

# YAĞMUR SUYU DRENAJ SİSTEMLERİNİN BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIMI VE DENİZLİ ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ İÇİN BİR UYGULAMA

**Doç. Dr. Halil KARAHAN**  
**İnş. Yük. Müh. Serhat ÇATALBAŞ**  
PAÜ Müh. Fak. İnş. Müh. Bölümü, DENİZLİ

## ÖZET

Yağmursuyu drenaj sistemlerinin tasarımına esas olacak yağış şiddetinin seçimi gerek projenin ekonomikliği gerekse kendinden beklenen fonksiyonu yerine getirebilmesi açısından oldukça önemlidir. Yinelenme süresi büyüdükçe önlenecek zarar yani projenin faydası artar buna karşılık masraflarda artar. Optimum seçim fayda/masraf analizi yapılarak yapılır. Bu seçimin yapılabilmesi için farklı yinelenme süreleri için projenin defalarca çözülmesi gerekir. Bir kez çözümü bile çok yoğun işlem gerektiren yağmursuyu drenaj şebekelerinin elle yapılan tasarımlarında çoğu kez bu yapılamamaktadır.

Bu çalışmada yukarıda belirtilen işlem yoğunluğunu büyük oranda ortadan kaldıran ve mühendisin farklı yinelenme süreleri için tasarımı yeniden yapmak suretiyle fayda masraf analizine göre optimum karar vermesini kolaylaştıran ve sistemin plan ve kesitlerini bilgisayar ortamında ek bir işleme gerek kalmadan elde etmesini sağlayan STORMCAD paket programı tanıtılmakta ve Denizli Organize Sanayi Bölgesi için uygulama sunulmaktadır.

## 1. GİRİŞ

Ülkemizde yağmur suyu drenaj sistemlerinin mevcut durumu incelendiğinde düzenli bir yağmur suyu drenaj şebekesine sahip olan yerleşim alanlarının yok denecek kadar az olduğu görülür. Mevcut sistemlerin büyük bir bölümü ise projersiz olarak, yerel yönetimlerce yapılmıştır. Projersiz olarak yapılan bu sistemler, ya yetersiz olduğu için kendilerinden beklenen fonksiyonu yerine getirememekte, ülkemizde her yıl can kaybı ve büyük maddi zararlarla sonuçlanan taşkımlar yaşanmakta veya gereğinden büyük boyutlarda yapıldığından ekonomik olmamaktadır.

Yerleşim bölgelerinde, yağmur suyu drenaj sistemleri veya birleşik sistem kanalizasyon şebekelerinin tasarımıyla bu sistemler üzerindeki pompa istasyonları, su tutma hazneleri ve yan savakların optimum şekilde tasarımı için öncelikle yağış şiddetinin, yağış süresi ve frekansı ile değişimin bilinmesi gerekmektedir. Daha sonra ise boyutlandırmaya esas olacak hesap yağmurunun seçilmesi gerekir. Boyutlandırmaya esas olacak yağış şiddetinin

seçiminde yinelenme süresi büyüdükçe proje maliyeti arttığından önlenecek zarar ile yapılacak yatırımın maliyeti fayda-masraf analizi yapılarak karar verilmelidir. Bu seçimin yapılabilmesi için farklı yinelenme süreleri için projenin defalarca çözülmesi gerekir. Bir kez çözümü bile çok yoğun işlem gerektiren yağmursuyu drenaj şebekelerinin elle yapılan tasarımlarında çoğu kez bu yapılamamaktadır. Projeyi yapan mühendisin tecrübesine bağlı olarak bir yinelenme süresi seçilmektedir. Bu durumda; yinelenme süresinin büyük seçilmesi şebeke maliyetinin gereksiz yere büyümesine veya gereğinden küçük seçilmesi taşkınların sık yaşanmasına neden olmaktadır.

Konuyla ilgili temel kavramlar aşağıda kısaca tanımlanmaktadır.

**Yağmur süresi :** Yağmurun başlangıcı ile bitimi arasında geçen süredir.

**Yağış şiddeti:** Birim zamanda düşen yağmur miktarına yağış şiddeti denir. Bir "t" süresinde bir yüzeye düşen yağmurun yüksekliği (H), buharlaşma ve sızma vb. kayıpları olmayacak şekilde ölçülürse, yağmurun şiddeti (I), mm/dak olarak;

$$I = \frac{H(mm)}{t(dak)}$$

olarak ifade edilir. Yağışın şiddeti bilindiği zaman birim alandan oluşan debi (l/s/ha);  $166.67 \cdot I$  olarak hesaplanabilir. Bu değer *yağmur verimi* olarak adlandırılır (Karpuzcu, 1985; Samsunlu, 1997).

Süresi ve şiddeti eşit olan yağmurların oluşum periyoduna ( kaç yılda bir oluştuğuna) *yinelenme süresi* denir (Karpuzcu, 1985).

**N yılda bir gelen debi, N yılda bir meydana gelen yağış:** Kentsel bölgelerde yağmur suyu drenaj sistemlerinin 2, 5, 10, 25 yıl gibi bir yinelenme süresine göre boyutlandırılması; seçilen süreden daha uzun yinelenme süresine sahip yağışların yapacağı zararların önceden kabullenilmesidir (Öziş, 1983).

**Rasyonel Yöntem :** Rasyonel yöntem şiddete bağlı bir yağış tahmin yöntemidir. Rasyonel yöntemle havza ve bir yağışın karakteristiklerine bağlı olarak zirve akım değerlerinin tahmini yapılabilir. Bu nedenle, rasyonel yöntem yağmur suyu drenaj sistemlerinin analizinde en çok kullanılan bir yöntemdir (Muslu, 1993).

Zirve akım için Rasyonel Yöntem denklemi şu şekildedir:

$$Q = C I A \quad (1)$$

Burada;

- Q : Akım debisini ( $m^3/s$ ),
- C : Drenaj alanı için ağırlıklı akış katsayısını,
- I : Yağış şiddetini ( mm/saat),
- A : Drenaj alanını (hektar)

göstermektedir.

## 2. YAĞIŞ ŞİDDET-SÜRE-FREKANS İLİŞKİSİ

Kısa süreli sağnak yağışların şiddet-süre-frekans ilişkisi;

$$I = \frac{KT^a}{t^b} \quad (2)$$

şeklinde bir fonksiyonla, yeterli duyarlılıkta analitik olarak ifade edilebilmektedir (Bayazit, 1991).

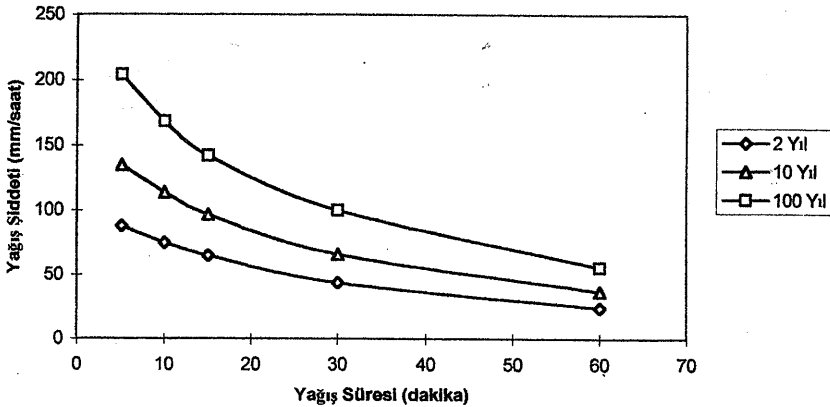
Burada;

- T : Yinelenme süresini (yıl),  
t : Yağış süresini (dak),  
a, b, K : Bölgeye ait katsayıları,  
I : Yağış şiddetini (mm/dak)

göstermektedir.

2 nolu formülden görüleceği gibi yağışın şiddeti doğrudan doğruya yağışın süresi ve yinelenme süresi ile bağımlıdır. Geçmişte yapılmış olan yağış gözlemlerinin derlenip analiz edilmesiyle yağış karakteristikleri belirlenir ve genellikle şiddet - süre - frekans eğrileri formunda sunulurlar. Bu eğriler meteoroloji istasyonu yağış kayıtlarından elde edilirler. Şekil 1'de şiddet-süre-frekans eğrilerinin örnekleri sunulmuştur.

Bu eğriler incelendiğinde yağış süresi arttıkça yağış şiddetinin azaldığı ve yinelenme süresi arttıkça (yağışın oluşma olasılığı azaldıkça) yağış şiddetinin arttığı görülmektedir.



Şekil 1. Şiddet - Süre - Frekans Eğrileri

Elle yapılan projelerde grafik gösterim tercih edilirken, bilgisayar destekli tasarım için bu ilişkinin analitik olarak ifade edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla; Denizli Meteoroloji İstasyonunun yağış kayıtları kullanılarak Denizli merkezi için Yağış-şiddet-süre bağıntısı;

$$I = \frac{2.664T^{0.310}}{t^{0.603}} \quad (3)$$

olarak elde edilmiştir (Karahan, 1987).

### 3. YAĞMUR SUYU DRENAJ PROJESİ HESAP ESASLARI

Yağmur suyu drenaj sistemlerinin projelendirilmesinde göz önünde bulundurulması gereken en önemli konu bölgenin iklimi ve görülen yağış şiddet ve süreleridir. Yağmur suyu drenaj sistemi yapımındaki amaç yağıştan akışa geçen suyu kontrollü olarak yerleşim bölgesinden uzaklaştırmaktır. Boru çaplarının seçiminde düşük kotlu bölgelerde taşkınların olmamasına özen gösterilmelidir. Yağmur suyu drenaj sistemlerinin hesabında kısa süreli (5, 10, 15 dakika), şiddeti fazla yağışlar dikkate alınır çünkü en yüksek yüzeyel akış debisini şiddeti yüksek yağışlar oluşturur.

Drenaj sisteminin boyutlarını etkileyen bir diğer özellik yağışın yinelenme süresidir. Yinelenme süresi belirli şiddetteki bir yağışın bölgede kaç yıl aralıkla meydana geleceğini gösterir. Yinelenme süresi büyüdükçe yağışın şiddeti de büyür. Yinelenme süresinin seçiminde bölgenin nüfusu, nüfus artış hızı, ekonomik değeri vb. hususlar göz önüne alınır.

Yağıştan akışa geçen su miktarını bölgenin akış katsayısı belirler. Akış katsayısı bölgenin zemin cinsi, binaların sıklığı, bölgedeki geçirimsiz kaplama (asfalt, kaldırım, çatı...) oranı gibi özelliklere bağlıdır ve değerinin belirlenmesi projenin gerçekliği yönünden büyük önem taşımaktadır.

Yağış sırasında şebekeye toplanıp bölgeden uzaklaştırılan suların boşaltıldığı yer de önemlidir. Toplanan suların bir akarsuya veya dere yatağına boşaltılmasına çalışılmalıdır.

Yağışın başlangıcından akışa geçen suyun drenaj sisteminin girişine ulaşmasına kadar geçen süreye "giriş süresi" denmektedir. Rasyonel yöntemde yağış süresi giriş süresine eşit kabul edilmektedir. Suyun şebekeye girişinden mansaba boşaltımına kadar geçen süreye "akış süresi", giriş süresi ile akış süresinin toplamına da "toplanma süresi" denmektedir. Bu değer şebekede kullanılacak boru çapına, eğimine ve pürüzlülüğüne bağlıdır.

Bu çalışmada Denizli Organize Sanayi Bölgesi'nin yağmur suyu drenaj projesinin hesabı için StormCAD paket programı kullanılmıştır. Programın kullanımı ve şebeke hesabında kullandığı yöntem ile ilgili genel bilgiler üçüncü bölümde verilmiştir.

## 4. STORMCAD PAKET PROGRAMI

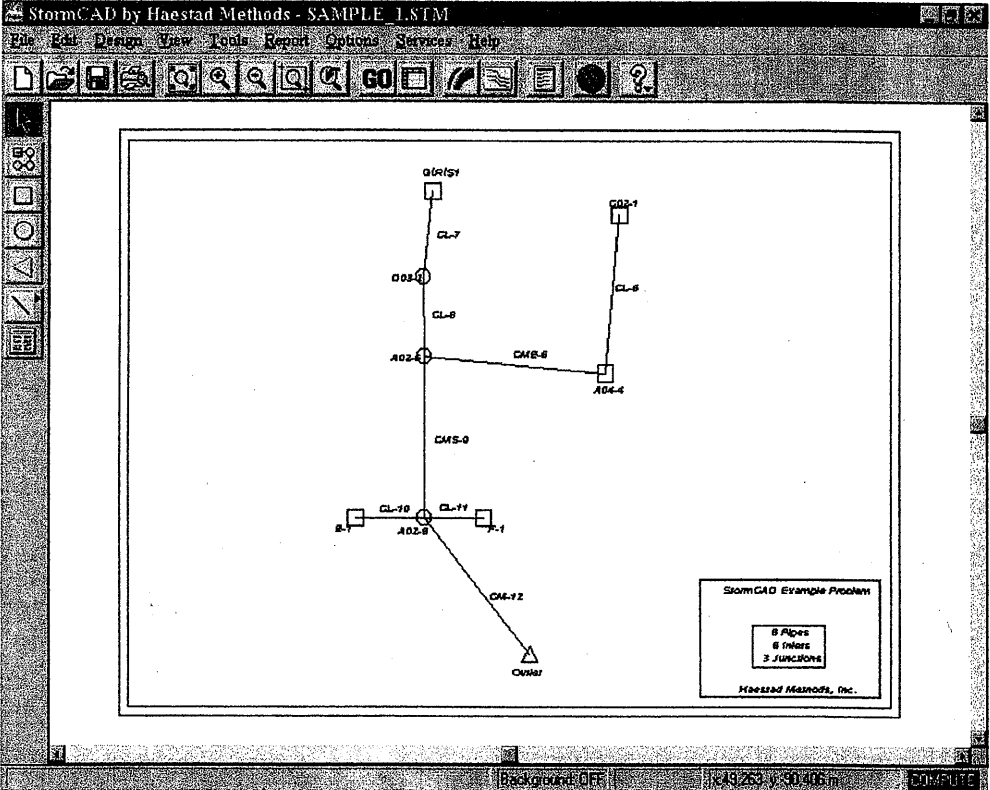
### 4.1 StormCAD Programının Özellikleri ve İşlevleri

StormCAD bilgisayar programı Windows işletim sisteminde çalışmak üzere hazırlanmıştır. StormCAD kullanılarak;

- Yağıştan akışa geçen debiler,
- Seçilen boru cinsine göre boru çapları,
- Drenaj sistemi şebekesinin plan ve boy kesitlerinin çizilmesi

gibi işlemler yapılabilir.

Programın proje düzenleme menüsü Şekil 2'de görülmektedir. Bu ekrandaki araç çubuğu kullanılarak şebeke ekranda çizilmekte ve şebeke elemanlarının özellikleri üzerlerine sağ tuşla tıklanarak girilmektedir. Şebeke girişleri, borular, çıkışlar ve birleşimler otomatik olarak program tarafından numaralandırılmaktadır. Her elemanın özellikleri ayrı ayrı girilebildiği gibi tüm sistem için bir defada veri girişi de yapılabilmektedir.



Şekil 2. Proje Düzenleme Menüsü

Şebeke hesabında kullanılacak olan yağış verisi olarak bölgenin yağış tablosu veya yağış-şiddet-süre denklemi kullanılabilir. Akım hesaplarında tüm basınçlı akım koşulları ve hidrolik sıçramalar da dahil olmak üzere çeşitli akım koşulları ele alınmaktadır. Hesaplarda Manning, Darcy-Weisbach, Kutter veya Williams-Hazen denklemlerinden herhangi birisi kullanılabilir. Şebeke çizimi için Şekil 2’de ekranın solunda görülen butonlar kullanılarak şebeke elemanları ekrana yerleştirilir. Elemanların özelliklerini girmek için ekranda üzerlerine sağ fare tuşuyla tıklamak gereklidir.

Şebekedeki boruların yerleştirilmesi için çizim penceresinin solundaki “Pipe” butonu kullanılır. Boruların birleşim yerlerine “Junction” (Birleşim) butonu kullanılarak birleşim elemanları veya yeni girişler yerleştirilir. Şekil 2’de boruları, giriş ve çıkış noktaları yerleştirilmiş olan bir örnek yağmur suyu drenaj projesi görülmektedir. Bu örnekte beş giriş, üç birleşim ve bir çıkış noktası bulunmaktadır.

“Design” menüsünün “Rainfall Data” komutunda bulunan “Equations” seçeneği ile programda kullanılacak olan yağış şiddeti denklemi belirlenir. Eğer yağış tablosu bölümü kullanılmış ise bu işleme gerek yoktur. “Table” veya “Equations” seçeneklerinden sadece biri kullanılabilir. StormCAD programında kullanılacak üç tip yağış denklemi bulunmaktadır. Bu denklemler Şekil 3’te görülmektedir. Seçilen denklemin katsayıları “Enter Coefficients for Equation” menüsünde girilmektedir. “Duration Units” kutusu kullanılarak yağış süresi birimi programa girilir. Kullanılacak birimler yıl, gün, saat, dakika ve saniyedir. “Intensity Units” kutusunda da yağış şiddeti birimi belirlenir. kullanılacak birimler cm/gün, cm/saat, cm/dak, inch/gün, inch/saat, mm/gün, mm/saat ve mm/dakikadır. Katsayıları girilen denklemler kaydedilerek diğer projelerde tekrar kullanılabilir. Bu işlem için “Equation” kutusu kullanılır.

**Rainfall Equations**

Select a Rainfall Equation

$$C_i = \frac{a}{(b + D)^n}$$

$$C_i = \frac{a(RP)^m}{(b + D)^n}$$

$$C_i = a + b(\ln D) + c(\ln D)^2 + d(\ln D)^3$$

Duration units: min

Intensity units: in/hr

OK

Cancel

Help

Equation

Enter Coefficients for Equation

	Return Period	a	b	n
1	5	69.00000	8.60000	0.78000
2	0	0.00000	0.00000	0.00000
3	0	0.00000	0.00000	0.00000
4	0	0.00000	0.00000	0.00000

Şekil 3. Yağış Şiddeti Denklemi Katsayılarının Belirlenmesi

Boruların tasarımında geçerli olan akım hızı, dolgu yüksekliği ve eğim gibi kısıtlamalar kullanıcı tarafından bildirilir veya program tarafından standart değerler alınır. Yönetmeliklere uygun projelendirme yapılabilmesi için Şekil 4'te görülen bu pencerenin oldukça dikkatli bir şekilde ele alınması gereklidir çünkü tüm proje elemanları bu değerlere göre boyutlandırılır.

**Pipe Design Constraints**

Parameter	Minimum	Maximum	Units
Velocity:	0,610	4,572	m/s
Cover:	1,219	3,658	m
Slope:	0,010000	0,100000	m/m

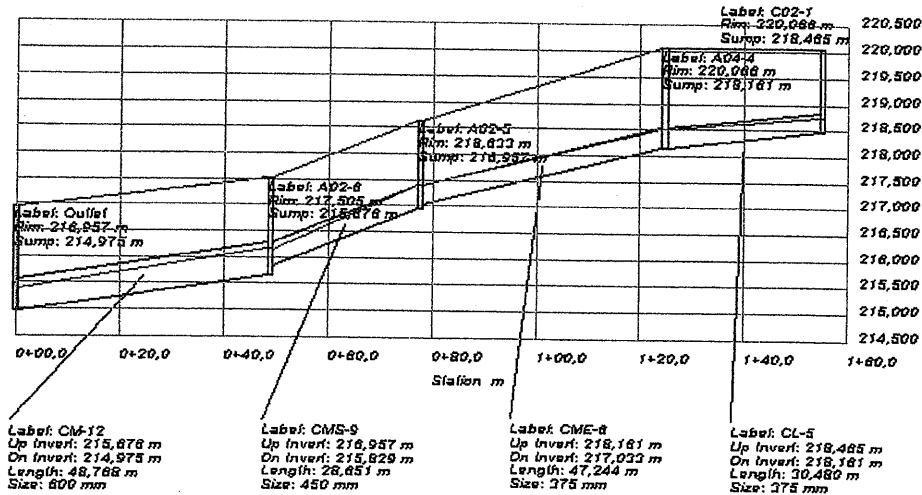
**Pipe Matching at Junctions**

Match Inverts  Match Soffits

OK  
Cancel  
Reset  
Help

Şekil 4. Boruların Boyutlandırılmasında Geçerli Olan Kısıtlamalar

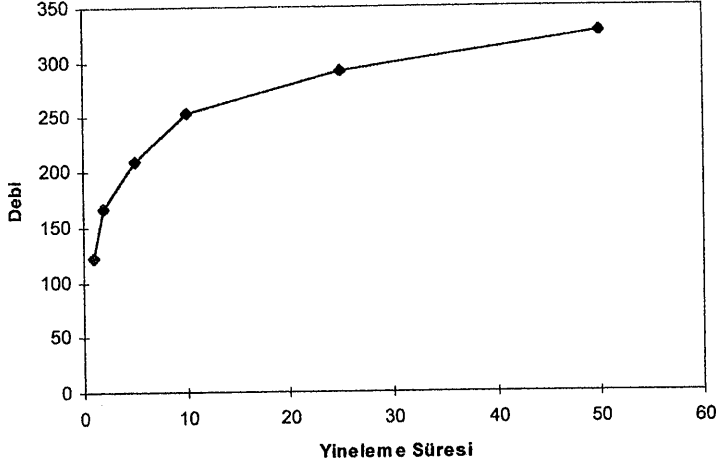
StormCAD programı şebekedeki tüm boruların boykesitlerini otomatik olarak çizebilmektedir. Şekil 2'de görülen örnek projedeki C02-1 kodlu giriş noktasından çıkış noktasına kadar olan şebeke bölümü için "Generate Profile" penceresi kullanılarak elde edilen boykesit Şekil 5'te görülmektedir.



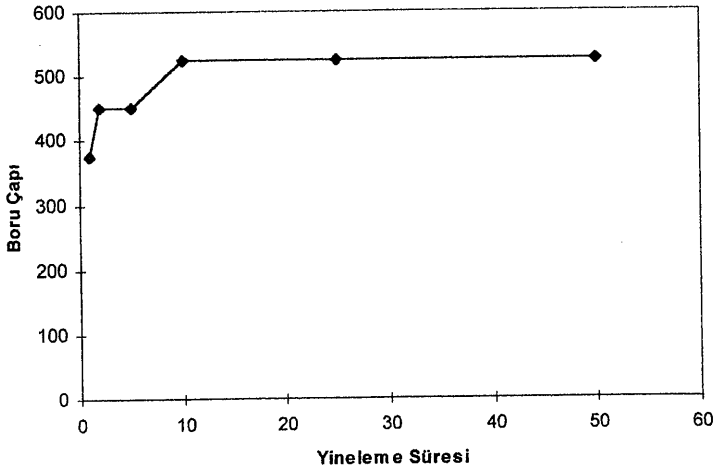
Şekil 5. Örnek Boykesit

## 4.2 Yineleme Süresi Değişiminin Sonuçlara Etkisi

Yineleme süreleri değiştirilerek Şekil 2'de görülen örneğin çözülmesiyle boşaltım noktasına ulaşan borudaki debi ve çap değerlerinin değişimi elde edilmiştir. Debinin yineleme süresine bağlı değişimi Şekil 6'da, boşaltım noktasındaki boru çapının yineleme süresine bağlı değişimi Şekil 7'de görülmektedir. Şekillerden de görüldüğü gibi yineleme süresi arttıkça boşaltım debisi ve gerekli boru çapı artmaktadır. Hesaplamalarda 350, 450, 500 ve 600 mm. çapında standart boru çapları gerektiği bulunmuştur.



Şekil 6. Boşaltım Noktasındaki Debinin Yineleme Süresine Bağlı Değişimi



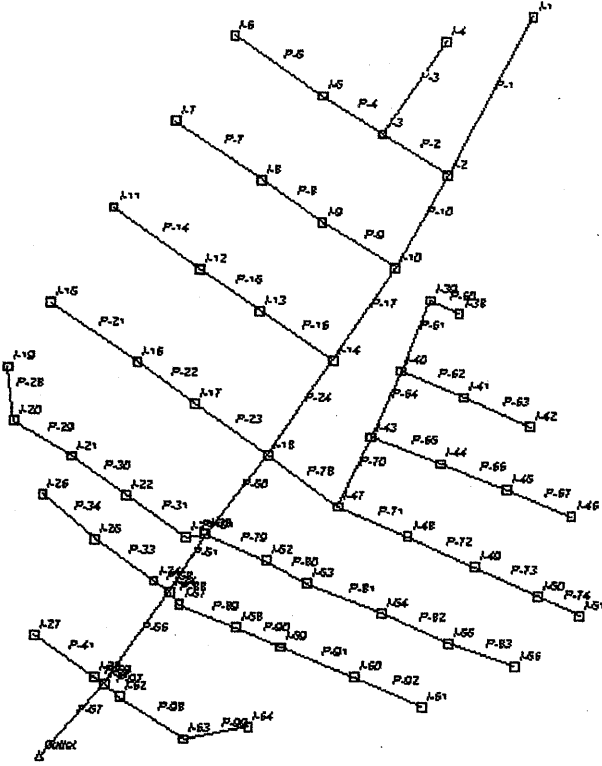
Şekil 7. Boşaltım Noktasındaki Boru Çapının Yineleme Süresine Bağlı Değişimi



## 5. UYGULAMA

Denizli Organize Sanayi Bölgesi yağmur suyu drenaj projesi StormCAD paket programı kullanılarak yapılmıştır. Projede dönüş aralığı 5 yıl alınarak çözüm yapılmıştır.

Programın çözüm aşamasında geçerli olan kısıtlamalar aşağıda belirtilmiştir. Hız için minimum değer 0.61 m/s, maksimum değer 4.57 m/s; boru üstü dolgu yüksekliği için minimum değer 1.22 m, maksimum değer 3.48 m; boru eğimi için minimum değer 0.005, maksimum değer 0.1. Bu değerler istenildiği gibi değiştirilebilir. Hesaplarda Manning formülü kullanılmıştır.



Şekil 8. Denizli Organize Sanayi Bölgesi Yağmur Suyu Drenaj Projesi Planı

Denizli Organize Sanayi Bölgesi için çizilen yağmur suyu drenaj projesinin planı Şekil 8'de görülmektedir. Kare şeklindeki düğüm noktaları yağmur suyu giriş noktalarıdır. En alttaki üçgen şeklindeki nokta boşaltım noktasıdır ve şebekede toplanan tüm yağmur suyu bu noktaya ulaşmaktadır. Bu projede 58 giriş noktası, 58 boru ve 1 çıkış noktası bulunmaktadır. Bu tez çalışmasında kullanılan StormCAD programı öğrenci sürümüdür ve lisansı beş giriş noktasına kadar çözüm yapmaya izin vermektedir. Bu nedenle Şekil 8'deki yağmur suyu projesi her defasında en fazla 5 giriş noktası olacak şekilde 13 alt bölüme ayrılmış ve hesaplara memba kısmından başlanarak boşaltım noktasına kadar olan tüm bölümler ayrı ayrı çözülmüştür (Çatalbaş, 1999).

Her bölüm için elde edilen uç debiler, mansap kısmında bağlı oldukları bölümün giriş debisi olarak alınmıştır. Proje bölümlerinin planları ve elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmuştur. Planlarda I harfiyle başlayan şebeke elemanları giriş noktaları, P harfiyle başlayan şebeke elemanları borular ve Outlet olarak isimlendirilmiş noktalar da boşaltım yerleridir.

Hesaplarda elde edilen sonuçlar bu yayına kaynak olan yüksek lisans tezinde ayrıntılı olarak sunulmuştur.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tasarımı yapılacak projenin geometrisi ve eleman tanımlamaları bir defa yapıldıktan sonra sadece Şekil 3' de görülen yağış şiddet-süre bağıntısında "T" yinelenme süresini değiştirmek suretiyle program çalıştırıldığında, sistem yeniden boyutlandırılmaktadır. Elde edilen boru çapları kullanılarak sistemin metraj ve maliyeti kolayca hesaplanır. Diğer taraftan projenin faydası önlenen zarar olarak belirlenir. Böylece; farklı yinelenme süreleri için Fayda/Masraf oranları hesaplanarak ekonomik açıdan tutarlı taşkın riski en az olan seçenek bulunur.

Şekil 7' den görüleceği gibi küçük yinelenme sürelerinde bir üst değere geçildiğinde boru çapında artış gözlenirken, yinelenme süresinin büyük değerlerinde boru çapında belirgin bir değişme gözlenmemekte sadece doluluk oranında artış olmaktadır.

Uygulama olarak Denizli Organize Sanayi bölgesi seçilmiş ve yağmur suyu drenaj projesi hesabı yapılmıştır. Hesaplamalarda ve projenin oluşturulmasında StormCAD bilgisayar paket programının öğrenci sürümü kullanılmıştır (Çatalbaş,1999).

İncelenen projenin kapsamı programın izin verdiği yağmur suyu giriş noktası sayısından büyük olduğu için proje alt bölümlere ayrılarak her proje bölümü için ayrı ayrı hesap yapılmıştır. Hesaplara en yüksek konumdaki bölgelerden başlanmıştır ve her proje bölümü için bulunan çıkış debisi mansapta bağlı oldukları proje bölümü için giriş debisi olarak alınmıştır.

Şebekede tek çıkış noktası mevcuttur ve toplanan tüm yağmur suyu bu noktaya ulaşmaktadır. Projelendirmede boşaltım noktasında normal akım koşullarının oluşması şartı kullanılmıştır.

## KAYNAKLAR

BAYAZIT, M., (1991), *Hidroloji*, Genişletilmiş Beşinci Baskı, İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, İstanbul.

ÇATALBAŞ, S., (1999), *Denizli Organize Sanayi Bölgesi Yağmur Suyu Drenaj Projesinin Bilgisayar Destekli Tasarımı*, PAÜ FBE Yüksek Lisans Tez Çalışması, (Yöneten: Doç. Dr. Halil KARAHAN).

ERKEK, C., AĞIRALIOĞLU, N., (1993), *Su Kaynakları Mühendisliği*, İkinci Baskı, Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., İstanbul.

FAIR, M. G., GEYER, J. C., (Çev. Muslu, Y.), (1980), *Su Getirme ve Kullanılmış Suları Uzaklaştırma Esasları*, Bayındır Kağıtçılık, İstanbul.

KARAHAN, H., (1987), *Ayrık Sistem Kanalizasyon Şebekelerinin Bilgisayarla Çözümü*, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Haber Bülteni, Sayı 12, İzmir.

KARAHAN, H., (26-28 Ekim 1987), *Yağış Şiddet-Süre-Frekans Bağıntısının Bilgisayar Yardımıyla Elde Edilmesi*, Çevre 87 Sempozyumu, İzmir.

KARPUZCU, M., "Su Temini ve Çevre Sağlığı", İTÜ, 1985, İstanbul.

MUSLU, Y., (1993), *Hidroloji ve Meskun Bölge Drenajı*, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.

ÖZİŞ, Ü., (1983), *Su Yapıları*, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Yayın No: 54, İzmir.

SAMSUNLU, A., (1997), *Su Getirme ve Kanalizasyon Yapılarının Projelendirilmesi*, Yedinci Baskı, SAM - Çevre ve Teknolojileri Merkezi Yayınları, İstanbul.

StormCAD Bilgisayar Paket Programı Yardım Dosyası.

# **COMPUTER AIDED DESIGN OF RUNOFF DRAINAGE SYSTEMS AND AN APPLICATION FOR DENIZLI ORGANISED INDUSTRIAL REGION**

## **ABSTRACT**

The selection of rainfall intensity which is the base of designing runoff drainage systems is very important in view of both the economics of the project and making the functions awaited from the projects. While the return period increases the damage prevention and the benefit of the project but the expenditure also increases. Optimal choice is made by benefit/expenditure analysis. In order to make this choice the project must be solved many times for various return periods. This is mostly not applied to the manual design of runoff drainage systems requiring dense computations.

In this study, the STORMCAD software which mostly eliminates the computational density stated above and which facilitates the optimum decision of the engineer for different return periods according to benefit-cost analysis and supplying the cross-sections without an extra procedure is introduced and an application for Denizli Organised Industrial Region is presented.