Türkiye İklim Bölgeleri ve Haritası, Orta Anadolu Bölge Ziraî Araştırma Enstitüsü Tarla Bitkileri İslahı Bölümü, Teknik yayınlar no: 2, genel yayınlar no: 52. Ankara; Mızrak G, 1988. Agroecological zones of Turkey and their importance in wheat research. Winter Cereals and Food Legumes in Mountainous Areas. ICARDA-136 En, Aleppo, Syria kaynaklarından alınmıştır.

Çizelge 1.3

Türkiye'de illere göre referans ET_0 (bitki su tüketimi) değerleri (mm/gün)

İstasyonlar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haz	Tem	Ağ	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Adana	1,13	1,43	2,40	3,33	4,53	5,23	5,63	5,07	3,77	2,53	1,40	1,03
Adıyaman	0,97	1,27	2,33	3,47	5,07	6,77	7,40	6,47	4,57	2,67	1,30	0,90
Afyonkarahisar	0,70	1,00	1,97	2,93	4,13	4,97	5,77	5,13	3,53	2,03	1,03	0,67
Ağrı	0,33	0,57	1,23	2,30	3,57	4,57	5,37	4,90	3,37	1,73	0,73	0,40
Aksaray	0,87	1,20	2,33	3,37	4,63	5,57	6,63	6,00	4,10	2,47	1,23	0,83
Amasya	0,77	1,10	2,10	3,13	4,30	5,03	5,50	5,00	3,43	1,97	0,97	0,67
Ankara	0,67	0,97	2,00	2,97	4,27	5,10	6,07	5,50	3,70	2,10	0,97	0,63
Antalya	1,67	1,97	2,77	3,53	4,93	6,20	6,83	6,00	4,57	3,23	1,93	1,53
Ardahan	0,33	0,57	1,20	2,30	3,33	3,97	4,53	4,10	2,83	1,60	0,67	0,33
Artvin	0,83	1,10	2,00	2,87	3,80	4,23	4,30	3,93	2,90	1,83	1,03	0,77
Aydın	1,03	1,37	2,40	3,40	4,97	6,07	6,53	5,73	4,10	2,50	1,33	0,97
Balıkesir	0,77	1,03	1,83	2,77	4,13	5,30	6,20	5,53	3,73	2,20	1,03	0,70
Bartın	0,53	0,80	1,57	2,40	3,53	4,23	4,60	4,03	2,57	1,47	0,73	0,47
Batman	0,73	1,13	2,20	3,30	4,83	6,37	6,97	6,13	4,33	2,53	1,13	0,70
Bayburt	0,53	0,77	1,57	2,70	3,77	4,50	5,23	4,73	3,30	1,87	0,83	0,53
Bilecik	0,77	0,97	1,87	2,80	4,07	4,90	5,43	4,83	3,30	1,90	1,03	0,73
Bingöl	0,60	0,87	1,80	2,87	4,30	5,77	6,70	5,93	4,10	2,17	1,00	0,53
Bitlis	0,67	0,87	1,67	2,53	3,80	5,13	5,90	5,23	3,70	2,00	0,93	0,63
Bolu	0,57	0,83	1,60	2,53	3,50	4,13	4,53	4,17	2,77	1,57	0,77	0,50
Burdur	0,87	1,20	2,23	3,13	4,47	5,57	6,30	5,60	3,87	2,37	1,20	0,77

Çizelge 1.3

Türkiye'de illere göre referans ET_0 (bitki su tüketimi) değerleri (mm/gün) (devamı)

İstasyonlar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haz	Tem	Ağ	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Bursa	0,90	1,10	1,90	2,70	3,97	4,87	5,43	4,83	3,13	1,80	1,03	0,87
Çanakkale	0,90	1,10	1,83	2,67	4,07	5,13	5,97	5,37	3,57	2,13	1,17	0,87
Çankırı	0,57	0,83	1,83	2,77	3,93	4,77	5,50	4,87	3,37	1,77	0,77	0,50
Çorum	0,57	0,90	1,80	2,73	3,83	4,60	5,27	4,80	3,23	1,77	0,77	0,50
Denizli	0,90	1,20	2,20	3,13	4,57	5,70	6,20	5,40	3,70	2,20	1,17	0,77
Diyarbakır	0,80	1,17	2,30	3,33	5,03	7,53	8,73	7,67	5,40	3,00	1,30	0,77
Düzce	0,57	0,87	1,60	2,47	3,53	4,27	4,50	4,00	2,63	1,50	0,73	0,50
Edirne	0,60	0,93	1,70	2,63	3,87	4,60	5,10	4,60	3,00	1,67	0,80	0,57
Elâzığ	0,73	1,03	2,13	3,27	4,67	6,27	7,20	6,40	4,50	2,50	1,17	0,73
Erzincan	0,57	0,87	1,87	2,97	4,17	5,13	5,73	5,00	3,43	1,83	0,83	0,50
Erzurum	0,43	0,57	1,37	2,47	3,60	4,53	5,70	5,20	3,53	1,90	0,80	0,43
Eskişehir	0,77	1,03	2,00	2,90	4,17	5,10	6,00	5,37	3,53	2,10	1,13	0,77
Gaziantep	0,80	1,07	2,00	3,10	4,47	5,87	6,67	5,80	3,93	2,23	1,07	0,73
Giresun	0,87	1,03	1,63	2,23	2,97	3,60	3,83	3,43	2,40	1,57	1,00	0,80
Gümüşhane	0,60	0,93	1,83	2,73	3,73	4,53	5,23	4,77	3,27	1,77	0,83	0,60
Hakkâri	0,60	0,87	1,87	2,83	4,20	5,47	6,13	5,50	3,97	2,27	1,07	0,53
Hatay	1,13	1,50	2,63	3,63	4,97	5,87	6,33	5,97	4,63	2,97	1,53	1,07
İğdir	0,57	0,93	2,20	3,20	4,27	5,30	5,77	5,00	3,43	1,80	0,93	0,57
Isparta	0,87	1,17	2,07	3,00	4,17	5,10	5,77	5,00	3,50	2,10	1,13	0,77
İstanbul-Göztepe	0,87	1,03	1,77	2,63	3,87	4,73	5,13	4,47	3,03	1,77	1,03	0,87
İzmir	1,33	1,60	2,60	3,63	5,20	6,53	7,27	6,43	4,53	2,87	1,67	1,27
Kahramanmaraş	0,77	1,13	2,23	3,33	4,83	6,33	7,17	6,40	4,47	2,40	1,07	0,70
Karabük	0,53	0,93	1,83	2,97	4,23	4,80	5,27	4,67	3,03	1,67	0,73	0,47
Karaman	0,87	1,10	2,27	3,40	4,60	5,57	6,37	5,63	3,97	2,40	1,20	0,80
Kars	0,37	0,57	1,37	2,33	3,30	4,10	4,77	4,40	3,07	1,67	0,73	0,40
Kastamonu	0,53	0,83	1,67	2,50	3,53	4,13	4,60	4,10	2,70	1,47	0,73	0,47
Kayseri	0,67	0,93	1,97	2,97	4,00	4,87	5,60	5,03	3,47	1,97	0,93	0,63
Kırıkkale	0,67	1,00	2,07	3,03	4,37	5,30	6,27	5,73	3,77	2,13	0,93	0,63
Kırklareli	0,77	1,00	1,80	2,83	4,07	4,80	5,27	4,73	3,17	1,80	0,87	0,63
Kırşehir	0,67	1,03	2,07	3,03	4,30	5,40	6,60	6,10	4,03	2,33	1,03	0,63
Kilis	1,17	1,47	2,67	3,90	5,57	7,07	7,87	7,10	5,17	3,13	1,60	1,10
Kocaeli	0,73	0,97	1,70	2,60	3,73	4,60	4,80	4,20	2,83	1,63	0,90	0,73
Konya	0,67	1,03	2,13	3,13	4,30	5,37	6,20	5,47	3,77	2,13	1,00	0,60
Kütahya	0,67	1,00	1,90	2,80	3,93	4,70	5,23	4,67	3,13	1,83	0,97	0,67
Malatya	0,70	1,07	2,20	3,37	4,77	6,10	6,90	6,10	4,30	2,30	1,03	0,63
Manisa	0,90	1,23	2,27	3,17	4,77	6,07	6,87	6,17	4,10	2,40	1,13	0,80
Mardin	1,47	1,57	2,70	3,90	6,07	7,97	9,00	7,97	5,90	3,73	2,07	1,40
Mersin	1,33	1,60	2,67	3,57	4,67	5,23	5,67	5,37	4,33	3,00	1,73	1,27
Muğla	0,93	1,17	2,10	3,07	4,50	5,83	6,73	6,00	4,17	2,40	1,17	0,77
Muş	0,43	0,67	1,47	2,63	3,97	5,17	6,00	5,40	3,77	1,97	0,80	0,43
Nevşehir	0,83	1,07	2,03	3,00	4,13	5,03	5,83	5,30	3,63	2,20	1,13	0,83
Niğde	0,87	1,17	2,30	3,40	4,53	5,53	6,37	5,77	4,07	2,43	1,27	0,87
Ordu	0,93	1,07	1,63	2,23	3,20	4,07	4,17	3,83	2,70	1,67	1,07	0,83
Osmaniye	1,47	1,77	2,70	3,67	4,90	5,70	5,83	5,37	4,27	2,90	1,57	1,17
Rize	0,77	0,97	1,53	2,20	3,07	3,63	3,43	3,13	2,33	1,53	0,90	0,73

Çizelge 1.3

Türkiye'de illere göre referans ETo (bitki su tüketimi) değerleri (mm/gün) (devamı)

İstasyonlar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haz	Tem	Ağ	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Sakarya	0,87	1,03	1,73	2,60	3,73	4,57	4,80	4,30	2,87	1,70	0,97	0,90
Samsun	1,23	1,23	1,67	2,23	3,23	4,20	4,70	4,27	2,83	1,80	1,27	1,30
Siirt	0,77	1,13	2,17	3,33	4,93	6,37	7,20	6,40	4,57	2,70	1,23	0,73
Sinop	1,10	1,23	1,73	2,40	3,40	4,37	4,83	4,30	2,93	1,93	1,27	1,13
Sivas	0,53	0,77	1,63	2,57	3,63	4,47	5,10	4,60	3,07	1,67	0,73	0,50
Şanlıurfa	0,93	1,30	2,53	3,73	5,60	7,27	7,83	6,57	4,77	2,87	1,40	0,90
Tekirdağ	0,73	0,97	1,57	2,43	3,67	4,50	5,13	4,50	3,03	1,77	0,93	0,77
Tokat	0,83	1,17	2,20	3,17	4,13	4,83	5,23	4,87	3,50	2,03	1,07	0,80
Trabzon	1,13	1,23	1,80	2,33	3,20	3,93	4,03	3,70	2,80	1,90	1,30	1,17
Tunceli	0,60	0,83	1,93	2,97	4,27	5,47	6,20	5,47	3,73	2,03	0,87	0,57
Uşak	0,80	1,07	1,97	2,87	4,17	5,10	5,80	5,30	3,63	2,17	1,07	0,70
Van	0,80	1,03	1,90	3,00	4,30	5,47	6,13	5,57	3,97	2,27	1,17	0,80
Yalova	0,93	1,10	1,77	2,53	3,70	4,47	4,80	4,20	2,87	1,73	1,03	0,93
Yozgat	0,57	0,83	1,67	2,57	3,70	4,57	5,33	4,80	3,17	1,83	0,87	0,57
Zonguldak	1,03	1,13	1,80	2,50	3,50	4,27	4,53	4,03	2,87	1,87	1,30	1,10

Açıklama notu. TAGEM, 2017. Türkiye'de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimleri, https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Menu/28/Yayinlar_veriler_kaynagindan_alinmistir.

Çizelge 1.4

Bitki yapraklarının işaretleri

Yaprak durumu	Toprak durumu	Nedenler
Sararmış ya da dökülüyor	Islak	Fazla sulama
Zayıf, cansız, solgun	Kuru	Az sulama
Sararmış	Normal	Besin maddesi yetersiz
Kıvrık, lekeli, sararmış ya da dökülüyor	Normal	Hasta

Açıklama notu. Seçkin ÖB, Çelik HE, 2003. Sulamaya Giriş, İÜ Orman Fakültesi Yayın No 472, ISBN: 975-404-689-1, İstanbul. kaynağından alınmıştır.

Şekil 1.5

Bitki yaprağındaki işaretler; solda susuzluk, sağda hastalık



Açıklama notu. Fotoğraf H. Yılmaz'a aittir. İllüstrasyon A.R. Çelik tarafından yapılmıştır.

1.11. Sulama Suyu Kalitesi

Doğada mevcut olan bütün sular az ya da çok oranda erimiş halde mineral tuzları içerir. Öte yandan doğal akarsular, bu mineral tuzlara ek olarak, askıda mineral ve organik maddeler de taşıyabilirler. Aynı su ile sulanan tarım ve peyzaj alanlarında, zaman içinde, bu mineral ve askıdaki maddelerin toprakta birikmesi sonucunda toprak kalitesinde de değişimler meydana gelebilir. Bu bağlamda, son yıllarda evlerde ve sanayide kullanılan çeşitli kimyasal maddelerin su ve toprak kirlenmesi üzerindeki olumsuz etkilerini de göz ardı etmemek gerekir. Bu nedenle, sulama suyunun **fiziksel** ve **kimyasal** özellikleri bitki gelişmesi bakımından büyük önem taşır (Seçkin ve Çelik 2003).

1.11.1. Sulama Suyunun Fiziksel Özellikleri

Sulama suyunun en önemli fiziksel özelliği sıcaklığıdır. Su ve dolayısıyla toprak sıcaklığı bitkilerin gelişimi üzerinde doğrudan etkilidir. Örneğin ilkbaharda yapılan sulamalar suyun soğuk oluşu yüzünden toprağı soğutur ve sonuçta bitkinin gelişmesini engeller; buna karşın yazın yapılan sulamalar bitki büyümesini hızlandırır.

Genel olarak sulama suyu sıcaklığının 15°C dolayında olması arzu edilir. Sıcaklığın 7-8 °C'den düşük olması büyüme üzerinde olumsuz etki yapabilir. Bu nedenle, soğuk kaynak sularının doğrudan sulamada kullanılması hatalı olabilir. Bu suların yeterli bir süre dinlendirilip ısınması sağlandıktan sonra kullanılması daha uygun olur.

Askıdaki katı madde miktarı da otomatik sulamada kullanılacak suyun dikkate alınması gereken diğer bir fiziksel özelliğidir. İyi filtre edilmemiş sular, sulama sisteminin düzenli çalışmasını engellediği gibi ömrünü de kısaltır.

1.11.2. Sulama Suyunun Kimyasal Özellikleri

Sulama suyunun kimyasal özellikleri bitki sağlığı açısından büyük önem taşır. Sulama projesi yapılacak alandan veri toplanırken su örneği de mutlaka alınmalıdır. Sulama suyu analiz edilerek, çözünebilir tuzların toplam konsantrasyonu, sodyumun diğer katyonlara oranı, bor veya diğer zehirli etkiye sahip maddelerin konsantrasyonu, bazı koşullarda kalsiyumla birlikte magnezyum konsantrasyonu ile ilgili olarak kalıcı bikarbonat konsantrasyonu, pH, sülfat, klor, nitrat ve özel olarak demir ölçümleri yapılmalıdır (Seçkin ve Çelik 2003).

Toplam konsantrasyon, su içinde iyonlarına ayrılmış elementlerin miktarının ölçüsüdür. Bu konsantrasyon suda erimiş halde bulunan mineral maddelerinin ppm (milyonda kısım), me/lt (litrede miliekivalan), veya daha iyisi micromhos/cm olarak elektriksel iletkenlik cinsinden ifade edilir (elektriksel iletkenlik elektriksel direncin tersi olup elektriksel direncin birimi ohm, elektriksel iletkenliğin birimi ise mho'dur. 1mho= 1000 mmho=10⁶ µmho). Elektriksel iletkenlik Siemens birimiyle de ifade edilmektedir: 1 mmho/cm = 1 mS/cm. Elektriksel iletkenlik (EC) 25°C'de ölçülmüş olmalıdır.

Tuzların toplam konsantrasyonunun veya bir diğer ifade ile **tuzluluğun** ölçüsü olan **elektriksel iletkenliğe** (EC) bakarak sulama sularını dört sınıfa ayırmak mümkündür (Çizelge 1.5, Şekil 1.6).

- T1 sınıfı sular hemen hemen her cins toprakta her tür bitki-

nin yetiştirilmesi için uygun sulardır.

- T2 sınıfı sular, çok sık karşılaşılan ve yaygın olarak yararlanan ve tuzdan etkilenmeyen bitki türleri için uygun sular dandır. Kısıtlayıcı drenaj koşulları yoksa güvenle kullanılabilir.
- T3 sınıfı sular, drenaj sorunu olmayan iyi işlenen ve strüktürü iyileştirilmiş alanlarda kullanılabilir. Tuza dayanıklı bitkilerin sulanmasında bile dikkatli olunmalı, drenaj sağlanmalıdır.
- T4 sınıfı suların tuza dayanıklı bitkilerin sulanmasında bile kullanılması önerilmez.

Çizelge 1.5

Sulama suyunda tuzluluk sınıfları

Sınıflar	Elektriksel iletkenlik µmho/cm (mS/cm)	Tuzluluk
T1	0-250	Düşük tuzlu
T2	250-750	Orta tuzlu
T3	750-2250	Yüksek tuzlu
T4	>2250	Çok yüksek tuzlu

Açıklama notu. TS 7739. Sulama Suyu, Türk Standartları Enstitüsü, 1989, Ankara kaynağından alınmıştır.

Sodyum absorpsiyon oranı (SAR), sodyum ve alkali zararlarını tahmin etmeye yarar. Buna göre dört cins sulama suyu ayırt edilebilir (Çizelge 1.6):

Çizelge 1.6

Sulama suyunda tuzluluk sınıfları

Sınıf	SAR	Sodyum sınıfı
A1	0-10	Az sodyumlu sular
A2	10-18	Orta sodyumlu sular
A3	18-26	Fazla sodyumlu sular
A4	>26	Çok fazla sodyumlu sular

Açıklama notu. TS 7739. Sulama Suyu, Türk Standartları Enstitüsü, 1989, Ankara. kaynağından alınmıştır.

- A1 sınıfı düşük alkali özellikli sudur; bütün bitki ve toprak türlerinde sulama suyu olarak kullanılabilir.
- A2 sınıfı sular, özellikle hafif topraklarda veya organik madde (humus) oranı fazla, geçirimsizliği uygun topraklarda kullanılmalıdır.
- A3 sınıfı sular birçok toprakta iyi drenaj, yüksek yıkama ve organik madde ilavesiyle sulamada kullanılabilir. Jipsli topraklarda veya kimyasal maddeler uygulanması durumunda da kullanılabilir.
- A4 sınıfı sodyum absorpsiyon oranı çok yüksek suyu ifade eder. Genellikle sulama suyu özelliğine sahip değildir.

Sulama suyunun reaksiyonu (pH değeri); topraktaki tuz ve alkali sorunlarının saptanmasında önemli bir kriter olan pH'nin sudaki değeri 6-7 civarında olmalı, 5'in altında, 7'nin üzerinde olmamalıdır.

Sodyumun toprak yapısına zararlı olmasını engellemek için sulama suyundaki sodyum yüzdesi belirlenir. Sodyum yüzdesinin 60'tan az olması önerilmektedir.

Sulama suyundaki **kalıcı sodyum karbonat oranı** me/l olarak be-

lirlenir. Bu oran 25'ten az ise kabul edilebilir. Oran 25 ile 50 arasında ise sulamada ihtiyatla kullanılmalıdır. Oran 50'den fazla ise sulamaya uygun değildir.

Sulama suyundaki **bor** az miktarda gerekli bir mikro besindir ve konsantrasyonu da bilinmelidir. Sudaki konsantrasyonu ppm olarak ifade edilen bor; bitki türüne göre etkili olmaktadır. TS 7739'a göre hassas bitkiler için 0,33-1 ppm, dayanıklı bitkiler için 3,0 ppm uygundur. Sulama suyundan uzaklaştırmada kullanılacak ekonomik bir yöntem yoktur.

Kalsiyum, bitkilerin normal gelişmeleri ve toprak işleminin iyi bir şekilde yapılabilmesi için gerekli olduğundan sulama suyunda bulunması arzu edilir.

Magnezyum, bitki için gereklidir, toprağı kalsiyum ile geçirgen ve işlenebilir halde tutar 25 mg/lt değerinin altında olması istenmez.

Sodyum 50 mg/lt'nin üzerinde hassas bitkilerde toksik etki yaratabilir. Sodyumun sudan uzaklaştırılması zordur (Penn State 2021).

Potasyum bitkiler için gereklidir. Yüksek potasyum oranı genellikle sorun oluşturmaz ancak 10 mg/lt'den yüksek oranlar su kirlenmesinin göstergesidir (Penn State 2021)

Sulama suyunda klorürler, en sorunlu anyonlar olarak bilinmektedir. Sülfatlar ise klorürlerden daha az zararlıdır. Sudaki karbonat

değerleri, pH 8,2'den daha yüksek olduğu zaman zararı fazladır.

Su örneğinin laboratuvar analizi sonucunda sulama ile ilgili parametreler belirlenir. Bu parametreler sınıflandırılıp eşik değerlerle karşılaştırılarak bu suyun sulamaya elverişli olup olmadığı saptanır. Akredite sulama laboratuvarları sonuçları bir çizelge halinde verirler (Çizelge 1.7). Bundan sonra parametrelerden tuzluluk, sodyum oranı, sodyum absorpsiyon oranının hangi sınıfa girdiği ve sulamaya uygun olup olmadığı, ek bir önlem alınıp alınmayacağı Şekil 1.6'daki grafik kullanılarak belirlenir. Çizelge 1.7'deki sonuçlara göre sulama suyu sodyum zararı düşük, tuzluluk oranı yüksek sınıfına girmektedir.

1.12. Tuzlu Suyun Bitkiye Etkisi

Sulama sularında bir miktar tuz bulunur. Sulama suyu, geri kazanılmış su ve topraktaki tuz miktarı sulamaya başlamadan önce incelenmelidir. Tuzluluk sudaki tuz oranı, sulama yönetimi, gübre, yüksek taban suyu düzeyi gibi nedenlerle ortaya çıkabilir. Tuzun yarattığı sorunlar şunlardır (Burt ve Styles 2016):

- Tuz toprakta birikip osmotik stres yaratabilir. Yüksek tuz oranları çimlenme ve gelişmeyi önleyebilir.
- Suda fazla miktarda magnezyum, sodyum, karbonat veya bikarbonat varsa toprakta infiltrasyon sorunları yaratabilir.
- Bor ve lityum gibi bazı tuz tipleri düşük konsantrasyonlarda bile bitkiler için toksiktir

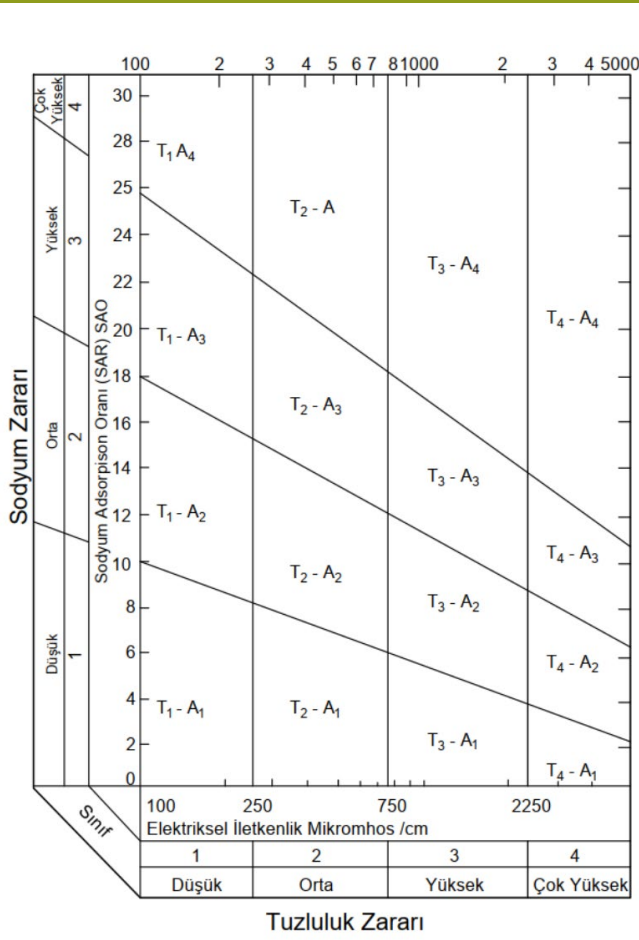
Çizelge 1.7

Bir sulama suyu analiz sonucu örneği

	ANALİZ SONUCU	ÖLÇÜM BİRİMİ	KULLANILAN ANALİZ METODU
KATYONLAR			
SODYUM	2,60	me/L	TS 4530
POTASYUM	0,08	me/L	TS 4530
KALSİYUM	5,00	me/L	TS 4474 ISO 6059
MAGNEZYUM	3,60	me/L	TS 4474 ISO 6059
TOPLAM KATYON	11,28	me/L	
ANYONLAR			
KARBONAT	0,00	me/L	TS 4182
BİKARBONAT	3,60	me/L	TS 4182
KLOR	3,14	me/L	TS 4164
SÜLFAT	4,54	me/L	TS 7739/Aralık 1989
TOPLAM ANYON	11,28	me/L	TS 4474 ISO 6059
TOPLAM SERTLİK	43,00	Fr	
ELEKTRİKSEL İLETKENLİK (EC) 25°C	1071,00	21,2°C-µmhos/cm	SM 21. Baskı-2510:2005
pH	7,25	21,7°C/pH	TS 3263 ISO 10523 Nisan 1999
KALAN SODYUM KARBONAT (RSC)	-5,00	me/l	TS 7739/Aralık 1989
SODYUM İYONUNUN NİSPİ ORANI	23,05	% Na	TS 7739/Aralık 1989
SODYUM ADSORPSİYON ORANI	1,25	SAR	TS 7739/Aralık 1989
SULAMA SUYU SINIFI	T3-A1	T-A	TS 7739/Aralık 1989

Şekil 1.6

TS 7739'a göre sulama suyu sınıfları



Açıklama notu. TS 7739. Sulama Suyu, Türk Standartları Enstitüsü, 1989, Ankara kaynağından alınmıştır.

Osmoz, su gibi çözücü maddelerin düşük yoğunluklu olduğu ortamdan yüksek yoğunluklu ortama yarı geçirgen bir zardan geçişine denir.

Arasında yarı geçirgen bir zar (hücre zarı) bulunan iki farklı yoğunluktaki çözeltiden yüksek yoğunluklu çözelti (tuzlu su) düşük yoğunluklu çözelti (hücre öz suyu) tarafına geçemez, bitki su alamaz (Akkemik 2018). Bitki su alamadığı gibi osmoz ile düşük yoğunluklu çözelti (hücre öz suyu) yüksek yoğunluklu çözelti (tuzlu su) tarafına geçtiği için bitki su kaybederek stresi artar (Şekil 1.7).

1.13. Sulama Zamanı ve Mevsimi

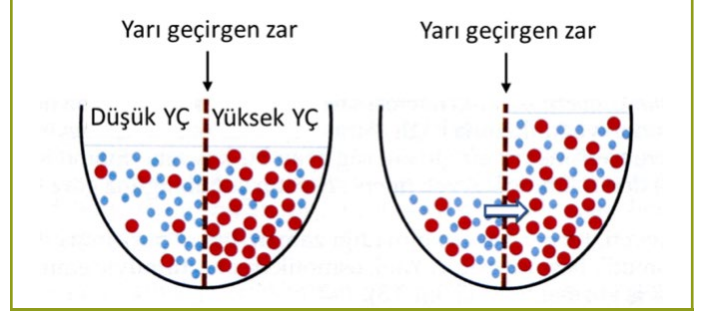
Sulama için günün hangi zamanı daha uygundur? Eğer bitkiler yağmurlama sulama ile gün ortasında sulanırsa suyun önemli bir kısmı buharlaşma ile kaybolabilir. Dolayısıyla gün ortasında sulama hem su hem de para ekonomisi açısından uygun değildir. Akşam ve gece saatlerinde sulama, sıcaklık, nem ve oksijenin bir araya gelmesinin etkisiyle mantar gelişme riskini artırmaktadır. Mantar hastalıklarına duyarlı bitkiler gece boyunca toprağın nemli kalmasından zarar görebilir.

Bitkilerde sabahleyin hava aydınlanınca stomaların açılmasıyla terleme (transpirasyon) ve fotosentez başlar. Öğle saatlerinde

hava ve yaprağın daha fazla ısınmasıyla terleme maksimum noktaya ulaşır. Öğleden sonra alaca karanlığa doğru stomaların kapanmasıyla terleme azalır ve gece durur (Akkemik 2018).

Şekil 1.7

Tuzlu su (yüksek yoğunluklu çözelti, Yüksek YÇ) hücreye giremediği gibi bitki osmoz ile su kaybeder.



Açıklama notu. Akkemik Ü, 2018. Ağaç Fizyolojisi, İÜ-C Yayın No. 1. Orman Fakültesi Yayın No. 515, ISBN:978-605-9917-36-0, İstanbul kaynağından alınmıştır.

Dolayısıyla bitki sabahleyin sulanırsa fotosentez ve terleme için gerekli suyu bulur ve faaliyete başlar. Su gerek bitki tarafından kullanılarak gerekse buharlaşarak ortamda azaldığı için mantar gelişme riski düşecektir.

Bu nedenle sulama zamanı konusunda bitkinin bu davranışının da esas alınması gerekir. Dolayısıyla bitkileri sulamak için en uygun zaman sabah saatleridir. Bu saatlerde bitki terlemeye ve fotosenteze başladığı için suya gereksinimi daha fazladır. Ayrıca ortam ve bitkiler henüz soğuk olduğu için buharlaşma ile su kaybı da düşüktür, verilen suyun tamamının köke ulaşma şansı vardır.

Ancak bazen sulamaya izin verilen süre (sulama penceresi) için sabahın erken saatleri yeterli olmaz veya müşteri sulamanın belli bir saatten önce bitirilmesini ister. Bu durumda önce örneğin damlama sulamayı gün içine programlamak, zaman yine yetmiyorsa sulama süresini sabahtan geceye doğru uzatmak gerekebilir.

Sulama mevsimi bitkilerin vejetasyon dönemi ile paralellik gösterir. Bitki vejetasyon dönemi başlayınca önce topraktaki nem kullanılır. Sulama dönemi topraktaki nem tüketildikten sonra yağışlara ve yöreye göre nisan-mayıs ayından başlayarak eylül-ekim ayına kadar uzayabilir.

1.14. Sulama Aralığı

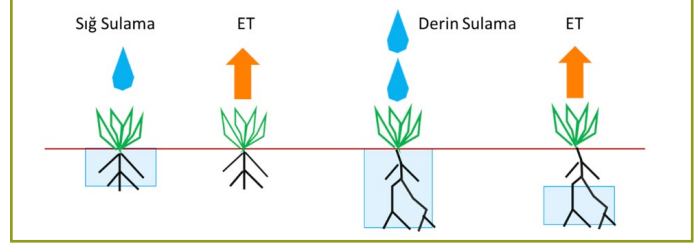
Bitkileri her gün sulamak yerine birkaç günde bir birkaç günlük suyu bir defada vererek sulamak, bitkinin derin köklenmesini teşvik etmek açısından önemlidir. Bitkiler ekonomik varlıklardır, gereksiz yere enerji harcamazlar, bu bağlamda suyu yüzeye yakın bulurlarsa derine kök uzatmazlar. Bu ise bitki sağlığı açısından risklidir. Kökünü derine uzatmamış bitki, sulamada bir gecikme veya arıza yaşandığı zaman, evapotranspirasyon (ET) ile yüzeye yakın su miktarı hızla tükeneceği ve derinde su bulunmadığı için su stresine girer. Hâlbuki iki günde veya birkaç günde bir birkaç günlük su verilerek sulandığı zaman, su toprağın derinine infiltre olacaktır. Bitki de burada su olduğu için kökünü derine uzatır. Sulamada gecikme veya kısa süreli arıza yaşandığında, toprağın yüzeye yakın kısmında su buharlaşır ancak derinde su bulunması, bitkinin de kökünü derine uzatmış olması nedeniyle sorun yaşanmaz (Şekil 1.8). Derin sulama ile özellikle çit bitkilerinin derin kök

yaparak rüzgâra dayanıklılığının artırılması teşvik edilebilir.

Derin sulama toprak türüne bağlıdır, kumlu topraklar derin sulamaya uygun değildir. Balçık ve kil topraklar derin sulamaya daha elverişlidir. Bitkinin su stresine girmemesi için yararlanılabilir su kapasitesinin tümünün tükenmesine izin verilmez. Yararlanılabilir su kapasitesinin % 30-40'ı tükendiğinde sulamaya başlanması önerilmektedir (Orta 2017).

Şekil 1.8

Derin sulama ile köklerin daha derine gitmesi teşvik edilir ve bitki kısa süreli bir su stresini zararsız atlatabilir



2. Yağmurlama Sulama Sistemi

Yağmuru taklit ederek suyu yukarıdan bitkinin üzerine düşüren sulama sistemine yağmurlama sulama sistemi denir. Yağmurlama sulama sisteminde bitkilere su sprinklerler aracılığıyla verilir.

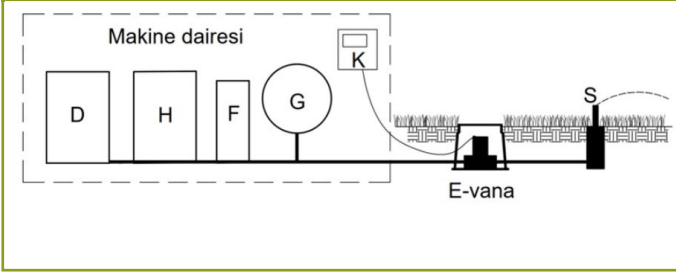
Yağmurlama sistemi peyzajda daha çok çim alanların sulanmasında kullanılmaktadır. Çalı ve çiçeklerin sulanmasında yağmurlama veya damlama sulamadan hangisinin daha uygun olduğuna sulama tasarımcısı koşullara göre karar verir. Fidanlıklarda sprinklerler 2-3 m yüksekten çalıştırılarak fidanlar sulanabilmektedir.

Verilen suyun bir kısmı rüzgâr, buharlaşma, yüzeysel akış, sisleme vb. nedenlerle kaybolur, bitkiye ulaşmaz. Sulama sisteminin bitkiye ulaşan su miktarına **randıman** denir ve yağmurlama sisteminde bu oran %70-85 aralığındadır (Irmak vd. 2011).

Yağmurlama sulama sistemi **depo, pompa, filtre, gübre tankı, kontrolör, elektro vana, boru hatları ve sprinklerler**den oluşur. Depo, hidrofor, filtre, gübre tankı ve kontrolör makine dairesi içinde bulunurken elektro vana ve sprinkler peyzaj alanında yer alır (Şekil 2.1).

Şekil 2.1

Yağmurlama sulama sisteminin elemanları: Depo, Hidrofor, Filtre, Gübre tankı, Kontrolör, E-vana elektro vana, Sprinkler



Sprinklerler sadece kapakları görünecek şekilde yeraltına tesis edilirler. Sulama başladığında basınçlı su sprinklere gelir ve toprağın içindeki gövdeden dil dışarı çıkar ve sulamaya başlar (Şekil 3.1).

Yağmurlama sisteminin **üstünlükleri** şöyle sıralanabilir: sprink-

lerler sulama süresi dışında yeraltında olduğu ve çimin içinde görünmediği için peyzajı estetik olarak olumsuz etkilemez. Sokak hayvanları zarar veremez, vandalizme de fazla konu olmaz. Sistemin homojen sulama sağlaması, çalışmasının gözle kontrol edilebilmesi ve çim üzerinde birikebilecek toz vb. maddelerin yıkanmasına katkı sağlaması gibi üstünlükleri de vardır.

Yağmurlama sisteminin **sakıncaları** şöyle sıralanabilir: Sulama süresine dikkat edilmezse göllenme veya yüzeysel akış, dolayısıyla su israfı meydana gelebilir. Özellikle kamusal alanlarda meraklıların etkisiyle sulama yayları değiştirilmekte bu nedenle örneğin yollar ıslatılabilmektedir. Özellikle açık ve güneşli havalarda yollardaki ıslak kesimler ölümlü trafik kazalarına neden olmaktadır. Dar refüjlerde hem pahalı olması hem de yolu ıslatması bakımından kullanılması sakıncalıdır. Refüjlerde ve yol kenarlarında kullanıldığında sulama süresine ve drenaja dikkat edilmeli, drenaj suyunun yola gelmesi önlenmelidir. Yağmurlama sulama sisteminde özellikle sprej sprinklerler rüzgâra karşı daha hassastır. Hızlı rüzgâr damlacık haldeki suyun istenen yere gitmesini önlemekte, istenmeyen alanlara gitmesine neden olmaktadır. Çalı parterlerinde kullanılırsa, tam alan sulandığı için yabancı ot gelişebilir.

Yağmurlama sulama sistemi tasarımında uyulması gereken birçok ölçüt vardır. Bu ölçütlerden sulama sistemi tasarımının temelini oluşturan beş tanesi şunlardır:

- Başlıktan başlığa atma (Bkz. Bölüm 4.1)
- Sprinkler yağmurlama oranının toprağın infiltrasyon oranına eşit veya ondan küçük olması (Bkz. Bölüm 5.2)
- Rotor (döner) sprinklerlerde eşlenik sulama (Bkz. Bölüm 5.4.3)
- Alanı yeterli sayıda zona bölme (Bkz. Bölüm 6)
- Borudaki su hızının 1,5m/sn'yi geçmemesi (Bkz. Bölüm 7.3)

Bunların dışında uygun başlıkların seçilmesi, zondaki ilk başlık ile son başlık arasındaki basınç farkının %20'den fazla olmaması, günlük çalışma süresinin evapotranspirasyona (ET) göre saptanması, optimum boru planı, optimum boru seçimi, su deposunun kapasitesinin belirlenmesi, pompa kapasitesinin belirlenmesi ve belki de en önemlisi, sistemin ayıpsız³ olarak daha ekonomik tasarlanması vd. ölçütler kitabın ilerleyen konularının içinde yer almaktadır.

³6502 sayılı Tüketicinin Korunması Kanunu madde 13'e göre ayıpsız hizmet, sözleşmedeki sürelerle uyan ve taraflarca belirlenen ve **objektif olarak gerekli olan özellikleri taşıyan** hizmettir.

3. Sprinklerler

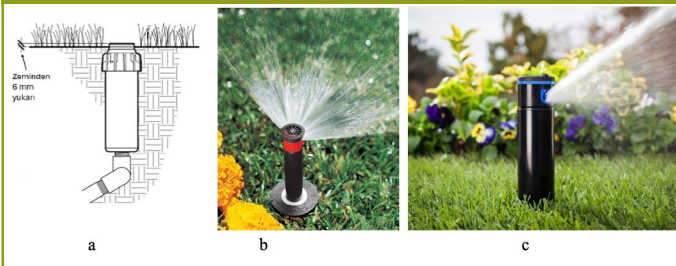
Yağmurlama sulama sisteminde suyu bitkiye ileten elemana **sprinkler** denir. Sprinkler yerine **başlık** (head) terimi de kullanılmaktadır.

Sprinkler kelimesi İngilizce *sprinkle* fiilinden türetilmiş bir isimdir. Marriam-Webster sözlüğüne göre anlamlarından biri *bir sıvıyı damlacıklar halinde dağıtmaktır*.

Sprinklerler **sprey** (sabit) **melez** ve **rotor** (döner) olmak üzere üç ana gruba ayrılır. Sprey sprinklerler sabittir, dönen bir parçası yoktur, döner sprinklerler ise suyu dilin ucunda bulunan ve sprinkler düşey ekseninde dönen bir **memeden**⁴ püskürtürler (Şekil 3.1). Sprey sprinklerin gövdesine bağlanan, dönerek sulayan farklı bir memeden oluşan ancak sprey sprinklerden daha büyük yarıçapa ve daha düşük yağmurlama oranına sahip **melez** (rotary) bir sprinkler tipi daha vardır.

Şekil 3.1

Sprinklerler: a. rotor (sulama kapalı), b. sprey (sulama açık), c. rotor (sulama açık)



Açıklama notu. Hunter 2024c. Photo Library, <https://www.hunter-industries.com/en-metric/photos> kaynağından alınmıştır. Hunter Industries firmasının izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

Sprey, melez ve döner (dişli) sprinklerler sessiz çalışırlar, o nedenle peyzajda daha çok tercih edilirler. Darbeli döner sprinklerler sesli çalışmaları ve görece büyük kapaklarının çim içinde siyah bir leke halinde görünmesi nedeniyle daha çok parklarda ve kapalı kamufle edilerek futbol sahalarında kullanılır.

Sprinklerlerin bir kısmı basınç regülatörlü ve/veya çek valfli üretilmektedir. Basınç regülatörlü sprinklerlerle yamaçların alt tarafında kot farkından dolayı basınç arttığında veya normalden fazla basınç geldiğinde, basıncı hat boyunca eşitlediği için üniform sulama sağlanmaktadır. Çek valf sulama bittikten sonra boruda kalan suyun boşa akmasını önleyerek su tasarrufu da sağlamaktadır. Ancak fiyatları nedeniyle golf sahası gibi alanlarda kullanım imkânı bulabilmektedirler.

Sprinklerleri sisteme bağlamak için kullanılan altlarındaki **giriş çapları** değişkendir. Sulama tasarımında metraj çıkarırken ve malzeme listesi hazırlanırken sprinklerlerin giriş çapları dikkate alınmalıdır.

3.1. Sprinklerlerin Çalışması

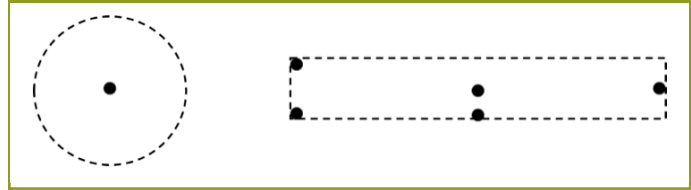
Sprinklerler kapakları zemin kotunda olacak şekilde yeraltına te-

sis edilirler. Elektro vana açıldığı zaman basınçlı su sprinklerin dilinin dışarı çıkmasını ve yarıçapı içinde alanı sulamasını sağlar (Şekil 3.1). Sprinkler memelerinin sulama desenleri **dairesel** ve **şerit** (dikdörtgen) şeklinde olabilir. Birçok dörtgen şekilli alan daire ve yayları şeklinde çalışan sprinklerlerle sulanabilir.

Şerit (dikdörtgen) sulayan memeler, bulvarların ortasındaki dar yeşil alanlar için kullanılırdır. Şerit sulama sprej ve melez sprinklere bağlanan özel memeler ile gerçekleşir ve suladıkları dikdörtgenin boyutları ile tanımlanırlar. Örneğin 0,9x3,6 m veya 2,75x5,5 m gibi. Memenin şeridin ortasında, bir yanında veya bir köşesinde yer aldığı tipleri vardır (Şekil 3.2).

Şekil 3.2

Dairesel ve şerit sulama desenleri (memeler şeridin şekilde noktayla gösterilen farklı yerlerinde bulunabilir)



Sprinklerlerin büyük grubunu oluşturan dairesel desenli modeller, şu ana özellikleri ile tanımlanırlar: **sulama yarıçapı**, **sulama yayı** ve **yörünge açısı**.

Peyzajda genel olarak kullanılan sprinklerlerin **yarıçapı** 0,6 m'den 30 m'ye kadar değişmektedir. Sulama sektörü, daha geniş alanları kapsamak amacıyla gitgide artan yarıçapa sahip sprinklerler üretmektedir. Hipodrom, yapay çimli futbol sahaları vb. alanlarda daha büyük yarıçaplı darbeli döner sprinklerler kullanılmaktadır. Yerüstüne sabit veya sulama süresince monte edilen bu sprinklerin yarıçapı 60 m'ye ulaşmaktadır (Şekil 3.9). Tasarımcı sulama alanının boyutlarına uygun yarıçaplarda sprinklerleri seçmelidir. Eğer yarıçap alana büyük gelirse üzerindeki vida saat yönünde çevrilerek yarıçap % 25 kadar **azaltılabilir** (Şekil 3.3). Bu oranın aşılması su dağıtım desenini bozmaktadır.

Şekil 3.3

Sprinklerin üzerindeki ayar vidası ile yarıçapı %25 azaltılabilir.



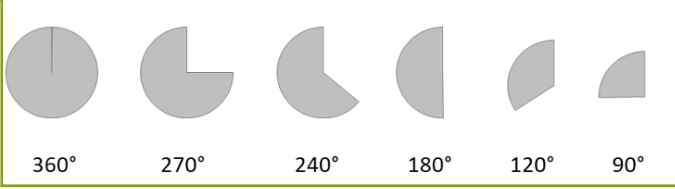
Açıklama notu. Rain Bird 2023. Uluslararası Peyzaj Sulama Ürünleri 2023 Kataloğu, https://www.rainbird.com/sites/default/files/media/documents/2023-01/2023_intl_turf_catalog_tr_hqpc.pdf kaynağından alınmıştır. Rain Bird firmasının [2024] izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

⁴Türkçe ürün kataloglarında genellikle meme yerine İngilizce karşılığı nozzle kelimesinin okunuşu olan nozul terimi kullanılmaktadır.

Sulama yayı, bir sprinklerin (memesinin) suladığı daire veya dairenin yayları şeklindeki alanı gösterir. Sabit yaylı sprej sprinklerin memeleri tam daire, yarım daire, çeyrek daire (360°, 270°, 180°, 90°) veya 45° vb. şeklinde sularlar (Şekil 3.4). Tasarımcı metrajda bu memeleri yarıçaplarına göre sınıflayarak saymak zorundadır. Öte yandan değişken yaylı (açı ayarlı) memeler, 0°'den 360°'ye kadar değişen yaylara ayarlanabilir.⁵ Dolayısıyla tasarımcının metrajda farklı yarıçaplarda başlık sayısı kadar meme göstermesi yerlidir. Memeler sprinklere bağlandıktan sonra sulama yayları ayarlanabilir. Ancak değişken yaylı memelerin su dağıtımı sabitler kadar üniform değildir.

Şekil 3.4

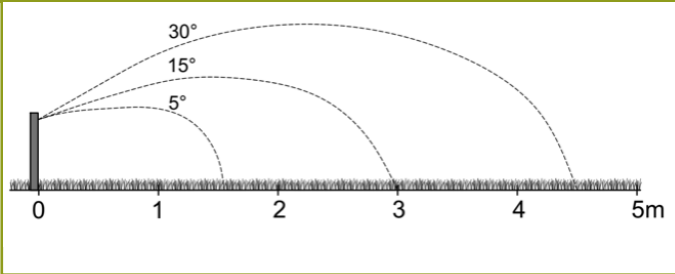
Sprej sprinklerde sabit açılı meme tipleri



Suyun sprinkler memesinden dışarıya çıktığı anda yatayla yaptığı açıya **yörünge açısı** denir. Memelerin yörünge açıları firmalara göre değişmekle birlikte 5°, 10°, 15° ve 30° olabilmektedir. 5°, 10° ve 15° yörünge açılı memeler daha çok rüzgârlı koşullarda, rüzgârın sulama desenini bozmasına karşı belli bir rüzgâr hızına kadar kullanılabilir. 30° açılı memeler daha yaygındır ve çim ile boylu olmayan diğer yerörtücüleri sulamak için kullanılır (Şekil 3.5).

Şekil 3.5

Sprej sprinklerde sabit açılı meme tipleri



Sprinklerin yörünge açısı arttıkça yarıçapı da artar, bu ise tasarımın daha az başlıkla, daha ekonomik gerçekleştirilmesine imkân sağlar. Ancak yağmurlama sulamada sprinklerin suyu istenen yere göndermesine karşı en büyük engel rüzgârdır. Yörünge açısı arttıkça rüzgârın püskürtülen su damlacıklarının istenen yere gitmesini engelleme olasılığı artmaktadır. Bu nedenle genel olarak standart açılı sprinklerler kullanılır. Düşük açılı sprinklerle rüzgâra karşı belli bir savunma sağlanabilir ancak yarıçapları düşük olduğu için sistemin maliyeti artar. Bu nedenle sulamanın standart yarıçaplı sprinklerle tasarlanması ve sistemin yörede günün rüzgâr esmeyen veya hafif estiği sabah saatlerinde çalıştırılması yararlıdır.

3.2. Sprinkler Tipleri

Sulama sektöründe üç tip sprinkler üretilmektedir, **sprej**, **melez** ve **döner** (rotor) sprinklerler.

3.2.1. Sprej Sprinklerler

Sprej sprinklerler sabittir, dönen bir parçası yoktur. Sprej sprinklerler **gövde**, **dil** ve **meme** olmak üzere üç kısımdan oluşur (Şekil 3.6). Bazı sprej sprinklerler meme hariç satılırlar ve tasarımcının gerekli yarıçapa sahip memeyi ayrıca satın alması gerekir.

Sprej sprinklerde dil boyları (pop-up yükseklikleri) farklıdır. Türkiye'de genellikle 10 cm boyunda dile sahip olanlar kullanılır. Ayrıca 30 cm dil boyuna sahip çalı tipi sprej sprinklerler de bulunmaktadır.

Meme, üzerindeki dairesel bir açıklıktan suyu püskürtür (Şekil 3.6). Meme tam daire çalıştığında şemsiye şeklinde dairesel bir su dağıtımı gözlenir.

Sprej sprinklerin yağmurlama oranı rotor ve melez sprinklere göre daha yüksektir. Rotor sprinklere göre daha düşük basınçla çalışırlar (1-2 bar). Sprej sprinklerde eşlenik sulama⁶ otomatik olarak sağlanır. Sprinklerin sulama yayı, örneğin 360°'den 90°'ye düşürüldüğünde, debi de otomatik olarak ¼'e düştüğü için yağmurlama oranı değişmez (Bkz. Bölüm 5.4.1). Küçük yarıçaplı (r= 1-2 m) bazı sprej sprinklerde bu özellik bulunmamaktadır.

Şekil 3.6

Sprej sprinklerin kısımları. Sulama kapalıyken dil, kapağı zemin altında olacak şekilde yeraltına tesis edilen gövdenin içindedir. Sağdaki şekildeki kırmızı kısmın altındaki halka şeklindeki açıklık memedir.



Açıklama notu. Hunter 2021. Hunter 2021 Ürün Kataloğu, www.hunterindustries.com kaynağından alınmıştır. Hunter Industries firmasının izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

Sprej sprinklerler, yarıçapları küçük olduğu için (0,6-5,2m) küçük ve/veya peyzajın yol, bitkilendirme vb. nedenlerle bölündüğü alanlara daha uygundur.

Sprej sprinklerin birim fiyatı düşük olmasına karşın, bir alanda çok sayıda sprink kullanılması, daha fazla kanal açılması, daha fazla boru, kablo ve elektro vana kullanılması ve işçiliğin artması nedeniyle maliyet ve dolayısıyla birim alan maliyeti daha yüksektir.

Aynı gövdeye farklı yarıçaplı memeler (yarıçapa göre renkleri fark-

⁵Farklı üreticiler bu tip memelere farklı isimler vermektedir. Örneğin Rain Bird firması değişken yaylı meme (variable arc nozzle, VAN), Hunter firması ayarlanabilir yaylı meme (adjustable nozzle) demektedir.

⁶Eşlenik sulama: matched precipitation

lı olabilir) bağlanabilir (Şekil 3.7). Bu özellik sayesinde gövdeler meme yarıçapları dikkate alınmadan borulara bağlanmakta, sonra memeler projedeki yarıçaplara göre gövdelere eklenmekte, dolayısıyla uygulamada kolaylık sağlamaktadır.

Şekil 3.7

Sprey sprinkler için farklı renkte üretilmiş farklı yarıçapa sahip memeler ve dile bağlanması



Açıklama notu. Rain Bird 2006. Landscape Irrigation Products 2006-2007 Catalog, https://www.schumacherirrigation.com/files/Rainbird_Turf_Catalog_2006-2007.pdf kaynağından alınmıştır. Rain Bird firmasının [2024] izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

3.2.2 Döner (Rotor) Sprinklerler

Marriam-Webster sözlüğüne göre **rotor** sözcüğü dönen, **döner** anlamına gelmektedir. Sprey sprinklerler sabit iken döner sprinklerler bir yandan dönerken bir yandan suyu bir demet (huzme) halinde tek veya fazla sayıda memeden püskürtürler. Rotor başlıklarının iki tipi vardır, **dişli** (şanzımanlı) ve **darbeli**. Ancak rotor denince genellikle dişli olan anlaşılır ve diğer tip için darbeli rotor ifadesi kullanılır.

Rotor sprinklerlerde eşlenik sulama için tasarımcının tam, yarım ve çeyrek daire sulayan sprinklere uygun debide memeleri seçmesi gerekir (Bkz. Bölüm 5.4.3)

3.2.2.1 Rotor (Dişli) Sprinklerler. Rotor (dişli) sprinklere giren basınçlı su sprinklerin içindeki türbini döndürür, türbine bağlı bir dişli kutusu sprinklerin kendi eksenini çevresinde düşük bir hızla ve sessiz bir şekilde dönmesini sağlar. Sulamanın çoğunlukla sabahın erken saatlerinde yapılması nedeniyle, sistemin sessiz olması önemlidir.

Rotor sprinklerlerin yarıçapları 4-30 m arasında değişmektedir. Yağmurlama oranları sprej sprinklere göre daha düşüktür (5-25 mm/sa). Sprej sprinklere göre daha yüksek bir basınçla çalışırlar (2-8 bar).

Bir rotor sprinkler satın alındığında, yanında bu sprinklerde kullanılabilen memeler birbirine zayıf şekilde bağlı bir salkım halinde verilmektedir. Salkımdaki memelerin yarıçapları ve debileri farklıdır. Piyasada nozul ağacı diye tanımlanan bu salkımdan uy-

gulamacı projeye uygun olanı seçmekte ve boş olarak gelen yuvasına memeyi sprinklerin üzerindeki vida yardımıyla bağlamakta- dır. Bu memeler düşük yörünge açılı ve standart yörünge açılı olmalarına göre farklı renklerde üretilir (Şekil 3.8).

Şekil 3.8

Rotor sprinkler ve farklı yarıçap ve debiye sahip standart açılı memelerden oluşan salkım



Açıklama notu. Hunter 2021. Hunter 2021 Ürün Kataloğu, www.hunterindustries.com kaynağından alınmıştır. Hunter Industries firmasının izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

3.2.2.2. Darbeli Rotor (Döner) Sprinklerler. Darbeli rotor sprinklerlerde dönüş hareketi, başlıktaki kola su demetinin (huzmesi) çarpması ile meydana gelmektedir. Kol su demetine çarpınca sprinkler yatayda 1-2 derece döner, kol bir yay aracılığıyla geri gelerek su demetine yeniden çarpar ve bu şekilde dönüş devam eder (Şekil 3.9). Doğal olarak bu hareket sırasında bir gürültü meydana gelir.

Darbeli rotor sprinklerler gürültülü çalışmaları ve yeraltına tesis edilmek üzere üretilenlerin (pop-up) kapağının çim alanda 10-15 cm çapında bir siyah leke halinde görünmeleri nedeniyle peyzajda pek tercih edilmez, daha çok park ve bazı futbol sahalarında kullanılır. Futbol sahalarında kullanılmak üzere üretilen darbeli rotorlarda, anılan siyah leke kusurunu kapatmak üzere, kapak üzerinde çim yetişmesine imkân veren bir saksı şeklinde bir kap bulunur (Şekil 16.1). Darbeli rotor sprinklerlerin meme çapları rotorlara göre daha büyüktür (Ø 1-2 cm), dolayısıyla suyun hassas filtre edilemediği alanlarda daha sorunsuz kullanılabilir. Yarıçapı 60 m'ye kadar olan su jetleri (darbeli rotorlar) (Şekil 3.9c) fidanlıkarda hipodromlarda, yapay çimle kaplı futbol sahalarında vb. sabit veya sulama zamanı bağlanıp sonra sökülerek kullanılmaktadır.

3.2.3 Melez Sprinklerler

Melez⁷ sprinklerler veya mikro rotorlar, sprej gövdeye bağlanabilen, döner bir memeden oluşan ve suyu döner sprinkler benzeri ince su demetleri halinde dağıtan bir sprinklerdir.⁷ Meme fabrikada sprinklere bağlanmış olarak gelebilir veya sprej sprinklerin gövdesine bağlanabilir. Yarıçapları 2,5-9 m arasındadır. Bu sprinklerlerde eşlenik sulama otomatik olarak sağlanır. Şerit tipi de bulunan melez sprinklerin yağmurlama oranı düşüktür. Daha az sis ürettikleri için rüzgâra karşı daha etkilidirler, su koruma işlevleri daha yüksektir. Sprej sprinklere göre daha yüksek basınçta çalışırlar (Şekil 3.10).

3.3. Sprinklerlerin Karşılaştırılması

Sprinklerlerin bazı ana özellikleri karşılaştırılınca şu sonuçlar or-

⁷Rotor ile sprej sprinkler arasında bir çözüm sunduğu için rotary nozzles için kitapta melez terimi kullanılmıştır.

taya çıkmaktadır (Çizelge 3.1):

Şekil 3.9

a. Darbeli pop-up rotor sprinkler; b. darbeli rotor sprinkler; c. su jeti.



Açıklama notu. Rain Bird 2023. Uluslararası Peyzaj Sulama Ürünleri 2023 Kataloğu, https://www.rainbird.com/sites/default/files/media/documents/2023-01/2023_intl_turf_catalog_tr_hqpc.pdf kaynağından alınmıştır. Rain Bird firmasının (2024) izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

- Sprey sprinklerin yarıçapı (0,6-5,2 m) melez (2,5-9 m) ve rotorlara (4-30 m) göre küçüktür.
- Sprey sprinkler debilerini rotorlara göre küçük bir alana verirler, dolayısıyla yağmurlama oranları (mm/sa) melez ve rotor sprinklere göre daha yüksektir. Melez sprinklerin yağmurlama oranı rotor sprinklere daha yakındır. Melez ve rotor sprinklerler infiltrasyon hızı düşük ve az eğimli araziye de uygundur.
- Sprey sprinklerin başlık fiyatı rotora göre ucuz olmasına karşın, rotora tasarlanabilecek bir alan spre sprinklerle tasarlandığı zaman daha pahalıya mal olmaktadır. Bunun nedeni, rotor sprinklere göre fazla sayıda spre kullanılacağı için, artan sprinkler sayısının, rotora göre daha fazla boru, elektro

vana, kablo ve işçilik gerektirmesidir. Bir başka deyişle birim alan maliyeti yüksektir.

- Sprey sprinklerler diğerlerine göre daha düşük basınçlarda çalışmaktadır.
- Sprey ve melez sprinklerlerde eşlenik sulama otomatik olarak gerçekleşirken rotor sprinklerde eşlenik sulama uygun memeleri seçerek tasarımcı tarafından sağlanması gerekir.
- Sprey sprinklerin yağmurlama oranı ağır topraklara fazla gelirken, diğerlerinin düşük yağmurlama oranı uygun gelebilir.
- Rotor ve melez sprinklerle sulama rüzgâra karşı daha dayanıklıdır.

Şekil 3.10

Melez sprinkler (MP Rotator)



Açıklama notu. Hunter 2021. Hunter 2021 Ürün Kataloğu, www.hunterindustries.com kaynağından alınmıştır. Hunter Industries firmasının izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

Çizelge 3.1

Sprinklerin karşılaştırılması

Özellikler	BAŞLIKLAR		
	Sprey	Melez	Döner (rotor)
Sulama yarıçapı	Küçük (0,6-5,2 m)	Orta (2,5-9 m)	Büyük (4-30 m)
Yağmurlama oranı	Yüksek	Düşük	Düşük
İşletme basıncı	Düşük (1-3 bar)	2,1-3,8 bar	Yüksek (2-8 bar)
Birim alan maliyeti	Yüksek	Düşük	Düşük
Başlık maliyeti	Düşük (4 \$)	Orta (15 \$)	Yüksek (20 \$)
Eğimli alanlar	Uygun değil	Uygun	Uygun
Tesis	Kolay	Kolay	Karmaşık
Eşlenik sulama	Otomatik	Otomatik	Tasarım gerekli
Giriş çapı	½"	½"	½", ¾", 1"
Dil yüksekliği	5-10-15-30 cm	5-10-15-30 cm	10-15-30 cm
Şerit tip sulama	Var	Var	Yok
Ağır topraklar	Uygun değil	Uygun	Uygun
Rüzgârlı alanlar	Uygun değil	Uygun	Uygun

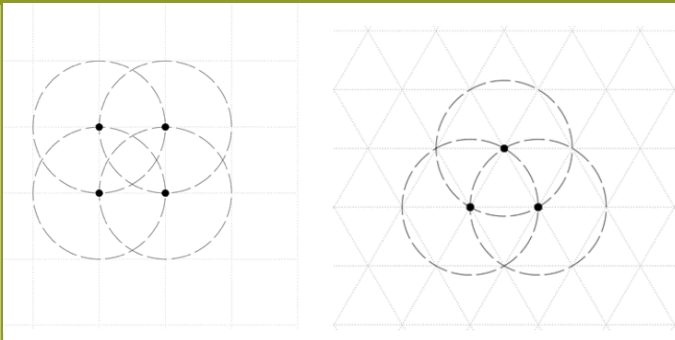
4. Sprinkler (Başlık) Planı

Bir sulama projesinde sprinklerler kare veya üçgen düzende yerleştirilir (Şekil 4.1). Başlıkların karelerin köşelerine yerleştirilmesine kare düzen, eşkenar üçgenlerin köşelerine yerleştirilmesine **üçgen düzen** denir. Bu amaçla sulama alanında seçilen sprinklerin yarıçapı aralığında bir kare veya eşkenar üçgen açılı oluşturulur; başlıklar köşelere yerleştirilir. Üçgen düzende başlıklar pergelle üçgenler oluşturularak da yerleştirilebilir.

Kare düzen daha çok dörtgen alanlara uygundur. Sulama alanının şekli dörtgen bir geometriye sahip olmayabilir. Dolayısıyla alanın veya alanın içindeki bölümlerin bir kısmına kare, bir kısmına üçgen düzen uygulanabilir.

Şekil 4.1

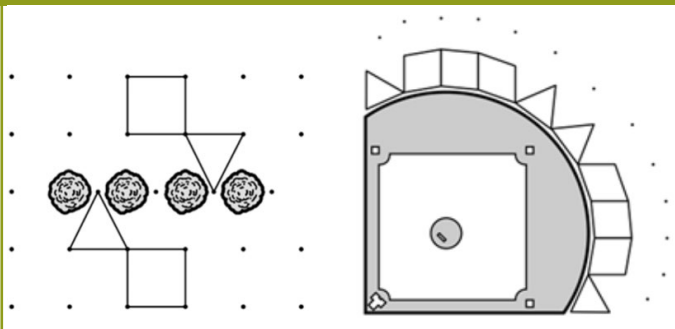
Kare ve üçgen düzende başlık planı



Sulama alanında bazen kare/dörtgen düzen ile üçgen düzenin birleştirilmesi gerekebilir. Örneğin çalıkların bulunduğu bir alanda veya beyzbol sahası gibi bir alanda dörtgen ve üçgen düzen kullanarak alana uyum sağlanır (Şekil 4.2).

Şekil 4.2

Kare ve üçgen düzenin bir arada kullanımı



Açıklama notu. Rain Bird 2001. Landscape Irrigation Design Manual, <https://www.rainbird.com/sites/default/files/media/documents/2018-02/IrrigationDesignManual.pdf> 2001 kaynağından alınmıştır. Rain Bird firmasının (2024) izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

4.1 Başlık Aralığı

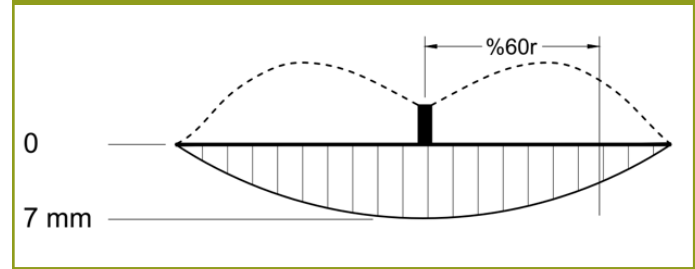
Üniform bir sulama için başlıkların uygun aralıklarla yerleştirilmesi gerekir. Üniform olmayan sulama ise çim alanda az ve/veya fazla sulama sonucunda sağlık sorunları olan, homojen bir çim rengi taşımayan bölgelere neden olabilir.

Üreticiler yaptıkları testlere göre optimum başlık aralıklarını belirlerler ve bu bilgiyi kataloglarında ürün performans (çalışma) tablosu halinde verirler. Başlıkların yerleştirilmesinde bu tablolarla belirtilen aralıklar kullanılır.

Başlıklar yarıçapları içinde her noktaya aynı miktarda su dağıtmaz. Başlık, dibine en fazla su verirken gövdeden uzaklaştıkça bu miktar gitgide azalır ve yarıçap mesafesine ulaştığında sıfıra düşer. Dolayısıyla bir başlık yarıçapının ancak ilk % 60'ında çime yetecek kadar su verebilir (Şekil 4.3). Bu nedenle üniform bir sulama sağlayabilmek için başlıkları örtüşerek yerleştirmek gerekir. Homojen sulama başlıkların yarıçap aralığıyla yerleştirilmesi sonucunda elde edilebilmektedir.

Şekil 4.3

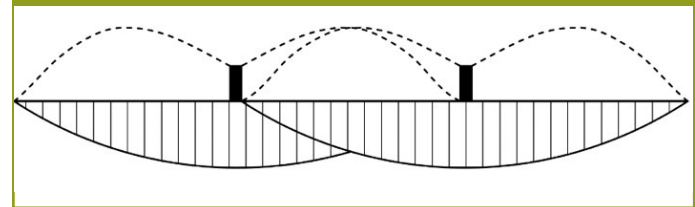
Bir sprinkler gövdeden itibaren yarıçapın ilk %60'ına yeterli su verebilir



Başlıkların yarıçap aralığıyla yerleştirilmesine **başlıktan başlığa atma** (örtme, sulama) denir (Şekil 4.4). Bu kural sulama tasarımındaki **birinci temel ölçütüdür**.

Şekil 4.4

Üniform sulama için başlıktan başlığa (yarıçap aralığıyla) yerleştirme



4.2 Kare Düzende Başlık Planı

Dikdörtgen şeklindeki alanlar kare düzene daha uygundur. Dolayısıyla spor sahaları ile bitkilendirme, yaya yolu vb. yapılarla bölünmemiş geniş çim alanlarda veya geometrisi uygun kısımlarda/zonlarda kare düzen uygulanabilir. Şekil 4.5'teki çimle kaplı kare alanda başlıktan başlığa atma kuralına uyararak, alanın köşelerine çeyrek daire (90°) yaylarla sulayan sprinklerler yerleştirilmiş ve başlık planı tamamlanmıştır.

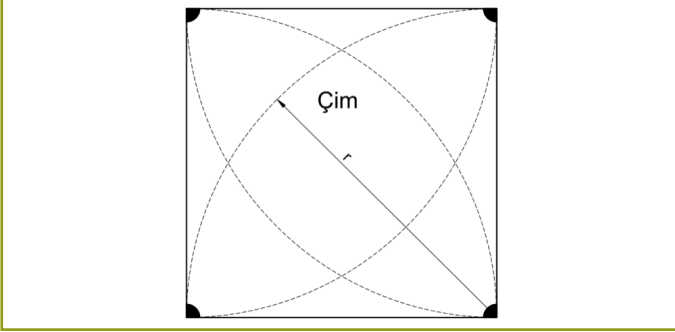
Sulamanın peyzaj alanının sınırını aşmaması gerekir. Peyzajın dışındaki alanı sulamak su israfına neden olacağı gibi ev ıslatılırsa boyanın bozulmasına veya rutubete, yol ıslatılırsa trafik emniyetinin azalmasına ve ölümlü kazalara neden olunabilir.

Dikdörtgen bir çim alanda, Şekil 4.7'deki rotor sprinkler performans tablosundan yarıçapı 5,5 m olan 1,0 nolu meme seçilerek başlıktan başlığa atma kuralına göre başlık planı tasarlanmıştır (Şekil 4.6). Tasarımda 15 adet sprinkler kullanılmıştır. Sulama

tasarımcısının işi alabilmesi için hedeflerinden biri de sistemi ayıpsız⁸ bir şekilde düşük maliyetli tasarlamaktır. Bu bağlamda acaba bu tasarımda kullanılan sprinkler sayısını azaltmak mümkün müdür? Çünkü başlık sayısı arttıkça maliyet de artmaktadır. Başlık planında kullanılmış olan rotor başlığın performans tablosuna (Şekil 4.7) tekrar bakıldığı zaman, 5 nolu memenin 11,0 m yarıçapa sahip olduğu görülmektedir. Aynı başlığa bağlanabilen 5 nolu meme için tasarım başlıktan başlığa atma kuralıyla yenilediğinde başlık sayısı 6'ya düşmektedir (Şekil 4.8). Sonuçta sulama 9 başlıktan tasarruf ederek daha ucuza tasarlanmış olmaktadır.

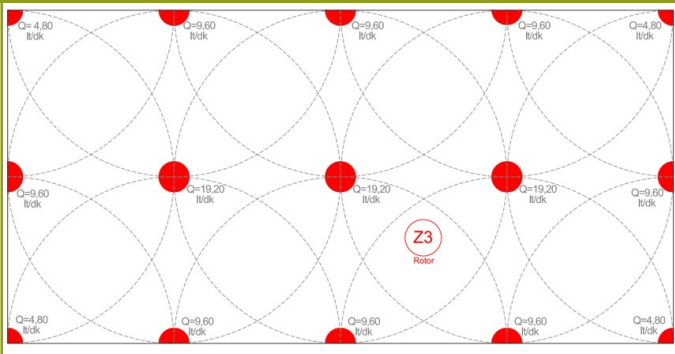
Şekil 4.5

Kare şeklindeki bir çim alanda kare düzende sulama planı



Şekil 4.6

Dikdörtgen bir çim alanda küçük yarıçaplı rotor sprinklerle sulama planı



4.3 Dikdörtgen Alanlarda Başlık Planı

Bir alanda önce, alanın boyutlarına uygun olacağı düşünülen başlık seçilir, sonra başlıktan başlığa atma kuralına göre başlıklar yarıçap aralığıyla yerleştirilir. Ancak alanın kenar uzunlukları her zaman seçilen başlık yarıçapının tam katları uzunlukta değildir. Uzun kenar uzunluğu 16 m olan dikdörtgen bir alan için yarıçapı 4,5 m başlık seçilmiştir.

Başlık yerleştirmeye uzun kenardan başlanır. Bu kenar bina, yol, komşu bahçesi vb. bir sınır olabilir, dolayısıyla kenar çizgisinin dışarısı sulanmamalıdır.

Yarıçapı 4,5 m olan başlık için 4,5 m aralığın sulama alanının uzun kenarı için uygun olup olmadığı (kenar uzunluğunun yarıçapın tam katları olup olmadığı) araştırılır. Bunun için kenar uzunluğu, başlık aralığına bölünür:

$$\text{Aralık sayısı} = \frac{\text{Kenar uzunluğu}}{\text{Başlık yarıçapı}} = \frac{16 \text{ m}}{4,5 \text{ m}} = 3,55 \text{ adet}$$

Şekil 4.7

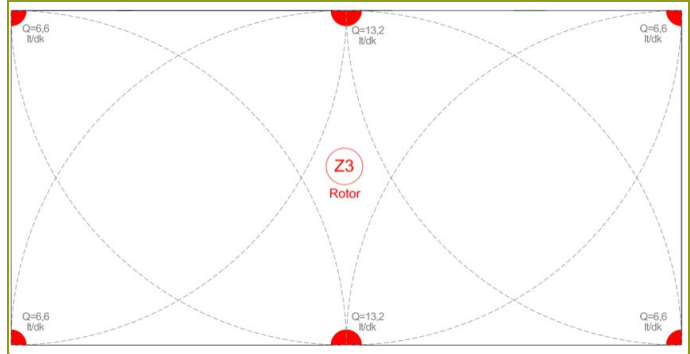
PGJ rotor sprinkler performans tablosu.

Nozul	Basınç bar	Basınç kPa	Atış mesafesi PZT	Debi		Yağmurlama									
				m ³ /sa	l/dk	mm/sa	▲								
1,75 Kırmızı	1,7	170	4,3	0,13	2,2	14	17								
	2,0	200	4,6	0,14	2,4	14	16								
	2,5	250	4,9	0,16	2,7	13	15								
	3,0	300	5,2	0,18	3,0	13	15								
1,0 Kırmızı	1,7	170	5,2	0,18	3,0	13	15								
	2,0	200	5,5	0,19	3,2	13	15								
	2,5	250	5,5	0,21	3,5	14	16								
	3,0	300	5,8	0,23	3,8	14	16								
1,5 Kırmızı	1,7	170	6,1	0,25	4,2	14	16								
	2,0	200	6,4	0,29	4,8	14	16								
	2,5	250	6,4	0,32	5,4	16	18								
	3,0	300	6,7	0,36	6,0	16	18								
2,0 Kırmızı	1,7	170	7,0	0,34	5,6	14	16								
	2,0	200	7,3	0,37	6,2	14	16								
	2,5	250	7,3	0,42	7,1	16	18								
	3,0	300	7,6	0,48	8,0	17	19								
2,5 Kırmızı	1,7	170	7,9	0,56	9,3	18	20								
	2,0	200	8,2	0,59	10,5	17	20								
	2,5	250	8,2	0,54	9,0	16	18								
	3,0	300	8,5	0,59	9,8	16	19								
3,0 Kırmızı	1,7	170	8,8	0,65	10,9	17	19								
	2,0	200	9,1	0,56	9,3	13	15								
	2,5	250	9,1	0,64	10,6	15	18								
	3,0	300	9,4	0,72	12,0	16	19								
4,0 Kırmızı	1,7	170	9,8	0,82	13,7	17	20								
	2,0	200	10,1	0,83	13,8	16	19								
	2,5	250	10,1	0,89	14,8	18	20								
	3,0	300	10,4	0,94	15,7	17	20								
5,0 Kırmızı	1,7	170	10,7	1,00	16,7	18	20								
	2,0	200	11,0	1,06	17,6	18	20								
	2,5	250	11,0	1,11	18,5	18	21								
	3,0	300	11,3	1,17	19,4	18	21								

Açıklama notu. Hunter 2021. Hunter 2021 Ürün Kataloğu, www.hunterindustries.com kaynağından alınmıştır. Hunter Industrie firmasının izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

Şekil 4.8

Şekil 4.6'daki alanda büyük yarı çaplı rotor sprinklerler kullanarak sulama tasarımı



Başlıktan başlığa atma kuralına göre kenar uzunluğu boyunca 3,55 kat (adet) başlık aralığı elde edilir. Ancak aralık tam sayı olmalıdır, bu nedenle elde edilen kesirli aralık sayısı aşağı veya yukarı tam sayıya yuvarlanır. Aralık sayısı 3'e yuvarlanırsa başlık aralığı 5,3 m'ye çıkar. Bu mesafe başlıktan başlığa atma kuralına uymaz. Bu nedenle aralık sayısını 4'e yuvarladığımızda başlık aralığının 4,0 m'ye düştüğü görülür. Aralığın kapanması açılmasına yeğlenir.

$$\text{Aralık uzunluğu} = \frac{\text{Kenar uzunluğu}}{\text{Aralık sayısı}} = \frac{16 \text{ m}}{4 \text{ aralık}} = 4,0 \text{ m}$$

Ancak seçilen sprinklerin yarıçapı 4,5 m'dir ve hesaplanan aralığı aşmaktadır. Bu durumda sprinklerin yarıçapını % 25 kadar azaltabilme özelliği kullanılır. Sprinklerin üzerindeki vida saat yönünde çevrilerek deneme-yanılma yöntemiyle yarıçap 4,0 m'ye düşürülür.

Aynı işlem kısa kenar için de yinelenir.

⁸6502 sayılı Tüketicinin Korunması Kanunu madde 13'e göre ayıpsız hizmet, sözleşmedeki sürelerle uyan ve taraflarca belirlenen ve objektif olarak gerekli olan özellikleri taşıyan hizmettir.

4.4 Üçgen Düzende Başlık Planı

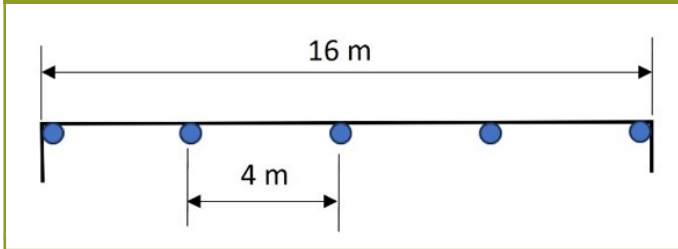
Üçgen düzende başlıklar eşkenar üçgenlerin köşelerine yerleştirilir, dolayısıyla kare düzenin aksine, sprinklerler her yönde birbirine eşit mesafededir; başlıktan başlığa atma kuralı her yönde geçerlidir.

Düzensiz sınırları olan sulama alanlarında üçgen düzen kare düzene göre daha kullanışlıdır (Rain Bird 2001):

- Üçgen düzende su dağılımı daha üniformdur, zayıf nokta bulunmaz (Şekil 4.10). Kare düzende, başlıktan başlığa atma kuralı, köşegenler doğrultusunda gerçekleşmez. Dolayısıyla karenin merkezi kenarlara göre daha az su almaktadır (Şekil 4.5).
- Üçgen düzende su ekonomisi kare düzene göre daha iyidir.
- Dörtgen şekilli olmayan zonlarda üçgen düzen kare düzene göre daha başarılıdır.

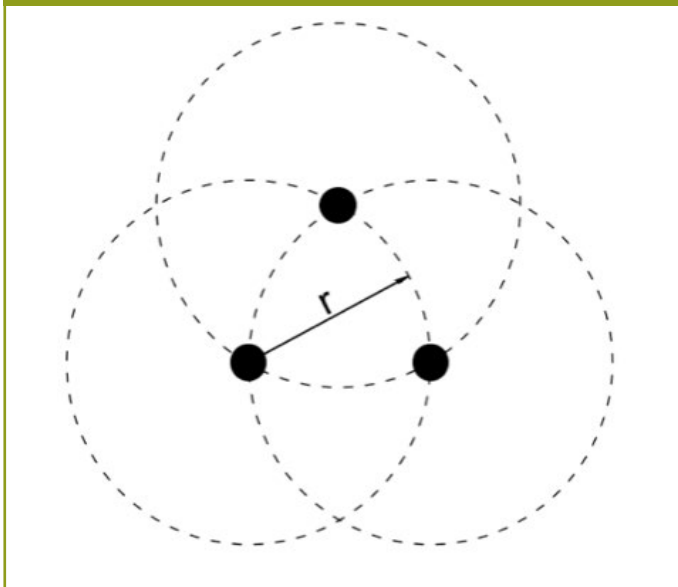
Şekil 4.9

Kare şeklindeki bir çim alanda kare düzende sulama planı



Şekil 4.10

Üçgen düzende başlık planı



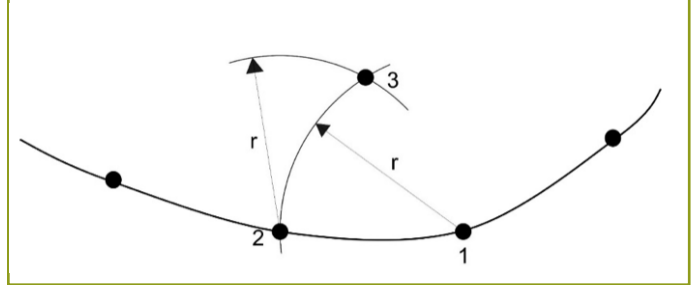
4.5 Üçgen Düzende Başlıkların Yerleştirilmesi

Üçgen düzende başlık planında alanda bir üçgen ağı çizilip köşelerine başlıklar yerleştirilebilir (Şekil 4.1). Alanın şekli bu tür bir üçgen ağına izin vermiyorsa, kontrol sınırına sprinkler yarıçapı aralığıyla üçgenlerin tabanları yerleştirilip pergelle üçüncü başlığın yeri belirlenerek başlıklar yerleştirilir (Şekil 4.11).

Üçgen düzen oluşturmak için, kontrol sınırı üzerine başlık aralığı (r) ile iki başlık yerleştirilir (Şekil 4.11'de 1 ve 2), aynı pergelle açıklığı ile her başlıktan birer yay çizilir. Yayların kesişme noktası (3) eşkenar üçgenin üçüncü köşesi/üçüncü başlığın yeridir (Şekil 4.11). Yerleştirme işlemine başlıklar sulama alanını tamamen kaplayıncaya kadar devam edilir.

Şekil 4.11

Pergelle üçgen düzende başlık yerlerinin belirlenmesi

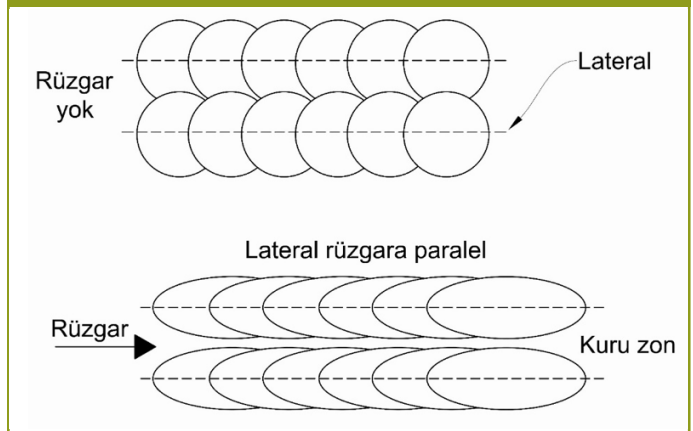


4.6 Rüzgârın Sprinkler Sistemine Etkisi

Başlık aralığını belirlerken en önemli etkenlerden biri de rüzgârdır. Kuvvetli rüzgâr sprinkler sisteminin sulama desenini bozar, su istenen yere gidemez, bazı alanlar az, bazı alanlar fazla sulanır, başlık sıraları arasında kuru zonlar kalabilir (Şekil 4.12). Rüzgârın sulama desenini bozan etkisiyle kısmen baş etmek amacıyla düşük yörünge açılı sprinkler kullanılabilir. Ancak 11 km/sa'ten daha hızlı esen rüzgâr karşısında yapılması gereken sprinkler sistemini kapatmaktır. Sulama sisteminde rüzgâr sensörü varsa bu hızda sistemi kapatır. Her yörede rüzgârın esmediği veya hafif estiği günün erken saatleri vardır; sulamayı o saatlere kaydırmak en iyi çözümdür.

Şekil 4.12

Kuvvetli rüzgâr karşısında sprinkler sistemin sulama deseni bozulur



Üreticiler esinti türü rüzgâr için başlıkları yarıçapın %10 fazlası aralıklarla yerleştirmeyi önermektedir (Rain Bird 2001):

- Esinti, 0-5 km/sa, başlık aralığı yarıçapın % 110'u kadar
- Hafif rüzgâr, 5-11 km/sa, başlık aralığı yarıçap kadar
- Tatlı rüzgâr, 12-19 km/sa, başlık aralığı yarıçapın % 90'ı kadar

Başlıktan başlığa atma kuralı (yarıçap aralığı) uygulandığında hafif rüzgâra karşı da önlem alınmış olmaktadır.

Proje alanında rüzgârın hızını ölçmek amacıyla anemometre kullanılabilir. Bunun dışında meteorologlar tarafından kabul edilen Beaufort Rüzgâr ölçeği kullanılabilir. Ölçeğe göre rüzgâr hızları ve göstergeleri şunlardır (MGM 2024):

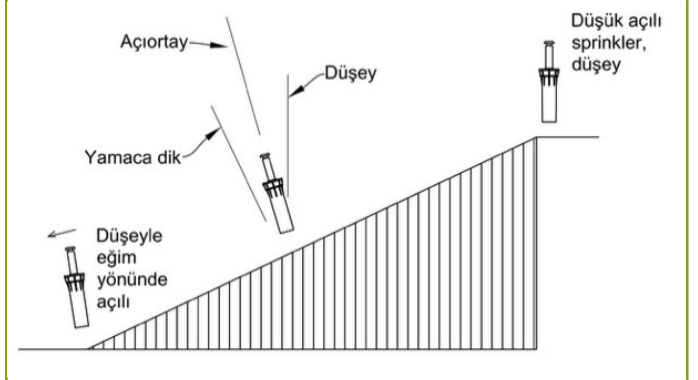
- **Esinti:** (1-5 km/sa) rüzgâr baca dumanının sürüklenmesinden belli olur.
- **Hafif rüzgâr:** (6-11 km/sa) rüzgâr insan teninde hissedilir, yapraklar titreşir, rüzgâr gülü harekete geçer.
- **Tatlı rüzgâr:** (12-19 km/sa) rüzgâr yaprakları ve ince dalları devamlı hareket ettirir, bayrakları hafif dalgalandırır.

4.7 Eğimli Yüzeylerde Sprinkler Tesisi

Sprinklerler düşey olarak tesis edilir. Ancak yamaçlarda bu kurala uyulmaz. Daha üniform bir sulama sağlamak amacıyla sprinklerler düşeyle açı yapacak şekilde yerleştirilir.

Yamacın yukarısında düşük açılı sprinkler düşey doğrultuda uygulanır. Eğer standart açılı sprinkler kullanılacaksa, bu sprinklerin düşeyle eğim yönünde birkaç derece açı yapacak şekilde uygulanması gerekir. Yamacın ortasındaki sprinkler, düşey doğrultu ile yamacı dik doğrultunun açıortayı doğrultusunda uygulanır. Yamacın topuğundaki sprinkler ise düşeyle yamacın eğimi yönünde birkaç derece açı yapacak şekilde konumlandırılır (Şekil 4.13) (Hunter 2004b).

Şekil 4.13
Yamaçta sprinkler tesisi



Açıklama notu. Hunter 2024b. Slope irrigation, https://www.hunterindustries.com/sites/default/files/tech_irrigation_notes_slope_irrigation.pdf kaynağından alınmıştır. Hunter Industries firmasının izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

5. Yağmurlama Oranı

Yağmurlama oranı, birim alana (m²) birim zamanda (sa) verilen su miktarını (lt, mm) ifade eder. Eğer bir sprinkler sistemi çim alanda bir saatte bir metrekare alana 25 lt su veriyorsa, yağmurlama oranı 25 mm/sa'tır (Şekil 5.1).

Yağmurlama oranı aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$Y_o = \frac{q \cdot 60}{A}$$

Formülde:

Y_o: Yağmurlama oranı (mm/sa)

q : Debi (lt/dk)

A : Sulanan alan (m²), kare düzende başlığın yarıçapının karesi (r²), dikdörtgen düzende alanın genişliği x uzunluğu, üçgen düzende başlık aralığının karesi x 0,866

60= dakikadaki debiyi saate çevirme çarpanıdır.

Debi, başlığın birim zamanda verdiği su miktarıdır. Sulama alanı sprinklerin suladığı alandır.

Debi birimi m³/sa ise formülde çarpan 1000 olarak alınır:

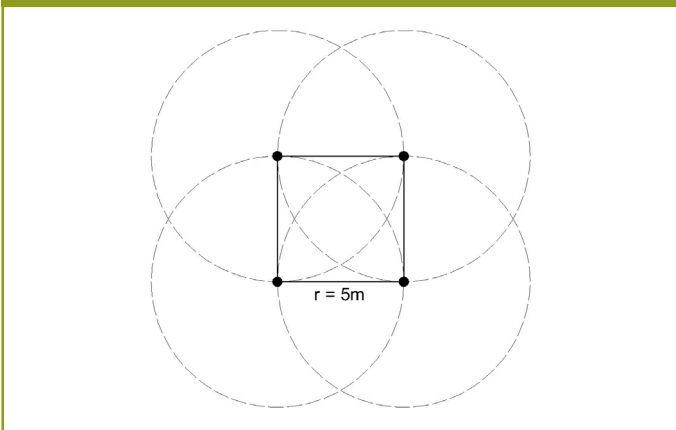
$$Y_o = \frac{q \cdot 1000}{A}$$

Örnek: Yarıçapı 5 m, debisi 15 lt/dk olan kare düzende yerleştirilmiş sprej sprinklerin yağmurlama oranı şöyle hesaplanır:

$$Y_o = \frac{15 \cdot 60}{5 \cdot 5} = \frac{900}{25} = 36 \text{ mm/sa}$$

Şekil 5.1

Yarıçapı 5 m olan kare düzende yerleştirilmiş sprej sprinkler için yağmurlama oranı hesaplanan alan



Yağmurlama oranı sulama tasarımında birkaç amaç için hesaplanır. Öncelikle bir sprinklerin alandaki toprağın infiltrasyon (sızma) oranına uygun olup olmadığını anlamak, ikinci olarak uygun olmadığı durumda fazla yağmurlamanın nasıl yönetileceğini planlamakta kullanılır. Üçüncü olarak bitkinin günlük su ihtiyacını karşılamak için sprinklerin günlük çalışma süresini hesaplamakta yararlanır.

Sulama ürün kataloglarındaki sprinkler performans tablolarında yağmurlama oranı çizelge halinde verilmektedir. Ancak bu yağmurlama oranları bazen yarım daire için hesaplanmakta, bu bilgi tablonun altında küçük puntolarla verildiği için gözden kaçmaktadır. Bu nedenle tasarımcının yağmurlama oranını kendisi hesaplayarak tablodaki değerleri kontrol etmesi ve öyle kullanması gerekir.

5.1 Günlük Çalışma Süresi

Otomatik sulama sisteminde bitkiye verilecek su miktarı sistemin **çalışma süresi** ile belirlenir. Bu amaçla önce bitkinin günlük su isteğinin ne kadar olduğunu bilmek gerekir. Çim için hesaplanmış ET miktarı illere göre Çizelge 1.3'te verilmiştir. ET miktarı mevsime ve iklim bölgesine göre değişir. Örneğin İstanbul'da çimin günlük su isteği 5 mm civarındayken Mardin'de bu miktar 9 mm'ye ulaşmaktadır.

Örnek problemde, Şekil 5.1'deki sprej başlıkların yağmurlama oranının 36mm/sa olduğu hesaplanmıştı. Bitki su istek tablosuna (Çizelge 1.3) bakıldığında, çimin su stressiz gelişebilmesi için İstanbul'da günde 5 mm su istediği görülmektedir. Su uygulama randımanı 0,7, su iletim randımanı 1 ise çime verilmesi gereken su miktarı:

$$dt = \frac{dn}{Ea \cdot Ec} = \frac{5}{0,7 \cdot 1} = 7,1 \text{ mm} \sim 7 \text{ mm'dir.}$$

Çimin günlük su isteğini karşılamak için sistem günde ne kadar süre çalışmalıdır? Bu soru doğru orantı kullanılarak çözülür: Sistem 60 dakikada (1 sa) 36 mm su veriyorsa x dakikada 7 mm su verir:

$$x = \frac{7 \cdot 60}{36} = 11,66 \text{ dk}$$

Sulama sisteminin çime isteği kadar su verebilmesi için günde 11,66 dk çalışması gerekir. Kontrolörlerde saniye ayarı bulunmadığı için bu süreyi 12 dk olarak kabul etmek ve kontrolöre çalışma süresini 12 dk olarak yazmak gerekir.

5.2 Yağmurlama Oranının Toprağın İnfiltrasyon Oranına Uyumu

Hesaplanan yağmurlama oranı, toprağın infiltrasyon oranıyla karşılaştırılarak bu sprinklerin alanın toprağına uygun olup olmadığı irdelenir. Bu kural sulama tasarımının **ikinci temel ölçütü**dür. Yağmurlama oranı infiltrasyon oranından küçük veya ona eşit olmalıdır. Örneğin yağmurlama oranı 36mm/sa ve alanın toprak türü kumlu balçık ise (İ_o=44mm/sa), yağmurlama oranı infiltrasyon oranından küçüktür (Çizelge 5.1).

$$Y_o \leq I_o$$

Bu durumda bu sprinklerin bu toprağına uygun olduğu anlaşılır. Ancak çoğu alanda toprak bu kadar geçirgen değildir.

Sulama alanındaki toprak türü kil ve eğim % 0-5 arasında ise infiltrasyon oranı 5 mm/sa'tır (Çizelge 1.2). Yağmurlama oranı (36 mm/sa) infiltrasyon oranından (5 mm/sa) büyüktür.

$$Y_o > I_o$$

Bu durumda bu sprinklerin bu toprağına uygun olmadığı, topra-

ğa infiltrasyon oranından fazla su vereceği görülür. Zemin düzse suyun yüzeyde birikeceği ve zaman içinde yüzeyde yosunlaşmaya neden olacağı; eğimliyse yüzeysel akış meydana geleceği ve hem çimin yeterince sulanamayacağı hem de suyun israf edileceği anlaşılır. Sorunu çözmek için aşağıdaki seçeneklerden biri kullanılabilir:

- Sprinkler tipi değiştirilebilir
- Toprak iyileştirilebilir
- Aralıklı sulama uygulanabilir.

Sprinkler tipinin değiştirilmesi yarıçapı sulanacak alana uygunsu düşünülecek ilk seçenektir. Tasarıma önce sprej sprinklerle başlanmış ise, sprinkler tipini daha düşük yağmurlama oranına sahip melez veya rotor sprinklerle değiştirmek mümkündür. Ancak peyzaj yol, bitki parterleri vb. öğelerle küçük parçalara bölünmüş ise melez veya rotor başlık kullanmak maliyeti artırabilir. Sprinkler tipini değiştirmek maliyeti artırıyorsa ikinci seçeneğe geçilir.

Toprağın iyileştirilmesi kapsamında ağır toprağa organik madde, kum, kireç vb. maddeler eklenerek toprağın geçirgenliği artırılabilir. Bu seçenek bitkilerin gelişmesi ve peyzaj alanının geleceği açısından da olumludur ancak maliyeti müşteri tarafından kabul görmezse üçüncü seçeneğe geçilir.

Aralıklı sulama seçeneğinde toprağın infiltrasyon oranının aşılması için sulama süresi iki veya fazla sayıda sefere bölünerek sulama tamamlanır. Alan önce toprağın infiltrasyon oranına kadar (örneğin 5mm) sulanır, sistem durdurulur, suyun toprağa sızması için bir saat beklenir. Bir saat sonra eksik kalan kısmı (2 mm) tamamlamak üzere sistem yeniden çalıştırılır.

Aralıklı sulama yönteminin seçildiği zon veya zonlar için sulama süresinin örneğin ikiye bölünmesi yeterli olmuşsa, kontrolörün birden fazla başlatma seçeneği kullanılarak bu bilgi kontrolöre girilir ve sistem aralıklı çalışarak alanı sular. Bazı kontrolörler bu süreci kolaylaştıran özelliğe sahiptir.

Aralıklı sulama seçeneğini örnek üzerinde gözden geçirelim:

- Sulama sisteminin yağmurlama oranı 36 mm/sa olarak hesaplanmıştır.
- Sulama alanının toprağı killidir ve infiltrasyon hızı 5 mm/sa'tir.
- Dolayısıyla $Yo > Io$ 'dur, sulama sistemi killi toprağın alabileceğinden fazla su vermektedir.
- Toprağın infiltrasyon oranı olan 5 mm/sa aşılmadan veya yüzeysel akışa meydan vermeden sistemin ne kadar çalıştırılabileceğini bulmak için toprağın infiltrasyon oranı 5 mm, sistemin yağmurlama oranı olan 36 mm/sa'te bölünür:

$$\frac{5 \text{ mm/sa}}{36 \text{ mm/sa}} = 0,138 \text{ sa}$$

Toprağın infiltrasyon oranı aşılmadan sistemin en fazla 0,138 sa, yani en fazla $60 \cdot 0,138 = 8,33$ dk çalıştırılabileceği anlaşılır.

Çimin günlük su isteği 7 mm'yi karşılamak için sulama sisteminin günlük çalışma süresi 12 dk olarak hesaplanmıştı (Bkz. Bölüm 5.1). Sistem 8 dk çalıştırılarak 5 mm sulanır, bir saat beklendikten sonra eksik kalan 2 mm'yi tamamlamak için 4 dk daha çalıştırıla-

rak çimin günlük su isteği karşılanmış olur.

Aralıklı sulama seçeneğinde, yağmurlama oranının toprağın infiltrasyon oranından büyük olmasına karşın, günlük çalışma süresi içinde yağmurlama oranı infiltrasyon oranını aşmıyorsa aralıklı sulamaya gerek kalmaz. Örnek alandaki toprağın infiltrasyon oranı 7 mm/sa olsa idi, günlük çalışma süresi olan 12 dk içinde sistem ancak 7 mm su vereceği ve bu miktarın da toprağın infiltrasyon oranını aşmayacağı için aralıklı sulamaya gerek kalmazdı.

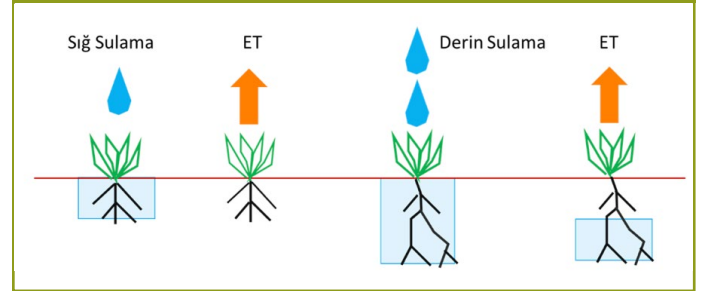
5.3 Sulama Takvimi

Bitkiler, örneğin çim her gün mü sulanmalıdır? Çim ekimle tesis ediliyorsa tohumu çimlenme koşullarında tutmak için günde birkaç kere sulamak gerekir. Çimlenmeden bir süre sonra günde bir sulamaya geçilebilir. Çim tesisinden yaklaşık bir yıl sonra, toprağın su tutma kapasitesi elverişli ise yeni bir sulama rejimine geçerek bitkinin iki veya üç günlük su isteği bir günde verilebilir.

Çim tuttuktan sonra her gün sulamaya devam edilirse, sıg sulama sonucunda çim kökleri derine gitmez, kökler suyun verildiği toprağın üst kısımlarında toplanır. Sıg köklü çimler sulama aksadığında toprağın derin kısmında su varsa bile bu suyu alamaz ve strese girer. Öte yandan çim derin sulanırsa köklerini bu bölgeye uzatır, ET ile toprağın üst kısmındaki suyun azalması halinde derindeki suyu alabildiği için bitki bu dönemi zarar görmeden atlatabilir (Şekil 5.2).

Şekil 5.2

Sıg ve derin sulamanın etkileri



Bir defada en fazla ne kadar su verilebileceğini toprağın türü belirler. Toprak türü kil ise birkaç günlük su miktarı bir kerede verilebilir. Göllenme veya yüzeysel akışa karşı sistem aralıklı çalıştırılarak killi toprak derin sulanabilir. Balçık toprağın infiltrasyon hızı derin sulamaya daha elverişlidir. Bu durumda iki günde bir sulamaya geçilerek her sulamada çimin veya diğer bitkilerin günlük su isteğinin iki katı (7 mm yerine 14 mm) su verilebilir. Öte yandan toprak türü kum ise verilen su bitkinin etkili kök derinliğinin altına sızabileceği için derin sulamaya uygun olmayabilir.

5.4 Eşlenik Sulama

Bir sulama sisteminde sprinklerlerin meme debilerinin üniform sulamayı sağlayacak şekilde ayarlanmasına **eşlenik sulama** (*matched precipitation*) denir. Bu amaçla her zonda çeyrek daire sulayan sprinklerin çeyrek, tam daire sulayan sprinklerin tam debi verecek şekilde tasarlanması gerekir.

5.4.1 Sprej Sprinklerlerde Eşlenik Sulama

Bir sprej sprinklerin halka şeklindeki memesi (Şekil 3.6) 2,1 bar

basıncı tam daire (360°) suladığında debisi 14,28 lt/dk (0,86 m³/sa) iken, meme yarım daireye (180°) düşürüldüğünde debi de yarıya düşerek 7,14 lt/dk (0,43 m³/sa) olmaktadır (Şekil 5.3). Aynı şekilde sulama yayı çeyrek daireye (90°) düşürüldüğünde, debi çeyreğe düşerek 3,57 lt/dk (0,21 m³/sa) olmaktadır. Bu şekilde debiler daire dilimlerinin alanıyla orantılı olarak azaldığı için yağmurlama oranları değişmemekte, eşlenik sulama otomatik olarak gerçekleşmektedir. Bu özellik bazı küçük yarıçaplı (1-2 m) sprej sprinklerde bulunmamaktadır dolayısıyla eşlenik sulamanın gerçekleşip gerçekleşmediğini hesapla kontrol etmek gerekir.

Aşağıdaki yağmurlama oranı hesabında şekil 5.3'teki performans tablosunda yarım daire için debi yarıya düştüğünden alanın da yarıya bölünmesi, çeyrek daire için debinin çeyreğe düşmesi nedeniyle alanın da dörde bölünmesi gerekir. Yağmurlama oranı so-

nuçları tam, yarım ve çeyrek daire alanlarda eşit olduğu (40,5 mm/sa) görülmektedir.

$$Y_{o\ 360^\circ} = \frac{q \cdot 60}{A} = \frac{14,28 \cdot 60}{4,6^2} = 40,5 \text{ mm/sa}$$

$$Y_{o\ 180^\circ} = \frac{q/2 \cdot 60}{A/2} = \frac{7,14 \cdot 60}{4,6^2/2} = 40,5 \text{ mm/sa}$$

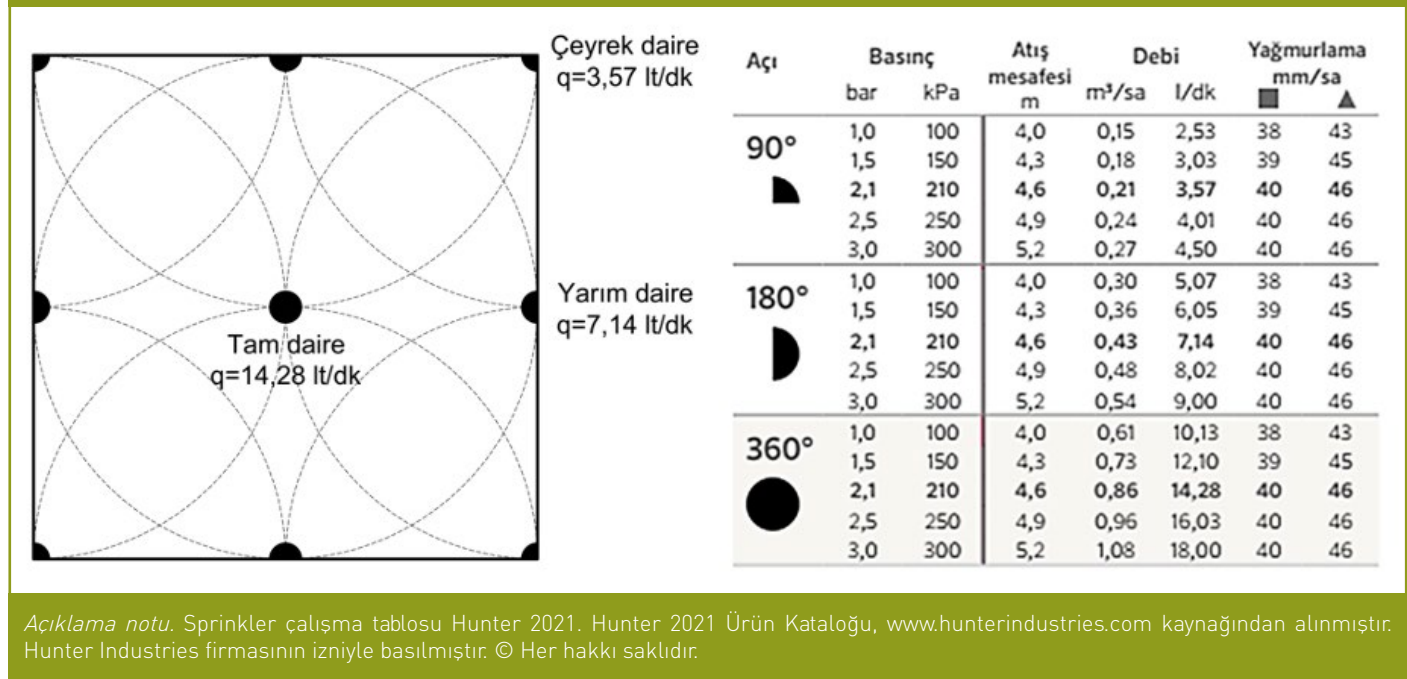
$$Y_{o\ 90^\circ} = \frac{q/4 \cdot 60}{A/4} = \frac{3,57 \cdot 60}{4,6^2/4} = 40,5 \text{ mm/sa}$$

5.4.2 Melez Sprinklerde Eşlenik Sulama

Melez sprinklerler **rotor görünümlü sprej sprinkler** oldukları için, eşlenik sulama otomatik olarak sağlanmaktadır. Sulama alanı yarım daireye düşürüldüğünde, memenin debisi de yarıya düştüğü için eşlenik sulama kendiliğinden gerçekleşmektedir.

Şekil 5.3

Sprej sprinklerde eşlenik sulama kendiliğinden gerçekleşmektedir.



5.4.3 Rotor (döner) Sprinklerde Eşlenik Sulama

Rotor sprinklerde eşlenik sulama, sprej sprinklerdeki gibi kendiliğinden olmamakta, tasarımcının düzenlemesi gerekmektedir. Rotor sprinklerde eşlenik sulamayı sağlamak amacıyla iki yöntem kullanılmaktadır. Birinci yöntemde göre tam, yarım ve çeyrek daire sulayan başlıklarda farklı memeler kullanılır. İkinci yöntemde tam, yarım ve çeyrek daire sulayan başlıklarda aynı memeler kullanılır ama bu başlıklar ayrı zonlara alınır. Rotorlarda eşlenik sulama kuralı sulamanın **üçüncü temel ölçütüdür**.

5.4.3.1. Farklı Memeleri Kullanarak Eşlenik Sulama. Rotor sprinklerler kullanıcıya meme gövdeye bağlanmadan gelmektedir (Şekil 3.8). Tasarımcının projede tam, yarım veya çeyrek sulayan başlıklarda kullanacağı memeleri seçmesi ve uygulama sırasında gövdeye bağlaması gerekir.

Rotor sprinklerle tasarlanmış bir zonda tam, yarım ve çeyrek

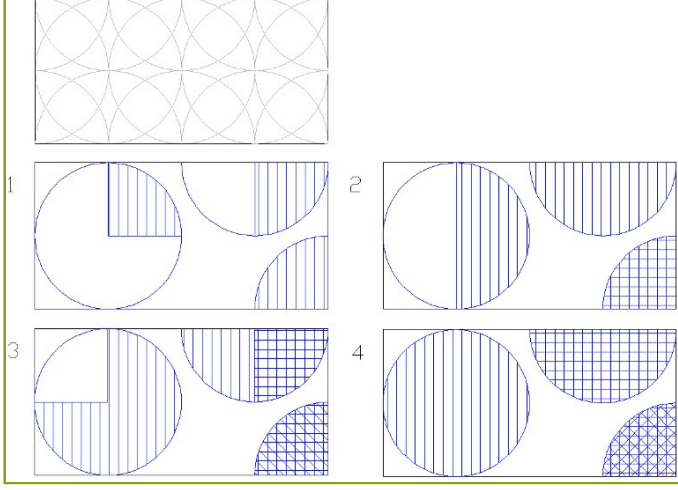
daire sulayan başlıklarda **aynı meme** kullanılırsa ortaya çıkacak sorunu görmek için Şekil 5.4'ü inceleyelim. Şeklin üst tarafındaki sulama planında tam, yarım ve çeyrek daire sprinklerle tasarım tamamlanmıştır. Anlatımı sadeleştirmek için bu sprinklerden birbirine temas etmeyen tam, yarım ve çeyrek daire sulayan üç tanesi şeklin alt tarafına alınarak incelenmiştir. Tam, yarım ve çeyrek daire (360°, 180° ve 90°) sulayan sprinklerde debisi 30 lt/dk olan memeler kullanıldığında meydana gelen durumu gözden geçirelim.

Rotor sprinkler turunu dört birim zamanda tamamlamaktadır. Birinci birim zamanda çeyrek daire meme sulamayı tamamlamışken, yarım daire meme alanının yarısını, tam daire meme alanının çeyreğini sulamış olacaktır. İkinci birim zamanda çeyrek daire iki kere, yarım daire bir kere, tam daire yarım sulanmış olacaktır. Üçüncü birim zamanda çeyrek daire üçüncü kere, yarım daire bir buçuk kere sulanmış, tam dairenin üç çeyreği sulanmış olacaktır.

Dördüncü birim zamanda çeyrek daire dört kere, yarım daire iki kere, tam daire ise ancak bir kere sulanmış olacaktır. Sonuç olarak aynı zonda farklı oranda sulama meydana gelmiş ve üniform sulama koşulu yerine gelmemiştir. Tam, yarım ve çeyrek daire sulayan başlıkların yağmurlama oranlarının sırasıyla 18, 36 ve 72 mm/sa olduğu görülür (Şekil 5.4 ve Çizelge 5.1). Bir zonda 360°, 180° ve 90° sulayan rotor başlıklarda aynı meme kullanıldığında üniform sulama elde edilememektedir.

Şekil 5.4

Rotor sprinklerde farklı daire yayları için aynı debili memeler kullanıldığında eşlenik sulama gerçekleşmiyor



Çizelge 5.1

Şekil 5.4'te aynı memeler kullanıldığında yağmurlama oranları üniform olmuyor.

Tam daire	Yarım daire	Çeyrek daire
Yo = 18 mm/sa	Yo = 36 mm/sa	Yo = 72 mm/sa
Alan = 100 m ²	Alan = 50 m ²	Alan = 25 m ²
Debi = 30 lt/dk	Debi = 30 lt/dk	Debi = 30 lt/dk

Bu sorunun çözümü için sulama yaylarının alanlarıyla orantılı debiye sahip meme seçmek gerekmektedir. Bu çerçevede, tam daireye dört birim debili meme seçilirse, yarım daireye iki birim, çeyrek daireye 1 birim debili meme seçmek gerekir. Örneğin tam daireye 30 lt/dk, yarım daireye 15 lt/dk, çeyrek daireye 7,5 lt/dk debili meme bağlanarak yağmurlama oranları 18 mm/sa olarak eşitlenebilir (Şekil 5.5, Çizelge 5.2).

Çizelge 5.2

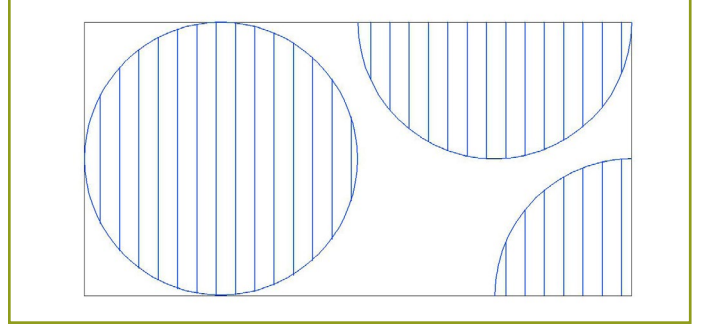
Şekil 5.5'te tam, yarım ve çeyrek daire sulayan sprinklerde sırasıyla tam, yarım ve çeyrek debili memeler kullanıldığında yağmurlama oranları üniform oluyor (Yo=18mm/sa).

Tam daire	Yarım daire	Çeyrek daire
Yo = 18 mm/sa	Yo = 18 mm/sa	Yo = 18 mm/sa
Alan = 100 m ²	Alan = 50 m ²	Alan = 25 m ²
Debi = 30 lt/dk	Debi = 15 lt/dk	Debi = 7,5 lt/dk

Eşlenik sulamayı sağlamak için ürün kataloglarında rotor sprinklerin performans tablolarından yararlanılır. Meme seçimine genellikle yarım daire sulayan meme ile başlanır, yarım daire memenin debisinin yarısı debiye sahip meme çeyrek daire için, iki katı debiye sahip meme tam daire için seçilir.

Şekil 5.5

Rotor sprinklerde tam dairede tam debi, yarım dairede yarım debi, çeyrek dairede çeyrek debi kullanıldığında eşlenik sulama sağlanıyor.



Örnek tasarımda (Şekil 5.4) dikdörtgen sulama alanının kısa kenarı 20 m, uzun kenarı 40 m'dir, dolayısıyla yarıçapı 10 m olan memelerin kullanılması uygundur. Şekil 5.6'daki performans tablosunda önce basıncı seçmek gerekir. Basıncı yarıçap isteğine, mevcut pompanın basıncı değerine vd. seçilir. Sprinklerin işletme basıncını 3 bar seçelim. 10 m yarıçapa en yakın meme 10,4 m ile 2 numaralı memedir. Sprinklerin genel özelliğine göre, memeyi dile bağlayan vida saat yönünde çevrilerek yarıçap % 25 kadar azaltılabilmektedir. Bu vida yardımıyla yarıçap 10 m'ye düşürülebilir. 2 numaralı memenin debisi 7,2 lt/dk'dır. Bu durumda çeyrek daire meme için bu debinin yarısına sahip bir meme seçmek gerekir. Şekil 5.6'da en küçük meme olan 1,5 nolu memenin debisi 5,9 lt/dk'dır. Bu meme yarım dairenin debisinin yarısı koşulunu sağlamamaktadır.

İşlemi 2,5 nolu meme ile yinelediğimizde, 8,9 lt/dk debinin yarısı debiye sahip bir meme bulunmadığı görülür. İşlem 3 nolu meme ile yinelenildiğinde debisinin 11,4 lt/dk olduğu, bu debinin yarısına yakın olan 5,9 lt/dk debiye 1,5 nolu memenin sahip olduğu görülür. İşleme devam edilerek tam daire için 6 nolu meme (debisi 22,7 lt/dk) seçilir. 3 ve 6 nolu memelerin yarıçaplarını meme bağlantı vidası ile azaltmak gerekir. Ancak 6 nolu memenin çapı % 25 kuralına uymakta mıdır?

$$13,1 \cdot 0,75 = 9,8m$$

Sınır aşılmamaktadır, deneme yanılma ile yarıçap 10 m'ye ayarlanır. 1,5 nolu memenin yarıçapı 9,8 m'dir. Çeyrek daire memeler alanda az olduğu için bu kusur göz ardı edilebilir. İstenirse yarım daire için 4 nolu meme seçilerek işlem yenilenebilir.

Seçimimize göre yağmurlama oranlarını hesapladığımızda, tam ve yarım dairenin yağmurlama oranlarının birbirine yakın olduğu, çeyrek dairenin bir miktar fazla olduğu görülmektedir. Weinberg ve Roberts (1988)'a göre yağmurlama oranlarındaki farklılık % 10'dan fazla olmamalıdır. Memelerin yağmurlama oranları arasındaki fark bu sınırın içindedir.

$$Y_{o\ 360^\circ} = \frac{q_6 \cdot 60}{r^2} = \frac{22,7 \cdot 60}{10^2} = 13,62\ mm/sa$$

$$Y_{o\ 180^\circ} = \frac{q_3 \cdot 60}{r^2/2} = \frac{11,4 \cdot 60}{10^2/2} = 13,68\ mm/sa$$

$$Y_{o\ 90^\circ} = \frac{q_{1,5} \cdot 60}{r^2/4} = \frac{5,9 \cdot 60}{10^2/4} = 14,16\ mm/sa$$

5.4.3.2. Aynı Memeleri Kullanarak Eşlenik Sulama. Eşlenik sulamayı sağlamak için ikinci yöntem, aynı memelerin kullanıldığı seçenekte çeyrek, yarım ve tam daire sulayan sprinklerle aynı zonlar oluşturulur. Eşlenik sulama için çeyrek daire zonunun çalışma süresi 10 dk ise, yarım daire zonunu 20 dk ve tam daire zonunu 40 dk şeklinde ayarlanır (Şekil 5.7). Bu çözüm fazla elektro vana kullanılmasını gerektirdiğinden küçük alanlar için uygun olmayabilir.

5.5. Üniform Dağıtım (Distribution Uniformity)

Üniformluk, bir zondaki sprinklerin suyu toprağa ne kadar eş oranda verdiğinin ölçüsüdür. Mükemmel üniform katsayısı 1,0'dir ancak bu oranı sağlamak neredeyse imkânsızdır (Stetson ve Me-cham 2011) (Şekil 5.8).

Bir sulama projesinin tasarımı, hidrolik hesapları ve uygulaması doğru olduğunda, peyzajda üniform bir sulama sağlanır. Çim alanının bir kısmında sararma görüldüğünde veya sulama sisteminin alanın her tarafına üniform bir su verdiği konusunda bir şüphe belirdiğinde üniform sulamanın incelenmesi gerekir.

Bir alanda sulamanın üniform olup olmadığını incelemek amacıyla Christiansen'in üniformluk oranı formülü kullanılır. Bu amaçla incelenen zona belirli aralıklarla aynı hacim ve şekildeki su toplama kapları yerleştirilir, sulama sistemi kaplarda ölçülebilir miktarda su birikinceye kadar, örneğin bir saat çalıştırılır, her kaptaki su yüksekliği ölçülür (Weinberg ve Roberts 1988). Sonra üniformluk oranı formülle hesaplanır.

$$Cu = 100 \left(1 - \frac{\sum x}{mn}\right)$$

Şekil 5.6

PGP rotor sprinklerin performans tablosu

PGP MAVİ NOZUL PERFORMANS VERİSİ							
Nozul	Basınç		Atış mesafesi	Debi		Yağmurlama	
	bar	kPa		m ³ /sa	l/dk	■	▲
1,5 ● Mavi	1,7	170	8,8	0,27	4,5	7	8
	2,0	200	9,1	0,29	4,8	7	8
	2,5	250	9,4	0,32	5,4	7	8
	3,0	300	9,8	0,35	5,9	7	9
	3,5	350	9,8	0,38	6,4	8	9
	4,0	400	9,8	0,41	6,8	9	10
2,0 ● Mavi	1,7	170	10,1	0,32	5,4	6	7
	2,0	200	10,1	0,35	5,8	7	8
	2,5	250	10,1	0,39	6,5	8	9
	3,0	300	10,4	0,43	7,2	8	9
	3,5	350	10,4	0,47	7,8	9	10
	4,0	400	10,4	0,50	8,3	9	11
2,5 ● Mavi	1,7	170	10,1	0,39	6,6	8	9
	2,0	200	10,4	0,43	7,1	8	9
	2,5	250	10,7	0,48	8,0	8	10
	3,0	300	10,7	0,54	8,9	9	11
	3,5	350	10,7	0,58	9,7	10	12
	4,0	400	10,7	0,62	10,4	11	13
3,0 ● Mavi	1,7	170	10,7	0,50	8,4	9	10
	2,0	200	10,7	0,54	9,1	10	11
	2,5	250	11,0	0,61	10,2	10	12
	3,0	300	11,6	0,68	11,4	10	12
	3,5	350	11,9	0,74	12,3	10	12
	4,0	400	11,9	0,79	13,2	11	13
4,0 ● Mavi	1,7	170	11,3	0,68	11,3	11	12
	2,0	200	11,6	0,73	12,2	11	13
	2,5	250	11,9	0,81	13,6	12	13
	3,0	300	12,2	0,90	15,0	12	14
	3,5	350	12,2	0,97	16,2	13	15
	4,0	400	12,5	1,04	17,3	13	15
5,0 ● Mavi	1,7	170	11,3	0,84	14,0	13	15
	2,0	200	11,6	0,91	15,2	14	16
	2,5	250	11,9	1,02	17,1	15	17
	3,0	300	12,8	1,14	19,0	14	16
	3,5	350	12,8	1,24	20,6	15	17
	4,0	400	12,8	1,32	22,1	16	19
6,0 ● Mavi	1,7	170	11,6	1,01	16,8	15	17
	2,0	200	11,9	1,09	18,2	15	18
	2,5	250	12,2	1,22	20,4	16	19
	3,0	300	13,1	1,36	22,7	16	18
	3,5	350	13,1	1,47	24,5	17	20
	4,0	400	13,4	1,57	26,2	18	20
8,0 ● Mavi	1,7	170	11,3	1,35	22,5	21	25
	2,0	200	11,9	1,46	24,3	21	24
	2,5	250	12,5	1,63	27,2	21	24
	3,0	300	13,4	1,81	30,2	20	23
	3,5	350	13,7	1,95	32,6	21	24
	4,0	400	14,0	2,09	34,8	21	25
4,5	450	14,0	2,22	36,9	23	26	

NOT:

Tüm yağmurlama oranları 180° çalıştırma için hesaplanmıştır. 360°'lik sprinkler yağmurlama oranı için, 2'ye bölün.

Formülde:

C_u : Üniformluk oranı (%)

Σx : Kaplarda ölçülen su yüksekliğinin ortalama su yüksekliğinden farkının toplamı (mm)

m : Kaplarda toplanan ortalama su yüksekliği (mm)

n : Ölçme kabı sayısı

100 : Ondalık kesri yüzdeye çevirme çarpanı

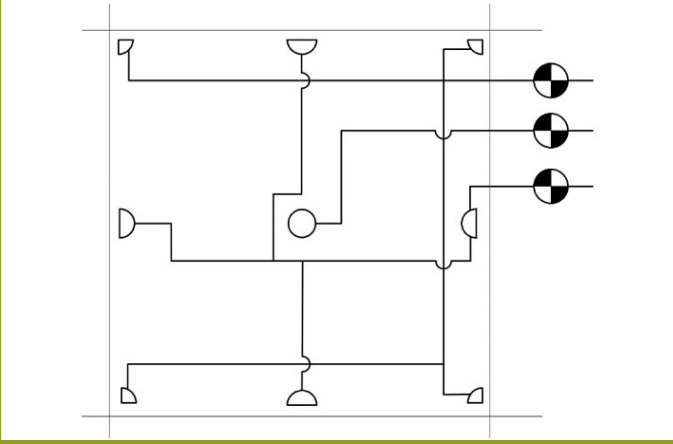
Ölçümde birbirinin aynı kaplar kullanıldıysa hacim ölçülüp kabın

taban alanına bölünerek yükseklik hesaplanabilir. Ancak çoğu zaman birbirinin eşi kaplar bulunamayabilir, bu durumda kaplarda ölçülebilir miktarda su biriktikten sonra su yükseklikleri ölçülür, formülde yerine konur.

Rotor sprinklerde ulaşılabilir üniform dağıtım oranı 0,75-0,85 aralığıdır, hedef 0,65-0,75 olmalıdır. Sprey sprinklerde ulaşılabilir dağıtım oranı 0,65-0,75 aralığıdır, hedef 0,55-0,65 olmalıdır. Eğer dağıtım oranı bu değerlerin altındaysa sistemin iyileştirilmesi gerekir (Stetson ve Mecham 2011).

Şekil 5.7

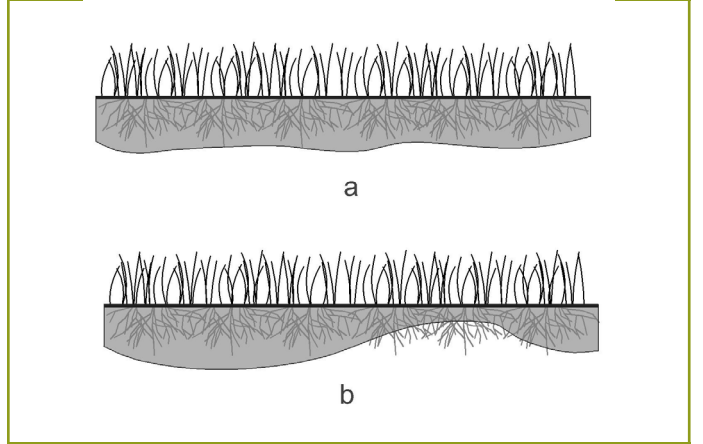
Rotor sprinklerde eşlenik sulama için çeyrek, yarım ve tam daire sprinklerin farklı zonlara ayrılması



Açıklama notu. Weinberg S.S. and Roberts J.M., 1988. Handbook of Landscape Architectural Construction Volume Three: Irrigation, Landscape Architecture Foundation, Washington D.C., USA kaynağından alınmıştır. Landscape Architecture Foundation (2023)'in izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır. Reprinted with permission from: Weinberg S.S. and Roberts J.M., 1988: Handbook of Landscape Architectural Construction Volume Three: Irrigation, Landscape Architecture Foundation, Washington D.C., USA

Şekil 5.8

Üniform olan ve olmayan su dağıtımı



Açıklama notu. Stetson LE and Mecham BQ, (Eds.). 2011. Irrigation. Irrigation Association, Fairfax, USA kaynağından alınmıştır. Her hakkı saklıdır © 2011, Irrigation Association; Her hakkı saklıdır. Bu şekil Irrigation Association'ın izniyle sağlanmıştır. Metin yazar tarafından tercüme edilmiştir. Orijinal versiyon basılı olarak mevcuttur. Copyright © 2011, Irrigation Association; all rights reserved. This Figure is provided courtesy of the Irrigation Association. Text translated/paraphrased by Istanbul University-Cerrahpaşa. The original version is available in print.

6. Sulama Alanının Zonlara Ayrılması

Sulama tasarımı sürecindeki ilk işlerden biri, sulama alanını incelemek ve alanı ekolojik koşulları benzer kısımlara, zonlara (seksiyon, grup, bölüm) bölmektir. Bu şekilde zonları farklı sürelerde çalıştırarak alandaki farklı su gereksinimleri karşılanabilir. Bu kural sulamanın **dördüncü temel ölçütü**dür.

Bir alan aşağıdaki ekolojik ölçütler açısından farklılık gösteriyorsa ayrı bir zon oluşturulmalıdır (Weinberg ve Roberts 1988):

1. Bitki tipi,
2. Toprak türü,
3. Eğim,
4. Bakı,
5. Güneş veya gölgede olmak,
6. Rüzgâr,
7. Alan kullanımı,
8. Sprinkler yağmurlama oranı,

Bu ölçütlere ekonomiyi de eklemek gerekir.

Zonlar belirlenmeden önce anılan ölçütler değerlendirilmeli, başlık planına daha sonra geçilmelidir.

6.1 Bitki Tipi

Bitkilerin çim, çalı, çiçek, ağaç, yerli bitkiler, egzotik, az-çok su isteyen, kök derinliği farklı tipleri vardır ve bunların su istekleri farklıdır. İstanbul koşullarında çim 40-50 mm/hafta su isterken, bazı yer örtücüler 10-15 mm/hafta su ile yetinebilir. Su isteği az ve çok olan bitkileri aynı zonda sulamak doğru değildir. Dolayısıyla benzer su istekleri olan bitkileri aynı zonda toplamak gerekir.

6.2. Toprak Türü

Toprak tekstürü suyun toprağa girme yeteneğini yani infiltrasyonu etkileyen temel faktörlerden ilkidir. Su kumlu topraklara hızlı, killi topraklara yavaş girebilir (Çizelge 1.2). Bu toprakların suyu tutma kapasiteleri de farklıdır. Toprak türü farklı olan alanları ayrı zona almak gerekir.

6.3. Eğim

Eğim toprağın suyu alma hızını azaltmaktadır. Düz yüzeyler eğimin % 8-12 eğim grubu yüzeylerle karşılaştırıldığında, infiltrasyon oranı yarıya düşmekte ve su yüzeysel akışa geçmektedir. Yüzeysel akışla suyu kaybetmemek için aynı eğim grubunda bulunan alanları aynı zona almak ve eğimli alanları yüzeysel akışa geçişi engelleyen yöntemle sulamak gerekir (Çizelge 1.2).

6.4. Bakı

Kuzey bakılarda daha az evapotranspirasyon (ET) meydana gelirken güney ve batı bakılarda daha fazla ET meydana gelir. Bakısı farklı olan alanları ayrı zona almak gerekir.

6.5. Alanın Güneşli veya Gölgede Olması

Güneşli alanlarda ET gölge alanlara göre daha fazladır. Güneşli alanlardaki bitkiler sağlıklı kalabilmek için daha fazla terlemek (transpirasyon) zorundadırlar, dolayısıyla daha fazla su kullanırlar. Bu alanlarda toprak yüzeyinden buharlaşma da fazladır. Dolayısıyla güneşli ve gölgeli alanları ayrı zonlara almak gerekir.

6.6. Rüzgâr Altında Olmak

Rüzgâr da sıcaklık gibi evapotranspirasyonu artıran bir etkidir, alanı sulama zonlarına ayırırken dikkate alınmalıdır.

6.7. Alan Kullanımı

Sulama tasarımcısından önce peyzajda alan kullanımı sert zeminler, yollar vb. elemanlarla belirlenmiş ve geometrik şekillere ayrılmış olabilir. Dolayısıyla sulama tasarımcısının önceden belirlenmiş bölümleri sulama zonları olarak kabul etmesi gerekebilir. Ayrıca bir konut bahçesinde veya park gibi kamusal alanlarda aktivite alanlarında sulamanın zamanı aktiviteyi engellemeyecek şekilde planlanmalıdır.

6.8. Yağmurlama Oranı

Yağmurlama oranı, yarıçapı ve işletme basıncı farklı olan sprej, melez veya rotor sprinklerleri farklı zonlara almak gerekir. Sprej sprinkler memeleri arasında da yağmurlama oranları farklı olan tipler bulunmaktadır. Dolayısıyla tasarım sırasında sprinkler performans tabloları dikkate alınmalıdır. Aynı şekilde yağmurlama sulama ile damlama sulama da farklı zonlarda çalıştırılmalıdır.

6.9. Ekonomi

Toprak türü, eğim, bitki tipi vd. özellikleri aynı olsa bile örneğin futbol sahası gibi homojen bir çim alanı tek bir zonla sulamak ekonomik değildir. Futbol sahası tek bir zonla sulanmaya çalışılırsa, daha büyük kapasiteli pompa, daha büyük çaplı ana borular vd. nedeniyle sulama sisteminin ilk yatırım maliyeti büyüyecektir. Dolayısıyla sistemi ayıpsız (Bkz. Bölüm 4.2) bir şekilde ekonomik olarak tasarlamak için böylesi homojen bir yeşil alanı bile zonlara ayırmak gerekir. Futbol sahası altı zona ayrılmışsa, sahanın altıda biri için basınç üretme kapasitesine sahip bir pompa yeterli olabilir (Şekil 16.2). Her seferde toplam debinin altıda biri kadar debi taşınacağı için ana boru çapları da azalacaktır. Sonuçta ilk yatırım maliyeti düşeceği için homojen yeşil alanların bile zonlara ayrılması gerekir. (Çizelge 7.3)

7. Peyzaj Sulamada Borular, Boru Seçimi ve Boru Planı

Boruların boyutlandırılmasında **anma çapı** veya **dış çap** olmak üzere iki farklı ölçü kullanılmaktadır. Anma çapı borunun tam çapı değildir; bir anlamda boruya verilen addır, dış çap ise mm cinsinden borunun dış çap ölçüsüdür. Gerçekten 1" anma çapındaki bir metal borunun **dış çapı** ölçüldüğü zaman 25,4 mm değil 32 mm olduğu görülür. Metal boruların çapları inç (veya parmak) birimiyle ifade edilirken plastik boruların çapları mm birimiyle belirtilir (Çizelge 7.1).

Çizelge 7.1

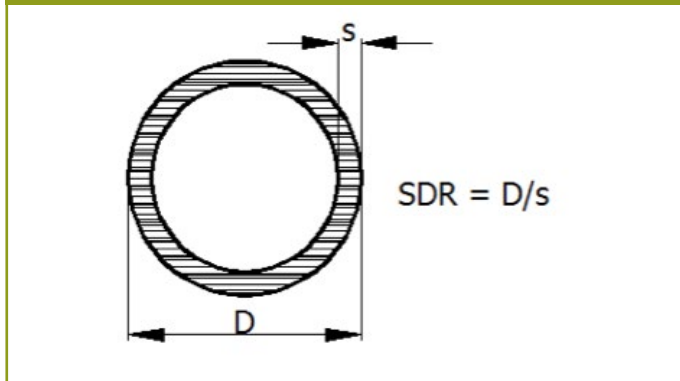
Sulama Borularının Anma ve Dış Çap Sınıfları.

ANMA ÇAPI	DIŞ ÇAP	ANMA ÇAPI	DIŞ ÇAP
inç	mm	inç	mm
3/8"	16	4"	110
1/2"	20	4½"	125
¾"	25	5"	140
1"	32	6"	160
1¼"	40	7"	200
1½"	50	8"	225
2"	63	9"	250
2½"	75	10"	280
3"	90	11"	315

Borularla ilgili diğer bir parametre de standart boyut oranıdır (SDR, standard dimension ratio). SDR, boru dış çapının (D) et kalınlığına (s) oranıdır (Şekil 7.1). SDR büyüdükçe borunun et kalınlığı azalır ve iç çapı büyür, dolayısıyla daha fazla akım taşımak mümkün olur. Aynı SDR'ye sahip borular için (örneğin PE100/PN10 ve PN80/PN8 borularda (SDR=17) aynı basınç kayıp tablosundan yararlanılmaktadır.

Şekil 7.1

Standart boyut oranı (SDR).



Farklı malzemeden üretilen aynı dış çaptaki boruların iç çapları, yapıldıkları malzemeye veya dayanabilecekleri basınç değerine göre değişir. Aynı dış çaptaki yumuşak polietilen (YPE) ve metal boruların iç çapları, PVC (Poli vinil klorür) veya SPE (Sert polietilen, PE100) borulara göre daha küçüktür. PE borularda anma basıncı arttıkça da et kalınlığı artar, iç çap azalır.

Boruların basınç sınıfı belirtilirken PN (*anma basıncı, pression*

nominal) kısaltması kullanılır. PN 6 ifadesi, borunun en fazla 6 bar basınca dayanabileceğini gösterir.

7.1 Boru Tipleri

Peyzaj sulamada önceleri metal boru kullanılmış ancak zaman içinde ucuzluğu ve pratikliği nedeniyle metal borunun yerini plastik boru almaya başlamıştır. Plastik borular önce PVC (*polivinil klorür*)'den üretilmiştir. Daha sonra 1950'lerde PE (*polietilen*) boruların üretimi başladıktan sonra sulama sektöründe üstünlük elde etmiştir. Sulama sektöründe PP (*polipropilen*) plastik borular ile metal borular tesisatın ancak belirli kısımlarında ve az oranda kullanılmaktadır (Çelik 2004).

7.1.1. Metal Boru

Ömrü 10-15 yıl olan metal borunun korozyon ve kireç birikmesi nedeniyle iç çapı zaman içinde yaklaşık olarak %50 oranında azalmaktadır (Şekil 7.2). Metal boru hem daha pahalı hem de taşınması ve bağlantısı zahmetlidir. Günümüzde demir (galvanize) borular peyzaj sulama tesisatında az oranda depo, pompa bağlantıları ve kolektörlerde kullanılmaktadır. Bu borular 6 m uzunluğunda düz boy olarak üretilmekte ve **dişli, elektrik ve gaz kaynağı ile flans** tipi yöntemlerle bağlanabilmektedir.

Şekil 7.2

İç çapı korozyon ve kireç birikmesiyle azalmış metal su borusu



7.1.2. PVC Boru

PVC borular esnek olmayan sert ve kırılabilir borulardır. Toprağın oturması karşısında esneyerek kırılmadan birlikte hareket etme yeteneği fazla değildir. Kışın içinde su donması durumunda da boru çatlayıp yarılabılır, yer üstündeki PVC borular ultraviyole (UV) ışınlarından olumsuz etkilenebilirler. PVC borular 6 m uzunluğunda düz boy olarak üretilmektedir. Türkiye'de SPE boru ucuzladıktan sonra peyzaj sulamada fazla kullanım alanı bulamamaktadır PVC borularda **yapıştırma muflu, geçme muflu ve dişli** tipi bağlantılar kullanılmaktadır.

7.1.3. Polietilen (PE) Boru

Polietilen (PE) borular 1950'lerde geliştirilmiş ve önce yumuşak

yapıda üretilmiştir. Teknolojinin gelişmesine paralel olarak daha sonra sert PE borular üretilmiştir. Yumuşak PE borular (YPE, PE32 ve PE40) ve sert PE borular (SPE, PE100) et kalınlıkları ile birbirinden ayrılırlar. SPE boruların (HDPE, high density polyethylene) et kalınlığı daha azdır. Örneğin 10 bar basınca göre üretilen 32 mm dış çapındaki SPE borunun iç çapı 28 mm iken YPE borunun iç çapı 21,2 mm'dir. Boru iç çapı azaldıkça borunun taşıyabileceği su miktarı azalmaktadır.

PE borular, yumuşak veya sert oluşlarına bağlı olarak çapları 16-3600 mm arasında değişmektedir. Ø125 çapa kadar PE borular taşıma kolaylığı bakımından kangal şeklinde sarılmaktadır. Bundan dolayı PE borular **kangal boru** diye de adlandırılmaktadır. Çapı Ø125 mm'nin üzerindeki PE borular 12-13 m boyunda üretilmektedir. Öte yandan istendiğinde fabrikalar 500 m boya kadar PE boru üretmektedir. Bu özellik, az sayıda ek parça kullanarak daha uzun mesafelerde kısa sürede ve daha güvenli olarak boru döşenmesine imkân vermektedir. PE hammaddesinin rengi şeffaf olmakla birlikte peyzaj sulamada kullanılan PE borular siyah renkte üretilmektedir.

PE boruların üstünlükleri şunlardır: minimum tasarım ömrü 50 yıl kabul edilmişken doğru tasarlanmış ve tesis edilmiş bir yeraltı SPE boru sisteminin 100 yıldan fazla dayanacağı ifade edilmektedir (PE100+ 2024). Esnek olduklarından dolayı döşenmeleri kolaydır, toprak oturmalarından etkilenmezler. UV ışınlarından ve su darbesinden en az etkilenirler, dona karşı dayanıklıdır.

PE borular **sıkıştırma, itme soket, geçme muf, alın kaynağı, elektro füzyon (kaynak), flanş ve dişli** yöntemleriyle bağlanabilmektedir.

7.1.4. PP Boru

Polipropilen (PP) borular daha çok binaların temiz su tesisatında kullanılır. Sulama projelerinde ise depo, pompa bağlantılarında ve kolektörlerde kullanılmaktadır. PP borular Ø20-75mm çap aralığında ve düz boy olarak üretilmekte ve özel kaynak makineleri yardımıyla **muf kaynağı** yöntemiyle birleştirilmektedir.

7.2 Boru Seçimi

Türkiye'de üstünlükleri nedeniyle peyzaj sulamada büyük oranda SPE boru kullanılmaktadır (Bkz. Bölüm 7.1.3). Makine dairesinde galvanize ve PP boruların kullanılması gerekebilir, makine dairesinden sonra boru tipi PE'ye dönüşmektedir.

7.3. Boru Çapının Belirlenmesi

Boru çapını belirlemede iki ölçüt kullanılır: boruda taşınacak suyun **miktarı** (akım, debi) ve suyun **hızı**. Hidrolikte, bir kesitten taşınabilecek sıvı miktarı **genel debi** formülü ile hesaplanır:

$$Q = A.v$$

Formülde Q debiyi (lt/dk, m³/sn), A kesit yüzeyini (m², cm²) ve v hızı (m/sn) gösterir.

Formülden görüleceği gibi, hız artırılarak aynı kesit -örneğin boru- ile daha fazla debi taşınabilir. Ancak sulama borularında hızın 1,5 m/sn'yi aşmaması gerekir (TS 10735, TS EN 12484-2). Hızın bu sınırı aşması durumunda, su darbesi veya halk arasındaki ifadeyle koç darbesi sorunuyla karşılaşmaktadır. Hız yüksek olursa, vanaların ani kapanması sonucunda su birden durmamakta, bir basınç dalgası meydana gelmektedir. Bu basınç dalgası bazen ek parçaları yerinden çıkaracak kadar artmakta ve sonuçta sistemde arıza meydana getirmektedir (Bkz. Bölüm 7.10). Bu nedenle sulama sisteminde borudaki su hızı 1,5 m/sn ile sınırlanmıştır. Bu kural sulama tasarımında **beşinci temel ölçüttür**.

İstenen debiyi 1,5 m/sn su hızını aşmadan taşıyacak boru çapını belirlemek için boru firmalarının hazırladığı boru basınç kayıp tablolarından yararlanılabilir. Borunun tipine (PE32, PE100 vd.) ve dayanabileceği en fazla basınç değerine göre (6 bar, 10 bar vd.) farklı tablolar hazırlanmıştır. Tablolardan debiye uygun olan boru seçilir ve kullanılır.

Örneğin PE100/PN12,5 boru (sert polietilen, 12,5 bar basınca dayanabilir) tablosu yardımıyla (Çizelge 7.2) 1,5 m/sn hız sınırını dikkate alarak 50 lt/dk debi için Ø32 boruyu veya daha az basınç kaybı meydana gelmesi için Ø40 boruyu seçebiliriz. Ø40 boru daha az basınç kaybı meydana getirmekle birlikte Ø32 boruya göre % 50 daha pahalıdır (Çizelge 7.3). Dolayısıyla gereğinden büyük çaplı boru kullanmak ekonomik değildir. Bu nedenle basınç kaybı ile fiyat dengesini sağlayan boru çapı olan Ø32'yi seçmek gerekir.

Boru çapı seçimi pompa kapasitesini de etkilemektedir. Şen (2005)'e göre boru çapı büyük seçildiğinde basınç kaybı azalmakta, daha küçük pompa seçilmekte ve sonuçta enerji tasarrufu sağlanmakta ancak boru yatırım maliyeti artmaktadır. Boru çapının küçük seçilmesi halinde boru maliyeti azalmakta ancak artan basınç kaybı nedeniyle büyük pompa gerekmekte, enerji tüketimi artmaktadır. Sonuç olarak hem ilk yatırım hem de işletme maliyeti açısından üreticilerin hazırladığı optimum boru çapları kullanılmalıdır.

Çizelge 7.2

PE100/PN12,5 (SPE) borunun performans tablosu [Egeyıldız 2002'den düzenlenerek]

ÇAP (mm)	25		32		40		50		63		75		90	
	v	j	v	j	v	j	v	j	v	j	v	j	v	j
12	0,58	0,0237												
15	0,72	0,0367												
20	0,97	0,0650												
30	1,45	0,1337	0,86	0,0379										
40	1,92	0,2242	1,15	0,0636	0,73	0,0189								
45	2,16	0,2295	1,28	0,0792	0,82	0,0231								
50	2,41	0,3358	1,44	0,0953	0,92	0,0282	0,58	0,0094						

Çizelge 7.2

PE100/PN12,5 (SPE) borunun performans tablosu [Egeyıldız 2002'den düzenlenerek] (devamı)

ÇAP (mm)	25		32		40		50		63		75		90	
	v	j	v	j	v	j	v	j	v	j	v	j	v	j
60	2,89	0,4677	1,72	0,1327	1,10	0,0394	0,70	0,0131						
70			2,01	0,1771	1,28	0,0526	0,82	0,0175						
75			2,15	0,2043	1,35	0,0598	0,87	0,0198						
80			2,30	0,2283	1,54	0,0740	0,98	0,0247	0,59	0,0077				
90			2,58	0,2811	1,65	0,0834	1,05	0,0278	0,67	0,0091				
100					1,83	0,1030	1,17	0,0343	0,74	0,0112				
105					1,87	0,1126	1,22	0,0373	0,77	0,0122				
110					2,02	0,1225	1,28	0,0409	0,82	0,0134				
120					2,20	0,1421	1,4	0,0474	0,89	0,0155	0,63	0,0066		
130					2,38	0,1661	1,52	0,0555	0,96	0,0181	0,68	0,0077		
140					2,57	0,1900	1,63	0,0635	1,04	0,0208	0,73	0,0089		
145					2,65	0,2027	1,68	0,0675	1,07	0,0220	0,75	0,0094		
150					2,75	0,214	1,75	0,0716	1,11	0,0234	0,78	0,0100	0,54	0,0041
160							1,87	0,0812	1,18	0,0265	0,83	0,0113	0,58	0,0047
170							1,99	0,0908	1,26	0,0297	0,89	0,0127	0,61	0,0052
175							2,05	0,0956	1,29	0,0310	0,91	0,0133	0,63	0,0055
180							2,11	0,1004	1,33	0,0328	0,94	0,0140	0,65	0,0058
190							2,21	0,1115	1,44	0,0364	0,99	0,0156	0,69	0,0064
200							2,30	0,1225	1,55	0,0400	1,05	0,0171	0,72	0,0071
205							2,40	0,1280	1,51	0,0417	1,07	0,0179	0,74	0,0073
210							2,40	0,1336	1,66	0,0436	1,10	0,0187	0,76	0,0077
220							2,54	0,1461	1,70	0,0477	1,15	0,0204	0,80	0,0084
230							2,67	0,1586	1,73	0,0518	1,20	0,0222	0,83	0,0091
240							2,81	0,1711	1,77	0,0559	1,25	0,0239	0,87	0,0098
300											1,56	0,0362	1,09	0,0148
360											1,88	0,0507	1,3	0,0208
420											2,19	0,0674	1,52	0,0277

Çizelge 7.3

PE100 Boru perakende fiyatları

BORU ÇAPİ mm	FİYAT USD/m
20	0,62
25	0,94
32	1,08
40	1,64
50	2,52
63	3,98
75	5,68
90	8,18
110	12,14

7.4. Borunun Taşıyacağı Debinin ve Boru Çaplarının Belirlenmesi

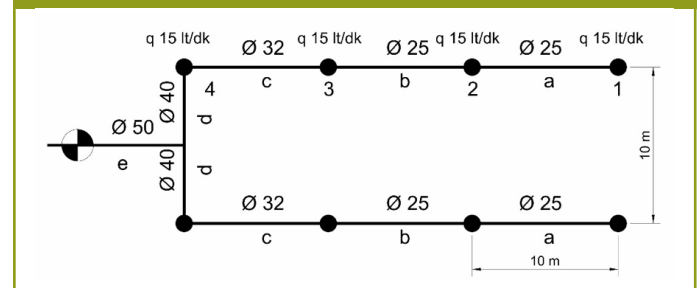
Borunun taşıyacağı debinin ve boru çaplarının belirlenmesini bir örnek üzerinde gözden geçirelim. Boru çapı taşınması gereken de-

biye göre seçilmelidir. Şekil 7.3'teki zon 10 m aralıkla yerleştirilmiş sekiz sprinklerden oluşmaktadır. Bu zonda, her başlığın düzenli çalışabilmesi için 15 lt/dk debiye ihtiyacı vardır. Hesaplanması gerekenler:

- Her boru parçasından (a, b, c...e) geçecek olan debinin belirlenmesi,
- Debiye bağlı olarak boru çaplarının belirlenmesi.

Şekil 7.3

Debisi 15 lt/dk. sprinklerlerden oluşan bir zon ve boru çapları



Şekil 7.3'de 1 nolu sprinkleri besleyen a borusunun sprinklerin ihtiyacı olan 15 lt/dk suyu taşınması gerekir. Çizelge 7.2'ye göre 15lt/dk debiyi 1,5m/sn hız sınırını aşmadan taşıyabilen boru çapı Ø25'tir.

b borusunun 1 ve 2 nolu sprinklerleri beslemesi, dolayısıyla 30 lt/dk debiyi taşıyabilmesi gerekir. Çizelge 7.2'de 1,5m/sn hız sınırını aşmadan Ø25 borunun 30 lt/dk debiyi taşıyabileceği görülmektedir.

c borusunun 1, 2 ve 3 nolu sprinklerin toplam debisi olan 45 lt/dk suyu taşınması gerekir. 45 lt/dk debinin Ø25 borunun hız sınırı 1,5 m/sn içinde taşıyabileceği debi olan 30 lt/dk'dan büyük olduğu görülür, dolayısıyla bir üst çap olan Ø32 boruyu seçmek gerekir.

d borusunun 1, 2, 3 ve 4 nolu sprinklerin toplam debisi olan 60 lt/dk'yı taşınması gerekir. 60 lt/dk debinin, Ø32 borunun hız sınırı içindeki debisini aştığı, dolayısıyla Ø40 boruyu seçmek gerektiği görülür.

Zonun alt kolu üst kolun simetriği olduğu için aynı çap değerleri kullanılır.

Elektro vananın bulunduğu e besleme borusunun 8 sprinklerin toplam debisi 120 lt/dk'yı taşınması gerekir. Bu debi için uygun boru çapı olan Ø50 tablodan seçilir.

7.5. Boru Çapı Belirlenmesinde Farklı Teknikler

İnsan vücudu ile sulama sistemi arasında bir benzerlik kurulursa, kalp bir pompa, damarlar da sistemin borusu olarak kabul edilebilir. Kalbin çıkışında kalın olan damarlar, hücrelere gidinceye kadar kılcal çapa düşmektedir. 7.4 başlığı altında incelenen zonda da elektro vanadan son sprinklere kadar içinden geçen debiye göre boru çapının azaldığı görülmektedir. Bu boru seçimi hidrolik olarak doğrudur ancak ekonomik olarak doğru olmayabilir.

Bazı tasarımcılar bir zon için zonun toplam debisine uygun bir ana boru ve bir yan (lateral) boru olmak üzere iki farklı çapta boru belirlerler. (Şekil 7.7.d) Bu yöntem boru maliyetini biraz artırabilir ama yüklenicinin iş yükünü ve stok maliyetini azaltır. Ne kadar farklı çapta boru kullanılırsa, o kadar fazla reduksiyon ve diğer ek parçalara gerek olacak ve her biri için ek işçilik ve stok gerekecektir. Sonuçta iki yaklaşım karşılaştırılıp projede hangisi ekonomikse o yaklaşımı benimsemek daha doğru olur.

Toprak basıncı ile borunun ezilmesine ve su taşıma kapasitesinin azalmasına karşı dikkatli olmak ve çok küçük çaplı ve et kalınlığı az olduğu için dolgu toprak yüküne dayanamayacak dirençte boru kullanmamak gerekir.

7.6. Boru Döşeme

Uygulama aşamasına gelmiş bir sulama projesinde önce boruların döşenmesi gerekir. Boruların döşeneceği derinlik, toprak işleme derinliği ve don derinliği dikkate alınarak belirlenir.

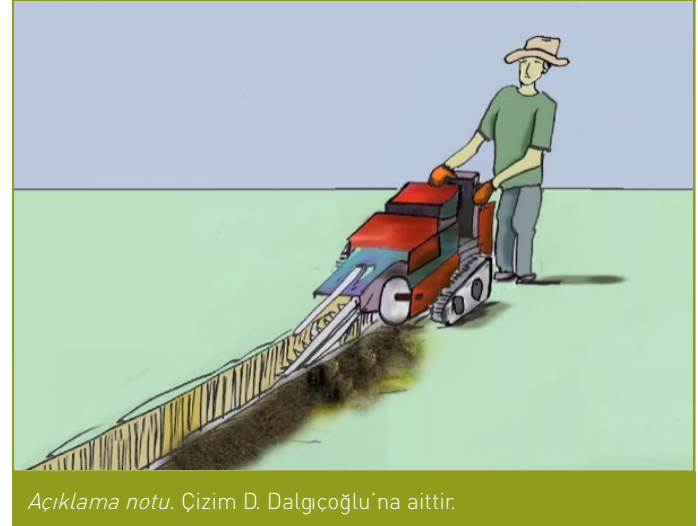
Borular için kanal açmaya başlamadan önce tüm yeraltı kabloları, kılavuzlar, borular ve benzeri tesisin yeri bulunmalı ve işaretlenmelidir. İşe başlamadan önce alanda bilinmeyen değişiklikler varsa işveren ve proje yöneticisiyle birlikte tasarım düzeltilmelidir (Çelik 2005).

Derinlik belirlendikten sonra kanallar elle veya kanal kazıcı (tren-

cher) ile açılır (Şekil 7.4). Açılan kanalların kesişen kısımlarının toprağı ile kanalın içinde boruya zarar verebilecek türden taşlar temizlenir.

Şekil 7.4

Kanal kazıcı (trencher) ile kanal açılması



Açıklama notu. Çizim D. Dalgıçoğlu'na aittir.

Kanallar açıldıktan sonra kangal halindeki PE borular uygun bir zeminde açılıp doğrultularak kanalların içine yerleştirilir. Elektro vanalar ve sprinklerler bağlanır, sprinklere memeler bağlanmadan önce boruların içine kaçmış olabilecek toprak, çapak vb. yabancı maddeleri dışarı atmak için borulara su verilerek borular yıkanır. Elektro vana ile kontrolör arasındaki kablo bağlantısı sağlanır daha sonra kanal kapatmaya başlanır. Toprağın kanala 10cm'lik katmanlar halinde doldurulması, katman düzenli bir şekilde sıkıştırıldıktan sonra diğer katmanlarla devam edilmesi gerekir. Diğer bir uygulama kanala belli bir kalınlıkta kum doldurmak sonra yeterli kalınlıkta bitkisel toprakla dolguyu tamamlamaktır. Sıkıştırma kanaldaki herhangi bir çökmeyi önler. Bu şekilde yüklenicinin tekrar alana gelerek çökmeden kaynaklanan sorunları çözme (toprak takviyesi, tesviye, çimin yenilenmesi vb.) gereğini ortadan kaldırır. Kanalın dolgusunu suya doyurarak suyun drene olmasından sonra tesviyeyi tamamlamak da bir başka toprak oturtma seçeneğidir.

Özellikle çimin tesis edilmiş olduğu alanlarda, kanal açarak çime zarar vermemek için mol (köstebek) drenajı yapar gibi boru çekicilerle yeraltına dönebilir. Yöntemde, traktöre veya daha küçük bir çekicinin toprağın altında drenaj deliği açmaya yarayan kılavuzuna boru bağlanır. Borunun kılavuza bağlantısı borunun 30-40 cm'lik kısmının kılavuzun halkasından geçirilip geriye doğru kıvrılmasıyla gerçekleştirilebilir. Traktör uygun bir yerden kılavuzu istenen derinlikte (örneğin 30 cm) zemine batırır ve yer altında toprağı gevşeterek kılavuzun çapı kadar (5-10 cm) kanal açarken kılavuza bağlı boruyu kanalın içine döşer. Uygulama sonucunda yüzeyde yalnızca ekipmanın genişliği kadar (3-5 cm) bir yarık meydana gelir (Şekil 7.5). Daha sonra sprinkler/vana bağlantı noktalarında yeteri kadar genişlikte çukurlar açılarak vana kutuları yerleştirilir, elektro vanalar ve sprinklerler bağlanır.

7.7. Boru Sızdırma Testi

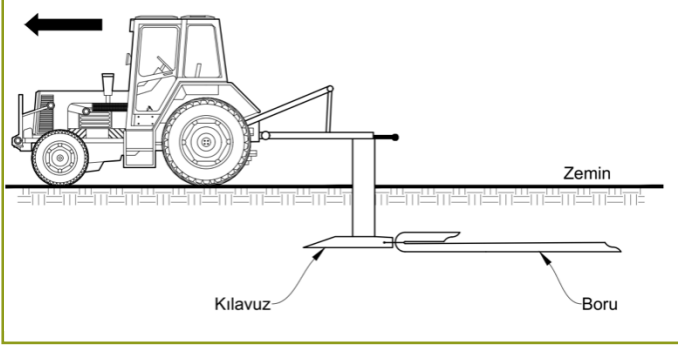
Boru kanalını doldurmadan önce boruları basınç testi ile kontrol etmek gerekir. Melby (1995)'ye göre borular ve ek parçalar güneş-

te ısınmış ise önce bunların soğuması sağlanmalıdır. TS EN ISO 19892'ye göre sulama sistemi proje basıncının en fazla %150'si bir basınçla test edilmelidir. Örneğin proje basıncı 4 bar ise, sisteme 6 bar basınç uygulanarak sızıntı olup olmadığı gözlenmelidir. Bütün eklerde sızıntı olup olmadığı gözden geçirilinceye kadar sistem test basıncı altında tutulmalıdır.

Sulama sistemi yapım işlerinde/ihalelerinde bu testler şartname-lerde yer almakta ve özellikle bağlantı noktalarının kapatılmadan önce test edilmesi ve testin birkaç kere tekrar edilmesinden sonra kesin kabule gidilmesi koşulu getirilmektedir.

Şekil 7.5

Mol drenajı yapar gibi, borunun traktörün kuyruk miline bağlanarak kanal açmadan yeraltına düşenmesi



7.8. Boru Planı

Bitkilendirilmemiş bir çim alanda boru planı tasarlanırken fazla kısıt bulunmamaktadır. Eğer kanal kazıcı kullanılıyorsa makine eve veya alandaki diğer yapılara 60 cm'den fazla yaklaşmamaktadır, bu durumda bağlantı boruları ile sprinklerler gerekiyorsa eve yaklaştırılabilir. Elle açılan kanallarda binaya istendiği kadar yaklaştırılabilir.

Bitkilendirilmiş bir alanda boru planı tasarlanırken, bitki kök kaybını en aza indirecek güzergâhlar seçilmelidir. Borular ağaç, çalı vd. bitkilerin köklerinin yoğun olduğu noktalardan geçirilmemelidir. Örneğin ağaçların köklerinin tepe izdüşüm çizgisi içinde kaldığı kabul edilir ancak kökler genellikle bu sınırın dışına çıkar. Su ve besin maddesi alımını sağlayan kılcal kökler toprağın üst 15-20cm'lik kısmında ve tepe izdüşüm çizgisinin dışında bulunur. Bitki kökleri ciddi bir şekilde yaralanacağı veya kuruyacağı ve kanal kazma maliyetini artıracığı için kanallar ağaç köklerini kesecek şekilde geçirilmemelidir (Şekil 7.6). Bu tip bitkiler için kanallar tepe izdüşüm alanının dışından geçirilmeli, bitki yakınına taşınması gereken sulama elemanı için bitki gövdesine doğru kök kitlesini radyal olarak geçen bir kanal açılmalıdır.

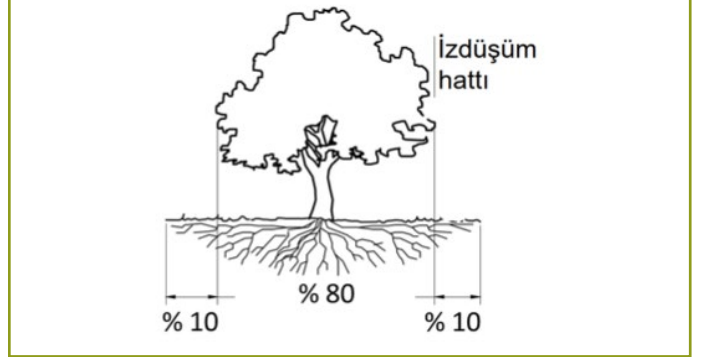
Borular yerörtücüler veya çalılar arasından geçirilirse köklere büyük zarar verir. Bu nedenle kanalı bitkilerin tepe izdüşümünden 40-50 cm uzaktan açmak, gerekirse sprinklerleri bağlantı borularıyla çalılarının yakınına/arasına getirmek gerekir (Melby 1995)

7.9. Boru Planı Tipleri

Boru planları tasarımında bir ağaç dalı gibi dallanarak arazide yayılan **dal tipi** veya kapalı devre oluşturacak şekilde **lup tipi** kullanılır.

Şekil 7.6

Ağaçların kökleri genellikle tepe izdüşüm çizgisinin dışına çıkar



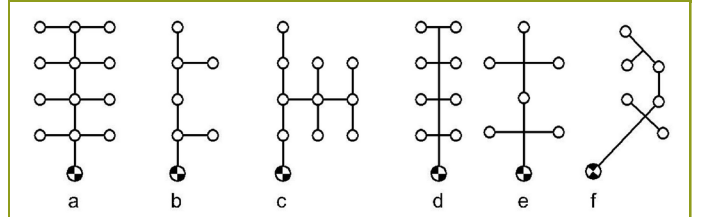
Açıklama notu. Dirik GH, 2008. Bitkilendirme ve Dikim Teknikleri, İÜ Orman Fakültesi Yayın No 490, İstanbul kaynağından düzenlenerek alınmıştır.

7.9.1. Dal Tipi Boru Planı

Dal tipi boru planı bir ağacın dallanma şeklini gösterir, sprinklerler dalların ucunda veya üzerinde yer alır (Şekil 7.7). Besleme hattı başlıkların ortasına gelecek şekilde zona bağlanmalıdır. Dal tipi boru planı, zonda benzer konumda bulunan sprinklere eşit basınç gitmesini sağlar. Şekil 7.8'de A ve B sprinklerleri, şekil 7.9'da uçlardaki sprinklerler eşit basınç almaktadır. Bu şekilde simetrik bir boru planı elde edilir. Simetrik boru planı ile boru çapları ve ek parçalarındaki çeşitlilik azaltılabilir ve daha iyi bir teklif verme olanağı elde edilebilir.

Şekil 7.7

Boru planı tipleri



Açıklama notu. Weinberg S.S. and Roberts J.M., 1988. Handbook of Landscape Architectural Construction Volume Three: Irrigation, Landscape Architecture Foundation, Washington D.C., USA kaynağından alınmıştır. Landscape Architecture Foundation (2023)'in izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

Reprinted with permission from: Weinberg S.S. and Roberts J.M., 1988: Handbook of Landscape Architectural Construction Volume Three: Irrigation, Landscape Architecture Foundation, Washington D.C., USA

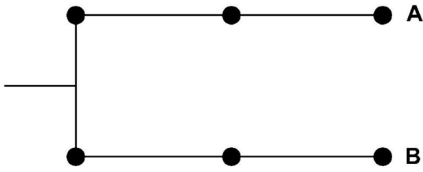
Besleme noktasına dikkat edilmezse denge bozulur. Şekil 7.10'daki başlık planında dengeli yerleşimde A ve B kolundaki boru çapları ve uçlardaki sprinklerin aldığı basınç, dolayısıyla sulama yarıçapı ve debi birbirinin aynıdır. Dengesiz boru planında uçlardaki sprinklerler daha az basınç alır, sulama deseni bozulur ve kollar simetrik olmadığı için boru ve ek parça çeşitliliği ve tesis maliyeti artar.

Eğimli arazide her 1 m kot yükselmesi veya düşmesi 0,1 bar ba-

sınc değişikliğine neden olacağı için zon boruları eşyüksekti eğri-lerine paralel olarak yerleştirilir. Bu yöntem boruları aynı kotta ve dolayısıyla aynı basınçta tutar.

Şekil 7.8

Besleme hattı zonu iki eşit parçaya bölerek bağlandığında A ve B sprinklerlerine eşit basınç gitmektedir.

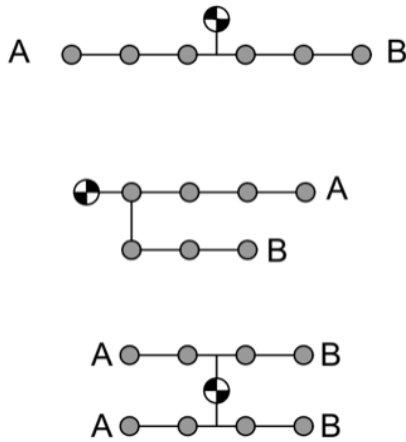


*Açıklama notu.*Hunter 2019. The Handbook of Technical Irrigation Information, A Complete Reference Source for the Professionals, https://www.hunterindustries.com/sites/default/files/tech_handbook_of_technical_irrigation_information.pdf kaynağından değiştirilerek alınmıştır. Hunter Industries firmasının izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır

Boru planını tasarlarlarken uzun ve düz hatlar amaçlanır, bu şekilde kanal kazıcı daha verimli çalışır ve kazı işi daha ucuza mal olur.

Şekil 7.9

Besleme hattının bağlantı noktası zonun ortasına alınırsa uçtaki sprinklerde basınç eşitlenir



*Açıklama notu.*Rain Bird 2021. Uluslararası Peyzaj Sulama Ürünleri 2021 Kataloğu, https://www.Rain_Bird.com/sites/default/files/media/documents/2021-04/d41994_2021_intl_turf_catalog_tur.pdf kaynağından düzenlenerek alınmıştır. Rain Bird firmasının [2024] izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

7.9.2. Lup Tipi Boru Planı

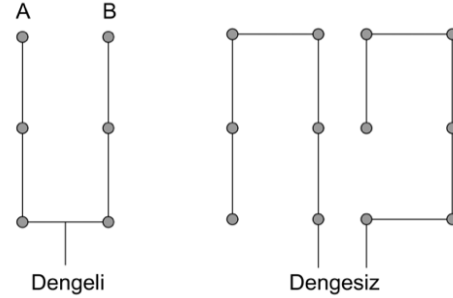
Ana borunun halka şeklinde kapalı devre haline getirilmesine **lup** (loop) yöntemi denir. Lateraller lupun herhangi bir noktasından alınabilir. Lup sisteminin üstünlüğü basınç kayıplarını eşitlemesi ve luptaki boru çaplarını azaltmasıdır. Basınç kayıpları eşitlenince pompadan uzaktaki zonun daha az basınç alma riski ortadan kalkmakta, dolayısıyla sprinklerler arasında basınç farkı en aza inmektedir (Bkz. Bölüm 8.4).

Ana hattı dal sistemi yerine lup sisteminde yaparak daha ince

çaplı bir boru kullanmak ve dolayısıyla maliyeti düşürmek mümkün olabilir. Lup ana hat futbol sahası, golf sahası park gibi büyük alanlarda bakım üstünlüğü de sağlar. Lup küçük alanlardaki yağmurlama sistemlerinde avantajlı olmayabilir. Ana hat boru çapının sabit olduğu ve dal sistemi için yetersiz kaldığı alanlarda lup kullanmak kurtarıcıdır.

Şekil 7.10

Dengeli ve dengesiz boru planları.



*Açıklama notu.*Hunter 2019. The Handbook of Technical Irrigation Information, A Complete Reference Source for the Professionals https://www.hunterindustries.com/sites/default/files/tech_handbook_of_technical_irrigation_information.pdf kaynağından düzenlenerek alınmıştır. Hunter Industries firmasının izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

7.10. Su darbesi

Su darbesi veya halk arasındaki adıyla koç darbesi, su hızı ani olarak azaldığı veya yükseldiği zaman meydana gelir (Stetson ve Mecham 2011). Bu duruma vana veya pompanın hızlı açılıp kapanması neden olur.

Su darbesinin nedenleri şunlardır (Şen, 2006):

- Pompanın açılması/kapanması,
- Pompanın hızının değişmesi,
- Manuel vanaların açılması, kapatılması veya kısılması,
- Şebeke elektriğinin kesilmesi.

Sulama sistemi borularında su hızının 1,5 m/sn'yi aşması da su darbesinin nedenleri arasındadır.

Su darbesine hızla giden araçlar örnek verilebilir. Belli bir hızla giden araçların fren yapınca aniden duramaması gibi, örneğin vana hızla kapatılınca hızı yüksek olan su da aniden duramamakta ve suyun ileri-geri hareketiyle bir basınç dalgası meydana gelmektedir. Basınç dalgası büyük değilse su boru içinde ileri-geri hareket ederken sürtünme nedeniyle enerjisini kaybedebilir. Aksi halde sulama sisteminde arıza meydana getirir.

Su darbesinin oluşmasına karşı birkaç önlem bulunmaktadır. Ani açılma ve kapanmaya karşı sulama sektöründe elektro vanalar yavaş açılacak ve kapanacak şekilde üretilirler. Sulama tasarımcısı da boruyu su hızının 1,5 m/sn'yi aşmasını önleyecek şekilde boyutlandırması su darbesini önlemeye yöneliktir. Pompadan kaynaklanan su darbesini önlemek amacıyla sulama sisteminde hidrofor kullanılması gerekir. Pompanın basma hattının bir ucunun genişleme tankına bağlı olmasından dolayı su darbesi önlenir (bkz. Bölüm 14.4).

8. Boru/Zon Basınç Kaybı Hesabı

Su boru içinde hareket ederken, su moleküllerinin borunun iç yüzeyine sürtünmesi sonucunda bir basınç kaybı meydana gelir. Dolayısıyla bir zondaki sprinklerlerin düzgün çalışabilmesi için öncelikle boru basınç kaybı hesaplanır. Boru basınç kaybına ek olarak, sprinkler işletme basıncı ile elektro vana, filtre, basınç düşürücü ve kot farkından kaynaklanan basınç kaybı da dikkate alınır.

Boru basınç kaybı Hazen-Williams formülü aracılığıyla hesaplanır. Ancak kitapta süreci kolaylaştırmak adına, üretici firmalar tarafından bu formül kullanılarak hazırlanmış olan *boru performans tablolarından* yararlanılmıştır.

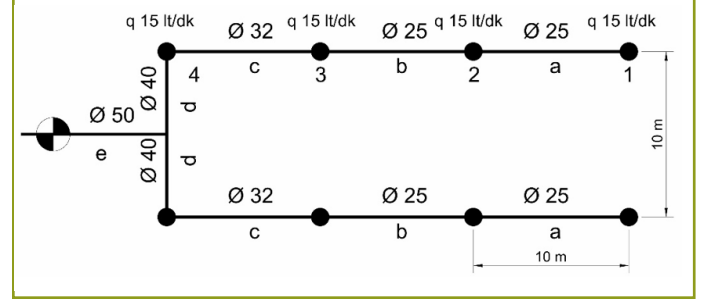
8.1. Boru Basınç Kaybı Hesabı

Boru performans tablolarında, bir boru çapının altındaki iki düşey sütundan birincisinde hız (v), ikincisinde 1 m boruda meydana gelen basınç kaybı (j) metre su sütunu (mSS) biriminden verilmektedir (Çizelge 8.1). Hız veya basınç kaybı değerleri, debi (Q) sütununda aranan debinin bulunduğu satırdan okunmaktadır. Boru çapını belirlemek amacıyla belli bir debi için debi satırından sağa doğru gidilmekte, bu debiyi 1,5 m/sn hızı aşmadan taşıyacak boru çapı seçilmektedir. Basınç kaybı için bu satır ile boru çapı sütununun kesiştiği hücrenin değeri alınmakta ve boru uzunluğu ile çarpılarak boru basınç kaybı hesaplanmaktadır.

Bölüm 7.4'te boru çapları belirlenmiş olan örnek üzerinde (eğim-siz bir alan) boru basınç kaybını hesaplayalım (Şekil 8.1):

Şekil 8.1

Debisi 15 lt/dk olan sprinklerlerden oluşan bir zon ve boru çapları



Zonun **a** borusunun 1 nolu sprinkleri beslemesi için 15 lt/dk su taşınması gerekir. Bu eylem sırasındaki basınç kaybı Çizelge 8.1'den yararlanarak şöyle hesaplanır: a borusu için seçilmiş olan Ø25 (mm) çapındaki borudan geçecek 15lt/dk debi basınç kaybı j tablodan 0,0367 m/m okunur. a kısmının uzunluğu 10m olduğuna ve a kısmından iki tane bulunduğu göre, basınç kayıp tablosuna uzunluk 2·10 m = 20m yazılır. Boru uzunluğu 20 m ile bir metre borudaki basınç kaybı 0,0367 çarpılarak 0,734 mSS basınç kaybı elde edilir (Çizelge 8.2).

Çizelge 8.1

PE100 PN12,5 Boru basınç kayıp tablosu

ÇAP (mm)	25		32		40		50	
	v	j	v	j	v	j	v	j
12	0,58	0,0237						
15	0,72	0,0367						
20	0,97	0,0650						
30	1,45	0,1337	0,86	0,0379				
40	1,92	0,2242	1,15	0,0636	0,73	0,0189		
45	2,16	0,2295	1,28	0,0792	0,82	0,0231		
50	2,41	0,3358	1,44	0,0953	0,92	0,0282	0,58	0,0094
60	2,89	0,4677	1,72	0,1327	1,10	0,0394	0,70	0,0131
70			2,01	0,1771	1,28	0,0526	0,82	0,0175
75			2,15	0,2043	1,35	0,0598	0,87	0,0198
80			2,30	0,2283	1,54	0,0740	0,98	0,0247
90			2,58	0,2811	1,65	0,0834	1,05	0,0278
100					1,83	0,1030	1,17	0,0343
105					1,87	0,1126	1,22	0,0373
110					2,02	0,1225	1,28	0,0409
120					2,20	0,1421	1,4	0,0474
130					2,38	0,1661	1,52	0,0555

Açıklama notu. Egeyıldız 2002. PE ve PVC-U Boruların Yük Kayıp Cetvelleri, Egeplast Yayını kaynağından alınmıştır.

Çizelge 8.2

Şekil 8.1'deki zonun boru basınç kaybı tablosu

Boru bölümü	Boru çapı Ø mm	Debi lt/dk	Uzunluk m	Basınç kaybı m/m	Basınç kaybı mSS
1	2	3	4	5	4x5
a	25	15	20	0,0367	0,734
b	25	30	20	0,1337	2,674
c	32	45	20	0,0792	1,584
d	40	60	10	0,0394	0,394
e	50	120	10	0,0474	0,474
TOPLAM BASINÇ KAYBI				mSS	5,860

Zonun **b** kısmı için seçilen Ø25 çaplı borudan geçecek debi 30 lt/dk olduğu için tablodan basınç kaybı j 0,1337 mSS okunur. b kısmının uzunluğu 10m olduğuna ve b kısmından zonda iki tane bulunduğu göre, basınç kaybı tablosunda uzunluk 2·10 m=20 m yazılır. Boru uzunluğu 20 m ile bir metre borudaki basınç kaybı 0,1337 çarpılarak 2,674 mSS basınç kaybı elde edilir.

Zonun **c** kısmı 1, 2 ve 3 nolu sprinklerleri besleyeceğinden taşıyacağı debi 45lt/dk için Ø32 çapı seçilmiştir. Bu borudan geçecek 45lt/dk debi için tablodan basınç kaybı j 0,0792 mSS okunur. c kısmının uzunluğu 10m olduğuna ve c kısmından zonda iki tane bulunduğu göre, basınç kaybı tablosunda uzunluk 2·10 m=20 m yazılır. Boru uzunluğu 20 m ile bir metre borudaki basınç kaybı 0,0792 çarpılarak 1,584mSS basınç kaybı elde edilir.

Zonun **d** kısmı 1, 2, 3 ve 4 nolu sprinklerleri besleyeceğinden taşıyacağı 60lt/dk debi için Ø40 çap seçilmiştir. Bu borudan geçecek 60 lt/dk debi için tablodan basınç kaybı j 0,0394 mSS okunur. d kısmının uzunluğu 5m olduğuna ve d kısmından iki tane bulunduğu göre, basınç kaybı tablosunda uzunluk 2·5 m=10 m yazılır. Boru uzunluğu 10 m ile bir metre borudaki basınç kaybı 0,0394 çarpılarak 0,394 mSS basınç kaybı elde edilir.

Zonun **e** kısmı 8 adet sprinkleri besleyeceğinden taşıyacağı debi 120lt/dk için Ø50 çap seçilmiştir. Bu borudan geçecek debi 120 lt/dk olduğu için tablodan basınç kaybı j 0,0474 mSS okunur. e kısmının uzunluğu 10 m olduğuna göre, boru uzunluğu 10 m ile bir metre borudaki basınç kaybı 0,0474 çarpılarak 0,474 mSS basınç kaybı elde edilir.

Her kısım için hesaplanan basınç kayıpları toplanarak toplam boru basınç kaybının 5,86 mSS olduğu bulunur.

8.2. Eğimli Alanda Basınç Kaybı Hesabı

Alan eğimli ise veya makine dairesi bodrum katında ise kot farkından kaynaklanan basınç artışı veya azalışı söz konusu olur. Kot farkı azaldığında (aşağı doğru) basınç artışı, arttığında (yukarı doğru) basınç azalması meydana gelir. İki nokta arasındaki kot farkı örneğin 6m ise bu iki nokta arasında 6 mSS (=0,6 bar) basınç farkı meydana gelir. Aşağı yönde bu basınç farkı boru giriş basıncına eklenir, yukarı yönde çıkarılır.

8.3. Zon İçindeki Kabul Edilebilir Basınç Farklılıkları

Sulama sisteminde bir zonda ilk sprinkler ile son sprinkler arasındaki basınç farkının/azalmanın meydana gelmesi, sprinklerin

sulama yarıçapında ve debisinde azalma meydana getirmektedir. Melby (1995) zondaki ilk sprinklerle son sprinkler arasındaki basınç farkının en fazla % 20 olmasını önermektedir.

8.4. Lup Sisteminde Basınç Kaybı Hesabı

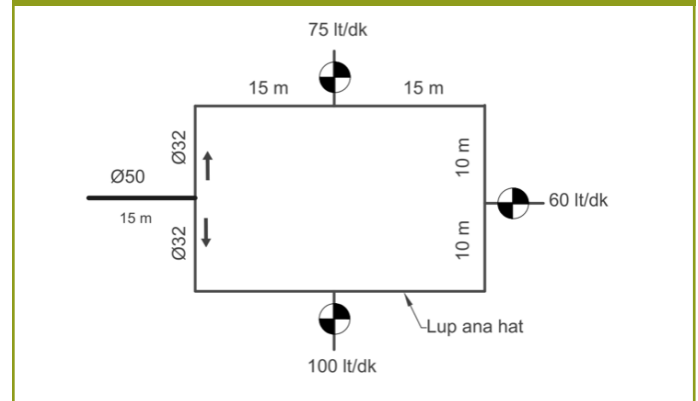
Lup sisteminde basınç kaybı şöyle hesaplanır: Lup besleme hattının basınç kaybı dal sistemindeki gibi hesaplanır. Lupun besleme noktasından başlayarak akımın ikiye bölündüğü, akımın yarısının lupun bir koluna, diğer yarısının diğer koluna gittiği kabul edilir (Şekil 8.2). Dolayısıyla lup boru çapı lupa bağlı olan en büyük zonun debisinin yarısını taşıyacak çapta olmalıdır. Lup besleme borusunun çapı luptaki en büyük zonun debisini taşıyacak çapta olmalıdır.

Lup boru basınç kaybına esas boru uzunluğu olarak lupun boru uzunluğunun yarısı alınır. Elde edilen basınç kaybı lupun tamamı için geçerlidir.

Lupun başlangıç ve orta noktalarına birer ayırma vanası konması, bir kolda arıza meydana geldiğinde diğer kolun sulamayı sürdürmesine imkân verir.

Şekil 8.2

Bir lup ve kısımları



Şekil 8.2'deki lupta, üç adet zondan en büyüğü 100 lt/dk debiye sahiptir. Bu durumda besleme hattının çapı Çizelge 8.1'e göre Ø50 olmalıdır. Besleme noktasından sonra debi ikiye bölüneceği için lupun iki kolundan birinin 50 lt/dk su taşıması gerektiği görülür. Çizelge 8.1'e göre lup ana hat boru çapının Ø32 olması gerektiği anlaşılır. Pompadan besleme noktasına kadar boru uzunluğu 15 m, lupun toplam uzunluğu 100 m'dir.

Lupun basınç kaybı değerleri Şekil 8.2'deki borudan geçen debiye göre Çizelge 8.1'de j sütunundan alınarak boru uzunluğu (100/2 = 50 m) ile çarpılır ve toplam basınç kaybının 5,27 mSS olduğu hesaplanır (Çizelge 8.3).

Çizelge 8.3

Şekil 8.2'deki lupun boru basınç kaybı tablosu

Lupun kısımları	Ø mm	Debi lt/dk	Uzunluk m	Basınç kaybı mSS	Toplam mSS
Pompadan lupa kadar olan ana hat	50	100	15	0,0343	0,51
Lup (100/2 m)	32	50	50	0,0953	4,76
Toplam					5,27

9. Vanalar

Vanalar sulama sistemine bağlanan, suyun akışını kontrol eden elemanlardır. Sulama sisteminde manuel ve uzaktan kumandalı (elektro) vanalar kullanılmaktadır.

9.1. Manuel Vanalar

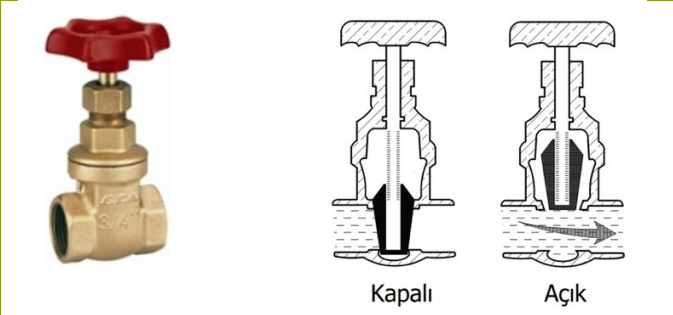
Sulama sisteminde en çok kullanılan manuel vanalar sürgülü, küresel, çek valf ve klapedir (Seçkin ve Çelik 2003). Sulama sisteminde manuel vanalar, sistemin bir zonunda arıza meydana geldiğinde veya bakım vb. bir işlem sırasında sadece o zonu ayırmak amacıyla kullanılır (Çelik 2005). Manuel vanalar bu amaçla elektro vanadan önce tesis edilir.

9.1.1. Sürgülü (Şiber) Vana

Bu tip vanaların pikten yapılmış olanına sürgülü, pirinçten yapılmış olanına da şiber vana denir. Sürgülü vanalarda, suyun geçtiği kesit, bu kesite uygun çaptaki bir pirinç disk ile açılır veya kapatılır. Genellikle büyük vanalar sürgülü tipte üretilir. Şiber vanalar, akışa daha az direnç göstermeleri, montaj boyunun daha kısa olması gibi üstünlüklerinin yanında sızdırmazlık özelliklerinin iyi olması ile tanınır (Şekil 9.1).

Şekil 9.1

Sürgülü vananın görünüşü (ECA) ve kesiti



Açıklama notu. Kesit Weinberg S.S. and Roberts J.M., 1988. Handbook of Landscape Architectural Construction Volume Three: Irrigation, Landscape Architecture Foundation, Washington D.C., USA kaynağından alınmıştır. Landscape Architecture Foundation [2023]'in izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

Reprinted with permission from: Weinberg S.S. and Roberts J.M., 1988: Handbook of Landscape Architectural Construction Volume Three: Irrigation, Landscape Architecture Foundation, Washington D.C., USA

9.1.2. Küresel Vana

Kolay açma-kapama ve sızdırmazlık özelliği nedeniyle tercih edilen vana tipidir. Gövdesi metal veya plastik, küresi metal olanlar tercih edilmektedir. Küresel vanada asıl eleman ortasında delik bulunan paslanmaz çelik bir küredir. Bu kürenin 90° dönüşüyle açık konumdan kapalı konuma geçilir. Bu vanalarda basınç kaybı fazladır; ancak bunlar daha ucuz ve küçük olmak gibi üstünlüklere sahiptir. Sulama sektöründe en çok tercih edilir ve her elektro vanadan önce sulama tesisatına ayırma vanası olarak bağlanır. Elektro vanada bir arıza meydana geldiği zaman küresel vana kapatılarak o zon devre dışı bırakılabilir ve diğer zonların çalışması

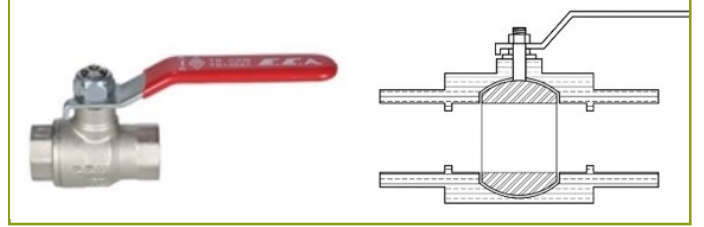
engellenmemiş olur (Şekil 9.2).

9.1.3. Çek Valf

Suyun bir yönde hareketine izin verirken ters yönde kapanarak suyun akışını önleyen vanaya çek valf denir (Şekil 9.3). Çek valfte hareketli bir disk, vananın (valfın) gövdesine menteşe ile bağlıdır. Çek valfler yapısal olarak farklı olabildikleri gibi tesisata bağlanış konumlarına göre de farklılık gösterebilir. Bazıları yatay çalışırken bazıları sadece düşey konumda çalışabilir. Çek valfler sulama sonucunda sprinkler çevresinde birikmiş ve kirlenmiş suyun su şebekesine geri akışını önlemek amacıyla kullanılır.

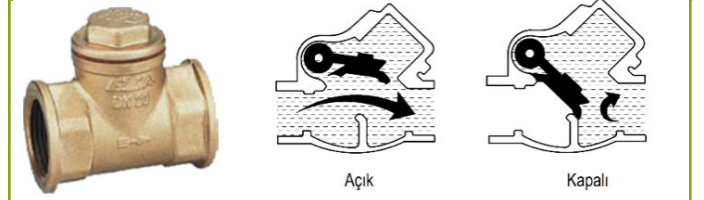
Şekil 9.2

Küresel vana görünüşü (ECA) ve kesiti.



Şekil 9.3

Çek valf görünüşü (ECA) ve kesiti



Açıklama notu. Weinberg S.S. and Roberts J.M., 1988. Handbook of Landscape Architectural Construction Volume Three: Irrigation, Landscape Architecture Foundation, Washington D.C., USA kaynağından alınmıştır. Landscape Architecture Foundation [2023]'in izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

Reprinted with permission from: Weinberg S.S. and Roberts J.M., 1988: Handbook of Landscape Architectural Construction Volume Three: Irrigation, Landscape Architecture Foundation, Washington D.C., USA

9.1.4. Klape

Klape santrifüj pompanın emme borusunun ucunda ve deponun içinde bulunur; kuyu çek valfi olarak da adlandırılır (Şekil 9.4). Santrifüj pompaların su basabilmesi için emme borusunun ve pompanın su ile dolu bulunması, diğer bir ifadeyle pompanın havasının alınmış olması gerekir. Klape kuyudan su çektikten sonra pompanın içindeki suyun boşalmasını engeller. Klape'nin bulunmadığı durumda pompanın havasını almak ve su basmak mümkün olmaz.

9.1.5. Kaplin Vana

Sulama sistemini yedeklemek, gerektiğinde elle sulamak, çevre temizliği ve benzeri amaçlar için ayrı bir sulama hattı yapılır. Bu amaçla kullanılan musluklara can suyu musluğu veya kaplin vana (quick coupling valve) denir. Kaplin vana toprak altında, bir vana kutusunun içinde bulunacağı için hem işlevsel hem de görsel ola-

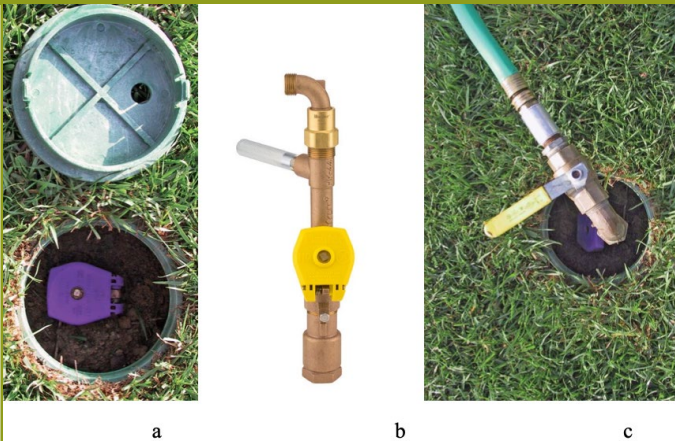
rak daha uygundur (Şekil 9.5). Peyzaj sulamada klasik bahçe musluğu kullanmak işlevsellik ve görsellik açısından tercih edilmez.

Şekil 9.4
Klape



Şekil 9.5.

a) Vana kutusu içinde kaplin vana, b) su alma anahtarı kaplin vana-ya takılı, c) anahtar kaplin vanaya takılı su almaya hazır.



Açıklama notu. Hunter 2024c. Photo Library, <https://www.hunter-industries.com/en-metric/photos> kaynağından alınmıştır. Hunter Industries firmasının izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

Kaplin vanalar uygun büyüklükteki bir vana kutusunun içinde alanda 20-30 m arayla kurulmaktadır. 30 m hortum uzunluğu için ¾", 50 m hortum uzunluğu için 1" kaplin vanalar önerilmektedir.

9.1.6 Hava Tahliye Vanaları

Hava tahliye vanaları daha çok damlama sulama sistemine kurulmaktadır. Boru ağında meydana gelen ve akışı bozan veya engelleyen hava kitlesinin boşaltılabilmesi için kullanılır (Şekil 9.6).

9.2 Elektro Vanalar

Sulama sisteminin otomatik olmasını sağlayan iki araçtan biri elektro vana, diğeri ise kontrolördür. Kontrolörden elektro vana-ya açıl emri -elektrik- geldiği zaman normalde kapalı olan elektro vana açılır ve sulama başlar. Sulama süresince kontrolörden elektrik gelir. Sulama süresi bitince kontrolör elektriği keser ve vana kapanmaya başlar. Elektro vananın kapalı kalmasını sağlayan suyun statik basıncıdır. Elektro vanalar sprinklerlerin bağlı olduğu bir zonun sulanmasını sağlar.

Şekil 9.6.

Hava tahliye vanası



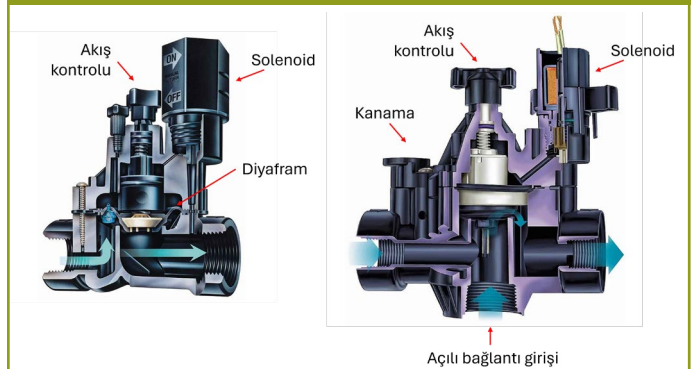
Açıklama notu. Hunter 2021. Hunter 2021 Ürün Kataloğu, www.hunterindustries.com kaynağından alınmıştır. Hunter Industries firmasının izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

220 volt elektriğin insanlar ve diğer canlılar için ölümcül olmasından dolayı sulama sektörü ürünleri 24 volt **alternatif akıma** göre üretmektedir. Vanaya otomatik olma özelliği kazandıran üzerindeki **solenoid** diye adlandırılan elektro mıknatıstır (Şekil 9.7a ve b). Kontrolörden akım geldiği zaman solenoid elektro mıknatıs haline gelir, içindeki bir pistonu yukarı çeker ve vana açılmaya başlar (Şekil 9.8).

Elektro vanalar glob veya açılı tipte üretilirler. Ana hat ile lateral hat aynı düzlemdeyse glob vana kullanılır (Şekil 9.7a), ana hat derindeyse açılı elektro vana kullanılır ve vana altındaki ağızdan beslenir (Şekil 9.7b).

Şekil 9.7a-b

a ve b. Glob ve açılı elektro vananın kısımları,



Açıklama notu. Rain Bird 2023. Uluslararası Peyzaj Sulama Ürünleri 2023 Kataloğu, https://www.rainbird.com/sites/default/files/media/documents/2023-01/2023_intl_turf_catalog_tr_hqpc.pdf kaynağından alınmıştır. Rain Bird firmasının (2024) izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

Akış kontrolü amacıyla çoğu elektro vananın üzerinde bulunan el-ciklerle akış azaltılabilir.

Elektro vanada, solenoidin altına basınç düşürücü bağlanabilir (Bkz. Bölüm 18.6).

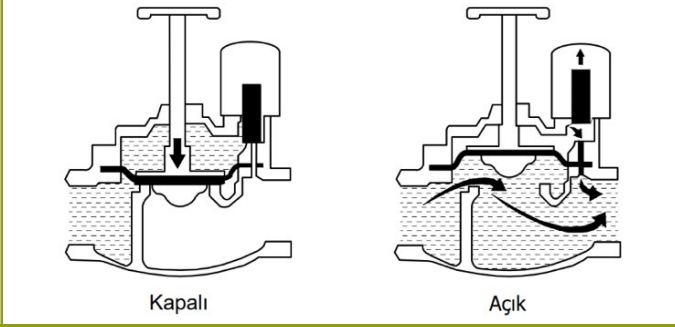
9.3. Pili ve Güneş Enerjili Vanalar

Elektriğin bulunmadığı veya taşınmadığı, kablolama için beton,

asfalt gibi yüzeyleri kesmek gerektiği veya izin alınamadığı alanlarda 9 volt pille çalışan elektro vanalar kullanılabilir. Pilleri vanalarda doğru akımla çalışan farklı bir solenoid (latching solenoid) kullanmak gerekir. Bu alanlarda kullanılan pilli kontrolör vananın açılması ve kapanması için akım gönderir (Şekil 9.9). Kontrolör güneş enerjili ise şarj edilebilir pil kullanılması gerekir.

Şekil 9.8.

Elektro vananın çalışması (kesit)



Açıklama notu. Weinberg S.S. and Roberts J.M., 1988. Handbook of Landscape Architectural Construction Volume Three: Irrigation, Landscape Architecture Foundation, Washington D.C., USA kaynağından alınmıştır. Landscape Architecture Foundation (2023) tarafından yayın izni verilmiştir. © Her hakkı saklıdır. Reprinted with permission from: Weinberg S.S. and Roberts J.M., 1988: Handbook of Landscape Architectural Construction Volume Three: Irrigation, Landscape Architecture Foundation, Washington D.C., USA

Şekil 9.9.

Pilli kontrolör ve doğru akımla çalışan solenoid.



Açıklama notu. Resimler Hunter 2023. Hunter 2023 Ürün Kataloğu, www.hunterindustries.com kaynağından alınmıştır. Hunter Industries firmasının izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

9.4. Elektro Vana Seçimi

Elektro vana aşağıdaki ölçütler dikkate alınarak seçilir (Rain Bird 2001):

- Vanadaki basınç kaybı ana hattaki statik basıncın % 10'undan az olmalıdır
- Vananın çapı besleme borusuyla aynı veya en fazla bir kademe alt çapta olmalıdır.
- Vananın çapı lateralın borularından büyük çapta olmamalıdır.

Elektro vana seçiminde alanda kablo döşeme ile ilgili bir fiziksel

veya mali bir engelin olup olmadığı da incelenmelidir.

Zon debisi ve besleme borusunun çapı belirlendikten sonra, bu debi ve çapa uygun elektro vana üretici firmanın performans tablosundan seçilir (Şekil 9.10). Elektro vana tipleri ve çapları firmaların verdiği bir kodla tanımlanmaktadır. Şekil 9.10'daki 100-PGA tanımındaki 100 rakamı, elektro vananın çapının bir parmak veya 32 mm olduğunu gösterir (1", Ø32), 150-PGA ise 1,5" çapına sahiptir.

Şekil 9.10.

Glob (küresel) ve açılı elektro vana performans tablosu

PGA Serisi Vana Basınç Kaybı (bar)

Akış m ³ /sa	Akış l/dk	100-PGA Küresel 2,5 cm	100-PGA Açık 2,5 cm	150-PGA Küresel 3,8 cm	150-PGA Açık 3,8 cm	200-PGA Küresel 5,1 cm	200-PGA Açık 5,1 cm
0,5	7,6	0,35	0,30	-	-	-	-
1,2	20	0,38	0,35	-	-	-	-
3	50	0,41	0,38	-	-	-	-
6	100	0,43	0,38	0,10	0,07	-	-
9	150	0,48	0,51	0,22	0,14	0,08	0,07
12	200	-	-	0,38	0,23	0,12	0,10
15	250	-	-	0,61	0,36	0,17	0,13
18	300	-	-	0,86	0,51	0,24	0,18
21	350	-	-	1,16	0,70	0,33	0,23
24	400	-	-	-	-	0,43	0,23
27	450	-	-	-	-	0,54	0,30
30	500	-	-	-	-	0,66	0,36
34	568	-	-	-	-	0,83	0,45

Açıklama notu. Rain Bird 2023. Uluslararası Peyzaj Sulama Ürünleri 2023 Kataloğu, https://www.rainbird.com/sites/default/files/media/documents/2023-01/2023_intl_turf_catalog_tr_hqpc.pdf kaynağından alınmıştır. Rain Bird firmasının (2024) izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

Daha sonra seçilen vananın basınç kaybına bakılır. Zonun debisi örneğin 6 m³/sa ise besleme borusunun çapı 50 mm olacağı için 150-PGA veya 100-PGA seçilebilir. Bir alt çap kademesindeki elektro vana 100-PGA daha ucuzdur ama 6 m³/sa debide basınç kaybı 0,43 bar olacaktır (Şekil 9.10). Proje alanında mevcut olan bir hidroforun kullanılması gerekiyorsa ve bu basınç kaybı hidroforun karakteristiklerine fazla geliyorsa o zaman bir üst çaptaki 150-PGA elektro vanaya geçilebilir. Bu vananın 6 bar debideki basınç kaybı 0,10 bardır.

Ana hat derinde, lateral daha yukarıda ise açılı elektro vanalar kullanılabilir. Açılı vanaların vana basınç kaybı glob vanalara göre daha düşüktür (Şekil 9.10).

Alanda kablolama ile ilgili bir engel varsa 9 v DC (doğru akım) solenoidli pilli vana kullanılmalıdır.

9.5. Elektro Vana Kutusu ve Yer Seçimi

Elektro vanalar bitmiş zemin kotunun altına, üst kotu zeminle aynı olan vana kutularının içine yerleştirilir. Tek vana için veya birden fazla vana için farklı vana kutuları bulunmaktadır.

Elektro vanalar bakım ve onarım için ulaşılabilir bir konuma yerleştirilmelidir. Akışın ve lateral boru boyutlarının dengeli olması

için elektro vanalar sprinkler grubunun ortasında yer almalıdır. (Rain Bird 2001)

Elektro vana kontrol amacıyla açıldığında çalışması görülebilecek ve kontrol eden kişiyi islatmayacak şekilde konumlandırılmalıdır (Melby 1995).

Özellikle halkın yoğun kullandığı alanlarda vandalizme (tahrip) karşı elektro vana kutularını göze çarpacak yerlere, kaldırım kenarlarına yerleştirmemek gerekir. Elektro vana kutularının üst düzeyi çimle hemzemin olmalıdır, aksi halde toprağın içinde kalacağı için siyah renkte üretilen gövde görüntüsü ortaya çıkmaktadır, bu çıkıntı birinin takılarak düşmesine neden olabilir, çevresinde su almayan yerler oluşabilir, alanda çim biçilmesini zorlaştırır ve çim biçme makinesi hem kutuya hem kendi bıçağına zarar verebilir (Şekil 9.11).

Şekil 9.11

Yanlış olarak yüksek yerleştirilmiş ve biri tahrip olmuş vana kutusu

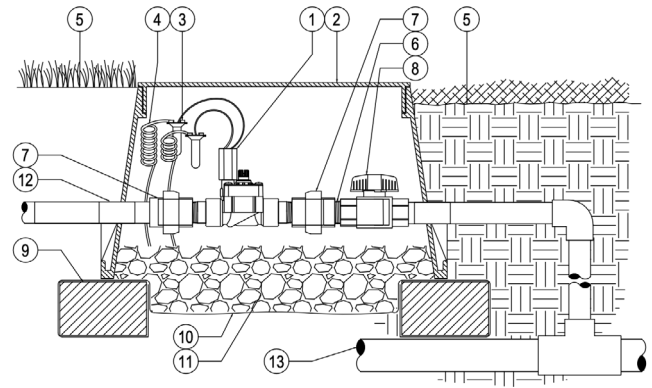


Vana kutusu açılan bir çukura yerleştirilir. Bu çukurun iç yüzeyi jeotekstil ile kaplanmalı, tabanı drenaj amacıyla çakıl veya ince-açık renkli mıcır ile 5-10 cm kalınlığında bir tabaka halinde döşenmelidir. Bu şekilde yağışlı dönemlerde kutuda biriken su elektro vanayı ve kabloları çamur içinde bırakmadan drene olabilir (Şekil 9.12).

Bir vana için yuvarlak vana kutusu, birden fazla vana için dikdörtgen vana kutusu kullanılır (Şekil 9.11). Vana kutusu içinde birden fazla elektro vana olduğunda, vanalar bir kolektöre bağlanır. Kolektörle elektro vana arasına bir küresel vana bağlanması, bir arıza durumunda o zonun küresel vana ile kapatılmasına ve diğer vanaların çalışmasına imkânı verir (Şekil 9.13).

Şekil 9.12.

Vana, vana kutusu, kablo bağlantısı, küresel vana ve drenaj detayı



- | | |
|-----------------------------|---|
| 1. Elektro vana | 8. Adaptör |
| 2. Vana kutusu | 9. Tuğla destek |
| 3. Bağlantı parçası | 10. Jeotekstil |
| 4. Kontrolörden gelen kablo | 11. Ø2 cm yıkanmış çakıl,
10 cm derinlik |
| 5. Bitmiş zemin | 12. Lateral boru |
| 6. Nipel | 13. Ana hat |
| 7. Ayırma vanası | |

Açıklama notu. Hunter 2022. Document Library, [https://www.hunterindustries.com/documents/?f\[0\]=im_field_product_line:34&f\[1\]=im_field_product_type:225](https://www.hunterindustries.com/documents/?f[0]=im_field_product_line:34&f[1]=im_field_product_type:225) kaynağından alınmıştır. Hunter Industries firmasının izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

Şekil 9.13.

Elektro vana kolektör bağlantı detayı



Açıklama notu. Rain Bird 2006. Landscape Irrigation Products 2006-2007 Catalog, https://www.schumacherirrigation.com/files/Rainbird_Turf_Catalog_2006-2007.pdf kaynağından düzenlenerek alınmıştır. Rain Bird firmasının (2024) izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

10. Kontrolörler

Kontrolör sulama sisteminin beynidir, sistemin ne zaman açılacağını ne kadar çalışacağını sisteme -elektro vana- kontrolör bildirir. Kontrolör elektro vana bir elektrik mesajı (akım, sinyal) gönderir ve elektro vana açılır. Kontrolör akımı kestiğinde ise elektro vana kapanır.

Kontrolörler ev bahçeleri, ticari ve endüstriyel alanlar için 24 volt alternatif akımla ve 9 volt pille çalışan tipte üretilmektedir. **Pilli kontrolör**lerin yetenekleri her geçen gün elektrikli olanlara yaklaşmaktadır. Kontrolörlerin elle, uzaktan kontrol araçlarıyla veya cep telefonlarıyla kumanda edilebilen, wi-fi, bluetooth veya long range (LoRa) gibi kablosuz iletişim sistemlerini kullanabilen tipleri de bulunmaktadır. Pilli kontrolörler kablolu için geçilmesi/kesilmesi gereken yüzeylerden ve mesafelerden dolayı maliyet üstünlüğü yaratabilir.

Pille çalışan bir kontrolör için kontrolörde pille çalışan bir solenoid kullanılması gerekir. Kontrolör vananın açılması için akım gönderir ve elektro vana açılır, sistem sulamaya başlar. Zonun çalışma süresi sona erdiğinde, kontrolör solenoidi kapatan ve su akışını durduran başka bir akım gönderir.

Bazı kontrolörlerde programlama için sadece sayısal ekran ve tuşlar bulunurken, bazılarında ise ayarlar arasında geçişte kullanılan bir düğme bulunmaktadır (Şekil 10.1). Kontrolörlerde tarih-zaman ayarı, başlama zamanı, çalışma süresi, programlar, istasyonlar, manuel çalıştırma, mevsimlik ayar, aralıklı sulama ve sistemi kapatma gibi özellikler bulunur. Kontrolör sektöründe zon yerine istasyon terimi kullanılmaktadır. Kontrolörlerin istasyon sayıları da farklıdır, bazı kontrolörlerde istasyon sayısını artırmak için röleler kullanılabilir. İstasyon sayısı çift kablo (dekoder) sisteminde de fazla olabilir.

Kontrolöre yağmur, rüzgâr, don, akış vd. birçok sensör ile ana vana, pompa ve aydınlatma sistemi de bağlanabilir.

Ancak her kontrolörde bu özelliklerin hepsi bulunmaz, dolayısıyla hangi özellikler isteniyorsa, hangi sensör veya sistem bağlanacaksa o özelliklere sahip kontrolör seçilmelidir.

Uzaktan programlamaya elverişli olanlardan basitlerine kadar geniş bir yelpazede tipleri olan kontrolörlerin yaygın özellikleri standart bir kontrolör üzerinde (Şekil 10.1) aşağıda açıklanmıştır:

10.1.Tarih-Saat Ayarı (Date/Time)

Günümüzde birçok elektronik araçta, örneğin cep telefonunda, ilk kullanımdan önce tarih ve saatin ayarlandığı gibi, kontrolörlerde de önce tarih ve saat ayarlanmalıdır. Düğme ile kontrolörü tarih/saat ayarı sekmesine getirip tuşlarla ayar gerçekleştirilir (Şekil 10.1a).

10.2.Başlama Zamanı (Start Times)

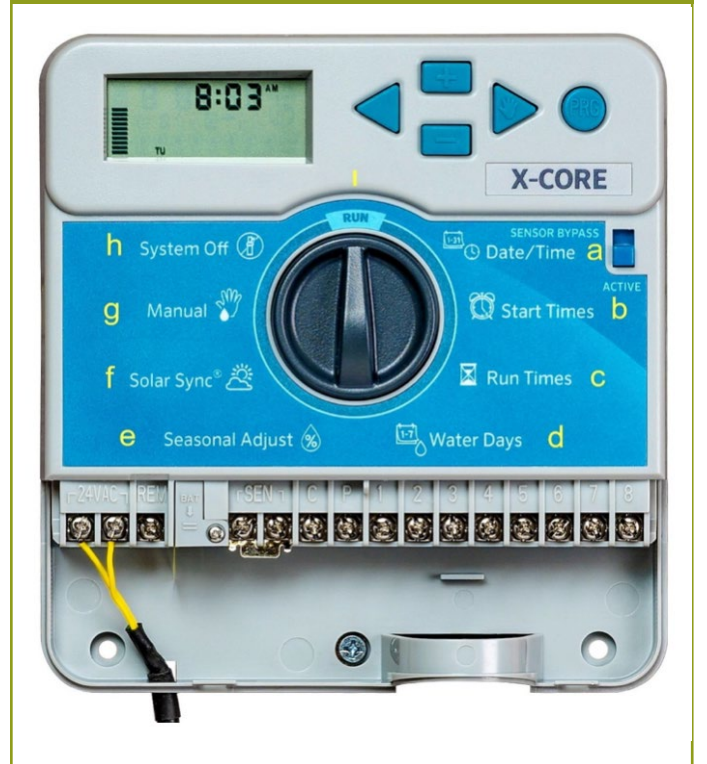
Bir alandaki sulama sisteminin güneş yükselmeden önce alanı sulaması için sulamanın uygun bir saatte başlaması gerekir. Kontrolörlerde birinci istasyon için bir başlama zamanı belirlendikten sonra, kontrolör diğer zonları sırayla açmaktadır. Bazı kontrolörlerde ise her zonun başlama zamanını kontrolöre ayrı ayrı yazmak gerekmektedir. Kontrolörün farklı başlama zamanı özelliği bulun-

ması, özellikle çim çimlenme döneminde gün içinde birden fazla sayıda çalışması gerektiği için önemlidir. Öte yandan infiltrasyon oranı düşük olan topraklarda aralıklı sulama için de (Bkz. Bölüm 5.2) birden fazla başlama zamanı bulunması gereklidir (Şekil 10.1b). Bazı kontrolörlerde 8'e kadar başlama zamanı veya birden fazla vana başlatma özelliği bulunmaktadır.

10.3. Çalışma Süresi (Run Times)

Tasarım sürecinde her zonun çalışma süresi hesaplanır ve kontrolörde ilgili zon seçilerek çalışma süresi yazılır. Kontrolörlerin çalışma süreleri 1 dakika-12 saat arasında olabilir, 96 saat olanları da vardır (Şekil 10.1c).

Şekil 10.1
Standart kontrolör



Açıklama notu. Hunter 2021. Hunter 2021 Ürün Kataloğu, www.hunterindustries.com. kaynağından alınmıştır. Hunter Industries firmasının izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

10.4. Sulama Günleri (Water Days)

Sulama günleri sekmesinde sistemin haftanın hangi günleri çalışacağı belirlenerek kontrolöre yazılabilir (Şekil 10.1d). Bazı kontrolörler haftalık, bazıları 15 günlük üretilmiştir. 15 günlük olanlara ayın tek günlerinde sulama komutu yazılabilir.

Çim yeni ekildiğinde günde birkaç kere sulama gerekirken, çim yeterince geliştikten sonra derin kök gelişmesini teşvik etmek amacıyla gün aşırı veya daha uzun aralıklı sulama bu özellik aracılığıyla planlanır. Diğer bitkilerin de her gün sulanması yerine iki-üç günde bir iki-üç günlük suyun verilmesi -toprak türü elverişli ise- bitkinin derin kök geliştirmesi, daha sağlıklı olması ve küçük su streslerine dayanması açısından önemlidir (Bkz. Bölüm 5.3).

10.5. Mevsimlik Ayar (*Seasonal Adjust*)

Sulama mevsimi genellikle nisan-mayıs aylarında başlayıp eylül-ekim aylarında bitmektedir. Ancak sulama mevsimi boyunca bitkilerin su isteği eşit değildir; nisanda daha az, haziran, temmuz ve ağustos aylarında fazla, eylül ve ekimde daha azdır. Dolayısıyla sulama mevsimi başında, ortasında ve sonunda sulama sürelerini bitkinin su isteğine göre ayarlamak gerekir. Özellikle zon sayısı fazla olan alanlarda her zonanın çalışma süresini sulama mevsiminin başında, ortasında ve sonunda olmak üzere 3-5 kez tek tek ayarlamak büyük bir yüküdür. Bu yükü hafifletmek amacıyla kontrolörlerde mevsimlik ayar sekmesi (üreticiler su bütçesi vd. farklı isimler vermektedir) bulunmaktadır. Bu ayar ile sulama süresini % 0-200 arasında belirlemek mümkündür. Mevsimlik ayar, örneğin bitkilerin su isteğinin (ET) en yüksek olduğu ayı/dönemi %100 kabul edersek, nisan ayında bu ET değerinin yarısı kadar su vermek yeterliyse, mevsimlik ayar %100'den %50'ye düşürüldüğünde, bütün zonların sulama süresi yarıya düşmektedir. Bu özellik hem uygulamacının hem de işverenin işini kolaylaştırmaktadır (Şekil 10.1e).

10.6. Güneşlenme Ayarı (*Solar-Sync*)

Solar-Sync ayarı, mevsimlik ayarı otomatik olarak sağlayan bir özelliktir. Ancak bu özellikten yararlanmak için solar-sync sensörünün kontrolöre bağlanabilmesi gerekir. Sensör son 3 günlük ET verisini kullanarak günlük çalışma süresini ayarlar. Bu şekilde doğru mevsimsel ayarı sağlar, elle mevsimlik ayar işlemi ortadan kaldırır (Şekil 10.1f).

10.7. Elle Çalıştırma (*Manual*)

Bakım amacıyla sistemi belli aralıklarla günün herhangi bir saatinde elle açıp tek tek veya sırayla çalıştırmak ve sprinklerlerin düzgün çalışıp çalışmadığını kontrol etmek gerekir. Bu amaçla elle (manuel) çalıştırma ayarı kullanılır (Şekil 10.1g).

10.8. Açma Kapama (*System Off*)

Sulamanın gerekmediği kış mevsiminde veya yağışlı bir dönemde sistemi elle kapatmak için kullanılır (Şekil 10.1h).

10.9. Çalışma (*Run*)

Sulama mevsimi başladığında düğme bu konuma getirilir ve sulama sistemi çalışmaya başlar. Kontrolöre bağlı bir solar-sync (Bkz. Bölüm 10.6), yağmur, nem vb. sensör bulunduğunda kontrolörü kapatmaya gerek yoktur. Sensörler toprakta yeterli nem bulunduğunda sistemin açılmasına izin vermez (Şekil 10.2/3).

10.10. Programlar

Bir program, aynı günde çalışacak olan istasyonların sulama izlencesi veya bir dizi sulama emridir. Kontrolör programlanırken istasyonların çalışacağı günler, günün hangi saatinde sulamaya başlayacağı ve sulama süresi belirlenir. Tek programlı kontrolör ile birbirinden farklı sürelerle sulanan çim için ayrı, çalı için ayrı sulama planı yapmak mümkün olmaz. Kontrolörde birden fazla program varsa, bir programla çimi her gün sularken diğer programla çalılar gün aşırı sulamak mümkün olabilir. Çimin ve çalılarının etkili kök derinliklerinin aynı olmamasından dolayı sulama sıklığının da farklı olması gerekir. Bu gereksinimi karşılamak üzere

re 3-4 programlı kontrolörler yaygındır.

10.11. Vana Bağlantı İstasyonları

Kontrolörün alt tarafında elektrik bağlantı yuvaları bulunmaktadır. Kontrolör seçilirken sulama alanındaki zon sayısı kadar istasyonu bulunmasına dikkat edilmelidir. Şekil 10.2/4'te C ile gösterilen bağlantı yuvası nötr için ayrılmıştır (C=common), rakam ile belirtilmiş olan diğer yuvalar (1, 2, 3...) fazlar için ayrılmıştır. Her elektro vananın bir kablosu kontrolörün C yuvasına, diğeri numara ile belirtilen faz yuvalardan birine bağlanır. Sulama alanındaki vanalara nötr ortak bir kabloyla taşınır, faz her elektro vana için ayrıdır (Şekil 10.2/6). Standart kontrolörlerde istasyon sayısı genellikle 6-12 arasındadır ancak 240'a ulaşan kontrolörler de üretilmektedir.

Şekil 10.2

Kontrolörün kablo bağlantı bölümü



Açıklama notu. Hunter 2021. Hunter 2021 Ürün Kataloğu, www.hunterindustries.com. kaynağından alınmıştır. Hunter Industries firmasının izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

10.12. Hafıza Koruma Pili

Elektrikli kontrolörlerde, girilen bilgilerin elektrik kesildiğinde hafızadan silinmemesi için dâhili bir pil (düğme veya kalem) kullanılmaktadır (Şekil 10.2/2). Bu pillerin kontrolörün çalışmasında işlevleri yoktur. Ancak pilli kontrolörlerde, kontrolörün çalışması ve hafıza için 9 voltluk piller kullanılmaktadır.

10.13. Transformatör

Sulama sistemi, can güvenliği açısından alçak gerilimle, 24 volt alternatif akımla (24 VAC) çalıştırılmaktadır. Bu amaçla 220 volt akım bir transformatör (Şekil 10.4) aracılığıyla 24 VAC'ye düşürülür ve 1 nolu yuvaya bağlanır (10.2/1). Hangi elektro vana açılacaksa, kontrolör o elektro vanaya bir sinyal, 24 VAC bir elektrik akımı gönderir ve vana açılır.

10.14. Sensör Bağlantısı

Sulama sisteminin daha otomatik olması için sensörler kullanılır. Bu amaçla kontrolör ısmarlanırken kullanılacak sensör sayısına uygun tipi seçmek gerekir. Konut tipi kontrolörler genellikle yağmur sensörü bağlamaya elverişlidir (Şekil 10.2/3). Kontrolör tipine göre birden fazla sensör bağlama olanağı bulunmaktadır.

10.15. Pompa Bağlantısı

Sulama sistemlerinde pompanın açılması için iki seçenek vardır.

Bunlardan biri kontrolörde bulunan pompa devresi (Şekil 10.2/5), diğeri hidrofordur. Hidrofor basınç gerektiğini kontrol panosundaki sensör aracılığıyla algılayarak çalışmaya başlar. Kontrolörün pompa devresini kullanarak pompanın yönetimi verimli olmadığı için önerilmemektedir. Ayrıca su darbesini de önlemesi bakımından pompa devresi yerine hidrofor kullanmak daha doğru bir seçimdir.

10.16. Ana Vana Bağlantısı

Bir sulama alanında dört zon varsa, bu zonların elektro vanalarından önce bir ana vana (master valve) yerleştirilmektedir. Ana vananın amacı diğeri vanalarda bir arıza meydana geldiğinde suyun boş yere akmasını önlemektir. Kontrolör sulamayı başlattığında zon vanasıyla birlikte ana vanayı da açmaktadır.

10.17. Aydınlatma Bağlantısı

Kontrolörün bahçedeki aydınlatmayı ve güvenliği de kontrol etmesi isteniyorsa, buna imkân sağlayan devresi bulunan bir kontrolör tipinin seçilmesi gerekir.

10.18. Ana-Yan Kontrolörler

Golf sahası veya büyük parklarda, alandaki ikincil kontrolörleri

kontrol eden bir ana kontrolör bulunabilir. Ana kontrolör izin vermeden yan kontrolörler çalışmaz. Örneğin yağmur yağdığında, ana kontrolör bir hava istasyonu yardımıyla yağmuru algılar ve yan kontrolörlerin çalışmasına izin vermez.

10.19. Sensörler

Sulama sisteminin olumsuz koşullarda ve gereksiz çalışmasını önlemek amacıyla sensörler kullanılır. Sensörler göreviyle ilgili bilgiyi toplayarak durumu kontrolöre bildirir, kontrolör de bilgiye göre -genellikle- sulamayı durdurur. Yağmur, nem, sıcaklık, don, güneş radyasyonu, rüzgâr hızı ve yönü, su basıncı, akış, akım ölçme, ET ölçme vd. sensörleri kontrolöre kablolu veya kablosuz olarak bağlanabilmektedir.

Yağmur sensörleri genellikle çatıya bağlanmakta, bitkilerin su gereksinimini karşılayacak düzeyde yağmur yağarsa sulamayı durdurmakta, buharlaşma sonucunda sulama gereksinimi meydana gelince sistemi tekrar açmaktadır (Şekil 10.3a).

Metal (Şekil 10.3b) ve jips **nem sensörleri** toprağa tamamen, tansiyometreler (Şekil 10.3c) kısmen gömülmekte ve topraktaki nemi kontrol etmektedir. Toprakta yeterli nem bulunduğu sürece sistemi açılmasına izin vermemektedirler.

Şekil 10.3a-e

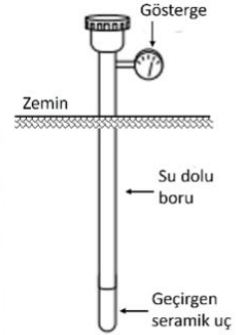
Sensörler: a. yağmur, b. metal nem, c. tansiyometre, d. hava istasyonu (rüzgâr, yağmur ve don sensörü bir arada), e. akış sensörü



a



b



c



d



e

Açıklama notu. a, b, d ve e Hunter 2024c. Photo Library, <https://www.hunterindustries.com/en-metric/photos> kaynağından alınmıştır. Hunter Industries firmasının izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır

Rüzgâr sensörü, rüzgâr hızı belli bir sınırı, örneğin 11 km/sa'ti aşınca sistemi kapatmaktadır. Bu hızdan fazla esen rüzgâr sulama desenini bozmaktadır.

Don sensörü hava sıcaklığı belirli bir sınırın, örneğin 3°'nin altına düştüğünde sulama sistemini kapatmaktadır.

Yağmur, don ve ET'yi ölçen sensör veya golf sahası gibi büyük alanlar için rüzgâr, yağmur ve don sensörlerini içeren **hava istasyonları** kullanılmaktadır (Şekil 10.3d).

Akış sensörü bir ana veya lateral hatta akışı ölçebilir, programlanmamış veya bir patlak vb. nedenle aşırı akış olursa su akışı durdurulabilir, alarm verebilir veya mesaj gönderebilir. Akış sensörüne

bir elektro vana bağlanarak arıza durumunda sistemin kapanması sağlanır (Şekil 10.3e).

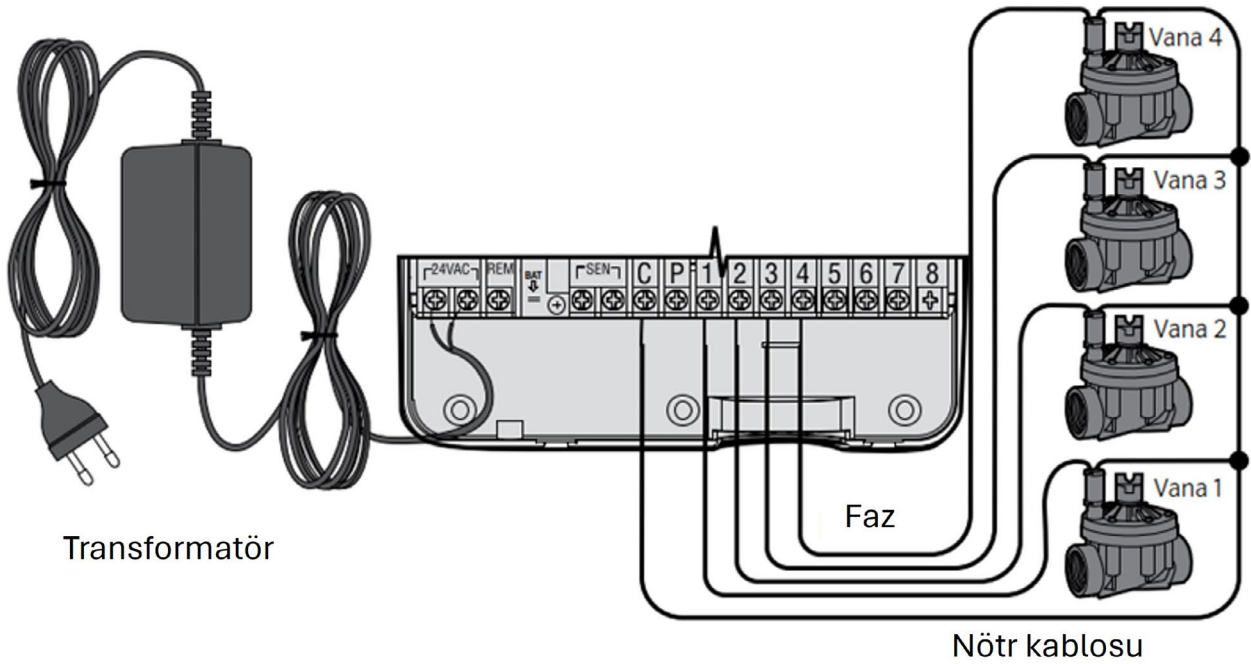
10.20. Kontrolörün Elektrik Bağlantısı ve Programlanması

Sulama sisteminde elektrik kontrolörden her vanaya bir **faz** kablosu ile taşınır. Devrenin sağlanması için her vanaya ayrı bir **nötr** kablosu çekilmez, ortak bir nötr kablosu ile kontrolöre bağlı elektro vanaların devresi tamamlanır (Şekil 10.4-10.5).

Elektro vanaya giden akım vananın üzerinde yer alan ve vananın otomatik olarak açılıp kapanmasını sağlayan **solenoid** olarak adlandırılan küçük bir elektro mıknatıs/bobine ulaşır. Solenoid, elektrik yükünü aldığı zaman, elektro-mıknatıs haline gelir ve vananın açılmasını sağlayan küçük silindiri (plunger) kaldırır.

Şekil 10.4

Dört ayrı vana için kablo bağlantı diyagramı, dört faz, bir nötr, solda 220 volt gerilimi 24 volt AC'ye düşüren transformatör



Açıklama notu. Hunter 2021. Hunter 2021 Ürün Kataloğu, www.hunterindustries.com kaynağından alınmıştır. Hunter Industries firmasının izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

Kontrolörün programlanması sırasında girilen temel bilgiler 10.1-10.5 başlıklarında anlatılmıştır. Ancak üreticisine ve tipine göre girilmesi gereken bilgiler değişebilir, dolayısıyla kontrolörün kullanım kılavuzuna göre programlanması gerekir.

10.21. Dekoder Sistemi

Zon sayısının fazla olduğu golf sahası, futbol sahası, büyük parklar, toplu konut alanları, sahil şeridi ve refüj gibi uzun mesafeye yayılmış yeşil alanlarda kontrolör elektro vana bağlantısı için çok sayıda kablo kullanılması gerekmektedir. Klasik kablo yöntemi ile yönetimi zor olan bu tür alanlarda dekoder sistemi kullanılmaktadır.

Kontrolör-elektro vana bağlantısının genellikle 2,5 mm² kesitli iki kablo ile sağlandığı sisteme dekoder sistemi denir. Sahada iki kablo dal sisteminde dolaşmakta, elektro vanalar kabloya bir dekoder aracılığıyla bağlanmaktadır. Kontrolörün bir vanaya gönderdiği mesaj (akım), bir dekoder (kod okuyucu) ile okunmakta ve o vana açılmaktadır (Şekil 10.6). Bu amaçla yeraltına gömülebilir nitelikte uygun kesitteki kablolar kullanılır (Bkz. Bölüm 11.1).

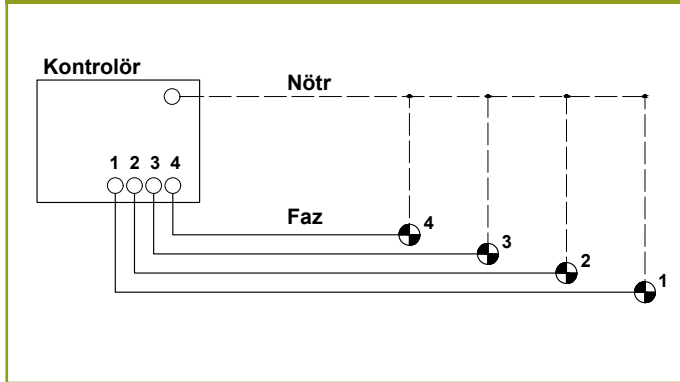
Dekoder sisteminin uzunluğu birkaç kilometreye, zon sayısı 240 adete ulaşabilmektedir.

10.22. Kontrolör Seçimi

Kontrolör seçiminde önce alanda elektrik enerjisinin bulunup bulunmadığı veya alana elektrik enerjisinin taşınıp taşınmayacağı incelenir, elektrik varsa elektrikli, yoksa pilli kontrolör seçilir. Otoyol şevlerinde, enerjiye uzak zonlarda, sert zemini keserek kablo çekmenin pahalı olduğu alanlarda pilli kontrolör kullanılabilir.

Şekil 10.5

Dört ayrı vana devresi için kablo planı, dört faz, bir ortak nötr



Kontrolörde ana seçim ölçütü sulama alanındaki zon sayısıdır. Sulama alanının büyüklüğüne göre ortaya çıkacak zon sayısı dikkate alınarak istasyon sayısı 4, 6, 8, 12...olan kontrolörler seçilmelidir. Sulama alanındaki zon sayısı zaman içinde artarsa, artışları rölelerle sağlayan bir kontrolör tipi seçilebilir. İstasyon sayısının fazla olduğu hipodrom, golf sahası vb. alanlarda dekoder sistemi veya kablosuz kontrolör kullanılabilir.

Kontrolör dış mekânda yerleştirilecekse kutulu model seçilmesi veya bir koruma kutusu içine alınması gerekir.

Standart kontrolörde bile bulunabilen pompa yuvasına bağlayarak pompa kullanmak çok başarılı olmadığı için, su darbesini önleme, düşük basınçlarda pompayı çalıştırmama vb. üstünlükleri nedeniyle hidrofor kullanımı daha doğrudur.

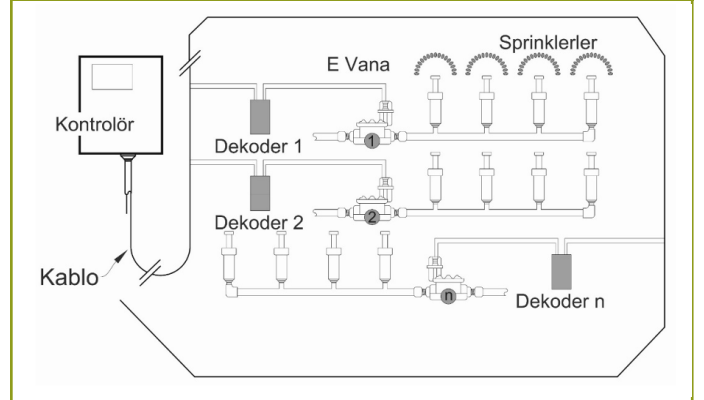
Aydınlatma ve güvenlik sistemi sulama kontrolörü aracılığıyla çalıştırılmak isteniyorsa, buna uygun kontrolör seçilmelidir.

Bir alanda sadece çim sulanacaksa, tek programlı bir kontrolör yeterli olabilir, ancak çim, çalı, ağaç vb. farklı sulama isteği olan bitkilerin bulunduğu bir alanda iki veya daha fazla programı olan kontrolör seçilmelidir.

Dekoder sisteminin yönetiminde bazen sorunlar yaşanmakta, kabloya veya dekodere zarar verilmektedir. Sistemde bir dekoder arıza yaptığında tüm sistem çalışmamaktadır. Bu nedenle tasarımcı yerine göre, Bluetooth, Wi-Fi, Long Range (LoRa) gibi bir kablosuz iletişimle çalışabilen uzun mesafeli (500-800 m) kontrolörler kullanılabilir. Bu sistemde merkezi bir vericinin sahadaki 5-10 adet kontrolöre kablosuz iletişimle hükmetmesi mümkündür. Bu şekilde 120 istasyona kadar çıkılabilen, maliyeti dekoder sisteme göre kabul edilebilir düzeyde olan çözümler bulunmaktadır. Bu sistemlerin bir birimde meydana gelen arıza sulama sisteminin o birime bağlı bölümünü etkilemektedir. Arızanın tespiti ve onarımı da daha kolaydır.

Şekil 10.6

Dekoder sistemi



Açıklama notu. Rain Bird 2018. ESPLXD_System Overview, https://www.rainbird.com/sites/default/files/media/documents/2018-05/ESPLXD_SystemOverview.pdf kaynağından düzenlenerek alınmıştır. Rain Bird firmasının [2024] izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

11. Elektro Vana Kablo Kesitinin Belirlenmesi

Sulama sisteminde bir kablo ile elektro vanaya elektrik akımı (sinyal) gönderilerek elektro vananın açılması, planlanan süre bittiğinde de akımın kesilerek elektro vananın kapanması sağlanır. Eğer kablo seçiminde sorun varsa tüm sistem çalışmaz hale gelebilir. Dolayısıyla kablo kontrolörün mesajını elektro vanaya tam olarak iletebilmelidir. Kontrolör ile elektro vanalar arasındaki mesafeye göre kontrolörden elektro vanalara giden kablo kesitinin belirlenmesi gerekir. Bu amaçla önce elektrikle ilgili bazı terimler aşağıda kısaca gözden geçirilmiştir.

11.1. Elektrik Terimleri

Kablo kesitinin belirlenmesi boru çapının belirlenmesine benzer bir işlemdir. Bazı elektrik terimleri de sulamadaki basınç ve debi terimleriyle benzerdir (Melby 1995).

Gerilim (Volt-U) Bir iletkenin uçları arasındaki gizil güç farkı, potansiyel farkına gerilim (voltaj) denir, birimi **volt**tur. Sulama sistemindeki basınçla benzerlik kurulduğunda (Melby 1995) elektriğin basıncıdır. Sulama sistemindeki basınç karşılık olarak elektriksel basınç gerilim denir. Sulama sisteminde 24 volt alternatif akım kullanılır. Bir transformatör yardımı ile şebeke gerilimi 230 volttan 24 volta (AC) düşürülür. Bunun gerekçesi yeraltına gömülen kablo kaza ile kesilirse veya vana kutusundaki kablo bağlantısında bir kaçak olursa 24 volt elektriğin insanlara ve hayvanlara zarar vermemesidir. Zarar vermeyen düzeydeki düşük gerilime **zayıf akım** denmektedir. Bu güvenlik önlemini ilke edinen sulama endüstrisi, elektrikle açılan vanaları 24 volt gerilimle çalışacak şekilde üretmektedir.

Akım şiddeti (Amper-I) Akım, bir noktadan birim zamanda geçen yük miktarıdır. **Amper** elektronların miktarını veya debisini ölçme birimidir, akımın şiddetidir. Akımın şiddeti su debisinin (Melby 1995) benzeridir. Solenoidi açmak için gerekli kalkış akımı (inrush current, 400 mA), açık tutmak için gerekli olan **tutma akımı** (holding current, 200 mA)'na göre daha fazladır. Kalkış ve tutma akımları vanaların tipine göre değişmekle birlikte bu sınırların içinde kalmaktadır.

Güç (watt-P) Bir saniyede yapılan işe güç denir, birimi **watt**'tır. Eğer gerilimin 230 volt olduğu bir elektrik şebekesinden 10 amper akım çekilirse 2300 watt güç harcanmış olur. Elektrik faturalarında ücretler kullanılmış olan elektriğin watt cinsinden miktarına (kW) göre hesaplanır.

Kablo elektrik akımını taşımakta kullanılan, genellikle bir bakır iletken ile iletkeni saran polimerik yalıtkan bir kılıftan oluşan bir araçtır. Tek damarlı veya çok damarlı olabilir. Çok damarlı kablolarda kabloları bir arada tutan dış kılıf bulunur (Şekil 11.1).

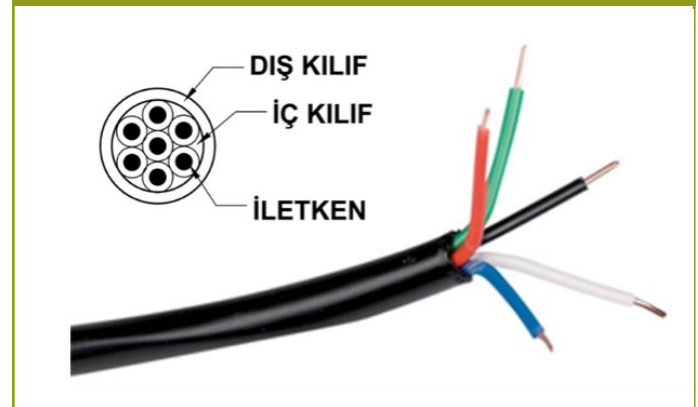
Sulama borusunun ölçüsü **çapı** iken elektrik kablusunun ölçüsü bakır iletkenin **kesit yüzeyi** (mm²)'dir. Melby (1995)'ye göre borunun çapı arttıkça taşıyabileceği su debisi arttığı gibi, elektrik kablusunun da kesiti arttıkça taşıyabileceği elektron miktarı/akım artar. Dolayısıyla kesitin taşınacak akıma göre belirlenmesi gerekir. Benzer şekilde su boruda taşınırken basınç kaybı meydana geldiği gibi, elektrik de kablo içinde taşınırken gerilim kaybı meydana gelir.

Bu nedenle kablo kesitinin en fazla 4 volt gerilim kaybı meydana gelecek şekilde belirlenmesi gerekir. Elektro vanalar 20 volt gerilimin altında açılmamaktadır.

Sulama sisteminde elektrik (sinyal) alçak gerilim kablosu ile yer altından taşınmaktadır, dolayısıyla kablunun yeraltına gömülebilir nitelikte olması gereklidir. Türk Standart Enstitüsü (TSE)'ne göre yeraltı kablosu sınıfı YV'dir (piyasada NYY)⁹. YV kablolar 1,5 mm² kesit yüzeyinden başlayarak üretilmektedir. Ancak bu kablo kesiti çoğu sulama projesi için büyük ve dolayısıyla pahalıdır. Bu nedenle önceleri ithal edilmekte olan 0,8 mm² kesit yüzeyindeki YV sulama kablosu çok damarlı (13 damara kadar) Türkiye'de de üretilmeye başlanmıştır. Damarlar hangi vananın kontrolördeki hangi istasyona bağlı olduğunu takip edebilmek için değişik renklerde (Şekil 11.1).

Şekil 11.1

Çok (beş) damarlı 0,8 mm² kesitli YV (NYY) sulama akım (sinyal) kablosu



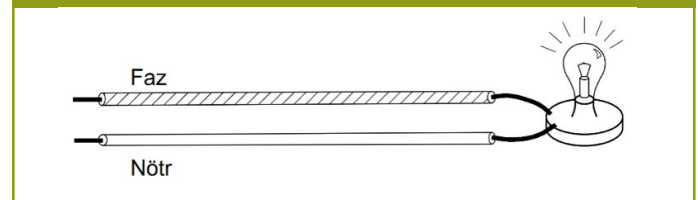
Açıklama notu. Rain Bird 2023. Uluslararası Peyzaj Sulama Ürünleri 2023 Kataloğu, https://www.rainbird.com/sites/default/files/media/documents/2023-01/2023_intl_turf_catalog_tr_hqpc.pdf kaynağından düzenlenerek alınmıştır Rain Bird firmasının (2024) izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

11.2. Elektrik Devreleri

Bir **elektrik devresi**, içinden geçen akımın tam bir döngü yapmasını sağlayan **faz ve nötr**¹⁰ kablolarından oluşan kapalı bir devredir (Şekil 11.2). Tüm elektrik devreleri elektriği ihtiyaç olan noktaya götürmek ve döndürmek için bir devre oluşturmalıdır. Faz ve nötr kablusunun sıyrılmaya vb. nedenle birbirine değmesine kısa devre denir. Kısa devre sistemin çalışmasını önler.

Şekil 11.2

Elektrik devresi



⁹YV kablusuna Alman Elektrik, Elektronik ve Bilgi Teknolojisi Enstitüsü (VDE)'nin verdiği kısaltma isim NYY'dir

¹⁰Kataloglarda nötr yerine ortak (İng. common) faz yerine iletken uç (İng. live, hot) terimleri de kullanılmaktadır.

11.3. Kablo Bağlantıları

Vana kutusu içindeki elektro vana ve kablo bağlantıları yılın yağışlı dönemlerinde ve vejetasyon döneminde sulamadan dolayı su içinde kalır. Kontrolörden gelen kablo ile elektro vana kablosunun bağlantısı iyi yalıtılmazsa ıslanır ve oksitlenir. Oksitlenen bağlantıdan akım geçmediği için sistemde arızaya neden olabilir. Bu nedenle kablo bağlantısını suya karşı yalıtımlı yapmak gerekir. Bu amaçla içinde reçine veya silikon gibi sıvı bir yalıtıcı malzeme bulunan bağlantı parçası kullanılmalıdır (Şekil 11.3, 11.4). Kabloların kılıfı sıyrılmış uçları bağlantı parçasının yüksüğü içine itilir, kablolar sabit tutulup yüksük çevrilir, bu şekilde kablo uçları birbirinin üzerine kıvrılmış olur. Yüksük kabloların geri çıkmasını da önler. Kablo yüksükle birlikte bağlantı parçasının içine itilir, bağlantı parçasının içindeki sıvı yalıtkan madde açık kablo kısmının üzerini kaplayarak sertleşir ve kablo bağlantısını neme karşı korur (Şekil 11.4).

Şekil 11.3

Kontrolörden gelen kablo (kırmızı beyaz) ve elektro vananın uzun bırakılan (kırmızı beyaz rulo kablo) kablosunun bağlantısında siyah su geçirmez bağlantı parçası kullanılmıştır.



Açıklama notu. Hunter 2023. Hunter 2023 Ürün Kataloğu, www.hunterindustries.com. kaynağından alınmıştır. Hunter Industries firmasının izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

11.4. Kablo Kesitinin Belirlenmesi

Elektro vana kablo kesitini etkileyen önemli unsurlar şunlardır (Rain Bird 2018b):

- Elektro vanadaki statik basınç,
- Kontrolör ile vana arasındaki uzaklık,
- Kabloda meydana gelecek gerilim düşümü,
- Kontrolördeki bir istasyona bağlanacak vana sayısı.

Kontrolör ile elektro vana arasında elektrik taşınırken aralık arttıkça gerilim düşer ve kablo kesiti yetersiz belirlenirse elektro vana açılmayabilir. Uzun kablolarda gerilim kaybını azaltmak için kablo kesitini artırmak gerekir. Uygun kablo kesiti, gerilim düşümü formülleri yardımıyla hesaplanabilir veya üreticilerin hazırladığı çizelgelerden yararlanılarak belirlenebilir. Çizelge 11.1 kontrolör ile vana arasındaki maksimum kablo uzunluğunu vermektedir.

Öte yandan elektro vanadaki statik basınç (su akışı yokken) arttıkça solenoidi harekete geçirmek için daha fazla akım, dolayısıyla daha büyük kablo kesiti gerekir.

Kontrolördeki bir istasyona bağlanacak elektro vana sayısı arttıkça da fazla akım, dolayısıyla daha büyük kesitli bir kablo gerekir.

Bir elektro vananın çalışabilmesi en fazla 4 volt gerilim düşümü kabul edilebilir. Dolayısıyla elektro vanaların açılabilmesi ve düzgün çalışabilmesi için vana başında en az 20 VAC gerilim bulunması gerekir.

Kablo kesiti belirlenirken en uzak zon dikkate alınır. Kontrolör ile tek bir vana arasındaki mesafe 100 m ise, devreyi tamamlayabilmek için 100 m faz (iletken uç) ve 100 m nötr (ortak, common) kablosu gereklidir. 4 volt gerilim düşümüne göre tek elektro vana için hazırlanmış olan kesit belirleme çizelgesinden (Çizelge 11.1) yararlanarak uygun kablo çekme mesafeleri bulunabilir.

Kontrolörün beslenme kablosunun kesiti de önemlidir. Bu amaç-

Şekil 11.4

Elektro vana-kontrolör kablo bağlantısını su geçirmez (oksitlenmez) hale getiren bağlantı parçası



Açıklama notu. Hunter 2023 Ürün Kataloğu, www.hunterindustries.com. kaynağından alınmıştır. Hunter Industries firmasının izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

Çizelge 11.1

Kablo kesitlerine göre maksimum mesafeler tablosu (m)

Nötr mm ²	Faz mm ²				
	0,8	1,5	2,5	4	6
0,8	254 m	-	-	-	-
1,5	-	470 m	-	-	-
2,5	-	588 m	783 m	-	-
4	-	684 m	965 m	1.257 m	-
6	-	751 m	1.103 m	1.502 m	1.864 m

Açıklama notu. Hunter 2023 kaynağından düzenlenerek alınmıştır. Kontrolör ve elektro vana arasındaki mesafe 370 mA yüklü akım akım ve 4 volt gerilim düşümüne göre verilmiştir. Hunter Industries firmasının izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

la güç kaynağının gerilimi, güç kaynağı ile kontrolör arasındaki uzaklık, kontrolörün çalışabilmesi için gerekli minimum gerilim, elektro vana gerilimi gibi bilgiler gereklidir (Rain Bird 2018b). Transformör yardımıyla 220 volt gerilim 24 volt AC'ye düşürülür.

11.5. Kablo Döşenmesi

Elektro vana (sinyal) kablosu boru için açılan kanala yerleştirilir.

Kablo bir emniyet önlemi olarak kanalda su borusunun altına konumlandırılır, birkaç m aralıkla bantla sabitlenerek kanal doldurulurken yerinin değişmesi önlenir. Bu şekilde herhangi bir kürek veya kazma darbesine karşı kablo korunmuş olur (Şekil 11.5). Öte yandan boru/kablo kanal derinliğinin toprak işleme sırasında zarar görmeyeceği şekilde belirlenmesi, 15 cm'den az olmaması gerekir.

Kablo damarlarından birinin arızalanmasına karşı zon sayısından bir veya birkaç adet fazla damarı bulunan kablo döşenmesi yararlıdır. Eğer bir damarda sorun oluşur veya kısa devre meydana gelirse yedek olarak ayrılan damar kullanılabilir. Fazladan bir damar ayrılması, gelecekte meydana gelebilecek damar arızasında kazı, kablo değiştirme vb. işlemlerden dolayı ortaya çıkacak zaman ve para kaybını önler. Fazla veya yedek kablo herhangi bir renk olabilir ama bu amaçla genellikle mavi kablo kullanılır.

YV kablolar yeraltına gömmeye elverişli olsa da arıza veya değişim durumunda yararlanmak üzere kablounun bir kılavuz (PVC veya spiral boru) içinden geçirilmesi hem kabloyu korumak hem de çim kanal kazma/tamirat masraflarından kurtulmak açısından yararlıdır.

Hava durumuna göre kablounun genişleme ve kışalmasına karşı köşelerde 30 cm uzunluğunda bir ilmek yapılmalıdır. Gelecekteki onarım ve bakım için her vanada 50 cm fazla kablo bırakmak da yararlıdır (Melby 1995). Kablo kanalda üzeri açıkken üstüne basılmamalıdır. Kanal doldurulurken toprağın içinde kabloya zarar verebilecek sivri taşların bulunmamasına özen gösterilmelidir.

Şekil 11.5

Sinyal (elektrik) kablosu borunun altına döşenir



Açıklama notu. Fotoğraf Hüseyin E. Çelik'e aittir.

12. Filtreler

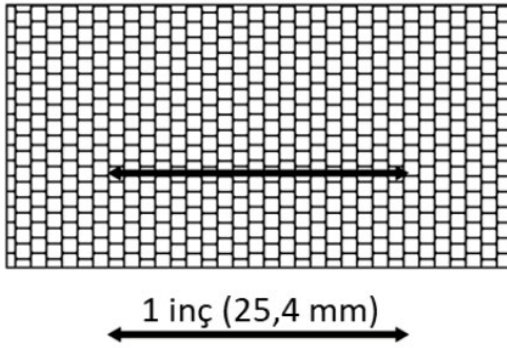
Kaynağına bağlı olarak sulama suyunun içinde sulama sistemindeki memeleri tıkayabilecek, sistem elemanlarına zarar verebilecek kum parçacıkları ve organik maddeler bulunabilir. Kuyudan gelen suda çoğunlukla kum vardır. Dere ve göl gibi kaynaklardan gelen sular kumla birlikte organik madde de içerebilir. Şehir şebekesi suyunda bile bazı partiküller ve pas parçaları vardır (Seçkin ve Çelik, 2003). Sulama sisteminin performansını artırmak ve kirli sudan kaynaklanan sorunları azaltmak için filtre tek ve en etkili araçtır (Rain Bird 2020).

Kum parçacıkları sprinkler memelerini tıkamayacak çapta olsalar bile, sistemin içinde suyla hareket ederken sistemin elemanlarını aşındırır ve ömürlerini kısaltır, elektro vanaların tam kapanmasını engelleyerek su sızdırmasına neden olabilir, damlama sulama sisteminde memeleri tıkayabilir. Damlama sulama sistemi yağmurlama sistemine göre daha hassas filtreleme ister. Dolayısıyla sulama sisteminin düzgün çalışması ve ömrünün uzun olması için suyun iyi filtre edilmesi gerekir.

Filtrelerde hassasiyeti belirtmek amacıyla metrik sistemde gözenek çapı kullanılır. Ancak sulama endüstrisi İngiliz birim sistemini kullandığı için filtre hassasiyeti **mesh** (gözenek sayısı) terimi ile ifade edilmektedir. Mesh bir filtrede 1 inç (25,4 mm) uzunluğundaki bir çizginin içine isabet eden gözenek sayısına denmektedir. 1 inç uzunluğunun içinde ne kadar fazla sayıda gözenek bulunursa, gözenek çapı o ölçüde küçük ve filtre o kadar hassas olacaktır (Şekil 12.1, Çizelge 12.1).

Şekil 12.1

Mesh, 1 inç uzunluğundaki bir çizgi içinde kalan gözenek sayısı



Filtreler genellikle hidrofordan sonra tesis edilir, elektro vanaya mutlaka temiz su gitmelidir.

Öte yandan damlama sulama ve diğer mikro sulama yöntemleri ile çalışan zonların başlangıcında o zona ait uygun çapta bir filtre eklenmesi sistemin düzgün çalışması ve uzun ömürlü olması bakımından gereklidir.

12.1. Filtre Tipleri

Türkiye'de sulama sisteminde kullanılan filtreler dört türdür:

elek, disk, kum ve santrifüj filtreler:

Çizelge 12.1

Elek filtrelerde gözenek (mesh) sayısı ve boyutları

Gözenek (mesh) sayısı	Gözenek boyutu	
	mikron	mm
75	194	0,19
80	175	0,18
100	147	0,15
120	125	0,13
150	104	0,10
200	74	0,07

12.1.1. Elek Filtre

Elek filtreler en çok kullanılan ve daha ucuz olan filtrelerdir. Plastik veya metal bir eleği vardır. Şeklinden dolayı Y filtre olarak da adlandırılır. Daha çok kum vb. sert partikülleri tutma yeteneğindedir, organik maddelere karşı etkin değildir. Düzenli aralıklarla yıkanarak temizlenmeleri gerekir. Bazı filtreler kendinden yıkamalı olarak üretilmektedir (Şekil 12.2a).

12.1.2. Kum Filtresi

Kum filtresinde su, içinde dişli kum bulunan bir kaptan geçmeye zorlanarak filtre edilir. Su dişli kum arasından geçerek katı ve organik maddelerden arınır. Filtre kirlendiğinde ters yıkama ile temizlenir, kendini temizleyen kum filtreleri de bulunmaktadır (Şekil 12.2b).

12.1.3. Disk Filtre

Disk filtre üst üste yerleştirilen disklerden oluşur. Her diskin üzerinde minik konik çıkıntılar ve bunların altında gözenekler bulunur. Konik çıkıntılar organik maddeyi tutarken gözenekler kum gibi partikülleri tutar. Diskler birbirinden ayrılıp yıkanarak temizlenir (Şekil 12.2c).

12.1.4. Santrifüj Filtre

Santrifüj filtrelerde (hidrosiklon filtre), filtreye giren kirli su filtrenin içindeki silindirde dönmeye başlar. Merkezkaç kuvvetinin etkisiyle kum tanecikleri silindir çeperine itilir ve partiküller filtrenin dibine doğru düşer. Göreceli olarak temiz su filtreden çıkar. Kum partiküllerini tutmakta kullanılırlar (Şekil 12.2d).

12.2. Filtre Seçimi

Filtre seçiminde, bütçe, su kalitesi, mevcut filtre tipi, yedek parça bulunması, sprinkler veya damlatıcının meme çapı, istenen debi, mevcut basınç ve kabul edilebilir basınç dikkate alınır. Bir tip filtre ile hem kum partiküllerini hem de organik maddeyi tutmak kolay olmadığı için, istenen sonucu elde etmek amacıyla birbirini tamamlayan iki filtrenin birlikte kullanılması yararlıdır.

Su kaynağı şehir şebekesi ise elek, santrifüj veya disk, kuyu ise elek, santrifüj veya disk, dere veya göl ise disk, kum ve elek, santrifüj ve kum filtre bileşimleri kullanılabilir (Çizelge 12.2).

Yağmurlama sulama için 75, damlama sulama için 100 mesh alt sınır olarak kabul edilmektedir.

Şekil 12.2

a. Elek filtre, b. kum filtresi, c. disk filtre, d. santrifüj filtre



a



b



c



d

Çizelge 12.2

Su kaynağına göre önerilen filtre tipleri

Su Kaynağı	Önerilen filtre tipi
Şehir Şebekesi	Elek, santrifüj veya disk
Kuyu	Elek, santrifüj veya disk
Dere	Disk, kum ve elek, santrifüj ve kum
Göl	Disk, kum ve elek, santrifüj ve kum
Kaynak veya artezyen	Elek, santrifüj veya disk
Organik madde	Disk, kum ve elek, santrifüj ve kum
Kum	Elek, santrifüj veya disk

Açıklama notu. Stryker J, 2003. Irrigation tutorials, <http://www.irrigationtutorials.com> kaynağından alınmıştır.

13. Ek Parçalar ve Bağlantı Tipleri

Sulama sistemi, elemanlarının birbirine çeşitli yöntemlerle bağlanmasıyla oluşmaktadır. Bu bağlantılar boru-boru, boru-ek parça, ek parça-sistem elemanı vb. şeklindedir. Boru ve bağlantıların çoğu yeraltında kalmakta ve üzerleri sert veya yeşil zeminle kaplanmaktadır. Boru ve bağlantılarda ortaya çıkacak arıza, arızanın yerinin belirlenmesi ve onarımı için sert zeminin kırılması veya yeşil zeminin kazılması gerekir. Bağlantı arızasında, onarım maliyetinin yanı sıra ve çimin tahrip olan kısmının tekrar eski haline gelmesine kadar geçen sürede görsel arıza devam edecektir. Arıza olasılığını azaltmak için bağlantı tipinin sağlam ve uzun ömürlü olması ve bağlantıların tekniğine uygun yapılması önem kazanmaktadır (Çelik 2004).

13.1. Ek Parçalar

Sulama sisteminin öğelerini borular birbirine bağlar, boruların sayaç, vana, filtre, sprinkler gibi sistem elemanları ile borulara bağlantısı **ek parçalar (fittingler)** ile sağlanır. Ek parçalar ayrıca yatay ve düşey yönde yön değiştirmek, hat almak, zarar gören boruyu onarmak vd. işlevler için de kullanılmaktadır. Ek parçalar boru tipine (PVC, PE, PP galvanize) ve bağlantı tipine (sıkıştırma, dişli, kaynak, flanş, geçme, yapıştırma) göre farklı malzemeden, farklı tipte ve farklı boyutta üretilmektedir ancak işlevleri aynıdır (Çelik 2004). Ek parçalar TS ISO 9625 ve TS EN 12484-2 standartlarına uygun olmalıdır.

Ek parçalar, **Te, dirsek, adaptör, nipel, rakor, kör tapa ve priz kolyedir**. Ek parçaların iki farklı çaptaki boruyu birbirine bağlama veya bir ek parçayı daha ince çaplı bir boruya bağlama özelliğine sahip olanlarına **redüksiyon** sıfatı eklenir, redüksiyon dirsek gibi. Peyzaj sulamada polietilen boru bağlantısında genellikle kaplin ek parçalar kullanılmaktadır. Bu nedenle ek parçaları malzeme listesine yazarken **polietilen** ve **kaplin** sıfatları eklenmektedir.

Ek parçalar birleştireceği borunun dış çapı ile ölçülendirilir. Örneğin 40x40x40 şeklinde boyutlandırılan Te, 40 mm dış çapındaki (Ø40) üç boruyu birleştirir (Şekil 13.1a). Ø40 bir borudan daha ince bir boru örneğin Ø32 bir hat almak için, Te'nin 40x32x40 boyutlarında (redüksiyon) olması gerekir (Şekil 13.1b). Hattı alırken bir parmak (1") çapında **dişli** bağlantı kullanılacaksa Te'nin orta ağız dişli olmalıdır ve boyutlar 40x1"x40 şeklinde gösterilir. Ek parça malzeme listesine yazılırken bu bilgiye ek olarak bağlantı bilgisi (ör. kaplin), malzeme bilgisi (ör. PE), **dişi** (içten dişli) veya **erkek** (dıştan dişli) bilgisi ile **ek parça adı** (Te), eklenerek şu şekilde ifade edilir (Şekil 13.1d):

40x1"x40 PE kaplin dişi (içten dişli) Te

Diğer ek parçaların tanımı da ek parçanın tipi belirtildikten sonra PE, kaplin, dişli ağız varsa dişi veya erkek olduğu belirtilerek parçanın adı ile benzer şekilde gösterilir. Örneğin Şekil 13.2b'deki dirsek şu şekilde tanımlanır:

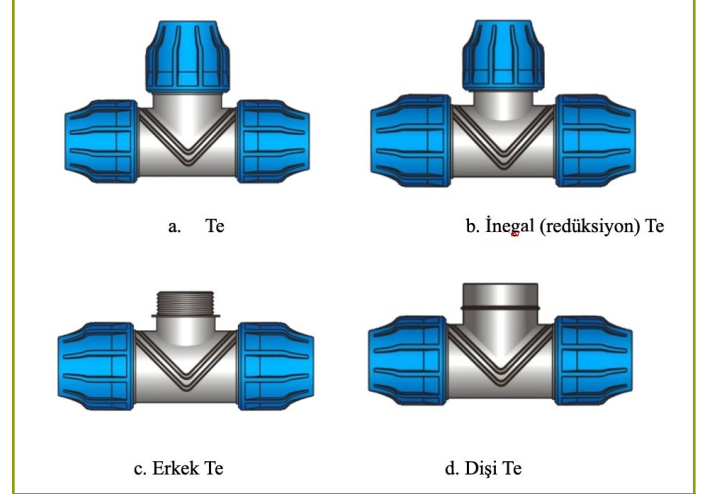
40x1" PE kaplin erkek (dıştan dişli) dirsek

Te, borunun yönünü aynı düzlem üzerinde 90° değiştirir, borudan hat almak için kullanılır. Te'nin bağlantı ağızlarının üçü de aynı çaplı olabilir (Şekil 13.1a); farklı çaplı ağızlara sahip Te'ye **inegal Te** veya **redüksiyon Te** denir (13.1b). Dişli bağlantı yapılabilecek Te'nin

orta ağız erkek (dıştan dişli) veya dişi (içten dişli) aynı çapta veya redüksiyon olabilir (Şekil 13.1c ve 13.1d).

Şekil 13.1

Kaplin tip PE Te ek parçalar:



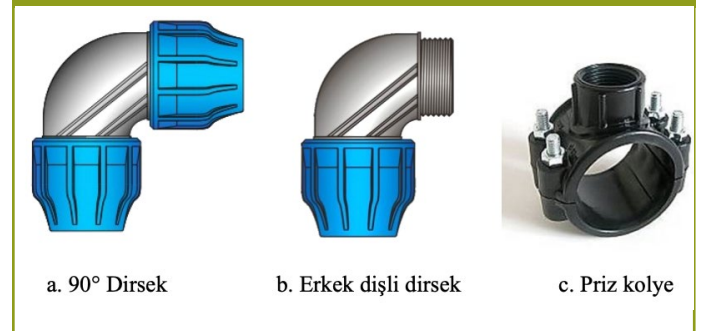
Açıklama notu. Plastica Alfa 2022a: Bluline PLUS Compression Fittings, Technical Catalog, Plastica Alfa S.p.A Italy https://www.plasticaalfa.it/uchoacim/2022/11/Cat_Tec_Blu_line_Plus_Plastica-Alfa_rev.11.22.pdf kaynağından alınmıştır. Plastica Alfa firmasının izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

Dirsek, yatay ve düşey düzlem üzerinde borunun yönünü 45° veya 90° değiştirir. Dirseğin bir ağızı erkek veya dişi dişli olabilir (13.2a, b).

Borudan hat almakta Te'den başka seçenek **priz kolyedir**. **Priz kolye**, boruyu kesmeden boruya delik delerek borudan hat almaya yarayan, alt ve üst semerleri birbirine civata veya sürgü ile bağlanan ek parçadır (bkz. Bölüm 13.2.1.2). Priz kolyeler hat alınacak borunun mm cinsinden dış çapı ile, alınan hattın çapı ise parmak (inç) cinsinden, örneğin 50 x 1/2" şeklinde boyutlandırılır (Şekil 13.2.c).

Şekil 13.2

Kaplin tip dirsekler ve priz kolye.



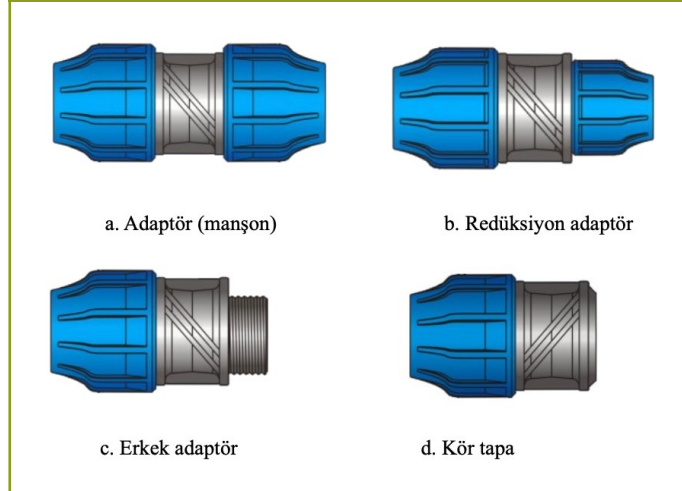
Açıklama notu. Plastica Alfa 2022a: Bluline PLUS Compression Fittings, Technical Catalog, Plastica Alfa S.p.A Italy https://www.plasticaalfa.it/uchoacim/2022/11/Cat_Tec_Blu_line_Plus_Plastica-Alfa_rev.11.22.pdf kaynağından alınmıştır. Plastica Alfa firmasının izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

Adaptör veya **manşon** iki boruyu birbirine eklemekte veya zarar görmüş boruyu onarmakta kullanılır (Şekil 13.3a, b, c). Adaptör, iki farklı çaptaki boruyu birleştiriyorsa **redüksiyon** adını alır (Şekil 13.3b). Adaptörün bir ucu erkek veya dişi olabilir (Şekil 13.3c).

Kör tapa, geçici veya kalıcı olarak borunun diğer ucunu tıkamaya yarar (Şekil 13.3d). Farklı tipteki kör tapalara kapama başlığı veya kep adları da verilmektedir.

Şekil 13.3

Adaptör (manşon) ve kör tapa ek parçalar



Açıklama notu. Plastica Alfa 2022a: Bluline PLUS Compression Fittings, Technical Catalog, Plastica Alfa S.p.A Italy https://www.plasticaalfa.it/uochoacim/2022/11/Cat_Tec_Blu_line_Plastica-Alfa_rev.11.22.pdf kaynağından alınmıştır. Plastica Alfa firmasının izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

Nipel, iki (dişi) elemanı birbirine bağlamak veya uzatmak amacıyla kullanılır. Örneğin küresel vana ile elektro vanayı birbirine bağlamak için nipel kullanılır (Şekil 13.4a).

Rakor, ters dişli bir bağlantı ile bir elemanı bütün boru hattını sökmeden sistemden ayırma imkânı sağlar (Şekil 13.4b).

Flanş, cıvata, conta ve flanş adaptörü yardımıyla bağlantı sağlar (Şekil 13.4c). Flanş bağlantı sulama tesisatında özellikle büyük çaplı borularda ve pompa bağlantısında kullanılmaktadır (bkz. Bölüm 13.2.1.5).

Farklı tipteki (PE, PVC, metal) aynı dış çaptaki borular dönüşüm için üretilmiş özel ek parçalarla birbirine bağlanabilir.

Şekil 13.4

PVC ek parçalar: a. nipel, b. rakor, c. flanş



Açıklama notu. Plastica Alfa 2022a kaynağından alınmıştır. Plastica Alfa firmasının izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

13.2. Bağlantı Tipleri

Peyzaj sulamada genel olarak **mekanik**, **kaynak** ve yapıştırma bağlantı tipleri kullanılır. Mekanik bağlantı tipleri **sıkıştırma**, **dişli** ve **flanş**'tır. Kaynak bağlantı tipleri plastik borularda **alın kaynağı**, **elektro füzyon** ve **muf kaynağı**; metal borularda **elektrik kaynağı** ve **gaz kaynağı**dır. Yapıştırma bağlantı tipi ise **muflu yapıştırma**dır (Çelik 2004).

Sulamada yaygın olarak kullanılan PE borularda çoğunlukla kullanılan mekanik bağlantı tipleri **kaplin**, **flanş** ve **kurtağzıdır**. Kaynak yöntemiyle **alın kaynağı**, **elektro füzyon** (kaynak) bağlantılar yapılabilir. PE boruların metal borularla bağlantısında dişli ve flanş yöntemleri kullanılabilir.

PVC borularda **yapıştırma** ve **dişli** bağlantılar kullanılır. PP borularda bağlantılar **muf kaynağı** ve **dişli** yöntemiyle sağlanmaktadır. PVC boruların metal borularla bağlantısı dişli tipte ve pik geçme muf-flanş birleşimiyle olabilir.

Galvaniz (metal) borularda **dişli**, **elektrik kaynağı**, **gaz kaynağı** ve **flanş** bağlantı yöntemi kullanılabilir.

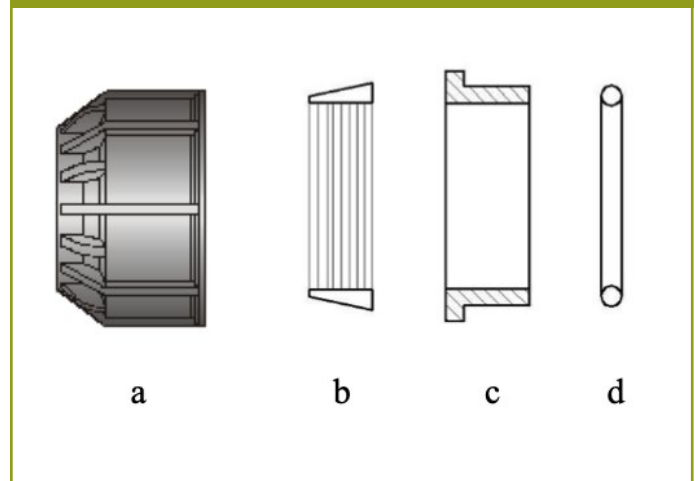
Mekanik bağlantılar ve kaynak işlem bittikten sonra hemen kullanılabilir. Yapıştırma işleminden sonra hava sıcaklığına göre bir süre beklenmesi gerekir.

13.2.1. Mekanik Bağlantılar

13.2.1.1. Kaplin (Sıkıştırma). Sıkıştırma (compression) sistemi, ülkemizde yaygın olarak kullanılan bağlantı tipidir ve kaplin (coupling) sözcüğü ile adlandırılmaktadır. Kaplinle bağlantıda, boru ek parçasının içine itilmekte ve sonra kapağı vidalanarak sıkılmaktadır. Sıkma sırasında kapağın konik iç tarafı boru ile kapak arasında yer alan tırnaklı kilit halkasını sıkıştırmakta, tırnak boruyu kavrayarak ek parçadan dışarı çıkmasını önlenmektedir. Sistemin sızdırmazlığı ise yuvarlak (O) veya D kesitli bir conta yardımıyla sağlanmaktadır (Şekil 13.5). Kaplin ülkemizde çoğunlukla Ø 16-110 mm çap aralığında üretilmektedir.

Şekil 13.5

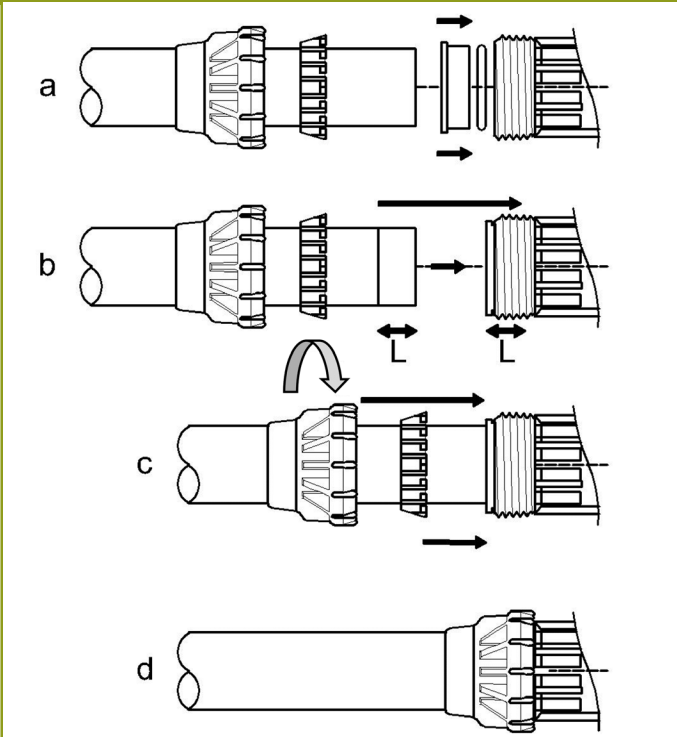
Kaplin ek parçasının kısımları: a. kapak (somun), b. sıkıştırma (kilit) halkasının kesiti, c. conta kılavuz halkasının kesiti, d. sızdırmazlık sağlayan halka contanın kesiti (O veya D kesitli halka)



Sıkıştırma yöntemiyle birleştirilecek borunun ağzı, bu iş için özel üretilmiş makas (veya aparat) ile kesilir. Borunun ucu düzgün değilse boru eksenine dik olarak kesilerek ucu birleştirmeye hazırlanır. Keserken makas yerine demir testeresi kullanılırsa, borunun kesilmesi sırasında ortaya çıkan çapak (talaş) borunun içine giderek sisteme zarar verebilir. Sonra ek parçaya kolay girsin diye borunun ağzı özel bir tıraş aparatıyla pahlanır. Kaplinin kapağı (somunu) ve sıkıştırma halkası sökülerek boruya geçirilir (Şekil 13.6a). Kaplinin içindeki durdurma setine göre hizalanarak, ek parçaya girmesi gereken miktar boru üzerine işaretlenir (Şekil 13.6b). Borunun ek parçanın içine contaya zarar vermeden girmesini sağlamak için, kaplinin içindeki contaya ve/veya borunun ucuna silikon veya Arap sabunu vb. kaydırıcı sürülür. Boru, üzerindeki işarete bakılarak kaplinin içindeki sete ulaşınca kadar kaplinin içine itilir. Daha sonra kaplinin dışındaki sıkıştırma halkası ek parçaya kadar itilir ve dişli kapak (somun) sonuna kadar vidalanır (Şekil 13.6c). Bu vidalama esnasında sıkıştırma halkasının tırnakları boruya girerek borunun basınç altındayken dışarı çıkmasını engeller (Şekil 13.6d).

Şekil 13.6

Sıkıştırma (kaplin) yöntemiyle ek yapılmasının aşamaları



Açıklama notu. Plastica Alfa 2022b: Blackline PLUS Compression Fittings, Technical Catalog, Plastica Alfa S.p.A, Italy https://www.plasticaalfa.it/uoaoacim/2022/11/Cat_Tec_Black_line_Plastica-Alfa_rev.11.22.pdf kaynağından alınmıştır. Plastica Alfa firmasının izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

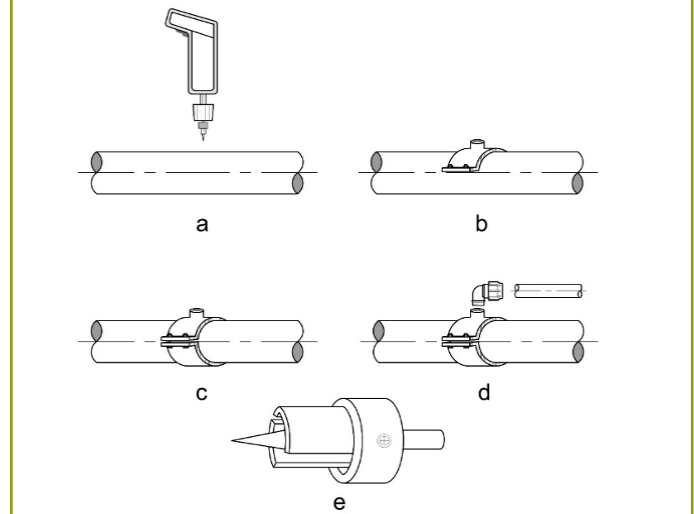
13.2.1.2. Priz Kolye. Bir borudan hat almak için ana hatta ve lateral hatta uygun dış çapta civatalı veya geçmeli priz kolye (Şekil 13.7d) kullanılır. Priz kolye sprinkler için hat alındığında güvenlidir ancak ana hatlarda, kaplin vana bağlantılarında Te ile hat almak daha güvenlidir.

Matkapla özel aparat ile (Şekil 13.7e) boruya priz kolyenin hat alma ağzının çapı kadar bir delik delinir (Şekil 13.7a). Deliğin üzerine

conta, sonra üst ve alt semer yerleştirilir, bu parçalar civatalar ile birbirine bağlanır (Şekil 13.7b ve c). Daha sonra bir ucu erkek dışlı kaplin dirsek ile hat alınır (Şekil 13.7d).

Şekil 13.7

Priz kolye bağlantı aşamaları: a. borunun delinmesi, b ve c. priz kolyenin kaplin dirsekle boruya bağlanması, d. dirsek ile bağlantı, e. matkap boru delme ucu

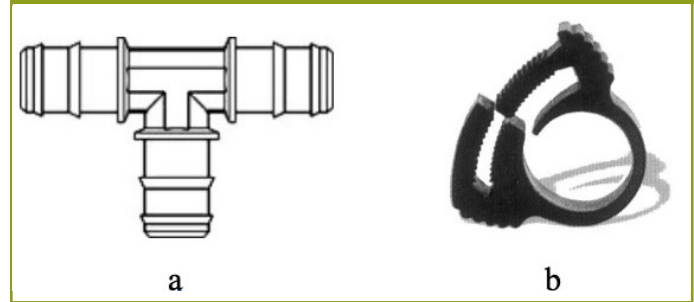


Açıklama notu. Çelik HE, 2004. Peyzaj Sulamada Kullanılan Boru Bağlantı Tipleri, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi Seri B 54(1), 45-68. kaynağından alınmıştır.

13.2.1.3. Kurtağzı Bağlantı. Damlama borularında kullanılan kurtağzı (barbed) ek parçalarla yapılan bağlantıdır (Şekil 13.8a). Ek parçanın üzerinde bulunan kurtağzı yapı borunun ek parçadan çıkmasını önlemektedir. Güvenliği artırmak için bu bağlantıyı plastik veya metal kelepçe ile desteklemek gerekmektedir (Şekil 13.8b).

Şekil 13.8

a) kurtağzı Te, b) plastik kelepçe.

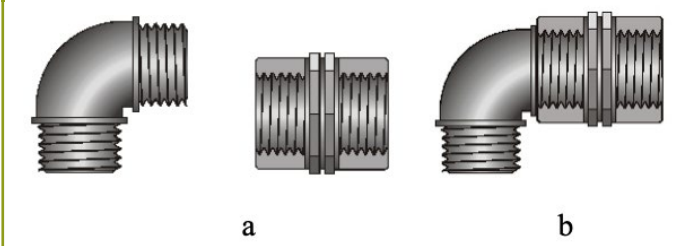


13.2.1.4. Dişli Bağlantı. Dişli bağlantı, elektro ve manuel vana bağlantılarında, priz kolye veya Te'den hat alınırken, galvaniz borularda, plastik borulardan metal borulara geçişte vd. kullanılır. Metal-plastik boru geçişlerinde erkek veya dişi ek parçalar kullanılmaktadır. Örneğin galvanize borularda, boru-ek parça bağlantısında, boruya pafta ile dış açılmakta ve dişi ek parça boruya vidalanarak bağlantı gerçekleştirilmektedir. Sızdırmazlık, erkek parçanın dişleri üzerine sarılan teflon bant, teflon ip veya kendir ile sağlanmaktadır (Şekil 13.9). Metal borudan plastik boruya geçerken, erkek metal ek parça ile dişi plastik ek parça asla birleştirilmemelidir. Sıkıştırma esnasında plastik parça çatlayabileceğinin

den, erkek plastik ek parça dişi metal ek parça ile birleştirilmelidir.

Şekil 13.9

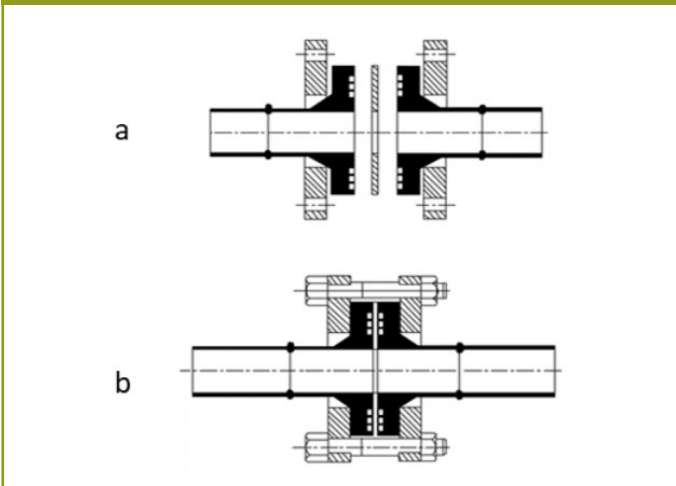
Dişli bağlantı: a. dirsek ve manşon, b. dişli bağlantı yapılmış dirsek ve manşon



13.2.1.5. Flanş. Flanş bağlantı, ortasında borunun veya suyun geçebileceği bir delik bulunan ve iki metal (paslanmaz çelik) veya plastik plağın (Şekil 13.4c) arasına conta konarak cıvata ile sıkıştırılmasından oluşur. Flanş bağlantı ile iki boruyu birleştirmek için boruların ucuna flanş adaptörünün bağlanması gerekir (Şekil 13.10). Flanş bağlantı plastik ve galvaniz borularda türdeş veya farklı türdeki boruların bağlantısında, Ø90 ve üzeri çaplarda vana ve sayaç bağlantısı ile pompa-tesisat bağlantısında kullanılmaktadır. Flanş bağlantıların yeraltında kullanılması önerilmemektedir. Flanş Ø 50-315 mm çap aralığında üretilmektedir.

Şekil 13.10

İki PE borunun flanşla bağlanması: a. bağlantı öncesi arada conta var, b. bağlantı tamamlanmış durumda



13.2.2. Kaynak

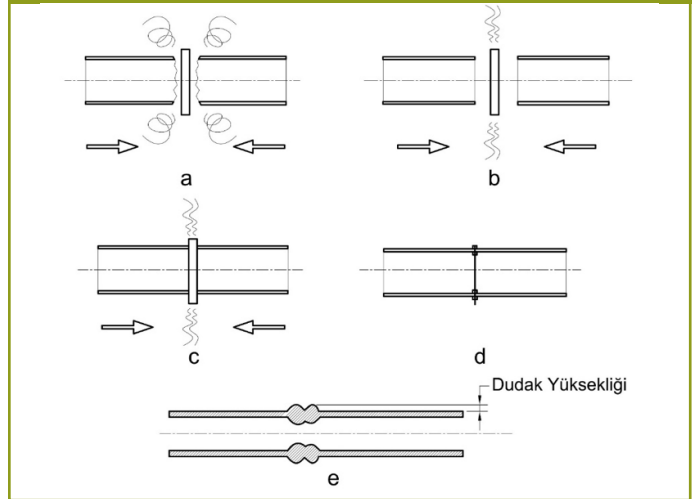
Birbirinin aynı veya erime aralıkları birbirine yakın iki veya daha fazla metal veya plastik parçayı sıcaklık kullanarak aynı cinsten bir malzeme ekleyerek veya eklemeyen birleştirmeye **kaynak** denir. Tekniğine uygun yapılmış bir kaynak en az boru kadar veya ondan daha sağlamdır (PPI 1998). Kaynak yöntemi PE, PP ve metal borularda kullanılır. Metal borularda **elektrik** ve **gaz kaynağı** kullanılmaktadır. Peyzaj sulamada kullanılan plastik borulardaki kaynak tipleri **alın kaynağı** ve **elektro füzyon** (kaynak)'dur. Kaynak için, türüne göre özel kaynak makineleri ve yetişmiş personel gerekmektedir.

13.2.2.1. Alın Kaynağı. Türkiye'de bağlantılarda fiyat avantajından dolayı Ø110 çapa kadar kaplin, daha büyük çaplarda alın kayna-

ğı veya elektro füzyon kullanılmaktadır. Ø125 çaptan sonra fiyat üstünlüğünden dolayı alın kaynağı tercih edilmektedir. Alın kaynağı şu aşamalar halinde uygulanır (Şekil 13.11): a) boru kaynak tezgahına bağlanır alını tıraşlanarak tesviye edilir, boru eksenine 90° açı yapması sağlanır, b) boruların alınlarının arasına ısıtıcı yerleştirilir, c) boru çapı ve et kalınlığına göre kaynak makinesinin kılavuzunda belirtilen süre boyunca borularda gerekli dudak yüksekliği oluşana kadar sıcaklık ve basınç uygulanır, d) ısıtıcı aradan çekilip erimiş alın yüzeyleri bir araya getirilip sıkıştırılarak kaynak tamamlanır.

Şekil 13.11

Alın kaynağının aşamaları.



Alın kaynağı en sağlam bağlantılardan biri olmakla beraber borunun dışında meydana gelen dudak içinde de meydana gelmekte ve boru iç çapının azalmasından dolayı basınç kaybına neden olmaktadır.

13.2.2.2. Elektro Füzyon. Elektro füzyonda boru ve ek parçanın erimesi için, ek parçanın içine döşenmiş olan rezistans kullanılmaktadır (Şekil 13.12a). Ek parçanın soketlerinden kaynak makinesi ile elektrik verilince rezistans ek parçayı ve boruyu eritmekte ve kaynak gerçekleşmektedir.

Elektro füzyonun aşamaları şunlardır: a) elektro kaynakla birleştirilecek boruların ucunda manşonun içindeki sete kadar gireceği kısım işaretlenir (Şekil 13.12b), b) boru eksenine dik kesilir, oksitlenmiş kısımları temizlenir ve ucu pahlanır (Şekil 13.12c ve d), c) eklenecek borular manşonun içine yerleştirilir. Boru çapı ve et kalınlığına bağlı olarak kaynak makinesi kılavuzunda belirtilen süre kadar çalıştırılıp kaynak tamamlanır (Şekil 13.12e).

Elektro füzyon (kaynak)'un alın kaynağına üstünlükleri şunlardır (TEGA 2021):

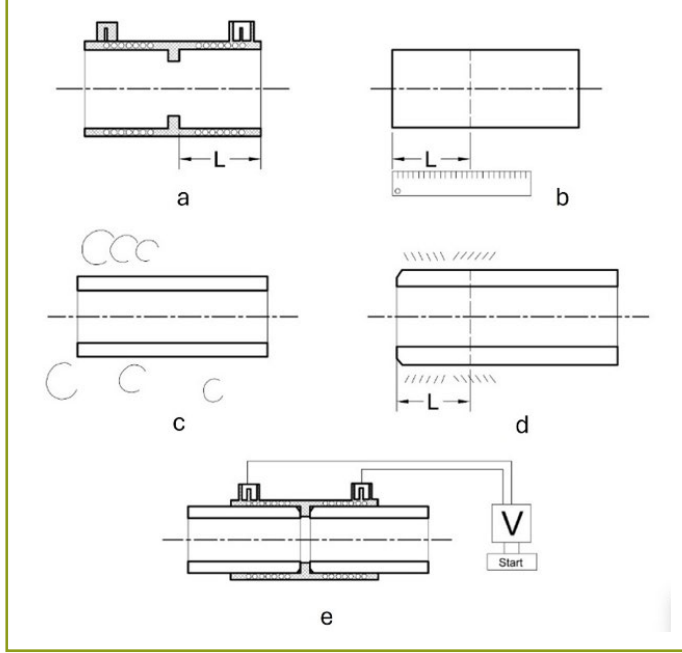
1. Alın kaynağına göre daha güvenlidir.
2. Ek yerinde boru iç çapı daralmaz.
3. Kullanılan kaynak makinesi hafif ve ucuzdur.
4. Kaynak hızı yüksektir.
5. Kaynak işlemi otomatik olduğu için fazla operatör becerisi gerekmez.

13.2.2.3. Muf Kaynağı. Muf kaynağı PP borularda kullanılan bir bağlantı şeklidir. Daha çok makine dairesinde ve küçük sulama

projelerinde kullanılır. Boru ve ek parça kaynak makinesinde kaynak sıcaklığına kadar ısıtılır, sonra boru ek parçanın içine itilerek kaynak tamamlanır.

Şekil 13.12

Elektro füzyonun aşamaları



13.2.2.4. Metal Kaynağı. Sulama sisteminde kullanılan galvanize metal borular ile toprak üstünde kullanılan alüminyum boruların bağlantısında metal kaynağı kullanılabilir. Boru-boru veya boru-ek parça arasındaki boşluk elektrik kaynağı veya gaz kaynağı ile doldurularak parçalar birleştirilir.

13.2.3. Yapıştırma

PVC borular 6 m boyunda üretildiği için uzun mesafelerde su iletilirken her 6 m'de bir borunun eklenmesi gerekir. İki boruyu eklerken, borudan hat alırken vd. PVC borularda yapıştırma yöntemi uygulanabilir. Borunun ucunda ek parçanın içindeki sete kadar gireceği kısım işaretlenir, bu kısım ve ek parçanın içi temizlenir, borunun ucuna ve ek parçanın içine yapıştırıcı sürülür, boru ek parçanın içindeki sete kadar itilir ve 90° döndürülür, yapışmaya kadar bir süre beklenir, hava soğuksa bekleme süresi daha uzun olabilir.

13.3. Hasar Görmüş Borunun Onarımı

13.3.1. Kaplin Kullanarak Onarım

Boru hasarlarının onarımında en hızlı çözümlerden biri kaplin adaptör kullanmaktır. Hasar görmüş kısım yeraltındaysa üzeri bağlantı için boruyu esnetecek kadar açılır, zarar görmüş kısım kesilerek çıkarılır. Açıkta kalan uçlar için iki adaptör ve zarar gördüğü için kesilen boru nedeniyle adaptörler arasında eksik kalan kısım için boru parçası, mevcut boru biraz esnetilerek bağlanır ve onarım tamamlanır.

13.3.2. Elektro Füzyon Kullanarak Onarım

Hasarın ulaşılması zor olan bir bölgede olması durumunda da kolayca kullanılan bir yöntemdir. Hasar görmüş borunun üzerindeki toprak, hasar gören yerden itibaren her iki tarafa doğru borunun rahatça esnetilebileceği kadar açılır. Hasar küçük ise hasar gören yer kesilir, araya manşon -stopları kırılıp kayar manşon gibi kullanılarak- konarak kaynak yapılır. Hasar büyük ise hasarlı kesim kesilip çıkarılır, araya eklenecek boru parçasının her iki ucu ile onarılan borunun uçları arasına yine manşon stopları kırılarak kayar manşon gibi yerleştirilir ve elektro füzyon yapılır. Kaynak bitinceye kadar -soğuma dâhil- kaynak bölgesine su verilmemelidir.

13.4. Boru Tesisatının Basınç ve Sızıntı Kontrolü

Boru kanala yerleştirildikten sonra üstü kapatılmadan sızıntı testi uygulanmalıdır. Borunun test edilmesi sırasında özellikle ek yerlerinin üzerinin açık olması gerekir. Sulama sistemi TS EN 12484-2'e göre işletme basıncının % 150'si ile test edilir. Sistemin örneğin işletme basıncı 4 bar ise sızıntı testi için 6 bar basınç uygulanmalıdır. Sulama sisteminde sızıntı belirlenirse sorun çözülmelidir.

Boru güneşten ısındıysa kanalı kapatmadan önce borunun soğumasını beklemek gerekir. Soğutmak için bir gece beklemek, üzerini ince bir tabaka halinde toprakla kapatmak veya içinden su geçirmek mümkündür (Melby (1995)

13.5. Bağlantı Tipinin Seçimi

Bağlantı yönteminin seçilmesinde, kullanılan boru tipi, borunun çapı, bağlantının kolay ve fiyatının düşük oluşu ile bağlantının sağlamlığı ve uzun ömürlü oluşu etkili rol oynamaktadır. PE boru bağlantılarında, sağlamlık ön plana alındığı zaman kaynak yöntemi kullanılmalıdır. Ülkemizde peyzaj sulama sektöründe Ø 110 çapa kadar kaplin bağlantı kullanıldığı görülmektedir. 110 mm çaptan sonra alın kaynak veya elektro füzyon bağlantı zorunlu hale gelmektedir (Çelik 2004). Özellikle prestijli projelerde Ø 63 çaptan itibaren kaynak kullanılması güvenliği artıracaktır. Ø 160'tan sonra elektro füzyon daha pahalı hale geldiği için alın kaynağı uygulanmaktadır.

14. Pompalar

Pompa, suyu bir yerden bir yere taşımak ve/veya suya basınç vermek için kullanılan araçtır (Şekil 14.1). Sulama tasarımcısının sulama sisteminde kullanılan farklı pompalar ile pompa seçimi hakkında bilgi sahibi olması gerekir.

Peyzaj sulamada kullanılan pompalar genellikle üç tiptir: **türbin, dalgıç** ve **santrifüj** pompalar. Türbin ve dalgıç pompalar yeraltı suyunu yerüstüne, depoya çıkarmak için kullanılır. Santrifüj pompalar ise sulama sistemine basınç vermek için kullanılır. Türkiye’de sulamada genellikle yeraltı suyu kullanıldığı için sulama sisteminde pompaya gerek vardır. Kamusal yeşil alanların bir bölümünün sulanmasında basınçlı şehir şebekesi ve/veya yeraltı suyu kullanılmaktadır. Şehir şebekesinin basıncının yetmediği durumda da gerekli basıncı elde etmek için de pompa kullanılmalıdır.

Pompa motor grubunun yarattığı titreşimin sistemi etkilememesi ve gürültüyü taşımaması için basma hattı-boru bağlantı noktasında esnek bağlantı elemanı (kompansatör) kullanılması yararlıdır.

14.1.Pompa Temel Kavramları

Pompaları tanımlamakta kullanılan bazı temel kavramlar şunlardır: **devir, debi, manometrik yükseklik, verim, güç ve emmedeki net pozitif yük** (Şen 2006):

14.1.1. Devir (d/dk)

Bir pompanın bir dakikada yaptığı dönüş sayısına **devir** denir ve d/dk birimiyle gösterilir. 2900 d/dk pompalar daha gürültülü çalıştığı için sulama sisteminde çoğunlukla gürültüsü daha az olan 1450 d/dk pompalar kullanılır.

14.1.2. Debi (Q)

Pompa basma flanşından birim zamanda net olarak basılan sıvı hacmine **debi** denir. Pompalarda debi m³/sa birimiyle gösterilir. Bir santrifüj pompa debi arttıkça manometrik yükseklik azalır.

14.1.3. Manometrik Yükseklik (H)

Manometrik yükseklik bir pompa basılan sıvının pompa giriş ve çıkış kesitleri arasında birim ağırlık başına kazandığı net enerji olarak tanımlanmaktadır. Pompanın ürettiği basıncın metre su sütunu (mSS) biriminden ifadesidir, örneğin pompa 4 bar basınç üretiyorsa manometrik yüksekliği 40 mSS’dir (1bar =10,33mSS).

14.1.4. Verim (η)

Pompanın **verimi** sıvıya net olarak aktarılan hidrolik gücün mil gücüne oranına denir. Pompa verimi pompanın özgül hızı, tipi (salyangozlu, kademeli, in line, açık çarklı vb.) ve debisine bağlı olarak % 10 ile % 92 arasında bir değerdir.

14.1.5. Kavitasyon

Pompada bir bölgede statik basınç buharlaşma basıncının altına düşerse su buharı kabarcıkları (habbe) oluşur. Kabarcıklar pompa buharlaşma basıncının yüksek olduğu başka bir bölgeye geldiğinde büyük bir basınç ve gürültüyle sıvılaşır. Bu sıvılaşma sürecine **kavitasyon** denir. Şiddetli kavitasyonda pompa gövdesinde ve çarkta sıvılaşma sürecinde ortaya çıkan basınç piklerinden

dolayı aşınma meydana gelir.

14.1.6. Emmedeki Net Pozitif Yük (ENPY)

Santrifüj pompalarda kavitasyon meydana gelmeden pompanın kaç m derinden su çekebileceğini hesaplamaya yarayan bir değerdir.

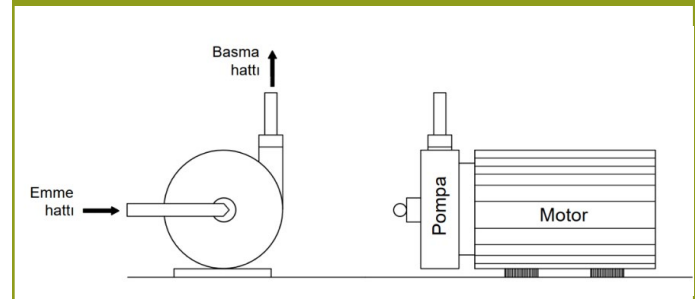
14.2.Santrifüj Pompalar

Santrifüj pompalar, türbin pompalara göre daha düşük maliyetli ancak derinden su çekme konusunda daha az etkilidirler. Santrifüj pompaların su basabilmesi için emme hattından havasının alınması zorunludur. Bu pompalar derinden su çekmede başarılı olmadığı için üreticinin önerdiği derinlikten veya pompaya göre yukarıda olan depodan sisteme su basmada verimli çalışabilirler.

Pompada suyun girdiği kısma **emme hattı**, basınçlı suyun çıktığı kısma **basma hattı** denir (Şekil 14.1). Pompanın suyu harekete geçiren ve suya basınç veren parçası **çark**’tır. (Şekil 14.2).

Şekil 14.1

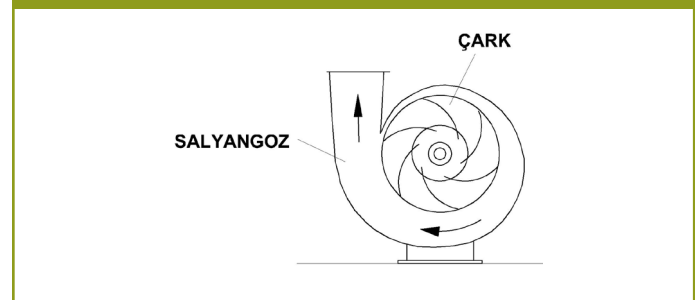
Santrifüj pompa emme ve basma hatları



Açıklama notu. Seçkin ÖB, Çelik HE, 2003. Sulamaya Giriş, İÜ Orman Fakültesi Yayın No 472, ISBN: 975-404-689-1, İstanbul kaynağından alınmıştır.

Şekil 14.2

Pompada salyangoz ve çark



Açıklama notu. Seçkin ÖB, Çelik HE, 2003. Sulamaya Giriş, İÜ Orman Fakültesi Yayın No 472, ISBN: 975-404-689-1, İstanbul kaynağından alınmıştır.

Santrifüj pompa çalışmaya başladığı zaman çark döner ve emme hattıyla gövdeye gelen suyu merkezkaç kuvvetiyle pompanın basma hattına gönderir.

Sulama sistemine gerekli olan pompayı tanımlamak için gerekli

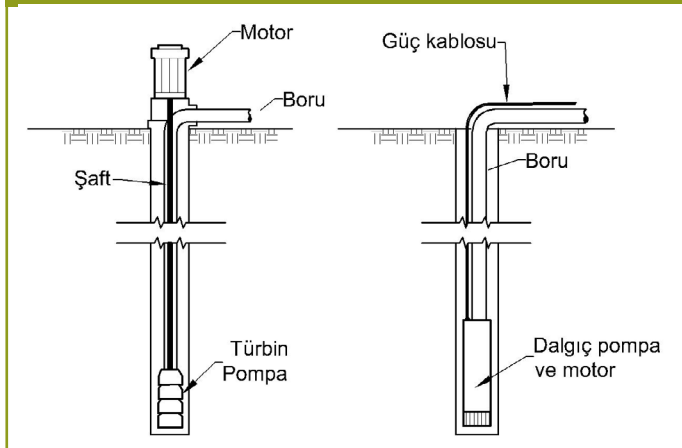
olan manometrik yükseklik (mSS), debi (m^3/sa), güç, ENPY ve verim gibi ölçütlere **pompa karakteristikleri** denir. Sulama tasarımcısı sulama alanındaki zonların debi ve basınç isteklerini hesaplamalı, bunlardan en büyük debi ve basıncı pompa karakteristikleri olarak belirlemelidir. Ayrıca elektriğin monofaze mi trifaze mi olduğu dikkate alınmalıdır. Evlerde genellikle monofaze elektrik kullanılır ancak bazı evlerde ve büyük peyzaj alanlarında trifaze elektrik tercih edilmektedir. Önce bu bilgiler toplanmalı, sonra pompa seçimine başlanmalıdır.

14.3. Dalgıç ve Düşey Türbin Pompalar

Bu pompalar hem sığ hem de derin kuyularda kullanılabilir. Türbin pompada motor yer üstünde beton bir platform üzerine monte edilir, suyun içindeki pompaya hareket bir şaft aracılığıyla iletilir, su yerüstüne bir boruyla getirilir. Dalgıç pompa ise su geçirmez şekilde izole edilmiş elektrik motoru ile güç (elektrik) kablosu ve basma hattına bağlı boruyla birlikte keson kuyuların içine gönderilir. (Şekil 14.3).

Şekil 14.3

Türbin ve dalgıç pompa



Açıklama notu. Seçkin ÖB, Çelik HE, 2003. Sulamaya Giriş, İÜ Orman Fakültesi Yayın No 472, ISBN: 975-404-689-1, İstanbul kaynağından alınmıştır.

Kuyudan dalgıç veya türbin pompayla çekilen su bir depoya doldurulur. Sulama için su gerektiğinde istenen basınç deponun yanındaki santrifüj pompa ile elde edilir.

14.4. Hidrofor

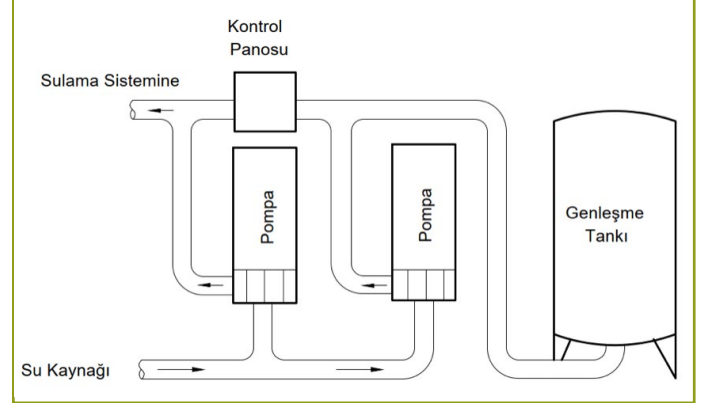
Pompa genellikle tek başına kullanılmaz, pompaya, genişleme tankı ve kontrol panosunun eklenmesiyle oluşan sisteme **hidrofor** adı verilir (Şekil 14.4). Sulama sisteminde su basıncı gerektiğinde pompaya açılma emri verilmesi gerekir. Bazı kontrolörlerde bulunan pompa devresi aracılığı ile de pompaya açılma emri verilebilir ancak bu yöntem çok başarılı değildir. Dolayısıyla sulama sisteminde genellikle hidrofor kullanılır. Kontrolör sulama sistemini açtığında sistemin çalışması için basınç gerekir, bunu kontrol panosundaki sensör aracılığıyla hidrofor algılar ve çalışmaya başlar, yeterli basınca ulaşıldığında veya sulama bittiğinde de durur.

Hidroforda tek veya fazla sayıda pompa kullanılabilir. Büyük peyzaj alanlarında farklı debi isteği olan zonlardan en büyük debiye sahip

zona göre birkaç pompa kullanılabilir. Örneğin $Q=6m^3/sa$ debi ve $H=45mSS$ ve basınç değerlerine sahip bir pompa yerine üç adet $Q=2m^3/sa$ ve $H=45mSS$ pompa seçilebilir. Bazen bir pompa yedek tutulabilir, kontrol panosundaki sıra değiştirici pompaları dönüşümlü olarak çalıştırır. Bu yöntem pompaların ömrünü uzatır ve arıza durumunda bir pompa onarıma gitse bile sulama sisteminin çalışır durumda kalması sağlanabilir (Şekil 14.5).

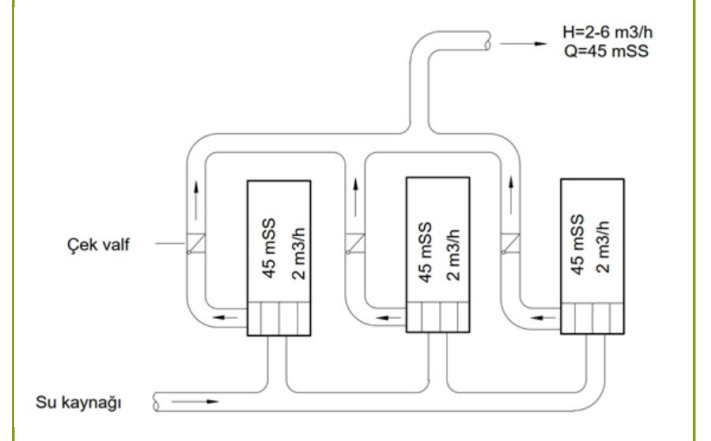
Şekil 14.4

Paralel bağlanmış pompalar, genişleme tankı ve kontrol panelinden oluşan hidrofor



Şekil 14.5

Paralel bağlanmış $Q=2m^3/sa$ ve $H=45mSS$ pompalar



Genişleme tankları ihtiyacı karşılamak üzere gereken hacimde basınçlı su içerirler. Tanktaki su basıncı ve miktarı belli bir noktanın altına düştüğünde, pompa suyu tekrar doldurmak ve basıncı tamamlamak için otomatik olarak çalışmaya başlar. Genişleme tankları pompaları sık sık çalışmaktan koruyarak, pompa ömrünü uzatırlar. Ayrıca pompalar açılırken meydana gelebilecek su darbesine karşı da sistemi genişleme tankları korur. Şen (2006)'e göre sıvı ileten boru hatlarında akış hızındaki ani değişikliklerin sıvıda neden olduğu basınç çalkantılarına **su darbesi** denir. Su darbesi sulama sisteminde ek parçaların yerinden çıkmasına neden olacak büyüklüğe ulaşabilir.

Pompaya frekans konvertörü (değişken devir, frekans invertörü) eklenirse ilk yatırım maliyeti % 30 kadar artabilir. Ancak frekans konvertörü pompanın emme ve basma hatlarındaki basınç bilgilerini karşılaştırarak pompanın hızını arttırıp azaltarak pompanın enerji tüketimini azaltır. Şenol ve Karakuş (2017)'a göre frekans

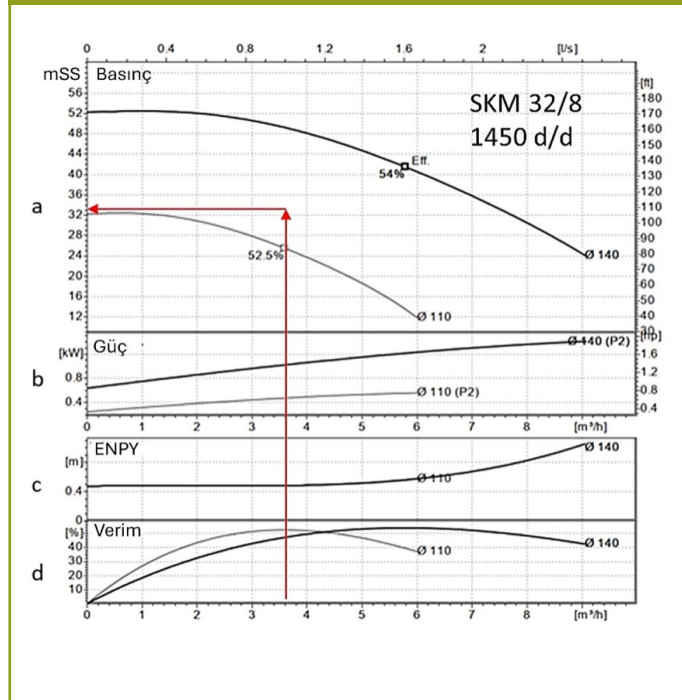
konvertörünün satın alma fiyatı, uzun süre kullanımlı pompalar için ömür boyu maliyetinin küçük bir kısmıdır.

14.5. Pompa Karakteristik Eğrileri

Pompaların bazı hidrolik özellikleri bazı karakteristik eğrilerle (performans eğrileri) tanımlanmaktadır. Şen (2006)'e göre, pompa karakteristiklerindeki hesap hatası veya fazla verilen emniyet payı nedeniyle debi, güç, ENPY artmakta ancak verim azalmaktadır. (Şekil 14.6)

Şekil 14.6

Santrifüj pompalarda karakteristik eğriler



Açıklama notu. Standart Pompa'dan alınmıştır.

14.6. Pompa Seçimi

Sulama tasarımcısı pompa karakteristiklerini ve firmaların kataloglarındaki pompaların karakteristik eğrilerini değerlendirilerek pompayı kendi seçebilir. Firmalar son yıllarda katalog yerine web sayfalarındaki pompa seçim programlarını ön plana çıkarmaktadırlar. Dolayısıyla tasarımcı mevcut kataloglardan ve pompa firmalarının web sayfalarındaki uygulamadan yararlanabilir veya bir uzmandan yardım alabilir. Web sayfasındaki uygulamaya pompa

karakteristikleri ile istenen diğer parametreler girilerek pompa tipi önerisi alınabilir.

Peyzaj sulamada 1450d/dk veya 2900 d/dk pompalar kullanılmaktadır. Daha pahalı olmasına karşın gürültüsü görece daha az olan 1450d/dk pompalar tercih edilir.

Pompa karakteristiklerinin belirlenebilmesi için bir sulama alanında bulunan zonların basınç kayıpları hesaplanır, bu zonlar arasındaki en büyük debi ve basınç seçilerek pompa karakteristikleri belirlenir. En büyük basınç seçilirken zonların makine dairesine uzaklıkları ve varsa kot farklarından kaynaklanan basınç kayıpları da dikkate alınmalıdır. Çizelge 14.1'deki basınç kaybı tablosuna göre 3 nolu zon 34,32 mSS ile en çok basınç isteyen zondur. 2 nolu zonun debisi 3,6 m³/sa (60 lt/dk=3,6 m³/sa) olduğu için gerekli pompa karakteristikleri Q= 3,6 m³/sa ve manometrik yükseklik H= 34,32 mSS olarak belirlenir. Makine dairesindeki pompa kotu ile çim zeminine göre aşağıda (2 m kot farkı) olduğu için bu fark basınç kaybı olarak eklenmiştir. Eğimli bir bahçede pompanın konumuna göre bahçenin üst tarafı sulanacaksa kot farkı basınç kaybına eklenir, alt tarafı sulanacaksa basınç kaybindan çıkarılır.

Sulama alanındaki zonları çalıştırabilecek pompanın karakteristiklerini (Q= 3,6 m³/sa ve H= 32,32 mSS) Şekil 14.6'daki grafiklere uygulayarak bu pompanın sulama sistemine uygun olup olmadığını irdeleyelim:

Şekil 14.6a'da yatay ekseninde debi değerimiz olan 3,6 m³/sa işaretleyip düşey eksenindeki 32,32 mSS basınç değeri ile kesiştirdiğimizde, bu pompanın Ø110 mm çaplı çarkının kullanıldığı tipinin amaca uygun olduğu görülür. Firmalar sulama sisteminin gereksinimini karşılayacak pompa karakteristiklerine göre farklı çapta çarklara sahip pompalar üretmektedir.

Şekil 14.6b'de debi çizgisinin uzantısının Ø110 mm çarkına ait eğriyi kestiği noktadan pompanın saatlik enerji (elektrik) tüketiminin 0,5 kW olduğunu öğrenilir.

Şekil 14.6c'de düşey ekseninde ENPY değeri bulunmaktadır. 3,6m³/sa debi değerinin uzantısının ENPY eğrisini kestiği noktada 0,5 m okunmaktadır. Bu değer kaviteye meydana gelmeden pompanın hangi derinlikten su çekebileceğini hesaplamada kullanılır.

Şekil 14.6d'de düşey ekseninde verim (η) değeri bulunmaktadır. 3,6m³/sa değerinin uzantısının verim değerini kestiği noktanın pompa maksimum verim değeri % 52,5 olduğu görülür.

Seçilen pompa optimum aralıkta çalışmalıdır, tersi durumda pompa verimi düşer, gürültü artar, pompanın ömrü azalır, işletme ve tamir/bakım masrafları artar.

Çizelge 14.1.

Örnek projedeki üç zon ve basınç kayıpları

BASINÇ KAYBI HESABI							
ZON 1 SPREY SPRİNKLER							
SIRA	1	PARÇA 2	DEBİ (lt/dk) 3	ÇAP (mm) 4	UZUNLUK (m) 5	BASINÇ KAYBI (m/m) 6	TOPLAM BASINÇ KAYBI (mSS) 5x6
1	BORU BASINÇ KAYBI (m/m)	2a	3,40	25	8,00	0,0237	0,1896
		2b	10,20	25	8,00	0,0237	0,1896
		2c	13,60	25	4,00	0,0367	0,1468
		d	27,20	25	10,00	0,1337	1,3370
							1,8630
2	EK PARÇA BASINÇ KAYBI (%10)						0,1863
3	ELEKTROVANA BASINÇ KAYBI						2,8000
4	ELEK FİLTRE						1,2000
5	KOT FARKI BASINÇ KAYBI 2 m						2,0000
6	SPRINKLER İŞLETME BASINCI						20,0000
7	TOPLAM (mSS)						28,0493
ZON 2 SPREY SPRİNKLER							
SIRA	1	PARÇA 2	DEBİ (lt/dk) 3	ÇAP (mm) 4	UZUNLUK (m) 5	BASINÇ KAYBI (m/m) 6	TOPLAM BASINÇ KAYBI (mSS) 5x6
1	BORU BASINÇ KAYBI (m/m)	e	5,00	25	5,00	0,0237	0,1185
		2f	10,00	25	10,00	0,0237	0,2370
		g	20,00	25	5,00	0,0650	0,3250
		2h	25,00	25	10,00	0,1337	1,3370
		2i	30,00	25	5,00	0,1337	0,6685
		j	60,00	40	5,00	0,0394	0,1970
							2,8830
2	EK PARÇA BASINÇ KAYBI (%10)						0,2883
3	ELEKTROVANA BASINÇ KAYBI						3,2000
4	ELEK FİLTRE						2,0000
5	KOT FARKI BASINÇ KAYBI 2 m						2,0000
6	SPRINKLER İŞLETME BASINCI						20,0000
8	TOPLAM (mSS)						30,3713
ZON 3 ROTOR SPRİNKLER							
SIRA	1	PARÇA 2	DEBİ (lt/dk) 3	ÇAP (mm) 4	UZUNLUK (m) 5	BASINÇ KAYBI (m/m) 6	TOPLAM BASINÇ KAYBI (mSS) 5x6
1	BORU BASINÇ KAYBI (m/m)	2 k	6,60	25	22,00	0,0237	0,5214
		3 l	13,20	25	33,00	0,0367	1,2111
		m	52,80	40	5,00	0,0394	0,1970
							1,9295
2	EK PARÇA BASINÇ KAYBI (%10)						0,1930
3	ELEKTROVANA BASINÇ KAYBI						3,2000
4	ELEK FİLTRE						2,0000
5	KOT FARKI BASINÇ KAYBI 2 m						2,0000
6	SPRINKLER İŞLETME BASINCI						25,0000
7	TOPLAM (mSS)						34,3225

15. Geri Akış Önleme

Sulama suyunu şehir şebekesinden alan yerlerde, sulama bittikten sonra sprinklerlerin çevresinde göllenen suyun şehir içme suyu şebekesine geri akmasını (geri sifonajı) önlemek amacıyla **geri akış önleyiciler** kullanılmaktadır. Göllenen suyun içinde gübre, insektisit, sokak-ev hayvanı dışkısı vb. birçok kirlenici bulunabilir.

Sprinklerler aracılığıyla içme suyuna karışma riski bulunan kirlenicilerin içme suyuna karışması çeşitli sağlık sorunlarına ve suyun kaba partikül açısından kirlenmesine neden olabilir. Bu nedende dünyada bazı ülkelerde sulama projelerinde geri akış önleyicilerin kullanılması zorunlu hale getirilmiştir.

Geri akış genellikle içme suyu şebekesinde negatif basınç/vakum meydana geldiğinde görülmektedir. Bir yamaç üzerinde yerleşik bir mahallede su kesildiğinde, yamaçın yukarı kısmındaki evlerde su akmazken yamaçın aşağı kısmında bulunan evlerde borularda kalmış olan su kullanılabilir. Bu kullanım sırasında yukarı mahalledeki su tesisatında bir vakum meydana gelir. Eğer sulama sistemi içme suyu şebekesine bağlıysa, bu vakumla sprinklerlerin çevresinde birikmiş bulunan su ve kirleniciler şebekeye girerek içme suyuna karışabilir. Benzer bir vakum olayı yangın musluğundan su alındığında da söz konusu olabilir.

Türkiye’de peyzaj sulamada genellikle yeraltı suyu kullanıldığı için sulama sistemine geri akış önleyici eklemeye gerek duyulmaz. Ancak bazı büyükşehir belediyeleri bazı parklarda, karayolu şevlerinde vd. suyu şehir şebekesinden aldığı için geri akış önleyici kullanılmaktadır. TS EN 12484-2’ye göre otomatik sulama sistemi doğrudan içme suyu şebekesine bağlandığında geri akış önleyici kullanılması gerekir.

15.1. Geri Akış Önleyiciler

Geri akış önleyiciler su akışı tersine döndüğünde kapanan bir çek

valf kadar basit veya daha güvenli ve düzgün çalışan karmaşık bir cihaz olabilir. Geri akış önleyici tipleri **atmosferik vakum kırıcı, anti sifon vana, basınç vakum kırıcı, çift çek valf** vb.dir (Şekil 15.1). Geri akış önleyiciler elektro vanaya bağlı olarak da üretilmektedir.

Şekil 15.1

Geri akış önleyici türleri



Geri akış önleyiciler bakım için kolayca ulaşılabilecek yerlere bağlanmalı, vana kutusu vb. su altında kalacak yerlerde tesis edilmemelidir (Stetson ve Mecham 2011).

Atmosferik vakum kırıcı sulama sisteminin en yüksek noktasının 30 cm yukarısına ve her zona bir adet bağlanmalıdır. **Basınç vakum kırıcı** ana vanadan sonra 30 cm yükseğe tesis edilmelidir. **Çiftli çek valf** daha gelişmiş ve pahalıdır, her proje için bir adet yeterlidir. **Düşük basınç ilkesine göre çalışan geri akış önleyici** en gelişmiş ve pahalı araçtır. Her projeye bir adet bağlanır. Sulamada insan sağlığına zararlı su veya arıtma suyu kullanıldığında söz konusu olur (Melby 1995).

16. Spor Sahası Sulama Tasarımı

Futbol, tenis, beyzbol, golf, hipodrom vb. gibi spor sahalarında yeşil alanların sulanmasında sprinkler sistemi kullanılmaktadır. Bu bölümde futbol ve tenis sahalarına ilişkin tasarımlar incelenmiştir.

16.1. Futbol Sahasının Sulama Tasarımı

Doğal çimle kaplı futbol sahalarında yarıçapı 30 m'ye kadar olan rotor sprinklerler kullanılmaktadır. Yapay çimli futbol sahalarının da sporcu güvenliği açısından sulanması gerekmektedir. Bu tip alanlarda sulama amacıyla daha çok sulama süresince bağlanıp daha sonra sökülen, yarıçapı 60 m'ye kadar olan yerüstü darbeli rotor sprinklerler kullanılmaktadır (Şekil 3.9c).

Doğal çimli futbol sahalarında rotor sprinklerler veya darbeli rotor yeraltı sprinklerleri kullanılmaktadır. Darbeli sprinklerlerin 15-20 cm çapındaki kapakları tepsi şeklinde düzenlenmiştir ve üzerinde çim yetişmesine imkân verir. Sulama başladığında sprinkler dili bu çimli kapakla yükselmekte, sulama bittikten sonra yerine oturmaktadır (Şekil 16.1a). Spor sahaları elektro vanalı sprinklerlerle de sulanabilir. Elektro vanalı sprinklerlerin her biri bir zon gibi kontrolörden gelen sinyal ile çalışmaktadır. Bu yöntemde sprinklerleri daha ince borularla beslemek mümkündür (Şekil 16.1b).

Spor sahaları homojene yakın ekolojik koşullara sahip olmasına karşın ekonomik bir tasarım için sulama sistemi zonlara ayrılır.

Şekil 16.2'deki futbol sahasının bu nedenle altı zona ayrıldığı görülmektedir. Bu tasarımda aynı memeye sahip sprinklerler tam daire çalışmakta, bu şekilde eşlenik sulama sağlanmaktadır. Kenarlardaki sprinklerlerin yarıçapının % 60'ının çim alanda kaldığı (sprinklerin çime yeterli su verebildiği mesafe) ancak bir miktar suyun çim alanın dışına çıktığı görülmektedir.

Şekil 16.1

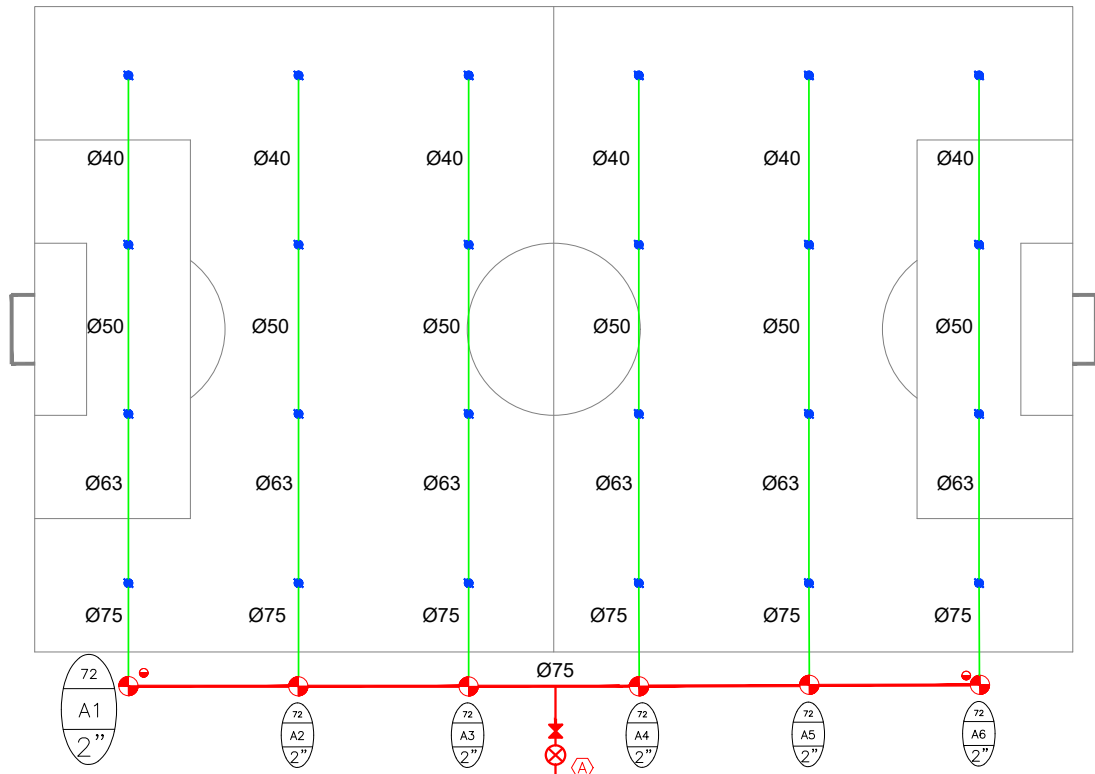
Spor sahalarında kullanılan a. kapağı kaplı darbeli yeraltı rotor sprinkler b. kendinden elektro vanalı rotor sprinkler



Açıklama notu. Hunter 2024a. Rotors, https://www.hunterindustries.com/photos?f%5B0%5D=product%3A84261&f%5B1%5D=product_line%3ARotors kaynağından alınmıştır. Hunter Industries firmasının izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

Şekil 16.2

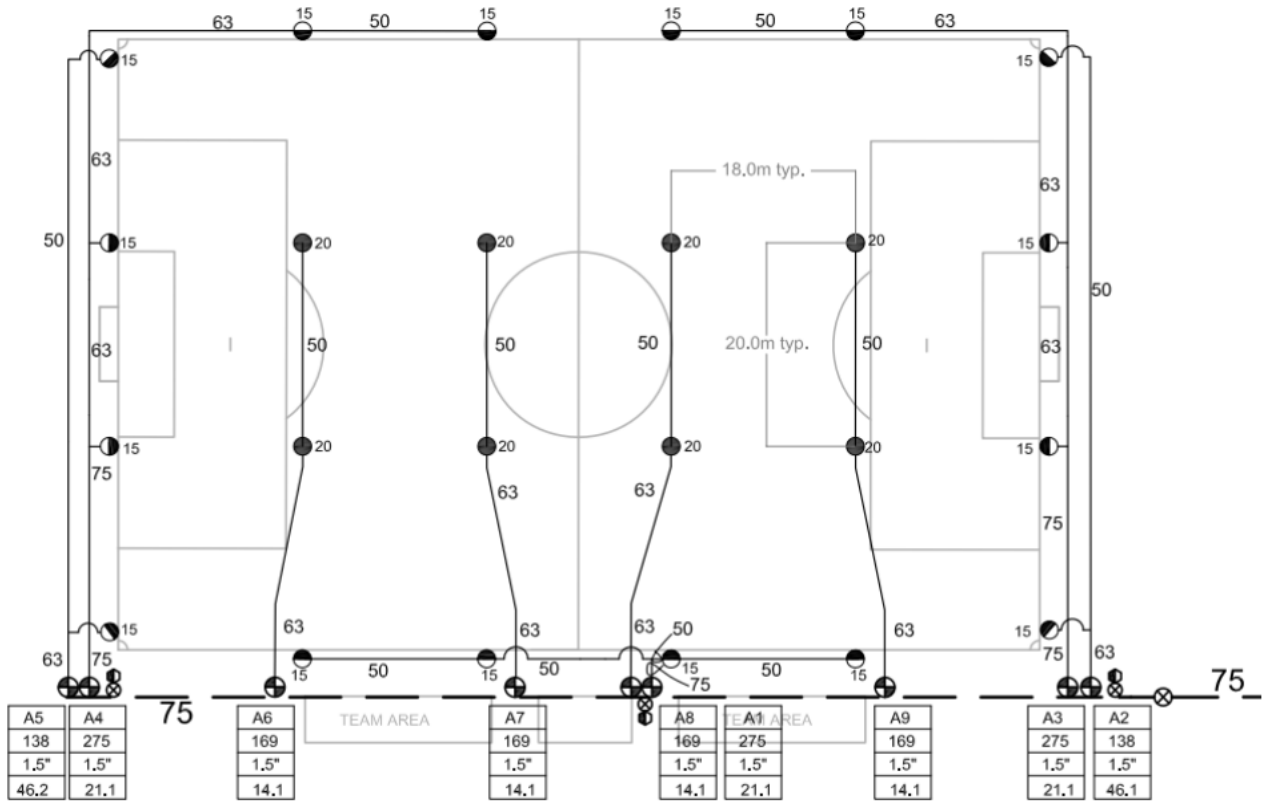
Tam daire memelerle futbol sahası sulama planı



Açıklama notu. Rain Bird 2002. Sports Field Designs, <https://www.rainbird.com/landscape/sportsfield-cad-drawings> kaynağından alınmıştır. Rain Bird firmasının (2024) izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

Şekil 16.3

Tam, yarım ve çeyrek daire ayarlı memelerle futbol sahası sulama planı



Açıklama notu. Hunter 2024e. Sports Fields Plans, https://www.hunterindustries.com/sites/default/files/SFP_S0-2545.5-A4.pdf kaynağından alınmıştır. Hunter Industries firmasının izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

Bir başka tasarımda, köşelere çeyrek daire, kenarlara yarım daire, ortalara ise tam daire sulayan memeler kullanılmıştır. Bu durumda çeyrek daire, yarım daire, tam daire memeleri ayrı ayrı zonlara ayırarak çeyrek daireden tam daireye zonları sırasıyla birbirinin katı sürelerde (10, 20 ve 40 dk gibi) çalıştırmak yöntemiyle eşlenik sulama sağlanmıştır (Şekil 16.3).

Futbol sahalarında ana boru hattı ortada bir lup (halka) şeklinde tasarlanabilir.

Golf, hipodrom gibi büyük spor sahalarında kablolamada kolaylık sağlaması bakımından dekoderli sistem kullanılmaktadır. Özellikle golf sahalarında, yüksek debili rotorların kullanılması, çok sayıda zonun oluşmasına ve sprinklerle sulanmaları halinde çim alanlarının bütünlüğünün bozulmasına neden olacak sayıda vana kutusunun kullanılmasına neden olmaktadır. Bu nedenle golf rotoru olarak bilinen kendinden vanalı sprinklerler kullanılmalıdır. Böylece, sahada can suyu vanaları dışında başka bir vana kutu kapağı görülmez.

Son yıllarda dekoder sisteminin yerine uzun mesafeli (500-800 m) ve 120 istasyona kadar çıkabilen kablosuz bağlantı ile çalışan kontrolörler de kullanılmaktadır.

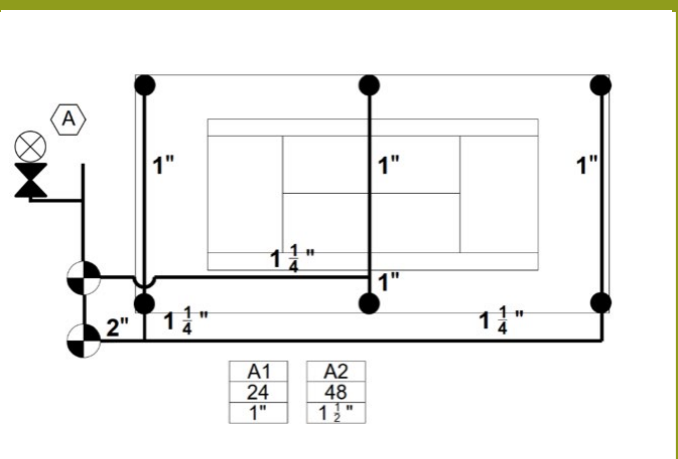
16.2. Tenis Kortunun Sulama Tasarımı

Tenis kortu sulama planında köşelerde kullanılan meme debisinin iki katı debideki memeleri kenarlarda kullanarak eşlenik sulama

sağlanmıştır. Diğer seçenek aynı memeleri kullanıp, kenarlardaki yarım daire memeleri ve köşelerdeki çeyrek daire memeleri iki ayrı zon yapmak ve kenardaki sprinklerleri kontrol eden zonu iki katı süre çalıştırarak eşlenik sulamayı sağlamaktır (Şekil 16.4).

Şekil 16.4

Yarım ve çeyrek daire memelerle tenis sahası sulama planı



Açıklama notu. Rain Bird 2024a. Sports Field Designs, <https://www.rainbird.com/landscape/sportsfield-cad-drawings> kaynağından alınmıştır. Rain Bird firmasının (2024) izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

17. Sulama Projesi Çizimi

Sulama projesinin tasarımı tamamlandıktan sonra çizilir. Çizim, başka bir sulamacı tarafından okunabilecek, metrajı çıkarılabilecek veya uygulanabilecek nitelikte olmalıdır. Aksi halde çıkarılan keşif veya uygulama hatalı olabilir.

Sulama projelerinin çiziminde genel teknik resim kuralları uygulanır, lejantta kullanılan bazı şekiller farklıdır. Sulama projesinde altlık olarak bitkilendirme paftası kullanılır. Bitkilendirme paftası sulama projesinin bilgilerinin okunmasını zorlaştıracak kadar ayrıntıya sahipse, soluk bir renkte çizilebilir veya ana hatlar, çim ve çalı parsel sınır çizgileri ve sulama için gerekli bilgiler hariç diğer bilgiler paftadan kaldırılabilir.

Sulama paftasında başlıklar, borular, elektro vanalar, vana künyeleri, vana kutuları, manuel ayırma vanaları, can suyu vanaları, sensörler, kontrolörler damlama sulama sistemi, kablolar, makine dairesinin yeri gibi sistemin elemanlarının çizilmesi ve konumlarının belirtilmesi gerekir.

Sulama projesinde özellikle ana boru hattını göstermek amacıyla kullanılacak çizginin diğer çizgilerden ayrılıp öne çıkacak şekilde daha kalın olması yararlıdır. Her zonun borularının farklı bir renkte çizilmesi çizimin denetlenmesini ve okunmasını kolaylaştırır. Plastik boruların üzerine boruların dış çapları örneğin 32 mm ise Ø32 şeklinde, metal boruların üzerine bir parmak ise 1" şeklinde yazılır (Şekil 17.1).

Boru çizgilerinin okunaklı olması için, aynı kanalda yer alan borular yanyana bulunsun bile borular karışıklığa neden olmayacak bir aralıkla çizilmeli, gerekirse parselin dışına veya binanın üzerine kaydırılmalıdır. Birbirinin üzerinden geçen borular çengel çizgiyle gösterilir (Şekil 17.1c, 17.2).

Projede ve lejantta elektro vanalar için dünyada genel kabul görmüş işaretler kullanılır. (Şekil 17.1a ve 17.2) Başlıkları göstermek için sulama yayını belirten veya belirtmeyen şekiller kullanılmaktadır. Başlıklar sprey veya rotor oluşlarına göre genellikle farklı daire/dörtgen/altıgen şeklinde gösterilmektedir ancak tasarımcılar farklı şekiller kullanabilmektedir (Şekil 17.1b ve d, 17.2 ve 17.3).

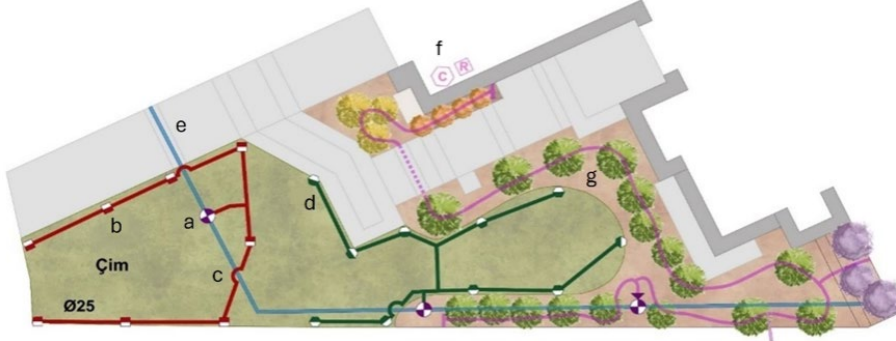
Elektro vanaların yakınına enine üçe bölünmüş bir elips veya dik-dörtgen şeklinde künyesi çizilir. Künyenin içine vana-zon ve kontrolördeki istasyon numarası, vana çapı ve zon debisi yazılır (Şekil 17.2 ve 17.3).

Çizim için kullanılacak kâğıt A serisinden çizimin ölçeğine göre uygun bir boyutta seçilmeli, çizim ile kâğıt kenarlarında uygun bir boşluk olmalı, kâğıtta sıkışık bir görüntü verilmemelidir. Fazla boşluklu olması ise hem görsel olarak hem de ekonomik olarak uygun değildir.

Proje başlığında projenin adı, tasarımcının adı, ölçek ve lejant bölümü, onaylayan makam, imza ve gerekiyorsa mühür bulunmalıdır.

Şekil 17.1.

Bir sulama projesi, zonlar farklı renkteki borularla ifade edilmiştir: a. elektro vana, b. rotor sprinkler, c. birbirinin üzerinden geçen boruların çengel çizgiyle gösterilişi, d. sprey sprinkler, e. ana boru, f. kontrolör, g. Damlama sulama.



Açıklama notu. Rain Bird 2023. Uluslararası Peyzaj Sulama Ürünleri 2023 Kataloğu, https://www.rainbird.com/sites/default/files/media/documents/2023-01/2023_intl_turf_catalog_tr_hqpc.pdf kaynağından düzenlenerek alınmıştır. Rain Bird firmasının (2024) izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

17.1. Detaylar

Proje paftasının içinde veya ayrı sayfalar halinde gerekli detaylar verilir. Bazı detaylar ise teknik şartnamede belirtilir. Özellikle uygulamasını başkasının yapacağı projelerde detaylar önem kazanır. Şekil 9.12'de vana kutusu içindeki elektro vana bağlantı detayı, Şekil 17.4'te rotor sprinkler bağlantı detayı, Şekil 17.5'te kaplin vana bağlantı detayı verilmiştir.

17.2. As-built Plan (rölöveler)

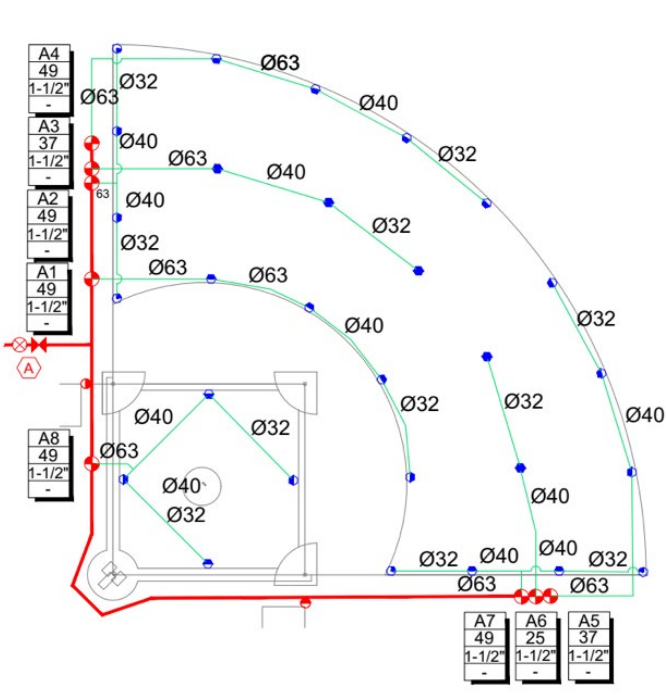
Birçok uygulama projesinde olduğu gibi sulama projesinde de çoğu zaman tasarım aynen uygulanamaz. Değişikliğin nedeni,

önceden tahmin edilemeyen koşullardır; örneğin kazı sırasında ortaya çıkan ve kırılmaması gereken bir duvar temeli gibi bir engelle rastlanabilir. Sonuçta boru planının değişmesi gerekir. Bir düzeltme veya değişiklik sonucunda, yüklenici tüm değişiklikleri gösteren bir uygulanmış plan çizmelidir. Bu uygulanmış plana **as-built** plan denir.

As-built plan olmazsa gelecekte bakım ve onarım gerektiğinde uygulamacı bile borunun nereden geçtiğini hatırlayamayabilir. Dolayısıyla bakım onarım çalışmalarında yarar sağlar (Şeklin 2003). Boruların yerleri bilinmezse boru yok diye kazılan bir alandaki boruya zarar verilebilir.

Şekil 17.2.

Bir beyzbol sahası sulama projesi



Açıklama notu. Rain Bird 2024a. Sports Field Designs, <https://www.rainbird.com/landscape/sportsfield-cad-drawings> kaynağından alınmıştır. Rain Bird firmasının [2024] izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

Şekil 17.3

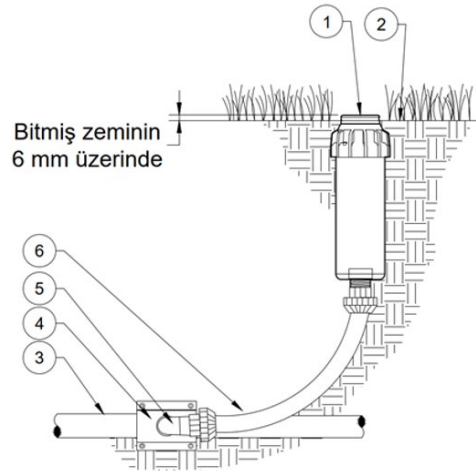
Bir sulama projesi lejanti

==	Kılavuz	⊕	Elektro vana (sprinkler ve bubbler için)
—	Ana hat	⊖	Manuel drenaj vanası
—	Lateral hat	●●●	Sprey ve rotor sprinkler
~	Damlama borusu	●	Bubbler
---	Yeraltı borusu	⊕	Elektro vana (damlama sulama için)
—	Bağlantılı olmayan boru geçişi	—	Kör tapa
—	Bağlantı noktası	⊕	Kontrolör
⊕	Sayaç	⊕	Pompa
⊖	Kışa hazırlama aracı	⊕	Vana Künyesi
⊕	Geri akış önleyici	⊕	Debi, lt/dk, m ³ /sa
⊕	Kaplin vana	⊕	Vana kodu ve kontrolördeki istasyon no
⊕	Akış sensörü	⊕	Elektro vananın çapı
⊕	Yağmur sensörü	⊕	+ Ağaç konumu
⊕	Rüzgar sensörü		
⊕	Master vana		
⊕	Basınç düşürücü		
⊕	Kesici vana		

Açıklama notu. Rain Bird 2001. Landscape Irrigation Design Manual, <https://www.rainbird.com/sites/default/files/media/documents/2018-02/IrrigationDesignManual.pdf> kaynağından alınmıştır. Rain Bird firmasının [2024] izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

Şekil 17.4

Sprinkler bağlantı detayı

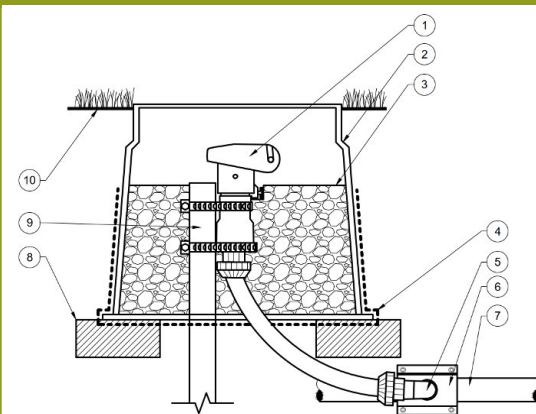


1. Sprinkler
2. Bitmiş zemin
3. Lateral boru
4. Priz kolye (veya Te)
5. Kaplin dirsek
6. Bağlantı borusu

Açıklama notu. Hunter 2022. Document Library, [https://www.hunterindustries.com/documents/?f\[0\]=im_field_product_line:34&f\[1\]=im_field_product_type:225](https://www.hunterindustries.com/documents/?f[0]=im_field_product_line:34&f[1]=im_field_product_type:225) kaynağından düzenlenerek alınmıştır. Hunter Industries firmasının izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

Şekil 17.5

Kaplin vana, vana kutusu ve drenaj detayı



1. Kaplin vana
2. Vana kutusu
3. Çakıl (drenaj)
4. Jeotekstil
5. Kaplin Dirsek
6. Priz kolye
7. Lateral boru
8. Tuğla destek
9. Ahşap/metal destek
10. Bitmiş zemin

Açıklama notu. Hunter 2022. Document Library, [https://www.hunterindustries.com/documents/?f\[0\]=im_field_product_line:34&f\[1\]=im_field_product_type:225](https://www.hunterindustries.com/documents/?f[0]=im_field_product_line:34&f[1]=im_field_product_type:225) kaynağından düzenlenerek alınmıştır. Hunter Industries firmasının izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

18. Damlama Sulama

Damlama sulama, mikro sulama tiplerinden biridir. Mikro sulamada su toprakta bitki kök zonuna çok yavaş, damla damla, ince bir su demeti halinde mikro sprinklerlerle veya bubbler ile verilir.

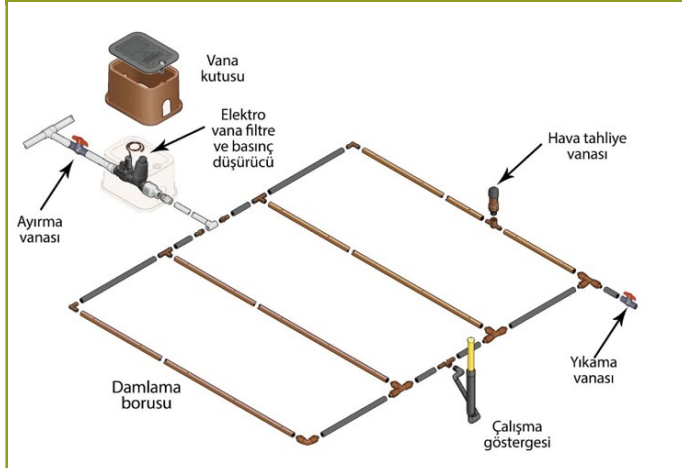
Damlama (drip) sulama, damlatıcı (emitör) olarak adlandırılan elemanlarla bitkinin kök bölgesine suyun damla damla, çok yavaş verilmesidir. Sistemin bazı yayınlarda ve kataloglarda *damla*, bazı yayınlarda *damlama* sulama sistemi olarak adlandırıldığı görülmektedir. Ancak kitapta *yağmurlama* ifadesine uyumlu olması bakımından *damlama* terimi kullanılmıştır. Damlama sulama, ağaçları, çaluları, yer örtücüleri, çiçekleri ve sebze bahçelerini ve çimi sulamada başarıyla kullanılmaktadır.

Damlama sulamanın ticari anlamda yaygınlaşması 1970'lerde başlamış ve hızla gelişmiştir. 2002-2007 arasında yerüstü ve yeraltı yassı damlama borusu gelişmiş ve tarımda uygulanmıştır. Amerika'da California gibi kurak/yarı kurak alanların dışında da uygulanmaya başlamıştır (Burt ve Styles 2016).

Damlama sulama sistemi pompa, filtre, basınç regülatörü, kimyasal enjektörler, kontrol birimi, boru hatları, kontrol vanaları ve damlatıcılardan oluşur (Şekil 18.1, 18.2). Damlama sulama sisteminde kimyasal enjektör aracılığıyla bitkilere gübre ve ilaç verilebilir.

Şekil 18.1

Damlama sulama sisteminin öğeleri



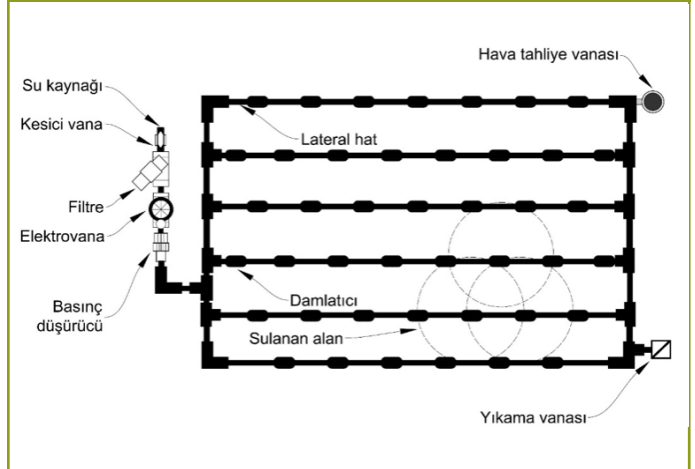
Açıklama notu. Hunter 2021. Hunter 2021 Ürün Kataloğu, www.hunterindustries.com kaynağından düzenlenerek alınmıştır. Hunter Industries firmasının izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

Damlama sulama sisteminin su uygulama randımanı (% 85-95) yağmurlama sisteminden daha yüksektir (% 70-85) (Irmak vd. 2011). Çünkü verilen suyun rüzgâr, yüzeysel akış, yüksek basınçta sisleme veya buharlaşma ile kaybolan kısmı azdır. Sonuçta bitki gelişmesi artar daha az su kullanılır ve su ve enerji masrafı düşer. Eğer bitkiler geçici olarak, birkaç mevsim sulanacaksa damlama sulama sistemi daha da üstün hale gelir (Weinberg ve Roberts 1988). Peyzaj sulamada damlama sulamanın maliyeti sprinkler sulamadan biraz ucuzdur.

Kentsel alanda yol rölüflerinde, seyrek bitkili alanlarda ve suyun

Şekil 18.2

Damlama sulama sisteminin öğeleri



Açıklama notu. Rain Bird 2000. Low-Volume Landscape Irrigation Design Manual, <https://www.RainBird.com/sites/default/files/media/documents/2018-02/LowVolumeGuide.pdf> kaynağından düzenlenerek alınmıştır. Rain Bird firmasının (2024) izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

pahalı olduğu yerlerde damlama sulama daha yararlıdır. İç mekândaki bitkileri sulamak için de damlama sulama kullanılabilir. Yükseltilmiş bitki yatakları da kenarlarını veya bitişiğindeki yaya yollarını ıslatmadan sulanabilir. Yaya ve araç yollarının ıslanmaması kaza riskini azaltır, dolayısı ile tasarımcı ile mal sahibi için cezai sorumluluk doğmaz. Genellikle bir projede birden fazla sulama sisteminin kullanılması gerekir. Örneğin çim alan için sprinkler sulama sistemi, ağaçlar, çalılar için damlama sulama gibi. Damlama sulama gündüz mesai saatleri içinde çalıştırılabilir, dolayısıyla bakım elemanları tarafından sistemin düzgün çalışıp çalışmadığı denetlenebilir (Weinberg ve Roberts 1988). Damlama sulama fidanlıklar, çatı bahçeleri, toprak derinliğinin az olduğu alanlar ile saksı ve çiçekler için de kullanılmaktadır.

Damlama sulamanın yağmurlama sulamaya tercih edilmesine neden olan **üstünlükleri** şöyle sıralanabilir (Stetson ve Mecham 2011):

- Damlama sulamadaki yavaş su verme oranı kapital ve işletme masrafını düşürür.
- Yağmurlama sulamaya göre daha üniform su dağıtır.
- Sulama suyu, besin maddesi ve diğer kimyasal maddeler bitkinin ihtiyaç duyduğu kök zonuna verilir.
- Yaprakların veya gövdenin ıslanmasından kaynaklanan mantar hastalıkları görülmez.
- Zor arazi (örneğin yüksek eğim) ve toprak (örneğin ağır topraklar) koşullarında bitki yetiştirmeye imkân tanır.
- Su verilirken, buharlaşma ve yüzeysel akış ile vb. kayıplar olmadığı için sprinkler sistemden daha etkindir. Dolayısıyla su koruma açısından daha başarılıdır.
- Damlama sulama birçok bitkinin tuzlu su veya toprağa hassasiyetini azaltır. Bitki su stresine sokulmazsa suyun tuzdan dolayı yoğunluğu artmayacağı için kökler suyu daha rahat alabilirler. Tuz kök kitlesinin dışına doğru itilir.
- Yağmurlama sistemine göre daha az su ve enerji tüketir.
- Bitki su stresine sokulmazsa daha sağlıklı gelişir, meyve

- ağaçları daha fazla meyve verir.
- Daha az işgücü ister.

Damlama sulama sisteminin **sakıncaları** şöyle sıralanabilir: ev veya sokak hayvanları ısırarak veya borunun yerini değiştirerek damlama sulama sistemine veya sulama desenine zarar verebilirler. Sokak köpekleri, özellikle susuz kaldıkları zaman damlama sulama borularını ısırıp parçalayarak su gereksinimlerini gidermeye çalışmaktadırlar. Ayrıca az da olsa insanlardan kaynaklanan vandalizm de sistemi olumsuz yönde etkilemektedir. Türkiye’de sahadan gelen bilgiye göre sisteme en büyük zarar bitki değiştirme, ot alma çalışmaları sırasında meydana gelmektedir. Suyun içindeki organik maddeler, tuzlar ve kalker de memeleri tıkamaktadır. Bu nedenle sistemin belli aralıklarla yıkanması gerekir [Bkz. Bölüm 18.13].

Damlama sulama sisteminin diğer sulama sistemlerinin yerine geçmesi gerekli değildir. Tasarımcı bitki gereksinimi yanında su kaynağı, maliyet, tesis zorluğu ve ortam koşullarını da değerlendirerek peyzajda hangi sulama sisteminin daha uygun olacağına karar vermelidir [Weinberg ve Roberts 1988]. Ortam koşulları damlama sulama sistemini tahrip ediyor ve devamlılığını engelliyorsa ısrarcı olmayıp yağmurlama sistemine geçmek gerekebilir.

18.1. Damlaticılar (Emitör)

Damlama sulama sisteminde suyu bitkiye verme işini **damlaticı/emitör** yapar. Su basınç altında plastik boru içinden taşınır ve damlaticı istenen miktarda suyu bitkiye verir. Damlaticıdan suyun damla damla verilmesinden dolayı akımda zaman saat dakika yerine saat olarak (4lt/sa gibi) ifade edilir.

Damlaticıların işletme basınçları (bar, mSS) ile debileri (lt/sa) birimi ile tanımlanır. Damlaticıların çoğu 0,7-1,4 bar basınç altında verecekleri 2, 4, 8 veya 15...75 lt/sa debiye göre üretilirler. Bir damlaticı bu debilerden birini verebilir. Az debili damlaticılar daha küçük meme çapına sahip oldukları için tıkanmaya karşı daha duyarlıdır.

Damlaticıların üretim sırasında borunun içine kaynaklandığı tip (inline) **damlama borusu** olarak adlandırılır (Şekil 18.3a ve b). PE boruya damlaticının dıştan takılması durumunda sistem **hat üstü** (online) **damlama** diye adlandırılır (Şekil 18.3c ve d). Bazen damlaticılar mikro (spagetti) borularla damlama borularından uzağa da taşınabilir.

Damlaticılar **basınç regülatörlü** ve **normal** (basınç regülatörlü olmayan) olmak üzere iki tipte üretilirler.

18.1.1. Basınç Regülatörlü Damlaticılar

Basınç regülatörlü damlaticılar işletme basıncındaki belli bir aralıkta değişmesi karşısında aynı debiyi verirler. Örneğin debisi 2, 4 ve 8 lt/sa olan damlaticıların, basıncın 1 bardan 3,5 bara çıkması halinde bile aynı debiyi verdikleri görülmektedir (Şekil 18.4).

Basınç regülatörlü damlaticılar, normal damlaticılara göre daha pahalı olması nedeniyle kot farkından kaynaklanan basınç değişikliklerinin görüldüğü yerlerde ve uzun hatlarda kullanılması yerinde olur. Kamusal alanda da basınç regülatörlü damlaticıların tercih edildiği gözlenmektedir. Bazı üreticiler 0,5 bardan 5

bara kadar olan basınçlarda basınç regülatörlü damlaticıların kullanılmasını önermektedir.

Şekil 18.3a-d

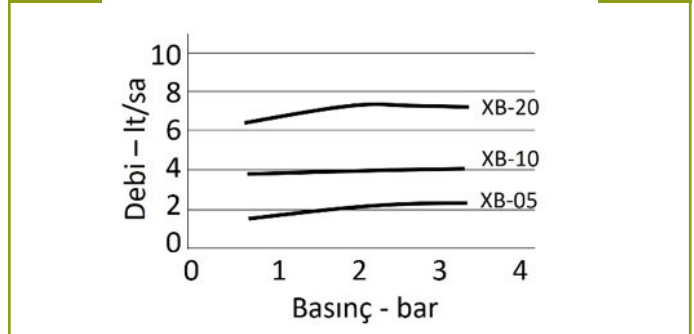
a ve b. Damlama borusu, c. Hat üstü damlaticı ve boruya bağlanmış hali



Açıklama notu. a. Fırat Boru 2024. <https://www.firat.com/damlama-sulama-sistemleri/damla-sulama-borusu>; b, c ve d Hunter 2023. Hunter 2023 Ürün Kataloğu, www.hunterindustries.com kaynaklarından alınmıştır. Fırat Boru ve Hunter Industries firmasının izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

Şekil 18.4

Şekil 18.4. 2, 4 ve 8 lt/sa debili basınç regülatörlü damlaticıların performans eğrileri



Açıklama notu. Rain Bird 2023. Uluslararası Peyzaj Sulama Ürünleri 2023 Kataloğu, https://www.rainbird.com/sites/default/files/media/documents/2023-01/2023_intl_turf_catalog_tr_hqpc.pdf kaynağından alınmıştır. Rain Bird firmasının (2024) izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

18.1.2. Normal damlaticılar

Basınç regülatörlü olmayan, normal damlaticılar kısaca damlaticı diye adlandırılır. Damlaticılar belirli bir debiyi, örneğin 4 veya 8 lt/sa debiyi belirli bir basınçta, örneğin 1 barda vermek üzere üretilirler. Basınç arttıkça bu damlaticıların verdikleri debinin de arttığı görülür. Eğim vb. nedenlerle basıncın artacağı zonlarda basıncı damlaticının çalışma basıncına kadar düşüren basınç regülatörü gereklidir. Hatta bağlanan bir basınç regülatörü veya elektro-vanaya eklenen bir basınç regülatörü kullanılarak basınç regülatörlü olmayan damlaticıların istenen debiyi vermeleri sağlanabilir.

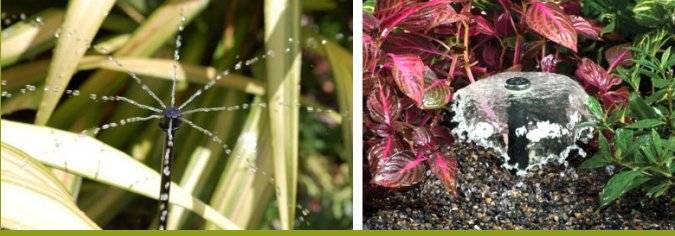
Normal damlaticıların, iki ucu arasında kot farkı bulunan hatlarda kullanılmaması ve kullanıldığı durumda eşit debi vermesinin beklenmemesi gerekir.

18.2. Damlama Sulama Sisteminde Mikro Sprinkler ve Bubbler

Damlama sulama sisteminde su gereksinimi yüksek bitkiler için kullanmak üzere boruya dıştan takılan, yarıçapı 0,5-0,7 m olan mikro sprinklerler veya bubblerlar kullanılabilir. Mikro sprinklerler borunun üzerine veya bir ayağın üzerine mikro boruyla bağlanarak çalıştırılırlar. Bubbler suyu damlama sulamaya göre daha yüksek bir debiyle, yavaşça akan bir tarzda verir. Bubbler'in debisi 70 lt/sa kadar olabilir (Şekil 18.5).

Şekil 18.5

Mikro sprinkler ve bubbler



Açıklama notu. Hunter2024a. Rotors, https://www.hunterindustries.com/photos?f%5B0%5D=product%3A84261&f%5B1%5D=product_line%3ARotors kaynağından alınmıştır. Hunter Industries firmasının izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

Bir zonda çoğunluğu oluşturan ana bitkiler, örneğin yerörtücüler ve az sayıda bulunan ikincil bitkiler örneğin ağaçlar bulunduğunda, ikincil bitki ana bitkiden daha fazla su isteyebilir. Bu durumda önce ana bitkinin sulama süresi hesaplanır, ana bitki için örneğin 4 lt/sa debiye sahip damlatıcılar tasarlanmışsa, bu süre içinde ikincil bitkiye yeterli su verecek örneğin 50 lt/sa debiye sahip bir başka damlatıcı veya bubbler damlama hattına bağlanır, bu yöntemle ana bitki için belirlenen sulama süresinde ikincil bitki için de yeterli su verilmiş olur.

18.3. Yeraltı Damlama Sulama

Yeraltı damlama sulama, yeraltına yerleştirilen borular ve damlatıcılarla kökün doğrudan sulandığı sistemdir. Borular genel olarak 20-50 cm derine döşenmektedir. Buharlaşma ve yüzeyel akış olmadığı için su tasarrufu sağlar (Irmak 2005).

Tarımda 1980'lerin sonundan beri yeraltı damlama sulama sistemi kullanılmaktadır. Yeraltı damlama sulamanın üstünlükleri buharlaşma, yabancı ot gelişmesinin ve nemliliğin az olmasıdır. Nemlilik az olduğu için daha az hastalık görülmektedir (Burt ve Styles 2016).

Sistem yol aralarında, spor alanlarında, düzensiz, küçük veya dar alanlarda, otopark röföjlerinde, çatı bahçelerinde, yaşayan duvarlarda ağaçlar, çalılar, yerörtücüler ve çim için kullanılmaktadır. Sistem spor alanları ve parklarda da kullanılmaktadır. Sistem yer altına döşendiği için vandalizm (tahrip edilme) ultraviyole zararı olasılığı da yoktur (Hunter 2012).

Yeraltı damlama boruları toprakta bitkinin etkili kök derinliğine göre çoğunlukla 20-40 cm derinliğe döşenmektedir. Damlatıcı aralığı 30-90 cm arasında değişir. Lateral boruların da toprak türüne göre 30-90 cm aralıklarla yerleştirilmesi önerilmektedir.

18.4. Yeraltı Damlama Sulama Sisteminin Sakıncaları

Suyun çok iyi filtre edilmesini istemesi dışında yeraltı damlama sulamanın sakıncaları şunlardır (Burt ve Styles 2016):

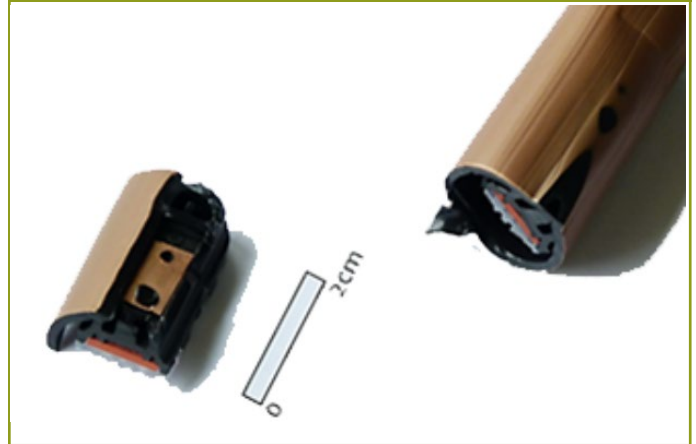
- Su çoğu zaman kapilarite ile yüzeye çıkar.
- Kökler damlatıcıları tıkayabilir.
- Kökler damlama borusunu çalışmaz hale getirecek şekilde boğabilir.
- Her sulamadan sonra vakumla toprak parçacıkları damlatıcının içine girebilir.

Köklerin damlatıcılara yönelmemesi ve onları tıkamaması için sulama programı çok düzenli ve hassas olmalıdır. Bitkiler düzenli olarak sulanırsa, kökler su aramaya başlayıp damlatıcılara girmeye çalışmaz. Ancak su stresi bitki su tüketimindeki artıştan kaynaklanabilir. Örneğin beklenmeyen yüksek sıcaklıklar ve bu günlerde sulamanın doğru yönetilememesi gibi (Netafim 2015).

Köklerin damlatıcılara yönelmesi tam anlaşılmış bir süreç değildir. Bitki türü ve sulama takvimi, borunun topraktaki derinliği gibi nedenlerle kökler damlatıcılara girmektedir. Bu olaya karşı etkili yöntemlerin başında sulama takvimini bitkide stres yaratmayacak şekilde düzenlemek gelmektedir. Diğer önlemler asit, asidik gübreler, klor veya kök gelişimini geciktiren kimyasal maddelerin suyla verilmesidir. Ancak bu maddeler bitkilerde gelişmeyi durdurabilir, dolayısıyla dikkatli kullanılmalıdır (Stetson ve Mecham 2011). Bu amaçla ot öldürücüler (herbisitler) de kullanılmıştır (Netafim 2015). Bu maddeler çevre ve insan sağlığı açısından zararlı, bazıları kanserojen oldukları için birçok ülkede kullanımı yasaklanmıştır. Köklerin bakırdan uzak durma özelliğinden yararlanılarak yeraltı damlama borusunun içine, memenin altına ince bir bakır kalkan (levha) yerleştirilmiş (Rain Bird 2021) ve köklerin memelere yönelmesini önlemiştir. Bu şekilde ot öldürücü vb. zararlı maddelerin kullanımına karşı önemli bir seçenek sunulmuştur (Şekil 18.6)

Şekil 18.6

Yeraltı damlama sulamada köklere karşı önlem bakır kalkan (Rain Bird YDS borusu, HE Çelik)



Yeraltı ve yerüstü damlama sulama borularına tarımsal alanda kemirgenlerin zarar verdiği bilinmektedir. Kuzey Amerika'da yeraltında yaşayan ve dişlerini bilemek ve su bulmak için boruları kemiren fare, sıçan ve yeraltı sincabı (gopher) gibi kemirgenler

nedeniyle borular zarar görmektedir. Bu kemirgene karşı alanda kovucular (repellent), tuzak veya kemirgen öldürücüler kullanılmalıdır. Bu zarara karşı önerilen başka çözümler şunlardır: zararlı nüfusunu kontrol etmek için tuzak kurmak, zararlıların besin zincirini ve habitatını ortadan kaldırmak ve damlama borularından başka içme suyu sağlamak (Netafim 2015, Stetson ve Mecham 2011).

Sulama uygulamacılarından alınan bilgiye göre, Türkiye’de az oranda uygulanan yeraltı damlama sistemi borularına köstebek ve kemirgen zararı rapor edilmemiştir ancak bazı tırtıllar az oranda zarar vermektedir.

Yeraltı damlama sulama sisteminin diğer bir sakıncası ise sistemin çalışıp çalışmadığını gözle kontrol etmenin mümkün olmayışıdır. Çalışmayan kısımlar ancak çimdeki bozulma veya kurumanın meydana gelmesiyle anlaşılabilir. Kontrol yöntemlerinden biri sisteme kör bir sprinkler olan çalışma göstergesinin bağlanmasıdır (Şekil 18.1). Zonların sonuna eklenen bu göstergenin dili dışarı çıktığında sistemin çalıştığı anlaşılmaktadır. Sistemde üst model kontrolörler ve debi sensörü kontrol yazılımı ile sulamanın izlenmesi, normal düzeyin altında veya üstünde akım olduğunda anlık görülmesi de mümkündür. Sulamanın normal olup olmadığı cep telefonuna yüklenen uygulamalar yardımıyla da izlenebilmektedir.

18.5. Damlama Sulamada Filtre

Damlama sulama sistemlerinde damlatıcıların küçük partiküllerle tıkanmasını önlemek amacıyla daha hassas bir filtre gereklidir. Su şehir şebekesi bile olsa filtre kullanma zorunluluğunu ortadan kalkmamaktadır. Netafim (2015)’e göre ana ve ikincil olmak üzere ikili filtre kullanmak gereklidir. İlk aşamada kum veya disk filtre kullanılabilir. İkinci aşamada görece küçük partikülleri tutmak için elek veya disk filtre kullanılabilir.

Damlama sulama sisteminde 2 lt/sa damlatıcılar için 200 mesh (gözenek boyutu 74 mikron), 4 lt/sa damlatıcılar için 150 mesh (104 mikron) filtreler önerilmektedir (Rainbird 2000) (Şekil 18.7) (Bkz. Bölüm 12).

Eğer su yeraltından veya yüzeyden geliyorsa filtreler haftada bir, şehir şebekesinden geliyorsa ayda bir temizlenmelidir (Melby 1995).

18.6. Damlama Sulamada Basınç Regülatörü/Düşürücü

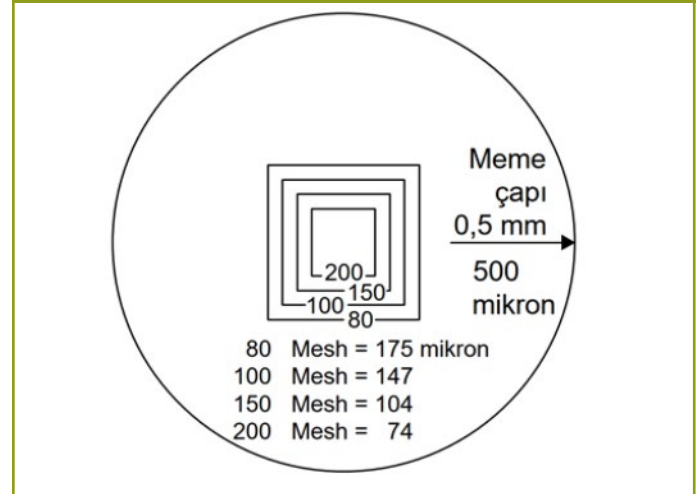
Basınç regülatörünün görevi, sprinkler sulamanın gereksinimine göre tasarlanmış olan basıncı damlatıcının optimum çalışma basıncına indirmektir. Çünkü damlatıcılar istenen debiyi ancak işletme basıncı altında verebilirler. Basınç regülatörü ya hatta (boruya) bağlanan tipte ya elektro vanada solenoidin altına bağlanan tipte ya da basınç regülatörlü elek filtre türünde olabilir (Şekil 18.8a, b ve c).

Hatta bağlanan (hat içi) basınç regülatörleri, regülatörden çıkan suyun basıncını gösteren değerlerde üretilmiştir. Örneğin şekil 18.8a’daki basınç düşürücünün çıkış basıncı 2 bar (30 psi)’dir. Şekil 18.8b’deki basınç düşürücü ile çıkış basıncı istenen değere ayarlanabilir. Basınç regülatörlerinin çıkış basınçlarının boru basınç kaybı ve damlatıcıların işletme basıncını karşılaması gerekir. Öte yandan basınç düşürücü yerine gerektiğinde basınç

düşürücülü damlama borusu kullanılabilir.

Şekil 18.7

Damlama sulama filtre gözenek çapı meme çapının 1/7-1/10’u olmalıdır



Açıklama notu. Hunter 2019. The Handbook of Technical Irrigation Information, A Complete Reference Source for the Professionals, https://www.hunterindustries.com/sites/default/files/tech_handbook_of_technical_irrigation_information.pdf kaynağından alınmıştır. Hunter Industries firmasının izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

Şekil 18.8

Basınç regülatörü: a. hat içi, b. elektro vanada solenoidin altına bağlanan, c. Basınç düşürücülü elek filtre



Açıklama notu. Rain Bird 2023. Uluslararası Peyzaj Sulama Ürünleri 2023 Kataloğu, https://www.rainbird.com/sites/default/files/media/documents/2023-01/2023_intl_turf_catalog_tr_hqpc.pdf kaynağından alınmıştır. Rain Bird firmasının (2024) izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

Damlama sulama tasarımını etkileyen üç temel öğe **bitkilerin su isteği, toprak türü ve yörenin ET miktarıdır**. Bir alandaki toprağın yapısı; damlatıcının konumunu, sulama sıklığını ve sulama süresini belirler.

18.7. Toprak Türleri ve Damlatıcı Konumu

Damlama sulamada, kum, balçık ve kil topraklar farklı ıslanma modelleri gösterirler. Topraktaki gözenek boşluğu arttıkça (kum) su düşey yönde, azaldıkça (kil) yatay yönde hareket eder (Çizelge 18.1). Dolayısıyla sulama tasarlanan alanın toprak türünün

bilinmesi çok önemlidir. Bu özelliklere bağlı olarak damlatıcı aralık-mesafesi ortaya çıkar. Kumlu topraklarda damlatıcı aralığı (sulama derinliği kadar) killi topraklara (sulama derinliğinin dört katı) göre daha az olmalıdır. Sulama derinliği bitki kök derinliğinin yarısına karşılık gelen etkili kök derinliği kadar alınmalıdır (bkz. Bölüm 1.7) (Şekil 18.9).

Çizelge 18.1

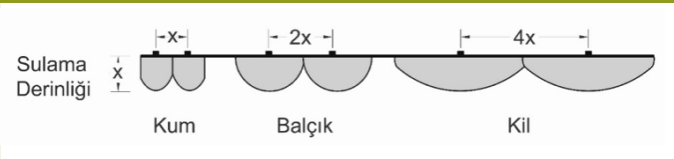
Toprak ıslatma desen ölçüleri ve yararlanılabilir su miktarları.

Toprak türü	Maksimum infiltrasyon oranı mm/sa	Sulama deseni	Sulanan çap cm	Yararlanılabilir su cm/m
Hafif (kumlu balçık)	18-32	Hafif	30-90	11,5
Orta (balçık)	6-19	Orta	60-120	16,5
Ağır (killi balçık)	3-6	Ağır	90-180	21,0

Açıklama notu. Rain Bird 2000. Low-Volume Landscape Irrigation Design Manual, <https://www.Rain Bird.com/sites/default/files/media/documents/2018-02/LowVolumeGuide.pdf> kaynağından alınmıştır. Rain Bird firmasının (2024) izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

Şekil 18.9

Toprak türlerine göre damlatıcı aralıkları



Açıklama notu. Rain Bird 2000. Low-Volume Landscape Irrigation Design Manual, <https://www.Rain Bird.com/sites/default/files/media/documents/2018-02/LowVolumeGuide.pdf> kaynağından alınmıştır. Rain Bird firmasının (2024) izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

18.8. Damlama Borusu ve Damlatıcı Planı

Damlama borularının çoğu siyah renkte olmakla birlikte toprak renginde de üretilir, toprağın veya bir malç tabakasının üzerine yerleştirilebilir. Polietilen borular güneşin zararlı ışınlarına karşı oldukça dayanıklıdır. Özellikle siyah damlama borularının görünüşünün güzel olmaması nedeniyle malçla kaplanması köklerle tıkanma riski doğurur.

Damlatıcılar bir bitkinin kök zonunun en az %50'sini sulayacak şekilde yerleştirilmelidir. Araştırmalar bitki kök zonunun %50'sinin sulanması durumunda tamamı sulanmış kadar verimli olduğunu göstermektedir.

Damlama borularını gözden uzak tutmaya çalışmak sadece estetik kaygılarla değil boruların tahrip edilmesini önlemeye de dönüktür.

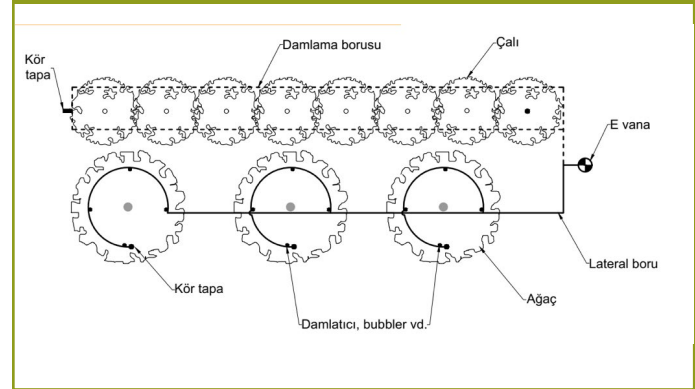
Damlatıcılar, önerilmemekle birlikte malçın altına alınırsa, çalışması görülemediği için periyodik kontrol ve bakımı yapılamaz.

Bu nedenle damlatıcılar yürüyerek kontrol edilebilecek şekilde yerleştirilmelidir.

Yerörtücüler ve yoğun dikilmiş bitkiler için boru planı izgara şeklinde, iki bitkiye bir damlatıcı şeklinde veya lup tarzında (kapalı devre) (Şekil 18.2) olabilir. Çalılarda damlama borusu, ağaçlarda hat üstü damlatıcılar kullanılabilir (Şekil 18.10).

Şekil 18.10

Ağaç ve çalılarda damlatıcıların konumları borularının döşenmesi

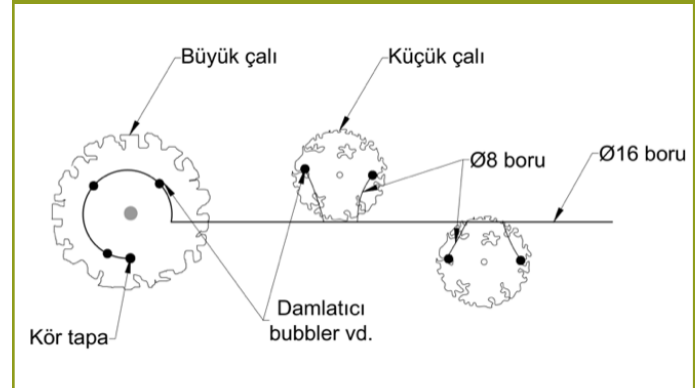


Açıklama notu. Rain Bird 2000. Low-Volume Landscape Irrigation Design Manual, <https://www.Rain Bird.com/sites/default/files/media/documents/2018-02/LowVolumeGuide.pdf> kaynağından alınmıştır. Rain Bird firmasının (2024) izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

Büyük çalılarda ve çalı yataklarında çoklayıcı memelerden su alınarak mikro borularla çalılar sulanabilir. Büyük bitkilere bitki başına iki veya üç damlatıcı (veya diğer mikro sulama elemanları) kullanılabilir (Şekil 18.11)

Şekil 18.11

Büyük ve küçük çalılarda sulanması



Açıklama notu. Rain Bird 2000. Low-Volume Landscape Irrigation Design Manual, <https://www.Rain Bird.com/sites/default/files/media/documents/2018-02/LowVolumeGuide.pdf> kaynağından alınmıştır. Rain Bird firmasının (2024) izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

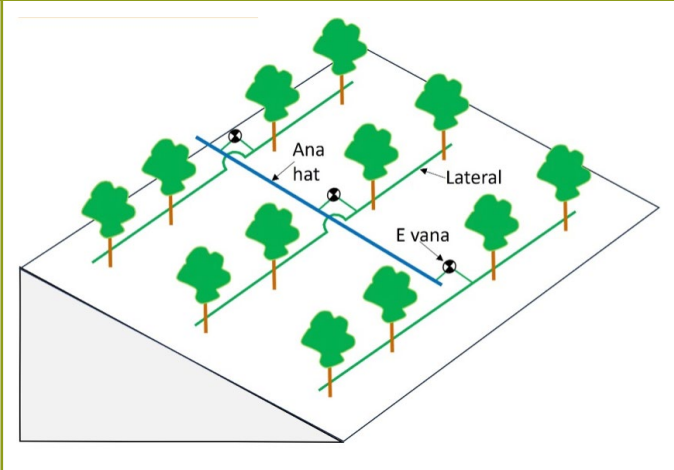
18.9. Yamaçlarda Damlama Sulama

Kot farkına bağlı olarak düşük kotlarda sistemin su basıncı ve

debisi artacaktır. Dolayısıyla kot farkı bulunan alanlarda ya basınç regülatörlü damlatıcılar kullanmak ya da boruları ve damlatıcıları eşyükselti eğrilerine paralel olarak yerleştirmek gerekir (Şekil 18.12).

Şekil 18.12

Eğimli alanlarda damlama borularının eşyükselti eğrilerine paralel yerleştirilmesi



Açıklama notu. Rain Bird 2000. Low-Volume Landscape Irrigation Design Manual, <https://www.RainBird.com/sites/default/files/media/documents/2018-02/LowVolumeGuide.pdf> kaynağından düzenlenerek alınmıştır. Rain Bird firmasının (2024) izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

Bir yamaçta eğim yönünde döşenmiş bir boruda, kot farkından dolayı yamaç topuğunda basınç ve dolayısıyla debi artacaktır. Şekil 18.12'de yamaçın yukarısında elektro vanada 3 bar olan su basıncı, yamaçın topuğunda 10 m kot farkı olduğundan ($10,33 \text{ mSS} = 1 \text{ bar}$) 4 bara ulaşmaktadır. Bu tip alanlarda yamaçın alt kısımlarında basınç regülatörlü damlatıcıların kullanılması veya lateral hattın girişine basınç düşürücü eklenmesi gerekir.

Eğimli yamaçlarda damlatıcı yanlış noktada uygulanırsa yüzeysel akışla bitki kök zonunun dışındaki bir yer sulanabilir. Bu nedende damlatıcılar bitkilerin yukarısından eşyükselti eğrilerine paralel geçen damlama borusuna bağlı damlatıcılar veya mikro borularla sulanabilir (Şekil 18.13).

18.10. Tuzlanma ve Damlatıcı Aralığı

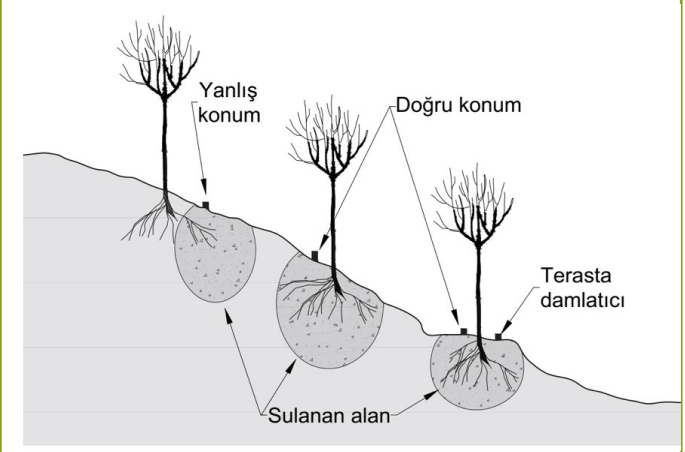
Sulama suyundaki veya topraktaki tuz, kök kütlelerinin sulanan kısmının çevresinde birikir. Eğer damlatıcılar örtüşen (kökün tamamını sulayan) bir şekilde yerleştirilirse tuz birikmesi kök kütlelerinin dışına itilmiş olur (Stetson ve Mecham 2011) (Şekil 18.14). Bu şekilde iç kısımda kalan kökler tuzdan etkilenmezler. Tuzlanma riskinin fazla görüldüğü güney ve güneydoğu Anadolu'da ve drenaj sorunu bulunan alanlarda örtüşmeye dikkat edilmelidir.

18.11. Damlama Sulama Tasarımı

Damlama sulama tasarımında, önce toprak türü, bitki su isteği, mevcut su miktarı ve sulama zaman aralığı gibi konular dikkate alınır, sonra damlatıcı özellikleri belirlenir. Uygulamacının sistemi doğru ve kolay bir şekilde kurabilmesi için tasarımın ayrıntılı çizimlerle desteklenmesi gerekir (Stetson ve Mecham 2011).

Şekil 18.13

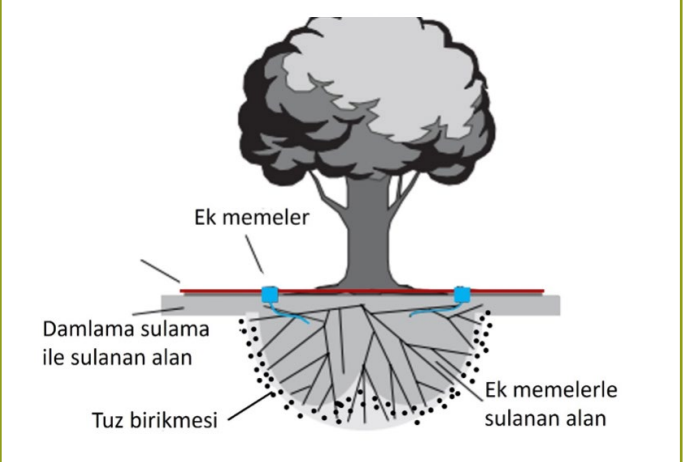
Eğimli yamaçlarda damlatıcı konumu



Açıklama notu. Stetson LE and Mecham BQ, (Eds.). 2011. Irrigation. Irrigation Association, Fairfax, USA kaynağından alınmıştır. Her hakkı saklıdır. © 2011, Irrigation Association; Her hakkı saklıdır. Bu şekil Irrigation Association'ın izniyle sağlanmıştır. Metin yazar tarafından tercüme edilmiştir. Orijinal versiyon basılı olarak mevcuttur. Copyright © 2011, Irrigation Association; all rights reserved. This Figure is provided courtesy of the Irrigation Association. Text translated /paraphrased by İstanbul University-Cerrahpaşa The original version is available in print.

Şekil 18.14

Tuzlu sularda bitkinin korunmasına yönelik uygulama.



Açıklama notu. Rain Bird 2000. Low-Volume Landscape Irrigation Design Manual, <https://www.RainBird.com/sites/default/files/media/documents/2018-02/LowVolumeGuide.pdf> kaynağından düzenlenerek alınmıştır. Rain Bird firmasının (2024) izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

Damlama sulama tasarımında en yüksek sulama etkinliğini elde etmek için, toprak türü, bitki yoğunluğu, mikro iklimler, arazi ve bitki tipi (ör. yer örtücü, çalı, ağaç) dikkate alınmalıdır. Yer örtücüler, çalılar ve ağaçlar farklı kök derinliklerine ve su isteklerine sahip oldukları için aynı partere dikilmiş olsalar bile ayrı sulama zonlarına alınmalıdır. Aynı şekilde yükseltilmiş

parterler, iç mekân bitkileri ve mikro iklimler için de ayrı sulama zonları oluşturulmalıdır (Stetson ve Mecham 2011).

Farklı su isteği bulunan bitkilerin bulunduğu bir parterde, bitkilerin isteklerine uygun su vermeyi sağlayan farklı debilerdeki damlatıcıları kullanarak sulamayı bir zonda da tasarlamak mümkündür. Tasarımcının peyzajın özelliklerini dikkate alarak bitkileri aynı veya farklı zonda sulayacağına karar vermesi gerekir.

Damlama sulama tasarımında önce bitki su isteğinin belirlenmesi gerekir.

18.11.1. Bitki Su İsteğinin Belirlenmesi

Bitki su isteği için iklim bölgelerine, illere hatta ilçelere göre farklı bitki tür ve tepe çapları için ET miktarlarının bilinmesi gerekir. Bu amaçla Çizelge 1.3'te verilen, çim için hesaplanan ET_0 değerlerinin bitki katsayısı (K_c) ile çarpılarak bitkilere uyarlanması gerekir. Bölüm 1.8'de belirtildiği gibi Türkiye'deki tarımsal bitkiler için K_c katsayıları belirlenmiştir (TAGEM 2017) ancak süs bitkileri için belirlenmemiştir.

Çim dışındaki peyzaj bitkileri için su isteği araştırması sınırlıdır. Bu nedenle bitki katsayısının (K_c) belirlenmesinde aşağıdaki formülden yararlanılmıştır (Stetson ve Mecham 2011):

$$K_c = K_p \cdot K_d \cdot K_{mk}$$

Formülün elemanları şunlardır:

K_c : Bitki katsayısı

K_p : Bitki faktörü

K_d : Bitki örtüsü yoğunluk faktörü

K_{mk} : Mikro klima faktörü

Bitki faktörü (K_c)'nü tasarımcı belirlemek zorundadır. Dolayısıyla bitki veya bitkiler için Çizelge 18.2, 18.3 ve 18.4'ten kullanılan değerler kişiden kişiye farklılık gösterebilir. Bitkiler olgunlaştıkça su isteklerinin değişeceği dikkate alınmalıdır. Örneğin çok su isteyen çalılardan oluşan bir zon için 0,65 değeri alınabilir.

Çizelge 18.2

Bitki faktörü (K_p)

Bitki tipi	Düşük	Orta	Yüksek
Ağaçlar	0,45-0,50	0,70-0,75	0,90-0,95
Çalılar	0,30-0,35	0,45-0,50	0,60-0,65
Yerörtücüler	0,30-0,40	0,50-0,60	0,70-0,80
Karışık (ağaçlar, çalılar ve yerörtücüler)	0,50-0,55	0,75-0,80	0,90-1,00

Açıklama notu. Stetson LE and Mecham BQ, (Eds.). 2011. Irrigation. Irrigation Association, Fairfax, USA kaynağından alınmıştır. Her hakkı saklıdır © 2011, Irrigation Association; Her hakkı saklıdır. Bu şekil Irrigation Association'ın izniyle sağlanmıştır. Metin yazar tarafından tercüme edilmiştir. Orijinal versiyon basılı olarak mevcuttur. Copyright © 2011, Irrigation Association; all rights reserved. This table is provided courtesy of the Irrigation Association. Text translated/paraphrased by Istanbul University-Cerrahpaşa. The original version is available in print.

Bitki yoğunluğu faktörü (K_p) bitkilerin zeminde gölgelediği toplam alanı gösterir. Hızlı büyüyen bitkiler yüksek terleme oranı nedeniyle yeni dikilmiş bitkilerden daha fazla su ister. Yoğunluk faktörü olgun peyzajda daha yüksektir. Yeni dikilmiş bitkiler zeminde küçük bir alanda gölge oluştururken bu alan 10 yıl sonra % 90'ı bulabilir ve

su istekleri artar. Çizelge 18.3'te öğle vakti güneş altında zemini gölgeleme derecesine göre yoğunluk faktörü değerleri verilmiştir (Stetson ve Mecham 2011).

Çizelge 18.3

Bitki yoğunluk faktörü (K_p)

Bitki tipi (boy)	Zemini gölgeleme		
	¼-½	½-2/3	>¾
Yavaş büyüyen bitkiler <40 cm	0,35-0,45	0,60-0,75	0,80-0,95
Küçük çalılar ~90-120 cm	0,35-0,50	0,70-0,80	0,85-0,95
Büyük çalılar, ağaçlar >365 cm	0,40-0,55	0,75-0,95	0,95-1,00

Açıklama notu. Stetson LE and Mecham BQ, (Eds.). 2011. Irrigation. Irrigation Association, Fairfax, USA kaynağından alınmıştır. Her hakkı saklıdır © 2011, Irrigation Association; Her hakkı saklıdır. Bu çizelge Irrigation Association'ın izniyle sağlanmıştır. Metin yazar tarafından tercüme edilmiştir. Orijinal versiyon basılı olarak mevcuttur. Copyright © 2011, Irrigation Association; all rights reserved. This Table is provided courtesy of the Irrigation Association. Text translated/paraphrased by Istanbul University-Cerrahpaşa The original version is available in print.

Mikro klima faktörü (K_{mk}) kentsel alanda bitkilerin su isteği birçok mikro klimaya göre değişir. Örneğin gölgedeki bitkilerin güneşteki bitkilere göre daha az su isteği vardır. Güney bakılı bir duvarın önündeki veya otoparkta beton kaplamayla çevrili bir yeşil adada bitki su tüketimi daha fazladır. Tasarımcı mikro iklimanın bitki su isteği üzerindeki etkisini dikkate almalıdır. Referans evapotranspirasyon (ET_0) güneş altında açık alanda büyüyen çim için referans değer 1,0 alınıp diğer mikro iklimalara göre değerler belirlenmiştir (Çizelge 18.4) (Stetson ve Mecham 2011).

Çizelge 18.4

Mikro klima (K_{mk}) faktörü

Bitki tipi	Düşük	Orta (Referans koşulları)	Yüksek
Ağaçlar	0,50	1,0	1,4
Çalılar	0,50	1,0	1,3
Yerörtücüler	0,50	1,0	1,2
Karışık (ağaçlar, çalılar ve yerörtücüler)	0,50	1,0	1,4

Açıklama notu. Stetson LE and Mecham BQ, (Eds.). 2011. Irrigation. Irrigation Association, Fairfax, USA kaynağından alınmıştır. Her hakkı saklıdır © 2011, Irrigation Association; Her hakkı saklıdır. Bu çizelge Irrigation Association'ın izniyle sağlanmıştır. Metin yazar tarafından tercüme edilmiştir. Orijinal versiyon basılı olarak mevcuttur. Her hakkı saklıdır © 2011, Irrigation Association; Copyright © 2011, Irrigation Association; all rights reserved. This Table is provided courtesy of the Irrigation Association. Text translated/paraphrased by Istanbul University-Cerrahpaşa The original version is available in print.

Bitkinin tepe izdüşüm alanı hesaplanmalıdır. Bu aşamada bitkinin olgun yaştaki tepe çapı esas alınmalıdır. Bu tepe çapı belirlendikten sonra izdüşüm alanı hesaplanır. Bitki tepe çapı 4 m ise tepe izdüşüm alanı:

$$A = \pi r^2 = 3,14 \cdot 2^2 = 12,56 \text{ m}^2 \text{ dir.}$$

Bir çalı yatağı için bitki izdüşüm alanı, parterin alanı hesaplanarak bulunur. Örneğin parterin boyutları 3x4 m ise alanı 12 m²'dir.

Bitki su isteğinin hesabında aşağıdaki eşitlik kullanılır (Stetson ve Mecham 2011).

$$Q = \frac{A \cdot ET_o \cdot K_c}{E_a}$$

Formülün elemanları şunlardır:

Q : bitki su isteği, mm/gün

A : Bitki tepe tacı izdüşüm alanı x 0,75 (alanın % 75'i sulanmalıdır), m²

ET_o: Referans evapotranspirasyon, mm/gün

K_c : Bitki katsayısı

E_a : Su uygulama randımanı (sıcak kuru iklim için 0,85, ılıman iklim için 0,90, serin iklim için 0,95)

Örnek: 3x4 m ölçülerindeki, zemini %75 gölgeleyen, çevresi çim olan bir çalı yatağının bulunduğu ılıman bir iklime sahip bölgedeki ET_o 5 mm ise bu yatağın günlük su isteği aşağıdaki gibi hesaplanır:

A : 3·4 m = 12 m²'dir. Damlama sulamada kök zonunun tamamının sulanması istenmez. Bu nedenle kök zonunun % 75'inin sulanacağı kabul edilmiştir.

Bitki faktörü Çizelge 18.12'den 0,50, yoğunluk faktörü zemini gölgeleme oranına göre Çizelge 18.3'den 0,80, mikro klima faktörü yatağın çevresi çim olduğu için Çizelge 18.4'ten 1,0 alınarak şöyle hesaplanır:

$$K_c = K_p \cdot K_d \cdot K_{mk}$$

$$K_c = 0,50 \cdot 0,80 \cdot 1 = 0,40$$

K_c katsayısı kullanılarak bitki su isteği şöyle hesaplanır:

$$Q = \frac{A \cdot ET_o \cdot K_c}{E_a}$$

$$Q = \frac{12 \cdot 0,75 \cdot 5 \cdot 0,40}{0,9}$$

Q: 20 lt/gün

18.11.2. Damlatıcı Sayısının Belirlenmesi

Günlük su isteği belirlendikten sonra bu isteği karşılayacak damlatıcı debi ve sayısının belirlenmesi gerekir. Stetson ve Mecham (2011) bitkinin su isteğini karşılamak için en az iki damlatıcı kullanmayı önermektedir (Şekil 18.11). Bu şekilde suyu daha üniform vermek ve damlatıcının biri tikanırsa diğeri/ diğerleriyle sulamaya devam etmek mümkün olabilir.

Damlama sulama alanının ölçütlere göre (toprak türü, bitki türü, eğim vd.) farklı zonlara ayrılması gerekebilir.

Toprak killiyse suyu balçık ve kum topraklara göre daha uzun süre tutabilir. Dolayısıyla toprakların sulama sıklığı ve süreleri farklıdır. Kil toprakların haftada iki kez 3-4 saat, balçık toprakların haftada üç kez, 2-3 saat, kumlu toprakların iki günde bir 2-3 saat sulanması önerilmektedir (Melby 1995).

Toprak özellikleri, bitki su isteği, sulama sıklığı ve sulama süresi dikkate alınarak bitki başına kaç damlatıcı kullanılacağı hesaplanır. Önce bitkinin günlük su isteği haftalığa çevrilir, toprak türüne göre bitkinin haftada kaç sefer sulanacağı, bir seferde ne kadar su verileceği, ardından saatte ne kadar su verileceği ve bu debiyi

verebilecek damlatıcı sayısı hesaplanır (Melby 1995, Seçkin 2003):

$$\text{Haftalık su isteği} = \text{Günlük su isteği} \times 7$$

$$\text{Bir seferde verilecek su miktarı} = \frac{\text{Haftalık su gereksinimi}}{\text{Sulama sıklığı}}$$

$$\text{Bir saatte verilecek su miktarı} = \frac{\text{Bir seferde verilecek su miktarı}}{\text{Bir seferdeki sulama süresi}}$$

$$\text{Damlatıcı sayısı} = \frac{\text{Saatte verilecek su miktarı}}{\text{Damlatıcının debisi}}$$

Örnek:

İstanbul'da bulunan tepe çapı 1,8 m, su isteği orta, çevresi çim olan, seyrek dikilmiş bir çalı 4 lt/sa debili damlatıcılar ile sulanacaktır. Toprak türü kil, referans ET_o 5,13 mm (Çizelge 1.3'ten) olduğuna göre bu bitki için damlatıcı sayısı şöyle hesaplanır:

Önce bitki su isteği bulunur:

$$Q = \frac{A \cdot ET_o \cdot K_c}{E_a}$$

$$K_c = K_p \cdot K_d \cdot K_{mk}$$

Bitki faktörü su isteği orta olduğu için (Çizelge 18.2)'den 0,65, yoğunluk faktörü zemini 1/2-2/3 gölgelediği kabul edilerek (Çizelge 18.3)'den 0,8, çalının çevresi çimle çevrili, dolayısıyla mikro klima faktörü orta olduğu için (Çizelge 18.4)'den 1,0 alınarak bitki faktörü:

$$K_c = 0,5 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,4 \text{ bulunur.}$$

$$\text{Tepe izdüşüm alanı: } A = \pi r^2 = 3,14 \cdot 0,9^2 = 2,54 \text{ m}^2$$

Tepe izdüşüm alanının % 75'i sulanacağı için alan 2,54 · 0,75 = 1,91 m²

$$Q = \frac{1,91 \cdot 5,13 \cdot 0,4}{0,9} = 4,35 \text{ lt}$$

Bitkinin günlük su isteği 4,56 lt değeri alınarak haftalık su isteği bulunur:

$$\text{Haftalık su isteği} = 4,35 \cdot 7 = 30,45 \text{ lt}$$

Kil toprağı haftada iki kere sulamak gerektiğine göre bir seferde verilecek su miktarı bulunur:

$$\text{Bir seferde verilecek su miktarı} = \frac{30,45}{2} = 15,2 \text{ lt}$$

Kil toprağı her seferde dört saat sulamak gerektiğine göre bir saatte verilecek su miktarı bulunur:

$$\text{Bir saatte verilecek su miktarı} = \frac{15,2}{4 \text{ sa}} = 3,8 \text{ lt/sa}$$

Bir damlatıcı 4 lt/sa verdiği göre saatlik miktar damlatıcının debisine bölündüğünde damlatıcı sayısı elde edilir:

$$\text{Damlatıcı sayısı} = \frac{3,8}{4 \text{ sa}} \sim 1 \text{ ad}$$

Damlatıcının debisi 4 lt/sa olduğuna göre damlatıcı sayısının 1 adet olduğu görülür.

18.12. Damlatma Sulama Basınç Kaybı Hesabı

Damlatıcılara yeterli basıncın gitmesi için basınç kayıplarının hesaplanması ve karşılanması gerekir. Sistemin basınç kaybı zon elektro vanası, filtre, basınç regülatörü, besleme borusu ve damlatma borusunda meydana gelen basınç kaybı ve kot farkından meydana gelen basınç kaybı/kazancı ile damlatıcının çalışma basıncının toplamıdır. Damlatma zonunun düzgün çalışabilmesi için zona toplam basınç kaybı kadar basınç verilmelidir.

Basınç kaybı hesabı basınç regülatörüne gerek olup olmadığını da ortaya çıkarır. İlk ve son damlatıcılar arasındaki basınç farkının % 20'yi aşmaması gerekir. Aksi halde üniform sulama sağlanamaz (Melby 1995).

$$\begin{matrix} \text{Toplam} \\ \text{basınç} \\ \text{kayıbı} \\ \text{(BK)} \end{matrix} = \begin{matrix} \text{Boru} \\ \text{BK} \end{matrix} + \begin{matrix} \text{EV} \\ \text{BK} \end{matrix} + \begin{matrix} \text{Filtre} \\ \text{BK} \end{matrix} + \begin{matrix} \text{Kot} \\ \text{farkının} \\ \text{etkisi} \end{matrix} + \begin{matrix} \text{Damlatıcı} \\ \text{işletme} \\ \text{basıncı} \end{matrix}$$

Boru basınç kaybını bulmak için damlatma zonuna kadar olan PE boruda meydana gelen basınç kaybı ve damlatma borusunda meydana gelen basınç kaybı dikkate alınır.

Basınç kayıplarını hesaplamak için zonun toplam debisi hesaplanmalıdır. Şekil 20.10'daki damlatma sulama planına göre boru uzunluğu 84 m ölçülmüştür. Hat 84 m uzunluğunda, damlatıcılar 50 cm aralıklı ve damlatıcı debisi 4lt/sa olduğuna göre damlatma zonunun debisi:

$$84 * 2 \text{ (2 meme/1 m)} * 4 \text{ lt/sa} = 672 \text{ lt/sa'tir.}$$

Düşük hacimli zonlar için genel kural olarak **zon girişinde basınç en az 2 bar olmalı**, bir lateral boruda debi 1000 lt/sa'ti aşmamalıdır. Bakım kolaylığı için 16 mm lateral boru uzunluğu 150 m'den fazla olmamalıdır (Rain Bird 2000). Debi ve boru çapına göre kullanılacak boru uzunlukları üretici firmalar tarafından verilmektedir. Lateral boru ortadan beslenirse boru uzunluğu iki katına çıkabilir.

Damlatma borusunda boru firmalarının yayınladığı, hattın sonundaki damlatıcının da yeterli işletme basıncını alabileceği

uzunluğu gösteren *maksimum çekme mesafesi* tabloları kullanılır (Çizelge 18.5). Eğer hat üstü damlatıcı kullanılacaksa, basınç kaybı hesabı için PE boru performans tablosu kullanılır.

Bu yaklaşımda seçilen damlatıcı aralığına göre maksimum çekme mesafesine uyularak damlatma borusu basınç kaybı ve işletme basıncı olarak 1,5-2 bar olarak uygulanabilir. Damlatma borusu lup (kapalı devre) şeklinde tasarlanırsa çekme mesafesi % 30-40 oranında artırılabilir.

Elektro vana basınç kaybı değeri üretici firmanın kataloğundan alınır. Elektro vana çapı, damlatma sulama zonunun debisine göre belirlenir. Ancak çoğu damlatma sulama zonunda ¾" (LFV-075) elektro vana yeterli olur. Seçilen elektro vananın katalogdaki performans tablosundan (Şekil 18.15) geçirilecek 672 lt/sa debiye göre basınç kaybı enterpolasyonla 0,24 bar olarak elde edilir, mSS birimine çevrilerek basınç kaybı tablosuna (Çizelge 18.6) yazılır.

Filtre basınç kaybı, filtre türüne göre değişmektedir ve kullanılan filtrenin performans tablosundan geçirilecek 672 lt/sa (=10,7 lt/dk) debiye göre basınç kaybı alınır (Şekil 18.16). 10,7 lt/dk debide ¾" filtre için (QKCHK-075) basınç kaybı enterpolasyonla 0,04 bar olarak hesaplanıp basınç kaybı tablosuna (Çizelge 18.6) işlenir.

Damlatma besleme borusunun uzunluğu 20 m olduğuna göre 672 lt/sa debi 10,7 lt/dk'ya çevrilerek boru basınç kaybı tablosundan (Çizelge 7.2) Ø25 boru için basınç kaybı 0,0237 m/m alınır ve besleme borusundan meydana gelecek basınç kaybı elde edilir.

Makine dairesi çim zeminden 2 m aşağıda olduğu için meydana gelen basınç kaybı 2 mSS olarak tabloya eklenir.

Damlatma sulama sisteminin toplam basınç isteğinin 27,74 mSS olduğu ortaya çıkar (Çizelge 18.6).

Toplam basınç kaybı, gerekli giriş basıncına eşitse basınç düşürücü kullanmaya gerek olmayabilir. Örnek projedeki gibi giriş basıncından küçükse yeterli düşümü sağlayan bir basınç düşürücü kullanılmalıdır.

18.13. Damlatma Sulama Sisteminin Bakımı

Damlatma sulama sisteminin bakımı iki tipte gerçekleştirilir: koruma ve sorun giderme. Korumada bakım, yıkama, kimyasal

Çizelge 18.5

Damlatma sulama borusu düz arazide çekme uzaklığı (m)

Boru Tipi	Debi (lt/sa)	Damlatıcı aralığı (cm)							
		20	25	33	40	50	60	75	100
Boru Çapı 16 mm	2	44 m	51 m	58 m	40 m	84 m	97 m	112 m	135 m
Et Kalın. 0,90 mm	4	30 m	33 m	40 m	51 m	58 m	66 m	77 m	94 m
Boru Çapı 20 mm	2	60 m	72 m	88 m	102 m	120 m	135 m	160 m	195 m
Et Kalın. 1-1,1 mm	4	45 m	56 m	72 m	80 m	93 m	105 m	124 m	150 m

Açıklama notu. Fırat Boru 2024 kaynağından alınmıştır. Fırat Boru firmasının izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır

enjeksiyon ve sulama takvimi söz konusudur. Sorun gidermede yıkama, organik birikmenin hidrojen peroksit ile giderilmesi, mineral birikmesinin asitlerle veya asit-hidrojen peroksit karışımı ile giderilmesi ile organik ve mineral birikmenin asit ve hidrojen peroksit karışımı ile giderilmesi yöntemleri uygulanır (Netafim 2015)..

Bakım takvimi şu şekildedir: sistem kuruluş sonrası ilk defa çalıştırılıyorsa, ana hatlar ve damlatma hatları yıkanır. Sistem

haftada bir kere gözle kontrol edilir, basınç veya debi kaybı olup olmadığı izlenir, filtreler gözden geçirilir ve gerekiyorsa yıkanır.

Sistem ayda bir kere ve vejetasyon döneminin başında ve sonunda yıkanır. Yıkama amacıyla zayıf asitler kullanılır. Damlatma sulama sistemi çalıştırılır, zayıf asit damlatma sulama sistemine verilir, sonra sistem kapatılır, yarım saat beklenir, sistem tekrar çalıştırılır, zayıf asit yıkama vanasından boşaltılır. (Rain Bird 2000, Netafim 2015)

Şekil 18.15

¾" Elektro vana performans tablosu

Basınç Kaybı Özellikleri		
Akış l/sa.	LFV-075 bar	LFV-100 bar
45	0,21	0,21
227	0,22	0,23
454	0,23	0,26
900	0,25	0,34
1368	0,28	0,44
1817	0,47	0,52

Açıklama notu. Rain Bird 2021. Uluslararası Peyzaj Sulama Ürünleri 2021 Kataloğu, HYPERLINK "https://www.rainbird.com/sites/default/files/media/documents/2021-04/d41994_2021_intl_turf_catalog_tur.pdf" "https://www.RainBird.com/sites/default/files/media/documents/2021-04/d41994_2021_intl_turf_catalog_tur.pdf" kaynağından alınmıştır. Rain Bird firmasının (2024) izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

Çizelge 18.6

Damlama sulama sistemi basınç kaybı tablosu

Damlama sistemi basınç kaybı	Debi	Uzunluk m	Basınç kaybı m/m	Basınç kaybı mSS
Damlama borusu basınç kaybı ve işletme basıncı				20,00
Besleme borusu basınç kaybı	10,7 lt/dk	20,00	0,0237	0,47
Ek parça basınç kaybı BBKx0,1=20,47x0,1				2,47
Elektro vana basınç kaybı (katalogdan)				2,40
Filtre basınç kaybı (katalogdan)				0,40
Kot farkı basınç kaybı 2 m				2,00
Gerekli toplam basınç mSS				27,74

Şekil 18.16

Elek filtre basınç kaybı tablosu (Rain Bird 2008)

QKCHK-075		QKCHK-100	
Flow Rate (l/m)	75 micron bar	Flow Rate (l/m)	75 micron bar
0.75	0,03	11.4	0,01
7.5	0,03	18.9	0,02
15.1	0,05	26.5	0,04
22.7	0,06	34.1	0,06
30.3	0,08	41.6	0,08
37.9	0,10	53.0	0,14
45.4	0,13	64.4	0,21
		75.7	0,23

Açıklama notu. Rain Bird firmasının (2024) izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır. Rain Bird 2008. Quick-Check Basket Filter Tech. Specs. HYPERLINK "https://www.rainbird.com/sites/default/files/media/documents/2018-02/ts_QKCHKBasketFilter.pdf" "https://www.RainBird.com/sites/default/files/media/documents/2018-02/ts_QKCHKBasketFilter.pdf" kaynağından alınmıştır. Rain Bird firmasının (2024) izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

19. Keşif

Bir projeye göre yapılacak bir işin maliyetinin hesaplanmasına **keşif** denir. Keşif tasarım, uygulama, maliyetler ve kârı içerir. Sulama sisteminin doğru tasarlanması kadar, keşfin de doğru hesaplanması önemlidir. Uygulamanın gerçekleşmesi için gerekli tüm malzeme vd. kalemlerin tanımlarının ve miktarlarının gösterildiği çizelgeye **metraj** denir. Keşif, metrajdaki kalemlerin miktarlarının piyasa fiyatlarıyla (**rayiç**) çarpılması sonucunda elde edilir.

Perakende satışlar için uygulanan fiyata **liste fiyatı** denir. Sulama tasarımcısı profesyonel olduğu için, malzemeyi belli bir indirimle satın alır. İndirim oranı ödemenin peşin veya vadeli oluşuna göre değişir.

Müşteri (**işveren**) ile anlaşılınca bir sözleşme hazırlanır ve imzalanır. Sözleşmeye göre belirli aralıklarla veya işin bitirilen miktarına göre **yükleniciye (işgören)** ödenecek paraya **hakediş** denir.

Metraj projeye dayalı olarak çıkarılır. İşçilikler için, örneğin bir m³ toprağın ne kadar zamanda kazılacağı gibi bilgiler için, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞB) tarafından yayınlanan inşaat ve tesisat birim fiyatları ile inşaat genel fiyat analizlerinden yararlanılabilir. Aranan birim fiyatlar, örneğin çim işleri, ÇŞB birim fiyatlarında yoksa İller Bankası, Karayolları Genel Müdürlüğü, Devlet Su İşleri vd. birim fiyat ve birim fiyat analizleri içinde bulunabilir. Aranan birim fiyat analizleri bu kitaplarda **poz numaraları** (kodları) ile yer alır.

Birim fiyat analizinde örneğin bir metreküp yumuşak toprağın kazılması işinde hangi iş ve işçi kalemlerinin bulunduğu, bu işlerin hangi sürelerde yapılabileceği verilmiştir (Şekil 19.1). Öte yandan kamu kurumlarının ihalelerinde ÇŞB ve diğer birim fiyat yayınlayan kurumların ilan ettiği birim fiyatlar geçerlidir. Birim fiyat analizlerindeki ücretler enflasyonun yüksek olduğu zamanlarda piyasa fiyatlarının gerisinde kalmaktadır. Dolayısıyla ücretler güncellendiği zaman birim fiyatlar serbest piyasada da kullanılabilir ancak güvenli tarafta kalmak için piyasadaki geçerli fiyatları dikkate almak gerekir.

Keşif ne kadar eksiksiz çıkarılırsa o kadar sorunsuz bir uygulama ve ödeme süreci yaşanır. İstenen her teklifin sonucunda işi alacağınızın garantisi olmasa bile teklif vermeniz gerekebilir. Teklifi kısa sürede hazırlamak için hızlı bir yöntem olan birim alana göre maliyet kullanılabilir ama iş alınırsa zarar etme olasılığı artabilir veya güvenli tarafta kalmak için yüksek fiyat verilmişse iş alınmayabilir.

Türkiye’de birim alana göre ve çoğunlukla projeye dayalı olarak keşif hazırlanır. Weinberg ve Roberts (1988)’a göre ana sulama elemanlarının sayısına göre de keşif çıkarılabilir.

19.1. Birim Alan Yöntemi

Birim alana göre keşif, bir projeye dayanmayan, kısa zamanda hazırlanan ve basit bir maliyet hesaplama yöntemidir. Birim fiyatın küçük alanlarda fazla, büyük alanlarda daha az olması gerekir. Bu yöntemi kullanmak için çok deneyimli olmak gerekir. Ancak hata payı yüksek olduğu için çoğu deneyimli tasarımcı bu yöntemi

kullanmaz. Bu sakıncalarından dolayı genel fikir vermek dışında kullanılması önerilmez.

19.2. Ana Sulama Elemanları Yöntemi

Weinberg ve Roberts (1988)’e göre bu yöntem basit bir düzeyde de olsa bir sulama projesine dayanır. Proje sprinkler tipleri ve sayılarını ortaya çıkaracak şekilde hazırlanır ve keşif bu taslak projeye göre tahmin edilir. Sprinkler tipi başına malzeme, boru, kablo, vana, kazı, işgücü vd. giderleri içeren bir birim fiyata gereksinim vardır. Melby (1995) bu tür bir keşif hazırlanırken birim fiyat olarak her rotor başlık için 100 USD, her sprej başlık için 50 USD, her elektro vana liste fiyatına ek 50 USD, kontrolör liste fiyatına ek 250 USD alınmasını önermektedir.

19.3. Proje ve Metraja Dayalı Keşif Yöntemi

Bir projenin keşfini çıkarmada en doğru yöntem projeye dayanan metraja göre keşif yöntemidir. Proje ve metraja dayalı keşif yöntemi diğer yöntemlere göre daha uzun zaman alır ancak maliyet ve kârı doğru bir şekilde belirlemek mümkün olur. Deneyimli uygulamacılar, sadece fiyat almak için teklif istendiğini tahmin etseler bile bu yöntemi uyguladılar.

Önce proje hazırlanır (Bkz. Bölüm 1.2.1). Daha sonra metraj çıkarılır ve piyasadaki toplanan birim fiyatlarla keşif hazırlanır.

Keşif çıkarılırken bazı kalemlerde ayrıntıya girilmez. Örneğin ek parçaların tipi ve sayısı (metrajı) belirlenmez ve keşifte ek parça maliyeti için boru tutarının % 40-50’si gibi bir oran uygulanır. Bu oran piyasa koşullarına göre değiştiği için kontrol edilmelidir. İş alınırsa uygulama aşamasında ek parçaların metrajının çıkarılması gerekir.

Malzemenin metrajından sonra işçilikleri hesaplamak gerekir. İşçilikler süreye göre hesaplanır. Bir iş kaleminin ne kadar zaman alacağını hatasız belirlemek deneyime dayanır. Tasarımcıların stajlardan başlayarak çalışma hayatı boyunca not tutmaları ve iş süreleri (örneğin değişik çaplardaki kaplin ek parçaların tesis süresi) hakkında bilgi edinmeleri gerekir.

Bazı işlerin zaman analizi Çevre ve Şehircilik Bakanlığının yayınladığı İnşaat Birim Fiyat analizlerinden alınabilir. Analize göre, örneğin 1m³ yumuşak toprağın kazılması ve kazının tesviyesi veya araca yüklenme süresi iki saattir. Bu tür hassaslıkla, yüklenici net bir keşif yapabilir ve inşaat postasını doğru bir şekilde yönetebilir. Bir işi uygulamak için geçecek süreyi hesapladıktan sonra bu saatleri işçiliklerle çarparak toplam işçilik hesaplanabilir. Ancak iş kadrolu işçilere değil de bir taşeronla yaptırılacaksa, analizlerle elde edilen fiyatlar piyasa fiyatları ile uyumlanabilir. Bu nedenle taşerondan fiyat almak gerekir.

Keşfe eklenecek maliyet kalemlerinden biri de **işçilik yükü**dür. Bir firmada çalışan işçinin verilen aylık dışında SGK primi, işsizlik primi, vergi gibi ödemelerle toplam bir maliyeti vardır. Örneğin 2024 yılı net asgari ücreti olan 17.002 TL’ye çalıştırılan bir işçinin işverene maliyeti şu kalemleri içerir:

Şekil 19.1

ÇSB yumuşak toprak kazılması birim fiyat analizi

1.07.2023

Poz No	Analizin Adı				Ölçü Birimi
15.115.1001	El ile yumuşak toprak kazılması (gevşek ve bitkisel toprak, gevşek silt, kum ve benzeri zeminler)				m ³
Poz No	Tanımı	Ölçü Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı	Tutarı (TL)
10.100.1062	Düz işçi Kazılması	Sa	1	75,00	75,00
10.100.1062	Düz işçi Taşıtlara yükleme ve boşaltma veya 4 m. ye kadar atılması	Sa	0,75	75,00	56,25
10.100.1062	Düz işçi Serilmesi ve düzeltilmesi boşlukların doldurulması	Sa	0,25	75,00	18,75
Malzeme + İşçilik Tutarı					150,00
25 % Yüklenici kârı ve genel giderler					37,50
1 m³ Fiyatı					187,50
<p>Kazının yapılması, taşıtlara yükleme ve boşaltılması veya 4 metreye kadar atılması, depo, imla veya sedde yerinde serilmesi, imalat veya inşaat yapıldıktan sonra kazı yerinde kalan boşlukların doldurulması bunların düzeltilmesi için her türlü malzeme ve zayıtı, işçilik, araç ve gereç giderleri, yüklenici genel giderleri ve kârı dâhil, (taşımlar hariç) 1 m³ fiyatı:</p> <p>Ölçü: Kazının hacmi kazı projesi üzerinden hesaplanır.</p> <p>Not:</p> <p>1) Makine ile kazı yapılmasının mümkün olmadığı (makinenin giremediği, girmesine müsaade edilmeyen veya ulaşımın sağlanmadığı iş mahallerinde) veya makineli kazı yapılması halinde telafisi mümkün olmayan zararların oluşmaması için (koruma ve SİT alanları vb.) yapı denetim elemanı tarafından, yerinde yapılacak tespit ve teknik gerekçeleri belirtmek ve idarenin onayının alınmasından sonra el ile kazı birim fiyatı uygulanır.</p> <p>2) Kazı miktarı toplamı 10.000 m³’ü aştığı takdirde, 10.000 m³’ü aşan miktar için, kazı ne ile yapılmış olursa olsun “makine ile kazı birim fiyatı” ilk 10.000 m³’ü için ise (a) fıkrasındaki hüküm uygulanır.</p> <p>a) Kazı miktarı toplamı 10.000 m³’den az olduğu takdirde, kazının; el ile yapılan miktarı için “el ile kazı birim fiyatı” makine ile yapılan miktarı için ise “makine ile kazı birim fiyatı” uygulanır.</p>					

Brüt Asgari Ücret (TL)	20.002,50
İşveren SGK Payı (% 15,5)	3.100,39
İşveren İşsizlik Sigortası payı (%2)	400,05
İşverene Maliyeti	23.502,94

Dolayısıyla işçinin firmaya maliyeti (ulaşım, yemek vb. kalemler hariç) 23.502,94 TL’dir.

Keşfe **genel giderler** de yansıtılmalıdır. Genel giderler bir iş yerinin hayatını sürdürmesi için gerekli olan harcamalardır ve her keşfe belli bir oranda yansıtılır. Weinberg ve Roberts (1988)’e göre genel giderler veya dolaylı masraflar şunlardır:

- büro kirası, büro malzemesi, ısınma, soğutma
- aylıklar: firma sahibi, sekreter, diğer personel vd.
- muhasebe ve hukuki giderler
- iletişim (telefon, internet)
- araç yakıt, bakım, onarım

- ekipman ve malzemeler (aletler, üniformalar vd.)
- seyahatler
- eğitim
- şüpheli alacaklar
- sigorta

Proje sırasında ortaya çıkacak öngörülemeyen maliyetler ve/veya şüpheli alacaklara görünmeyen masraflar denir. Görünmeyen masrafları karşılamak üzere keşif % 2-5 oranında artırılabilir.

Bir projenin malzeme maliyeti, işçiliği ve genel giderleri hesaplandıktan sonra toplama kâr eklenir. Firmayı büyütme, geliştirmek ve yatırımlarından para kazanmak için kar oranı %15-40 arasında belirlenebilir. KDV kârı da içeren genel toplam üzerine uygulanır.

19.4. Örnek Keşif

Sulama sisteminin ana elemanları ithal olduğu için kur farkından kaynaklanan artışları telafi edecek bir yöntem sözleşmeye yazılmalıdır. Bu yöntemler hakedişi kur farkını dikkate alarak hazırlamak veya keşfi yabancı para cinsinden hazırlamak vb. olabilir.

Peyzaj Sulama Tasarımı

Tedarikçiden liste fiyatından indirim oranıyla alınan fiyatlarla keşif çıkarılır, ara toplama kâr uygulanır, kârlı toplama katma değer vergisi (KDV) eklenir ve müşteriye iletilecek genel toplam elde edilir.

Uygulamada, keşifteki birim fiyat sütununa indirimli fiyatlar yerine liste fiyatları yazılmakta, kâr ve genel giderlere bu fiyatın içinde yer

verilmektedir. Kârlı toplama KDV uygulanmamakta ve keşfin altındaki not kısmına KDV dâhil değildir ifadesi yazılmaktadır.

İşçilik tutarı ve kâr oranı işin büyüklüğüne, piyasa koşullarına vb. göre belirlenir (Şekil 19.2).

Şekil 19.2

Sulama projesi keşif örneği

ABC SULAMA İNŞ. SAN. TİC. LTD. ŞTİ

Istanbul Cad. Haliç Sokak No: 34 34000 Sarıyer İSTANBUL
 Tel: 0 (212) 534 34 34 e-mail: info@abcsulama.com.tr www.abcsulama.com.tr

Mukden YILMAZ EVİ SULAMA PROJESİ KEŞFİ

SIRA NO	YAPILACAK İŞLER	BİRİM	MİKTAR	BİRİM FİYAT (TL)	TUTAR (TL)
1	Sprey Sprinkler r=4m	Adet	6	133,12	798,72
2	Sprey Sprinkler r=5m	Adet	8	133,12	1.064,96
3	Rotor sprinkler r=11m	Adet	6	600,64	3.603,84
4	Elektro vana Ø 1"	Adet	3	768,00	2.304,00
5	Elektro vana Ø 3/4"	Adet	1	736,00	736,00
6	Ø20 Bağlantı borusu	m	20	16,64	332,80
7	Ø25 SPE Boru	m	140	26,24	3.673,60
8	Ø40 SPE Boru	m	10	44,80	448,00
9	Ø16 Damlama Borusu (50 cm aralıklı)	m	80	34,56	2.764,80
10	Ek Parça [Boru tutarının (6+7+8+9) %50'si]				3.609,60
11	14" Jumbo Vana Kutusu	Adet	1	320,00	320,00
12	5'li Kolektör	Adet	1	480,00	480,00
13	Jeotekstil	m ²	2	17,92	35,84
14	Drenaj Çakılı	kg	10	8,96	89,60
15	3/4" Can Suyu Vanası ve Anahtarı	Adet	2	179,20	358,40
16	6" vana kutusu	Adet	2	160,00	320,00
17	Drenaj Vanası (16mm)	Adet	1	28,80	28,80
18	1/2" Hava Tahliye Vanası	Adet	1	111,04	111,04
19	M25 3/4" Hat üstü Basınç Düşürücü	Adet	1	649,60	649,60
20	M30 3/4" Hat üstü Basınç Düşürücü	Adet	1	649,60	649,60
21	Kontrolör 4 İstasyonlu	Adet	1	3.840,00	3.840,00
22	Hidrofor (H=32,32 mSS, Q=3,60 m ³ /sa)	Adet	1	19.264,00	19.264,00
23	Elek Filtre (yağmurlama için) Ø40	Adet	1	544,00	544,00
24	Elek Filtre (damlama için) Ø25	Adet	1	480,00	480,00
25	Yağmur Sensörü	Adet	1	1.392,00	1.392,00
26	Bağlantı Parçası (DBY)	Adet	8	79,04	632,32
27	Kanal Kazılması (0,3*0,3*100)	m ³	9,00	193,92	1.745,28
28	İşçilik (Malzeme tutarının %30'u+Kanal kaz.)				16.304,74
29	Toplam				64.836,26
30	Kâr %25				16.209,06
31	Ara Toplam				81.045,32
32	KDV %18				14.588,16
	GENEL TOPLAM				95.633,48

NOT:

1. Teklifimiz 10 gün geçerlidir.
2. Teklifimizde yer almayan işler ayrı görüşmeye tabidir.
3. Sert zeminlerden ekstra doğacak kazı-dolgu işlemleri fiyata dâhil değildir.

imza

Sulama Tasarımcısı

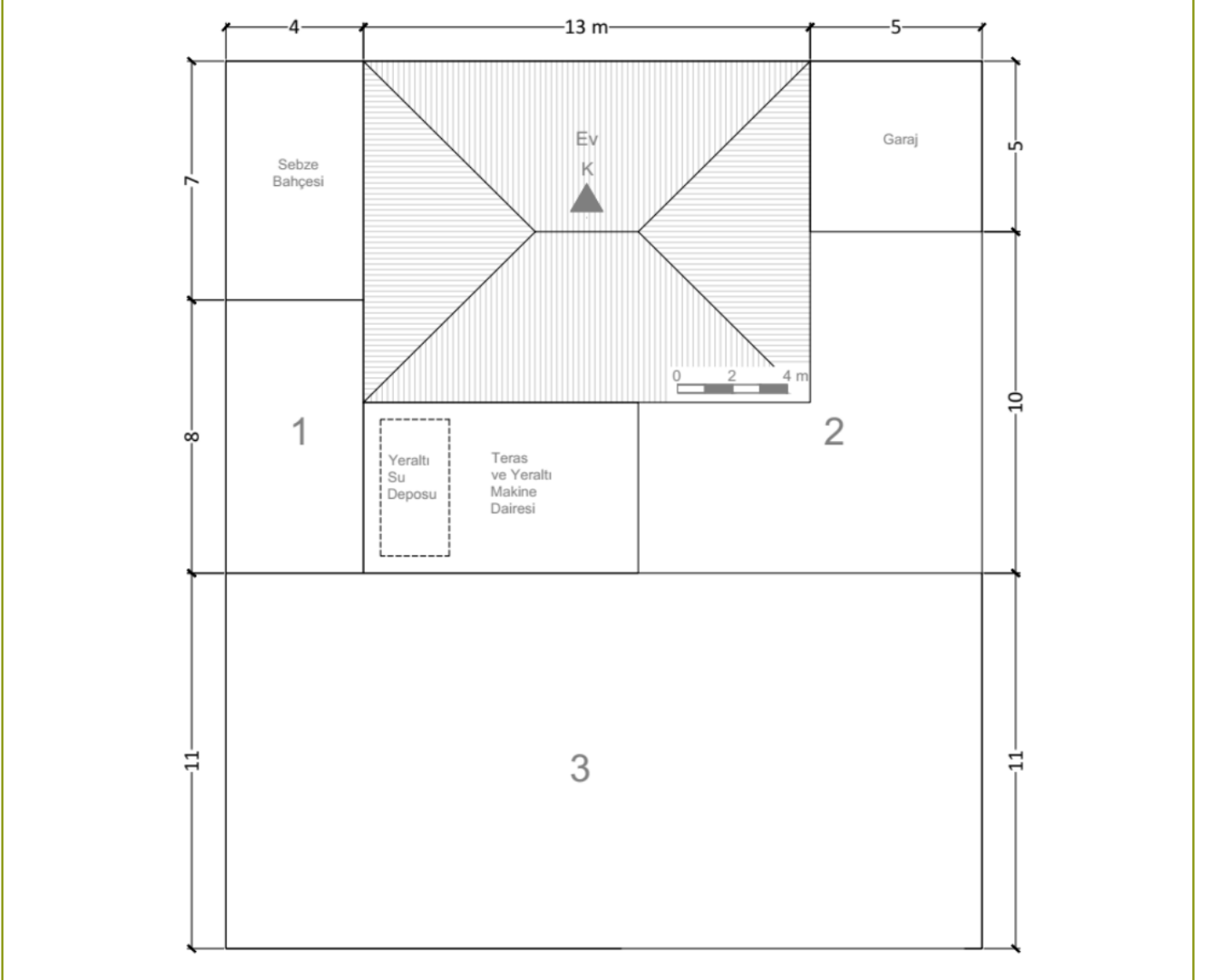
20. Örnek Proje

Sulama projesi hazırlanacak bir bahçenin boyutları Şekil 20.1'de

verilmiştir. Bahçede ev, teras, garaj, sebze bahçesi ve çim alan bulunmaktadır. Bahçe düz, toprak türü tozlu balçık, infiltrasyon hızı 15 mm/sa'tir. Yörede evapotranspirasyon (ET) 6,5 mm'dir.

Şekil 20.1

Örnek projenin vaziyet planı ve sulama zonları (1, 2 ve 3)



20.1. Alanın Sulama Zonlarına Ayrılması

Örnek projede toprak türü, bakı ve alan kullanımı sonucunda ortaya çıkan bahçe bölüm boyutları da dikkate alınarak bahçe 3 farklı sulama zonuna bölünebilir. Bahçede batıdaki 1 nolu parsel öğle ve akşam saatlerinde, doğudaki 2 nolu parsel sabah saatlerinde, güneydeki 3 nolu parsel tüm gün güneş almaktadır. Alanların güneşlenmeleri ve bakılarından dolayı ET miktarları da farklıdır.

Zonları belirleyen diğer bir ölçüt de boyutları ve buna uygun sprinkler tipleridir; 1 ve 2 nolu zonlar 4 ve 5 m genişliğinde oldukları için yarıçapı 5 m'ye kadar olan sprej sprinklerle sulanmaları gerekir (Şekil 5.1). 3 nolu zonun boyutları 11x22 m olduğu için (yarıçap 5 m'den fazla) burada rotor sprinkler kullanmak gerekir.

Sprej ve rotor sprinklerler yağmurlama oranları, basınç istekleri farklı olabildiği için farklı zonlarda kullanılmaları gerekir.

Zonlara göre sprinkler seçimi, yağmurlama oranının hesabı, günlük çalışma süresinin hesabı ve infiltrasyon oranı ile irdelenmesini gözden geçirelim:

20.2.1 Nolu Zon

20.2.1.1. Sprinkler Seçimi

Bahçedeki zonlara uygun sprinkler tipini ve yarıçapını seçelim:

Bir alan için sprinkler seçerken şu sorulara cevap vermek gerekir:

- Sprinkler başlığının yarıçapı alanın boyutlarına uygun mudur?

- Seçilen sprinklerin yağmurlama oranı toprağın infiltrasyon oranına uygun mudur?
- Sprinkler sayısını, dolayısıyla işin maliyetini azaltmak amacıyla kullanılabilir en büyük yarıçaplı başlık hangisidir?

Eğimsiz, çimle kaplı, öğleden sonra güneşli ve infiltrasyon hızı 15 mm/sa olan tozlu balçık topraktan oluşan 1 nolu zonun enine (4 m) ve boyuna (8 m) uyan 4 m yarıçapında bir sprinkler seçmemiz gerekiyor. Bu zonda Şekil 20.2'deki yarıçapı 4,5 m olan spray sprinkler tipi kullanılabilir ancak yarıçapı 4 m'den fazladır.

Katalogdaki performans verilerine göre sprinklerin 2,0 bar basınçta yarıçapı 4,5 m'ye ulaşmaktadır. Bu yarıçapla sulama esnasında bina ıslanacağı için, katalogda belirtilen yarıçapın % 25'ten fazla azaltılması önerilmez notunu dikkate alarak spray başlığın üzerindeki vidayı (Şekil 20.3) saat yönünde çevirerek memenin yarıçapını 4 m'ye düşürmek gerekir.

Şekil 20.2

r= 4,5 m spray sprinkler performans tablosu

15 Serisi VAN						
23° Yörünge						
Nozul	Basınç bar	Yarıçap m	Akış m ³ /sa	Akış l/dk	Yağış mm/sa	Yağış mm/sa
360° Açılı	1,0	3,4	0,60	9,8	52	60
	1,5	3,9	0,72	11,8	47	55
	2,0	4,5	0,84	13,7	41	48
	2,1	4,6	0,84	14,0	40	46
270° Açılı	1,0	3,4	0,45	7,4	52	60
	1,5	3,9	0,54	8,8	47	55
	2,0	4,5	0,63	10,3	41	48
	2,1	4,6	0,63	10,5	40	46
180° Açılı	1,0	3,4	0,30	4,9	52	60
	1,5	3,9	0,36	5,9	47	55
	2,0	4,5	0,42	6,9	41	48
	2,1	4,6	0,42	7,0	40	46
90° Açılı	1,0	3,4	0,15	2,5	52	60
	1,5	3,9	0,18	2,9	47	55
	2,0	4,5	0,21	3,4	41	48
	2,1	4,6	0,21	3,5	40	46

Not: Tüm VAN nozullar, 10 cm pop up'larda test edilmiştir
 ■ Kare düzende püskürtme çapının %50'si esas alınmıştır
 ▲ Üçgen düzende püskürtme çapının %50'si esas alınmıştır

Açıklama notu. Rain Bird 2023. Uluslararası Peyzaj Sulama Ürünleri 2023 Kataloğu, https://www.rainbird.com/sites/default/files/media/documents/2023-01/2023_intl_turf_catalog_tr_hqpc.pdf kaynağından alınmıştır. Rain Bird firmasının (2024) izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

4 m yarıçapındaki spray sprinkler zonun hem enine hem boyuna uymaktadır. Bu alana kare düzende tasarım uygundur. Bu amaçla köşelere ve kenar ortalarına sprinklerler yerleştirilerek başlıktan başlığa atma kuralı uygulanmış olur (Şekil 20.4).

20.2.2. Yağmurlama Oranı Hesap ve Yorumu

Seçilen başlığın sadece alanın boyutlarına değil, alandaki toprağın infiltrasyon oranına da uygun olması gerekir. Bahçedeki tozlu

balçık toprağın düz eğimde infiltrasyon oranı 15 mm/sa'tir (Çizelge 20.1). Başlığın yağmurlama oranı hesaplanır: Kataloğa göre 2 bar basınçta sprinklerin debisi 13,7 lt/dk'dır. Yarıçapı da 4,5 m'den 4,0 m'ye düşüreceğimiz için yarıçapı 4 m olarak yağmurlama oranı hesaplanır:

$$Y_o = \frac{13,7 \cdot 60}{4,0 \cdot 4,0} = \frac{822}{16} = 51,37 \text{ mm/sa}$$

Şekil 20.3

Sprinklerin üzerindeki vida sağa çevrilerek yarıçap en fazla % 25 azaltılabilir. Bilezikle sulama yayı ayarlanabilir



Açıklama notu. Rain Bird 2023. Uluslararası Peyzaj Sulama Ürünleri 2023 Kataloğu, https://www.rainbird.com/sites/default/files/media/documents/2023-01/2023_intl_turf_catalog_tr_hqpc.pdf kaynağından alınmıştır. Rain Bird firmasının (2024) izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

Şekil 20.4

1 nolu zonun başlık planı



Çizelge 20.1

Toprak türlerine göre maksimum yağmurlama oranları (mm/sa)

Toprak Tekstürü	Eğim %							
	0-5		5-8		8-12		12+	
	Bitkiyle kaplı	Çıplak	Bitkiyle kaplı	Çıplak	Bitkiyle kaplı	Çıplak	Bitkiyle kaplı	Çıplak
Dişli kumlu	51	51	51	38	38	25	25	13
Dişli kumlu (sıkışık alt toprak üzerinde)	44	38	32	25	25	19	19	10
Kumlu balçık	44	25	32	20	25	15	19	10
Kumlu balçık (sıkışık alt toprak üzerinde)	32	19	25	13	19	10	13	8
Tozlu balçık	25	13	20	10	15	8	10	5
Tozlu balçık (sıkışık alt toprak üzerinde)	15	8	13	6	10	4	8	3
Ağır kil veya killi balçık	5	4	4	3	3	2	3	2

Açıklama notu. Hunter 2019. The Handbook of Technical Irrigation Information, A Complete Reference Source for the Professionals, https://www.hunterindustries.com/sites/default/files/tech_handbook_of_technical_irrigation_information.pdf, kaynağından alınmıştır. Hunter Industries firmasının izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

Yağmurlama oranının toprağın infiltrasyon oranından küçük veya eşit olması gerekir. Burada yağmurlama oranı 51,37 mm toprağın infiltrasyon oranından (15 mm/sa) büyüktür, dolayısıyla bu başlığın bu toprağa uygun olmadığı söylenebilir.

Çözüm için 5.2. bölümünde anlatılan seçenekler gözden geçirilir. Başlığı değiştirmek böylesi dar bir alan için ekonomik bir çözüm değildir. Toprağı iyileştirerek daha geçirgen bir hale getirmek bitkilerin sağlığı açısından da iyi bir seçenektir ancak bu hem pahalı bir seçenektir hem de infiltrasyon oranı Çizelge 20.1'e göre dişli toprak için bile uygun gözükmemektedir. Bu durumda aralıklı sulama seçeneği gündeme gelmektedir. Bu amaçla günlük çalışmaya süresi hesaplanır:

$$\text{Günlük çalışma süresi: } \frac{\text{Çimin su isteği}}{\text{Yağmurlama oranı}} = \frac{6,5}{51,37} = 0,126\text{sa}$$

Günlük çalışma süresi 0,126 sa · 60= 7,59 ~8 dakikadır. Sulama sistemi 8 dakika çalıştığında çimin günlük su ihtiyacı olan 6,5 mm'yi verecektir ki bu miktar toprağın infiltrasyon oranı olan 15 mm/sa'den küçük olduğu, diğer bir deyişle günlük çalışma süresi içinde toprağın infiltrasyon oranı aşılmadığı için aralıklı çalışmaya gerek olmadan bu sprinklerin kullanılabilceği görülür.

Günlük çalışma süresi hesabına göre bu zonun çalışma süresi kontrolöre 8 dakika olarak yazılır.





20.3. 2 Nolu Zon

20.3.1. Sprinkler Seçimi

L şeklindeki 2 nolu zon için sprinkler seçelim. Zonun genişliği 5 m, uzunluğu 10 m'dir. 2 nolu zonun enine ve boyuna uyan 5 m yarıçapında bir sprinkler seçmemiz gerekiyor. Bu zonda Şekil 20.5'teki katalogta bulunan 2,0 bar basınçta yarıçapı 5,4 m olan sprej sprinkler kullanılabilir ancak yarıçapı 5 m'den fazladır. Sprinklerin üzerindeki vidayı (Şekil 20.3) saat yönünde çevirerek yarıçapı 5 m'ye düşürmek gerekir.

Şekil 20.5.

r= 5,4 m sprej sprinkler performans tablosu

18 Serisi VAN							
26° Yörünge							
Nozul	Basınç bar	Yarıçap m	Akış m ³ /sa	Akış l/dk	Yağış mm/sa	Yağış mm/sa	
	360° Açılı	1,0	4,3	0,96	15,9	52	60
		1,5	4,8	1,07	18,0	47	55
		2,0	5,4	1,20	19,8	41	48
		2,1	5,5	1,21	20,1	40	46
	270° Açılı	1,0	4,3	0,72	12,0	52	60
		1,5	4,8	0,80	13,5	47	55
		2,0	5,4	0,90	14,8	41	48
		2,1	5,5	0,91	15,1	40	46
	180° Açılı	1,0	4,3	0,48	8,0	52	60
		1,5	4,8	0,54	9,0	47	55
		2,0	5,4	0,60	9,9	41	48
		2,1	5,5	0,61	10,1	40	46
	90° Açılı	1,0	4,3	0,24	4,0	52	60
		1,5	4,8	0,27	4,5	47	55
		2,0	5,4	0,30	5,0	41	48
		2,1	5,5	0,30	5,0	40	46

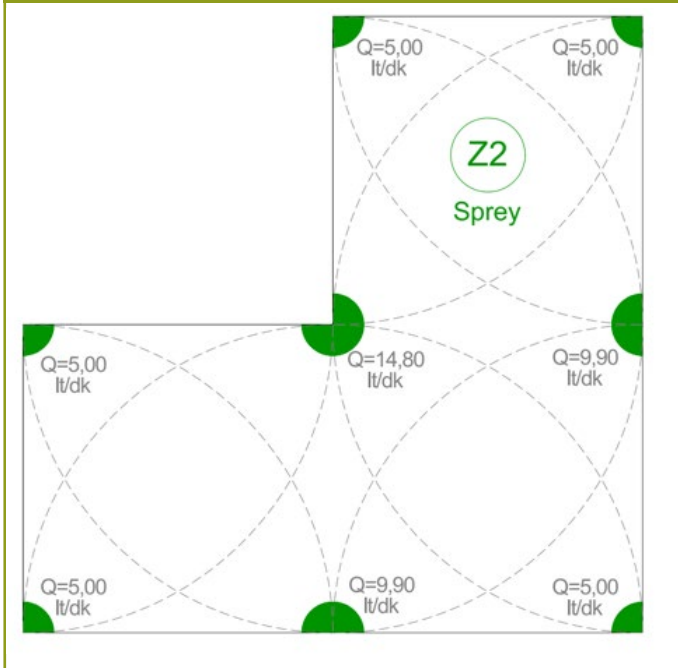
Performans verileri sıfır rüzgâr koşullarında ölçülmüştür
Not: Nozulun normal püskürtmesinin % 25'ten fazla yarıçap azaltımı önerilmez

Açıklama notu. Rain Bird 2023. Uluslararası Peyzaj Sulama Ürünleri 2023 Kataloğu, https://www.rainbird.com/sites/default/files/media/documents/2023-01/2023_intl_turf_catalog_tr_hqpc.pdf kaynağından alınmıştır. Rain Bird firmasının (2024) izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

5 m yarıçapındaki sprej sprinkler zonun hem enine hem boyuna uymaktadır. Köşelere ve kenar ortalarına sprinklerler yerleştirilerek kare düzende başlıktan başlığa atma kuralı uygulanmış olur (Şekil 20.6).

Şekil 20.6

2 nolu zonun başlık planı



20.3.2. Yağmurlama Oranı Hesap ve Yorumu

Başlığın yağmurlama oranını hesaplayalım. Kataloğa göre 2 bar basınçta sprinklerin debisi 19,8 lt/dk'dır. Yarıçapı da 5,4 m'den 5,0 m'ye düşürecek için yarıçapı da 5 m olarak yağmurlama oranı hesaplanır:

$$Y_o = \frac{19,8 \cdot 60}{5,0 \cdot 5,0} = \frac{1188}{25} = 47,52 \text{ mm/sa}$$

Yağmurlama oranı 47,52 mm toprağın infiltrasyon oranından (15 mm/sa) büyüktür, dolayısıyla bu başlığın bu toprağa uygun olmadığı söylenebilir.

Çözüm için yukarıda anlatılan (Bkz. Bölüm 20.2.2) seçeneklerden aralıklı sulama gündeme gelmektedir. Bu amaçla günlük çalışma süresi hesaplanır:

$$\text{Günlük çalışma süresi: } \frac{\text{Çimin su isteği}}{\text{Yağmurlama oranı}} = \frac{6,5}{47,52} = 0,136 \text{ sa}$$

Günlük çalışma süresi 0,136 sa · 60 = 8,20 ~9 dakikadır. Sulama sistemi 9 dakika çalıştığında çimin günlük su ihtiyacı olan 6,5 mm'yi verecektir ki bu miktar toprağın infiltrasyon oranı olan 15 mm/sa'den küçük olduğu, diğer bir deyişle günlük çalışma süresi içinde toprağın infiltrasyon oranı aşılmadığı için aralıklı çalışmaya gerek olmadan bu başlığın kullanılabilceği görülür. Bu zonun çalışma süresi kontrolöre 9 dakika olarak yazılır.

20.4. 3 Nolu Zon

20.4.1. Sprinkler Seçimi

Dikdörtgen şeklindeki 3 nolu zon için sprinkler seçelim. Zonun genişliği 11 m, uzunluğu 22 m'dir. 3 nolu zonun enine ve boyuna uyan 11 m yarıçapında bir sprinkler seçmemiz gerekiyor. Bu zonda Şekil

20.7'teki katalogta bulunan 2,5 bar basınçta yarıçapı 11 m olan rotor sprinkler kullanılabilir. Burada eşlenik sulamayı sağlamak için çeyrek ve yarım daire memeleri seçmek gerekir. 2 nolu memenin (nozul) yarıçapı 11 m, debisi 6,6 lt/dk'dır. Bu meme çeyrek daire için seçildiğinde, yarım daire için iki katı debiye sahip (13,2) olan 4 nolu meme seçilebilir. 4 nolu memenin yarıçapı 12,3 m, üzerindeki vida yardımıyla 11 m'ye düşürülebilir.

Şekil 20.7.

Rotor sprinkler performans tablosu

5000 Serisi Std. Açılı Rain Curtain™ Nozul Performansı

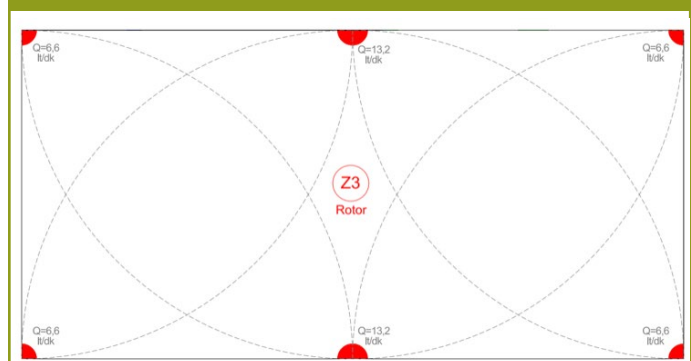
Basınç bar	Nozul	Yarıçap m	Akış m ³ /sa	Akış l/dk	Yağış mm/sa	Yağış mm/sa
2,0	1,5	10,2	0,28	4,8	5	6
	2,0	10,8	0,36	6,0	6	7
	2,5	10,9	0,44	7,2	7	9
	3,0	11,2	0,55	9,0	9	10
	4,0	11,6	0,71	12,0	11	12
	5,0	12,1	0,91	15,0	13	15
	6,0	12,4	1,05	17,4	15	17
	8,0	11,8	1,45	24,0	32	37
2,5	1,5	10,4	0,31	5,4	6	7
	2,0	11,0	0,41	6,6	7	8
	2,5	11,3	0,50	8,4	8	9
	3,0	11,2	0,62	10,2	9	11
	4,0	12,3	0,81	13,2	11	13
	5,0	12,7	1,03	17,4	13	15
	6,0	13,2	1,21	20,4	14	16
	8,0	13,3	1,63	27,0	24	28
3,0	1,5	10,6	0,34	6,0	6	7
	2,0	11,2	0,45	7,8	7	8
	2,5	11,3	0,56	9,6	9	10
	3,0	12,1	0,69	11,4	9	11
	4,0	12,7	0,89	15,0	11	13
	5,0	13,5	1,13	18,6	12	14
	6,0	13,4	1,34	22,2	13	17
	8,0	13,4	1,79	30,0	23	27

Açıklama notu. Rain Bird 2023. Uluslararası Peyzaj Sulama Ürünleri 2023 Kataloğu, https://www.rainbird.com/sites/default/files/media/documents/2023-01/2023_intl_turf_catalog_tr_hqpc.pdf kaynağından alınmıştır. Rain Bird firmasının (2024) izniyle basılmıştır. © Her hakkı saklıdır.

2 nolu meme köşelere, 4 nolu meme uzun kenarların ortalarına yerleştirilerek başlıktan başlığa atma kuralı uygulanmış olur (Şekil 20.8).

Şekil 20.6

2 nolu zonun başlık planı



20.4.2. Yağmurlama Oranı Hesap ve Yorumu

Başlıkların yağmurlama oranlarını ayrı ayrı hesaplayalım. Kataloğa göre 2,5 bar basınçta 2 nolu memenin debisi 6,6 lt/dk'dır. Yarıçapı 11m olduğuna göre çeyrek daire sulayacak memenin yağmurlama oranı hesaplanır:

$$Y_o = \frac{6,6 \cdot 60}{(11,0 \cdot 11,0)/4} = \frac{396}{30,25} = 13,09 \text{ mm/sa}$$

Yarıçapı 12,3 m olan yarım daire sulayacak memenin yarıçapı 11 m'ye düşürüleceğinden dolayı 11 m alınarak yağmurlama oranı hesaplanır:

$$Y_o = \frac{13,2 \cdot 60}{(11,0 \cdot 11,0)/2} = \frac{792}{60,5} = 13,09 \text{ mm/sa}$$

Yağmurlama oranlarının eşit olması, iki farklı meme ile eşlenik sulamanın sağlandığını gösterir.

Ancak özellikle çeyrek, yarım ve tam daire memelerin kullanıldığı alanlarda yağmurlama oranları arasında küçük farklar olabilir. Çeyrek daire memelerin yarıçapları yarım ve tam dairelere göre 1-2 m kısa da olabilir. Bu sorunun zonun köşelerinde yaşanması, köşelerin bir sulama alanında fazla yer tutmaması durumunda üniform sulamaya etkisi kabul edilebilir ölçüler içinde kalır.

Yağmurlama oranı 13,9 mm toprağın infiltrasyon oranından (15 mm/sa) küçüktür, dolayısıyla bu başlığın bu toprağa uygun olduğu görülür.

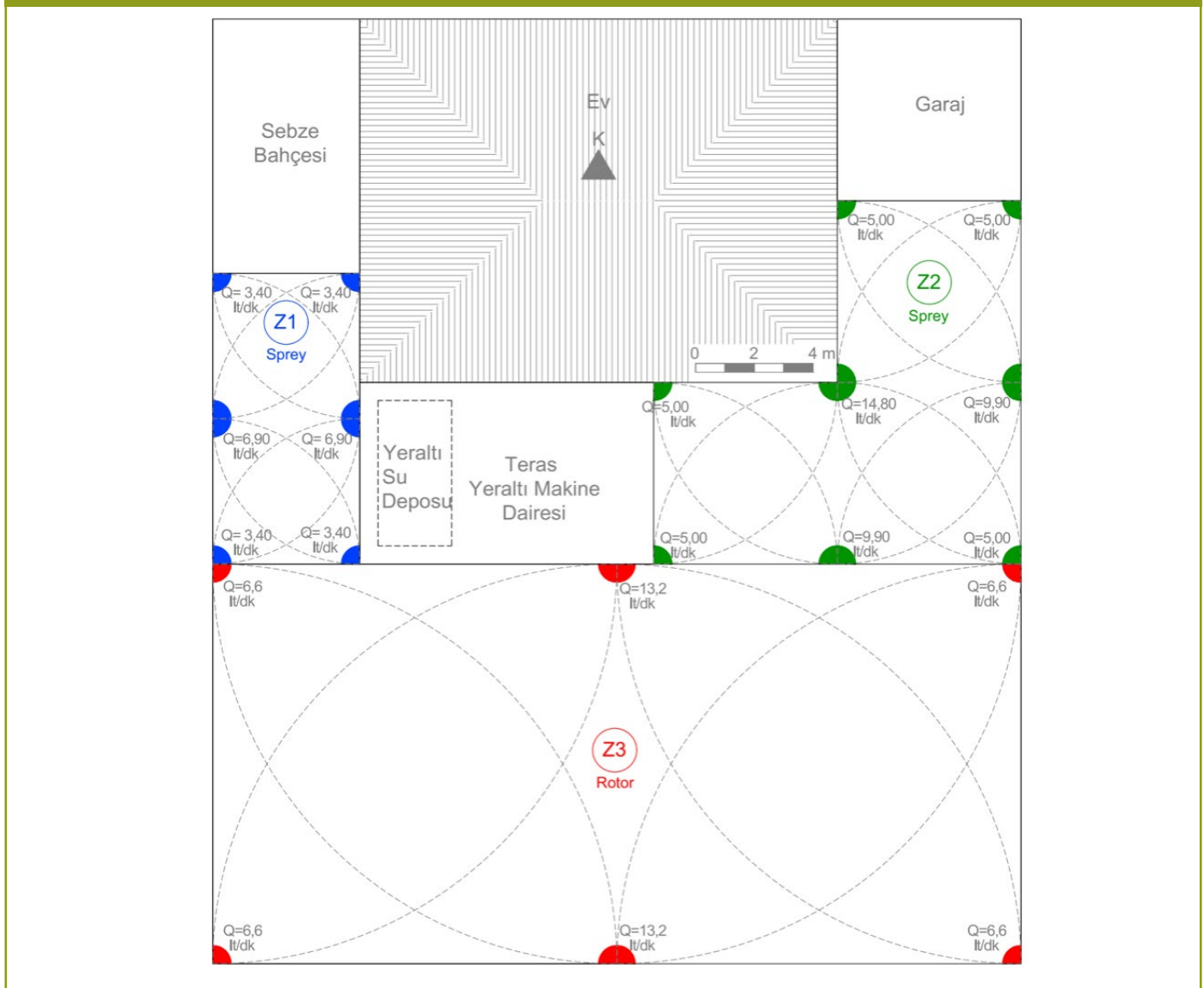
Kontrolöre yazmak için günlük çalışma süresi hesaplanır:

$$\text{Günlük çalışma süresi: } \frac{\text{Çimin su isteği}}{\text{Yağmurlama oranı}} = \frac{6,5}{13,09} = 0,496 \text{ sa}$$

Günlük çalışma süresi 0,496 sa · 60 = 29,8 ~ 30 dakikadır.

Bu seçimden sonra ortaya çıkan başlık planı Şekil 20.9'da görülmektedir. Bu aşamadan sonra boru planına geçilir.

Şekil 20.9
Örnek proje başlık planı



20.5. Boru Planı

Boru planı 7.9.1. bölümündeki, boru çapları 7.4 bölümündeki ölçütlere göre belirlenmiştir (Şekil 20.10). Örnek projenin lejantı Şekil 20.11'de verilmiştir:

20.6. Can Suyu Vanası (Kaplın Vana)

Örnek projede sulama sisteminin arızasına karşı ve temizlik için biri garajın bitişiğinde, diğeri terasın önünde iki kaplın vana (can

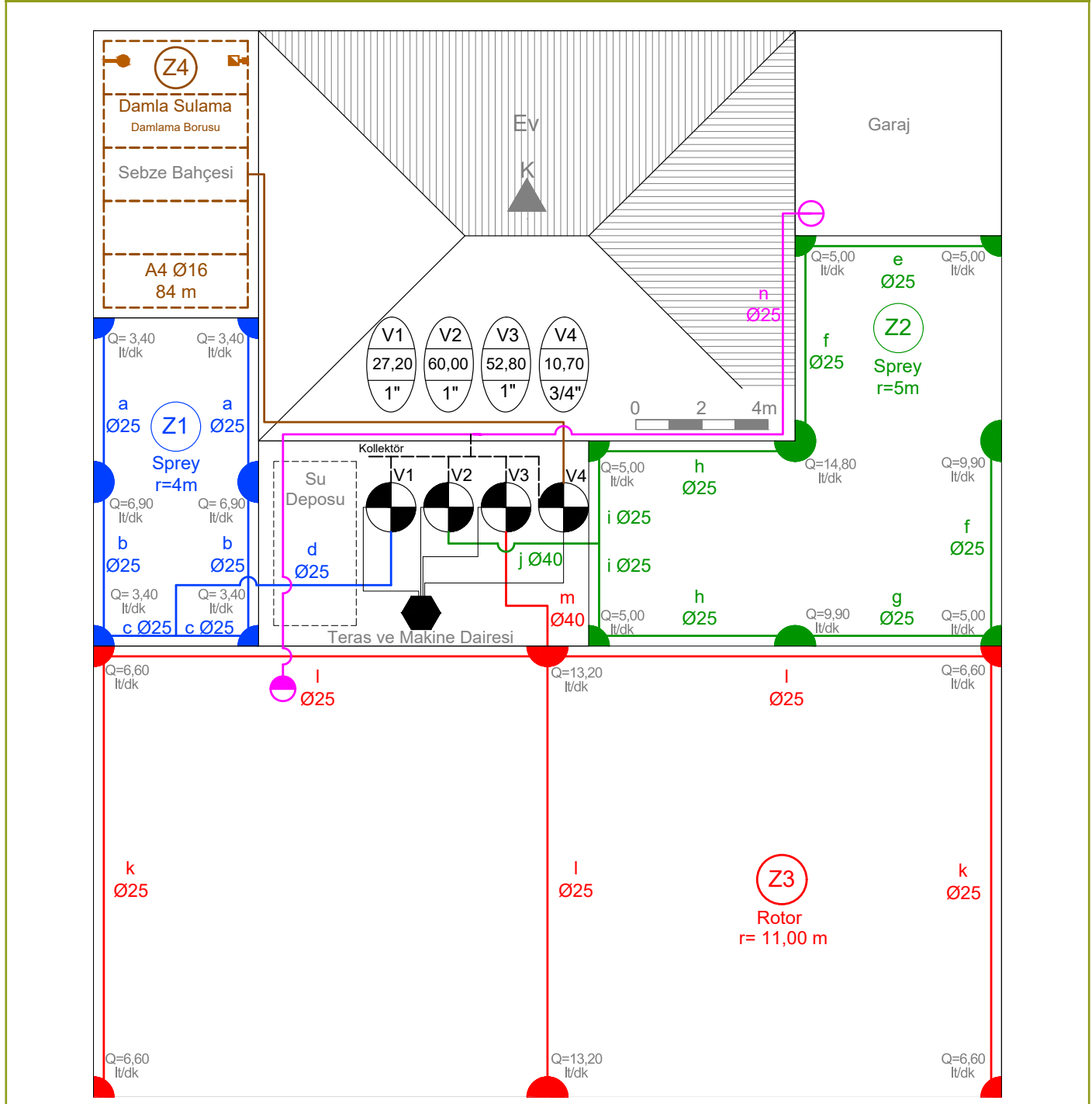
suyu vanası) planlanmıştır. Yaklaşık 15 m'lik hortumlarla bahçe sulanabilecektir (Şekil 20.10)

20.7. Damlama Sulama Tasarımı

Damlama sulama boru ve damlatıcı planı bölüm 18.11'e göre tasarlanır. Bitkilerin sıra veya grup halinde bulunmalarına göre tasarımcı boru planının hat halinde veya izgara şeklinde olacağına karar verir. Bölüm 18.11.2'ye göre ise bitkinin haftalık su isteği ve toprak türüne göre bitki başına damlatıcı sayısı belirlenir.

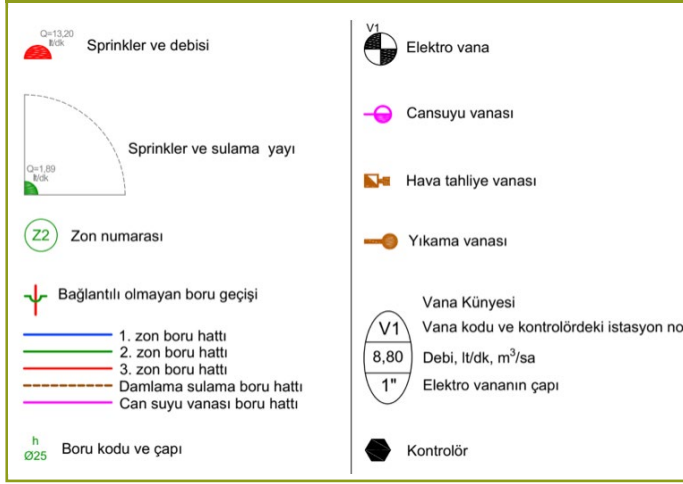
Şekil 20.10

Örnek proje boru planı



Şekil 20.11

Örnek projenin lejanti



20.8. Basınç Kayıp Tablosu

Zon basınç kaybındaki kalemlerden boru basınç kaybı bölüm 8.1'de anlatılmıştı.

Basınç kaybı borudan, ek parçalardan, filtreden, elektro vanadan varsa kot farkından kaynaklanmaktadır. Bu basınç kayıplarına sprinkler işletme basıncı eklendiğinde o zondaki sprinklerlerin düzgün çalışması için gerekli olan basınç miktarı elde edilir.

20.8.1. Ek Parça Basınç Kaybı

Her ek parçadan kaynaklanan basınç kaybını boru uzunluğu cinsinden gösteren tablolar vardır, dolayısıyla bir zonda hangi ek parçalar kullanıldıysa bunlar sayılıp boru uzunluğu cinsinden basınç kaybı hesaplanabilir. Ancak bu uzun ve yorucu bir işlemdir. Bu işlemin yerine, daha pratik bir yaklaşım olarak, zonun toplam boru basınç kaybının % 10'u ek parça basınç kaybı olarak kabul edilir ve basınç kayıp tablosuna yazılır. Hunter (2006)'ya göre, ek parça basınç kaybı %10-20 arasında alınabilir. Düzensiz şekilli alanlarda sistemde fazla sayıda 90° dirsek bulunuyorsa ve/veya başlıklar sık yerleştirilmişse bu oran % 25 ve üzeri alınabilir.

20.8.2. Elektro Vana Basınç Kaybı

Elektro vana basınç kaybını bulmak için önce hangi vananın kullanılacağı sulama ürün kataloğundan seçilir. Bu amaçla önce boru planında (Şekil 20.10) belirlenmiş olan besleme borusunun çapı dikkate alınır. Besleme borusuyla aynı veya bir alt çaptaki elektro vana seçilebilir (Bkz. Bölüm 9.4). Seçilen vananın performans tablosundan zonun debisine göre meydana gelen basınç kaybı alınıp bar birimi değeri mSS birimine çevrilerek basınç kayıp tablosuna yazılır.

20.8.3. Filtre Basınç Kaybı

Su kaynağına göre filtre seçilir (Bkz. Bölüm 12.2). Seçilen filtrenin meydana getireceği basınç kaybı zonun debisine göre katalogdaki filtre performans tablosundan okunur ve mSS birimine çevrilerek basınç kayıp tablosuna yazılır. Damlama sulama için ikinci bir filtre kullanılıyorsa basınç kaybına bu filtrenin de etkisi eklenmelidir.

20.8.4. Kot Farkından Kaynaklanan Basınç Kaybı

Örnek projede pompa, çim yüzeyinden iki metre aşağıdaki makine dairesi içinde bulunduğu için, bu kot farkından kaynaklanan 2 mSS basınç kaybının da basınç kaybı hesabına eklenmesi gerekir. Sulama alanı eğimli olduğu zaman kot farkından kaynaklanan basınç kaybı veya artışı basınç kayıp tablosuna eklenmelidir.

20.8.5. Sprinkler İşletme Basıncı

Başlık planı çizilirken seçilen, yağmurlama oranı irdelenen sprinklerin işletme basıncı tabloda yerine mSS biriminden yazılır.

20.9. Pompa Karakteristiklerinin Belirlenmesi

Pompa karakteristiklerinden basınç mSS olarak Çizelge 20.2 ve 20.3'te hesaplanmıştır. En büyük basınç isteği 34,32 mSS ile 3 nolu zondadır.

Çizelge 20.2'deki lt/dk birimindeki debiler m³/sa birimine çevrildiğinde zon 1'in debisinin $27,20 \cdot (60/1000) = 1,63$ m³/sa, zon 2'nin debisinin 3,6 m³/sa, zon 3'ün debisinin 3,17 m³/sa olduğu görülür.

Pompa karakteristikleri olarak Çizelge 20.2'deki zon basınç kayıplarına göre zon 2'nin debisi ve zon 3'ün basınç kaybı en büyük olduğu için pompa karakteristikleri debi (Q) 3,6 m³/sa, basınç (H) 34,32 mSS olmalıdır.

Bu karakteristiklere sahip bir pompa 14.6 bölümünde anlatılan şekilde seçilebilir.

Belirlenen pompa ile elde edilecek olan 34,32 mSS basınç 1. ve 2. zondadaki sprej sprinklerler ile 4. zondaki damlama sulama sistemine fazla gelecektir. Bu nedenle bu zonlarda basınç düşürücü kullanılarak basınçların bu zonların istediği basınca düşürülmesi gerekir.

20.10. Metraj

Proje için gerekli malzeme ve kazı/dolgu miktarı hesaplanarak metraj tablosuna yazılır (Çizelge 20.4).

Sprinklerler yarıçaplarına göre ayrılarak proje üzerinden sayılır. Elektro vanalar projedeki besleme borusu çapına göre seçilerek metraj eklenir.

Boru uzunlukları çap sınıflarına göre proje üzerinden ölçülür. Boru uzunluğuna % 10 emniyet payı eklemekte yarar vardır. Lateral boru-sprinkler bağlantısında kullanılan bağlantı boruları montaj öncesinde uzun bırakıldığı için sprinkler başına 1m bağlantı borusunun kabul edilmesi yararlıdır.

Elektro vanalar sahaya monte edilecekse yeterli sayıda vana kutusu gerekir. Örnek projede elektro vanalar makine dairesinde yer alacaktır ama dışarıya monte edilmesi olasılığı dikkate alınarak vana kutusu yazılmıştır.

Damlama borusunun ızgara veya hat şeklinde sulamaya göre uzunluğu belirlenir. Hat aralıkları genellikle damlatıcı aralığı kadar alınır. Metrajda ek parça da yer almalıdır. Ancak bu ayrıntılı ve uzun bir iştir, dolayısıyla metrajda bu miktar belirtilmeyebilir, bu durumda keşifte ek parçalar için boru tutarının % 40-50'si gibi bir miktar belirtilir.

Çizelge 20.2.

Örnek projedeki üç zon ve basınç kayıpları

BASINÇ KAYBI HESABI							
ZON 1 SPREY SPRİNKLER							
SIRA	1	PARÇA 2	DEBİ (lt/dk) 3	ÇAP (mm) 4	UZUNLUK (m) 5	BASINÇ KAYBI (m/m) 6	TOPLAM BASINÇ KAYBI (mSS) 5x6
1	BORU BASINÇ KAYBI (m/m)	2a	3,40	25	8,00	0,0237	0,1896
		2b	10,20	25	8,00	0,0237	0,1896
		2c	13,60	25	4,00	0,0367	0,1468
		d	27,20	25	10,00	0,1337	1,3370
							1,8630
2	EK PARÇA BASINÇ KAYBI (%10)						0,1863
3	ELEKTROVANA BASINÇ KAYBI						2,8000
4	ELEK FİLTRE						1,2000
5	KOT FARKI BASINÇ KAYBI 2 m						2,0000
6	SPRINKLER İŞLETME BASINCI						20,0000
7	TOPLAM (mSS)						28,0493
ZON 2 SPREY SPRİNKLER							
SIRA	1	PARÇA 2	DEBİ (lt/dk) 3	ÇAP (mm) 4	UZUNLUK (m) 5	BASINÇ KAYBI (m/m) 6	TOPLAM BASINÇ KAYBI (mSS) 5x6
1	BORU BASINÇ KAYBI (m/m)	e	5,00	25	5,00	0,0237	0,1185
		2f	10,00	25	10,00	0,0237	0,2370
		g	20,00	25	5,00	0,0650	0,3250
		2h	25,00	25	10,00	0,1337	1,3370
		2i	30,00	25	5,00	0,1337	0,6685
		j	60,00	40	5,00	0,0394	0,1970
							2,8830
2	EK PARÇA BASINÇ KAYBI (%10)						0,2883
3	ELEKTROVANA BASINÇ KAYBI						3,2000
4	ELEK FİLTRE						2,0000
5	KOT FARKI BASINÇ KAYBI 2 m						2,0000
6	SPRINKLER İŞLETME BASINCI						20,0000
8	TOPLAM (mSS)						30,3713
ZON 3 ROTOR SPRİNKLER							
SIRA	1	PARÇA 2	DEBİ (lt/dk) 3	ÇAP (mm) 4	UZUNLUK (m) 5	BASINÇ KAYBI (m/m) 6	TOPLAM BASINÇ KAYBI (mSS) 5x6
1	BORU BASINÇ KAYBI (m/m)	2 k	6,60	25	22,00	0,0237	0,5214
		3 l	13,20	25	33,00	0,0367	1,2111
		m	52,80	40	5,00	0,0394	0,1970
							1,9295
2	EK PARÇA BASINÇ KAYBI (%10)						0,1930
3	ELEKTROVANA BASINÇ KAYBI						3,2000
4	ELEK FİLTRE						2,0000
5	KOT FARKI BASINÇ KAYBI 2 m						2,0000
6	SPRINKLER İŞLETME BASINCI						25,0000
7	TOPLAM (mSS)						34,3225

Peyzaj Sulama Tasarımı

Bahçede zaman içinde yeni bir düzenleme ile yeni bir zon ortaya çıkmayacağı kabul edilirse dört istasyonlu kontrolör yeterli görülebilir. Yağmur sensörü için konut tipi kontrolörlerde yuva bulunmaktadır, metraja bir yağmur sensörü eklenebilir.

Hidrofor karakteristikleri belirtilerek metraja eklenir.

Metraja sprinkler sulama için bir adet, damlama sulama için bir adet olmak üzere toplam iki elek filtre; iki sprej zonu için iki, damlama zonu için bir olmak üzere toplam üç basınç düşürücü yazılır.

Kanal kazısı için o yöredeki don derinliği kadar derin kanal açmak gerekir. Öte yandan daha sonra toprak işlenirken boruya zarar gelmemesi için derinliğin don riski olmasa da 30 cm olmasında yarar vardır. 1 ve 2 nolu zonların borularının 3 nolu zon boruları ile paralel olduğu kısımların aynı kanala tesisi daha ekonomik olacaktır. Kanal boyutları 30 cm derinlik ve 30 cm genişlik olarak belirlendiğinde kanal uzunluğu 100 m ise kanal kazı hacmi:

$$0,30 \cdot 0,30 \cdot 100m = 9 m^3 \text{ hesaplanır.}$$

Elektro vanalar atmosfer koşullarına açık olarak dışarda yer alacaksa, elektro vana-kontrol kablo bağlantısının su geçirimsiz bağlantı parçası ile sağlanması gerekir. Elektro vana başına iki adet olmak üzere 8 adet bağlantı parçası metraja eklenir.

İş alındığı zaman ek parçaların listesini çıkarmak gerekir. Kullanılan borulardan sprinklere kadar gerekli priz kolye, nipel, küresel vana, solenoid vana dirsek vd. ek parçaları, piyasada bulunanlar

arasından seçerek liste hazırlanır. Şekil 20.12'de Ø63 borudan sprej sprinklere kadar gerekli ek parçalar gösterilmiştir.

20.11. Keşif

Metraja birim fiyatlar eklenerek keşif elde edilir (Bkz. Bölüm 19).

20.12. Depo Hacmi ve Teknik Rapor

Peyzajın kısa süreli arızaları karşılayacak şekilde sulanabilmesi için sistemde en az iki günlük, imkân varsa daha fazla kapasiteli su deposu bulunmalıdır. Bu amaçla sulama alanındaki bitkilerin günlük ET miktarına göre (örnek projede 6,5 mm) günlük su isteği hesaplanır. Örnek projedeki ev, garaj ve teras alanları çıkarıldıktan sonra geriye 377 m² çim alanı (sebze bahçesi dahil) kalmaktadır:

$$22 \cdot 26 = 572 - 130 - 25 - 40 = 377 m^2$$

$$377 \cdot 6,5 \text{ mm} \cdot 2 \text{ gün} = 4.901 \text{ lt}$$

Bahçenin iki günlük su isteğini karşılamak üzere 4,9 m³'lük bir su deposu gereklidir.

Müşteriye ve/veya bakım firmasına sulama sisteminin nasıl çalıştırılacağı ile ilgili bir teknik rapor da hazırlanmalıdır. Bu raporda tasarımda kullanılan ET miktarı, yağmurlama ve damlama zonlarının çalışma süreleri, sulama mevsimi başında, ortasında ve sonunda sulama sürelerinin ne kadar olacağı gibi konular yer almaktadır.

Çizelge 20.3

Zon 4 Damlama sulama sistemi basınç kayıp tablosu

Damlama sistemi (4. zon) basınç kaybı	Debi	Uzunluk m	Basınç kaybı m/m	Basınç kaybı mSS
Damlama borusu basınç kaybı ve işletme basıncı tablodan				20,00
Besleme borusu basınç kaybı	10,7 lt/dk	20,00	0,0237	0,47
Ek parça basınç kaybı (BBKx0,10) 20,47 x 0,10				2,47
Elektro vana basınç kaybı (katalogdan)				2,40
Filtre basınç kaybı (katalogdan)				0,40
Kot farkı basınç kaybı 2 m				2,00
Gerekli toplam basınç mSS				27,74

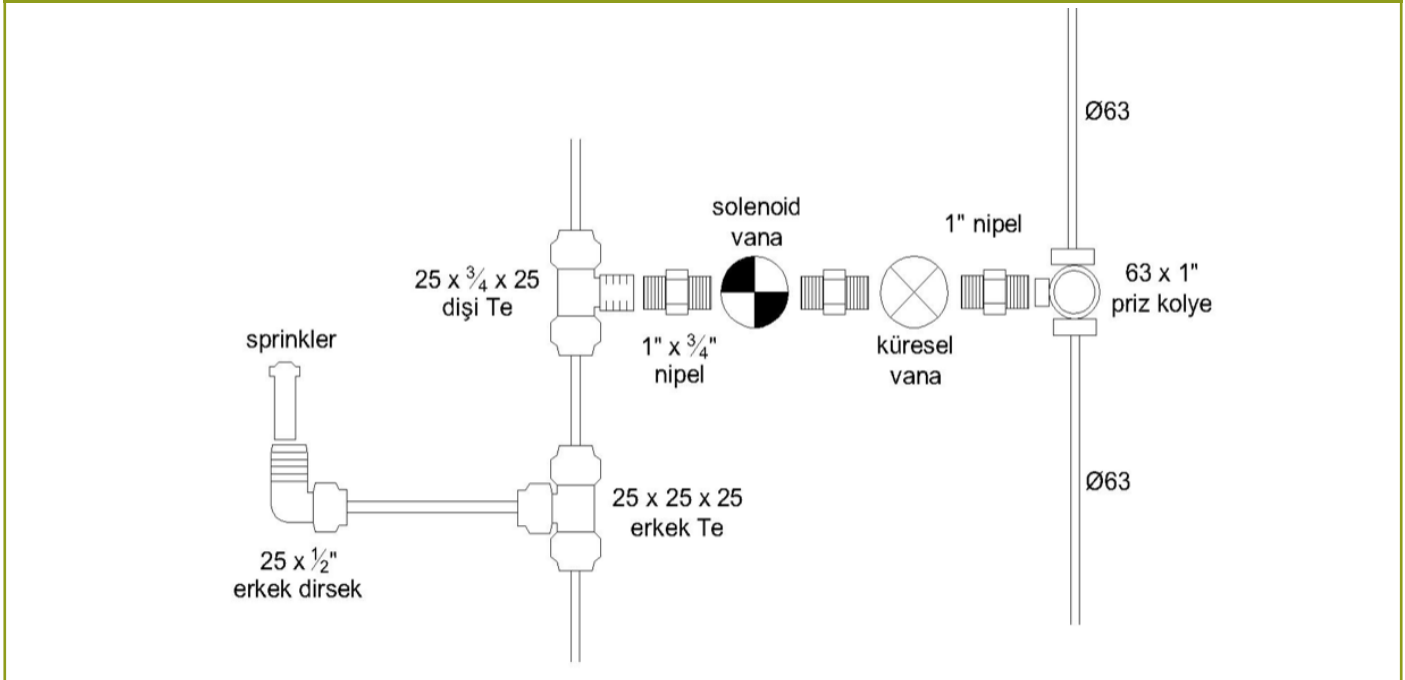
Çizelge 20.4

Örnek proje metraj tablosu

SIRA NO	YAPILACAK İŞLER	BİRİM	MİKTAR
1	Sprej sprinkler r=4 m	Adet	6
2	Sprej sprinkler r=5 m	Adet	8
3	Rotor sprinkler r=11 m	Adet	6
4	Elektro vana Ø 1"	Adet	3
5	Elektro vana Ø 3/4"	Adet	1
6	Ø20 Bağlantı borusu	m	20
7	Ø25 SPE Boru	m	140
8	Ø40 SPE Boru	m	10
9	Ø16 Damlama borusu (50cm aralıklı)	m	80
10	Ek Parça (Boru tutarının %40)		

Çizelge 20.4*Örnek proje metraj tablosu (devamı)*

SIRA NO	YAPILACAK İŞLER	BİRİM	MİKTAR
11	Vana Kutusu (VK)	Adet	1
12	Dörtlü kolektör	Adet	1
13	Jeotekstil (VK drenajı için)	m ²	1
14	Çakıl/mıcır (VK drenajı için)	kg	10
15	3/4" Can suyu vanası	Adet	1
16	Otomatik yıkama valfi (damlama)	Adet	1
17	Hava tahliye vanası	Adet	1
18	4 İstasyonlu Kontrolör	Adet	1
19	Tekli Pompa İstasyonu (H=22,8 mSS Q=3,66 m/sa)	Adet	1
20	Elek Filtre (sistem için) Ø40	Adet	1
21	Elek Filtre (damlama için) Ø25	Adet	1
22	Kanal Kazılması (0,3x0,3x100 m)	m ³	9
23	Bağlantı parçası	Adet	8
24	Yağmur sensörü	Adet	1
25	Basınç düşürücü (çıkış basıncı 2 bar)	Adet	2
26	Basınç düşürücü (çıkış basıncı 1 bar)	Adet	1

Şekil 20.12*Ø63 bir borudan sprej sprinklere bağlantı*

21. Sulama Sisteminin Kışa Hazırlanması

Kışın don görülen bölgelerde sulama sisteminin zarar görmemesi amacıyla sistemdeki suyu boşaltmak için uygulanan işlemlere sulama sisteminin kışa hazırlanması denir (Seçkin ve Çelik 2003).

Don etkisiyle boruların ve diğer sulama elemanlarının içinde su kalırsa donun etkisiyle bu elemanlar genleşme veya çatlama şeklinde zarara uğrarlar, bozulurlar.

Don derinliğinin boru tesis derinliğini aştığı yerlerde sulama sistemini kışa hazırlamak gerekir. Kış hazırlığı olarak ya otomatik veya manuel vanalarla, kör tapa yardımıyla veya sisteme hava basılarak sistemin suyu boşaltılır.

Üreticilerin önerileri dikkate alınarak pompaların da kışa hazırlanması gerekir.

21.1. Drenaj Vanalarının Kullanılması

Otomatik boşaltma (drenaj) vanası, ana borunun en alçak noktasına, yan borularda kot farkı varsa onların da alçak noktalarına uygulanması gerekir. Otomatik drenaj vanası boruda basınçlı su varken kapanır, basınç ortadan kalkınca veya zonun sulaması bitince açılır ve hattı boşaltır. Gerek otomatik gerekse manuel boşaltma vanaları için açılacak çukurun boşaltılan suyu alacak kapasitede olması gerekir. Bu amaçla kör kuyu şeklinde bir drenaj çukuru

açılmalı, çukurun iç yüzeyi jeotekstil ile kaplanmalı ve drenaja yardımcı olmak amacıyla içi çakıl veya mıcır ile doldurulmalıdır (Rain Bird 2024b).

Sulama sisteminin her kapanışında sistemin içindeki suyun boşaltılması istenmezse manuel vana da kullanılabilir. Sulama sisteminin uç veya alçak kotlu noktasına küresel veya glob bir manuel vana bağlanır. Sistemi besleyen ana vana kapatılır ve drenaj vanası açılır, su boşaltılır. Sprinklerlerde çek valf varsa, sprinkler dillerinin yukarı çekilmesi gerekir (Hunter 2024d).

21.2. Suyun Hava Kompresörü ile Boşaltılması

Donma derinliğinin 30 cm'yi aştığı yörelerde, sulama sisteminin içindeki suyun hava kompresörüyle boşaltılması yararlıdır. Hava kompresörü ana hatta bağlanır, ana hattın ve zonların vanası kontrolörle veya elle açılır. İş güvenliği ve sulama sistemini korumak amacıyla şu önlemler alınmalıdır (Hunter 2024d):

- Basınçlı hava zararına karşı kişisel koruyucu donanım kapsamında gözlük takılmalıdır
- Polietilen borularda 3,5 bardan fazla hava basıncı uygulanmamalıdır.
- Hava basılırken bir arıza oluşmaması için başlıklar ve vanaların üzerine bastırılmamalıdır.
- İşlem sırasında herhangi bir ekipman sökülmemelidir.

22. Su Koruması

Peyzajda su koruma önlemleri bitki seçiminden başlayıp sulama sisteminin optimum çalıştırılması ile devam etmektedir. Yörenin doğal ve ekolojisine uygun türler başta olmak üzere az suyla yetinen bitki türlerinin seçilmesi su koruması anlamında atılacak ilk önemli adımdır. Türkiye gibi su fakiri olmaya yakın bir ülkede çim gibi çok su isteyen yerörtücüleri yerine az suyla yetinen başka yerörtücüleri kullanılması gereklidir. İklim değişikliğinden Türkiye de etkilenmekte, sıcaklık artmakta yağışlar azalmaktadır. Su sıkıntısı meydana gelince alınacak önlemlerden ilki çim gibi çok su isteyen bitkilerin sulanmasının yasaklanmasıdır. 1990'lar ve 2010'larda Amerika California'da su kıtlığı yaşanınca çim sulaması yasaklanmış, sonuçta çimler kurumuştur, insanlar kuru-sarı rengi görmemek için çimleri yeşile boyamıştır.

Otomatik sulama sistemlerinin (yağmurlama ve damlama) en büyük iddiası klasik sulama yöntemlerine göre suyu daha az kullanmasıdır. Ancak bu iddia sulama sisteminin doğru tasarlanması, doğru uygulanması, sulama takviminin doğru düzenlenmesi, izleme ve bakım ile mümkündür.

Sulama takviminin hassas evapotranspirasyon değerlerine göre planlanması ve bitkiye yeteri kadar su verilmesi gerekir. Sulamanın sabahın erken saatlerinde hava serinken gerçekleştirilmesi buharlaşma ile su kaybını en aza indirebilir.

Sulama sisteminin tesisinde daha güvenli ek parçalarla bağlantıların yapılması, bakımının düzenli gerçekleştirilerek sızıntı ve arızadan kaynaklanan gereksiz su kayıplarının önlenmesi gerekir.

Dış mekânda kullanılan suyun yüzde 50 kadarı rüzgâr, buharlaşma ve verimsiz sulama yöntem ve sistemlerinden kaynaklanan yüzeysel akış nedeniyle kaybolmaktadır. Düzenli bakımı yapılmayan ve doğru işletilmeyen otomatik peyzaj sulama sistemine sahip ortalama büyüklükte bir bahçe yılda 95 ton su israfına neden olabilir (EPA 2022).

Otomatik sulama sistemi iş gücünden tasarruf sağlamakla birlikte sulama takvimi doğru belirlenmezse su israfına neden olabilir. Kontrolörde sulama süreleri aşağıdaki faktörlere dikkat edilmeden belirlenirse su israfı meydana gelebilir (Melby 1995):

- Vejetasyon döneminde ET miktarının değişmesi,
- Toprak infiltrasyon oranına uyumun sağlanamaması,
- Bitkinin güneş altında veya gölgede olması,
- Bitki türlerinin farklı su istekleri,
- Alanın düz veya eğimli olması,
- Sprinklerlerin yağmurlama oranlarının farklı olması.

Sulama programının ve takviminin yukarıdaki ölçütlere göre doğru hazırlanması gerek su tüketiminde gerekse enerji tüketiminde israfı önleyebilir.

Bitkileri seyrek ve derin sulayarak derin köklenmeyi teşvik etmek gerekir. Eğer toprak türü kil gibi ağır bir topraksa organik madde, kum vb. maddelerle infiltrasyonu artırmak gerekebilir.

Güneş altındaki topraklardan yüzeyi kapalı veya gölgedeki topraklara göre buharlaşma daha fazladır. Bu nedenle buharlaşmayı azaltıcı önlemlerin alınması gerekir. Bu bağlamda ilk önlem **malç** kullanarak zeminden buharlaşmayı azaltmaktır. Toprak yüzeyinin doğal (ağaç kabukları, odun yongaları, çakıl taşı vd.) veya sentetik (plastik örtü vd.) malzeme ile kaplanmasına malçlama denir. Malçın topraktan buharlaşmayı azaltmanın yanında yabani ot gelişmesini önleme, toprağı organik madde açısından zenginleştirme vb. birçok yararları bulunmaktadır. Çok güneş alan güney bakılı yamaçlara açık renk, kuzey bakılılara koyu renk malç serilebilir. Bitkileri uygun aralıklarla dikerek toprağın ısınması ve buharlaşmadan sakınmak gerekir.

Su hasadı ihmal edilmiştir. Bu amaçla eski İstanbul evlerinde yağmur suyu depolamak için sarnıç bulunuyordu. Bu sudan kullanma suyu olarak yararlanılıyordu. Su hasadı dünyanın da gündeminde olan ve artarak uygulanmakta olan bir konudur. Türkiye'de bazı sitelerde uygulanan sarnıç veya diğer su hasat yöntemlerinin yeni peyzaj planlarında yer almasında isabet vardır.

Türkiye'de peyzaj sulamada genellikle yeraltı suyu kullanılmaktadır. İnsanlar kuyu açtıktan sonra toplumun malı olan suyu hesapsızca kullanmaktadır. Bu kuyular ve özellikle tarımsal sulama kuyularından dolayı birçok yörede yeraltı suyu düzeyi hızla düşmektedir. Bunun ilk zararı, her seferinde daha derin kuyu açmak şeklinde karşımıza çıkmaktadır. Konya ve çevresinde son yıllarda çokça meydana gelen obruklar da yeraltı suyunun fazla kullanılmasının bir sonucudur.

Yeraltı suyu yağışın yer altına sızmasıyla beslenmektedir. Kuyularla yeraltı suyu düzeyini düşürdüğümüz gibi, kentleşme ile geçirimsiz yüzeyleri artırarak yeraltı suyunun beslenme imkanını da ortadan kaldırmaktayız. Geçirimsiz yüzeyler nedeniyle yüzeysel akış yeraltına sızmamakta, sonuçta göllere ve denizlere gitmektedir. Denize giden sular tuzlu hale geldiği için yararlanılması pahalı hale gelmektedir. Peyzajda geçirimsiz yüzeyleri az kullanarak suyun yeraltına sızması sağlanmalıdır.

Batı dünyasında kuyu ile yeraltı suyundan yararlanmak Türkiye'deki gibi sınırsız sayılabilecek bir düzeyde değildir. Peyzaj sulamada genellikle şehir şebekesinin suyu kullanılmaktadır. Yeraltı suyu torunlarımızın suyudur, o nedenle yeraltı suyunu beslenmesine izin verdiğimiz ölçüde kullanmamız gerekir.

Su korumada önemli bir seçenek peyzajda arıtma suyu kullanmaktır. Eysel atık suyu, tuvalet suyundan oluşan siyah su ile lavabo, duş ve eviye (mutfak) suyundan oluşan gri sudan meydana gelmektedir. Gri su ayrı bir tesisatla toplanırsa, daha az kirlenici içerdiği için daha basit bir sistemle evlerde veya bahçelerde arıtılabilir. Gri suyun bahçe sulamada kullanımı dünyanın su fakiri olmayan ülkelerinde bile yaygındır. Ülkemizde tesisatta siyah su gri suyla birlikte toplandığı için, daha gelişmiş bir sistemle arıtılması gerekmektedir. Arıtılmış suyun az da olsa gerek kamuda gerekse bazı sitelerde yeşil alan sulamasında kullanıldığı görülmektedir. İklim değişikliğinin etkisiyle daha fazla siyah ve gri suyun arıtma ile geri kazanılması gerekeceği tahmin edilmektedir.

23. Birimler

BİRİM DÖNÜŞÜM ÇİZELGESİ					
UZUNLUK			HACİM		
1 m	3,28	foot	1 galon (ABD)	3,785	lt
1 foot	0,305	m	1 galon	0,00379	m ³
1 inç	25,4	mm			
1 mil	1.609	m	DEBİ / AKIM		
			1 lt/sn	15,85	GPM (Galon/ Dakika)
ALAN			1 lt/sn	3,6	m ³ /sa
1 acre	4.046,86	m ²	1 lt/sn	60	lt/dk
1 hektar	10.000	m ²	1 lt/dk	0,06	m ³ /sa
			1 m ³ /sa	16,66	lt/dk
BASINÇ			1 m ³ /sa	0,27	lt/sn
1 atm (atmosfer)	10,33	mSS	1 GPM	3,78	lt/dk
1 atm	1,0133	bar	1 GPM	0,09	m ³ /sa
1 atm	14,7	psi (Pound/inç ²)	1 GPM	0,06	lt/sn
1 atm	1,033	kg/cm ²	1 GPM	0,00006	m ³ /sn
1 atm	101,3	kPa (Kilo paskal)			
1 atm	760	mm Hg	SICAKLIK		
1 kg/cm ²	98	kPa	F-32 x 0,5556		°C
1 psi	6,89	kPa	C+17,78 x 1,8		°F
1 psi	0,0703	kg/cm ²			
1 psi	0,068	atm	GÜÇ		
1 bar	100	kPa	1 Beygir gücü	746	Watt
1 bar	0,99	atm			
1 bar	1,02	kg/cm ²	AĞIRLIK		
1 mSS	0,097	bar	1 kg		2,205 lb
			1 Pound (libre, lb)	0,454	kg
			1 Ons	28,35	gr

Kısaltmalar

atm	Atmosfer
bar	Bar
cm	Santimetre
dk	Dakika
g	Gram
GPM	Galon/dk (Gallon per minute)
HDPE	Sert (yüksek yoğunluklu) polietilen
kg	Kilogram
kPa	Kilo paskal
lt	Litre
m	Metre
m ²	Metre kare
mSS	Metre su sütunu
PE	Polietilen
PN	Nominal basınç
psi	Pound/inç ² (Pound per square inch)
PVC	Poli vinil klorür
sa	Saat
sn	Saniye
SPE	Sert polietilen, PE100
YPE	Yumuşak polietilen, PE32-40

Çıkar Çatışması: Yazar çıkar çatışması bildirmemiştir.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Declaration of Interests: The author declares that there are no competing interests.

Kaynakça

Akkemik Ü, 2017. Bitki Fizyolojisi, http://unalakkemik.net/wp-content/uploads/2018/02/OMYO_bitki-fizyolojisi-ders-notlar%C4%B1_2017.pdf

Akkemik Ü, 2018. Ağaç Fizyolojisi, İÜ-C Yayın No. 1. Orman Fakültesi Yayın No. 515, İstanbul

Çelik HE, 2004. Peyzaj Sulamada Kullanılan Boru Bağlantı Tipleri, İstanbul Üniversitesi *Orman Fakültesi Dergisi* Seri B 54(1), 45-68.

Çelik HE, 2005. Peyzaj Sulama Sisteminin Tasarım ve Tesisinde Minimum Standartlar. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 55(2), 15-30.

Çepel N, 1996. Toprak İlimi, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın No. 389, İstanbul

Çepel N, 1993. Toprak-Su-Bitki İlişkileri. İstanbul Üniversitesi Yayın No. 3794

Dirik GH, 2008. Bitkilendirme ve Dikim Teknikleri, İÜ Orman Fakültesi Yayın No 490, İstanbul.

Egeyıldız 2002. PE ve PVC-U Boruların Yük Kayıp Cetvelleri, Egeplast Yayını

EPA 2022. <https://www.epa.gov/watersense/statistics-and-facts>

Firat Boru 2024. <https://www.firat.com/damlama-sulama-sistemleri/damla-sulama-borusu> [Erişim 22.01.2021]

Hunter 2006. Irrigation Hydraulics, Instructor's Manual, https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwi-A37fskY72AhUVR_EDHXvqDK0QFnoECBAQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.hunterindustries.com%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fed-002.a.instructor.pdf&usq=AOvVaw0qjORFDUGssW6suptCg7GC [Erişim 20.01.2021]

Hunter 2012. Drip Design and Installation Guide, https://www.hunterindustries.com/sites/default/files/dg_plddesignguide_dom.pdf [Erişim 12.01.2021]

Hunter 2018. X-Core Bireysel Sulama Kontrol Ünitesi Kullanım Kılavuzu.

Hunter 2019. The Handbook of Technical Irrigation Information, A Complete Reference Source for the Professionals, https://www.hunterindustries.com/sites/default/files/tech_handbook_of_technical_irrigation_information.pdf, [Erişim 18.12.2023]

Hunter 2021. Hunter 2021 Ürün Kataloğu , www.hunterindustries.com.

Hunter 2022. Document Library, [https://www.hunterindustries.com/documents/?f\[0\]=im_field_product_line:34&f\[1\]=im_field_product_type:225](https://www.hunterindustries.com/documents/?f[0]=im_field_product_line:34&f[1]=im_field_product_type:225)

Hunter 2023. Hunter 2023 Ürün Kataloğu, www.hunterindustries.com.

Hunter 2024a. Rotors, https://www.hunterindustries.com/photos?f%5B0%5D=product%3A84261&f%5B1%5D=product_line%3ARotors [Erişim 26.01.2024]

Hunter 2024b. Slope irrigation, <https://www.hunterindustries.com/>

[sites/default/files/tech_irrigation_notes_slope_irrigation.pdf](https://www.hunterindustries.com/sites/default/files/tech_irrigation_notes_slope_irrigation.pdf) [Erişim 30.01.2024]

Hunter 2024c. Photo Library, <https://www.hunterindustries.com/en-metric/photos> [Erişim 29.01.2024]

Hunter 2024d. Winterizing Your Irrigation System, <https://www.hunterindustries.com/en-metric/winterizing-your-irrigation-system> [Erişim 19.01.2024]

Irmak S, 2005. A brief research update on subsurface drip irrigation. *UNL-Extension Circular EC-776*, UNL, Lincoln, Nebraska, USA.

Irmak S, Odhiambo LO, Kranz W L, and Eisenhauer D E, 2011. Irrigation Efficiency and Uniformity, and Crop Water Use Efficiency. *Biological Systems Engineering: Papers and Publications*. 451 <https://digitalcommons.unl.edu/biosysengfacpub/451>

Kantarıcı MD, 2000. Toprak İlimi, İÜ Orman Fakültesi Yayın No 462, İstanbul.

Melby P, 1995. Simplified Irrigation Design, John Wiley and Sons, Inc. USA

MGM 2024. Beaufort Rüzgâr Skalası, <https://www.mgm.gov.tr/FILES/genel/makale/beaufort.pdf> [Erişim Tarihi 21.01.2024]

Mızrak G, 1983. Türkiye İklim Bölgeleri ve Haritası, Orta Anadolu Bölge Zirai Araştırma Enstitüsü Tarla Bitkileri İslahı Bölümü, Teknik yayınlar no: 2, genel yayınlar no: 52. Ankara

Mızrak G, 1988. Agroecological zones of Turkey and their importance in wheat research. *Winter Cereals and Food Legumes in Mountainous Areas*. ICARDA-136 En, Aleppo, Syria.

USDA 1997. National Engineering Handbook: Irrigation Guide, part 652. *US Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service Washington*, DC, 852.

Netafim 2015. Drip Irrigation Handbook, www.netafim.com

Orta AH, 2017. Rekreasyon Alanlarında Sulama, Nobel Akademik Yayıncılık Eğt. Dan. Tic. Ltd. Şti, Ankara.

PE100+ 2024: TEPFFA PE100 Position on 100 years lifetime expectancy of PE Pipes, <https://www.pe100plus.com/PE-Pipes/Technical-guidance/model/Design/Lifetime/TEPPFA-PE100-Position-on-100-years-lifetime-expectancy-of-PE-Pipes-i2213.html> [Erişim 15.01.2021]

Penn State 2021. Interpreting Irrigation Water Tests. <https://extension.psu.edu/interpreting-irrigation-water-tests>. [Erişim 14.01.2021]

Plastica Alfa 2022b: Blackline PLUS Compression Fittings, Technical Catalog, Plastica Alfa S.p.A, Italy https://www.plasticalfa.it/uchoacim/2022/11/Cat_Tec_Black_line_Plastica-Alfa_rev.11.22.pdf [Erişim 12.01.2024]

Plastica Alfa 2022a: Bluline PLUS Compression Fittings, Technical Catalog, Plastica Alfa S.p.A Italy https://www.plasticalfa.it/uchoacim/2022/11/Cat_Tec_Blu_line_Plus_Plastica-Alfa_rev.11.22.pdf [Erişim 12.01.2024]

PPI 1998. Polyethylene Joining Procedures, Plastics Pipe Institute, <http://www.plasticpipe.org/pubs/download/handbook/PolyProc.pdf>

Rain Bird 2000. Low-Volume Landscape Irrigation Design Manual, <https://www.RainBird.com/sites/default/files/media/documents/2018-02/LowVolumeGuide.pdf>, [Erişim 13.12.2021]

Rain Bird 2001. Landscape Irrigation Design Manual, <https://www.rainbird.com/sites/default/files/media/documents/2018-02/IrrigationDesignManual.pdf> [Erişim 13.12.2021]

Rain Bird 2006. Landscape Irrigation Products 2006-2007 Catalog, https://www.schumacherirrigation.com/files/Rainbird_Turf_Catalog_2006-2007.pdf [Erişim 09.01.2024]

Rain Bird 2008. Quick-Check Basket Filter Tech. Specs., https://www.RainBird.com/sites/default/files/media/documents/2018-02/ts_QKCHK-BasketFilter.pdf, [Erişim 13.12.2021]

- Rain Bird 2018. ESPLXD_System Overview, https://www.rainbird.com/sites/default/files/media/documents/2018-05/ESPLXD_SystemOverview.pdf, [Erişim 09.01.2024]
- Rain Bird 2021. Uluslararası Peyzaj Sulama Ürünleri 2021 Kataloğu, https://www.RainBird.com/sites/default/files/media/documents/2021-04/d41994_2021_intl_turf_catalog_tur.pdf, [Erişim 13.12.2021]
- Rain Bird 2023. Uluslararası Peyzaj Sulama Ürünleri 2023 Kataloğu, https://www.rainbird.com/sites/default/files/media/documents/2023-01/2023_intl_turf_catalog_tr_hqpc.pdf [Erişim 09.01.2024]
- Rain Bird 2024a. Sports Field Designs, <https://www.rainbird.com/landscape/sportsfield-cad-drawings> [Erişim 09.01.2024]
- Rain Bird 2024b. Homeowners's Guide to Winterization, <https://www.rainbird.com/sites/default/files/media/documents/2017-06/WinterizationGuide.pdf> [Erişim 19.01.2024]
- Seçkin ÖB, 2003. Peyzaj Uygulama Tekniği (İkinci baskı), İÜ Orman Fakültesi Yayın No 453 İstanbul
- Seçkin ÖB, Çelik HE, 2003. Sulamaya Giriş, İÜ Orman Fakültesi Yayın No 472, ISBN: 975-404-689-1, İstanbul.
- Stetson LE and Mecham BQ, (Eds.). 2011. Irrigation. Irrigation Association, Fairfax, USA
- Stryker J, 2003. Irrigation tutorials, <http://www.irrigationtutorials.com> [Erişim 02.04.2003]
- Şen MH, 2006. Santrifüj Pompalar ve Pompa Tesisatları, MAS Pompa yayını, İstanbul.
- Şenol, GK ve Karakuş C., 2017. Pompa ve Pompaj Sistemlerinde Enerji Tasarrufu Uygulamaları. *Mühendis ve Makina*, 58 (687), 1-16.
- TAGEM, 2017. Türkiye'de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimleri, https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Menu/28/Yayinlar_veriler
- TEGA 2021. TEGA Teknik Kataloğu, <http://www.tega.com.tr/teknik/?lang=tr> [Erişim 01.12.2021]
- TS 10735. Borular, Termoplastik Polietilenden (PE) Basıncılı Sulama Tesislerinde Kullanılan Kurallar, Türk Standartları Enstitüsü, 1993, Ankara.
- TS 7739. Sulama Suyu, Türk Standartları Enstitüsü, 1989, Ankara.
- TS EN 12484-2. Sulama Teknikleri - Otomatik Çim Sulama Sistemleri - Bölüm 2: Tipik Teknik Modellerin Tarif ve Tasarımı, Türk Standartları Enstitüsü, 2004, Ankara.
- TS EN ISO 19892. Plastik Boru Sistemleri- Sıcak ve Soğuk Su İçin Termoplastik Borular ve Fitingler - Eklemlerin Basınç Çevrimine Direnci İçin Test Metodu, Türk Standartları Enstitüsü, 2018, Ankara.
- TS ISO 9625. Mekanik Bağlantılı Ekleme Parçaları - Polietilenden imal Edilmiş Basıncılı Borular için - Sulamada Kullanılan, Türk Standartları Enstitüsü, 2000, Ankara.
- Weinberg S.S. and Roberts J.M., 1988. Handbook of Landscape Architectural Construction Volume Three: Irrigation, Landscape Architecture Foundation, Washington D.C., USA

Dizin

- A**
adaptör 53, 54, 57
akış sensörü 45, 46
akım şiddeti 48
alan incelemesi 3
alın kaynağı, 56
anemometre 23
anma çapı 31
aralıklı sulama 25, 83, 84
aralık sayısı 21
arıtma suyu 62, 92
asgari ücret 77
as-built 65
ayırma vanası 38, 39
- B**
bağlantı parçası 49, 89, 90
bakı 30, 81
balçık topraklar 4
basınç kaybı hesabı 37, 38, 75,
basınç kayıp tablosu 37, 38, 76, 87, 89
basınç regülatörü 67, 68, 70, 75
başlama zamanı 43
başlıktan başlığa atma 20, 21, 22, 82, 83, 84
Beaufort Rüzgâr ölçęi 23
bitki faktörü 73, 74
bitki su isteği 6, 7, 72, 73, 74
bitki yoğunluk faktörü 73
bor 11, 12
boru planı 3, 35, 71, 86
- C-Ç**
Christiansen 29
common 44, 48, 49
çalışma süresi 24, 25, 28, 43, 83, 84, 85
çek valf 39, 62, 91
- D**
dalgiç pompa 59
dal tipi boru planı, 35
damlatıcı 67, 68, 69, 70, 71, 72, 74, 75, 86, 87
darbeli rotor sprinklerler 18, 63
debi 3, 17, 25, 26, 27, 30, 32, 34, 35, 37, 38, 41, 48, 51, 58,
59, 60, 72, 74, 75, 87
dekoder 43, 47, 64
depo hacmi 89
derin sulama 14
- devir 58, 59
dış çap 31
dirsek 53, 55, 56, 87, 89
disk filtre 51, 52, 70
don sensörü 45, 46
- E**
elek filtre 51, 52, 70, 76, 89
elektrik devresi 8
elektriksel iletkenlik 11, 12
elektro füzyon 32, 54, 56, 57
elektro vanalar 34, 40, 41, 42, 44, 48, 75, 87
emmedeki net pozitif yük 58
eşlenik sulama 15, 17, 18, 19, 25, 26, 27, 28, 29, 63, 64
ET 6, 7, 8, 13, 15, 24, 25, 30, 44, 45, 70, 73, 74, 81, 89, 92
etkili kök derinliği 5, 6, 71
evaporasyon 6
evapotranspirasyon 3, 6, 13, 30, 73, 74, 81, 92
- F**
faz 44, 46, 48, 49
flaş 31, 32, 53, 54, 56
fotosentez 5, 13
filtre seçimi 51
- G**
genel giderler 78
genleşme tankı 59
geri akış önleyici 62
gerilim 48, 49
güc 48, 49, 58, 59, 60
günlük çalışma süresi 24, 25, 83, 84, 85
- H**
hâkim rüzgâr yönü 3
hava istasyonu 45
hava kompresörü 91
hava tahliye vanası 40, 90
hidrofor 3, 15, 36, 45, 47, 59, 89
hidrosiklon filtre 51
higroskopik su 4
- İ**
infiltrasyon hızı 3, 19, 25, 81, 82
işçilik yükü 77
infiltrasyon oranı 3, 4, 5, 24, 25, 30, 43, 71, 81, 82, 83, 84
- K**
kablo 18, 19, 34, 41, 42, 43, 44, 46, 48, 49, 50, 89
kanal kazıcı 34, 35, 36
kangal boru 32

kapilarite 4, 69
 kaplin 39, 40, 53, 54, 55, 56, 57, 65, 66, 86
 kaplin vana 39, 40, 55, 66, 65, 86
 kare düzen 20, 21, 22, 24, 82, 83
 kavitasyon 58, 60
 keşif 65, 77, 78, 79, 80, 89
 kil topraklar 3, 14, 70
 klape 39, 40
 klor 11, 12, 69,
 kolektör 42, 90
 kontrolör 15, 40, 41, 43, 44, 45, 47, 48, 49, 59, 89
 kontrol sınırı 22
 kör tapa 53, 54, 91
 ksilem 6
 kum filtresi 51, 52
 kumlu balçık 4, 24, 71
 kumlu topraklar 4, 14
 kurtağzı 55
 küresel vana 39, 42, 89

L

lejant 65
 liste fiyatı 77
 lup 35, 36, 38, 64, 71, 75

M

malzeme listesi 16
 manometrik yükseklik 58, 59, 60
 manşon 54, 56, 57
 melez sprinkler 18, 19
 mesh 51, 70
 metal boru 31
 metraj 3, 16, 77, 87, 89
 mevsimlik ayar 43, 44
 mikro klima faktörü 73, 74
 monofaze 3, 59

N

nipel 53, 54, 89
 nötr 44, 46, 48, 49

O

osmoz 13

P

PE100 31, 32, 33, 37
 pH 11, 12
 pilli kontrolör 41, 47
 plan kote 3
 PN10 31

pompa bağlantısı 44
 poz numarası 77
 pompa karakteristikleri 59, 60, 87
 pörsüme 4
 priz kolye 53, 55, 89
 PVC 31, 37, 50, 53, 54, 57,

Q

quick coupling valve 39

R

rakor 53, 54
 redüksiyon 34, 53, 54
 rotor sprinkler 18, 19, 20, 21, 63, 65, 81, 84
 rüzgâr sensörü 22, 46

S-Ş

santrifüj filtre 51, 52
 santrifüj pompa 58, 59
 SDR 31
 sığ sulama 25
 sızıntı suyu 3, 4
 sızıntı kontrolü 57
 sızma 24
 silt 4
 sodyum 11, 12
 sodyum absorpsiyon oranı 11, 12
 sodyum yüzdesi 11
 solenoid 40, 41, 43, 46, 89
 sörvey 3
 sprej sprinkler 18, 26, 30, 65, 82, 83, 89
 su darbesi 32, 36, 59
 sulama uygulama randımanı 7
 su iletim randımanı 7
 su hasadı 92
 su hızı 32, 36
 su koruması 92
 sulama günleri 43
 sulama penceresi 13
 sulama suyu kalitesi 11
 sulama takvimi 3, 25, 69, 75, 92
 sulama yarıçapı 16, 19, 35,
 sulama yayı 16, 17, 26, 82
 sulama zamanı 13
 sürgülü (şiber) vana 39
 şerit tip sulama 18, 19

T

tarih-saat ayarı 43
 tarla kapasitesi 4

Peşaj Sulama Tasarımı

Te 53,55
terleme 13, 73
tın 4
toz 4, 5, 15,
tozlu balçık 5, 6, 81, 82
transformatör 44, 46, 48, 49
trencher 34
trifaze 3, 59
tuzlanma 72
türbin pompa 59
tuzluluk 3, 11, 12

U - Ü

üniform dağıtım 28, 29

üniformluk oranı 29
üniform sulama 16, 20, 25, 27, 75, 85
üçgen düzen 20, 22

V

vana basınç kaybı 41, 75, 76, 87
vana kutusu 40, 41, 42, 49, 62, 65, 66, 89

Y

yağmurlama oranı 17, 18, 19, 24, 25, 26, 30, 82, 83, 84, 85, 87
yapıştırma 31, 53, 54, 57
yararlanılabilir su 4, 5, 14, 71
yörünge açısı 16, 17

