

**REKREASYON ALANI SULAMA PROJELERİNİN
TASARIM ve UYGULAMA AŞAMALARINDA
ORTAYA ÇIKAN SORUNLAR ve ÇÖZÜM ÖNERİLERİ**

Hüseyin İŞBİLİR

**Yüksek Lisans Tezi
Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Tolga ERDEM
2008**

**T.C.
NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**REKREASYON ALANI SULAMA PROJELERİNİN TASARIM ve UYGULAMA
AŞAMALARINDA ORTAYA ÇIKAN SORUNLAR ve ÇÖZÜM ÖNERİLERİ**

HÜSEYİN İŞBİLİR

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

Danışman: Doç. Dr. Tolga ERDEM

TEKİRDAĞ

2008


Her hakkı saklıdır

Doç. Dr. Tolga ERDEM danışmanlığında, Hüseyin İŞBİLİR tarafından hazırlanan bu çalışma 10/10/2008 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı Yüksek lisans tezi olarak oybirliği ile kabul edilmiştir.

Juri Başkanı : Prof. Dr. Ahmet Nedim YÜKSEL

İmza : 

Üye : Prof. Dr. Ash B. KORKUT

İmza : 

Üye : Doç. Dr. Tolga ERDEM (Danışman)

İmza : 



Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Orhan DAĞLIOĞLU

Enstitü Müdürü

İmza:

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

REKREASYON ALANI SULAMA PROJELERİNİN TASARIM ve UYGULAMA AŞAMALARINDA ORTAYA ÇIKAN SORUNLAR ve ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Hüseyin İŞBİLİR

Namık Kemal Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Tolga ERDEM

Bu çalışmada, İstanbul bölgesinde 3 farklı büyüklükteki rekreasyon alanı için yapılmış sulama projeleri ele alınarak, mevcut projeler ile yeniden tasarlanan projeler arasındaki farklar ortaya konulmuş, tasarım ve uygulama aşamalarında ortaya çıkan sorunlar ve çözüm önerileri belirlenmiştir. Ayrıca, rekreasyon alanı sulama projelerinin hazırlanmasında izlenmesi gereken aşamalar ile gerekli olan teknik bilgiler detaylı şekilde açıklanmıştır.

Araştırma sonucunda, rekreasyon alanlarında istenilen üniform yeşil alan ve su kaynaklarının optimum kullanımı açısından, Peyzaj Mimari ile Sulama Mühendisinin koordineli olarak çalışması gerektiği vurgulanmıştır. Bitkinin tükettiği su miktarı, uygulanacak sulama suyu miktarı, sulama süresi, sulama zamanı gibi ön projelendirme faktörlerinin doğru olarak elde edilmesinin, sistemin başarısı için kaçınılmaz olduğu belirlenmiştir. Bunu yanı sıra, üniform bir su uygulaması için uygun yağmurlama başlığının doğru olarak seçilmesi, bunun için de toprağın infiltrasyon hızının ölçülmesi gerektiği üzerinde durulmuştur. Ayrıca, sulama alanında oluşturulacak işletme birimleri, kılcal, lateral ve ana boru çapları, kullanılacak otomatik kontrol ünitesi, solenoid vanalar, su deposu kapasitesi ve pompa özelliklerinin doğru olarak belirlenmesinin sistemin ilk yatırım masrafları açısından önemli olduğu vurgulanmıştır.

Anahtar kelimeler: Rekreasyon alanı, sulama sistemi, pop-up sulama, infiltrasyon hızı

2008, 80 sayfa

ABSTRACT

MSc Thesis

THE DESIGN and APPLICATION PROBLEMS and SOLUTION SUGGESTIONS of RECREATIONAL AREA IRRIGATION PROJECTS

Hüseyin İŞBİLİR

Namık Kemal University

Graduate School of Natural and Applied Science

Main Science Division of Agricultural Construction and Irrigation

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Tolga ERDEM

This study has been carried out to investigate the irrigation systems in 3 recreational areas with different sizes in Istanbul, differences between the applied projects and redesigned projects analyzed, problems arising during design and application and solution suggestions indicated. Furthermore, stages during the design of recreational area irrigation projects that should be followed and necessary technical knowledge explained in detail.

As a result of this study, required uniform green landscape and optimum usage of the water resources, landscape architect and irrigation engineer should work in coordination. Acquisition of preliminary project design factors such as amount of water plants consuming and that is going to be applied to the landscape, irrigation duration and time is important for the success of the project. In addition to that, for the irrigation uniformity, appropriate sprinkler must be selected and for that infiltration rate of soil must have measured beforehand. Besides, proper determination of operation units that are going to be constructed in the irrigation field, capillary, lateral and main pipe diameter, automatic control units, solenoid valves, water reservoir capacity and water pump capacity is important for the first investment costs.

Key words: Recreational areas, irrigation systems, pop-up irrigation, infiltration rate

2008, 80 pages

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Dünya nüfusunun artmasıyla birlikte şehir içerisinde yoğun şekildeki yapılaşma, yeşil alanların azalmasına neden olmaya başlamıştır. Bununla birlikte, şehir yaşamının stresiyle yeşile daha fazla özlem duyan insanlar bu ihtiyacı giderebilmek için her gün daha fazla ve kaliteli yeşil alanlar yaratmanın yollarını aramaktadırlar. Oluşturulan yeşil alanların her zaman yeşil kalabilmesinde en önemli rollerden biri de sulamaya düşmektedir

Son yıllarda suyun günden güne azalması sulama maliyetini arttırmıştır. Bu artış sonrasında, sulama uygulamalarının daha hassas yapılması zorunlu hale gelmeye başlamıştır.. Sulamadan beklenen faydanın sağlanabilmesi ise ancak iyi bir planlama ve iyi bir projelendirme, iyi bir uygulama ve iyi bir işletme ile olasıdır. Bu üç aşamanın herhangi birinde yapılacak hatalar sulamanın düzgün yapılamamasına neden olacaktır. Bu da suyun ekonomik biçimde kullanılmamasına neden olacağı için hem maddi, hem de ülke kaynaklarının optimum kullanılmamasına yol açacaktır. Öte yandan, ülkemizin de su zengini bir ülke olmadığı artık bir gerçektir. Bu nedenle, sulama uygulamalarının optimum gerçekleştirilebilmesi için, sulama projelerinin en ekonomik ve tekniğine uygun biçimde tasarlanması zorunludur.

Bu bağlamda, bir damla suyun, bir damla petrolden daha önemli olduğu bir ülkede yaşamak istemiyorsak, sulama suyunun en optimum biçimde kullanılmasını sağlamak en önemli görevlerimizden biri olmalıdır.

Bu çalışmada, uzman olmayan kişiler tarafından hazırlanan tekniğine uygun olmayan sulama projeleri ile tekniğine uygun olarak hazırlanmış sulama projeleri karşılaştırılmış, tasarım ile uygulama aşamasında ortaya çıkan sorunlar ve çözüm yolları irdelenmiştir. Ayrıca, elde edilen sonuçların, özellikle yeşil alan tesis eden belediyeler ve diğer özel kuruluşlara yararlı olacağı düşünülmektedir.

Bana bu konuda araştırma imkânı sağlayan sayın hocam Doç. Dr. Tolga ERDEM'e, bu günlere gelmemde emekleri olan manevi babam Hasan KESKİN'e, eniştem Muzaffer AĞCET'e ve ablam Satı AĞCET'e, eğitimimle birlikte bana çalışma imkânı sağlayan sayın genel müdürüm Altan TOLAN'a sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Hüseyin İŞBİLİR

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
1.GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	4
3.MATERYAL ve METOT.....	11
3.1. Materyal.....	11
3.1.1. Araştırma alanı.....	11
3.1.2. Araştırma alanlarının iklim özellikleri.....	11
3.1.3. Araştırma alanlarının topografya ve toprak özellikleri.....	11
3.1.4. Araştırma alanlarının su kaynağı özellikleri.....	13
3.1.5. Araştırma alanlarının mevcut sulama sistemi projeleri.....	13
3.1.6. Kullanılan bilgisayar paket programları.....	19
3.2. Metod.....	21
3.2.1. Toprak ve su örneklerinin analizi.....	22
3.2.2. Toprağın su alma hızı ölçümleri.....	23
3.2.3. Bitki su tüketiminin belirlenmesi.....	23
3.2.4. Uygulanacak sulama suyu miktarı, sulama aralığı ve sulama süresinin belirlenmesi.....	26
3.2.5. Sulama projesinin tasarım aşamaları.....	28
3.2.5.1. Uygun yağmurlama başlığının seçimi.....	28
3.2.5.2. İşletme birimlerinin oluşturulması.....	28
3.2.5.3. Lateral boru çapının belirlenmesi.....	29
3.2.5.4. Ana boru çapının ve pompa biriminin belirlenmesi.....	30
3.2.5.5. Kontrol biriminin oluşturulması.....	31
3.2.6. Mevcut ve tasarlanan sulama sistem unsurlarının karşılaştırılması.....	32
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	33
4.1. Toprak ve Su Örnekleri Analiz Sonuçları.....	33
4.2. Toprağın Su Alma Hızı Sonuçları.....	33

4.3. Bitki Su Tüketimi Sonuçları.....	34
4.4. Sulama Sisteminin Tasarımı.....	35
4.4.1. Uygulanacak sulama suyu miktarı ve sulama aralığına ilişkin sonuçlar.....	35
4.4.2. Uygun yağmurlama başlığının seçimine ilişkin sonuçlar.....	35
4.4.3. İşletme birimlerine ilişkin sonuçlar.....	37
4.4.4. Lateral boru çaplarına ilişkin sonuçlar.....	38
4.4.5. Ana boru çapına ve pompa birimine ilişkin sonuçlar.....	48
4.4.6. Kontrol birimine ilişkin sonuçlar.....	50
4.4.7. Yeniden tasarlanan sulama sistemi projeleri.....	50
4.5. Mevcut ve Tasarlanan Sulama Sistem Unsurlarının İlk Yatırım Maliyetleri.....	59
4.6. Mevcut ve Tasarlanan Sulama Sistemi Unsurlarının Karşılaştırılması.....	62
4.6.1. A proje alanı.....	62
4.6.2. B proje alanı.....	64
4.6.3 C proje alanı.....	66
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	68
6. KAYNAKLAR.....	71
EKLER.....	73
ÖZGEÇMİŞ.....	80

SİMGELER DİZİNİ

atm : atmosfer

bar : bar

cm : santimetre

cm³ : santimetre küp

CU: Christiansen eş su dağılım katsayısı

g : gram

h : saat

HDPE : high density Poli Etilen, yüksek yoğunlukta Poli Etilen

kg : kilogram

kPa : kilopaskal

LDPE : low density Poli Etilen,düşük yoğunlukta Poli Etilen

MJ : megajoule

m : metre

mm : milimetre

mm² : milimetre kare

m² : metre kare

mm³ : metre küp

PE : poli etilen

s : saniye

% :yüzde

⁰ : derece

⁰C : santigrad derece

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. A Alanı mevcut sulama sistemi projesi.....	14
Şekil 3.2. B Alanı 1. kısım mevcut sulama sistemi projesi.....	16
Şekil 3.3. B Alanı 2. kısım mevcut sulama sistemi projesi.....	17
Şekil 3.4. C Alanı mevcut sulama sistemi projesi.....	20
Şekil 3.5. Arazi koşullarında bozulmamış toprak örneklerinin alınışı.....	22
Şekil 3.6. Toprağın su alma hızı ölçümleri.....	23
Şekil 4.1. A alanı için yeniden tasarlanan sulama sistemi projesi.....	51
Şekil 4.2. B alanı 1.kısım için yeniden tasarlanan sulama sistemi projesi.....	54
Şekil 4.3. B alanı 2.kısım için yeniden tasarlanan sulama sistemi projesi.....	55
Şekil 4.4. C alanı için yeniden tasarlanan sulama sistemi projesi.....	57

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. İstanbul (Kartal) ili bazı iklim elemanlarının uzun yıllar aylık ortalama değerleri (1975-2004).....	12
Çizelge 3.2. A alanına ait mevcut sulama projesinde kullanılan malzemeler ve özellikleri....	15
Çizelge 3.3. B alanına ait mevcut sulama projesinde kullanılan malzemeler ve özellikleri....	18
Çizelge 3.4. C alanına ait mevcut sulama projesinde kullanılan malzemeler ve özellikleri....	22
Çizelge 4.1. Araştırma alanı topraklarının bazı fiziksel özellikleri.....	33
Çizelge 4.2. Çim bitkisinin Penman-Monteith yöntemine göre hesaplanmış bitki su tüketimi ve sulama suyu ihtiyacı değerleri.....	34
Çizelge 4.3. Uygulanacak sulama suyu miktarı ve sulama aralığına ilişkin sonuçlar.....	35
Çizelge 4.4. Araştırma alanlarında kullanılan yağmurlama başlıklarına ilişkin özellikler.....	36
Çizelge 4.5. Sulama süresi ve işletim birimlerine ilişkin sonuçlar.....	38
Çizelge 4.6. A sulama alanı için lateral boru çaplarına ilişkin sonuçlar.....	39
Çizelge 4.7. B sulama alanı için lateral boru çaplarına ilişkin sonuçlar.....	41
Çizelge 4.8. C sulama alanı için lateral boru çaplarına ilişkin sonuçlar.....	44
Çizelge 4.9. Ana boru çapı ve pompa birimine ilişkin sonuçlar.....	49
Çizelge 4.10. A alanı için yeniden tasarlanan sulama sistemi projesinde kullanılan malzemeler ve özellikleri.....	52
Çizelge 4.11. B alanı için yeniden tasarlanan sulama sistemi projesinde kullanılan malzemeler ve özellikleri.....	56
Çizelge 4.12. C alanı için yeniden tasarlanan sulama sistemi projesinde kullanılan malzemeler ve özellikleri.....	58
Çizelge 4.13. Mevcut A projesi ilk yatırım maliyetleri toplamı.....	59
Çizelge 4.14. Mevcut B projesi ilk yatırım maliyetleri toplamı.....	60
Çizelge 4.15. Mevcut C projesi ilk yatırım maliyetleri toplamı.....	60
Çizelge 4.16. Yeniden tasarlanan A projesi ilk yatırım maliyetleri toplamı.....	61
Çizelge 4.17. Yeniden tasarlanan B projesi ilk yatırım maliyetleri toplamı.....	61
Çizelge 4.18. Yeniden tasarlanan C projesi ilk yatırım maliyetleri toplamı.....	62

1.GİRİŞ

Ülkemizdeki hızlı nüfus artışı sonucu kentlerin hızla gelişmesi ve yoğun yapılaşma, kentsel yeşil alanların ve özellikle yüzey etkisi oluşturan çim alanların önemini bir kat daha arttırmıştır. Özellikle, yapı teknolojisindeki gelişmeler sonucu yoğun ve yüksek yapılar arasındaki boşlukların çim alanı olarak düzenlenmesi önem kazanmış, teknoloji ürünü betonun sert ve soğuk görünümünün zayıflatılması ve yapıların çevre ekolojisinin insan yaşamı yönünden iyileştirilmesi kaçınılmaz olmuştur (Uzun 1992).

Sulama uygulamaları, yeşil alanlarda (rekreasyon alanları) temel alt yapı sistemleri olarak büyük önem taşımaktadır. Büyük veya küçük ölçekli tüm peyzaj alanlarında ana materyalin bitki olduğu ve bu bitkilerinde yaşamsal faaliyetlerine devam edebilmeleri için de sulama uygulamalarının kaçınılmaz olduğu bilinmektedir. Bu nedenle, bitkinin ihtiyaç duyduğu suyun uygun sulama sistemi ile istenilen miktarda ve aralıkta verilmesi gerekmektedir (Altunkasa 2002).

Rekreasyon sulama projeleri; genellikle küçük villa ve ev bahçeleri, geniş site yeşil alanları, futbol ile golf sahaları, park ve bahçeler gibi şehir içi yaşamda ön plana çıkan birçok yeşil alan için kaçınılmaz hale gelmektedir. Rekreasyon alanlarına yapılacak sulama sistemleri ile doğal peyzaj örtüsünü bozmayacak kullanılabilir ve estetik çözümler sağlanabilecektir.

Günümüze kadar sulama tasarımcılarının amacı, peyzaj alanlarının yeşil kalmasını sağlamak ve daha düşük maliyetlerle sistemleri üretmektir. Bu nedenle, rekreasyon alanlarını kullanan kişilerin temel hedefi, yeşil dokunun ve estetiğin korunması olmuştur. Fakat günümüzde, su kullanımındaki artış ve enerji tüketim harcamalarının toplam bakım masrafları içerisindeki yoğunluğunun artması, bir çok sulama suyu kullanıcılarını su yönetimi konusunda çok daha fazla düşünmeye yöneltmiştir. Rekreasyon alanlarında su yönetiminin yeni hedefi, yeşil dokunun estetik yapısını korurken, yıllık sulama suyu kullanımını ve enerji tüketimini minimize etmektir (Smith 1997).

Rekreasyon alanlarında sulama uygulamaları dikkate alındığında, genellikle kritik bitki olarak çim esas alınmaktadır. Park, bahçe, refüj, gibi alanların % 50 ile % 95' ini oluşturan çim bitkisinin bakımında oldukça dikkatli önlemler alınmalıdır. Çim alanlar, yağışın yeterli ve eş dağılımlı olduğu nemli bölgelerde, nispeten kurak geçen dönemlerde çim rengini muhafaza etmek amacıyla destekleyici nitelikte sulanmaktadır. Kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde ise, tüm sezon boyunca sık aralıklarla ve her defasında az miktarda su uygulayarak sulama yapma zorunluluğu vardır. Diğer tarımsal bitkilere nazaran çim

alanlarının sulanması daha karmaşıktır. Bunun nedenleri olarak; çim alanları içerisinde değişik kök derinliğine ve farklı su ihtiyacına sahip ağaç, çalı, yer örtücü bitkiler, çiçekler gibi bitkilerin bulunması, farklı çim türü ve çeşitlerinin kullanılması, alan içerisinde toprak özelliklerinin farklılık göstermesi, genellikle eğimli ve dalgalı arazinin söz konusu olması ve alan içerisinde sulanmayacak bölgelerin bulunması sayılabilir. Tüm bu unsurlar, yeterli düzeyde eş su dağılımı sağlamak için farklı biçimde işletilen alt birimlerin oluşturulmasını zorunlu kılmaktadır (Yıldırım 1994).

Rekreasyon alanlarının sulanmasında basınçlı sulama yöntemleri kullanılmaktadır. Çim bitkisi için ideal sulama yöntemi yağmurlama sulama yöntemidir. Yağmurlama sulama sisteminde gerekli olan sulama suyu, yüksek basınçlı borular ile iletiğinden su kayıpları en az düzeyde ve suyun alan içerisinde üniform dağılımı en üst düzeydedir. Rekreasyon alanlarında kullanılan yağmurlama başlıkları sulama sırasında basınç ile yükselecek şekilde toprağın üst yüzeyi ile aynı seviyede olacak şekilde yerleştirilirler. Ayrıca, rekreasyon alanlarında kullanılan yağmurlama sulama sistemleri pop-up sulama sistemleri, kullanılan yağmurlama başlıkları ise pop-up sulama başlıkları adı ile anılmaktadırlar. Pop-up sulama başlıkları; rotor adı verilen 360⁰ ye kadar dönebilen tipte olabileceği gibi, değişik yatay açılarda suyu püskürten sprej adı verine başlıklar şeklinde olabilir. Sprej başlıklar; rotor başlıklara göre, daha küçük ıslatma yarıçapına sahip ve daha düşük işletme basınçlarında çalışmaktadırlar. Bunun yanı sıra, sprej başlıklarının ıslatma çapından daha küçük çim alanları ile ağaç, çiçek ve diğer bitkilerin yoğun olarak yer aldığı rekreasyon alanlarında ise sulama sistemi olarak damla sulama tercih edilmektedir. Bu başlıklarının hangisinin kullanılacağına seçimi bitki özelliklerinin yanı sıra toprak özelliklerine bağlıdır. Bu başlıkların kullanılan tertip aralığı ve tertip biçimine göre saatte verdikleri su miktarına yağmurlama hızı denir. Yağmurlama hızının toprağın su alma hızından büyük olmaması gerekmektedir (Seçkin 2003).

Yukarıda açıklanan bilgiler ışığında, günümüzde büyük masraflar harcanarak oluşturulan rekreasyon alanlarının ve özellikle bu alanlarda sulama çalışmalarının kaçınılmaz olduğu görülmektedir. Öte yandan, küresel ısınma süreci ile birlikte su kaynaklarının azalması, su kullanıcıları arasında bir rekabet ortamı yaratmaya başlamıştır. Bu süreç, kentsel yerleşim yerlerindeki peyzaj alanlarına olan talebin artması ve belediyelerin bu hizmetlere yönelmesi ile “rekreasyon sulaması” adı altında yeni bir iş sektörünün doğmasına ve sınırlı su kaynaklarının ekonomik kullanımı anlayışının ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu sektörün son yıllardaki hızlı gelişimi, birçok alanda faaliyet gösteren firmaların ve kişilerin ilgisini çekmeye başlamıştır. Bu hızlı gelişim ile konunun uzmanı olmayan kişilerin rekreasyon alanı

sulama projelerini hazırlamaları ve uygulamaları sonucu, rekreasyon alanı sulama sistemlerinde başarısızlıklar ortaya çıkmaya başlamıştır. Bu başarısızlık, hem ekonomik yönden kayıpları hem de mevcut su kaynaklarının optimum kullanımına yönelik bir takım sorunları beraberinde getirmiştir. Oysaki bir sulama uygulamasının başarısı; işletmeyi içerisine alan mühendislik çalışmaları ile toprak-bitki-atmosfer ve su ilişkilerinin analizine takiben, iyi bir planlama, projeleme ve uygulamaya bağlıdır.

Bu çalışmada, ülkemizin en büyük yerleşim yeri olan İstanbul bölgesinde 3 farklı büyüklükteki rekreasyon alanı için yapılmış sulama projeleri ele alınarak, mevcut projeler ile yeniden tasarlanan projeler arasındaki farklar ortaya konulmuş, tasarım ve uygulama aşamalarında ortaya çıkan sorunlar ve çözüm önerileri belirlenmiştir. Araştırmada, ayrıca, rekreasyon alanı sulama projelerinin hazırlanmasında izlenmesi gereken aşamalar ile gerekli olan teknik bilgiler detaylı şekilde açıklanmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI

Rekreasyon alanı sulama projesi tasarımcısının projeyi hazırlamaya başlamadan önce, toprak-bitki-iklim-su özelliklerini içerisinde alan aşağıdaki üç temel parametreyi dikkate alması gerekmektedir. Bunlar,

- a) Uygulanacak sulama suyu hangi hızla toprağa verilmelidir? Bu sorunun yanıtı, toprağın su alma hızının belirlenmesi ile mümkündür.
- b) Uygulanacak sulama suyu miktarı ne kadardır? Bu sorunun yanıtı için, alanda yetiştirilen bitkilerin su tüketimi değerlerinin belirlenmesi gerekmektedir.
- c) Uygulanacak sulama suyu hangi aralıklarda yapılmalıdır? Bu sorunun yanıtı için, toprağın tarla kapasitesi, solma noktası ve hacim ağırlığı ile bitkinin etkili kök derinliği özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir (Seçkin 2003).

Toprağın su alma hızı (infiltrasyon hızı) değeri, sulama yöntemlerinin projelendirilmesinde en önemli toprak özelliklerinden birisidir. Özellikle, rekreasyon alanlarının sulanmasında yaygın olarak kullanılan yağmurlama sulama yönteminde başlık debisi ve tertip aralığını, damla sulama yönteminde ise damlatıcı aralığı ve tertip aralığının, ayrıca tüm sulama yöntemlerinde sulama süresini saptayıcı özelliğe sahiptir. Tüm tarım alanlarında olduğu gibi rekreasyon alanları sulama projesi hazırlanırken çift silindir infiltrometre aracı ile toprağın su alma hızının mm/h olarak belirlenmesi projenin başarısı açısından önemlidir (Güngör ve Yıldırım, 1989).

Peyzaj çalışmalarında yüzey sulama yöntemleri uygulama alanı bulamamıştır. Buna karşılık basınçlı sulama yöntemleri, özellikle yağmurlama sulama oldukça geniş bir uygulama alanı bulmuştur. Basınçlı sulama yöntemlerinde özellikle boru sistemlerinin sulama randımanını artırması rekreasyon alanlarında kullanılmasının ana sebeplerindedir. Ayrıca, basınçlı sulama yöntemlerinde kullanılan ekipman dayanıklı, işletme ve bakım masrafları az, su kontrolü daha kolaydır. Bu gibi fonksiyonel faydaların yanında basınçlı sulama yöntemlerinde sistemin estetik sorunlara neden olmaması, istendiğinde toprak altına gömülerek kullanılan sabit sistemlerin tamamen görüş alanı dışına çıkması en önemli avantajlarından birisidir (Özden 1993, Haroğlu 2000).

Rekreasyon alanlarında kullanılacak yağmurlama sulama başlığının yağmurlama hızı, toprağın su alma hızından küçük olmalıdır. Aksi durumda, yüzey akışı meydana gelmektedir. Özellikle, eğimli veya dalgalı arazilerdeki çim alanlarında, uygun yağmurlama hızı elde edilememesi koşulunda, yüzey akışı ile oluşan su kayıpları yüksek olabilmektedir (Yıldırım 1994).

Bitkilerin su tüketimi uygulamada ya doğrudan ölçülmekte ya da iklim verilerinden yararlanarak tahmin edilmektedir. Doğrudan ölçme yöntemleri daha sağlıklı sonuç vermesine karşın hem oldukça pahalı hem de zaman alıcıdır. Bu nedenle, bitki su tüketiminin doğrudan ölçülmesi ancak iklim verilerinden tahmin eşitliklerinin kalibrasyonu ve yöresel bitki katsayılarının bulunması amacı ile yapılmaktadır. Dolayısıyla, uygulamada bitki su tüketimi değerleri yaygın olarak, iklim verilerine dayalı tahmin eşitlikleri kullanılarak hesaplanan referans bitki su tüketimi değerinin, bitki katsayıları ile çarpımı ile elde edilmektedir (Güngör ve ark., 1996). Bu nedenle rekreasyon alanı sulama tasarımcıları, sulama alanının bulunduğu bölgenin uzun yıllar iklim özelliklerini kullanarak, referans bitki su tüketimi değerlerini bitki katsayısı değerleri ile düzelterip, önemli bir projelendirme kriteri olan bitki su tüketimi değerini sağlıklı olarak elde edebilirler.

Emekli ve Baştuğ (2007), Antalya koşullarında yürüttükleri araştırmada, farklı düzeyde uygulanan sulama suyunun Bermuda çiminin su tüketimine etkisi ve su tüketiminin tahmini için kıyas bitki su tüketimi hesaplanmasında kullanılan bazı ampirik eşitliklerin geçerliliğinin belirlenmesini amaçlamışlardır. Araştırma sonucunda, Bermuda çiminin ortalama günlük su tüketimi değerlerinin uygulanan sulama suyuna bağlı olarak, 2.82 mm ile 9.80 mm arasında değiştiğini ve referans bitki su tüketimi eşitliklerinin kullanılması durumunda en iyi tahmin eşitliklerinin sırasıyla FAO radyasyon, Orijinal Penman ve Penman-Monteith eşitliklerinin olduğu sonuçlarına ulaşılmıştır.

Melby (1995), çimin ortalama olarak su ihtiyacının 5.4 ile 7.3 mm/gün, yerörtücüleri için 1.9 – 3.6 mm/gün, çalılar ve ağaç tipleri için ise 3.6 -5.4 mm/gün arasında değiştiğini açıklamıştır.

Çimin bitkisinin bitki katsayısı değerlerini; yetiştirildiği iklim koşulları, bitki özellikleri, yetişme devresi uzunluğu gibi çok değişik faktörler etkilemesine karşın, daha önce yürütülen araştırmalarda, bitki su tüketiminin en fazla olduğu aylarda bitki katsayısı değerinin 1.00 ile 1.20 arasında değiştiği belirtilmektedir (Doorenbos ve Pruitt 1977, Yıldırım 1994, Şahinler 1997, Barrett ve ark., 2003).

Peyzaj mimarlığında çim alanların önemi büyüktür. Birçok peyzaj alanında çim alanlar genel alanın yaklaşık 1/5 ile 4/5' ini kapsamaktadırlar. Bu nedenle, çim alanların istendiği gibi sağlıklı olması çok önemlidir. Rekreasyon alanlarında çim sulamasını etkileyen iki önemli faktör, kullanılan yağmurlama başlığının tipi ve verilecek sulama suyu miktarıdır. Özellikle, çim alanlar için istenen homojen sulama için yağmurlama başlıkları test edilmesi gereklidir (Haroğlu 2000).

Ülkemiz iklim koşullarında, rekreasyon alanlarında sulama uygulamaları Mart-Nisan aylarında başlayıp, Ekim ayı içerisinde tamamlanabilir. Sıcak yaz aylarında sulama zamanı ve uygulanacak sulama suyu miktarının dikkatlice belirlenmesi gerekmektedir. Özellikle, sıcak günlerde, buharlaşma kayıplarını ve bitki hastalıklarını azaltmak için sulama suyu uygulamalarının serin saatlerde yapılması önemlidir. Çim alanlarında sulama toprak yüzeyinin 2-3 cm derinliğine kadar nemini kaybettiği zaman yapılmalıdır. Ayrıca, uygulanacak sulama suyunun, çimin etkili bitki kök derinliği olarak alınabilecek 15 -30 cm derinliğine kadar ulaşması gerekmektedir. Bunu yanısıra, hatalı sulama suyu uygulamaları çim bitkisinin kök gelişimini ve dolayısıyla çim dayanımını olumsuz şekilde etkilemektedir. Çim bitkisinin ilk susuzluk belirtileri yapraklarının canlılığını kaybetmesiyle başlamaktadır. Kuraklığın sürmesi durumunda yaprak rengi değişerek parlak yeşilden mat gri-yeşile doğru, daha ileriki dönemlerde ise sarıya ve kahverengiye dönmektedir (Yazgan ve ark., 2003).

Seçkin (2003), rekreasyon alanı sulama projesinin tasarım aşamasında, kişisel deneyim, üretici firma, malzeme mevcudu ve kullanıcının istek ve eğiliminin önemli olduğunun altını çizmektedir. Bu nedenle, sulama tasarımcısının yukarıda belirtilen özelliklere, projelendirme kriterlerini de ekleyerek değerlendirme yapma zorunluluğu bulunmaktadır. Ayrıca, sulama tasarımcısı ile peyzaj tasarımcısının uyum içerisinde çalışması gerektiği belirtilmiştir.

Yağmurlama sulama yönteminin avantajları olarak, dik eğimli arazilerde sulama yapılabilmesi, su kullanma randımanının yüksek olması, drenaj sorunu yaratmaması, erozyon tehlikesinin az oluşu, yağmurlama sulama için özel bir eğitime gerek olmayışı, az ve homojen su uygulanabilmesi, daha fazla arazi işlenebilmesi, sulama suyu ile gübreleme yapılabilmesi, bitkilerin don ve sıcaklıktan korunabilmesi, toprak hazırlamada kolaylık sağlanması, yüzlek topraklarda sulama yapılabilmesi, toprakta sürekli tuz yıkanmasının sağlanması şeklinde sıralanabilir. Yağmurlama sulama yöntemlerinin dezavantajları olarak ise, yağmurlama sisteminin ilk tesis ve işletim masraflarının yüksek olması, sürekli sulama suyuna gereksiniminin olması, rüzgârın su dağılımına olumsuz etki yapması, gündüz yapılan sulamalarda buharlaşmanın fazla oluşu, bitkilerin tozlanmasında zararlı etkileri olması, sistemin arazide yer değiştirme zorluğu ve ilk yatırım masraflarının fazla oluşu sayılabilir (Güngör ve Yıldırım 1989, Burt ve ark. 2000, Yıldırım 2003).

Çim ve yer örtücü gibi bitkisel peyzaj elemanları ile kaplı alanların sulanmasında kullanılan yağmurlama sistemleri; i) püskürtücü (sprey) başlıklı sistemler ve ii) döner (rotor) başlıklı sistemler olmak üzere iki ana tip altında sınıflandırılabilir (Smith 1997).

Püskürtücü (sprey) başlıklı sistemlerin çok yönlülüğü, bu sistemlerin her tip alanda yoğun bir şekilde kullanılma nedeninin en belirgin açıklamasıdır. İlk yatırım masraflarının yüksek olmasına karşın, işçilik tasarrufu, estetik görünüm ve otomasyona uygunluk nedenleriyle en çok kullanılan rekreasyon başlıklarındandır. Sprey başlıklar, rotor başlıklara göre daha küçük ıslatma yarıçapına sahip (1 – 5 m), çalışma basıncı daha düşük, ıslatma açıları ve rüzgardan daha fazla etkilenme özelliklerine sahiptir (Smith 1997).

Rekreasyon alanı sulama projesinde tek başına döner başlık (rotor) veya püskürtücü başlık (sprey) kullanmak yerine, bu başlıkların değişik kombinasyonlarının kullanılması daha avantajlı olabilir. Bunun yanı sıra, sprey başlıklar küçük ve düzensiz alanlar için uygundur ve ilk yatırım masrafları daha fazladır. Öte yandan, rotor tipi başlıklar özellikle futbol ve golf alanları gibi geniş alanlarda tercih edilir ve ilk yatırım masrafları daha azdır (Smith 1997).

Uygun yağmurlama başlığının seçimi yapılırken, değişik başlık tiplerinin farklı ıslatma çaplarına ve ideal çalışma basınçlarına sahip olduğu dikkate alınmalıdır. Çok yüksek ve düşük basınç altında uygun üniform su dağıtımı elde edilmemektedir. Ayrıca, işletme basıncının yanı sıra, sulama alanına uygun yağmurlama başlığının tipi ve büyüklüğü saptanırken, sulama alanının büyüklüğü ve şekli, mevcut su kaynağının debisi, toprağın su alma hızı, başlığın yağmurlama hızı, alandaki bitki türleri gibi faktörler göz önünde bulundurulmalıdır. Bunun yanı sıra, birim alanda ilk yatırım maliyeti ve kullandığı su miktarı açısından, öncelikle büyük ıslatma çaplı yağmurlama başlıklarının tercih edilmesi gerekmektedir (Smith 1997).

Rekreasyon alanı sulama projelerinde uygun yağmurlama başlıkları seçildikten sonra, sulama alanı uygun sayıda işletme birimine ayrılmalıdır. İşletme birimleri oluştururken, başlıkların birbirlerine yakınlığı, başlıkların yağmurlama hızları, başlıkların işletme basınçları, başlık debisi, sistem debisi ile estetik görünüm dikkate alınmalıdır. Bununla beraber, aynı işletme biriminde sprej ve rotor yağmurlama başlıklarının birlikte kullanılmasından kaçınılmalıdır. Aksi takdirde, farklı yağmurlama hızları ile birlikte üniform olmayan bir su dağılımı ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, aynı işletme biriminde farklı çalışma açılı başlıklar kullanılma durumunda ise; tüm başlıklarının yağmurlama hızlarının birbirlerine yakın olması gerekmektedir (Seçkin 2003).

Yeterli bir su dağılımı, her yağmurlama sistemi için ön koşuldur. İyi bir sistem, bitkilerin gereksinimi olan su miktarını, oluşabilecek kayıpları içerisine alacak şekilde belirli bir randıman düzeyinde karşılayabilmelidir. Bu nedenle, başlıklar eldeki koşullara uygun olarak seçilmelidir. Fakat yağmurlama sulama yöntemiyle eş bir su dağılımı sağlamak elde etmek çok mümkün değildir. Bunun nedeni olarak, boru hatlarındaki yük kayıpları ve arazi eğiminden dolayı yağmurlama başlıklarının basınçlarının, dolayısı ile debilerinin değişmesi

gösterilebilir. Bu sorun, yağmurlama başlıklarının uygun aralıklarla yerleştirilmesi ve optimum işletme basıncı sınırlarında çalıştırılması ile azaltılabilir (Yıldırım 2005).

Rekreasyon alanlarının sulanmasında kullanılan diğer basınçlı sulama yöntemi ise damla sulama yöntemidir. Damla sulama yöntemi, rekreasyon alanlarında çim bitkilerinden daha çok çalı, ağaç ve diğer çiçeklerin sulanmasında kullanılır. Damla sulama sistemi alanda kurulan yağmurlama sisteminden ayrı bir sistem olarak planlanacağı gibi, yağmurlama sisteminin bir işletme birimi olarak da planlanabilir. Ancak, bu koşullarda damla sulama işletme birimi başlangıcına bir kontrol biriminin yerleştirilmesi gerekmektedir (Aşılıoğlu, 2005).

Rekreasyon alanı sulama sistemleri mekanik (manuel) veya otomatik olarak kontrol edilebilirler. Manuel olarak işletilen sistemlerde, sistemi çalıştıracak kişilerin dikkatsizliği nedeniyle bitkilere uygulanacak su miktarının üniform olarak dağılmaması en büyük dezavantaj olarak söylenebilir. Diğer yandan otomatik sistemler; özellikle, sulama işletmesindeki tam bağımsızlık, zaman bakımından serbestlik, sulama programında süreklilik, su sarfiyatında ve işçilik giderlerindeki tasarruf gibi mekanik kontrol sistemine göre büyük üstünlüklere sahiptir. Bu veriler ışığında, etkili bir sulama programı sürekliliği ve uygulanan sulama suyu kontrolü için otomatik kontrolün kullanımı temel bir gereklilik haline gelmektedir. (Seçkin 2003).

Çakmak (1990), Ankara – Çankaya İlçesindeki park ve bahçelerden Botanik Bahçesi, Seğmenler Parkı, Güvenpark ve Akdeniz Park'ını uygulanan sulama yöntemleri ve sulama sistemleri açısından incelemiş ve mevcut koşullar göz önüne alarak pop-up tipi yağmurlama başlıklarını kapsayan yağmurlama sulama sistemlerinin kurulmasını uygun bulmuştur. Araştırmada, seçilen yağmurlama sulama sistemlerini oluşturan unsurlar boyutlandırılmış, işletme planları hazırlanmış, maliyet hesaplanmış ve sonuçlar mevcut sulama uygulamalarıyla karşılaştırılmıştır. Sonuçta, mevcut durum ile birlikte % 54 -186 arasında değişen oranlarda fazla su uygulandığını, sulama zamanının belirli ölçütlere dayandırılmaksızın planlandığı bulunmuştur. Ayrıca, önerilen yağmurlama sulama sistemlerinde elle işletim ve otomatik işletim koşulları göz önüne alınarak 1989 yılı fiyatlarına göre sulanan birim alana düşen ilk tesis masrafları 4671500 – 12443800 TL/da, sulanan birim alana düşen yıllık toplam masraflar ise 2073567 – 6665180 TL/yıl/da olarak elde edilmiştir. Bu değerler, otomatik işletimde elle işleme oranla daha yüksek olmuştur. Fakat sulanan alan miktarı azaldıkça birim alana düşen tesis masrafları ve yıllık toplam masraflar artış göstermiştir.

Özden (1993), yürüttüğü araştırmada, bitki-su-toprak ve iklim ilişkileri, sulama yöntemleri ve ekipmanları ile uygun sulama yönteminin saptanması konularını incelemiş ve

rekreasyon alanlarının uygun sulama yöntemi ve sulama programının sağlanması aşamasında izlenmesi gereken projelendirme kriterleri üzerinde durmuş ve bu projelerden sağlıklı sonuçlar alınabilmesi için Peyzaj Mimarlığı ve Kültürteknik (Tarımsal Yapılar ve Sulama) meslek disiplinleri arasında koordinasyon sağlanması gerektiğini bildirmiştir. Ayrıca, aynı araştırmada Ankara’ da mevcut yeşil alan sulama uygulamaları incelenmiş ve bu uygulamaların çoğunda istenilen başarının sağlanamadığı belirtilmiştir.

Şahinler (1997), tarafından yürütülen araştırmada, Bursa Büyükşehir Belediyesi’ nce hazırlanan Soğanlı Kent Parkının peyzaj mimarlığına uygun sulama sisteminin projelendirilmesi amaçlanmıştır. Alanın, topografya, toprak, bitki, iklim ve su kaynağı koşulları dikkate alınarak yağmurlama (pop-up) yöntemi ile sulanmasının uygun olduğu belirlenmiştir. Park alanı içerisinde iki adet su depolama havuzundan alınacak suyun sisteme iki farklı pompa birimi ile verilmesi gerektiği hesaplanmıştır. Alanda su iletim hatlarının PVC borular ile, yağmurlama başlıklarının ise farklı ıslatma çaplarına sahip 9 tip farklı başlıktan oluşturulması öngörülmüştür. Ayrıca, sulama sisteminin otomasyon ile işletilmesi durumunda ilk yatırım masrafının yaklaşık 14.2 milyar TL olarak hesaplanmıştır.

Yıldırım (2003), peyzaj alanlarında oluşturulan vejetasyonun canlılığının sürdürülebilmesi için sulama sisteminin projelendirilmesi ve uygulama aşamasının önemli olduğunu vurgulamıştır. Bunun sonucunda, yüksek performansın ve eş bir su dağılımının elde edilebilmesi için sulama sisteminin projelendirilmesinde belirli ölçütlere uyulması ve bu kriterleri yerine getirecek kişilerin, konusunda uzman peyzaj mimarları ve sulama mühendislerinin olması gerektiğini belirtmiştir. Ayrıca, bu alanların sulama projesini hazırlayacak sulama mühendislerinin toprak-bitki-su ilişkilerini iyi bilen ve bunlar arasındaki kombinasyonu en iyi sağlayacak bilgi birikimine sahip olması gerektiği üzerinde durmuştur.

Aşlıoğlu (2005), peyzaj mimarlığı açısından rekreatif ve sportif amaçlı yeşil alanlarda sulamanın önemi ve sulama sistemleri adı altında yürüttüğü araştırmada, peyzaj proje çalışmalarında, oluşturulacak çim alanının ve kullanılacak süs bitkilerinin bakım gereksinimlerinin dikkatlice belirlenmesi gerektiğini ve bu gereksinimlerden en önemlisinin sulama olduğunu açıklamıştır. Ayrıca, günümüzde rekreasyon alanlarının sulanmasında otomatik sulama sistemlerinin ön plana çıktığı ve bu sistemlerin projelendirirken bitki-toprak-su ve iklim özelliklerinin dikkate alınması gerektiği belirtilmiştir.

Demirel (2005), yürüttüğü araştırmada, rekreasyon alanlarında kullanılan 13 adet yağmurlama başlığının (Sprey, rotor ve klasik yağmurlama başlığı) farklı basınç (minimum, optimum ve maksimum) ve farklı rüzgar hızı aralıklarında (0-3, 3-6, 6-9 m/s) su dağılım desenini belirlemiştir. Araştırma sonucunda, sprey yağmurlama başlıklarının, rotor

yağmurlama başlıklarına göre daha iyi bir eş su dağılımı yaptığı belirlenmiştir. İlk yatırım masrafları değerlendirildiğinde ise; rotor başlıkların spreylere göre daha geniş bir alanı suladıklarından dolayı ilk yatırım masraflarının daha düşük olduğu belirlenmiştir.

3. MATERYAL ve METOT

Bu bölümde araştırma alanında kullanılan materyal ile uygulanan yöntemler açıklanmıştır.

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma alanı

Araştırmada İstanbul – Anadolu yakasında bulunan farklı büyüklüklerdeki 3 adet rekreasyon alanı örnek olarak alınmıştır. A, B ve C simgeleri ile gösterilen alanlardan A alanı bir rekreasyon parkı, B ve C ise yerleşim yeri (site) rekreasyon alanı şeklindedir. Bu alanların toplam büyüklükleri sırasıyla 2162, 23148 ve 41550 m² dir. Bu alanların sulama projesi yapılan toplam yeşil alan büyüklükleri ise 1230, 8146 ve 16494 m² dir.

3.1.2. Araştırma alanlarının iklim özellikleri

Marmara Bölgesinde bulunan İstanbul ili – Anadolu Yakası 40⁰ 54' kuzey enlemi ve 29⁰ 11' doğu boylamı üzerindedir. Ortalama denizden yükseklik 28 m dir. Yıllık ortalama sıcaklık 14.9⁰C, ortalama güneşlenme süresi 6.0 h, ortalama bağıl nem %74, ortalama rüzgar hızı 1.4 m/s ve ortalama toplam yağış miktarı 638.4 mm dir. Ortalama ilk don tarihi 30 Kasım ve son don tarih ise 23 Mart' dır. Bazı iklim elemanlarının uzun yıllar aylık ortalama değerleri Çizelge 3.1' de verilmiştir.

3.1.3. Araştırma alanlarının topografya ve toprak özellikleri

Topografik yapı alanlarda farklılıklar göstermesine karşın sulama projelerinin hazırlandığı yeşil alanlarda eğimler oldukça düşüktür. Eğim değerleri ortalama % 1-2 kadardır.

Gözönüne alınan alanlarda toprak özellikleri önemli düzeyde farklılıklar göstermektedir. Yeşil alanların düzenlenmesi sırasında yapılan kazılar ve taşıma toprak serilmesi nedeniyle topraklar yer yer sığ, yer yer oldukça derindir.

Çizelge 3.1. İstanbul (Kartal) ili bazı iklim elemanlarının uzun yıllar aylık ortalama değerleri (1975-2004)*

İklim elemanları	Aylar												Yıllık ortalama
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Sıcaklık (⁰ C)	6.6	6.4	8.3	12.7	17.3	22.0	24.3	24.1	20.7	16.4	11.9	8.5	14.9
Minimum sıcaklık (⁰ C)	4.3	3.9	5.4	9.3	13.5	17.9	20.3	20.4	17.3	13.6	9.4	6.2	11.8
Maksimum sıcaklık (⁰ C)	9.3	9.6	12.0	16.9	21.8	26.8	29.3	29.0	25.3	20.2	15.0	11.0	18.9
Rüzgâr hızı (m/s)	1.5	1.5	1.4	1.3	1.4	1.4	1.6	1.6	1.4	1.3	1.3	1.6	1.4
Bağıl nem (%)	76	75	74	72	72	70	70	72	72	76	76	77	74
En düşük bağıl nem (%)	27	28	22	24	24	24	21	26	16	25	25	33	26
Güneşlenme süresi (h)	2.3	3.1	4.6	6.0	8.0	9.8	10.5	9.4	7.9	5.2	3.3	2.2	6.0
Yağış miktarı (mm)	76.9	62.0	58.1	52.2	30.7	27.4	24.4	26.0	38.0	63.3	81.8	97.6	638.4

* Veriler Devlet Meteoroloji İşleri Müdürlüğünden elde edilmiştir.

3.1.4. Araştırma alanlarının su kaynağı özellikleri

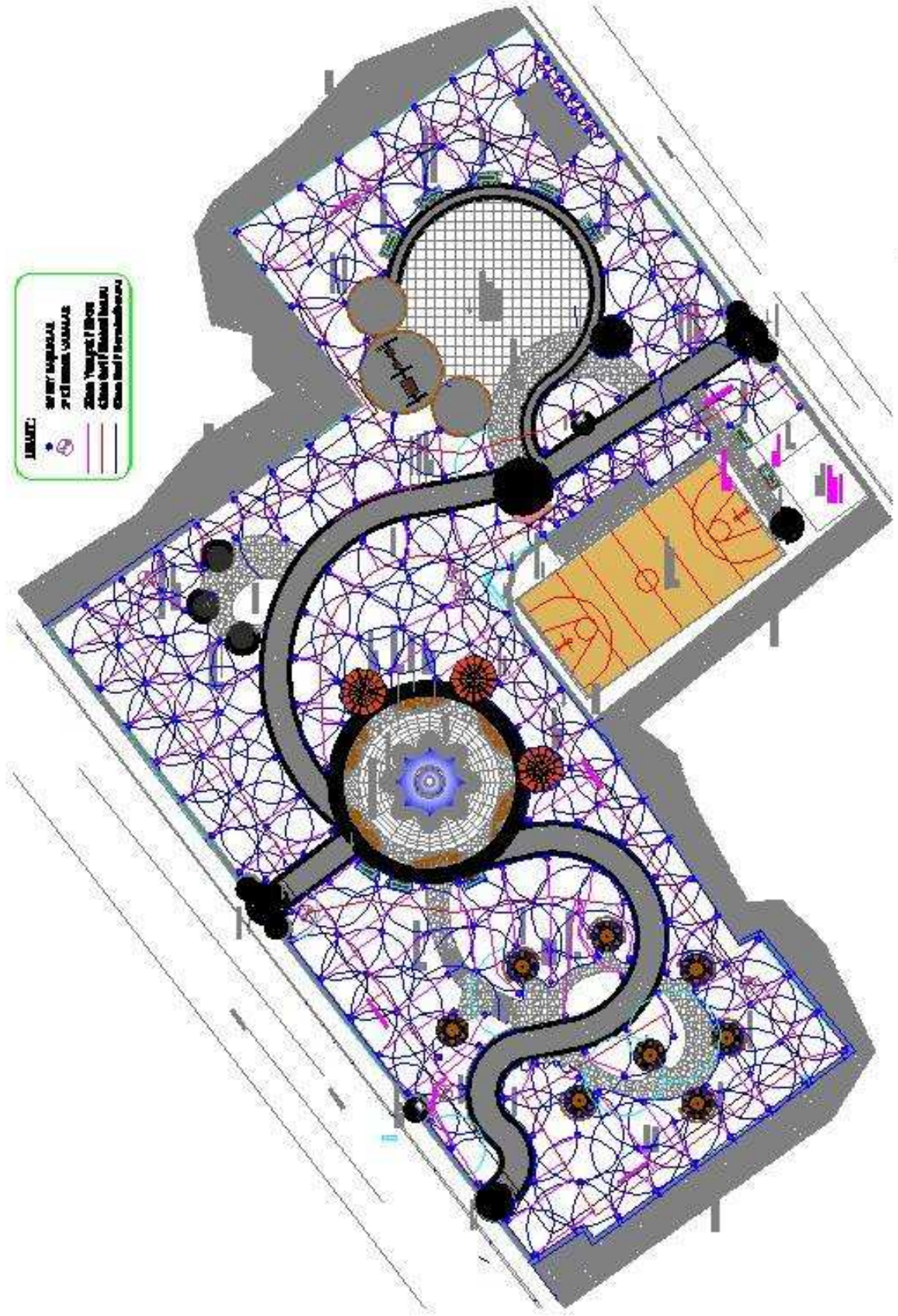
Ele alınan üç farklı rekreasyon projesinde de sulama suyu şehir içme ve kullanma suyu şebekesinden sağlanmıştır.

3.1.5. Araştırma alanlarının mevcut sulama sistemi projeleri

Araştırmada ele alınan üç rekreasyon alanı için hazırlanan sulama sistemi projeleri Şekil 3.1, 3.2, 3.3 ve 3.4' te, kullanılan ekipmanların listesi ise sırasıyla Çizelge 3.2, 3.3 ve 3.4' de verilmiştir. Ayrıca, mevcut sulama sistemlerinin projeleri ekte verilmiştir.

Şekil ve çizelgeler incelendiğinde; toplam 2162 m² olan A rekreasyon alanında sulama projesinin 1230 m² olduğu görülmektedir. Alanda sulama sistemi olarak, 50 m² alan için damla sulama sistemi projelenmesi gerekirken alan boş bırakılmıştır, geriye kalan alan için ise 233 adet sprej tipi yağmurlama sulama başlıkları kullanılmıştır. Alana, sulama suyu şehir şebekesinden alınmış olup, su kaynağının debisi 5 m³/h olacak şekilde planlanma yapılmış ve toplam 8 adet işletme birimi oluşturulmuştur. Ana ve lateral boru hatlarında 63 mm dış çaplı, 6 atmosfere dayanıklı sert PE borulardan, kılcal boru hatlarında ise 16 mm dış çaplı, 4 atmosfere dayanıklı yumuşak PE borular kullanılmıştır. Projelemeye göre, toplam 206 m ana boru hattı, 269 m lateral boru hattı ve 461 m kılcal boru hattına ihtiyaç duyulmuştur. Ayrıca, sulama sisteminin elle işletileceği ve pompa biriminde 50 m³ kapasiteli su deposundan 16 m³/h debiye ve 6.5 atm basınç sağlayabilecek hidroforlu sistem planlanmıştır.

B rekreasyon alanında ise toplam sulama projesinin gerçekleştirildiği alanın büyüklüğü 8146 m² dir. Alanda sulama sistemi olarak 925 adet sprej tipi yağmurlama sulama başlıkları kullanılmıştır. Alan büyük olduğundan iki alt alana bölünmüş ve ayrı ayrı olarak projelendirilmiştir. Her iki alanda da sulama suyu şehir şebekesinden alınmış olup, su kaynağının debisi 5 m³/h olacak şekilde planlanma yapılmış ve toplam 27 adet işletme birimi oluşturulmuştur. Ana boru hatlarında 63 mm dış çaplı, 10 atmosfere dayanıklı sert PE borular, lateral boru hatlarında ise 40 ile 50 mm dış çaplı 10 atmosfere dayanıklı sert PE borular kullanılmıştır. Projelemeye göre, toplam 329 m ana boru hattı ve 1586 m lateral boru hattına ihtiyaç duyulmuştur. Ayrıca, her iki alan için 200 m³ kapasitesinde iki depo planlanmış ve sisteme sulama suyu 15 m³/h debi ve 7 atm basınç sağlayabilecek hidrofor ile 12 ve 16 istasyon sayıları olan kontrol üniteleriyle verilmesi düşünülmüştür.

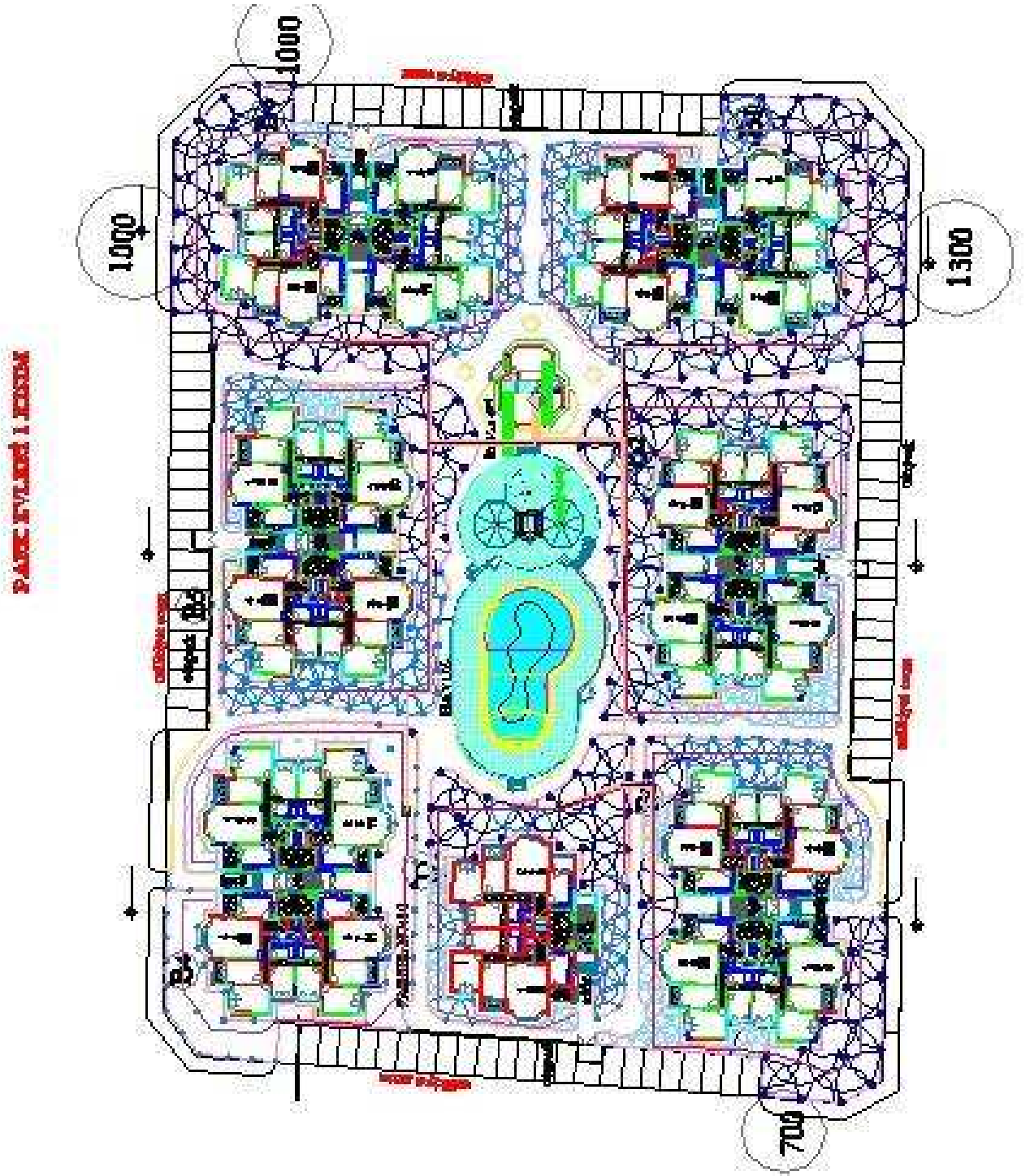


Şekil 3.1. A Alanı mevcut sulama sistemi projesi

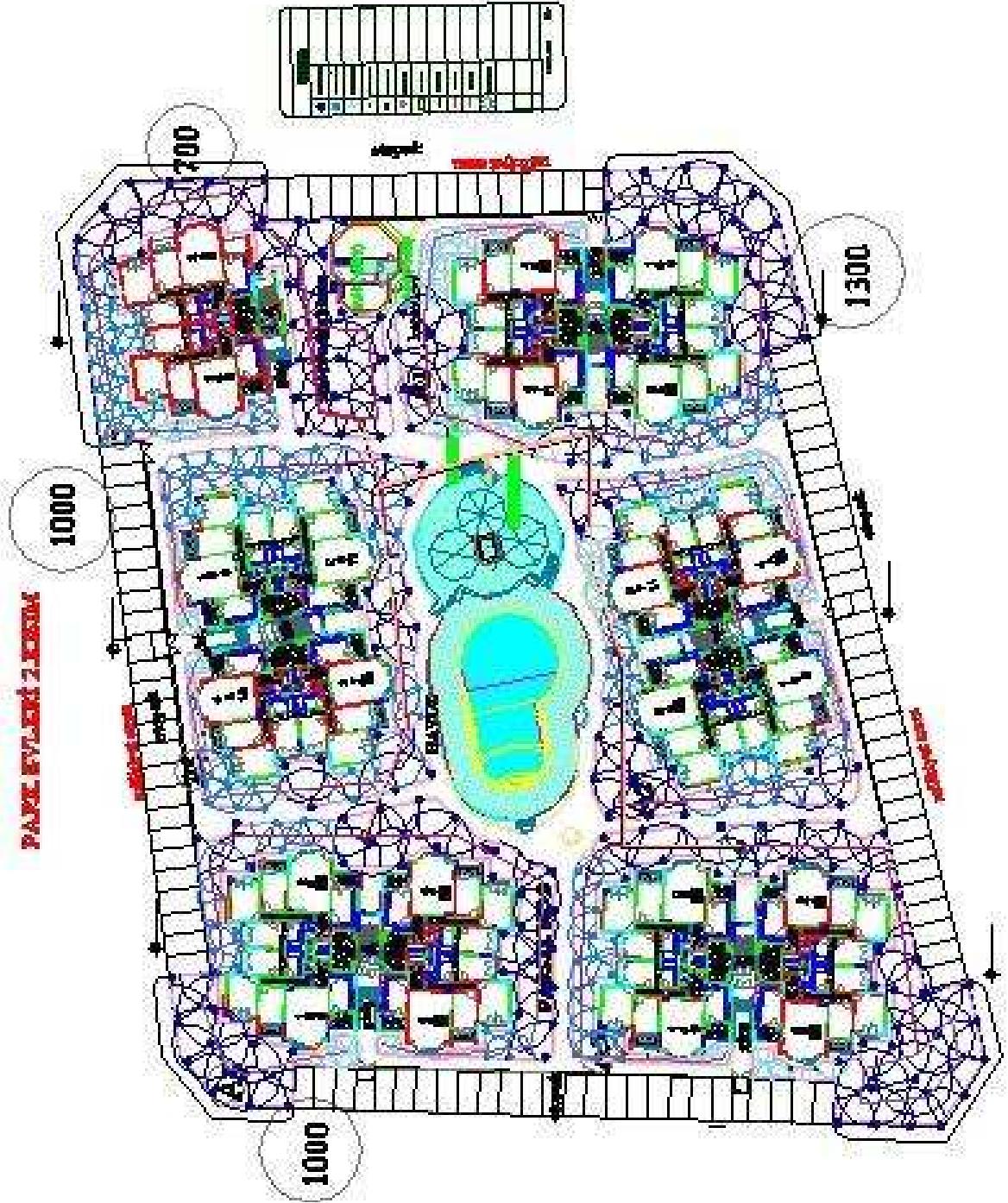
Çizelge 3.2. A alanına ait mevcut sulama projesinde kullanılan malzemeler ve özellikleri

Proje tipi		Park
Toplam proje alanı, m ²		2162
Sert zemin ve diğer alanlar, m ²		932
Yeşil alan, m ²	Damla	50
	Yağmurlama	1180
Su kaynağının cinsi		Şebeke
Su kaynağının debisi, m ³ /h		5.0
Kullanılan başlık sayıları, adet	Sprey	233
	Rotor	*
Damla sulama borusu çapı / damlatıcı aralığı / damlatıcı debisi		*
Toplam damla sulama borusu, m		*
Sistemdeki toplam işletme sayısı, adet	1" solenoid vana	*
	1½" solenoid vana	*
	2" solenoid vana	*
	Küresel vana	8
Kılcal boru çapı tipi	16 mm	LDPE32 PN4
Kılcal boru toplam uzunluğu, m	16 mm	461
Lateral boru çapı tipi	63 mm	HDPE100 PN6
Lateral boru toplam uzunluğu, m	63 mm	269
Ana boru çapı tipi	63 mm	HDPE100 PN6
Ana boru toplam uzunluğu, m	63 mm	206
Sistemdeki kullanılan can suyu vanası sayısı, adet		*
Pompa birimi	Debi, m ³ /h	16
	Basınç, atm	6.5
	Pompa tipi	Hidrofor
Kullanılan NYY kablo çapı, mm ² / uzunluğu, m		*
Kontrol ünitesi / istasyon sayısı	Manüel	Evet
Mevcut su deposu varsa kapasitesi, m ³		50.0
Sistem için gereken su deposu kapasitesi, m ³		12.6

*: Sistemde kullanılmamıştır,



Şekil 3.2. B Alanı 1. kısım mevcut sulama sistemi projesi



Şekil 3.3. B Alanı 2. kısım mevcut sulama sistemi projesi

Çizelge 3.3. B alanına ait mevcut sulama projesinde kullanılan malzemeler ve özellikleri

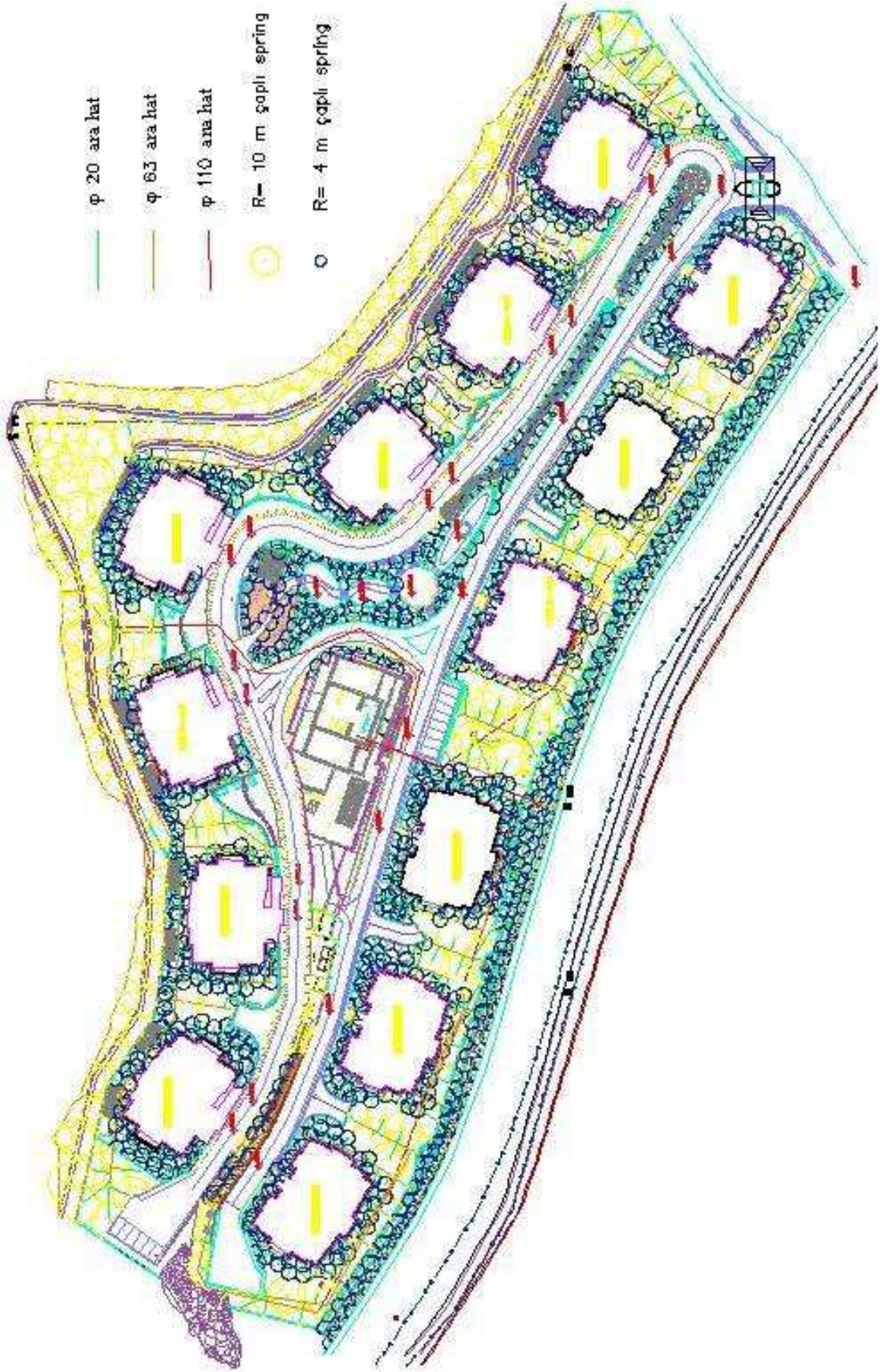
Proje tipi		Site
Toplam proje alanı, m ²		23148
Sert zemin ve diğer alanlar, m ²		15002
Yeşil alan, m ²	Damla	*
	Yağmurlama	8146
Su kaynağının cinsi		Şebeke
Su kaynağının debisi, m ³ /h		5.0
Kullanılan başlık sayıları, adet	Sprey	925
	Rotor	*
Damla sulama borusu çapı / damlatıcı aralığı / damlatıcı debisi		*
Toplam damla sulama borusu, m		*
Sistemde toplam işletme sayısı, adet	1½" solenoid vana	27
	Küresel vana	27
Lateral boru çapı tipi	40 mm	HDEP100 PN10
	50 mm	HDEP100 PN10
Lateral boru toplam uzunluğu, m	40 mm	667
	50 mm	919
Ana boru çapı tipi	63 mm	HDEP100 PN10
Ana boru toplam uzunluğu, m	63 mm	329
Sistemdeki kullanılan can suyu vanası sayısı, adet		*
Pompa birimi (1 ve 2 .alt alanlar için)	Debi, m ³ /h	15, 15
	Basınç, bar	7, 7
	Pompa tipi	Hidrofor
Kullanılan NYY kablo çapı, mm ² / uzunluğu, m		1.5 / 445
Kontrol ünitesi / istasyon sayısı	24V, Kablolu	12
	24V, Kablolu	16
Mevcut su deposu varsa kapasitesi, m ³ (1 ve 2. alt alanlar için)		200, 200
Sistem için gereken su deposu kapasitesi, m ³		57.0

*: Sistemde kullanılmamıştır,

C rekreasyon alanında toplam alan büyüklüğü 41500 m² olmasına karşın sulama projesinin gerçekleştirildiği alanın büyüklüğü 25056 m² dir. Alanda sulama sistemi olarak 1264 adet sprej ve 270 rotor tipi yağmurlama sulama başlıkları kullanılmıştır. Alana, sulama suyu şehir şebekesinden alınmış olup, su kaynağının debisi 10 m³/h olacak şekilde planlanma yapılmış ve toplam 30 adet işletme birimi oluşturulmuştur. Ana ve lateral boru hatlarında 110 ve 63 mm dış çaplı, 10 atmosfere dayanıklı sert PE borulardan, kılcal boru hatlarında ise 20 mm dış çaplı, 4 atmosfere dayanıklı yumuşak PE borular kullanılmıştır. Projeye göre, toplam 808 m ana boru hattı, 6415 m lateral boru hattı ve 16467 m kılcal boru hattına ihtiyaç duyulmuştur. Ayrıca, sulama sisteminin elle işletileceği ve pompa biriminde 350 m³ kapasiteli su deposundan 60 m³/h debi ve 8 atm basınç sağlayabilecek hidroforlu sistem planlanmıştır.

3.1.6. Kullanılan bilgisayar paket programları

Araştırmada, bölge koşullarında referans bitki su tüketimi değerlerinin hesaplanmasında CROPWAT ile rekreasyon alanı sulama projelerinin tasarımında AUTOCAD 2006 paket programlarından yararlanılmıştır (Smith 1992, Bora ve Şen 2006).



Şekil 3.4. C Alanı mevcut sulama sistemi projesi

Çizelge 3.4. C alanına ait mevcut sulama projesinde kullanılan malzemeler ve özellikleri

Proje tipi		Site
Toplam proje alanı, m ²		41550
Sert zemin ve diğer alanlar, m ²		25056
Yeşil alan, m ²	Damla	*
	Yağmurlama	16494
Su kaynağının cinsi		Şebeke
Su kaynağının debisi, m ³ /h		10.0
Kullanılan başlık sayıları, adet	Sprey	1264
	Rotor	270
Damla sulama borusu çapı / damlatıcı aralığı / damlatıcı debisi		*
Toplam damla sulama borusu, m		*
Sistemdeki toplam işletme sayısı, adet	1" solenoid vana	*
	2" solenoid vana	*
	Küresel vana	30
Kılcal boru çapı tipi	20 mm	LDPE32 PN4
Kılcal boru toplam uzunluğu, m	20 mm	16467
Lateral boru çapı tipi	63 mm	HDEP100 PN10
Lateral boru toplam uzunluğu ,m	63 mm	6415
Ana boru çapı tipi	110 mm	HDEP100 PN10
Ana boru toplam uzunluğu,m	110 mm	808
Sistemdeki kullanılan can suyu vanası sayısı, adet		*
Pompa birimi	Debi, m ³ /h	60
	Basınç, atm	8
	Pompa tipi	Hidrofor
Kullanılan NYY kablo çapı, mm ² / uzunluğu, m		*
Kontrol ünitesi / istasyon sayısı	24V, Kablolu	*
	9V, Pili	*
	Manüel	*
Mevcut su deposu varsa kapasitesi, m ³		350.0
Sistem için gereken su deposu kapasitesi, m ³		116.0

*: Sistemde kullanılmamıştır,

3.2. Metot

3.2.1. Toprak ve su örneklerinin analizi

Araştırma alanlarında sulama sistemi tasarımının ön projelendirme aşamasında gerekli, toprak bünyesi, tarla kapasitesi, solma noktası, kullanılabilir su tutma kapasitesi ve hacim ağırlığı gibi toprak özelliklerinin saptanması amacıyla 0-30, 30-60 cm derinlikteki toprak katmanlarından bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınmıştır (Şekil 3.5). Bozulmamış toprak örneklerinden hacim ağırlığı ve tarla kapasitesi, bozulmuş toprak örneklerinden ise solma noktası ve bünye sınıfı değerleri belirlenmiştir (Blake 1965, Benami ve Diskin 1965).

Ayrıca, rekreasyon alanlarında kullanılacak sulama suyunun özelliklerini belirlemek amacıyla su örnekleri alınmıştır (Ayyıldız 1990).



Şekil 3.5. Arazi koşullarında bozulmamış toprak örneklerinin alınışı

3.2.2. Toprağın su alma hızı ölçümleri

Rekreasyon alanları sulama sistemlerinin tasarımında kullanılacak yağmurlama sulama yönteminde başlık debisi ve tertip aralığını, damla sulama yönteminde ise damlatıcı aralığı ve tertip aralığının belirlenmesinde önemli bir kriter olan toprağın su alma hızı (infiltrasyon hızı) ölçümleri Güngör ve Yıldırım (1989)' da verilen esaslara göre çift silindir infiltrometre yöntemine göre yapılmıştır. Ölçümlere su alma hızı değeri sabitleşinceye kadar devam edilmiştir (Şekil 3.6).

3.2.3. Bitki su tüketiminin belirlenmesi

Sulama sistemlerinin projelenmesi amacıyla peyzaj alanlarında yer alan bitkilerden çim bitkisi kritik bitki olarak alınmış ve çim bitkisi su ihtiyacının diğer bitkilerin su ihtiyacı için yeterli olacağı yaklaşımı yapılmıştır.



Şekil 3.6. Toprağın su alma hızı ölçümleri

Çim bitkisi aylık bitki su tüketimi değerleri, çok sayıda iklim elemanının kapsadığından ve dolayısıyla diğer yöntemlere göre daha sağlıklı olan Penman FAO modifikasyonu dikkate alınarak geliştirilen Penman-Monteith yöntemi ile tahmin edilmiştir. Bu yöntemde önce referens bitki su tüketimi hesaplanmakta, bu değer, daha sonra bitki katsayısı ile düzeltilerek bitki su tüketimi değeri elde edilmektedir. Penman-Monteith yöntemi ile referens bitki su tüketiminin hesaplanmasında;

$$ET_o = \frac{\delta}{\delta + \gamma^*} (R_n - G) \frac{1}{\lambda} + \frac{\lambda}{\delta + \gamma^*} \frac{900}{(T + 275)} U_2 (e_a - e_d) \quad (3.1)$$

$$\delta = \frac{4098e_a}{(T + 237.3)^2} \quad (3.2)$$

$$\lambda = 2.501 - (2.361 \times 10^{-3}) \times T \quad (3.3)$$

$$\gamma^* = 0.0016286 \frac{P}{100} \quad (3.4)$$

$$\gamma = \gamma^* (1 + 0.34U_2) \quad (3.5)$$

$$R_n = R_{ns} - R_{nl} \quad (3.6)$$

$$R_{ns} = 0.75R_s \quad (3.7)$$

$$R_{nl} = 2.451f(T)f(ed)f(n/N) \quad (3.8)$$

$$R_s = (0.25 + 0.50 \frac{n}{N}) R_a \quad (3.9)$$

$$e_d = e_a \frac{RH}{100} \quad (3.10)$$

$$U_2 = U_z \left(\frac{2}{z} \right)^2 \quad (3.11)$$

eşitlikleri kullanılmaktadır. Eşitliklerde;

ET: Referens bitki su tüketimi, mm/gün,

δ : Buhar basıncı eğrisinin eğimi, kPa⁰C,

γ^* : Modifiye psikrometrik sabite, kPa⁰C,

γ : Psikrometrik sabite, kPa⁰C,

P: Atmosfer basıncı, kPa,

R_n : Bitki yüzeyindeki net radyasyon, MJ/m²/gün,

R_a : Atmosferin dış yüzüne ulaşan radyasyon, MJ/m²/gün,
 R_s : Yeryüzüne ulaşan kısa dalgalı radyasyon, MJ/m²/gün,
 R_{ns} : Kısa dalgalı net radyasyon, MJ/m²/gün,
 R_{nl} : uzun dalgalı net radyasyon, MJ/m²/gün,
 $f(T)$: Sıcaklık fonksiyonu,
 T : Sıcaklık, °C,
 $f(e_d)$: Buhar basıncı fonksiyonu,
 e_d : Ortalama hava sıcaklığındaki gerçek buhar basıncı, kPa,
 e_a : Ortalama hava sıcaklığındaki doymuş buhar basıncı, kPa,
 $f(n/N)$: Güneşlenme oranı fonksiyonu,
 n : Güneşlenme süresi, h,
 N : Olası maksimum güneşlenme süresi, h,
 G : Topraktaki ısı akımı, MJ/m²/gün,
 λ = Buharlaşma gizli ısı, MJ/kg,
 U_2 : 2m yükseklikte ölçülmüş rüzgâr hızı, m/s,
 U_z : Z metre yükseklikte ölçülmüş rüzgâr hızı, m/s,
 Z : Rüzgâr hızının ölçüldüğü yükseklik, m,
 RH : Ortalama bağıl nem, %

değerlerini göstermektedir. Yukarıdaki eşitliklerde yer alan bazı parametreler Doorenbos ve Pruitt (1977)'de verilen çizelgelerden yararlanarak belirlenmiş, hesaplamalarda kullanılan iklim elemanları ise araştırma alanlarına en yakın meteoroloji istasyonlarından alınmıştır.

Bitki su tüketiminin hesaplanmasında;

$$ET = k_c \times ET_0 \quad (3.12)$$

eşitliği kullanılmıştır. Eşitlikte;

ET : Bitki su tüketimi, mm/gün,

k_c : Bitki katsayısı,

ET_0 : Referans bitki su tüketimi, mm/gün'dür.

Eşitlikteki bitki katsayısı (k_c) değeri; bölge koşulları ve daha önce yürütülen araştırmalar dikkate alınarak 1.20 olarak alınmıştır (Doorenbos ve Pruitt 1977, Yıldırım 1994, Şahinler 1997, Barrett ve ark., 2003).

3.2.4. Uygulanacak sulama suyu miktarı, sulama aralığı ve sulama süresinin belirlenmesi

Her sulamada uygulanacak net sulama suyu miktarı;

$$d_{n\max} = \frac{(TK - SN)}{100} \times R_y \times \gamma_t \times D \quad (3.13)$$

eşitliği ile hesaplanmıştır (Yıldırım 2005). Bu eşitlikte;

$d_{n\max}$: Her sulamada uygulanacak maksimum net sulama suyu miktarı, mm,

TK: Tarla kapasitesi, %,

SN: Solma noktası, %,

R_y : Kullanılabilir su tutma kapasitesinin tüketilmesine izin verilen kısmı, %,

γ_t : Toprağın hacim ağırlığı, g/cm^3 ,

D: Islatılacak toprak derinliği, mm'dir.

Proje alanlarında yetiştirilen bitki çim olduğundan etkili kök derinliği olarak 30 cm'lik toprak katmanı ve kullanılabilir su tutma kapasitesinin % 40'ı tüketildiğinde sulanmaya başlanması dikkate alınmıştır (Barrett ve ark., 2003). Sulama uygulamalarında göz önüne alınabilecek maksimum sulama aralığı;

$$SA_{\max} = \frac{d_{n\max}}{ET_{\max}} \quad (3.14)$$

eşitliği ile hesaplanmaktadır (Yıldırım 2005). Eşitlikte;

SA_{\max} : Maksimum sulama aralığı, gün,

$d_{n\max}$: Her sulamada uygulanacak net sulama suyu miktarı, mm,

ET_{\max} : Maksimum bitki su tüketimi, mm/gün'dür.

Rekreasyon alanlarının tasarım aşamasında, sulama aralığı değerinin (SA), maksimum sulama aralığı (SA_{max}) değerinden küçük veya eşit olacak şekilde belirlenmesi gerekmektedir (Yıldırım 2005).

Her sulamada uygulanacak toplam sulama suyu miktarı ise;

$$d_t = \frac{d_n}{E_a} \quad (3.15)$$

eşitliği ile elde edilmektedir (Yıldırım 2005). Eşitlikte;

d_t : Her sulamada uygulanacak toplam sulama suyu miktarı, mm,

d_n : Her sulamada uygulanacak net sulama suyu miktarı, mm,

E_a : Su uygulama randımanı, %' dir.

Rekreasyon alanları sulama projelerinin tasarım aşamasında su uygulama randımanı değeri alanın iklim özelliklerinden ortalama bağıl nem ve rüzgâr hızına göre Yıldırım (2005)'de verilen esaslara göre belirlenmektedir.

Sulama süresi;

$$T_a = \frac{d_t}{I_y} \quad (3.16)$$

eşitliği ile hesaplanmaktadır (Yıldırım 2005). Eşitlikte;

T_a : Sulama süresi, h,

d_t : Her sulamada uygulanacak toplam sulama suyu miktarı, mm,

I_y : Yağmurlama hızı, mm/h' dir. Eşitlikteki yağmurlama hızı değerleri ise;

dikdörtgen ve kare tertip için;

$$I_y = \frac{360 \times 1000 \times q}{\phi \times S_1 \times S_2} \quad (3.17)$$

eşkenar üçgen tertip için;

$$I_y = \frac{360 \times 1000 \times q}{\phi \times (S_2)^2 \times 0.867} \quad (3.18)$$

eşitlikleri ile hesaplanmaktadır (Yıldırım 1994, Melby 1995, Smith 1997, Barrett ve ark., 2003). Eşitliklerde;

- I_y : Yağmurlama hızı, mm/h,
 q : Başlık debisi, m³/h,
 ϕ : Başlığın çalışma açısı değeri, °,
 S_1 : Lateral aralığı, m,
 S_2 : Başlık aralığı, m' dir.

3.2.5. Sulama projesinin tasarım aşamaları

Kaynak araştırması bölümünde detaylı olarak açıkladığı gibi rekreasyon alanlarının sulanmasında genel olarak yağmurlama sulama yöntemi kullanılmaktadır. Bu nedenle, sulama sistemlerinin tasarım aşamalarında, rekreasyon alanlarında kullanılan ve pop-up yağmurlama sulama adı verilen sulama yöntemi üzerinde durulacaktır.

3.2.5.1. Uygun yağmurlama başlığının seçimi

Proje alanlarında kullanılacak yağmurlama başlıkları, Melby (1995), Smith (1997), Barrett ve ark. (2003) ve Yıldırım (2005)' de belirtilen esaslara göre belirlenmiştir. Bu esaslardan en önemlileri olarak; seçilecek başlığın atış mesafesinin sulama alanına uygun olması, seçilecek başlığın yağmurlama hızının toprağın su alma hızından daha düşük olması ve yeterli eş su dağılımı elde edilebilmesi için seçilen tertip aralığında ve işletme basıncı koşullarında Christiansen eş su dağılımı katsayısının (CU) % 84'den daha yüksek olması sayılabilir.

3.2.5.2. İşletme birimlerinin oluşturulması

Sulama alanına yerleştirilebilecek maksimum ve minimum işletme birimi sayısı;

$$N_{\max} = \left(\frac{T_g}{T_a} \right) SA \quad (3.19)$$

$$N_{\min} = \frac{\sum q}{Q} \quad (3.20)$$

eşitlikleri ile hesaplanabilir (Yıldırım 2005). Eşitlikte;

N_{\max} : Maksimum işletme birimi sayısı, adet,

N_{\min} : Minimum işletme birim sayısı, adet,

T_g : Günlük sulama süresi, h/gün,

T_a : Sulama süresi, h,

SA : Sulama aralığı, gün,

q : Toplam başlık debisi, m^3/h ,

Q : Sistem debisi, m^3/h değerlerini göstermektedir.

Uygulamada, kullanılacak boru çapındaki değişimler, solenoid vana sayısı, kablo uzunlukları ve kontrol ünitesi boyutları gibi ekonomik faktörler dikkate alınarak $N_{\min} \leq N \leq N_{\max}$ olacak biçimde proje işletme birimi sayısı belirlenebilir. N değeri büyüdükçe sistem debisi düşer ancak kullanılacak vana sayısı, kablo uzunluğu ve kontrol ünitesi boyutları artar. Bu nedenle, işletme birim sayısının hesaplanan maksimum değere yakın alınması önerilmektedir (Yıldırım 2005).

3.2.5.3. Lateral boru çapının belirlenmesi

Her bir işletme birimini oluşturan yağmurlama başlıkları birbirlerine lateral boru hatlarıyla bağlanmaktadır. Lateral boru hatlarının olanaklar ölçüsünde eğimsiz ya da bayır aşağı eğimde döşenmesine özen gösterilmesi gerekmektedir. Lateral boru büyüklüğünün seçiminde Christiansen Yöntemi kullanılmaktadır. Yöntemde, en yüksek ve en düşük basınçların uç başlıklarda oluşturduğu varsayıldığından, uç başlıkları arasında oluşan yük kayıplarının, seçilen yağmurlama başlıklarının ortalama basıncının %20'sini aşmamasına özen gösterilmektedir. Bununla birlikte, Christiansen eş su dağılımı katsayısının (CU) % 97'den daha düşük olması istenmez. Ayrıca, lateral boru hatlarında gerek sediment gibi materyal birikimini engellemek gerekse, boru hattında oluşabilecek su darbesini azaltmak ve kaviteasyonu engellemek için boru hattı su akış hızının 0.5–2 m/s arasında olması tercih

edilmiştir (Yıldırım 2005). Lateral boyunca izin verilen yük kayıpları aşağıdaki eşitlik yardımı ile hesaplanabilir

$$H_f: 0.20 H_o \pm H_{gl} \quad (3.21)$$

Eşitlikte;

H_f : Lateral boyunca izin verilen yük kaybı; m,

H_o : Başlık işletme basıncı, m,

H_{gl} : Lateral boru hattındaki yükseklik farkı, m' dir.

Yukarıda belirtilen bilgiler ışığında seçilen lateral boru hatları, proje alanının don derinliğine kadar toprak altına gömülü olacak şekilde, en az 10 atm işletme basınçlı sert PE (Polietilen) borulardan oluşturulması planlanmıştır.

3.2.5.4. Ana boru çapının ve pompa biriminin belirlenmesi

Ana boru hattı çapının seçilmesinde, en kritik işletme birimindeki lateral giriş basıncına solenoid vana girişinde oluşacak yük kayıpları da eklenerek solenoid vana girişinde istenen basınç hesaplanır ve lateral boru çapının seçimindeki aşamalar izlenir. Lateral giriş basıncı ve solenoid vana girişinde istenen basınç;

$$H_L: H_o + H_{fl} + H_{yl} \pm H_{gl} \quad (3.22)$$

$$H_S: H_L + H_{sy} \quad (3.23)$$

eşitlikleri ile hesaplanmaktadır (Yıldırım 2005). Eşitlikte;

H_L : Lateral giriş basıncı, m,

H_o : İşletme basıncı, m,

H_{fl} : Lateral boru hattında oluşan yük kayıpları, m,

H_{yl} : Lateral boru hattında oluşan yersel yük kayıpları, m,

H_{gl} : Lateral boru hattındaki yükseklik farkı, m,

H_S : Solenoid vana girişinde istenen basınç, m

H_{sy} : Solenoid vanada oluşan yük kayıpları, m

Eşitlikte, lateral boru hattında oluşan yersel yük kayıpları; hat boyunca oluşan yük kayıplarının %10' u kadar alınmıştır. Ana boru çapı seçilirken; gerek sediment gibi materyal birikimini engellemek gerekse, boru hattında oluşabilecek su darbesini azaltmak ve kavitasyonu engellemek için boru hattı su akış hızının 0.5–2 m/s arasında olması tercih edilmiştir (Yıldırım 2005). Ayrıca, ana boru hatlarının da, proje alanının don derinliğine kadar toprak altına gömülü olacak şekilde, en az 10 atm işletme basınçlı sert PE (Polietilen) borulardan oluşturulması planlanmıştır.

Pompa biriminde ise, aşağıdaki eşitlik ile hesaplanan manometrik yükseklik değeri ve istenilen debiye göre, işletme ve bakım kolaylığı açısından elektrik enerjisi ile çalışan hidroforlu sistemler tercih edilmiştir. Ayrıca pompa biriminin hidroforlu sistem olması ve sulama suyunun şehir şebekesinden alınması nedeniyle, pompa biriminin yanında bir su deposunun olması gerektiği düşünülmüştür. Manometrik yükseklik değeri

$$H_m: H_{de} \pm H_g + H \quad (3.24)$$

$$H: H_s + H_{fa} + H_{ya} \pm H_{ga} \quad (3.25)$$

eşitlikleri ile hesaplanmaktadır (Yıldırım 2005). Eşitlikte,

H_m : Manometrik yükseklik, m,

H_{de} : Dinamik emme yüksekliği, m,

H_g : Pompa birimi ile basma noktası arasındaki yükseklik farkı, m,

H: Ana boru hattında istenen basınç, m,

H_s : Solenoid vana girişinde istenen basınç, m,

H_{fa} : Ana boru hattında oluşan yük kayıpları, m,

H_{ya} : Ana boru hattında oluşan yersel yük kayıpları, m,

H_{ga} : Ana boru hattındaki yükseklik farkı, m' dir.

3.2.5.5. Kontrol biriminin oluşturulması

Araştırmada göz önüne alınan rekreasyon alanlarında işletme kolaylığı ve üniform su dağılımı gibi nedenlerden dolayı sistemin otomatik olarak işletilmesi planlanmıştır. Bu nedenle, her bir alanda gerekli işletme birimini ve pompa sistemini otomatik şekilde açacak sayıda istasyona sahip olan, elektrikle veya pille çalışan kontrol birimlerinin kullanılması

düşünülmüştür. Bu nedenle, her bir işletme birimine solenoid vana ve bu vanalarının kontrol birimine kadar NY Y tip toprakaltı dayanımlı elektrik kablosu ile bağlanması planlanmıştır.

3.2.6. Mevcut ve tasarlanan sulama sistem unsurlarının karşılaştırılması

Araştırmada, 3 farklı büyüklükteki rekreasyon alanındaki mevcut sulama sistemleri detaylı bir şekilde incelenmiş ve yukarıda açıklanan tasarım aşamaları uygulanarak yeniden projelendirilmiştir. Böylece, mevcut sulama projesi ile tasarlanan sulama projesi arasındaki farklar ortaya konulmaya çalışılmıştır. Ayrıca, mevcut ve tasarlanan sulama projeleri ilk yatırım masrafları açısından da karşılaştırılmıştır. İlk yatırım masrafları değerlendirilirken, piyasa fiyatları göz önüne alınmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Toprak ve Su Örnekleri Analiz Sonuçları

Araştırma alanlarından alınan toprak örneklerinin fiziksel analizleri sonucunda elde edilen bünye, tarla kapasitesi, solma noktası, hacim ağırlığı ve kullanılabilir su tutma kapasitesine ilişkin değerler Çizelge 4.1’ de verilmiştir. Araştırma alanı topraklarının birbirinden farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Hacim ağırlığı değerleri 1.42 – 1.56 g/cm³ arasında değişirken, kullanılabilir su tutma kapasitesi 0-30 cm toprak katmanı için 31.64 mm ile 49.12 mm arasında değişmiştir.

Araştırma alanındaki sulama suları analiz sonuçları değerlendirildiğinde, her üç alanda da sulama suyu kalite sınıfının T₂S₁ olduğu görülmüştür. Bu sonuca göre, su kalitesi açısından fizyolojik kuraklık oluşturabilecek düzeyde herhangi bir sorunun olmadığı söylenebilir.

4.2. Toprağın Su Alma Hızı Sonuçları

Araştırma alanlarında, çift silindir infiltrometre yöntemi ile toprağın su alma hızı değeri sabitleşinceye kadar devam eden ölçümler sonucunda, toprağın su alma hızı değerleri A proje alanında 19.0 mm/h, B proje alanında 21.1 mm/h ve C proje alanında 21.4 mm/h olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.1. Araştırma alanı topraklarının bazı fiziksel özellikleri

Proje alanı	Profil derinliği	Bünye sınıfı	Hacim ağırlığı g/cm ³	Tarla kapasitesi		Solma noktası		Kullanılabilir su tutma kapasitesi	
				%	mm	%	mm	%	mm
A	0-30	Killi-tın	1.56	19.07	89.25	12.31	57.61	6.76	31.64
	30-60		1.45	20.88	90.83	12.75	55.46	8.13	35.36
B	0-30	Kumlu-kil	1.69	19.22	97.45	12.06	61.14	7.16	36.30
	30-60		1.42	19.31	82.26	12.07	51.41	7.24	30.84
C	0-30	Kumlu-killi-tın	1.42	20.97	89.33	9.44	40.21	11.53	49.12
	30-60		1.42	19.87	84.64	10.98	46.77	8.89	37.87

4.3. Bitki Su Tüketimi Sonuçları

Araştırma alanının uzun yıllar iklim verilerinden yararlanılarak CROPWAT bilgisayar programı ile Penman-Monteith yöntemiyle hesaplanan referens bitki su tüketimi değerleri ve bu değerlerin bitki katsayısı ile düzeltilmesi elde edilen bitki su tüketimi değerleri Çizelge 4.2' de verilmiştir. Çizelgeden izleneceği gibi İstanbul-Kartal bölgesi için referens bitki su tüketimi değerleri Nisan –Kasım ayları arasındaki periyotta 1.84 mm/gün ile 5.27 mm/gün arasında değişirken, bitki su tüketimi değerleri ise 2.20 mm/gün ile 6.32 mm/gün arasında değişmiştir. Ayrıca, çim bitkisinin mevsimlik toplam bitki su tüketimi 958.04 mm ve mevsimlik net sulama suyu ihtiyacı 696.04 mm olarak hesaplanmıştır. Aylar bazında dikkate alındığında, en yüksek bitki su tüketimi ve aylık net sulama suyu ihtiyacının Temmuz ayında 195.92 mm/ay bitki su tüketimi ve 171.52 mm/ay olarak elde edildiği görülebilir

Çizelge 4.2. Çim bitkisinin Penman-Monteith yöntemine göre hesaplanmış bitki su tüketimi ve sulama suyu ihtiyacı değerleri

Aylar	Referans bitki su tüketimi	Bitki katsayısı	Bitki su tüketimi		Yağış miktarı	Net sulama suyu ihtiyacı
	mm/gün		mm/gün	mm/ay		
Nisan	2.65	1.20	3.18	95.40	52.20	43.20
Mayıs	3.77	1.20	4.52	140.12	30.70	109.42
Haziran	4.83	1.20	5.80	174.00	27.40	146.60
Temmuz	5.27	1.20	6.32	195.92	24.40	171.52
Ağustos	4.50	1.20	5.40	167.40	26.00	141.40
Eylül	3.25	1.20	3.90	117.00	38.00	79.00
Ekim	1.84	1.20	2.20	68.20	63.30	4.90
TOPLAM				958.04	262.00	696.04

4.4. Sulama Sisteminin Tasarımı

4.4.1. Uygulanacak sulama suyu miktarı ve sulama aralığına ilişkin sonuçlar

Ele alınan üç farklı rekreasyon alanı için metot bölümünde 3.13, 3.14 ve 3.15 eşitlikleri ile açıklanan, her sulamada uygulanacak net sulama suyu ihtiyacı, toplam sulama suyu ihtiyacı ve sulama aralığı değerleri Çizelge 4.3' de verilmiştir. Çizelgeden izleneceği gibi, her sulamada uygulanacak maksimum net sulama suyu miktarları 12.65 ile 19.65 mm arasında değişmiştir. Maksimum sulama aralığı değerleri A ve B alanları için 2 gün, C alanı için ise 3 gün olarak elde edilmiştir. Fakat her alan için proje sulama aralığı olarak 2 gün değeri dikkate alınmıştır. Ayrıca, su uygulama randımanı ile düzeltilmiş toplam sulama suyu miktarları ise 15.80 mm olarak belirlenmiştir.

4.4.2. Uygun yağmurlama başlığının seçimine ilişkin sonuçlar

Araştırma alanları için uygun yağmurlama başlıkları seçilirken, ıslatılacak alanın büyüklüğüne göre sprej veya rotor başlık olmasına dikkat edilmiştir. Özellikle, ıslatma yarıçapının 5 m' den daha düşük olduğu yerlerde sprej başlıklar, daha büyük olduğu yerlerde rotor başlıklar kullanılmıştır (Anonymous 2008). Araştırmada ele alınan alanlarda A ve B alanlarında sprej başlıklar, C alanında ise hem sprej hem de rotor başlıklar kullanılmıştır. Bu başlıklara ilişkin teknik özellikler Çizelge 4.4' de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Uygulanacak sulama suyu miktarı ve sulama aralığına ilişkin sonuçlar

Ön projeleme kriterleri	Sulama alanları		
	A	B	C
1) Her sulamada uygulanacak maksimum net sulama suyu miktarı ($d_{n \max}$), mm	12.65	14.52	19.65
2) Maksimum günlük bitki su tüketimi, (ET_{\max}), mm/gün	6.32	6.32	6.32
3) Maksimum sulama aralığı (SA_{\max}), gün	2	2	3
4) Proje sulama aralığı (SA), gün	2	2	2
4) Uygulanacak net sulama suyu miktarı (d_n), mm	12.64	12.64	12.64
5) Su uygulama randımanı (E_a), %	80	80	80
6) Uygulanacak toplam sulama suyu miktarı (d_t), mm	15.80	15.80	15.80

Çizelge 4.4. Araştırma alanlarında kullanılan yağmurlama başlıklarına ilişkin özellikler

Başlık tipi	Max. ıslatma çapı	Kullanılan ıslatma yarı çapı	İşletme basıncı	Çalışma açısı	Başlık debisi	Yağmurlama hızı	Sulama alanı
	m	m	atm	°	m ³ /h	mm/h	
Sprey	3.7	3.0	2.1	90	0.15	66.7	A, B,C
	3.7	3.0	2.1	180	0.30	66.7	A, B,C
	3.7	3.0	2.1	270	0.45	66.7	B,C
	3.7	3.0	2.1	360	0.60	66.7	A, B,C
Sprey	4.6	4.0	2.1	90	0.21	52.5	A, B,C
	4.6	4.0	2.1	180	0.42	52.5	A, B,C
	4.6	4.0	2.1	270	0.63	52.5	A, B,C
	4.6	4.0	2.1	360	0.84	52.5	A, B,C
Sprey (Dikdörtgen)	1.2 x 4.6	1.2 x 4.6	2.1		0.14	25.3	A, B,C
Sprey (Dikdörtgen)	1.2 x 9.2	1.2 x 9.2	2.1		0.27	24.5	A, B,C
Rotor	5.4	5.4	3.5	90	0.19	26.1	C
	7.3	7.0	3.5	180	0.36	14.7	C
	8.4	7.0	3.5	270	0.47	12.8	C
	9.6	7.0	3.5	360	0.71	14.5	C
Rotor	10.7	10.0	3.5	90	0.34	13.6	C
	12.2	10.0	3.5	180	0.74	14.8	C
	12.8	10.0	3.5	270	0.97	12.9	C
	14.2	10.0	3.5	360	1.45	14.5	C

Çizelgeden izleneceği gibi, A ve B sulama alanında ıslatma yarıçapı 3 ve 4 m olan iki farklı tip sprey başlığı kullanılmış ve bu başlıklar farklı çalışma açılarındaki çalıştırılmışlardır. Alanlarda sprey başlıklarının 2.1 atm basınç altında, rotorların ise 3.5 atm basınç altında çalışması koşullarında gerekli debi ve yağmurlama hızları dikkate alınmıştır. Bu başlıkların farklı çalışma açılarındaki yağmurlama hızlarının 52.5 – 66.7 mm/h arasında değiştiği belirlenmiştir. C sulama alanının da ıslatılacak alan daha büyük olduğundan sprey başlıklarının yanı sıra rotor başlıklar da kullanılmıştır. Alanda kullanılan rotor başlıklarının yağmurlama

hızları ise 12.9 – 26.1 mm/ h arasında değişmektedir. Her üç sulama alanında da dikdörtgen tipte ıslatma alanına sahip sprej başlıklardan da kullanılmıştır.

Sprej başlıkların yağmurlama hızı değerlerinin sulama alanındaki toprağın su alma hızı değerlerinden oldukça yüksek oldukları belirlenmiştir. Bu nedenle, toprak yüzeyindeki yüzey akışın, göllenmenin ve sulama suyunun boşa gitmesine engellemek amacıyla sulama süresinin azaltılması ve sık aralıklarla sulama yapılması gerekmektedir. Rotor başlıkların yağmurlama hızları incelendiğinde ise, değerlerin toprağın su alma hızından daha düşük olduğu görülebilir. Bu sonuç, sulama suyunun üniform dağılımı ve su kaynaklarının korunumu açısından uygun yağmurlama başlığı seçiminin olduğu söylenebilir. Ayrıca, sprej başlıkların uygun olmadığı yerlerde sulama yöntemi olarak damla sulama yöntemi kullanılmıştır. Fakat damla sulama yönteminin işletme basıncı 1.0 ile 1.5 atm. arasında değiştiğinden, ayrı bir işletim birimi oluşturulmuştur.

4.4.3. İşletme birimlerine ilişkin sonuçlar

Araştırma alanları için uygun yağmurlama başlıkları seçildikten sonra, bu başlıkların özelliklerine göre sulama süresi, maksimum işletme birim sayısı, minimum işletme sayısı ve seçilen işletme sayıları, metod kısmında ayrıntılı olarak verilen 3.16, 3.19 ve 3.20 eşitlikleri ile hesaplanmış ve Çizelge 4.5’ de özetlenmiştir. Çizelgeden izleneceği gibi, sulama alanlarında sprej başlıkları kullanıldığı zaman sulama süreleri 0.30 h, rotor başlığı kullanıldığı zaman ise 1.09 h olarak değişmektedir. Sistem debisi, günlük sulama süresi, günlük maksimum süresi ve seçilen başlık debilerinin toplamına göre hesaplanan minimum ve maksimum işletme birimleri sprej başlıklar için 8 ile 53, rotor başlıklar için ise 3 ile 14 arasında değişmiştir. Bu değerlere ve yerleştirilen başlıkların konumlarına göre A alanı 8, B alanı 29 ve C alanı için ise sprej başlıklar 34, rotorlar 13 alt işletme birimi olmak üzere toplam 47 işletme biriminden oluşturulmuştur. Ayrıca, A alanında 1 adet damla sulama sistemi için alt işletme birimi oluşturularak toplam işletme birim sayısı 9’ a çıkarılmıştır.

Çizelge 4.5. Sulama süresi ve işletim birimlerine ilişkin sonuçlar

Projeleme kriterleri	Sulama alanları		
	A	B	C
1) Uygulanacak toplam sulama suyu miktarı (d _t), mm	15.80	15.80	15.80
2) Kullanılan yağmurlama başlığının tipi	Sprey	Sprey	Sprey Rotor
3) Yağmurlama başlığının ortalama yağmurlama hızı, (I _y), mm/h	52.5	52.5	52.5 14.5
4) Günlük maksimum sulama süresi, (T _g), h	8	8	8
4) Sulama süresi, (T _a), h	0.30	0.30	0.30 1.09
5) Sistem debisi, (Q), m ³ /h	8.23	14.30	42.00
6) Maksimum işletme birim sayısı, (N _{max}), adet	53	53	53 14
7) Minimum işletme birim sayısı, (N _{min}), adet	8	13	8 3
8) Proje işletme birim sayısı, (N), adet	8	29	34 13

4.4.4. Lateral boru çaplarına ilişkin sonuçlar

Her bir sulama alanında alt işletme birimlerine göre elde edilen, bir işletme birimindeki başlık sayısı, lateral debisi, başlıkların işletme basıncı, lateral boyunca izin verilen yük kaybı, hesaplanan lateral boru çapları, bu çaplarda oluşacak su hızı ve sürtünme kaybı değerleri ile metod kısmında 3.22 eşitliği ile hesaplanan her bir lateral başlangıcında istenen giriş basınçlarına ilişkin değerler Çizelge 4.6, 4.7 ve 4.8' de verilmiştir.

Çizelgelerden görüleceği gibi A sulama alanı toplam 9 alt işletme biriminden oluşmaktadır. Bu işletme birimlerinden 8' inde sayıları 18 ile 32 arasında değişen sprej başlıklar kullanılırken, 1' inde alanların darlığı nedeniyle damla sulama sisteminin kullanılması tercih edilmiştir. Sprej başlıklarının işletme basınçları 21.0 m olarak dikkate alınmış ve işletme birimlerinde lateral debileri 1.21 ile 8.23 m³/ h arasında değişmiştir.

Çizelge 4.6. A sulama alanı için lateral boru çaplarına ilişkin sonuçlar

İşletme birimi no	Lateral uzunluğu	Başlık sayısı	Lateral debisi	Başlık işletme basıncı	Lateral boyunca izin verilen yük kaybı	Boru kesimi	Lateral boru çapı	Su hızı	Sürtünme Kaybı		Lateral giriş basıncı
	m	Sprey	m ³ /h	m	m	m	mm	m/s	m/100m	m	m
1	27.40	25	8.01	21.00	4.20	15.50	50	1.46	5.04	0.78	23.00
						11.90	32	1.35	7.70	0.92	
2	36.90	27	8.08	21.00	4.20	24.30	50	1.48	5.12	1.24	23.00
						12.60	32	1.35	7.70	0.97	
3	26.90	22	7.86	21.00	4.20	19.30	50	1.44	4.88	0.94	23.00
						7.60	32	1.35	7.70	0.59	
4	39.10	26	7.92	21.00	4.20	28.80	50	1.45	4.95	1.42	23.00
						10.30	32	1.35	7.70	0.79	
5	31.30	19	8.07	21.00	4.20	15.01	50	1.47	5.11	0.77	23.00
						16.30	32	1.35	7.70	1.26	
6	45.80	25	8.00	21.00	4.20	24.60	50	1.46	5.03	1.24	24.00
						21.20	32	1.35	7.70	1.63	
7	36.30	32	8.23	21.00	4.20	23.30	50	1.50	5.29	1.23	23.50
						13.00	32	1.35	7.70	1.00	
8	26.50	18	8.22	21.00	4.20	17.10	50	1.50	5.28	0.90	23.00
						9.40	32	1.35	7.70	0.72	
9 (Damla)	30.2	-	1.21	10.00	2.00	30.2	32	0.55	1.56	0.47	10.50

Ayrıca, A sulama alanında metot kısmında ayrıntılı şekilde açıklandığı gibi lateral boyunca izin verilen yük kaybı ve boru içerisinde akan suyun hızı dikkate alınarak lateral boru çapları seçilmiştir. Bu değerlere göre, A sulama alanında her bir işletme biriminde lateral boru hatlarının belli bir bölüme kadar 50 mm, belirli bir bölümden sonra ise 32 mm dış çaplı, 10 atm basınca dayanıklı HDPE 100 PN 10 ismi ile anılan sert PE borulardan oluşması gerektiği hesaplanmıştır. Bunun yanı sıra, her bir lateral girişinde istenen basınç, işletme basıncı, toplam sürtünme kaybı ve yersel yük kayıpları dikkate alınarak hesaplanmıştır. Lateraller eğimsiz olarak projelendiğinden, eğimden kaynaklanan basınç kayıpları hesaba katılmamıştır. Bu hesaplamalar sonucunda, A sulama alanında 9 adet alt işletme biriminde lateral girişinde istenen basınçlar 10.50 ile 24.20 m arasında değişmiştir (Çizelge 4.6).

B sulama alanı incelendiğinde ise, alanın 2 farklı kısımda projelendiği görülebilir. Alanda, 1. kısımda 16, 2. kısımda 13 olmak üzere toplam 29 alt işletme birimi bulunmaktadır. Tüm işletme birimlerinde sprej yağmurlama başlıkları kullanılmış ve her bir lateralde başlık sayıları 16 ile 46 adet arasında değişmiştir. Bu durumda lateral debileri 8.64 ile 14.34 m³/h arasında yer almıştır. Alanda, lateral boru çapları ise belirli bir bölüme kadar 63 mm, belirli bir bölümden sonra ise 40 mm dış çaplı, 10 atm basınca dayanıklı HDPE 100 PN 10 ismi ile anılan sert PE borulardan oluşması gerektiği hesaplanmıştır. Ayrıca, her bir işletme biriminde lateral girişinde istenen basınç değerleri 22.00 ile 25.00 m arasında değişmiştir (Çizelge 4.7).

Toplam 47 adet işletme biriminden oluşturulan C alanında 13 adetinde rotor yağmurlama başlıkları, 34 adetinde ise sprej yağmurlama başlıklar kullanılmıştır. Lateraller üzerindeki rotor yağmurlama başlıklarının sayıları 7 ile 28 arasında, lateral debileri ise 3.70 ile 13.88 m³/h arasında değişirken, sprej başlıkların sayısı 19 ile 49 arasında, lateral debileri ise 5.36 ile 14.16 m³/h arasında değişmiştir. Alanda rotor başlıklarının 35.00 m, sprejlerin ise 21.00 m işletme basıncı ile çalışması planlanmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda, işletme birimlerinde lateral boru çaplarının belirli bir bölüme kadar 63 mm, belirli bir bölümden sonra ise 40 mm dış çaplı, 10 atm basınca dayanıklı HDPE 100 PN 10 ismi ile anılan sert PE borulardan oluşması gerektiği bulunmuştur. Ayrıca, lateral girişinde istenen basınç değerlerinin ise rotor başlık bulunan laterallerde 37.00 ile 40.00 m arasında değiştiği, sprej başlıkların bulunduğu laterallerde ise 22.00 ile 26.00 m arasında değiştiği hesaplanmıştır.

Çizelge 4.7. B sulama alanı için lateral boru çaplarına ilişkin sonuçlar

İşletme birimi no	Lateral uzunluğu	Başlık sayısı	Lateral debisi	Başlık işletme basıncı	Lateral boyunca izin verilen yük kaybı	Boru kesimi	Lateral boru çapı	Su hızı	Boru hattı boyunca yük kaybı		Lateral giriş basıncı
	m	Sprey	m ³ /h	m	m	m	mm	m/s	m/100m	m	m
1	52.00	40	13.89	21.00	4.20	32.00	63	1.60	4.44	1.42	24.00
						20.00	40	1.43	6.37	1.27	
2	69.00	46	14.07	21.00	4.20	30.00	63	1.62	4.54	1.77	25.00
						39.00	40	1.43	6.37	1.91	
3	46.00	27	11.07	21.00	4.20	12.00	63	1.28	2.98	0.36	24.00
						34.00	40	1.43	6.37	2.16	
4	56.00	34	10.20	21.00	4.20	23.00	63	1.18	2.58	0.59	24.00
						33.00	40	1.43	6.37	2.10	
5	56.00	35	11.72	21.00	4.20	39.00	63	1.35	3.29	1.28	24.00
						17.00	40	1.43	6.37	1.08	
6	63.00	41	11.94	21.00	4.20	46.00	63	1.38	3.40	1.56	24.00
						17.00	40	1.43	6.37	1.08	
7	62.00	36	12.27	21.00	4.20	32.00	63	1.41	3.57	1.14	24.40
						30.00	40	1.43	6.37	1.91	
8	60.00	37	13.50	21.00	4.20	31.00	63	1.56	4.22	1.31	24.50
						29.00	40	1.43	6.37	1.85	
9	35.00	31	12.92	21.00	4.20	15.00	63	1.49	3.91	0.59	23.00
						20.00	40	1.43	6.37	1.27	
10	29.50	23	8.73	21.00	4.20	16.50	63	1.01	1.96	0.32	22.00
						13.00	40	1.43	6.37	0.83	
11	49.00	30	8.64	21.00	4.20	19.00	63	1.00	1.92	0.37	23.50
						30.00	40	1.43	6.37	1.91	

Çizelge 4.7 (Devam). B sulama alanı için lateral boru çaplarına ilişkin sonuçlar

İşletme birimi no	Lateral uzunluğu	Başlık sayısı	Lateral debisi	Başlık işletme basıncı	Lateral boyunca izin verilen yük kaybı	Boru kesimi	Lateral boru çapı	Su hızı	Boru hattı boyunca yük kaybı		Lateral giriş basıncı
	m	Sprey	m ³ /h	m	m	m	mm	m/s	m/100m	m	m
12	27.00	25	12.00	21.00	4.20	14.00	63	1.38	3.43	0.48	22.50
						13.00	40	1.43	6.37	0.83	
13	31.00	24	10.05	21.00	4.20	16.00	63	1.16	2.51	0.40	22.50
						15.00	40	1.43	6.37	0.95	
14	59.00	32	9.04	21.00	4.20	24.00	63	1.04	2.08	0.50	24.00
						35.00	40	1.43	6.37	2.23	
15	66.00	37	12.03	21.00	4.20	27.00	63	1.39	3.45	0.93	24.50
						39.00	40	1.43	6.37	2.48	
16	58.00	34	13.77	21.00	4.20	27.00	63	1.59	4.37	1.18	24.50
						39.00	40	1.43	6.37	1.97	
17	57.00	35	13.92	21.00	4.20	32.00	63	1.60	4.46	1.43	24.30
						25.00	40	1.43	6.37	1.59	
18	72.00	45	13.80	21.00	4.20	36.50	63	1.59	4.39	1.60	24.00
						35.50	40	1.43	6.37	2.26	
19	58.00	36	11.34	21.00	4.20	23.00	63	1.31	3.11	0.71	24.00
						35.00	40	1.43	6.37	2.23	
20	61.50	35	9.24	21.00	4.20	21.50	63	1.06	2.17	0.47	24.30
						40.00	40	1.43	6.37	2.55	
21	34.00	32	13.83	21.00	4.20	20.00	63	1.59	4.41	0.88	23.00
						14.00	40	1.43	6.37	0.89	
22	52.00	37	11.58	21.00	4.20	29.00	63	1.33	3.22	0.93	24.30
						33.00	40	1.43	6.37	2.10	

Çizelge 4.7. (Devam). B sulama alanı için lateral boru çaplarına ilişkin sonuçlar

İşletme birimi no	Lateral uzunluğu	Başlık sayısı	Lateral debisi	Başlık işletme basıncı	Lateral boyunca izin verilen yük kaybı	Boru kesimi	Lateral boru çapı	Su hızı	Boru hattı boyunca yük kaybı		Lateral giriş basıncı
	m	Sprey	m ³ /h	m	m	m	mm	m/s	m/100m	m	m
23	23.00	16	4.98	21.00	4.20	23.00	40	1.42	6.32	1.45	23.00
24	63.00	38	14.25	21.00	4.20	32.00 31.00	63 40	1.64 1.43	4.64 6.37	1.49 1.97	25.00
25	36.00	31	14.34	21.00	4.20	21.00 15.00	63 40	1.65 1.43	4.70 6.37	0.99 0.95	23.00
26	55.00	35	10.95	21.00	4.20	22.00 33.00	63 40	1.26 1.43	2.92 6.37	0.64 2.10	24.00
27	63.00	37	10.05	21.00	4.20	31.00 32.00	63 40	1.16 1.43	2.51 6.37	0.78 2.04	24.00
28	67.00	41	13.80	21.00	4.20	33.00 34.00	63 40	1.59 1.43	4.39 6.37	1.45 2.16	25.00
29	52.00	41	14.21	21.00	4.20	33.00 19.00	63 40	1.64 1.43	4.62 6.37	1.52 1.21	24.00

Çizelge 4.8. C sulama alanı için lateral boru çaplarına ilişkin sonuçlar

İşletme birimi no	Lateral uzunluğu m	Başlık sayısı Rotor	Lateral debisi m ³ /h	Başlık işletme basıncı m	Lateral boyunca izin verilen yük kaybı m	Boru kesimi		Su hızı m/s	Boru hattı boyunca yük kaybı		Lateral giriş basıncı m
						m	mm		m/100m	m	
1	90.00	26	12.43	35.00	7.00	49.00	63	1.43	3.65	1.79	40.00
						42.00	40	1.43	6.37	2.67	
2	95.50	27	11.80	35.00	7.00	59.00	63	1.36	3.33	1.97	40.00
						37.00	40	1.43	6.37	2.36	
3	95.00	28	12.67	35.00	7.00	67.00	63	1.46	3.78	2.53	40.00
						28.00	40	1.43	6.37	1.78	
4	36.00	13	6.95	35.00	7.00	15.00	63	0.80	1.31	0.20	37.00
						22.00	40	1.43	6.37	1.40	
5	45.00	19	8.64	35.00	7.00	16.00	63	1.00	1.92	0.31	37.00
						29.00	40	1.43	6.37	1.85	
6	53.00	20	10.31	35.00	7.00	22.00	63	1.19	2.63	0.58	38.00
						31.00	40	1.43	6.37	1.97	
7	41.00	19	7.08	35.00	7.00	16.00	63	0.82	1.36	0.22	37.00
						27.00	40	1.43	6.37	1.72	
8	22.00	7	3.70	35.00	7.00	2.00	63	1.06	3.75	0.07	37.00
						20.00	40	1.35	7.70	1.39	
9	42.00	15	7.37	35.00	7.00	6.00	63	0.85	1.46	0.09	38.00
						36.00	40	1.43	6.37	2.29	
10	35.00	10	5.89	35.00	7.00	5.00	63	0.68	0.98	0.05	37.00
						30.00	40	1.43	6.37	1.91	
11	41.00	16	7.48	35.00	7.00	13.00	63	0.86	1.49	0.19	37.00
						28.00	40	1.43	6.37	1.78	
12	66.00	22	13.88	35.00	7.00	34.00	63	1.60	4.43	1.51	39.00
						32.00	40	1.43	6.37	2.04	
13	58.00	22	9.67	35.00	7.00	19.00	63	1.11	2.35	0.45	38.00
						40.00	40	1.43	6.37	2.55	

Çizelge 4.8 (Devam). C sulama alanı için lateral boru çaplarına ilişkin sonuçlar

İşletme birimi no	Lateral uzunluğu	Başlık sayısı	Lateral debisi	Başlık işletme basıncı	Lateral boyunca izin verilen yük kaybı	Boru kesimi	Lateral boru çapı	Su hızı	Boru hattı boyunca yük kaybı		Lateral giriş basıncı
	m	Sprey	m ³ /h	m	m	m	mm	m/s	m/100m	m	m
14	29.00	24	6.30	21.00	4.20	9.00	63	0.73	1.10	0.10	23.00
						20.00	40	1.43	6.37	1.27	
15	29.00	24	6.30	21.00	4.20	9.00	63	0.73	1.10	0.10	23.00
						20.00	40	1.43	6.37	1.27	
16	29.00	24	6.30	21.00	4.20	9.00	63	0.73	1.10	0.10	23.00
						20.00	40	1.43	6.37	1.27	
17	58.00	45	14.16	21.00	4.20	42.00	63	1.63	4.59	1.93	24.00
						16.00	40	1.43	6.37	1.02	
18	50.00	35	12.42	21.00	4.20	36.00	63	1.43	3.65	1.31	23.00
						14.00	40	1.43	6.37	0.89	
19	41.00	43	12.45	21.00	4.20	11.00	63	1.43	3.66	0.40	24.00
						30.00	40	1.43	6.37	1.91	
20	51.00	23	6.54	21.00	4.20	35.00	63	0.75	1.18	0.41	23.00
						26.00	40	1.43	6.37	1.66	
21	40.00	34	13.23	21.00	4.20	24.00	63	1.52	4.07	0.98	23.00
						16.00	40	1.43	6.37	1.02	
22	49.00	19	5.36	21.00	4.20	9.00	63	0.62	0.83	0.07	25.00
						42.00	40	1.35	7.70	3.23	
23	58.00	40	12.00	21.00	4.20	35.00	63	1.38	3.43	1.20	24.00
						23.00	40	1.43	6.37	1.46	
24	53.00	31	10.62	21.00	4.20	27.00	63	1.22	2.77	0.75	24.00
						26.00	40	1.43	6.37	1.66	
25	57.00	31	8.27	21.00	4.20	18.00	63	0.95	1.78	0.32	25.00
						39.00	40	1.35	7.70	3.00	

Çizelge 4.8 (Devam) C sulama alanı için lateral boru çaplarına ilişkin sonuçlar

İşletme birimi no	Lateral uzunluğu	Başlık sayısı	Lateral debisi	Başlık işletme basıncı	Lateral boyunca izin verilen yük kaybı	Boru kesimi	Lateral boru çapı	Su hızı	Boru hattı boyunca yük kaybı		Lateral giriş basıncı
	m	Sprey	m ³ /h	m	m	m	mm	m/s	m/100m	m	m
26	60.00	31	7.83	21.00	4.20	1.00	63	0.90	1.62	0.02	25.00
						59.00	40	1.43	6.37	3.76	
27	60.00	39	12.27	21.00	4.20	35.00	63	1.41	3.57	1.25	25.00
						25.00	40	1.53	9.60	2.40	
28	77.00	40	12.54	21.00	4.20	33.00	63	1.45	3.71	1.22	25.00
						44.00	40	1.35	7.70	3.39	
29	21.00	24	12.54	21.00	4.20	7.00	63	1.45	3.71	0.26	26.00
						14.00	40	1.43	6.37	0.89	
30	40.00	30	12.84	21.00	4.20	16.00	63	1.48	3.87	0.62	22.00
						24.00	40	1.43	6.37	1.53	
31	33.00	26	12.54	21.00	4.20	17.00	63	1.45	3.71	0.63	23.00
						16.00	40	1.43	6.37	1.02	
32	37.00	25	11.88	21.00	4.20	19.00	63	1.37	3.37	0.64	23.00
						18.00	40	1.43	6.37	1.15	
33	33.00	30	9.54	21.00	4.20	17.00	63	1.10	2.29	0.02	23.00
						16.00	40	1.43	6.37	1.78	
34	33.00	32	12.99	21.00	4.20	10.00	63	1.50	3.95	0.39	23.00
						23.00	40	1.43	6.37	1.46	
35	34.00	23	10.68	21.00	4.20	12.00	63	1.23	2.80	0.34	23.00
						22.00	40	1.43	6.37	1.40	
36	38.00	25	8.25	21.00	4.20	14.00	63	0.95	1.77	0.25	23.00
						25.00	40	1.43	6.37	1.59	
37	44.00	28	13.20	21.00	4.20	28.00	63	1.52	4.06	1.14	23.00
						16.00	40	1.43	6.37	1.02	

Çizelge 4.8 (Devam). C sulama alanı için lateral boru çaplarına ilişkin sonuçlar

İşletme birimi no	Lateral uzunluğu	Başlık sayısı	Lateral debisi	Başlık işletme basıncı	Lateral boyunca izin verilen yük kaybı	Boru kesimi	Lateral boru çapı	Su hızı	Boru hattı boyunca yük kaybı		Lateral giriş basıncı
	m	Sprey	m ³ /h	m	m	m	mm	m/s	m/100m	m	m
38	61.00	36	13.14	21.00	4.20	40.00	63	1.51	4.03	1.61	24.00
						21.00	40	1.43	6.37	1.34	
39	63.00	43	12.93	21.00	4.20	38.00	63	1.49	3.91	1.49	24.00
						25.00	40	1.43	6.37	1.59	
40	40.00	22	6.51	21.00	4.20	5.00	63	0.75	1.17	0.06	24.00
						35.00	40	1.43	6.37	2.23	
41	52.00	49	13.50	21.00	4.20	26.00	63	1.56	4.22	1.10	24.00
						26.00	40	1.43	6.37	1.66	
42	80.00	38	9.99	21.00	4.20	36.00	63	1.15	2.49	0.89	25.00
						43.00	40	1.43	6.37	2.74	
43	78.00	41	11.76	21.00	4.20	43.00	63	1.36	3.31	1.42	25.00
						36.00	40	1.43	6.37	2.29	
44	37.00	26	8.64	21.00	4.20	18.00	63	1.00	1.92	0.35	23.00
						19.00	40	1.43	6.37	1.21	
45	26.00	21	6.20	21.00	4.20	4.00	63	0.71	1.07	0.04	23.00
						22.00	40	1.43	6.37	1.40	
46	19.00	20	8.52	21.00	4.20	15.00	63	0.98	1.88	0.28	23.00
						14.00	40	1.43	6.37	0.89	
47	28.00	28	8.70	21.00	4.20	13.00	63	1.00	1.95	0.25	23.00
						25.00	40	1.43	6.37	1.59	

4.4.5. Ana boru çapına ve pompa birimine ilişkin sonuçlar

Her bir sulama alanında, işletme birimi sayısı, aynı anda çalışan işletme birimi sayısı, ana boru hattı uzunluğu, ana boru hattı debisi, solenoid vana giriş basıncı, ana boru hattı çapı, bu çaplarda oluşacak su hızı, boru hattı boyunca oluşacak yük kaybı, ana boru hattında istenen basınç ve pompa seçiminde kullanılacak manometrik yüksekliğe ilişkin sonuçlar Çizelge 4.9' da özetlenmiştir.

A sulama alanında 9 adet işletme birimi ardışık olarak işletilecek ve böylece ana boru hattında istenen maksimum debi miktarı ise $8.23 \text{ m}^3/\text{h}$ olacaktır. Bu debi ve boru içerisinde akan suyun hızı dikkate alınarak ana boru çapı; 50 mm dış çaplı, 10 atm basınca dayanıklı HDPE 100 PN 10 ismi ile anılan sert PE borulardan oluşturulmuştur. Bunu yanı sıra, ana boru hattında istenen basınç, solenoid vana girişindeki basınç, boru hattı boyunca oluşan yük kaybı ve yersel yük kayıpları dikkate alınarak hesaplanmıştır. Ana boru hatları eğimsiz olarak projelendiğinden, eğimden kaynaklanan basınç kayıpları dikkate alınmamıştır. A sulama alanında, damla sulama işletme biriminde 1" diğerlerinde ise $1\frac{1}{2}$ " dış çaplı solenoid vanaların kullanılması planlanmış ve bu vanalardaki basınç kayıpları olarak sırasıyla 3.85 ve 1.87 m olarak alınmıştır. Böylece, sulama alanında ana boru hattı boyunca istenen basınç 37.21 m olarak hesaplanmıştır. Pompa biriminin seçiminde önemli olan manometrik yükseklik değeri ise 40.00 m olarak elde edilmiştir. Araştırmada tüm alanlarda, gerekli dinamik emme yüksekliği, su deposu ve hidrofor tabanı aynı seviyede olduğundan dikkate alınmamıştır. Fakat pompa birimi ile basma noktası arasındaki yükseklik farkı 1.75 m olarak alınmıştır. Sonuçta, A sulama alanı için 1 adet $8.23 \text{ m}^3/\text{h}$ debiye ve 40 m manometrik yüksekliğe sahip olan hidrofor ile şehir şebekesinden gelen suyu toplayacak 12.6 m^3 'lik bir depoya gereksinim olduğu belirlenmiştir.

Toplam 29 adet işletme biriminden oluşan B sulama alanı 2 ayrı alt bölgeye ayrılmış, birinci bölgede 16 adet işletme birimi, ikinci bölgede ise 13 adet işletme birimi bulunmaktadır. Her iki alt bölge ayrı ayrı işletilmiş ve her bölgede işletim birimlerinin ardışık olarak çalışması planlanmıştır. Her iki alt bölgede de istenen maksimum debi miktarı $14.3 \text{ m}^3/\text{h}$ olmuştur. Bu değerlere göre, B sulama alanında her iki alt bölge için hesaplanan ana boru çapı, 63 mm dış çaplı, 10 atm basınca dayanıklı HDPE 100 PN 10 ismi ile anılan sert PE borulardan oluşturulmuştur. Alanda, 1", $1\frac{1}{2}$ " ve 2" çapındaki solenoid vanaların kullanılması planlanmıştır. Bu değerlere göre, B sulama alanında ana boru hatlarında istenen basınç; 1. kısım için 35.64 m, 2. kısım için ise 32.40 m olarak elde edilmiştir. Pompa birimi için istenen manometrik yükseklik değeri; 1. kısım için 40.00 m, 2. kısım için ise 35.00 m olarak elde

edilmiştir. Sonuçta, B sulama alanı, 1.kısım için 1 adet 14.30 m³/h debiye ve 40 m 2.kısım için ise 1 adet 14.30 m³/h debiye ve 35 m manometrik yüksekliğe sahip olan 2 adet hidrofor gereklidir. Şehir şebekesinden gelen suyu toplayacak 1.kısım için 32 m³, ve 2.kısım için 25 m³ lük iki depoya gereksinim olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.9. Ana boru çapı ve pompa birimine ilişkin sonuçlar

Projeleme kriterleri	Sulama alanı		
	A	B	C
İşletme birimi sayısı, adet	9	29	47
Aynı anda çalışan işletme birimi, adet	1	1	3
Ana boru hattı uzunluğu, m	193	168	260
		105	71
			14
Ana boru hattı debisi, m ³ /h	8.23	14.3	42.0
Max. solenoid vana giriş basıncı, m	26.00	27.00	42.00
Ana boru hattı çapı, mm	50	63	63
			90
			110
Su hızı, m/s	1.50	1.65	1.61
			1.58
			1.59
Boru hattı boyunca yük kaybı, m/100 m	5.28	4.67	4.50
			2.78
			2.18
Boru hattı boyunca yük kaybı, m	10.19	7.85	11.70
		4.90	1.97
			0.31
Ana boru hattında istenen basınç, m	37.21	35.64 32.40	57.38
Manometrik yükseklik, m	40.00	40.00	60.00
		35.00	

C sulama alanı incelendiğinde ise, toplam 47 adet işletme birimi, aynı anda 3 işletme birimi çalıştırılacak şekilde tasarlanmıştır. Bu nedenle, ana borunun taşıyacağı maksimum debi miktarı 42.00 m³/h olarak hesaplanmıştır. Ana boru çapları ise maliyeti artırmamak için tüm işletme birimlerine aynı çapta iletilmemiştir. Böylece, ana boru çapı olarak 110, 90 ve 63 mm dış çaplı olmak üzere 10 atm basınca dayanıklı HDPE 100 PN 10 ismi ile anılan sert PE borular kullanılmıştır. Ayrıca, alanda, 1", 1½" ve 2" çapındaki solenoid vanaların kullanılması planlanmış ve ana boru hattında istenen basınç 57.38 m olarak hesaplanmıştır. Pompa birimi için istenen manometrik yükseklik değeri ise 60.00 m olarak elde edilmiştir. Sonuçta, C sulama alanı için 1 adet 42.00 m³/h debiye ve 60.00 m manometrik yüksekliğe sahip olan hidrofor ile şehir şebekesinden gelen suyu toplayacak 116 m³'lük bir depoya gereksinim olduğu belirlenmiştir.

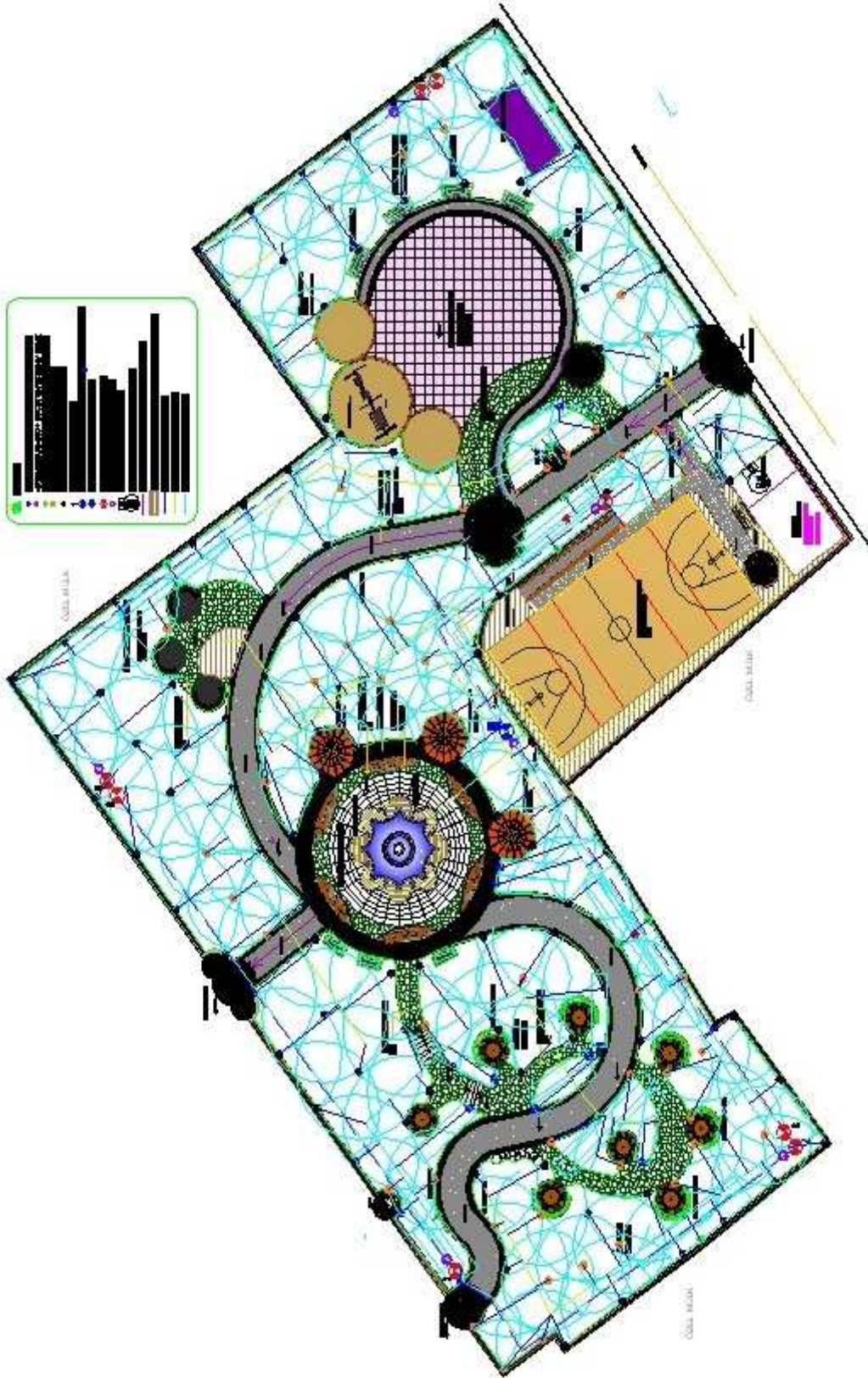
4.4.6. Kontrol birimine ilişkin sonuçlar

Her üç sulama alanında da otomatik kontrol tasarlanmıştır. A sulama alanında 9 adet işletme birimi olduğundan dolayı 9 istasyon kapasiteli mekan içi kablolu kontrol ünitesi kullanılmıştır. B sulama alanında ise 13 ve 16 istasyon kapasiteli mekan içi kablolu kontrol ünitesi tercih edilmiştir. Toplam 47 adet işletme birimi olan C sulama alanında aynı anda çalışacak 3 işletme birimi dikkate alındığından 31 adet işletme birimi 31 istasyon kapasiteli mekan dışı kablolu kontrol ünitesi ile geriye kalan 16 işletme birimi ise 16 istasyon kapasiteli mekan içi kablolu kontrol ünitesi tasarlanmıştır. Solenoid vana ve kontrol ünitesi arasında ise NYY tip 0.8 mm²' lik elektrik kablosu kullanılmıştır.

4.4.7. Yeniden tasarlanan sulama sistemi projeleri

Araştırmada ele alınan üç rekreasyon alanı için yeniden tasarlanan sulama sistemi projeleri Şekil 4.1, 4.2, 4.3 ve 4.4' te, kullanılan ekipmanların listesi ise sırasıyla Çizelge 3.10, 3.11 ve 3.12' de verilmiştir. Ayrıca, mevcut sulama sistemlerinin projeleri ekte verilmiştir.

Şekil ve çizelgeler incelendiğinde; A alanında sulama sistemi olarak, 50 m² alan için damla sulama sistemi geri kalan alan için sprej tipi rekreasyon alanı sulama başlıkları kullanılmıştır. Alana, sulama suyu şehir şebekesinden alınmış olup, su kaynağının debisi



Şekil 4.1. A alanı için yeniden tasarlanan sulama sistemi projesi

Çizelge 4.10. A alanı için yeniden tasarlanan sulama sistemi projesinde kullanılan malzemeler ve özellikleri

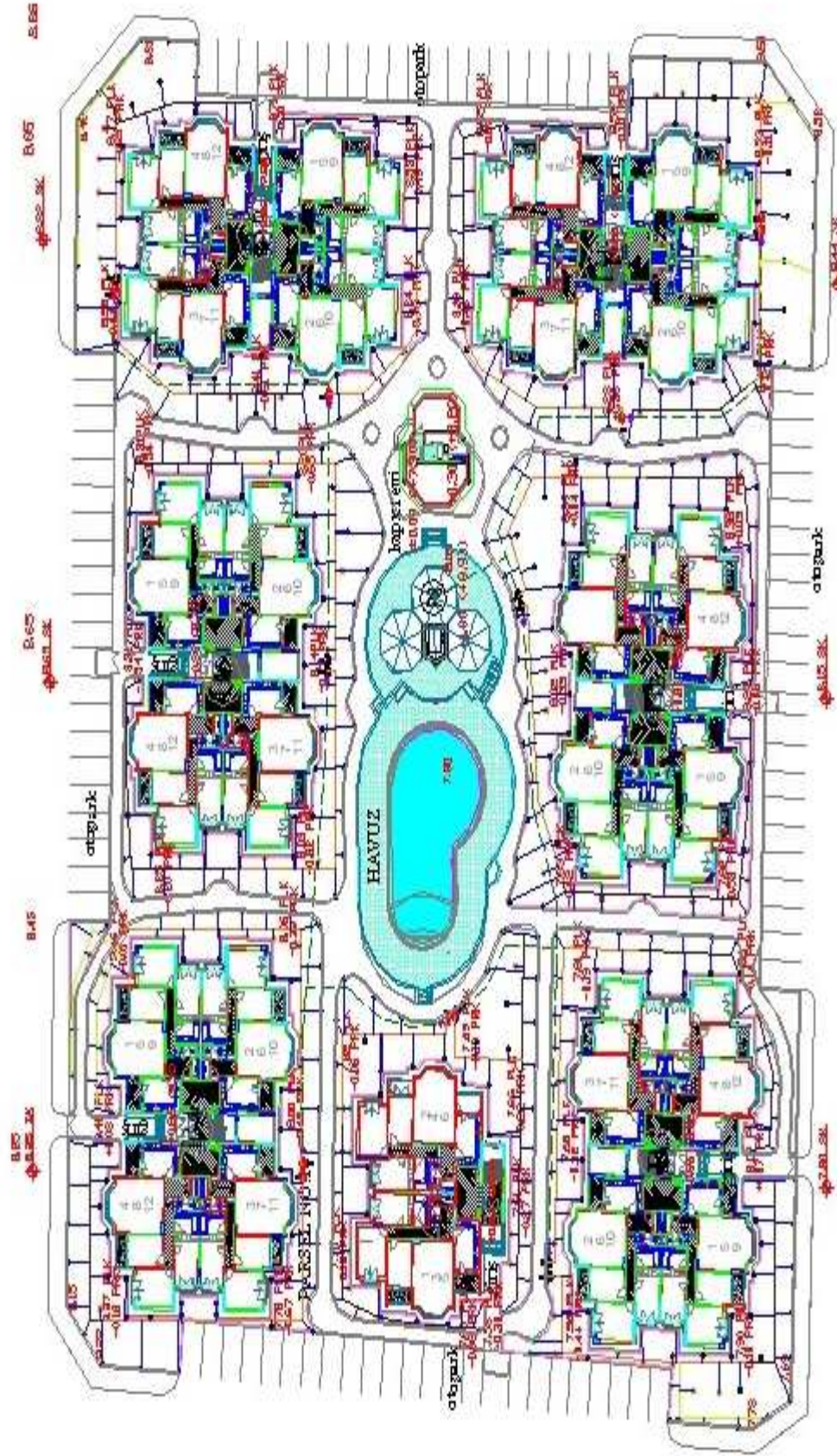
Proje tipi		Park
Toplam proje alanı, m ²		2162
Sert zemin ve diğer alanlar, m ²		932
Yeşil alan, m ²	Damla	50
	Yağmurlama	1180
Su kaynağının cinsi		Şebeke
Su kaynağının debisi, m ³ /h		5.0
Kullanılan başlık sayıları, adet	Sprey	194
	Rotor	*
Damla sulama borusu çapı / damlatıcı aralığı / damlatıcı debisi		16mm/33cm/2.2 L/s
Toplam damla sulama borusu, m		182
Sistemdeki toplam işletme sayısı, adet	1" solenoid vana	1
	2" solenoid vana	8
	Küresel vana	9
Kılcal boru çapı tipi	20 mm	LDPE32 PN4
Kılcal boru toplam uzunluğu, m	20 mm	445
Lateral boru çapı tipi	32 mm	HDPE100 PN10
	50 mm	HDPE100 PN10
Lateral boru toplam uzunluğu, m	32 mm	150
	50 mm	307
Ana boru çapı tipi	50 mm	HDPE100 PN10
Ana boru toplam uzunluğu, m	50 mm	193
Sistemdeki kullanılan can suyu vanası sayısı, adet		6
1.Pompa birimi	Debi, m ³ /h	8.23
	Basınç, atm	4.0
	Pompa tipi	Hidrofor
Kullanılan NY Y kablo çapı, mm ² / uzunluğu, m		0.8 / 225
Kontrol ünitesi / istasyon sayısı	24V, Kablolu	9
Mevcut 1.su deposu varsa kapasitesi, m ³		50
Sistem için gereken su deposu kapasitesi, m ³		12.6

5 m³/h olacak şekilde planlanma yapılmış ve toplam 9 adet işletme birimi oluşturulmuştur. Projede, toplam 194 adet sprej tipi yağmurlama başlığı ve 182 m damla sulama borusu tasarlanmıştır. Lateral boru hatlarında 50 ve 32 mm dış çaplı, 10 atmosfere dayanıklı sert PE borulardan, kılcal boru hatlarında ise 20 mm dış çaplı, 4 atmosfere dayanıklı yumuşak PE borular kullanılmıştır. Ana boru hattı ise 50 mm dış çaplı, 10 atmosfere dayanıklı sert PE borulardan oluşturulmuştur. Projeye göre, toplam 193 m ana boru hattı, 457 m lateral boru hattı ve 445 m kılcal boru hattına ihtiyaç duyulmuştur. Ayrıca, sulama sisteminin kablolu kontrol üniteleri ile otomatik olarak işletileceği ve pompa biriminde 12.6 m³ kapasiteli su deposundan 8.23 m³/h debiyi ve 40 m manometrik yüksekliğe sahip bir hidroforlu sistem planlanmıştır (Şekil 4.1, Çizelge 4.10).

B alanı sulama sisteminde 1017 adet sprej tipi yağmurlama başlığı kullanılmıştır. Alan büyük olduğundan iki alt alana bölünmüş ve ayrı ayrı olarak projelendirilmiştir. Her iki alanda da sulama suyu şehir şebekesinden alınmış olup, su kaynağının debisi 5 m³/h olacak şekilde planlanma yapılmış ve toplam 29 adet işletme birimi oluşturulmuştur. Ana boru hatlarında 63 mm dış çaplı, 10 atmosfere dayanıklı sert PE borular, lateral boru hatlarında ise 40 ile 63 mm dış çaplı 10 atmosfere dayanıklı sert PE borular kullanılmıştır. Projeye göre, toplam 515 m ana boru hattı ve 1644 m lateral boru hattına ihtiyaç duyulmuştur. Ayrıca, 32 ve 25 m³ kapasitesinde iki depo planlanmış ve sisteme sulama suyu 14.3 m³/h debi ve 40.00 ve 35.00 m basınç sağlayabilecek 2 adet hidrofor ile kablolu kontrol üniteleri ile otomasyona alınmıştır (Şekil 4.2, 4.3, Çizelge 4.11).

C alanında sulama sistemi olarak 1055 sprej ve 245 rotor tipi yağmurlama sulama başlıkları kullanılmıştır. Alana, sulama suyu şehir şebekesinden alınmış olup, su kaynağının debisi 10 m³/h olacak şekilde planlanma yapılmış ve toplam 47 adet işletme birimi oluşturulmuştur. Lateral boru hatlarında 40 ve 63 mm dış çaplı, 10 atmosfere dayanıklı sert PE borulardan, kılcal boru hatlarında ise 20 mm dış çaplı, 4 atmosfere dayanıklı yumuşak PE borular kullanılmıştır. Ana boru hattında ise 110, 90 ve 63 mm dış çaplı 10 atmosfere dayanıklı sert PE borular kullanılmıştır. Projeye göre, toplam 887 m ana boru hattı, 2885 m lateral boru hattı ve 2715 m kılcal boru hattına ihtiyaç duyulmuştur. Ayrıca, sulama sisteminin kablolu kontrol üniteleri ile otomatik olarak işletileceği ve pompa biriminde 116 m³ kapasiteli su deposundan 42 m³/h debi ve 60.0 m. basınç sağlayabilecek hidroforlu sistem planlanmıştır (Şekil 4.4, Çizelge 4.12).

PARK EVLERİ 1.KISIM



Şekil 4.2. B alanı 1.kısım için yeniden tasarlanan sulama sistemi projesi



Şekil 4.3. B alanı 2.kısım için yeniden tasarlanan sulama sistemi projesi

Çizelge 4.11. B alanı için yeniden tasarlanan sulama sistemi projesinde kullanılan malzemeler ve özellikleri

Proje tipi		Site
Toplam proje alanı, m ²		23148
Sert zemin ve diğer alanlar, m ²		15002
Yeşil alan, m ²	Damla	*
	Yağmurlama	8146
Su kaynağının cinsi		Şebeke
Su kaynağının debisi, m ³ /h		5
Kullanılan başlık sayıları, adet	Sprey	1017
	Rotor	*
Damla sulama borusu çapı / damlatıcı aralığı / damlatıcı debisi		*
Toplam damla sulama borusu, m		*
Sistemdeki toplam işletme sayısı, adet	1" solenoid vana	1
	1½" solenoid vana	14
	2" solenoid vana	14
	Küresel vana	29
Kılcal boru çapı tipi	20 mm	LDPE32 PN4
Kılcal boru toplam uzunluğu, m	20 mm	1862
Lateral boru çapı tipi	40 mm	HDPE100 PN10
	63 mm	HDPE100 PN10
Lateral boru toplam uzunluğu, m	40 mm	898
	63 mm	746
Ana boru çapı tipi	63 mm	HDPE100 PN10
Ana boru toplam uzunluğu, m	63 mm	515
Sistemdeki kullanılan can suyu vanası sayısı, adet		16
1.Pompa birimi	Debi, m ³ /h	14
	Basınç, bar	4
	Pompa tipi	Hidrofor
2.Pompa birimi	Debi, m ³ /h	14
	Basınç, atm	4.5
	Pompa tipi	Hidrofor
Kullanılan NYY kablo çapı, mm ² / uzunluğu, m		0.8/445
Kontrol ünitesi / istasyon sayısı	24V, Kablolu	13
Kontrol ünitesi / istasyon sayısı	24V, Kablolu	16
Mevcut 1.su deposu varsa kapasitesi, m ³		200
Mevcut 2.su deposu varsa kapasitesi, m ³		200
Sistem için gereken su deposu kapasitesi, m ³		57



Şekil 4.4. C alanı için yeniden tasarlanan sulama sistemi projesi

Çizelge 4.12. C alanı için yeniden tasarlanan sulama sistemi projesinde kullanılan malzemeler ve özellikleri

Proje tipi		Site
Toplam proje alanı, m ²		41550
Sert zemin ve diğer alanlar, m ²		25056
Yeşil alan, m ²	Damla	*
	Sprinkler	16494
Su kaynağının cinsi		Şebeke
Su kaynağının debisi, m ³ /h		10
Kullanılan başlık sayıları, adet	Sprey	1055
	Rotor	245
Damla sulama borusu çapı / damlatıcı aralığı / damlatıcı debisi		*
Toplam damla sulama borusu, m		*
Sistemdeki toplam işletme sayısı, adet	1" solenoid vana	1
	1½" solenoid vana	30
	2" solenoid vana	16
	Küresel vana	47
Kılcal boru çapı tipi	20 mm	LDPE32 PN4
Kılcal boru toplam uzunluğu, m	20 mm	2715
Lateral boru çapı tipi	40 mm	HDPE100 PN10
	63 mm	HDPE100 PN10
Lateral boru toplam uzunluğu, m	40 mm	1875
	63 mm	1010
Ana boru çapı tipi	63 mm	HDPE100 PN10
	90 mm	HDPE100 PN10
	110 mm	HDPE100 PN10
Ana boru toplam uzunluğu, m	63 mm	755
	90 mm	118
	110 mm	14
Sistemdeki kullanılan can suyu vanası sayısı, adet		24
1.Pompa birimi	Debi, m ³ /h	42
	Basınç, atm	6.0
	Pompa tipi	Hidrofor
Kullanılan NYK kablo çapı, mm ² / uzunluğu, m		0.8 / 1250
Kontrol ünitesi / istasyon sayısı	24V, Kablolu	13
	24V, Kablolu	16
Mevcut 1.su deposu varsa kapasitesi, m ³		350
Sistem için gereken su deposu kapasitesi, m ³		116

4.5. Mevcut ve Tasarlanan Sulama Sistem Unsurlarının İlk Yatırım Maliyetleri

Mevcut ve tasarlanan sulama projelerinde kullanılması planlanan malzemelerin 2008 yılı Temmuz ayı piyasa değerlerine göre hesaplanan ilk yatırım maliyetleri Çizelge 4.13 ile Çizelge 4.18 arasında verilmiştir. Çizelgelerden izleneceği gibi, A alanının mevcut projesinde 9827 YTL olan ilk yatırım masrafı yeniden tasarlanması sonucunda 9297.30 YTL olarak elde edilmiştir. B alanında ise mevcut projede 27104.10 YTL olan ilk yatırım masrafı yeniden projelenmesi koşulunda 28551.30 YTL' ye yükselmiştir. Sulama alanı bakımından en büyük olan C projesinde ise 93989.84 YTL olan ilk yatırım masrafları 65984.10 YTL olarak değişkenlik göstermiştir.

Değerlerden görüleceği yeni tasarlama sonucunda A ve C alanda azalan ilk yatırım masrafları, B alanında artmıştır. Bunun nedeni olarak, B alanı mevcut sulama projesinde kılcal boru hatları gösterilmediğinden, ilk yatırım maliyet analizine katılmamıştır.

Ayrıca, rekreasyon alanı sulama projesi maliyetleri açısından (yeniden tasarlama sonunda), birim alan fiyatları, A projesinde 7.5 YTL/m², B projesinde 3.5 YTL/m² ve C projesinde ise 4.0 YTL/m² olarak elde edilmiştir. İlk yatırım masraflarındaki değişim alanın topografik yapısına ve sulanacak alanların şekillerine bağlı olmakla beraber, genel olarak alan büyüdükçe birim alan maliyetlerinin azaldığı söylenebilir.

Çizelge 4.13. Mevcut A projesi ilk yatırım maliyetleri

Malzeme listesi		Adedi	Birim fiyatı, YTL	Toplam, YTL
Kullanılan başlık sayıları, adet	Sprey	233	4.50	1048.50
Sistemdeki toplam işletme sayısı, adet	Küresel vana	8	53.50	428.00
Kılcal boru toplam uzunluğu, m	16 mm	461	0.50	230.50
Lateral boru toplam uzunluğu, m	63 mm	269	10.00	2690.00
Ana boru toplam uzunluğu, m	63 mm	206	10.00	2060.00
Pompa birimi	Debi, m ³ /h	16	2670.00	2670.00
	Basınç, atm	6.5		
Mevcut su deposu varsa kapasitesi, m ³		50	14.00	700.00
TOPLAM				9827.00

Çizelge 4.14. Mevcut B projesi ilk yatırım maliyetleri

Malzeme listesi		Adedi	Birim fiyatı, YTL	Toplam, YTL
Kullanılan başlık sayıları, adet	Sprey	925	4.50	4162.50
Sistemdeki toplam işletme sayısı, adet	1½" solenoid vana	27	80.40	2170.80
	Küresel vana	27	40.00	1080.00
Lateral boru toplam uzunluğu, m	40 mm	667	2.40	1600.80
	50 mm	919	3.60	3308.40
Ana boru toplam uzunluğu, m	63 mm	329	5.90	1941.10
1. Pompa birimi	Debi, m ³ /h	15	3000.00	3000.00
	Basınç, bar	7		
	Pompa tipi	Hidrofor		
2. Pompa birimi	Debi, m ³ /h	15	3000.00	3000.00
	Basınç, atm	7		
	Pompa tipi	Hidrofor		
Kullanılan NYY kablo çapı, mm ² / uzunluğu, m		1.5 / 445	0.90	400.50
Kontrol ünitesi / istasyon sayısı	24V, Kablolu	13	275.00	275.00
	24V, Kablolu	16	565.00	565.00
Mevcut 1.su deposu varsa kapasitesi, m ³		200	14.00	2800.00
Mevcut 2.su deposu varsa kapasitesi, m ³		200	14.00	2800.00
TOPLAM				27104.10

Çizelge 4.15. Mevcut C projesi ilk yatırım maliyetleri

Malzeme Listesi		Adedi	Birim fiyatı, YTL	Toplam fiyatı YTL
Kullanılan başlık sayıları, adet	Sprey	1264	4.50	5688.00
	Rotor	270	19.00	5130.00
Sistemdeki toplam işletme sayısı, adet	Küresel vana	30	53.50	1605.00
Kılcal boru toplam uzunluğu, m	20 mm	16467	1.10	18113.70
Lateral boru toplam uzunluğu, m	63 mm	6415	5.90	37848.50
Ana boru toplam uzunluğu, m	110 mm	808	17.58	14204.64
Pompa birimi	Debi, m ³ /h	60	6500.00	6500.00
	Basınç, atm	8.0		
	Pompa tipi	Hidrofor		
Mevcut su deposu varsa kapasitesi, m ³		350	14.00	4900.00
TOPLAM				93989.84

Çizelge 4.16. Yeniden tasarlanan A projesi ilk yatırım maliyetleri

Malzeme listesi		Adedi	Birim fiyatı YTL	Toplam fiyatı YTL
Kullanılan başlık sayıları, adet	Sprey	194	4.50	873.00
Toplam damla sulama borusu, m		182	0.50	91.00
Sistemdeki toplam işletme sayısı, adet	1" solenoid vana	1	33.50	33.50
	2" solenoid vana	8	194.00	1552.00
	Küresel vana	9	53.50	481.50
Kılcal boru toplam uzunluğu, m	20 mm	445	1.10	489.50
Lateral boru toplam uzunluğu, m	32 mm	150	1.58	237.00
	50 mm	307	3.60	1105.20
Ana boru toplam uzunluğu, m	50 mm	193	3.60	694.80
Sistemdeki kullanılan can suyu vanası sayısı, adet		6	15.40	92.40
1.Pompa birimi	Debi, m ³ /h	8.2	2310.00	2310.00
	Basınç, bar	4.5		
	Pompa tipi	Hidrofor		
Kullanılan NYY kablo çapı, mm ² / uzunluğu, m		0.8 / 225	4.56	1026.00
Kontrol ünitesi / istasyon sayısı	24V, Kablolu	9	135.00	135.00
Sistem için gereken su deposu kapasitesi, m ³		12.60	14.00	176.40
TOPLAM				9297.30

Çizelge 4.17. Yeniden tasarlanan B projesi ilk yatırım maliyetleri

Malzeme Listesi		Adedi	Birim fiyatı YTL	Toplam, fiyatı YTL
Kullanılan başlık sayıları, adet	Sprey	1017	4.50	4576.5
Sistemdeki toplam işletme sayısı, adet	1" solenoid vana	1	33.50	33.5
	1½" solenoid vana	14	80.40	1125.60
	2" solenoid vana	14	194.00	2716.00
	Küresel vana	29	53.50	1551.50
Kılcal boru toplam uzunluğu, m	20 mm	1862	1.10	2048.20
Lateral boru toplam uzunluğu, m	40 mm	898	2.40	2155.20
	63 mm	746	5.90	4401.40
Ana boru toplam uzunluğu, m	63mm	515	5.90	3038.50
Sistemdeki kullanılan can suyu vanası sayısı, adet		16	15.40	246.40
1.Pompa birimi	Debi, m ³ /h	14	2310.00	2310.00
	Basınç, bar	4		
	Pompa tipi	Hidrofor		
2.Pompa birimi	Debi, m ³ /h	14	2310.00	2310.00
	Basınç, bar	4		
	Pompa tipi	Hidrofor		
Kullanılan NYY kablo çapı, mm ² / uzunluğu, m		0.8 / 445	0.90	400.5
Kontrol ünitesi / istasyon sayısı	24V, Kablolu	13	275.00	275.00
	24V, Kablolu	16	565.00	565.00
Sistem için gereken su deposu kapasitesi, m ³		57	14.00	798.00
TOPLAM				28551.30

Çizelge 4.18: Yeniden tasarlanan C projesi ilk yatırım maliyetleri

Malzeme listesi		Adedi	Birim fiyatı YTL	Toplam fiyatı YTL
Kullanılan başlık sayıları, adet	Sprey	1055	4.50	4747.50
	Rötor	245	19.00	4655.00
Sistemdeki toplam işletme sayısı, adet	1" solenoid vana	1	33.50	33.50
	1½" solenoid vana	30	80.40	2412.00
	2" solenoid vana	16	194.00	3104.00
	Küresel vana	47	53.50	2514.50
Kılcal boru toplam uzunluğu, m	20 mm	2715	1.10	2986.50
Lateral boru toplam uzunluğu, m	40 mm	1875	2.40	4500.00
	63 mm	1010	5.90	5959.00
Ana boru toplam uzunluğu, m	63 mm	755	5.90	4454.50
	90 mm	118	11.80	1392.40
	110 mm	14	15.40	215.60
Sistemdeki kullanılan can suyu vanası sayısı, adet		24	15.40	369.60
1.Pompa birimi	Debi, m ³ /h	42	4600.00	4600.00
	Basınç, atm	7		
	Pompa tipi	Hidrofor		
Kullanılan NYY kablo çapı, mm ² / uzunluğu, m		0.8 / 1250	4.56	5700.00
Kontrol ünitesi / istasyon sayısı	24V, Kablolu	13	275.00	275.00
	24V, Kablolu	16	565.00	565.00
Sistem için gereken su deposu kapasitesi, m ³		116	14	17500
TOPLAM				65984.10

4.6. Mevcut ve Tasarlanan Sulama Sistem Unsurlarının Karşılaştırılması

4.6.1. A proje alanı

A proje alanı için mevcut ve yeniden tasarlanan sulama projeleri karşılaştırıldığında aşağıdaki bulgulara ulaşılmıştır.

Mevcut projede, sulama sistemi ön projelendirme koşullarının dikkate alınmadığı gözlemlenmiştir. Özellikle, uygun yağmurlama başlığının seçiminde toprağın infiltrasyon hızı değerinin ölçülmediği belirlenmiştir. Sulama alanlarının darlığı nedeniyle hem mevcut projede hem de yeni tasarlanan projede spreylen başlıklar kullanılmıştır. Fakat mevcut projede yağmurlama başlıklarının yerleşiminde tam örtmeye dikkat edilmemiş olmasına rağmen yeniden tasarlanan projeye göre toplam 39 adet daha fazla başlık kullanılmıştır.

Sulama alanında, sprey başlıkların kullanılmasının mümkün olmadığı yalnızca damla sulama sisteminin kullanılabileceği dar alanlar olmasına karşın mevcut sulama projesinde böyle bir projelene gidilmemiştir.

Her iki proje işletme birimleri açısından değerlendirildiğinde, mevcut projede, işletim birimleri debi değerlerinin birbirlerine yakın olmadığı görülmüştür. Ayrıca, mevcut projede lateral boru hatlarında 63 mm dış çaplı borular kullanılmasına rağmen 8 adet işletme birimi oluşturmuş, yeniden tasarlanan projede ise 50 ve 32 mm dış çaplı borular ile 9 adet işletme birimi oluşturulmuştur.

Mevcut projede, her bir işletme biriminde lateral boru hatları en son başlığa kadar aynı boru çapları ile uzatılmıştır. Oysaki yeniden tasarlanan projede, 50 mm dış çap ile başlanan lateral boru çapları belirli bir noktadan sonra 32 mm dış çap şeklinde devam etmiştir. Ayrıca, mevcut projede, işletim birimlerinde debi farklılıkları olmasına karşın, aynı çapta (2") küresel vanalar kullanılmıştır. Böylece boru hidroliği ve ekonomi açısından olumsuz sonuçlar ortaya çıkmıştır.

Lateral ve ana boru hatlarında kullanılan boru özellikleri incelendiğinde, mevcut projede 6 atm. işletme basıncına dayanıklı HDPE100 boruların tercih edildiği görülmüştür. Yeni tasarlanan projede ise hem yük kayıplarını azaltması hem de daha ekonomik olması nedeniyle 10 atmosfere dayanıklı boruların kullanılması önerilmiştir. Ayrıca, lateral boru ile başlık arasındaki bağlantıyı sağlayan kılcal borularda, mevcut projede 4 atmosfer basınca dayanıklı 16 mm dış çaplı LDPE borular tercih edilirken, yeni tasarlanan projede 6 atmosfer basınca dayanıklı 20 mm dış çaplı LDPE borular tercih edilmiştir. Bunun nedeni olarak, kılcal boruların toprak altına gömülmesi ve 20 mm dış çaplı boruların kaplin bağlantı elemanı ile sağlam ve seri bir şekilde bağlanması olarak açıklanabilir.

Mevcut projede sulama sisteminin manuel olarak işletileceği planlanmıştır. Oysaki, kaynak araştırması bölümünde de açıklandığı gibi, üniform su dağılımı ve mevcut su kaynaklarını kullanım açısından rekreasyon alanı sulama projelerinde otomatik kontrol ünitelerinin kullanılması gerekmektedir. Otomatik sistemlerin ilk yatırım masraflarının manuel sistemlere göre daha fazla olduğu bir gerçektir. Fakat sulama zamanı ve sulama süreleri dikkate alındığında, otomatik sulama sistemi ile birlikte özellikle enerji ve işçilik masraflarını önemli düzeyde azalacaktır. Bu nedenle, yeniden tasarlanan projede kablolu kontrol ünitesi tercih edilmiştir.

Su deposu hacminin, mevcut projede, yeniden tasarlanan projeye göre çok daha fazla olduğu belirlenmiştir. Mevcut projede su deposunun kapasitesinin yüksek alınmasının nedeni

olarak, sulama süresi, sulama zamanı, uygulanacak sulama suyu miktarı ve işletim düzeni gibi ön projelendirme faktörlerinin dikkate alınmadığı sonucu çıkmaktadır

Proje alanında kullanılacak pompa özellikleri incelendiğinde, mevcut projede 16.0 m³/h debili, 65 m manometrik yüksekliğe sahip olan hidroforlu sistem yerine, yeniden tasarlama sonucunda 8.2 m³/h debili, 45 m manometrik yüksekliğe sahip hidroforlu sistemin kullanılması önerilmiştir. İlk yatırım masrafları açısından iki sistem arasında çok büyük fark olmamasına karşın, daha yüksek manometrik yükseklik açısından daha fazla enerji masrafının ortaya çıkacağı belirlenmiştir.

Mevcut projede can suyu vanasının kullanılmadığı görülmüştür. Oysaki sistemde meydana gelecek herhangi bir arızada veya yeşil alanda meydana gelebilecek kısa süreli bitki su stresi koşullarında can suyu vanasına ihtiyaç duyulmaktadır. Yeniden tasarlanan projede sulama sistemi içerisinde gerekli yerlere can suyu vanası eklenmiştir.

Mevcut proje koşullarında 9827 YTL olan ilk yatırım masrafları, yeni tasarım sonucunda 9297.30 YTL olarak elde edilmiştir. Görüldüğü gibi, her iki değer birbirlerine çok yakındır. Fakat özellikle yeniden tasarlanan sulama sisteminin, otomatik olarak işletilmesi, can suyu vanalarının ve gerektiği yerlerde damla sulama sisteminin kullanılması nedeniyle ilk yatırım masrafları açısından daha rantabl olduğu söylenebilir.

4.6.2. B proje alanı

B proje alanı için mevcut ve yeniden tasarlanan sulama projeleri karşılaştırıldığında aşağıdaki bulgulara ulaşılmıştır.

Mevcut projede, sulama sistemi ön projelendirme koşullarının dikkate alınmadığı gözlemlenmiştir. Özellikle, uygun yağmurlama başlığının seçiminde toprağın infiltrasyon hızı değerinin ölçülmediği belirlenmiştir. Sulama alanlarının darlığı nedeniyle hem mevcut projede hem de yeni tasarlanan projede spreylilik başlıklar kullanılmıştır. Fakat mevcut projede yağmurlama başlıklarının yerleşiminde tam örtmeye dikkat edilmemiş ve gelişmiş güzel başlık yerleşimi yapılmıştır. Bu da rekreasyon alanlarında istenen üniform yeşil bitki örtüsünün sağlanmamasına neden olmaktadır.

Ana boru hatlarının 63 mm dış çap olacak şekilde tasarlanan mevcut projede lateral boru hatlarında ise 40 veya 50 mm dış çaplı borular kullanılmıştır. Sistemde her işletim birimi ardışık olacak çalıştırılacağından ana boru hattında daha yüksek boru çapı kullanımı maliyeti arttırmıştır. Öte yandan, mevcut projede, her bir işletme biriminde lateral boru hatları en son başlığa kadar aynı boru çapları ile uzatılmıştır. Oysaki yeniden tasarlanan projede, 63 mm dış

çap ile başlanan lateral boru çapları belirli bir noktadan sonra 40 mm dış çap şeklinde devam etmiştir.

Mevcut projede lateral borular ile başlıklar arasında kullanılan kılcal borulara ilişkin detay görülmemesine karşın, yeni tasarlanan projede 6 atmosfer basınca dayanıklı 20 mm dış çaplı LDPE borular tercih edilmiştir.

Su deposu hacminin, mevcut projede, yeniden tasarlanan projeye göre 4 katı fazla olduğu belirlenmiştir. Mevcut projede su deposunun kapasitesinin yüksek alınmasının nedeni olarak, sulama süresi, sulama zamanı, uygulanacak sulama suyu miktarı ve işletim düzeni gibi ön projelendirme faktörlerinin dikkate alınmadığı sonucu çıkmaktadır.

Proje alanında kullanılacak pompa özellikleri incelendiğinde, mevcut projede 15.0 m³/h debili, 70 m manometrik yüksekliğe sahip olan iki adet hidroforlu sistem yerine, yeniden tasarlama sonucunda 14.0 m³/h debili, 40 m manometrik yüksekliğe sahip iki adet hidroforlu sistemin kullanılması önerilmiştir. İlk yatırım masrafları açısından iki sistem arasında çok büyük fark olmamasına karşın, daha yüksek manometrik yükseklik açısından daha fazla enerji masrafı ortaya çıkmaktadır.

Mevcut projede can suyu vanasının kullanılmadığı görülmüştür. Oysaki sistemde meydana gelecek herhangi bir arızada veya yeşil alanda meydana gelebilecek kısa süreli bitki su stresi koşullarında can suyu vanasına ihtiyaç duyulmaktadır. Yeniden tasarlanan projede sulama sistemi içerisinde gerekli yerlere can suyu vanası eklenmiştir.

Mevcut proje koşullarında 27140.10 YTL olan ilk yatırım masrafları, yeni tasarım sonucunda 28551.30 YTL olarak elde edilmiştir. Görüldüğü gibi, her iki değer birbirlerine çok yakındır. Fakat özellikle yeniden tasarlanan sulama projesinde daha fazla spreyl başlığı kullanılmasına ve kılcal boruların maliyet hesabına katılması nedeniyle ekonomik açıdan daha uygun olduğu söylenebilir.

4.6.3. C proje alanı

C proje alanı için mevcut ve yeniden tasarlanan sulama projeleri karşılaştırıldığında aşağıdaki bulgulara ulaşılmıştır.

Mevcut projede, sulama sistemi ön projelendirme koşullarının dikkate alınmadığı gözlemlenmiştir. Özellikle, uygun yağmurlama başlığının seçiminde toprağın infiltrasyon hızı değerinin ölçülmediği belirlenmiştir. Hem mevcut projede hem de yeni tasarlanan projede spreyl ve rotor başlıklar kullanılmıştır. Fakat mevcut projede yağmurlama başlıklarının

yerleşiminde tam örtmeye dikkat edilmemiş, gelişi güzel başlık yerleşimi yapılmış ve buna rağmen daha fazla yağmurlama başlığı kullanılmıştır. Bu da rekreasyon alanlarında istenen üniform yeşil bitki örtüsünün sağlanmamasına neden olacaktır. Ayrıca, rekreasyon alanlarının projelenmesinde dikkat edilmesi gereken önemli bir kriter olan farklı tipdeki başlıkların aynı işletme birimine bağlanmaması kuralı mevcut proje koşullarında uygulanmamıştır. Mevcut projede işletme birimlerinin sayısının 30 olduğu görülmüştür. Bu koşullarda 63 mm dış çaplı oluşturulan işletme birimlerinin çok sayıdaki yağmurlama başlığını çalıştıramayacağı çok açıktır. Oysaki yeniden tasarlanan projede işletme sayısı 47 olarak hesaplanmıştır

Ana boru hatlarının 110 mm dış çap olacak şekilde tasarlanan mevcut projede lateral boru hatlarında ise 63 mm dış çaplı borular kullanılmıştır. Sistemde her üç işletme birimi ardışık olacak çalıştırılacağından ana boru hattında daha yüksek boru çapı kullanımı maliyeti arttırmıştır. Öte yandan, mevcut projede, her bir işletme biriminde lateral boru hatları en son başlığa kadar aynı boru çapları ile uzatılmıştır. Oysaki yeniden tasarlanan projede, 63 mm dış çap ile başlanan lateral boru çapları belirli bir noktadan sonra 40 mm dış çap şeklinde devam etmiştir. Aynı şekilde, yeniden tasarlanan projede ana boru hatları 110 mm dış çap ile başlamış, belirli bir kesimden sonra 90 mm' ye, daha sonra ise 63 mm' ye düşürülmüştür.

Mevcut projede lateral borular ile başlıklar arasında kullanılan kılcal borulara ilişkin detay görülmemesine karşın, yeni tasarlanan projede 6 atmosfer basınca dayanıklı 20 mm dış çaplı LDPE borular tercih edilmiştir. Oysaki ilk yatırım masrafları dikkate alındığında B projesinde kılcal boru maliyetinin 2000 YTL civarında olduğu görülmüştür.

Mevcut ve yeni tasarlanan projede sulama sisteminin manuel olarak işletileceği planlanmıştır. Fakat solenoid vanalara kadar gerekli elektrik kablolarında mevcut projede 1.5 mm² kalınlığı yerine 0.8 mm² kalınlık tercih edilmiştir.

Su deposu hacminin, mevcut projede, yeniden tasarlanan projeye göre 3 katı fazla olduğu belirlenmiştir. Mevcut projede su deposunun kapasitesinin yüksek alınmasının nedeni olarak, sulama süresi, sulama zamanı, uygulanacak sulama suyu miktarı ve işletim düzeni gibi ön projelendirme faktörlerinin dikkate alınmadığı sonucu çıkmaktadır

Proje alanında kullanılacak pompa özellikleri incelendiğinde, mevcut projede 60.0 m³/h debili, 80 m manometrik yüksekliğe sahip olan iki adet hidroforlu sistem yerine, yeniden tasarlama sonucunda 42.00 m³/h debili, 70 m manometrik yüksekliğe sahip iki adet hidroforlu sistemin kullanılması önerilmiştir. İlk yatırım masrafları açısından iki sistem arasında çok büyük fark olmamasına karşın, daha yüksek manometrik yükseklik açısından daha fazla enerji masrafı ortaya çıkmaktadır.

Mevcut projede can suyu vanasının kullanılmadığı görülmüştür. Oysaki sistemde meydana gelecek herhangi bir arızada veya yeşil alanda meydana gelebilecek kısa süreli bitki su stresi koşullarında can suyu vanasına ihtiyaç duyulmaktadır. Yeniden tasarlanan projede sulama sistemi içerisinde gerekli yerlere can suyu vanası eklenmiştir.

Mevcut proje koşullarında 93 989.94 YTL olan ilk yatırım masrafları, yeni tasarım sonucunda 65 984.10 YTL olarak elde edilmiştir. Görüldüğü gibi, her iki değer arasında büyük farklılıklar bulunmaktadır. Fakat özellikle yeniden tasarlanan sulama sisteminin, otomatik olarak işletilmesi ve ilaveten solenoid ve can suyu vanalarının kullanılmasına karşın çok daha ekonomik olduğu söylenebilir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Rekreasyon alanı sulama projelerinin tasarım ve uygulama aşamalarında ortaya çıkan sorunlar ve çözüm önerilerini belirlemek amacıyla üç farklı alanda yapılan incelemeler sonucunda aşağıdaki sonuçlar ve çözüm önerileri ortaya çıkmıştır.

- Sulama mühendisinin rekreasyon alanı sulama projesini başarılı bir şekilde hazırlayabilmesi için peyzaj projesinin hazır olması gerekmektedir. Aksi takdirde, tüm yeşil alan çim alanı kabul edilerek projelendirilmesine neden olacaktır. Bu nedenle, rekreasyon alanlarında istenilen üniform yeşil alan ve su kaynaklarının optimum kullanımı açısından Peyzaj Mimarı ile Sulama Mühendisinin koordineli olarak çalışması gerekmektedir.
- Rekreasyon alanlarında sulama uygulamasının başarısı; iyi bir planlama, projelendirme, uygulama ve işletmeyi içerisine mühendislik çalışmaları ile toprak-bitki-atmosfer ve su ilişkilerinin iyi bir şekilde irdelenmesine bağlıdır. Fakat özellikle ülkemizde bu bilgi birikimine sahip olmayan kişi veya kişiler tarafından sulama projelerinin hazırlandığı ve uygulandığı bir gerçektir.
- Bitkinin tükettiği su miktarı, uygulanacak sulama suyu miktarı, sulama süresi, sulama zamanı gibi ön projelendirme faktörlerinin doğru olarak elde edilmesi sistemin başarısı için kaçınılmaz özelliklerdir. Fakat ele alınan projelerde bu özelliklere dikkat edilmediği gözlemlenmiştir.
- Rekreasyon alanı sulama sistemlerinde uygun yağmurlama başlığının doğru olarak seçimi en önemli aşama olarak görünmektedir. Bu nedenle, üretici firma kataloglarından sulama alanı için uygun yağmurlama başlığı seçilirken, başlığın atış mesafesinin, çalışma açısının ve üzerine takılacak meme numarasının iyi bir şekilde belirlenmesi gerekmekte ve başlığın yağmurlama hızının doğru olarak hesaplanması gerekmektedir. Uygun yağmurlama başlığının seçiminde yerleştirilen başlığın yağmurlama hızının toprağın infiltrasyon hızından daha düşük olması gerekmektedir. Aksi takdirde, sulama alanı üzerinde yüzey akış ve göllenme gibi sorunlara neden olacak, bu da hem insan trafiğinin fazla olduğu saatlerde olumsuz koşullar yaratacak hem de su kaynaklarının optimum kullanılmasını engelleyecektir. Hem araştırmada ele aldığımız üç örnek projede hem de yapılan diğer uygulamaları dikkate aldığımızda

toprağın infiltrasyon hızı değerinin belirlenmesine yönelik ölçümlerin rekreasyon alanı sulama projelerinde kullanılmadığı açıkça görülmektedir.

- Özellikle spreyl yağmurlama sulama başlıklarında yağmurlama hızlarının çok yüksek olduğu ve çoğu zaman toprağın infiltrasyon hızından düşük olmadığı bilinmektedir. Bu nedenle, aşırı sulama uygulamasından kaçınılması için, spreyl başlıkların bulunduğu işletme birimlerinde sulama uygulamalarının hesaplanan sulama sürelerinden daha kısa sürede bitirilmesi ve daha sık aralıklarla sulama yapılması gerekmektedir.
- Rekreasyon alanları sulama sistemlerinin projelenmesi ortaya büyük bir ilk yatırım masrafları çıkarmaktadır. Uygun yağmurlama başlığının seçimi, işletme birimlerinin oluşturulması, kılcal, lateral ve ana boru ile pompa özelliklerinin doğru olarak seçilmesi hem işletim kolaylığı, hem de yatırım masrafları açısından önemlidir. Özellikle başlık seçiminde, başlık atış mesafeleri ile çalışma açılarının doğru olarak belirlenmesi rekreasyon alanlarında sulama alanı dışındaki alanların ıslatılmaması açısından önemlidir. Araştırmada ele alınan üç proje detaylı olarak incelendiğinde, başlık seçiminde ve başlık yerleştirilmelerinde önemli sorunlar bulunduğu belirlenmiştir.
- Bir rekreasyon alanı sulama projesinde farklı işletme basınçlarında çalışan farklı tipde başlıkların bulunması normaldir. Fakat bu farklı başlıkların aynı işletme birimi altında çalıştırılması, üniform yeşil alan ve optimum su kullanma açısından önemli bir projelendirme kriteridir. Ayrıca, çalı ve çiçek gruplarının sulanmasında yağmurlama sulama yöntemi yerine damla sulama yöntemi tercih edilmeli, bu yöntem için gerekli çalışma basıncının daha düşük olduğu ve filtrasyon sisteminin gerekliliği göz ardı edilmemelidir.
- Rekreasyon alanı sulama projelerinde önemli diğer bir kriter ise işletme birimlerinin oluşturulmasıdır. Herhangi bir sulama projesinde işletim birimleri, toplam başlık debisi, sistem debisi, sulama süresi ve günlük sulama süresi gibi faktörler dikkate alınarak hesaplanmaktadır. Bu nedenle, ön projelendirme faktörlerinin doğru olarak hesaplanması gerekmektedir. Ayrıca, oluşturulacak işletme birimlerinde taşınacak debi değerlerinin birbirlerine yakın olmasına özen gösterilmelidir.
- Lateral ve ana boru çaplarının seçiminde, gerek sediment gibi materyal birikimini engellemek gerekse, boru hattında oluşabilecek su darbesini azaltmak ve kavitasyonu engellemek için boru hattı su akış hızının 0.5–2 m/s arasında olması tercih edilmelidir.

Ayrıca, kullanılacak boru çaplarına göre oluşacak yük kayıpları doğru olarak hesaplanmalıdır.

- İşletme birimlerinde lateral boru hatlarında kullanılacak boru çaplarının en son başlığa kadar aynı çapta götürülmesi ilk yatırım masraflarının artması açısından önemlidir. Bu nedenle, gerekli hidrolik hesaplamalar ve kullanılacak ek parçalarındaki maliyet analizi yapıldıktan sonra belirli kesimlerdeki boru çapları değişimleri dikkate alınmalıdır. Araştırmada dikkate alınan projelerde bu özelliğe dikkat edilmediği açıkça görülmüştür.
- Rekreasyon alanlarında sulama, hem su kaynakları açısından hem de işçilik maliyetleri açısından değerlendirildiğinde büyük bir uygulama zorluğu ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle, rekreasyon alanlarının sulanmasında, uygulama zorluğunu en aza indirmek için, merkezi olarak kontrol edilebilen otomatik sistemlerin kullanılması kaçınılmazdır. Fakat otomatik sistemlerde uygun kontrol ünitesinin, kullanılacak solenoid vanaların seçimi ve yerleştirilmesi, vana kutularının yerleştirilmesi gibi kriterlere özen gösterilmesi gerekmektedir. Bunu yanı sıra, sistemin güvenliği açısından solenoid vanaların yanı sıra küresel vanaların da kullanılması gerekmektedir.
- Rekreasyon alanları genellikle şehir şebekesinden depolanan su ile çalıştırıldığından, depo kapasitesinin ve kullanılacak hidrofor sisteminin özelliklerinin doğru olarak belirlenmesi hem sistemin düzgün çalışması açısından hem de ilk yatırım ve işletim masrafları açısından önemlidir. Araştırmada dikkate alınan projelerde bu özelliğe dikkat edilmediği açıkça görülmüştür.

6. KAYNAKLAR

- Altunkasa F (2002). Peyzaj Mühendisliği. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitapları Yayın No: A-36, 367s, Adana.
- Anonymous (2008). Rain Bird Peyzaj Sulama Ürünleri 2008/2009 (www.rainird.eu).
- Aşılıoğlu F (2005). Peyzaj Mimarlığı Açısından Rekreatif ve Sportif Amaçlı Yeşil Alanlarda Sulamanın Önemi ve Sulama Sistemleri. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Ayyıldız M (1990). Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 1196, 396s, Ankara.
- Barrett J, Vinchesi B, Dobson R, Roche P, Zoldoske D (2003). Golf Course Irrigation, Environmental Design and Management Practices, John Wiley & Sons, Inc, 440p, New Jersey.
- Benami A, Diskin MH (1965). Design of Sprinkling Irrigation. Israel Institute of Technology, Lowdermilk Faculty of Agricultural Engineering Publications, 143p, Israel.
- Blake GR (1965). Bulk Density Method of Soil Analysis. Am. Soc. Argon No:6, Wisconsin, USA.
- Bora H, Şen İZ (2006). AUTOCAD 2006: Bilgisayar Destekli Tasarım. Ege Basım, 288s.
- Burt CM, Clemmens AJ, Bliesner R, Merriam JL, Hardy L (2000). Selection of Irrigation Methods for Agriculture. Am. Soc. of Civil Engineers, 83p, Virginia, USA:
- Çakmak B (1990). Çankaya İlçesi Parklarının Sulama Sorunları. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Demirel K (2005). Peyzaj Projelerinde Kullanılan Farklı Yağmurlama Sulama Başlıklarının Performanslarının Belirlenmesi Üzerinde Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale
- Doorenbos J, Pruitt WO (1977). Guidelines for Predicting Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No: 24, 114p, Rome.
- Emekli Y, Baştuğ R (2007). Antalya' da tarla koşullarında Bermuda çiminin su tüketimi ve bazı kıyas bitki su tüketimi eşitliklerinin geçerliliğinin belirlenmesi. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 20 (1): 45-57.
- Güngör Y, Erözel AZ, Yıldırım O (1996). Sulama. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 1443, 295s, Ankara.
- Güngör Y, Yıldırım O (1989). Tarla Sulama Sistemleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 1155, 396s, Ankara.

- Haroğlu R (2000). Peyzaj Uygulamalarında Sulama Sisteminin Seçimi Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Melby P (1995). Simplified Irrigation Design. Second Edition. John Wiley & Sons, Inc, 189p, New York.
- Özden, MA (1993). Peyzaj Çalışmalarında Farklı Sulama Tekniklerinin Uygulanabilirliği Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Seçkin ÖB (2003). Peyzaj Uygulama Tekniđi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın No: 453, 528s, İstanbul.
- Smith M (1992). CROPWAT: A Computer Program for Irrigation Planning and Managment. FAO Irrigation and Drainage Paper No: 46, 127p, Rome.
- Smith WS (1997). Landscape Irrigation Design and Management. John Wiley & Sons, Inc, 229p, New York.
- Şahinler Ç (1997). Peyzaj Sulaması Tasarımı ve Bursa Büyükşehir Belediyesi Soğanlı Kent Parkı Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Uzun G (1992). Peyzaj Mimarlığında Çim ve Spor Alanları Yapımı. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yardımcı Ders Kitabı No: 20, 170s, Adana.
- Yazgan MF, Dilaver Z, Edik GB (2003). Çim Alanlar. Saksılı Süs Bitkileri Üreticileri Derneđi Yayını, 95s, Ankara.
- Yıldırım O (1994). Çim alanlarının sulanması. Çağdaş Yaşamda Çim Alanlar Sempozyumu II. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları No:2, 16–46, Ankara.
- Yıldırım M (2003). Rekreasyon alanı sulama sistemlerinde uyulması gerekli kurallar. II. Ulusal Sulama Kongresi, 134-142, Kuşadası.
- Yıldırım O (2005). Sulama Sistemlerinin Tasarımı. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 1542, 348s, Ankara.

EKLER

EK: 1
A ALANI MEVCUT SULAMA SİSTEMİ PROJESİ

EK: 2
B ALANI MEVCUT SULAMA SİSTEMİ PROJESİ

EK: 3
C ALANI MEVCUT SULAMA SİSTEMİ PROJESİ

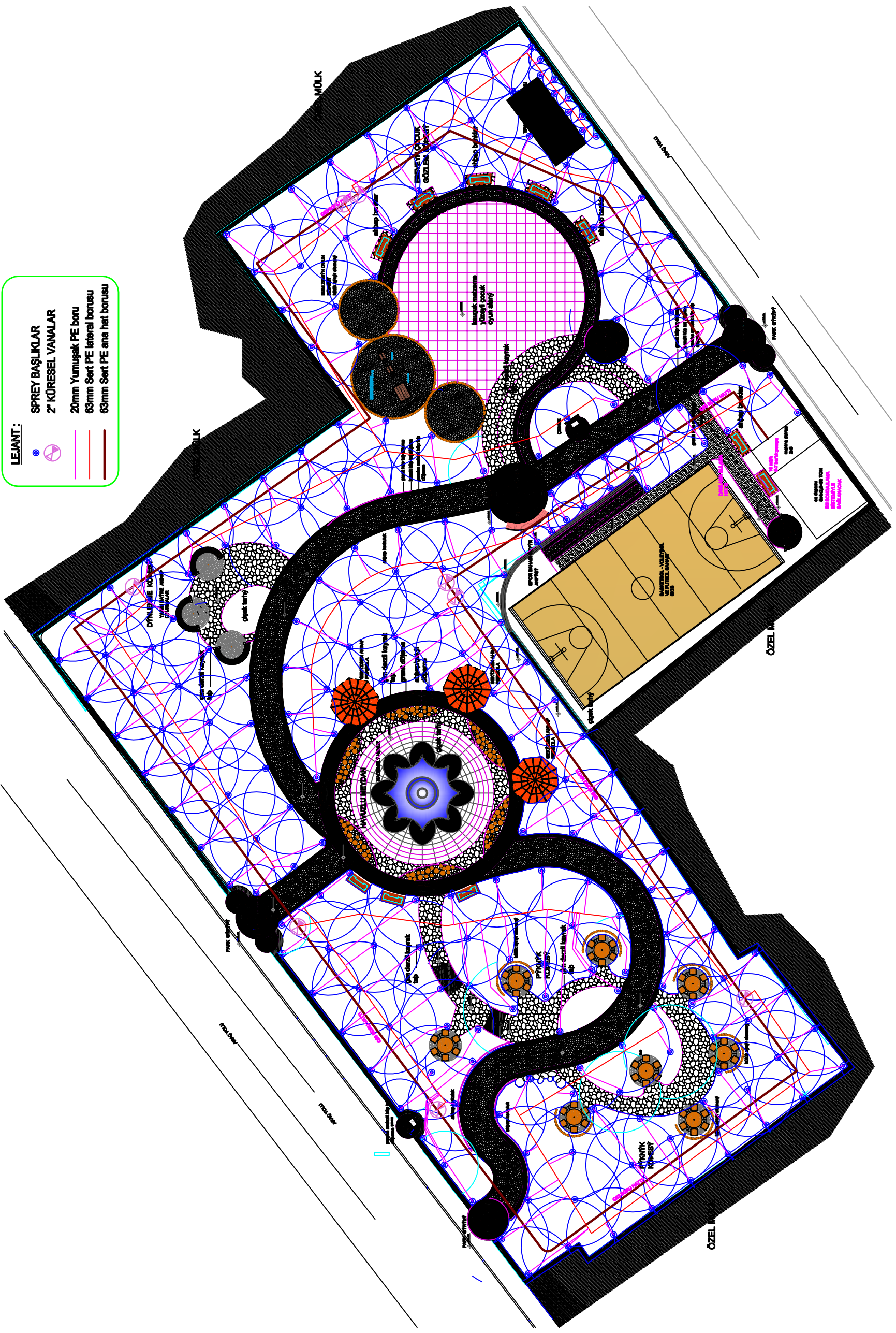
EK: 4
A ALANI YENİDEN TASARLANAN SULAMA SİSTEMİ PROJESİ

EK: 5
B ALANI YENİDEN TASARLANAN SULAMA SİSTEMİ PROJESİ

EK: 6
C ALANI YENİDEN TASARLANAN SULAMA SİSTEMİ PROJESİ

ÖZGEÇMİŞ

Tokat ilinde 1981 yılında doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini İstanbul'da tamamladı. 2000 yılında girdiği Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümünden 2004 yılında bölüm birincisi olarak mezun oldu. Aynı yıl Türkmenistan'a saha mühendisi olarak gitti ve 1.5 yıl çalıştıktan sonra İstanbul'a döndü. 2005 yılında Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde yüksek lisans eğitimine başladı. Aynı yıl Rain Bird Türkiye'de proje dizayn uzmanı olarak işe başladı ve hala çalışmaktadır.



- LEJANT:**
- SPREY BAŞLIKLAR
 - 2" KÜRESEL VANALAR
 - 20mm Yumuşak PE boru
 - 63mm Sert PE lateral borusu
 - 63mm Sert PE ana hat borusu

LEJANT:

SPREY BAŞLIKLAR

2" KÜRESEL VANALAR

20mm Yumuşak PE boru

63mm Sert PE lateral borusu

63mm Sert PE ana hat borusu

MÜLK

MÜLK

OZEL MEYDAN

OZEL MEYDAN

KAVUZLU MEYDAN

SPREY BAŞLIKLAR

2" KÜRESEL VANALAR

20mm Yumuşak PE boru

63mm Sert PE lateral borusu

63mm Sert PE ana hat borusu

SPREY BAŞLIKLAR

2" KÜRESEL VANALAR

20mm Yumuşak PE boru

63mm Sert PE lateral borusu

63mm Sert PE ana hat borusu

OZEL MEYDAN

OZEL MEYDAN

OZEL MEYDAN

OZEL MEYDAN

OZEL MEYDAN

OZEL MEYDAN

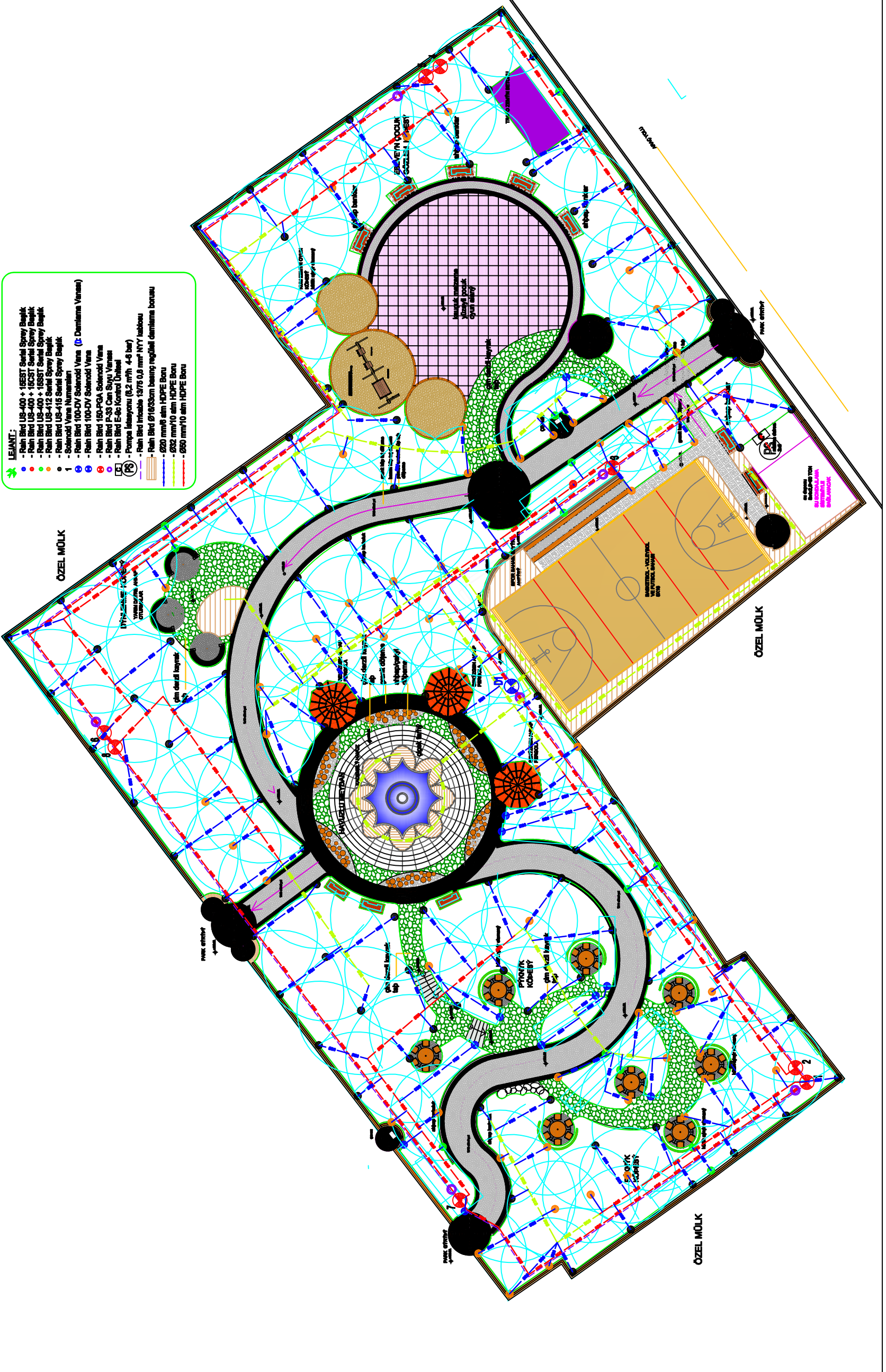
OZEL MEYDAN

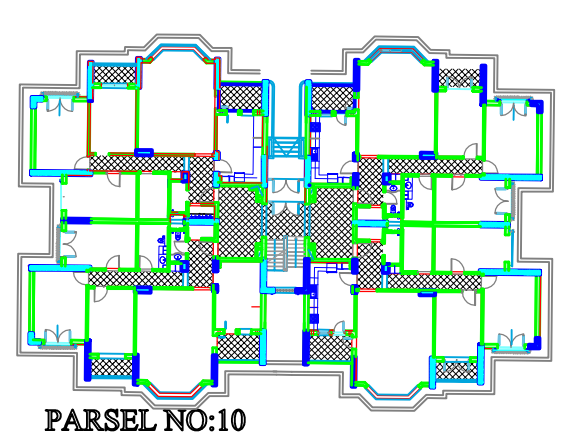
OZEL MEYDAN

OZEL MEYDAN

OZEL MEYDAN

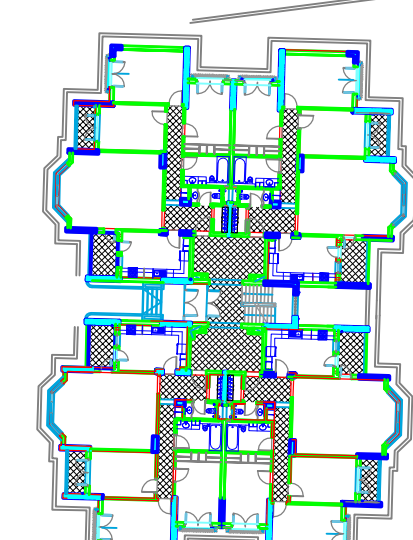
- LEJANT:**
- Rain Bird US-400 + 1/2" SST Sıvalı Sprey Başlık
 - Rain Bird US-400 + 1/2" SST Sıvalı Sprey Başlık
 - Rain Bird US-400 + 1/2" SST Sıvalı Sprey Başlık
 - Rain Bird US-412 Sıvalı Sprey Başlık
 - Rain Bird US-415 Sıvalı Sprey Başlık
 - Sıvalı Vana Numarası
 - Rain Bird 100-DY Sıvalı Vana (2. Dönümlü Vana)
 - Rain Bird 100-DY Sıvalı Vana
 - Rain Bird 150-FGA Sıvalı Vana
 - Rain Bird P-33 Can Suyu Vana
 - Rain Bird E-60 Kontrol Ünitesi
 - Pompa İstasyonu (0.2 m³/h, 4-6 bar)
 - Rain Bird İritable 19776 0.9 m³ m³ NYI haznesi
 - 620 mm/8 atm HDPE Boru
 - 632 mm/10 atm HDPE Boru
 - 650 mm/10 atm HDPE Boru



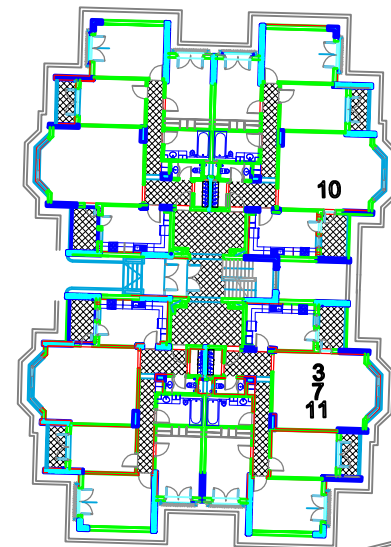


PARSEL NO:10

giri



PARSEL NO:9



10

