

**16 KASIM 2007 TUZLA DERESİ TAŞKINININ
NEDENLERİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA
(SİLİVRİ-İSTANBUL)**

*An Investigation on Causal Factors of the Tuzla Stream Flooding,
November 16, 2007 (Silivri - Istanbul)*

Hasan ÖZDEMİR* , Cihan BAYRAKDAR*

Özet

16 Kasım 2007 tarihinde meydana gelen yağışlarla Trakya üzerinde birçok alanda sel ve taşkınlar meydana gelmiştir. İstanbul'un Silivri ilçesi, taşkın meydana geldiği alanlardan birisi olup, yerleşme ve sanayi alanları sular altında kalmıştır. İlçe sınırları içinde bulunan Tuzla Deresi'nin taşması ile ortaya çıkan taşkın nedenleri, afet sonrası sahada yapılan arazi gözlemleriyle araştırılmıştır. Sahaya ait mevcut sayısal verilerin de kullanıldığı çalışmada, ilçedeki taşkın afetinin meydana gelmesinde yağışların yanında havzanın fizyografik özelliklerinin uygunluğu, dere yatağı ve taşkın yatağındaki bazı yanlış arazi kullanımlarının etkili olduğu ve bu yanlış uygulamalar devam ettiği sürece sahada taşkın afetinin tekrarlayacağı sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Taşkın, Yanlış Arazi Kullanımı, Fizyografik Özellik, Tuzla Deresi.*

Abstract

Flash floods and floods occurred in various locations in Trakya region due to rainfall intensity in November 16, 2007. Silivri, which is a county of Istanbul, is one of the locations occurred the flooding and settlements and industrial areas were affected. The reasons of the flooding on the Tuzla stream, which is located in the county district, were investigated using field works after the flood event and existing digital data of the Tuzla stream watershed. As a result, physiographic characteristics of the watershed and some misapplications and mislanduses on the Tuzla stream channel and its floodplain were found as reasons of the flooding besides rainfall. Also, floods will still occur as long as mislanduses keep in the floodplain area.

Keywords: *Flood, Mislanduse, Physiographic Feature, Tuzla Stream.*

* Dr., İstanbul Üniversitesi, Edeb. Fak., Coğrafya Bölümü, Fiziki Coğrafya Anabilim Dalı, 34459, Laleli-İstanbul.
ozdemirh@istanbul.edu.tr ; cihanbyr@istanbul.edu.tr

Giriş

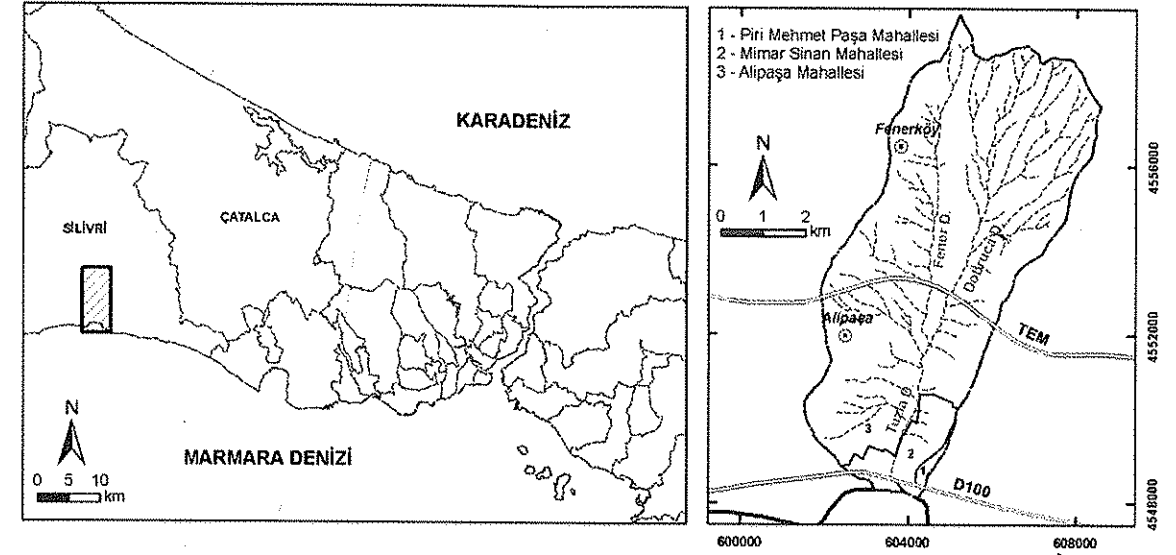
Sel ve taşkınlar, neden oldukları can ve mal kayıplarına bağlı olarak ülkemizde ve dünyada önemli derecede etkiye sahip olan doğal afetlerdir. Bu afetler, sağnak ve uzun süreli yağışlar, akarsu havzalarındaki bitki örtüsü tahribatı, akarsu yatakları üzerindeki yanlış mühendislik uygulamaları ve taşkın yataklarında yerleşmelerin artması gibi birçok nedene bağlı olarak meydana gelir (Özdemir, 2007). Bu etkenlere bağlı olarak akarsu yataklarında meydana gelen afetin türünün tanımlanması da önemlidir. Bahsi geçen sel ve taşkın olayları, fazla su miktarına bağlı olsalar da meydana gelişleri, işleyişleri ve etkileri bakımından farklılık gösterir. Turoğlu ve Özdemir (2005) bu iki olaydan seli; genellikle bir kanala az veya çok bağlı olarak, eğim yönünde, yüksek enerjili ve kontrolsüz akışa sahip, çökel malzemesi, tür ve boyut özellikleri çeşitlilik gösteren, tahrip gücü yüksek su kütlesi hareketi olarak tanımlarken, taşkını ise, su fazlasına bağlı, kıyılarından başlayarak düz ve çukur alanları kaplayan ve havzadaki diğer alanları da etkileyen geçici göllenme ve su basması olarak tanımlamıştır. Dolayısıyla selde; eğimi değeri yüksek olan topografya, yüksek enerji, hızlı akım ve kısa zaman aralığı gibi özellikler ağırlıkta iken, taşkında tam tersi özellikler mevcuttur (Lin, 1999; Angillieri, 2007).

Sahalara ait hidrolojik karakterlerin incelenmesinde 1) drenaj ağlarına ait morfometrik özellikler, 2) infiltrasyon ilişkisi bakımından toprak karakteristikleri, 3) sahanın yapısal ve erozyonel karakteri bakımından jeoloji ve morfolojisi, 4) erozyon, infiltrasyon ve yüzeyin su tutmasını etkilemesi bakımından bitki örtüsü özellikleri ve 5) yağış girdisi bakımından iklimsel şartlar önemli yer tutar (Patton, 1988). Bu özellikler, havzalarda doğal olarak meydana gelen sel ve taşkınların oluşmasında önemli rol oynarlar. Havzalarda bazen sel ve taşkın için aşırı yağış koşulları oluşmasa da yanlış arazi kullanımı ve akarsu yataklarına yapılan yanlış mühendislik uygulamaları, bu olayların afete dönüşmesine neden olabilmektedir. Dolayısıyla taşkın afetinde, yağış özellikleri, havzanın fiziki karakteri ve taşkın yataklarındaki arazi kullanım özellikleri gibi üç ana başlık ön plana çıkmaktadır.

16 Kasım 2007 tarihinde meydana gelen yağışların etkisiyle Trakya'da birçok lokasyonda sel ve taşkınlar meydana gelmiştir. Bunlardan Tekirdağ'daki sel ve taşkınlarda 1 kişi hayatını kaybederken İstanbul, Edirne ve Çanakkale il sınırları içinde çeşitli alanlarda meydana gelen sel ve taşkınlarda büyük ekonomik kayıplar oluşmuştur. İstanbul'da Tuzla Deresi'nin taşmasıyla 300 ev ve işyeri sular altında kalmış, can kaybı meydana gelmemiştir (<http://www.silivri-bld.gov.tr>).

Çalışmanın yapıldığı Tuzla Deresi ve havzası, İstanbul'un Silivri ilçesi sınırları içinde, yaklaşık $28^{\circ}12'30''$ - $28^{\circ}17'30''$ Doğu meridyenleri ile $41^{\circ}4'30''$ - $41^{\circ}11'30''$ Kuzey paralelleri arasında yer alır. Havzanın alanı 42 km^2 ve yükseltisi ise 0 ile 225 m. arasında değişmektedir. Havzanın genel uzanışı kuzey kuzeydoğu-güney güneybatı yönündedir (Şekil 1). Havza, Tuzla Deresi ve üst kolları olan Fener ve Dobruca mevsimlik dereler tarafından drene edilir. D100 (E5) ve E80 (TEM) gibi iki önemli karayolu havza içinden geçmektedir. Silivri ilçesine ait Ali Paşa, Mimar Sinan ve Piri Mehmet Paşa Mahalleleri'nin bir kısmı havza sınırları içinde kalmaktadır. Özellikle Mimar Sinan Mahallesi Tuzla Dere'nin denize döküldüğü geniş tabanlı vadi içinde ve E5 yolu boyunca doğu-batı doğrultusundan uzanış gösterir (Şekil 1).

Bu çalışmada, 16 Kasım 2007 tarihinde Tuzla Deresi üzerinde meydana gelen taşkın oluşması ve afete dönüşmesindeki nedenler araştırılmıştır. Taşkın meydana gelmesinde ve afete dönüşmesinde yağış faktörüyle birlikte havzanın fizyografik özellikleri ve taşkın yatağındaki arazi kullanım özelliklerinin etkilerini araştırmak bu çalışmanın temel hedefini oluşturmaktadır.



Şekil 1: Çalışma alanının lokasyonu.

Materyal ve Yöntem

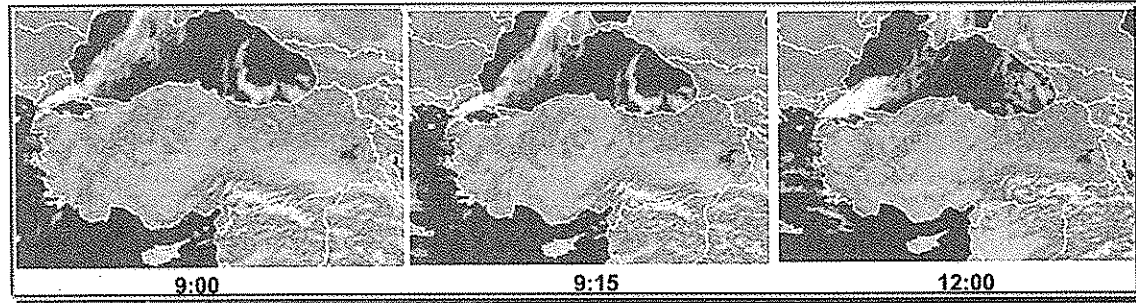
Çalışmada veri kaynaklarını, 1:25.000 ölçekli topografik haritalar, Landsat ETM+ (2000 tarihli) uydu görüntüsü, hava fotoları (2005 tarihli), Tekirdağ, Çorlu ve Florya Meteoroloji İstasyonu yağış verileri ve arazi çalışmaları oluşturmaktadır. Topografik haritalar, uydu görüntüsü ve hava fotoğularının geometrik düzeltmeleri UTM projeksiyonu, ED50 datum (35. Zon) kullanılarak yapılmıştır.

Sahadaki taşkın ve afetinin meydana gelmesindeki nedenleri anlayabilmek için yağış özellikleri, havzanın sahip olduğu fizyografik özellikler ve taşkın yatağındaki arazi kullanım özellikleri incelenmiştir. Burada, 16 Kasım 2007 tarihindeki sağnak yağışı oluşturan sinoptik özellikler ile çalışma sahasına yakın olan Çatalca Meteoroloji İstasyonu'nun kapatılması nedeniyle Tekirdağ, Çorlu ve Florya Meteoroloji İstasyonu 1975-2007 yılları arası yağış verileri ve Kasım ayı günlük yağış verileri değerlendirilmiştir. Tuzla Deresi havzasının fizyografik özellikleri olarak jeoloji, toprak, jeomorfoloji, morfometrik ve genel bitki örtüsü konuları ele alınmıştır. Bunlardan jeoloji ve jeomorfoloji için Duman vd. (2004) tarafından üretilen 1:50.000 ölçekli haritalar kullanılmıştır. Havza morfometrisi için topografik haritalardaki mevcut akarsu ağı ve havzadaki kuru derelerin de dahil edildiği potansiyel akarsu ağı (Mark, 1983) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak eşyüksele eğrileriyle oluşturulan Sayısal Yükselti Modeli'nden (SYM) faydalanılmıştır. Bu verilerle havzanın dizin çatallanma oranı, drenaj yoğunluğu, akarsu sıklığı, engebelilik değeri, uzunluk oranı ve akım toplanma zamanı gibi parametreleri taşkını etkilemesi bakımından incelenmiştir.

Havzanın genel bitki örtüsü özellikleri Landsat ETM+ (Temmuz 2000 tarihli) görüntüsünden elde edilen NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) değerlerine bağlı olarak genel dağılımı şeklinde ele alınmıştır. Taşkın yatağına ait arazi kullanımı, 2005 tarihli hava fotolarının görsel yorumlanması ve arazi gözlemleriyle ortaya konmuştur. Elde edilen arazi kullanım özelliklerinin 16 Kasım taşkını etkilemesi bakımından detaylı incelemesi yapılmıştır.

Yağış Özellikleri ve Taşkına Etkisi

Gezici siklonlarda sıcak cepheyi izleyerek gelen soğuk cephelerde, soğuk ve ağır hava geriden sıcak havanın altına sokulduğu için onu hızla yükselterek, dinamik doğuşlu yükselim (konveksiyon) hareketlere neden olur. Buralarda beliren Cb (Kümülonimbüs) bulutlarından güçlü sağnak yağışlar meydana gelir (Erol, 1999). Bu duruma benzer özellikler Trakya üzerinde yaşanmıştır. 16 Kasım 2007 tarihinde Trakya'da özellikle Malkara, Tekirdağ ve Silivri üzerinde etkili olan şiddetli yağışlar, Orta Akdeniz'den gelen siklonların kuzeydoğu yönünde hareket etmesi ve soğuk cephe üzerinde kuvvetli konvektif faaliyetlerin gelişmesi sonucunda meydana gelmiştir (Çelik vd., 2008). Tekirdağ üzerinde soğuk cephenin durağanlığı, yağışın devamlılığını sağlamış ve 24 saatte metrekaresine Malkara üzerinde 156 mm., Tekirdağ (Merkez) üzerinde 125 mm. yağış düştüğü kaydedilmiştir. Bu değer çalışma sahası için 120 mm. olarak açıklanmıştır (<http://www.silivri-bld.gov.tr>). Meteosat Uydu görüntülerinde Tekirdağ civarındaki yağışta soğuk cephenin genellikle durağan ancak cephenin bitimine yakın kısmında sürekli Cb oluşumu gözlemlenmiştir (Şekil 2). Bu da Tekirdağ üzerindeki şiddetli yağışların İstanbul üzerinde görülmemesine neden olmuştur (Çelik vd., 2008).

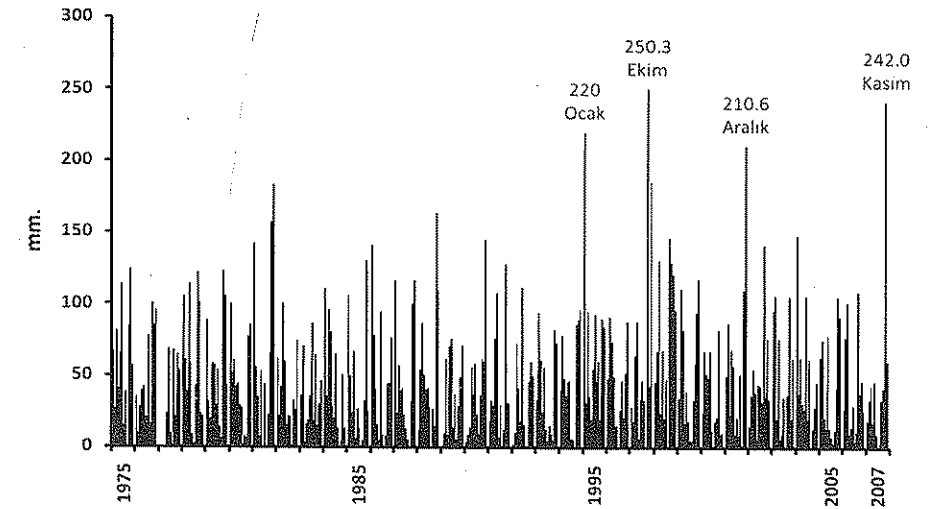


Şekil 2: Meteosat Uydusundan farklı zamanlara ait görüntüler (Çelik vd. 2008'den).

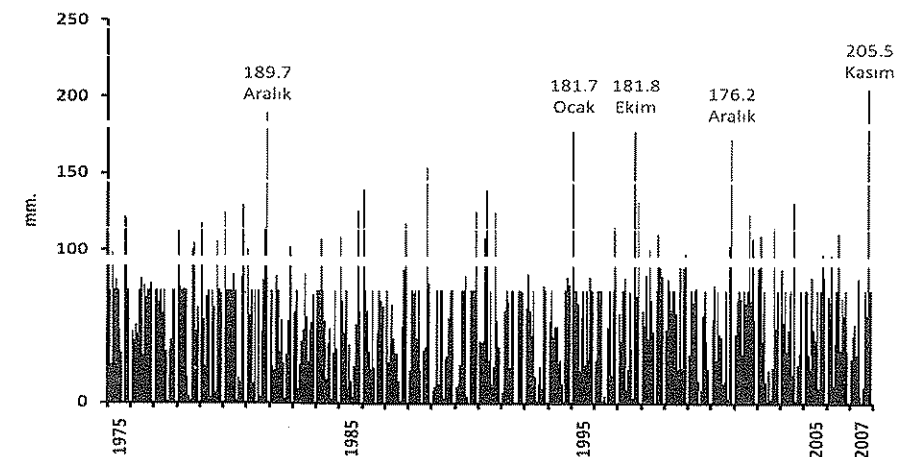
Çalışma sahası üzerinde meteoroloji istasyonu bulunmadığı için Tekirdağ, Çorlu ve Florya Meteoroloji İstasyonlarına ait 1975-2007 yılları arası toplam aylık yağış değerleri incelenmiştir. Buna göre, Tekirdağ merkezde son 32 yılda yağışın en fazla düştüğü aylar 1997 yılı Ekim (250.3 mm.) ayından sonra 2007'nin Kasım (242.0 mm.) ayıdır (Şekil 3). Çorlu Meteoroloji İstasyonu verilerine göre ise 2007 Kasım ayı (205.5 mm.) son 32 yılın toplamda en fazla yağış düştüğü ay olmuştur (Şekil 4). Fakat Florya Meteoroloji İstasyonu verilerinde ise 2007 Kasım ayı böyle bir özelliğe sahip değildir (Şekil 5). Bunu daha önce izah edilen lokal şartlarla ve istasyonun konumuyla açıklamak mümkündür. Üç meteoroloji istasyonunda son 32 yılda maksimum toplam

yağışın düştüğü aylar ise Ekim, Kasım, Aralık ve Ocak'tır (Şekil 3, 4, 5). Bu aylar bölgedeki havzalar bakımından sel ve taşkınlar için kritik aylardır. Fakat çalışma sahası üzerinde daha önce 1991 yılında taşkınların yaşandığı (<http://www.silivri-bld.gov.tr>) gözününde bulundurulduğunda, taşkınların oluşmasında yağışın yanında başka faktörlerin de etkili olduğu ortadadır.

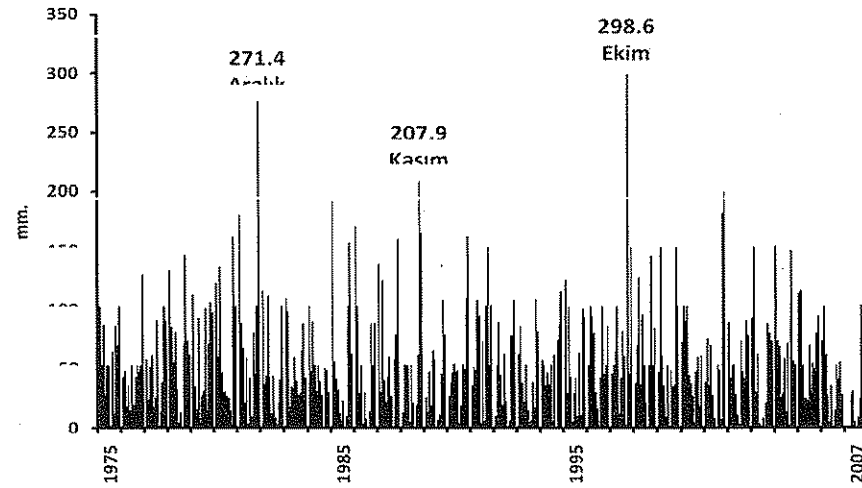
Çalışma sahasında 16 Kasım 2007 tarihinde taşkın üreten yağışlar, bölgede son 32 yılın en yüksek değerlerine sahiptir. Dolayısıyla yağış özelliklerinin taşkın üretmesi bakımından yeterli koşullara sahip olduğunu söylemek mümkündür.



Şekil 3: Tekirdağ Meteoroloji İstasyonu aylık toplam yağış değerleri (1975-2007).



Şekil 4: Çorlu Meteoroloji İstasyonu aylık toplam yağış değerleri (1975-2007).



Şekil 5: Florya Meteoroloji İstasyonu aylık toplam yağış değerleri (1975-2007).

Havzanın Fizyografisi ve Taşkına Etkisi

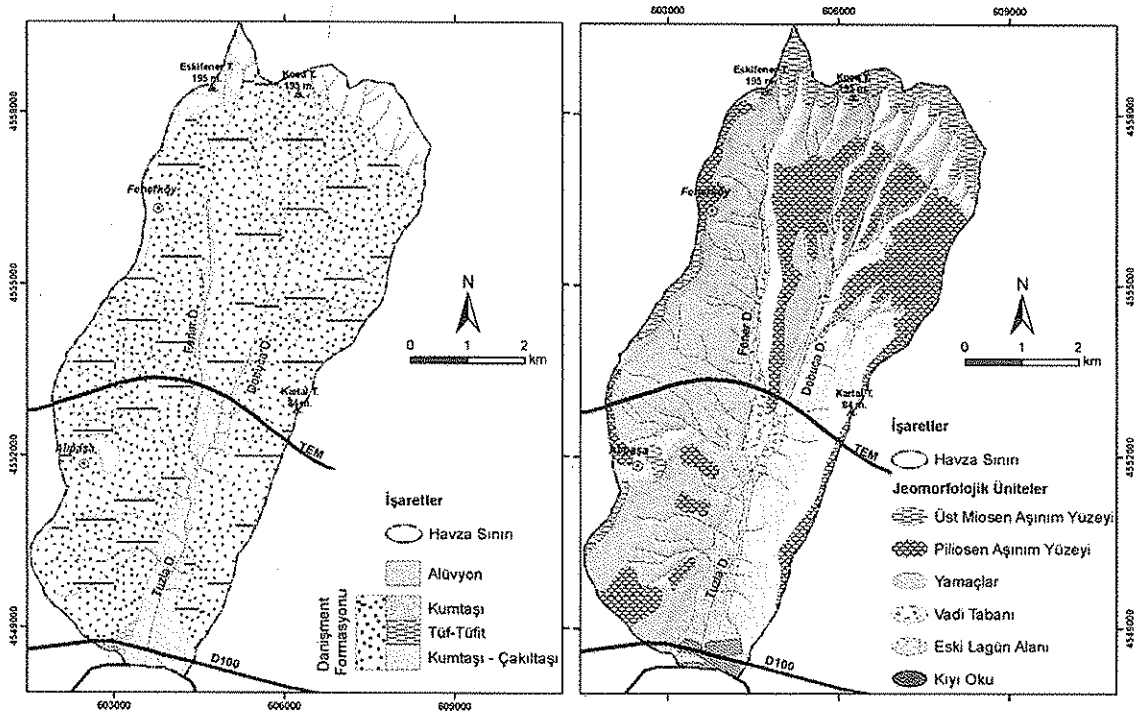
Tuzla Deresi havzasına ait fizyografik özellikler jeolojik, toprak, jeomorfolojik, morfometrik ve genel bitki örtüsü dağılımına ait değerlendirmeyi içermektedir.

Çalışma alanının *jeolojik özellikleri* olarak litolojik yapı ele alınmıştır. Buna göre sahada Danişment formasyonu ve alüvyonlar ana litolojik birimler olarak karşımıza çıkar (Şekil 6). Bunlardan Danişment formasyonu, Üst Oligosen-Alt Miyosen yaşlı olup altta genellikle yeşil, yeşilimsi gri ve sarımsı gri, ince-orta tabakalı kumtaşı, şeyl, marn ardalanmasından oluşur. Havzanın kuzeybatısında Danişment formasyonunun üst düzeylerinde yer alan kumtaşı ve çakıllar Sinekli üyesi olarak ayrılmıştır. Birim, kaya türü ve sedimantolojik özelliklerine göre delta üstü çökelleri özelliği gösterir. Kuaterner yaşlı alüvyonlar ise tutturulmamış, gevşek, dağınık, blok çakıl, kum, silt ve kilden oluşan güncel ayırtılmamış akarsu ve deniz çökelleridir (Duman vd., 2004). Havzanın sahip olduğu bu litolojik yapı üzerinde, kurak mevsimlerde büzülen ve yağışlı mevsimlerde genişleyen montmorillonit killi topraklar olan Vertisoller geniş yer kaplar (KHGM, 1987). Havzadaki litolojik birim ve toprak türündeki bu özellikler, yağışlı dönemlerde zeminin daha az geçirgen olmasına ve yüzeysel akışı artırıcı bir etki yapmasına neden olurlar.

Çalışma alanının *jeomorfolojik özellikleri* olarak sahadaki genel jeomorfolojik üniteler ve sahanın eğim değerleri üzerinde durulmuştur. Genel jeomorfolojik üniteler, Çatalca pennepleninin düzlükleri, bunların arasındaki akarsu vadilerinin 2°-30° arasında değişen yamaçları ve alüvyal düzlüklerden oluşmaktadır (Şekil 7). Havza, büyük ölçüde Çatalca pennepleni içindeki Üst Miosen-Pliosen aşınım yüzeyleri ile sınırlandırılmış olup bu alanlar özellikle havzanın kuzeyinde ve batısında yayılış gösterir. Yamaçlar havzada alansal olarak en fazla yayılışa sahip ünite ve akarsuların geriye aşındırmalarına bağlı olarak aşınım yüzeylerini deforme eden akarsu kolları boyunca değişik eğim değerlerinde gelişmişlerdir. Sahadaki alüvyal düzlükler ise Holosen başlarında deniz seviyesi yükselmelerine bağlı olarak havzadaki vadilerin boğulması, Ria tipi kıyılara dönüşmesi, denizel etken ve süreçlerle havzada iç kısımlara

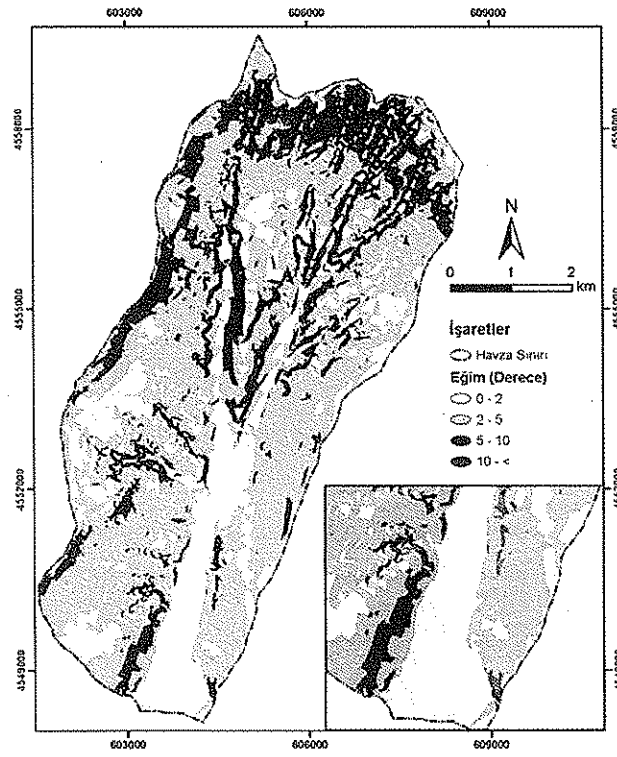
sokulan bu koyun ağzının kıyı okları ile kapanarak iki evreli lagüner bir ortam oluşturması (Duman vd., 2004) ve daha sonra Tuzla Deresi'nin getirdiği alüvyonlarla dolmasıyla meydana gelmiştir (Şekil 7). Tuzla Deresi üzerinde taşkın meydana geldiği alan, tamamıyla eğim değerlerinin 0-2° arasında değiştiği ve eski lagün alanı olan alüvyal düzlüklerdir.

Havzanın eğim özellikleri 0-2, 2-5, 5-10 ve 10 üstü (30) derecelik aralıklarla ele alınmıştır (Şekil 8). Bu değerlerden 2-5° eğim aralığı, havza içinde en fazla dağılışa sahip olup, 21,55 km²'lik alanı ve % 51,32'lik oranıyla ilk sırayı alır. Suyun akışa geçmesi için yeterli imkan sunan bu eğim aralığı, havzanın yarısından fazlasında yaygın olması, yüzeye düşen yağmur sularının bir kısmının kayba uğramasından sonra eğimi daha az veya düze yakın olan alanlarda kolayca toplanmasını kolaylaştıracak özelliktedir. Bu eğim aralığından sonra 0-2° eğim aralığı, 10,61 km² lik alan ve % 25,27 lik oranıyla havzada ikinci hakim eğim değeridir.



Şekil 6: Çalışma alanının jeolojik özellikleri (Duman vd. 2004'ten değiştirilerek). Şekil 7: Çalışma alanının jeomorfolojik özellikleri (Duman vd. 2004'ten değiştirilerek).

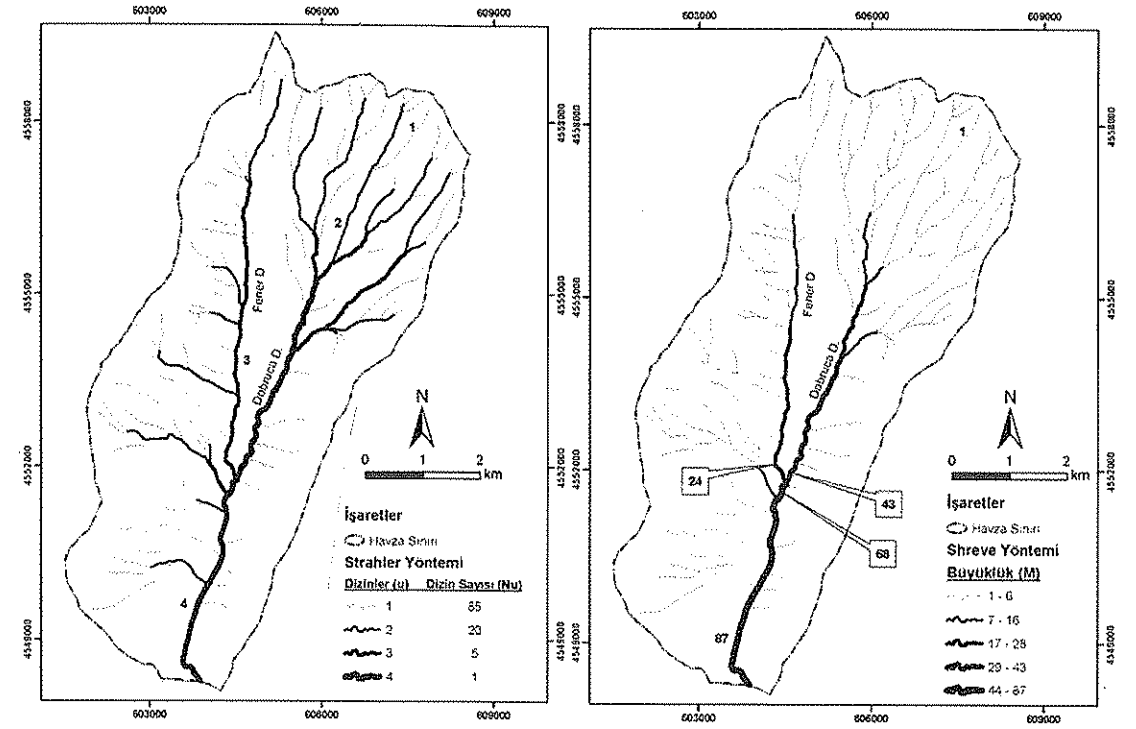
Düz ve düze yakın olan bu eğim aralığı, daha çok Fener Dere'nin yukarı kolu ve Dobruca Dere'nin vadi tabanı ve bunların denizden 5 km. içerideki birleşiminden sonra başlayan geniş vadi tabanında daha fazla yayılış gösterir. Ayrıca su bölümü çizgisine yakın olan alanlarda penneplen yüzeylerindeki düzlüklerde yayılış gösterir (Şekil 8). 5-10° lik eğim değeri ise 8,36 km² alanla ve % 19,92 lik oranıyla üçüncü sırayı alır. Bu eğim değeri, havzanın daha çok kaynak kısmına yakın alanlarda yayılış göstermekte olup kısmen de havzanın ağız kesimine yakın yamaçlarda görülür. 10° ve üstü eğim değerleri ise (10-30°) havzanın en yüksek kesimlerindeki yamaçlarda yayılış göstermekte ve 1,45 km² alan ve % 3,47 lik oranıyla en az değere sahiptir.



Şekil 8: Havzanın eğim özellikleri.

Havzanın *morfometrik özellikleri*, havzadaki jeomorfik süreçlerin tahmini ve açıklanmasında başvurulan özelliklerden biridir. Özellikle taşkınların tahmini, sediment miktarlarının belirlenmesi ve erozyonun tahmin edilmesinde kullanılmaktadır (Baumgardner, 1987; Gardiner, 1990; Özdemir ve Bird, 2008; Özdemir, 2008). Çalışmada havza morfometrik özelliklerinden, akarsu dizin özellikleri, çatallanma oranı, drenaj yoğunluğu, akarsu sıklığı, havzanın uzunluk oranı, akım toplanma zamanı gibi parametreler, taşkını oluşturmasındaki rolleri bakımından ele alınmıştır (Şekil 9, Çizelge 1).

Birçok çalışmada akarsu dizinleriyle akarsuların akım değerleri arasında ilişki kurulmaya çalışılmıştır (Stall ve Fok, 1967; Blyth ve Rodda, 1973; Patton ve Baker, 1976). Bunun için kullanılan yöntemler Strahler (1952) ve Shreve (1967) dizin yöntemleri olup bu yöntemler havzaya uygulanmıştır (Şekil 9). Strahler sistemine göre, aynı dizinlerin birleşmesiyle bir üst dizin oluşur. Bu sistemde küçük olan bir alt dizinin üst dizine etkisi olmaz. Bu yöntemle çalışma alanındaki akarsu ağının ana koldaki dizin sayısı 4 olarak bulunmuştur (Şekil 9). Akarsu ağındaki bütün kolların önemini bulduğu ve jeomorfologlar tarafından taşkın dönemindeki akımların tahmininde Strahler yöntemine göre daha fazla kullanılan (Patton ve Baker, 1976) Shreve büyüklük yönteminde ise her bir dizin birleşince bir üst dizini oluşturur. Bu yöntemle havzada son ana kolun büyüklük değeri 87 bulunmuştur (Şekil 9). Fener Deresi ve Dobruca Derelerinin birleşiminde vadi tabanında 68 olan değer, Tuzla Deresi'nin denize döküldüğü noktada 87'ye yükselmiştir. Bunda da Dobruca Deresi ve yan derelerin önemini büyük olduğu anlaşılır.



Şekil 9: Havzaya ait akarsu dizinleri (Strahler ve Shreve Yöntemlerine göre).

Havza morfometrisine ait parametrelerden, akarsu ağının Strahler dizinlemesine bağlı olarak oluşturulan çatallanma oranı (R_b), havzada yer alan birinci ve ikinci dizin arasında 4.25, ikinci ve üçüncü dizin arasında 4, üçüncü ve dördüncü dizin arasında 5 bulunmuştur. Havzanın toplamdaki R_b değeri ise 4.4'tür (Çizelge 1). Bu değer, havzadaki jeolojik yapının akarsu ağı üzerinde fazla bir etkisinin olmadığı ve havzanın homojen bir jeolojik yapıya sahip olduğunun bir göstergesi olarak kabul edilir (Verstappen, 1983; Ritter vd., 2002).

Parametrelerden drenaj yoğunluğu (D_d), havzanın akarsular tarafından parçalanma derecesini gösterir ve toplam akarsu uzunluğunun havza alanına bölünmesiyle elde edilir (Horton, 1945) (Çizelge 1). Havzanın D_d değeri 2.26 bulunmuştur. Bu değer, havza için küçük olmasa da çok fazla bir drenaj yoğunluğunu göstermez. Bunda zemin özellikleri yanında, arazinin rölyef özelliklerinin yüksek değerde olmamasının rolü bulunmaktadır. Çünkü D_d değerinin fazla olduğu alanlarda yüzeysel akışlara ait uzunluklar azalır, yamaç eğimlerine ait değerler ise artış gösterir (Schumm, 1956). Bu özelliğin akarsu sıklık faktörünü de (F_u) etkilediği görülmektedir (Çizelge 1). Akarsu sıklığı, havzadaki toplam dizin sayısının havza alanına bölünmesiyle elde edilir. F_u değeri havza için 2.64 bulunmuştur.

D_d ve F_u değerlerini etkilediği düşünülen yükselti ve eğim şartlarının etkisini ayrıca havzanın engebelilik değerinde (R_n) de görmek mümkündür. Rölyef özellikleri (B_h) ve D_d değerinin bir sonucu olarak ortaya çıkan R_n değeri (Melton, 1957), 0.51 gibi oldukça küçük bir değerdir (Çizelge 1). Bu da havzada sel karakterli akışların az olacağının bir göstergesidir (Patton, 1988; Ritter vd., 2002). R_n değerinin çok fazla olduğu havzalarda sel karakterli akışlar daha fazla olmaktadır.

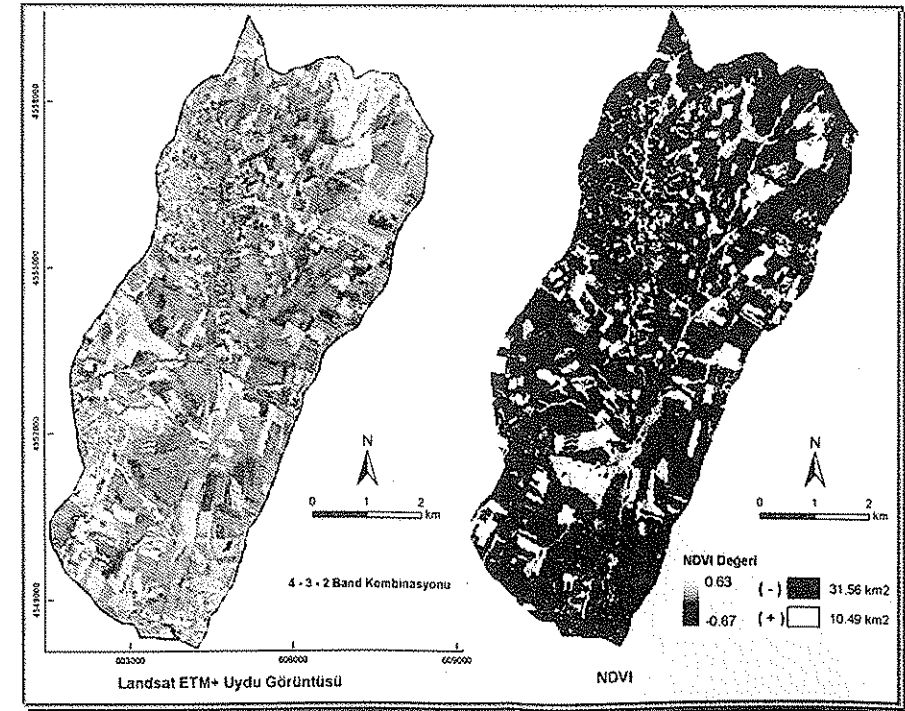
Çizelge 1: Havza morfolojik analizi için kullanılan parametreler

Parametre	Formül	Değer
Havza Alanı (km ²)	A	42.0
Havza Uzunluğu (km)	L_m	11.1
Havza Röliyefi (m)	B_h	225
Fener Dere Uzunluk (m)	L_{Fener}	7569
Dobruca Dere Uzunluk (m)	$L_{Dobruca}$	7835
Fener Deresi Mesafe Ağırlıklı Eğim	S_{Fener}	0.025
Dobruca Deresi Mesafe Ağırlıklı Eğim	$S_{Dobruca}$	0.024
Toplam Dizin Sayısı	$(\sum N_u)$	111
Toplam Dizin Uzunluğu (km)	$(\sum L)$	95
Dizin Çatallanma Oranı	$R_b = \frac{N_u}{N_{u+1}}$	4.25 ; 4 ; 5 = 4.4
Drenaj Yoğunluğu	$D_d = \frac{\sum L}{A}$	2.26
Akarsu Sıklığı	$F_u = \frac{\sum N_u}{A}$	2.64
Engebelilik Değeri	$R_n = B_h \times D_d$	0.51
Uzunluk Oranı	$R_e = \frac{2}{L_m} * \left[\frac{A}{\pi} \right]^{0.5}$	0.66
Akım Toplanma Zamanı (dakika)	$T_c = 0.0195 * L_{Fener}^{0.77} * S_{Fener}^{-0.385}$	78.29
	$T_c = 0.0195 * L_{Dobruca}^{0.77} * S_{Dobruca}^{-0.385}$	81.67

Havzaya ait bir diğer morfolojik parametre olan uzunluk oranı (R_e) için ise 0.66 gibi bir değer elde edilmiştir (Çizelge 1). Bu sonuca göre, havza ne fazla dairesel ne de uzunlamasına bir havza özelliği gösterir. Çünkü 0'a yaklaşık değerler uzunlamasına havzayı, 1'e yaklaşık değerler dairesel havzayı ifade eder (Biswas vd., 1999). Düşük R_e değeri, düşük infiltrasyon kapasitesi ve yüksek yüzeysel akışın, yüksek R_e değeri ise yüksek infiltrasyon ve düşük yüzeysel akışın bir göstergesidir (Reddy vd., 2004). Tuzla Deresi havzasının sahip olduğu değer ise orta düzeylerde dir.

Tuzla Deresi'ni oluşturan iki ana kol için (Fener ve Dobruca Dere) suyun en uzaktaki kaynak noktasından birleşme noktasına ne kadar zamanda ulaştığının bir göstergesi olarak akım toplanma zamanı (T_c) hesaplanmıştır. Bunun için Kirpich formülü kullanılmıştır (Çizelge 1). Burada amaç, Tuzla Deresi'ni besleyen iki ana deredeki akımların ne kadar bir farkla ana kola katıldığını bulmaktır. Fener Dere'de sular 78.29 dakikada, Dobruca Dere'de ise 81.67 dakikada birleşme noktasına gelmektedir. Bu sonuçlara göre, iki ana kol hemen hemen aynı zamanda (3.38 dakika farkla) Tuzla Deresi'ne katılmaktadır. Bu da Tuzla Deresi üzerinde suların normal yatağından taşarak taşkın yatağına yayılmasına neden olur. Ayrıca iki alt kolun birleştiği alanda vadi tabanının genişlemesi bu faktörün etkisini ortaya koyar (Şekil 7).

Havzanın bitki örtüsüne ait genel özellikler, Temmuz 2000 tarihli Landsat ETM+ uydu görüntüsünden elde edilmiştir (Şekil 10). Havza içinde ormanlık alan mevcut değildir. Ancak dere yataklarında kısmen ağaç ve çalı toplulukları bulunmaktadır. Havzada bitki örtüsü olarak tarımsal bitkilerin hakim olması, yağışlarla yüzeye düşen suların çok az bir kısmının tutulmasını sağlar. Bu değer, Selby'ye göre (1982) yağmur sularının % 10 ile 20 arası bir oranına karşılık gelir. Bunun yanında hakim bitki türünün ormanlık olduğu sahalarda yağışların % 50 ve fazlası bitki örtüsü tarafından tutulur. Sahaya ait Landsat ETM+ uydu görüntüsünden 4. (Yakın Kızılötesi) ve 3. (Kırmızı) bandların farklarının toplamına bölünmesiyle NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) değerleri üretilmiştir (Şekil 10). NDVI, bitki örtülerinin yeşillik miktarını belirleyen bitki indislerinden birisidir (Sellers, 1985; Melesse ve Jordan, 2003). Ayrıca, güneşten ve bakış açısından kaynaklanan değişik aydınlanma özellikleri ve gölge etkisini önemli derece ortadan kaldırır (Holben ve Frasher, 1984). NDVI değerleri -1 ile +1 arasında değişir. Çalışma sahası için bu değer 0.63 ile -0.67 arasında bulunmuştur. Bu değerlerden (-) değere sahip alanlar bitkiden yoksun alanları, (+) değerler ise bitki yoğunluğunun olduğu alanları gösterir. Buna göre Temmuz 2000 tarihi itibarıyla havzada bitki örtüsü alanları 10.49 km², bitki örtüsünden yoksun alanlar ise 31.56 km² olarak bulunmuştur (Şekil 10). Havzada uydu görüntüsünün 4-3-2 band kombinasyonundan doku, şekil, renk, ilişki parametrelerine göre tarımsal alanların yoğunluk kazandığı anlaşılmaktadır. Uydu görüntüsünün 2000 yılı Temmuz ayına ait olmasından dolayı, tarımsal bitki örtüsünün, taşkın meydana geldiği Kasım ayına göre fazla olduğu ve sahadaki yerleşmelerin de 2000 yılına göre arttığı düşünüldüğünde, yüzeye düşen yağmur sularının fazla bir kayba uğramadan yüzeysel akışa geçtiği ve taşkın oluşumunu hızlandırdığını söylemek mümkündür.

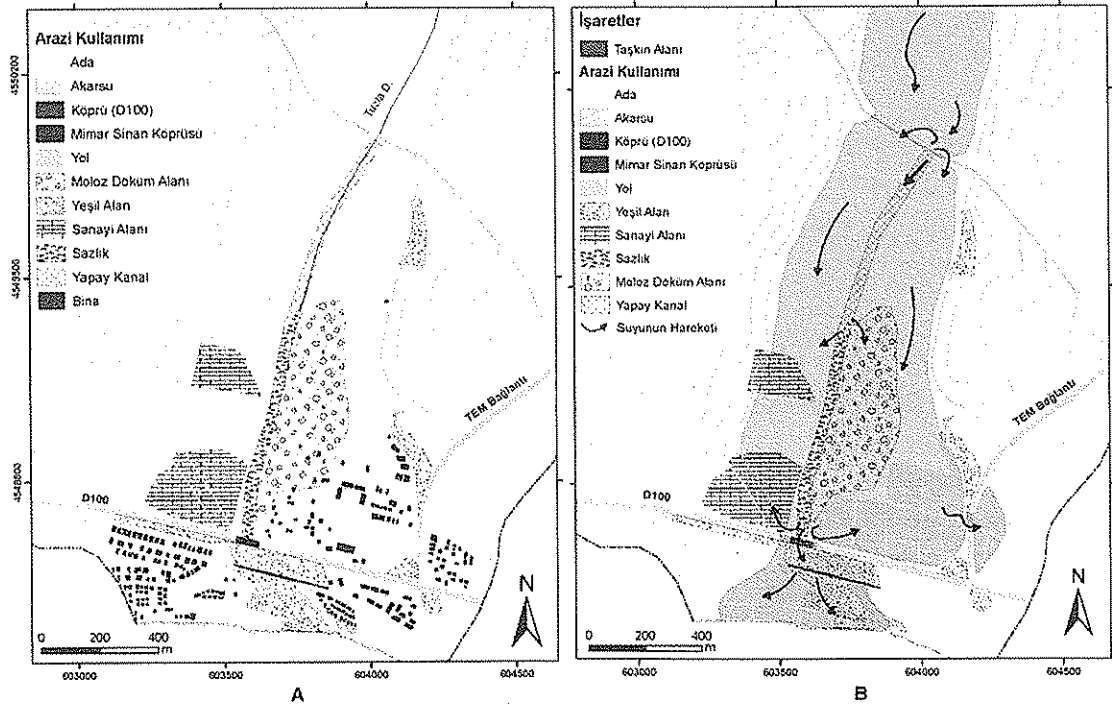


Şekil 10: Tuzla Deresi havzasının Landsat ETM+ Uydu görüntüsü ve NDVI değerleri.

Arazi Kullanımı ve Taşkına Etkisi

Tuzla Deresi havzası içindeki genel arazi kullanımı tarım alanları, yerleşmeler ve kullanılmayan boş alanlardan oluşmaktadır. Bu kısımda, taşkın meydana geldiği dere yatağı ve çevresindeki arazi kullanımları ve bunların taşkın oluşmasında ve afete dönüşmesindeki etkileri incelenmiştir.

Taşkın meydana geldiği alanda genel arazi kullanım özellikleri kuzeyden güneye doğru şu şekildedir (Şekil 11A); Tuzla Deresi'nin yaklaşık 500 m. genişliğindeki vadi tabanından, TEM bağlantı yolu ile Alipaşa yerleşmesini bağlayan karayolu geçmektedir (Şekil 11A). Bu yol, vadi tabanından yaklaşık olarak 1-2 m. arasında değişen seviyelerle tabandan yüksekte inşa edilmiştir (Foto 1 ve 2). Vadiyi ve Tuzla Deresi'ni dikine kesen ve akımı engelleyen yoldan, Tuzla Deresi'nin geçişini sağlayan kesim ise sadece yol altında yaklaşık 1x1 m. boyutlarındaki iki dar kanaldır (Foto 2). Tuzla Deresi bu yoldan sonra akış yönünde toprak dolgudan oluşan yapay levelerle sınırlandırılmış ve kanal içine alınmıştır (Foto 3). Yaklaşık 700 m. uzunluğundaki kanaldan sonra D100 karayoluna kadarki kanal içi tamamen sazlıklarla kaplıdır ve moloz dökümüyle doldurulmuştur (Foto 4). Ayrıca sazlıkların doğusunda oldukça geniş bir saha moloz döküm alanı haline gelmiştir (Şekil 11A). Bu alanın gerisinde, taşkın yatağında, Mimar Sinan Mahallesi'ne ait yerleşmeler yayılmış göstermektedir. Sazlıkların batısında ise D100 karayoluna kadar sanayi alanları mevcuttur (Şekil 11A).



Şekil 11: A) Taşkın yaşandığı alandaki arazi kullanımı B) Taşkın alanı ve suyun yayılışı.

Moloz döküm ve sanayi alanlarından sonra vadi tabanını kateden ve akış yönüne dik yönde uzanan D100 (E5) karayolu yer alır. Karayolunda Tuzla Deresi'nin geçişini sağlayacak köprünün uzunluğu yaklaşık 85 m. dir.



Foto 1: Tuzla Deresi'ni kateden yol.



Foto 2: Yol altındaki kanallar.

Köprü platformunun alt seviyesi ile vadi tabanı arası yükseklik ise 1-3 m. arasında değişmektedir (Foto 5). Tuzla Deresi'nin vadi genişliği bu alanda 1.5 km. dir. Karayolu köprü öncesi ve sonrasında, vadi tabanından 0-3 m. yüksekliğe sahip dolgu üzerine inşa edilmiştir (Foto 6). D100 karayolu üzerindeki köprüden derenin akış yönünde 70 m. ileride yaklaşık 350 m. uzunluğunda 1568 yılında Mimar Sinan tarafından yapılmış tarihi Silivri Köprüsü yer alır (Foto 7). Bu iki köprü arasında Tuzla Deresi D100 karayolu köprüsü çıkışından sonra yaklaşık olarak 200 m. doğuya yönlendirilmiş ve akışı, tarihi Silivri köprüsünün doğusundan verilmiştir (Şekil 11A). Silivri köprüsü ile sahil şeridi arasındaki geniş alanda yerleşmeler mevcuttur (Şekil 11A).

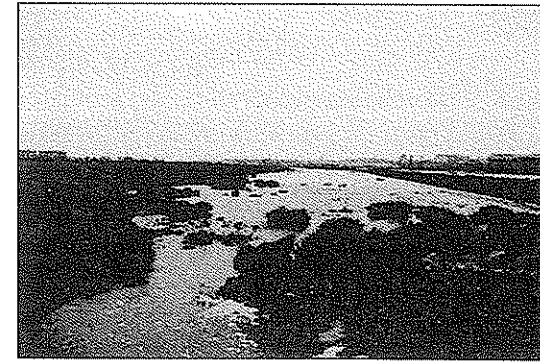


Foto 3: Tuzla Dere'sinin yapay kanal içine alınan kesimi, yapay leveler.



Foto 4: Yapay kanal içi sazlıklar ve art bataklık.

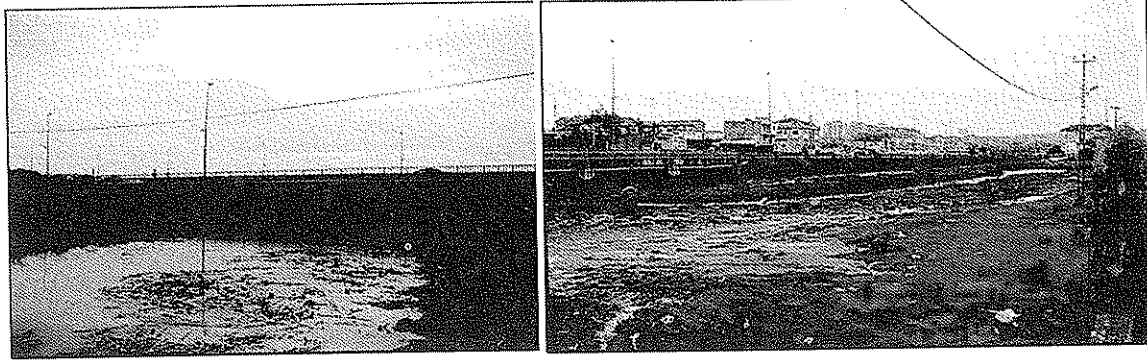


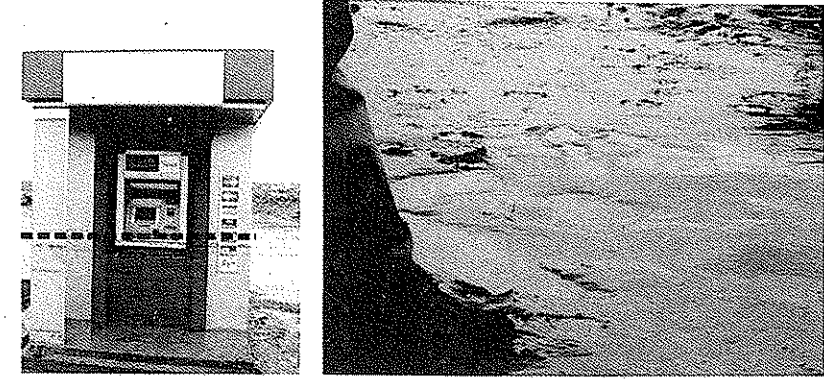
Foto 5: D100 karayolu üzerinde bulunan ve Tuzla Deresi'nden geçişi sağlayan köprü.

Foto 6: D100 karayolu üzerinde köprü sonrası vadi tabanında devam eden yol.



Foto 7: D100 karayolu köprüsüne paralel tarihi Silivri Köprüsü.

Tuzla Deresi vadi tabanındaki mevcut olan bu arazi kullanım özellikleri, 16 Kasım 2007 taşkınının oluşması ve afete dönüşmesinde önemli rol oynadığını taşkın suyunun yayılışından anlamak mümkündür (Şekil 11B). Kuzeyden Fener ve Dobruca Dereleri'nden gelen suların akışı yol tarafından engellenmiş ve yol altındaki iki küçük kanaldan sınırlı su geçişlerinin yetersiz olmasıyla, sular yol gerisinde göllenmiştir. Göllenen su, kanallar haricinde yol üzerinden de geçiş sağlayarak yapay kanalla birlikte kanal gerisindeki vadi tabanında akışını gerçekleştirmiştir. Kanal içindeki akım, sazlıkların olduğu alanda etrafa yayılarak kanal gerisinin taşkınlardan etkilenmesine neden olmuştur. Böylelikle kanal batısındaki sanayi alanları ve doğusundaki yerleşmeler, moloz döküm alanlarının da etkisiyle taşkın sularına maruz kalmıştır. Moloz döküm alanı, dere yatağının doğusunda yer yer yükseltisi 2-3 metreyi bulan geniş bir set oluşturmuştur. Böylece, bu alanın doğusunda vadi tabanında alçak kotlardaki alanlar ve yerleşmeler, kuzeyden gelen sular tarafından kolay bir şekilde işgal edilmiştir. Ayrıca suların burada göllenmesinde, D100 karayolu üzerindeki köprü ve köprü öncesi ve sonrasındaki yüksek yol platformu etkili olmuştur. Yerleşmelerin olduğu kesimde biriken sular, yüksekliğin müsaade ettiği alanda TEM bağlantı yolunu geçerek Piri Mehmet Paşa Mahallesi'ne akış göstermiştir. TEM bağlantı yoluna kadarki alanda suyun göllenmesi yaklaşık 1-3 m. yi bulmuştur. D100 karayolundaki köprüden sınırlı su akışına bağlı olarak geride göllenen su, kısmen yolun üzerinden akarak tarihi Silivri Köprüsü sonrası yerleşmelerin sular altında kalmasına neden olmuştur. Ayrıca, sahada taşkından sonra gözlemlenen bazı özellikler de, meydana gelen olayın taşkın karakterini açık bir şekilde ortaya koymaktadır (Foto 8).



A

B

Foto 8: Taşkında oluşan göllenme sonrası alanda gözlemlenen su seviyesi (A) ve ince unsurlu malzeme (B).

Sahadaki çalışmalarla oluşturulan taşkın yayılış alanı 1.275.600 m² dir. Bu alanda 10 x 10 m. çözünürlüklü raster veriden elde edilen suyun yüksekliği 2.50 m. dir. Bu değer, Devlet Su İşleri'nin sahada belirlemiş olduğu su basma kotu olan 2.20 m. ile benzerlik göstermektedir (<http://www.silivri-bld.gov.tr>).

Sonuç ve Öneriler

16 Kasım 2007 tarihinde İstanbul'un Silivri ilçesindeki Tuzla Deresi'nde meydana gelen taşkınla birçok yerleşme ve sanayi alanı sular altında kalmıştır. Bu çalışmayla, Tuzla Deresi'ndeki taşkının meydana gelmesinde, sağnak ve fazla yağışların yanında, havzanın sahip olduğu fizyografik özellikler ile dere yatağı ve çevresindeki arazi kullanım özelliklerinin etkili olduğu ortaya konmuştur. Bundan dolayı yaşanan taşkında, doğal faktörlerin etkisi kadar beşeri faktörlerin de etkisi oldukça fazladır.

Havzanın sahip olduğu jeolojik, jeomorfolojik, morfometrik, toprak ve bitki örtüsü gibi fizyografik özellikler, havzaya düşen yağışın kolay bir şekilde drene olmasını sağlayacak niteliktedir. Bununla birlikte, Tuzla Deresi ve taşkın yatağı üzerindeki güncel arazi kullanımları da taşkın oluşmasında önemli bir faktördür. Vadi tabanından geçen yolların yapım özellikleri, moloz döküm alanı seçimi, yapay kanal özellikleri ve yerleşmelerin yer seçimindeki hatalar taşkın oluşmasında ve etki alanının genişlemesinde önemli rol oynamıştır. Fakat sahadaki bir diğer insan yapısı olan tarihi Silivri köprüsü ise sahanın doğal özellikleri dikkate alınarak, vadi tabanı boyunca su geçişini kolaylaştıracak özellikte inşa edilmiştir. Sahada gelecekte taşkınların yaşanmaması ve etkilerinin en az düzeye indirilebilmesi, tarihi Silivri köprüsündeki gibi havzanın sahip olduğu fizyografik özellikler dikkate alınarak arazi planlamalarının yapılmasıyla mümkün olacaktır.

Sonuç olarak, Tuzla Deresi'nde meydana gelen taşkın, insanın dere yatağı ve taşkın yatakları üzerindeki yanlış mühendislik uygulamaları sonucu ortaya çıktığını gösteren tipik bir örnektir. Bu tür yanlış mühendislik uygulamaları devam ettikçe, taşkınlar doğal olay olmaktan çıkacak afet boyutuna ulaşacaktır. Özellikle iklim değişimleri sonucunda yağış karakterlerinde meydana gelen değişimler, bu tür yanlış uygulamalarla birleştiğinde daha kötü sonuçlar ortaya çıkaracaktır. Bu tür hataların

önlenmesi ve taşkınların afete dönüşmemesi için, havzalara ait doğal özelliklerin korunması ve doğal yapıya uyumlu yapıların inşa edilmesi zorunludur. Böylece taşkınlar en az zararla atlatılabilecek ve yaşanan olay ekstrem yağışlar sonucu meydana gelen, ciddi mal ve can kaybına sebep olmayan doğal bir olay olarak kalacaktır.

Kaynakça

- Angillieri, M.Y.E., 2007, Morphometric analysis of Colangüil river basin and flash flood hazard, San Juan, Argentina, Environmental Geology, Springer Verlag.
- Baumgardner, R.W., 1987, Morphometric Studies of Subhumid and Semiarid Drainage Basin, Texas Panhandle and Northeastern New Mexico. Austin: Univ. Texas, Bur. Econ. Geol., Rept. Invest. 163, 66pp.
- Biswas, S., Sudhakar, S., Desai, V.R., 1999, "Prioritisation of Subwatersheds Based on Morphometric Analysis of Drainage Basin: A Remote Sensing and GIS Approach", Journal of the Indian Society of Remote Sensing, Vol. 27, No.3, p. 155-166.
- Blyth, K., and Rodda, J.C., 1973, A stream length study, Water Resources Res. 9, 1454-1461.
- Çelik, S., Bacanlı, H., Görgeç, H., Yayvan, M. ve Deniz, A., 2008, 16 Kasım 2007 Tekirdağ, 18 Kasım 2007 Marmaris, Bodrum ve Dalaman'da Meydana Gelen Şiddetli Yağışların Sinoptik Analizi, IV. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu Bildiriler Kitabı, sy. 137-146, İstanbul.
- DMİ (Devlet Meteoroloji İşleri), 2008, Florya Meteoroloji İstasyonu 1975-2007 yılları arası Kasım ayı günlük yağış ve aylık toplam yağış verileri, T.C. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Duman, T.Y., Keçer, M., Ateş, Ş., Emre, Ö., Gedik, İ., Karakaya, F., Durmaz, S., Olgun, Ş., Şahin, H. ve Gökmenoğlu, O., 2004, İstanbul Metropolü Batısındaki (Küçükçekmece-Silivri-Çatalca Yöresi) Kentsel Gelişme Alanlarının Yer Bilim Verileri, Özel Yayın Serisi-3, MTA, Ankara.
- Erol, O., 1999, Genel Klimatoloji, Genişletilmiş 5. Baskı, Çantay Kitabevi, İstanbul.
- Gardiner, V., 1990, Drainage Basin Morphometry. In Geomorphological Techniques, pp. 71-81, Ed. By A.S. Goudie. London: Unwin Hyman.
- Holben, B.N., and Fraser, R.S., 1984, "Red and Near Infrared Response to Off Nadir Viewing", International Journal of Remote Sensing, 5, 145-160.
- Horton, R.E., 1945, Erosional development of streams and their drainage basins: Hydrophysical approach to quantitative morphology, Geol. Soc. Am. Bull. 56, 275-370.
- KHGM, 1987, İstanbul İli Arazi Varlığı, T.C. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, İl Rapor No 34, Ankara.
- Lin, X., 1999, Flash floods in arid and semi-arid zones. International hydrological programme. Technical documents in hydrology No. 23 UNESCO, Paris.
- Mark, D.M., 1983, Relation between Field-Surveyed Channel Network and Map-Based Geomorphometric Measures, Inez Kentucky, Annals of the Association of American Geographers, 73 (3), pp. 358-372.

- Melton, M.A., 1957, An analysis of relation among elements of climate, surface properties and geomorphology, Tech. Rep. No. 11. Dept. of Geology, Columbia University, New York.
- Melesse, A.M., Jordan, J.M., 2003, "Spatially Distributed Watershed Mapping and Modelling: Thermal Maps and Vegetation Indices to Enhance Land Cover and Surface Microclimate Mapping: Part 1", Journal of Spatial Hydrology, Vol.3, No.2.
- Özdemir, H., 2007, Farklı Senaryolara Göre Taşkın Risk Analizi: Havran Çayı Örneği (Balıkesir), TMMOB Afet Sempozyumu Bildiriler Kitabı, sy. 155-167, Ankara.
- Özdemir, H., 2008, Comparison of drainage morphometry and hydraulic modelling results in the view of flooding on the Havran River (Western Turkey), Geophysical Research Abstracts, Vol. 10, EGU2008-A-01366, EGU General Assembly 2008, Vienna-Austria.
- Özdemir, H. ve Bird, D., 2008, Evaluation of morphometric parameters of drainage networks derived from topographic maps and DEM in point of floods, Environmental Geology, Springer-Verlag, DOI 10.1007/s00254-008-1235-y.
- Patton, P.C., 1988, Drainage Basin Morphometry and Floods, In Flood Geomorphology, Edited by V.R.Baker, R.C. Kochel, and P.C. Paton, John Wiley & Sons, USA, pp. 51-65.
- Patton, P.C., and Baker, V.R., 1976, Morphometry and floods in small drainage basins subject to diverse hydrogeomorphic controls, Water Resour. Res. 12, 941-952.
- Reddy, G.P.O., Maji, A.K., Gajbhiye, K.S., 2004, "Drainage Morphometry and Its Influence on Landform Characteristics in Basaltic Terrain, Central India – a Remote Sensing and GIS Approach", International Journal of Applied Observation and Geoinformation, 6, p. 1-16.
- Ritter, D.F., Kochel, R.C., Miller, J.R., 2002, Processes Geomorphology, 4 th Ed., McGraw-Hill Higher Education, USA.
- Schumm, L.K., 1956, Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. Geol. Soc. Am. Bull. 67, 597-646.
- Selby, M.J., 1982, Hillslope Materials and Processes, New York: Oxford Univ. Press.
- Sellers, P.J., 1985, "Canopy Reflectance, Photosynthesis and Transpiration", Int.J.Remote Sensing, 6, 1335-1372.
- Shreve, R.L., 1967, Infinite topologically random channel networks, Journ. Geology 75, 178-186.
- Stall, J.B., and Fok, Y.S., 1967, Discharge as related to stream system morphology, In "Symposium on River Morphology" pp. 224-235. Int. Assoc. Sci. Hydrol., Bern.
- Strahler, A.N., 1952, Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography, Geol. Soc. America Bull. 63, 1117-1142.
- Turoğlu, H. ve Özdemir, H., 2005, Bartın'da Sel ve Taşkınlar: Sebepler, Etkiler, Önleme ve Zarar Azaltma Önerileri, Çantay Kitabevi, İstanbul.
- Ülkümen, N.R., Kaya, O. ve Hottenrott, M., 1993, Neue beitrage zur Tertiär-Stratigraphie und otolithen-fauna der Umgebung von Istanbul (Küçükçekmece und Büyükçekmece see), Türkei. Mitt. Bayer. Staatslg. Paloung hist. Geol., 33, 51-89, München.
- Verstappen, H.Th., 1983, Applied Geomorphology. ITC, Enschede, The Netherlands.
- http://www.silivri-bld.gov.tr/haber_detay.asp?id=1749&tur=344, erişim tarihi, 19 Kasım 2007.