

Güzelyurt Taşkını Modellemesi ve Çözüm Önerileri

Erdal ŞAHİN*
Bertuğ AKINTUĞ**
A. Melih YANMAZ***

ÖZ

Ani taşkınların erken uyarı olmaması halinde büyük hasarlara ve can kaybına neden olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada Kuzey Kıbrıs'ın Güzelyurt bölgesinde 18 Ocak 2010 tarihinde yaşanan ani taşkın olayı irdelenmekte ve çözüm önerileri sunulmaktadır. Koruma amaçlı taşkın projelerinin detaylarını belirlemek amacıyla bu taşkın hidrolojik ve hidrolik modellemesi geliştirilmiştir. Çalışma bölgesinde akım gözlem istasyonu bulunmaması nedeniyle, tasarım taşkını belirlemek amacıyla Amerikan Toprak Muhafaza Kurumunun geliştirdiği sentetik birim hidrograf kullanılmıştır. Bu çalışmada iki çözüm önerisi değerlendirilmiştir. Maliyet analizi sonuçlarına dayanarak Bostancı Deresi üzerinde yapılacak bir sel kapanı ve taşkın hacminin bir kısmını kırsal yan havza olan Fabrika Deresi'ne bağlayan bir çevirme kanalı önerilmiştir. Bunun yanı sıra bu derelerin akım taşıma kapasitelerini artıracak önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Taşkın, sel kapanı, çevirme kanalı, koruyucu önlem, Güzelyurt

ABSTRACT

Modeling of Morphou Flood and Remedial Measures

Flash floods are known to result in excessive damage and loss of lives due to lack of early warning systems. In this study, characteristics of a flash flood occurred in Morphou region in North Cyprus on 18th of January, 2010 are studied and some remedial measures are proposed. Hydrologic and hydraulic modeling of this flood event has been developed for decision-making concerning type and degree of implementation of these measures. Since there is no any stream flow gauging station along the creeks in the study area, the synthetic unit hydrograph is developed by using the US Soil Conservation Service method to obtain design flood hydrographs. Two remedial alternatives are eventually tested. Based on cost analyses, the one that is to build a detention basin for storing water and a lateral channel for

Not: Bu yazı

- Yayın Kurulu'na 26.12.2012 günü ulaşmıştır.
- 30 Eylül 2013 gününe kadar tartışmaya açıktır.

* Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Kuzey Kıbrıs Kampüsü, İnşaat Mühendisliği Programı, KKTC - erdalahin@gmail.com

** Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Kuzey Kıbrıs Kampüsü, İnşaat Mühendisliği Programı, KKTC - bertug@metu.edu.tr

*** Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara - myanz@metu.edu.tr

diverting extra flow from Bostancı Creek to Fabrika Creek, is found to be feasible. In addition, flow carrying capacities of the creeks are improved.

Keywords: Flood, detention basin, diversion channel, remedial measure, Morphou

1. GİRİŞ

Son yıllarda oluşma frekanslarında artma görülen ani taşkın olayları, dünya üzerinde en önemli doğal afetlerden birisi olarak değerlendirilmektedir. Zira ani taşkınlar oldukça büyük boyutta mal ve can kaybına neden olabilmektedir. Hasarın büyüklüğü zeminin daha önceki bir yağış nedeniyle doymuş olması halinde daha da artmaktadır. Kayıtlara göre 2007-2008 kış dönemi Kıbrıs'ta en kurak dönem olarak değerlendirilirken, 2009-2010 kış dönemi ise yoğun yağışlı geçmiş ve zaman zaman yaşanan ani taşkın olayları nedeniyle önemli hasarlar meydana gelmiştir.

18 Ocak 2010 günü Güzelyurt bölgesinde gözlenen ve 16 saat aralıksız devam eden yağışlar bölgede ani taşkın oluşmasına neden olmuştur. Anılan günde ölçülen yağış miktarı (1978-2009) döneminde kaydedilen değerlerden daha fazla olmuştur. Taşkın bölgesinde bulunan Zümrütköy'de 2010 yılına kadar ölçülen en yüksek günlük yağış miktarı 75 mm iken, taşkın olayında bu değer günlük 160 mm olarak ölçülmüştür. Çizelge 1'de bölgedeki meteoroloji gözlem istasyonlarında ölçülen yıllık ortalama yağış (d_A), maksimum yağış (d_{max}) ve 18 Ocak 2010 taşkın gününde gözlenen yağış miktarı (d_{At}) değerleri verilmektedir. Bu taşkında Bostancı köyü ve Güzelyurt ilçesi tarihinde karşılaşmadığı boyutta bir taşkına maruz kalmış ve 2.8 milyon Amerikan doları mertebesinde hasar meydana gelmiştir. Bununla birlikte ölüm olayı olmaması sevindirici bir unsurdur.

Çizelge 1 Güzelyurt Bölgesi Meteoroloji istasyonlarında kaydedilen yağış değerleri

İstasyon	Dönem	d_A (mm)	d_{max} (mm)	d_{At} (mm)
Çamlıbel	1978-2009	432	108 (05-12-2001)	169
Kozanköy	1985-2009	497	150 (05-12-2001)	182
Kalkanlı	2001-2009	320	74 (10-12-2002)	114
Güzelyurt	1978-2009	281	87 (19-08-2001)	101
Bostancı	2000-2009	378	127 (19-08-2001)	150
Zümrütköy	1978-2009	272	75 (01-11-1986)	160

Bu çalışmanın amacı, Güzelyurt bölgesini taşkın etkisinden koruyacak bir sistem tasarımı önermektir. Taşkın önleme çalışmalarının başlangıcında hidrolojik modelleme aşaması bulunmaktadır. Havza sınırları Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) çerçevesinde kullanılan Arc-GIS [1] yazılımıyla bulunmuştur. Çalışmanın ilk aşamasında taşkın hidrograflarının geliştirilmesinde gerekli olacak çeşitli hidrolojik büyüklükler ve havza jeomorfolojik özellikleri saptanmıştır. Akarsulardaki su yüzü profillerinin HEC-RAS [2] yazılımı kullanılarak hesaplanmasıyla taşkın bölgesinin akarsu yatağı civarındaki su basma alanları

tespit edilmiştir. Bu hesaplardaki bilgiler kullanılarak derelerin ve üzerinde bulunan köprü ve menfez gibi sanat yapılarının akımı geçirebilme kabiliyetleri incelenmiştir. Sonuç olarak taşkın etkilerinin azaltılmasını sağlayacak çözüm önerileri geliştirilmiştir. Ayrıca güzergah boyunca mevcut köprülerin ayakları etrafındaki oyulma derinlikleri hesaplanmış ve ayaklar için koruma projeleri önerilmiştir. Güzelyurt bölgesini taşkın etkilerinden korumak amacıyla geliştirilen ilk seçenekte Bostancı Deresi üzerinde uygun bir konumda bir sel kapanı yapılması ve ayrıca taşkın sularının bir kısmının bir çevirme kanalı vasıtasıyla civarı kırsal özellik taşıyan Fabrika Deresine aktarılmasının sağlanması araştırılmıştır. İkinci seçenekte ise taşkın sularının bir kısmının Bostancı Deresinden bir çevirme kanalı vasıtasıyla Güzelyurt Barajına aktarılması incelenmiştir.

2. ÇALIŞMA BÖLGESİNİN TANITILMASI

Yarı kurak bir iklime sahip olan Kıbrıs adası ve çalışma bölgesi olan Güzelyurt'un ada üzerindeki konumu Şekil 1'de sunulmaktadır. Güzelyurt bölgesinde pek çok alt havza olmasına rağmen 2010 yılı taşkınında en fazla hasar gören Bostancı havzası ile taşkın sularının aktarılması düşünülen Fabrika Deresi havzası bu çalışma kapsamı içine alınmıştır. Güzelyurt bölgesinin batısında yer alan ve Akdenize dökülen bazı derelerin suları Lefke regülatöründen Güzelyurt Barajı'na bağlanan çevirme kanalına verilmekte ve Güzelyurt Barajı haznesinde toplanan suların akiferi beslemesi sağlanmaktadır (Bkz. Şekil 2). Tamamen kırsal nitelikte olan Fabrika Deresi havzası ile kentsel ve kırsal özellikleri birlikte gösteren Bostancı Deresi havzasında portakal bahçeleri, arpa ve buğday tarlaları bulunmaktadır. Beş yan koldan oluşan Bostancı Deresinde bu kollar Bostancı köyü girişinde birleşmektedir. Bu nedenle Bostancı ve mansap bölgesi daha fazla risk altında kalmaktadır (Bkz. Şekil 2).



Şekil 1 Kıbrıs adası ve Güzelyurt bölgesi (Google Earth, Eylül 2012)



Şekil 2 Çalışma bölgesi havzaları (Google Earth, 2012)

Çalışma bölgesi akarsularında akım gözlem istasyonu bulunmamaktadır. Bu nedenle, taşkın hidrograflarının bulunabilmesi için sentetik birim hidrograf geliştirilmiştir. Havzanın jeomorfolojik özelliklerinin saptanabilmesi için CBS esaslı Arc-GIS yazılımının bir parçası olan Arc-Hydro [1] kullanılmıştır. Havzanın sayısal yükseklik haritası 1/25,000 ölçekli haritadan türetilmiştir. Çalışma havzalarının alanları ve akarsu şebekesi Arc-Hydro D8 algoritmasıyla oluşturulmuştur. Daha sonra görsel bilgi aktarımını sağlamak için oluşturulan harita Şekil 2’de gösterilen Google-earth ortamına aktarılmıştır. Havza sınırları oluşturulduktan sonra havza özellikleri belirlenmiştir. Bu bağlamda, Amerikan Toprak Muhafaza Kurumunun geliştirdiği sentetik birim hidrograf parametreleri için gerekli bilgi saptanmış ve 6 saatlik birim hidrograf değerleriyle birlikte Çizelge 2’de sunulmuştur. Bu çizelgede A havza alanı, t_p pik süre, Q_p pik debi, t_r etkin (artık) yağış süresi, t_l havza gecikme süresi, t_b hidrograf taban süresi, L ana akarsu kolu uzunluğu, S_h ise ana akarsu taban eğimidir. Ayrıca CN eğri numarası olup, toprak cinsi, yüzeysel özellikler ve geçmiş nem durumu gibi havza yersel özelliklerine göre saptanmıştır [3].

Havzaların mansap kesimlerinde akarsu taban eğimi çok düşük olup, akarsu en-kesitleri çok geniş alana yayılmaktadır. Bu nedenle, arazi üzerinde hareket edemeyen su geçirimli zeminden sızmakta, doymun toprak üzerinde kalan miktar ise yersel küçük göllenmeler yaratmaktadır. Böylece havzaların çıkış noktaları Akdeniz’e kadar ulaşmamaktadır.

Bostancı Deresi ve Fabrika Deresi üzerinde gerekli nehir en-kesit koordinatları bizzat yazarlar tarafından GNSS (Global Navigation Satellite System) ve “total station” aletleriyle ölçülmüştür. Bu bağlamda, Bostancı Deresi üzerinde 38, Fabrika Deresi üzerinde ise 37

adet en-kesit tanımlanmıştır. Bostancı Deresi üzerinde Bostancı köyü girişinden Güzelyurt ilçesi çıkışına kadar yedi adet farklı açıklıklarda köprü ve yedi adet menfez (üç adedi dairesel büz, dört adedi kutu kesitli) bulunmaktadır. Fabrika Deresi üzerinde ise bir adet köprü ve bir adet menfez bulunmaktadır.

Çizelge 2 Havza özellikleri ve 6 saatlik birim hidrograf parametreleri

Parametre	Bostancı Deresi Havzası	Fabrika Deresi Havzası
CN	76.48	77.34
L (km)	14	17.6
S _h (%)	1.4	1.5
t _L (saat)	6.38	7.23
t _p (saat)	9.38	10.23
A (km ²)	33.50	30.00
Q _p (m ³ /s)	7.43	7.73
t _r (saat)	6	6

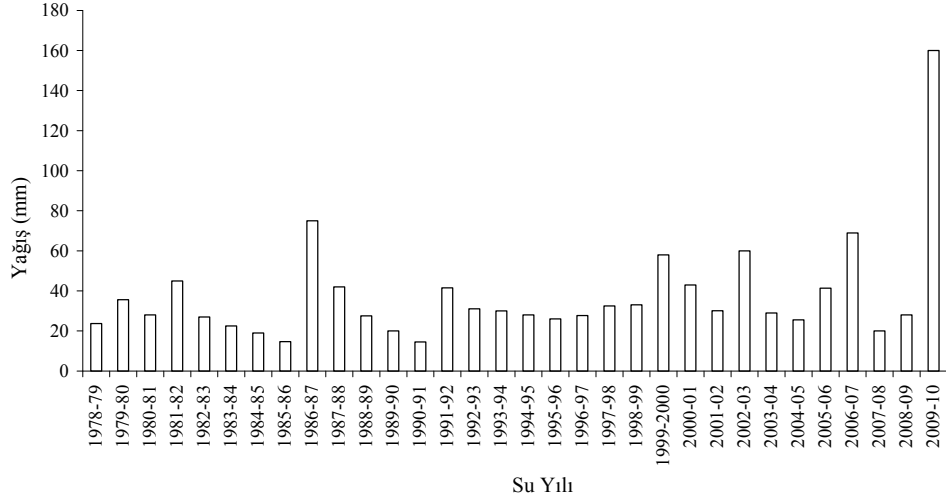
3. HİDROLOJİK ANALİZLER

Çalışma havzası yüzeysel özellikleri ve yağış bilgileri kullanılarak Amerikan Toprak Muhafaza Kurumunun (SCS) sentetik birim hidrografi çıkarılmıştır. Yağışların frekans analizinde daha yüksek yağış değerleri olması nedeniyle emniyetli tarafta kalmak için 1978 yılından itibaren rasat değeri bulunan Zümrütköy meteoroloji istasyonun yağış verisi kullanılmıştır. Şekil 3'te sunulan yıllık maksimum yağış serisi incelendiğinde 2010 yılı taşkınına yaratan 160 mm değerindeki yağışın diğer yıllara göre oldukça fazla olduğu görülmektedir. HEC-SSP [4] programı kullanılarak yapılan frekans analizi sonucunda Chi-Kare testinin %95 güven aralığına göre Log-Pearson tip 3 dağılımı en uygun dağılım olarak kabul edilmiş; 50, 100, 200 ve 500 yıl dönüş aralıklı günlük maksimum yağış değerleri sırasıyla 117, 150, 191 ve 261 mm olarak hesaplanmıştır.

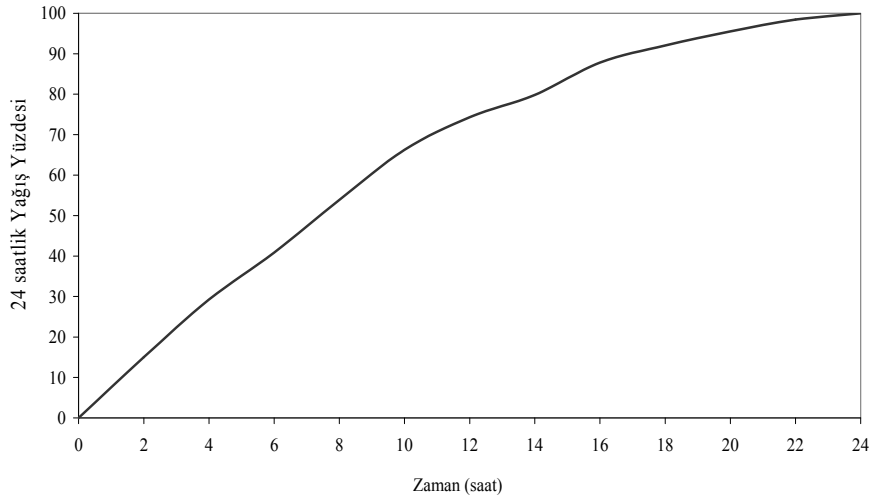
Zümrütköy istasyonunda yazıcı olmayan yağış ölçer (plüvyometre) bulunmaktadır. Bu nedenle, tasarım hiyetografinin oluşturulması için ilave bilgiye gerek duyulmaktadır. Bu amaçla, yakın civarda bulunan ve yazıcı yağış ölçeri (plüvyograf) olan meteoroloji istasyonu yağış verisi kullanılabilir. Güzelyurt istasyonu Zümrütköy istasyonuna yakın olduğu için yağış değerleri daha küçük kaydedilmiş olsa da yağışın saatlik dağılımının her iki istasyon için de benzeşim göstereceği yaklaşımıyla kullanılabilir. Güzelyurt istasyonunda kış yağışlarının saatlik dağılımını saptamak amacıyla 2000-2010 yılları arasında kaydedilen ve günlük toplam yağış değeri 10 mm değerini aşan yağışlar analiz edilmiştir. Bu analizde 59 yağış olayı kullanılmış ve ortalama yağış değeri 19 mm olarak hesaplanmıştır. Anılan 2010 yılı taşkınında ise Güzelyurt istasyonunda toplam 100.7 mm

Güzelyurt Taşkını Modellemesi ve Çözüm Önerileri

yağış kaydedilmiştir. Zümrütköy istasyonunda daha fazla yağış değerleri ölçülmesi nedeniyle tasarım hiyetografının bu istasyon verisine dayanarak çıkarılması daha emniyetli tarafta kalan bir yaklaşımdır. Güzelyurt istasyonunda günlük yağışların saatlik dağılımı Şekil 4'te sunulmaktadır.

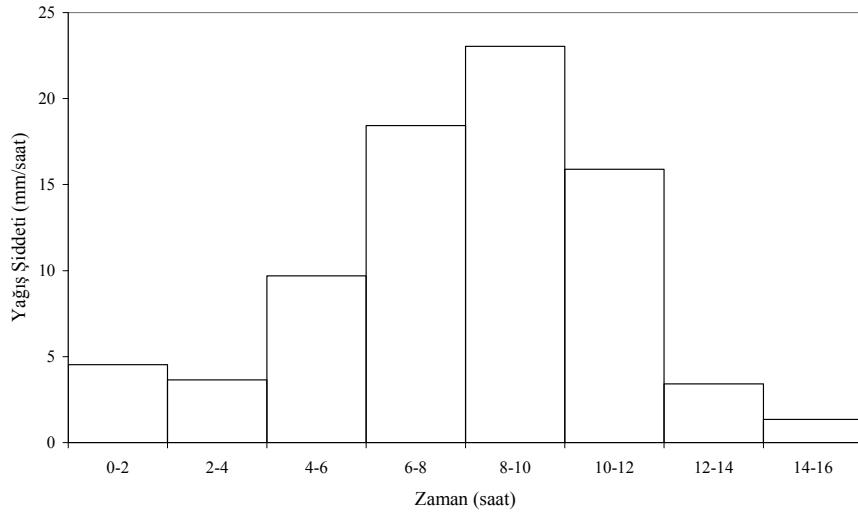


Şekil 3 Zümrütköy meteoroloji istasyonunun yıllık maksimum yağış değerleri



Şekil 4 Güzelyurt meteoroloji istasyonunda günlük toplam yağışın zamana göre değişimi

Anılan taşkın gününde Zümrütköy’de ölçülen 160 mm değerindeki yağışın Güzelyurt istasyonundaki zamansal dağılıma benzer olduğu varsayımıyla yağış hiyetografi elde edilmiştir (Bkz. Şekil 5). 2010 yılı taşkını çok büyük olduğu için bu çalışmada tasarım taşkını olarak kabul edilmiştir. Çalışma havzasında bu hiyetograf ve sentetik birim hidrograf kullanılarak taşkın hidrografları hesaplanmıştır.



Şekil 5 Tasarım hiyetografi

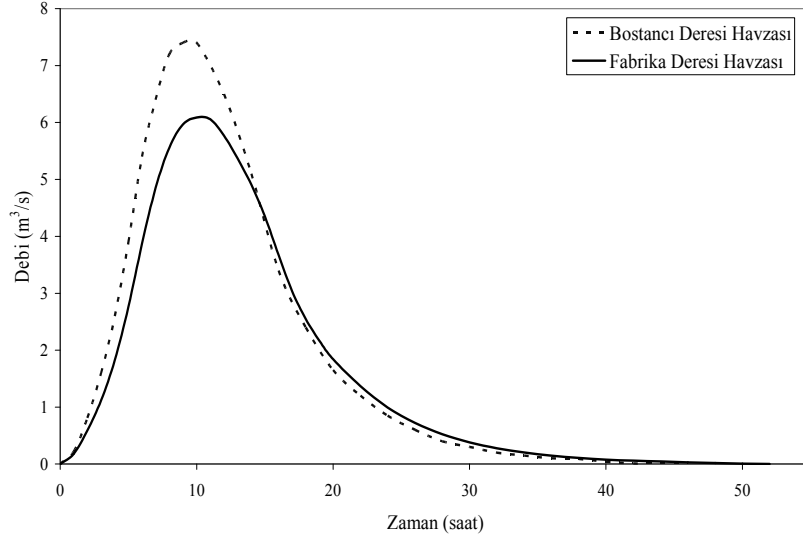
Bostancı Deresi ve Fabrika Deresi havzalarının 6 saatlik sentetik birim hidrografları, BH₆ (Bkz. Şekil 6) kullanılarak bu havzaların dolaysız akış hidrografları (Bkz. Şekil 7) elde edilmiştir. Şekil 7’den görüleceği gibi Bostancı Deresi ve Fabrika Deresi tasarım hidrograflarının pik debileri sırasıyla 104.6 m³/s ve 90.3 m³/s değerindedir. Daha önce Akıntuğ ve diğerlerince [5] yapılan bir çalışmaya göre 2010 yılı taşkınının dönüş aralığı yaklaşık 300 yıl olarak hesaplanmıştır. Bu nedenle, elde edilen tasarım hidrograflarına göre önerilecek taşkın koruma projelerinin kırsal ve yarı kentsel özellik gösteren bölge için oldukça emniyetli olduğu düşünülmektedir.

4. HİDROLİK ANALİZLER

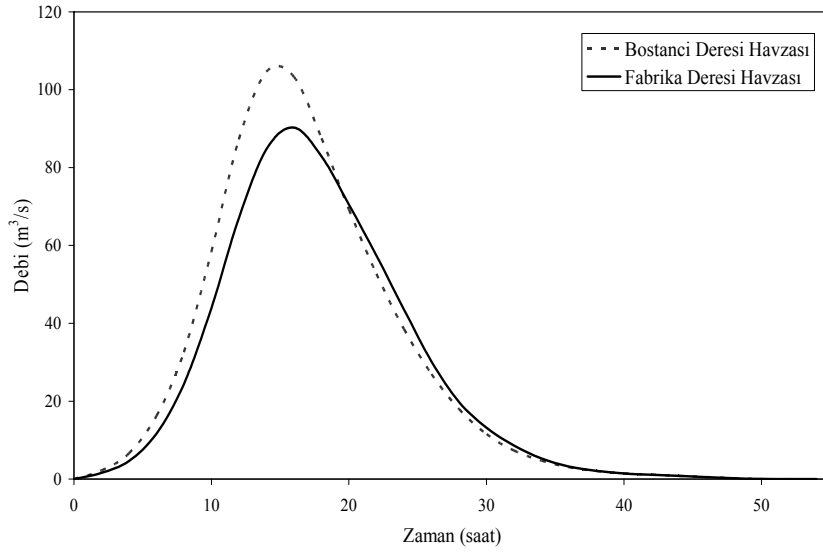
Taşkın su basma alanlarının ve akım derinliklerinin bulunması için Bostancı Deresi ve Fabrika Deresinin su yüzü profil hesapları yapılmalıdır. Bu amaçla, HEC-RAS yazılımı [2] kullanılmıştır. Daha emniyetli tarafta kalmak için analizler, pik debiler için zamanla değişmeyen akım koşullarında yürütülmüştür. Programda girdi verisi olarak kullanılacak parametrelerle sanat yapılarının koordinatları yerinde yapılan ölçümlere göre saptanmıştır. Ayrıca akarsu tabanından 9 ayrı kesitte alınan toprak örnekleri laboratuvar ortamında dane dağılımı analiziyle incelenmiş ve akarsu güzergah ve en-kesit özelliklerinin de içerilmesiyle ortalama Manning pürüzlülük katsayısı her iki akarsu için 0.056 olarak kabul

Güzelyurt Taşını Modellemesi ve Çözüm Önerileri

edilmiştir. Böylece anılan program çalıştırılarak en-kesitlerdeki su yüzü genişliklerinin bulunmasıyla su basma alanları tespit edilmiştir.



Şekil 6 Havzaların BH₆ birim hidrografları



Şekil 7 Dolaysız akış hidrografları

Bostancı Deresi ve Fabrika Deresi için ana kanal yatak kapasitesi iki yaklaşımla incelenmiştir. İlk yaklaşımda dere en-kesitlerine ve sanat yapılarının etrafına herhangi bir müdahale yapılmadığı, diğer deyişle mevcut koşullardaki ana kanal kapasitesi saptanmıştır. İkinci yaklaşımda ise gerekli kesitlerde derinleştirme/genişletme çalışmalarıyla, sanat yapıları civarındaki birikmelerin temizlenerek akım taşıma kapasitesi artan ana yatağın yeni kapasitesi saptanmıştır. İlk yaklaşımda Bostancı ve Fabrika Derelerinin ana yatak kapasiteleri sırasıyla 5 m³/s ve 25 m³/s olarak saptanmıştır. Akarsu yataklarının temizlenip düzenlenmesiyle yeni Manning pürüzlülük katsayısının 0.033 değerine kadar düşebileceği görülmüştür. Bu durumda Bostancı ve Fabrika Deresinin artan ana kanal kapasiteleri sırasıyla 11 m³/s ve 180 m³/s, değerlerine çıkmaktadır. Fabrika Deresi üzerinde bulunan eski menfezin yıkılarak yerine açıklığı fazla yeni bir menfez yapılmasıyla akım membada kabarmadan basınçsız olarak menfezden geçeceği için kapasite oldukça artmaktadır.

Bu çalışmada ayrıca köprü ayakları etrafına riprap kaplaması yapılarak ayaklar etrafındaki oyulma potansiyelinin azaltılması hedeflenmiştir. Ayaklar etrafındaki oyulma derinlikleri HEC-18 yazılımının standart denklemi olan Colorado Eyalet Üniversitesi denklemiyle [6] hesaplanmıştır. Bu analizin sağlıklı yapılabilmesi için köprü ayakları civarını temsil eden sekiz değişik kesitten toprak örneği alınmış ve dane dağılımları laboratuvar ortamında tespit edilmiştir. Çizelge 3'te, Bostancı Deresi üzerindeki köprülerin ayakları etrafındaki maksimum oyulma derinlikleri (d_s), medyan dane çapı (D_{50}) ve %95'i daha küçük olan dane çapı (D_{95}) değerleri sunulmuştur. Bu çizelgeden görüleceği gibi 6 numaralı kesitte tasarım debisi durumundaki akım koşullarının olumsuzluğu nedeniyle 2.38 m mertebesinde oyulma derinliği bulunmuştur. Bu nedenle, köprü ayakları etrafına riprapla koruma tabakası yerleştirilmesi önerilmektedir. Ayaklar etrafındaki oyulmayı azaltıcı önlemler arasında yerleştirme kolaylığı ve ekonomik nedenlerden dolayı en yaygın olarak kullanılan riprap kaplamadır [7]. Kaplama tabakasına yerleştirilecek riprap, belli bir gradasyona sahip olmalıdır. Bunun başlıca nedeni, daha küçük tanelerin boşluklar arasına girerek sürtünme yüzeylerini ve dolayısıyla kayma emniyetini artırmasıdır. Yerleştirilecek riprapın medyan çapı Lagasse ve diğerleri tarafından [8] sunulan yöntemle saptanmıştır. Riprap medyan çapı yaklaşım akım hızının karesiyle değiştiği için hızları yüksek olan kesitlerde büyük riprap çapı gerektiği hesaplanmıştır.

Çizelge 3 Bostancı Deresi üstündeki köprülerin ayaklarındaki oyulma değerleri

Köprü No	D_{50} (mm)	D_{95} (mm)	d_s (m)
1	8.5	28.2	0.83
2	8.2	28.0	0.90
3	7.8	28.0	0.90
4	7.0	27.6	0.95
5	6.3	26.0	0.95
6	6.0	25.8	2.38
7	2.8	20.4	0.42

Dört ve beş numaralı kesitlerdeki köprü ayakları etrafına yaklaşık 1.4 m çaplı riprap kaplanması gerekmektedir. Ancak bu büyüklükteki taşların, temin edilse bile, ayaklar etrafına yerleştirilmesi mümkün değildir. Bu nedenle, bu köprüler için son yıllarda literatürde [9] uygulamasına yeni rastlanan kısmi şerbet dökülmüş riprap uygulaması önerilmektedir. Bu uygulamanın ülkemizdeki bir örneği [10] numaralı kaynakta bulunabilir. Uygulamada ripraplar arasındaki boşluğun yaklaşık %50'si çimento şerbetiyle kaplanmaktadır. Böylece daha küçük boyutlu riprap kısmi bağlayıcı malzeme nedeniyle yarı rijit bir yapıya sahip olarak emniyetli olarak kullanılabilir. Anılan köprü kesitlerinde Sınıf 2 gradasyonuna sahip riprap malzeme kullanılmıştır. [9] numaralı kaynakta dağılım özellikleri verilen bu sınıfta riprapın medyan çapı ortalama 25 cm mertebesindedir. Bu büyüklükteki taş daha kolay bulunacağından bu çözümün daha ekonomik olduğu açıktır. [10] numaralı kaynakta yapılan bir ekonomik analizde kısmi bağlayıcı riprap kaplamanın daha büyük çaplı riprap kaplamaya oranla yaklaşık %45 daha ucuz olduğu görülmüştür.

5. ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Bostancı ve Güzelyurt bölgelerinin taşkın etkilerinden korunması amacıyla başlıca iki seçenek değerlendirilmiştir. Birinci seçenekte Bostancı'nın membaında ve Türk bölgesinde kalan uygun bir aksta bir sel kapanı inşa edilmesi ve haznede depolanan suyun bir kısmının bir çevirme kanalı vasıtasıyla Fabrika Deresine aktarılması araştırılmıştır. Haznede sönmülenen taşkın dalgası mansaba daha düşük debi olarak verilecektir. İkinci seçenekte ise Bostancı Deresindeki taşkın sularının bir çevirme kanalıyla doğrudan Güzelyurt Baraj haznesine aktarılması incelenmiştir. Bu seçeneklerdeki analizler ve sonuçları kıyaslamalı olarak aşağıda sunulmaktadır. Karar verme aşamasında seçeneklerin yatırım bedelleri hesaplanarak karşılaştırma yapılmıştır.

Birinci Seçenek

Sel kapanları membadan gelen taşkın dalgasının önemli bir bölümünü haznede depolayarak öteleme etkisiyle mansaba düşük debi bırakırlar. Böylece mensap bölümü taşkın etkisinden önemli ölçüde korunmuş olur. Bir sel kapanı, genellikle toprak dolgu bir gövde ile kontrolsüz bir dolusavak ve dip savaktan oluşur. Haznede ölü hacim sağlayabilmek için dip savak girişi bir yükseltici boruyla hazne talveg seviyesinin üzerinden başlar. Düşük akımlarda sadece dip savaktan akım geçerken, taşkın dönemlerinde su haznede depolanır ve depolama etkisiyle mansaba aktarılan debi miktarında önemli düşüşler oluşur. Dip savak kapasitesinin yeterli olmayacağı düşüncesiyle daha üst kotlarda kontrolsüz olarak yapılan dolusavakla ilave tahliye gerçekleştirilir. Bu çalışmada sayısal hazne öteleme kullanılarak çıkış akımları ve maksimum hazne su kotu hesaplanmıştır. Öteleme hesapları süreklilik denkleminde yapılmaktadır [11]:

$$\frac{dh}{dt} = \frac{I(t) - Q(h)}{A(h)} \quad (1)$$

Denklem (1)'de, h dip savak aksından ölçülen seviye, t zaman, $I(t)$ giriş akım hidrografi, $Q(h)$ çıkış akımı ve $A(h)$ bir h seviyesinde hazne su yüzü alanıdır. Bu denklemde $I(t)$, $Q(h)$, ve $A(h)$ parametreleri matematiksel olarak ifade edildikleri zaman birinci dereceden doğrusal olmayan bir diferansiyel denklem edilmektedir. Bu denklem, Euler veya Runge Kutta gibi sayısal çözümlene teknikleri kullanılarak ardışık olarak çözülebilir [11].

Bu çalışmada Bostancı'nın membaında ve KKTC sınırları içinde kalan bir bölgede depolama kapasitesi olan uygun sel kapanı aksları seçilmiştir. Bu amaçla, bir tanesi Bostancı Deresi üzerinde, diğeri Fabrika Deresi üzerinde olan iki aks düşünülmüştür. Bu akslarla sınırlanan alan-seviye ilişkileri sayısal yükseklik modelinden bulunmuştur. Bulunan ilişkilere regresyon katsayısı 0.998 olan polinomlar tanımlanmıştır. Bostancı ve Fabrika Derelerinde seçilen akslar için alan-seviye ilişkileri sırasıyla (2) ve (3) numaralı denklemlerle verilmektedir:

$$A(h) = 9.2257h^4 - 100.92h^3 + 856.29h^2 - 20.904h \quad (2)$$

$$A(h) = 5.1753h^3 + 308.66h^2 - 634.67h \quad (3)$$

Çapı 1 m olan dip savak, yüksekliği 2 m olan yükseltici boruyla başlamaktadır. Yüksekliği 9 m, kret genişliği 3 m olan homojen dolgulu toprak barajın taban genişliği 53 m olarak alınmıştır. Dolayısıyla bu tip barajlar için önerilen [11] yanal eğimler seçilmiş (1D:2.8Y) ve böylece şev kaymasına karşı emniyetli bir kesit alınmıştır. Burada D ve Y sırasıyla yanal eğimlerin düşey ve yatay değerleridir. Giriş, dirsek ve çıkış yersel yük kayıp katsayıları sırasıyla 0.2, 0.2, ve 1.0; sürtünme faktörü ise 0.02 olarak alınmıştır [12]. Haznedeki hız değerini sıfır alarak memba ve mansap çıkışı arasında enerji denkleminin yazılmasıyla çıkış akımının seviyeye karşı değişimi hesaplanmıştır [13]:

$$Q(h) = 1.859\sqrt{h} \quad (4)$$

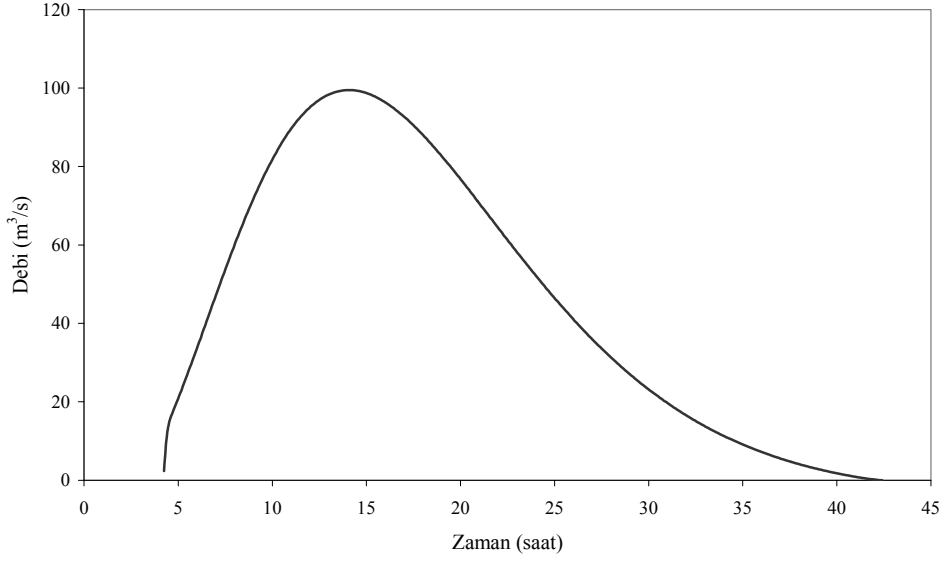
Horn tarafından sunulan hidrografın giriş akımlarını iyi temsil ettiği sınımayla bulunmuştur [14]. Bu hidrograf şöyle verilmektedir:

$$I(t) = I_p \left(\frac{t}{t_p} \right)^{3.5} \exp \left(-3.5 \left(\frac{t}{t_p} - 1 \right) \right) \quad (5)$$

Burada I_p giriş akımı pik debisi ve t_p pik süresidir. Bostancı ve Fabrika Dereleri için pik süreler 14 saat; pik debiler ise sırasıyla 104.6 m³/s ve 90.3 m³/s değerlerindedir. Bu seçenekte Bostancı Deresi üzerindeki sel kapanından bir miktar akım bir çevirme kanalıyla Fabrika Deresine aktarılmakta ve Fabrika Deresi üzerinde yapılacak bir sel kapanı haznesinde toplanacaktır. Bu seçenekte Bostancı Deresi üstündeki sel kapanında sadece dip savak düşünülmüş, taşkın hacminin önemli bir bölümü Fabrika Deresi üstündeki sel kapanı haznesine aktarılmıştır. Yaklaşık 600 m uzunluğunda, taban genişliği 3.5 m, yüksekliği 1.9 m olan trapez en-kesitli kaplamalı bir çevirme kanalı önerilmektedir. Çevirme kanalı tabanı, Bostancı Sel Kapanı haznesinin 94 m kotundan başlayarak Fabrika Deresinde 86 m

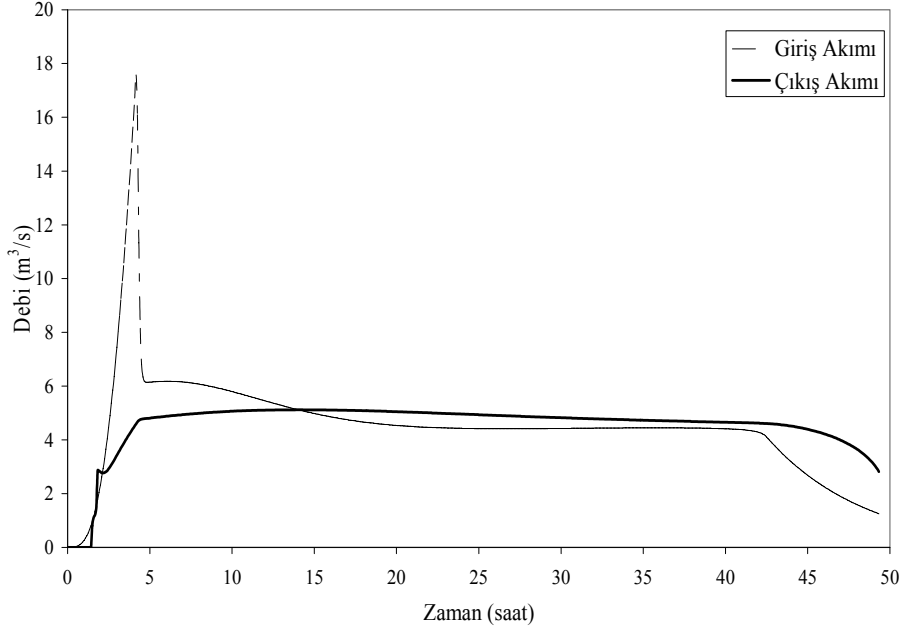
Güzelyurt Taşkını Modellemesi ve Çözüm Önerileri

kotuna bağlanacaktır. Bostancı ve Fabrika Deresi Sel Kapanlarının minimum kotları sırasıyla 88 m ve 82 m olarak seçilmiştir. Bostancı Deresi Sel Kapanında depolanan su, 94 m kotuna ulaşınca akımın bir kısmı derivasyon kanalına verilerek Fabrika Deresine iletilecektir. Tasarım akımı durumunda derivasyon kanalının işletim süreci Şekil 8’de verilmektedir. Böylece Bostancı Sel Kapanından çıkan akım oldukça düşecektir (Bkz. Şekil 9).



Şekil 8 Çevirme kanalındaki akımın zamansal değişimi

Taşkın öteleme hesapları sonucunda Fabrika Deresi Sel Kapanındaki maksimum giriş akımı, Bostancı deresinden çevrilen akımla birlikte 183.8 m³/s değerine ulaşmaktadır. Fabrika Deresi Sel Kapanında 5.3 saat sonra çıkış akımları Bostancı Deresinden çevirme kanalıyla gelen akımlar nedeniyle oldukça artmakta ve bu haznede neredeyse hiç sönmeme oluşmamaktadır. Bu nedenle, Fabrika Deresi üzerine sel kapanı yapılması seçeneği uygun bulunmamıştır. Bostancı Sel Kapanında giriş akımlarının önemli bir kısmının Fabrika Deresine aktarılması sonucu net giriş akımları azalmakta, maksimum su derinliği 7.4 m, maksimum çıkış akımı ise 5 m³/s değerine düşmektedir. Bu çıkış akımı Bostancı Deresinin taşıyabileceği kapasitededir (Bkz. Şekil 9). Böylece ilk seçenekte sadece Bostancı Sel Kapanının ve çevirme kanalının yapılması uygun görülmektedir. Bu seçenekte daha fazla akım taşıyan Fabrika Deresinin neden olacağı su basma alanları 183.75 m³/s debi için hesaplanmış ve sonuçlar Google Earth ortamına aktarılmıştır (Bkz. Şekil 10).



Şekil 9 Bostancı Sel Kapanındaki giriş-çıkış akım hidrografları

Fabrika Deresi akımları Lefke-Güzelyurt arasındaki derivasyon kanalına ulaşmadan önce hem sızma etkisiyle hem de çok düşük eğim nedeniyle yer yer depolanmakta ve bu kanala girmemektedir. Zira bu akım koşullarında anılan bölgedeki maksimum su kotu 44.74 m, derivasyon kanalı yan şev üst kotu ise 45.28 m değerindedir. Böylece Fabrika Deresi tasarım taşkını rahatlıkla taşıyabilmekte; Bostancı Sel Kapanı taşkın dalgasının bir kısmını haznesinde tutmakta ve mansaba derenin taşıma kapasitesi dahilinde akım bırakmaktadır. Bu seçeneğin yatırım maliyeti 579,000 Amerikan doları olarak hesaplanmış olup, hesap detayları [13] numaralı kaynakta sunulmaktadır.

İkinci Seçenek

Bostancı Deresinin Güzelyurt Barajına yakın olması nedeniyle bu seçenekte tasarım pik debisinin ($104.6 \text{ m}^3/\text{s}$) doğrudan Güzelyurt Barajı haznesine yeni bir kaplamalı çevirme kanalıyla aktarılması düşünülmüştür. Arazide yapılan gözlemlere dayanarak en uygun güzergahın 5 km uzunluğunda, 0.0056 taban eğiminde, 4 m taban genişliğinde ve 3 m derinliğinde trapez en-kesitli kaplamalı bir çevirme kanalıyla geçmesi düşünülmüştür. Taşkın hacmi Güzelyurt Baraj haznesinde rahatlıkla depolanabilmektedir. Güzergah boyunca kanalı kesen iki adet yolun köprüyle geçmesi düşünülmüştür. Bu seçeneğin yatırım maliyeti 7,138,000 Amerikan doları olarak hesaplanmıştır [13]. Böylece ilk seçeneğin daha etkin ve çok daha ekonomik olduğu saptanmıştır.



Şekil 10 Birinci seçenekte oluşan su basma haritası

SONUÇLAR

Bu çalışmada Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'ndeki Güzelyurt bölgesinin taşkın etkilerinden korunmasına yönelik bir proje geliştirilmiştir. Hidrolojik analizde yöre yağışlarının frekans analizi yapılmış ve bölgeyi etkileyen Bostancı ve Fabrika Derelerinin taşkın hidrografları geliştirilmiştir. Bölgede akım gözlem istasyonu olmaması nedeniyle Amerikan Toprak Muhafaza Kurumunun sentetik birim hidrografi geliştirilmiştir. Havza jeomorfolojik parametreleri ARC-GIS, tasarım akımlarındaki su yüzü profilleri ve su basma alanları ise HEC-RAS yazılımlarıyla bulunmuştur. Akarsuların akım taşıma kapasitelerinin artırılması amacıyla gerekli yerlerde kesit genişletilmesi ve derinleştirilmesi önerilmiştir. Ayrıca mevcut sanat yapılarının durumları gözden geçirilmiş ve gerekli düzenleme önerileriyle akım taşıma kapasitelerinin artırılması öngörülmüştür. Köprü ayakları etrafına kısmi bağlayıcı riprap döşenmesi önerilmiştir. Bostancı Deresi üzerinde yapılacak bir sel kapanı ve Fabrika Deresine bağlanan bir çevirme kanalı projesinin Bostancı ve Güzelyurt'u etkin olarak taşkınlardan koruyabileceği anlaşılmıştır.

Semboller

- A : Havza alanı
CN : Eğri numarası
 d_A : Yıllık ortalama yağış derinliği

- d_{max} : Yıllık maksimum yağış derinliği
 D_{50} : Medyan dane çapı
 D_{95} : %95'i daha küçük olan dane çapı
 d_s : Köprü ayakları etrafındaki maksimum oyulma derinliği
 $I(t)$: Hazne giriş akım hidrografi
 I_p : Pik debi
 L : Ana kanal uzunluğu
 S_h : Ana kanal taban eğimi
 t : Zaman
 t_b : Taban süresi
 t_l : Havza gecikme süresi
 t_p : Pik süresi
 t_r : Artık yağış süresi
BH : Birim hidrograf
Q : Debi
Q(h) : Çıkış akımı

Teşekkür

Bu makale, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Kuzey Kıbrıs Kampüsü Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Fonu kapsamında yapılan FEN-11-D-5 numaralı çalışmayı aktarmaktadır. Yazarlar sağlanan destek için teşekkür ederler. Ayrıca KKTC Meteoroloji ve Harita Daireleri yetkililerine sağladıkları done için teşekkür edilmektedir.

Kaynaklar

- [1] ESRI. ArcMap Users Manual Version 9.3, ESRI Inc., 2008.
- [2] USACE. HEC-RAS Users Manual Version 4.1, Davis, CA, ABD, 2010.
- [3] USDA. Soil Conservation Service, National Engineering Handbook, Washington D.C., 1972.
- [4] USACE, HEC-SSP Users Manual Version 4.1, Davis, CA, ABD, 2009.
- [5] Akıntuğ, B. Yanmaz, A. M. Akyürek, Z., ve Sürer, S. Modelling of Zodia-Morphou Flood and Determination of Flood Risk Areas in Morphou Region. Bilimsel Araştırma Projesi (FEN-15) Raporu. ODTÜ Kuzey Kıbrıs Kampüsü, KKTC, 2011.

Güzelyurt Taşkını Modellemesi ve Çözüm Önerileri

- [6] Richardson, E. V., and Davis, S. R. Evaluating Scour at Bridges, Fourth edition. FHWA Report No. FHWA NHI 01-001. Virginia: Federal Highway Administration, 2001.
- [7] Yanmaz, A. M. Köprü Hidroliği, ODTÜ Yayıncılık, Ankara, 2002.
- [8] Lagasse, P. F., Zevenberg, L. W., Schall, J. D., ve Clopper, P. E. Bridge Scour and Stream Instability Countermeasures – Experience, Selection, and Design Guidelines, Hydraulic Engineering Circular (HEC) No. 23, Second Edition. FHWA Report No. FHWA NHI 01-003. Washington, D. C.: Federal Highway Administration, 2001.
- [9] Lagasse, P. F., Clopper, P. E. Zevenberg, L. W., ve Girard L. G. Countermeasures to Protect Bridge Piers from Scour, NCHRP Report 593, Transportation Research Board, Washington, D. C., 2007.
- [10] Yanmaz, A.M., ve Çam, E. Bridge Scour Countermeasure Design: A Case Study, 10. Uluslararası İnşaat Mühendisliğinde Gelişmeler Kongresi, Bildiriler Kitabı, Cilt 1, 2012.
- [11] Yanmaz, A. M. Applied Water Resources Engineering, ODTÜ Yayıncılık, Ankara, 2006.
- [12] Munson, R. B., Young, F. D., ve Okiishi, H. T. Fundamentals of Fluid Mechanics. ABD, John Wiley and Sons, 2006.
- [13] Şahin, E. A Study on Flood Management Practices for Güzelyurt, Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Müh. Bölümü, ODTÜ, Ankara, 2012.
- [14] Horn, D. R. Graphic Estimation of Peak Flow Reduction in Reservoirs, J. Hydraulic Division, ASCE, 113(11) pp. 1441-1450, 1987.