

AKÜ FEMÜBİD 16 (2016) 035602 (711-721)
DOI: 10.5578/fmbd.27767

AKU J. Sci. Eng. 16 (2016) 035602 (711-721)

Araştırma Makalesi / Research Article

Taşkın Yayılım Haritalarının Oluşturulması ve Taşkın Zarar Analizi: Akarçay Afyon Alt Havzası Örneği

Emin Taş¹, Yılmaz İçağa¹, İsmail Zorluer¹

¹Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar.
e-posta: emintas@aku.edu.tr

Geliş Tarihi: 05.02.2016 ; Kabul Tarihi: 25.11.2016

Özet

Anahtar kelimeler

Taşkın Yayılımı; Taşkın Zarar Analizi; CBS; HEC RAS; Hidrolik Modelleme.

Akarsu yatağının su iletim kapasitesinin çeşitli sebeplerle azalması veya kapasiteden daha fazla suyun olması halinde yatak dışına taşarak can ve mal kaybına sebep olan taşkın tedbir alınması gereken önemli afetlerdendir. Akarçay Havzası kapalı havza niteliğiyle gerek jeoloji gerek topoğrafik açıdan önemli taşkın riski taşıyan bölgelerdendir. Bu çalışmada yerleşim alanı, ekonomik ve sınaî gelişmişlik yönünden Akarçay Havzasının en gelişmiş ve önemli bölgesi olarak yer alan Akarçay Afyon Alt Havzasının değişik dönüş aralıkları için hesaplanan taşkın debilerinde su seviyeleri ve su altında kalacak yerlerin HEC-RAS yazılımı kullanılarak hesaplanması amaçlanmıştır. Daha sonra ortalama su derinliği ile literatürde mevcut çeşitli derinlik-zarar eğrileri yardımıyla taşkın zarar tahmini yapılmıştır.

Constitution of Flood Inundation Maps and Flood Damage Analysis: A Case Study of Akarçay Afyon Subbasin

Abstract

Keywords

Flood Inundation; Flood Damage Analysis; GIS; HEC RAS; Hydraulic Modelling.

In case of decreasing water conductivity capacity or excessive water occurrence in a river bed results with upsurges of streambed. This situation is called as flood, which is one of important disasters and it causes life and other damage, so precaution is necessary. Akarçay Basin, which is a sediment basin and has no output to a sea or other basin, has high flood risk because of its geological and topographical properties. In this paper, it is aimed to calculate water levels and submerged areas of Akarçay Afyon Subbasin that is the most developed and important region of Akarçay Basin in terms of residential area, economical and industrial development, for flood flows with various recurrence intervals using HEC RAS software. Afterwards, flood damage estimation is performed by the help of various water depth-damage curves that take part in literature, considering mean water level.

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1. Giriş

Akarsu yatağındaki su miktarının, havzaya fazla yağış düşmesi ve/veya kar örtüsünün erimesinden dolayı hızla artması ve yatak çevresinde yaşayan canlılara, arazilere, mal ve mülke zarar veren, büyük can ve mal kayıplarına neden olan doğal afetlerden birisi olarak ifade edilebilecek taşkın afetini yalnızca meteorolojik oluşumlara bağlı olarak ifade etmek mümkün değildir. Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde, nüfus artışı ve sanayileşmeye bağlı olarak yerleşim yerlerinin hızla gelişmesi, akarsu havzalarında çarpık yapılaşma gibi etkenler havza bütünündeki hidrolojik dengeyi bozmakta ve sonuçta büyük taşkın afetleri

yaşanmaktadır. Bu açıdan çok sayıda faktörden etkilenerek ortaya çıkan taşkın afeti, büyük ekonomik kayıpların yanında insan kaybı açısından sosyal tahribata yol açtığından önleyici veya zarar azaltıcı tedbir almanın zorunlu olduğu fakat etkenlerin çokluğu ve bir kısmının kontrol edilememesi nedeniyle çözüm üretmenin kolay olmadığı bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır (Özdemir, 2007; İnt. Kay. 1 ve Burgan, 2013).

Dünyada 1980-2008 yılları arası 2887 taşkın olayı meydana gelmiş, 195843 insan ölmüştür. Bu taşkın olaylarından etkilenen insan sayısı ise 2.809.481.489 kişi olup ortaya çıkan ekonomik

zarar 397.333.885.000 \$'dır (İnt. Kay. 2). Avrupa da 1986-2006 yılları arasında taşkın zararı 100 milyar €, kalkınmakta olan ülkelerin afetler sonucu ekonomik kayıpları (GSMH %'si olarak) gelişmiş ülkelerin 20 mislidir. Son 20 yılda taşkın koruma yönünde yapılan yatırımların sayısı artmasına rağmen ekstrem taşkın olaylarından oluşan kayıplar da artış göstermiştir (Akyürek, 2013). Baraj, gölet gibi yapıların, akarsu ıslah çalışmalarının artması taşkın olayında azalmaya neden olsa da DSİ verilerine göre ülkemizde 1975-2011 yılları arasında 820 adet taşkın olayı meydana gelmiş olması ve bu taşkınlar sonucunda 660 can kaybı yaşanması, 799758 hektar tarım arazisinin taşkına maruz kalması taşkın zararının üzerinde durulması gerektiğini ortaya koymaktadır (İnt. Kay. 1). Taşkın yataklarında sosyal ve ekonomik gelişmelerde artış olmasıyla bu alanlarda mekânsal planlama politikaları artış göstermektedir. Bu durum risk tabanlı taşkın yönetim planlarının oluşturulmasını zorunlu kılmaktadır.

Taşkınlar, büyük ölçüde can ve mal kaybına neden olabilen doğal afetlerdir. Çevre duyarlılığından yoksun birçok beşeri faaliyetlerin de yaşanan afetlerin boyutunu büyük oranda arttırdığı rahatlıkla söylenebilir. Bu bağlamda risk tabanlı taşkın yönetim planlarının oluşturulması büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmada da Akarçay Havzası'nın ekonomik olarak en gelişmiş bölgesi olan Afyon Alt Havzası için taşkın risk değerlendirmesi ve zarar tahmini yapılarak taşkınların yol açabileceği zararların önlenmesi veya azaltılması yönünde çeşitli tavsiyeler verilmesi amaçlanmıştır.

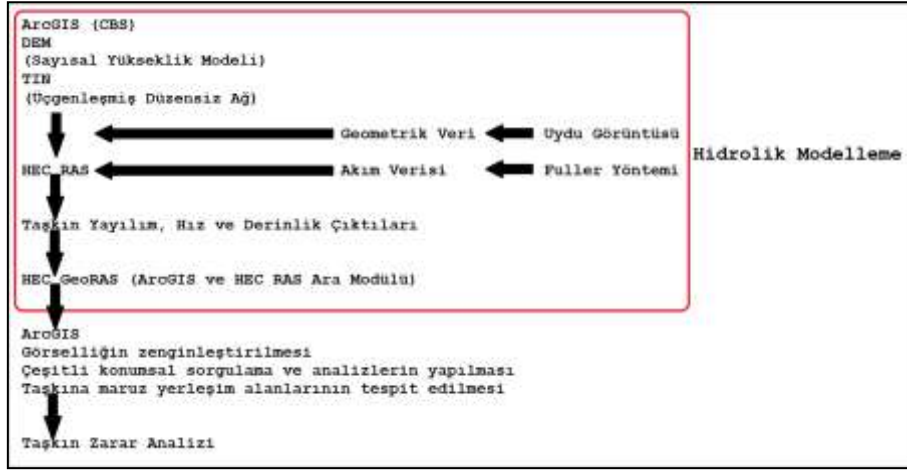
2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada yerleşim alanı, ekonomik ve sınıî gelişmişlik yönünden Akarçay Havzasının en

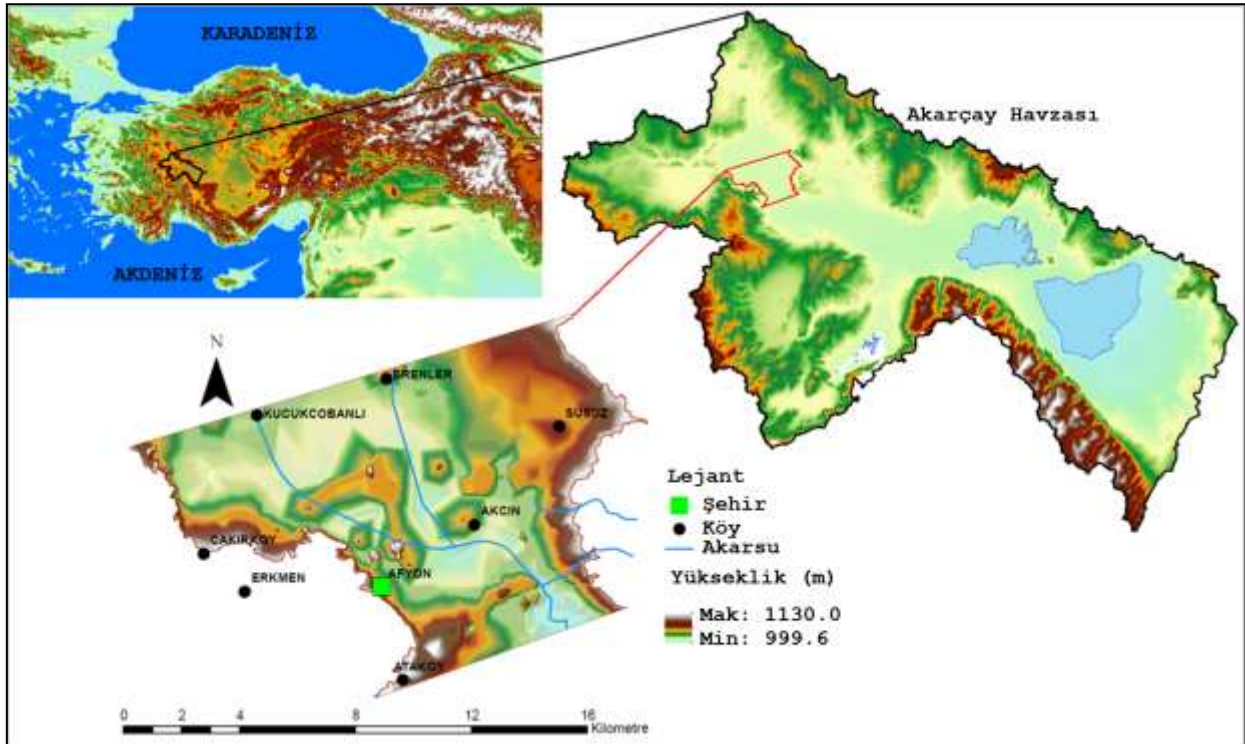
gelişmiş ve önemli bölgesi olarak yer alan Akarçay Afyon Alt Havzasının değişik dönüş aralıkları için hesaplanan taşkın debilerinde su seviyeleri ve su altında kalacak yerlerin HEC-RAS yazılımı kullanılarak hesaplanması amaçlanmıştır. Daha sonra ortalama su derinliği ile literatürde mevcut çeşitli derinlik-zarar eğrileri yardımıyla taşkın zarar tahmini yapılmıştır. Taşkın hidrolik modelleme ve zarar tahmin aşamaları Şekil 1'de sunulmuştur.

2.1. Uygulama Havzası

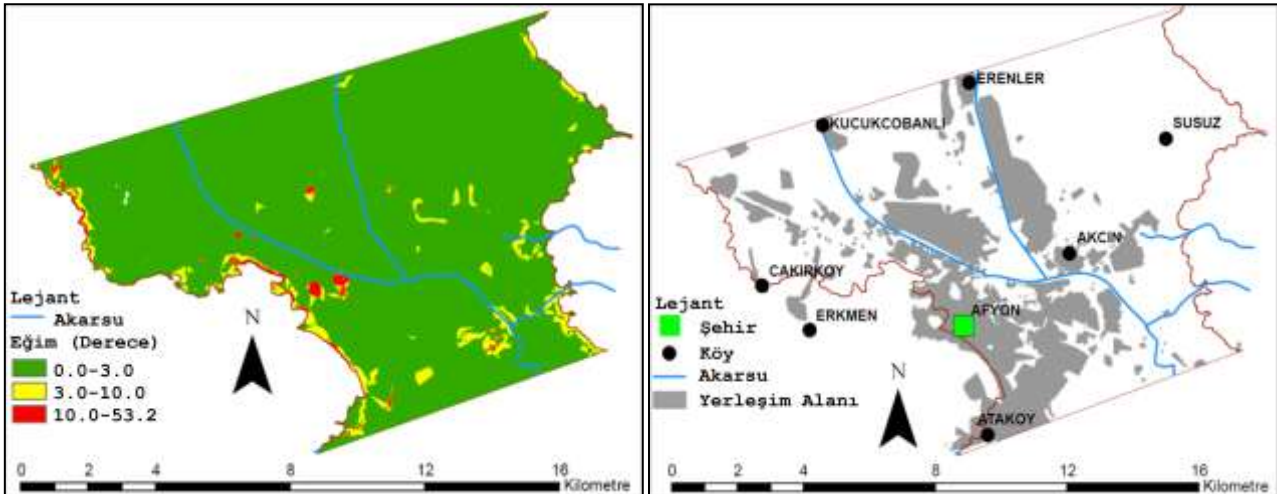
Ege, Akdeniz ve İç Anadolu Bölgelerinin birleştiği bir noktada, kapalı bir havza niteliğinde önemli bir kesimi Afyon il sınırları içerisinde ve doğudan Konya sınırlarına girmekte olan Akarçay Havzası 7989 km² alanı kapsamaktadır. Havzanın Türkiye alanına oranı %1 olup havzanın en önemli yüzeysel su kaynağını Akarçay Nehri oluşturmaktadır (İnt. Kay. 3 ve İnt. Kay. 4). Afyonkarahisar şehri ve civarı, 1040 m kotlu eş yükseklik eğrisi ile sınırlandırılmış ve Akarçay Afyon Alt Havzası (Şekil 2) olarak tanımlanmıştır. Eğim ve yerleşim alanı haritası Şekil 3'te sunulan çalışma alanının ortalama yüksekliği 1016 m, ortalama eğimi 1⁰, yıllık ortalama yağış yüksekliği 434.7 mm ve yıllık ortalama sıcaklığı 11.2 C⁰'dir. Yağış ve sıcaklık verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından işletilen 17190 nolu Afyonkarahisar gözlem istasyonundan elde edilen verilerdir. Ayrıca çalışma alanının çıkışında Akarçay'ın ortalama debisi yaklaşık 3 m³/s'dir. Akım verileri Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) tarafından 1967-1990 yılları arasında işletilen E11A007 nolu Akarçay (Afyon) gözlem istasyonundan elde edilmiştir.



Şekil 1. Çalışmanın genel akış şeması



Şekil 2. Akarçay Afyon Alt Havzası coğrafi konumu



Şekil 3. Akarçay Afyon Alt Havzası eğim ve yerleşim alanı haritası

2.2. Hidrolik Modelleme

Verilerin toplanması, derlenmesi, depolanması, mekansal sorgulaması, çözümlenmesi ve sunulması gibi süreçler için Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), birçok alanda olduğu gibi su kaynakları alanında da çok önemli bir karar destek sistemidir. Bu bağlamda CBS tabanlı hidrolik modelleme çalışmaları gün geçtikçe artış göstermektedir. Çalışma alanının hidrometeorolojik, topoğrafik, jeomorfolojik ve beşeri coğrafya karakteristiklerinin hidrolik modelle entegrasyonunun sağlanması açısından CBS, karar vericilerin kolay kararlar alabilmesine olanak sağlamaktadır.

Bu çalışmada hidrolik modellemenin veri hazırlama ve hesaplama aşamalarında CBS yazılımı olarak ESRI (Environmental Systems Research Institute, California) tarafından geliştirilen ArcGIS kullanılmıştır. Sayısal Yükseklik Modeli olarak Harita Genel Komutanlığı'ndan temin edilen mekansal çözünürlüğü 10mx10m olan yükseklik haritası kullanılmıştır. Model hazırlık aşamasında, çalışma alanı 1040 m eşyüksekti eğrisi ile sınırlandırılmıştır. Çalışma alanının sınırı belirlenirken akarsuyun su yüzeyi kotları dikkate alınmıştır. Daha sonra hidroloji ve raster yüzey analizleri gerçekleştirilerek çalışma alanının drenaj ağı, eğim ve baki haritaları türetilmiştir. Ayrıca yerleşim yerlerinin noktasal ve alansal konumları uydu görüntüsü üzerinden sayısallaştırılmıştır. Hidrolik model için sayısal yükseklik modelinden nehir enkesitleri çıkarılmış, kesit değerleri hidrolik model yazılımına manuel olarak girilmiş ve uydu görüntüsü üzerinden nehir kıyı çizgileri gibi geometrik veriler elde edilmiştir. Bu şekilde çalışma alanının coğrafi özellikleri ve gerekli geometrik veriler model hazırlık aşamasında tanımlanmıştır. Model hesaplama aşamasında ise, hidrolik model çıktılarının (taşkın yayılım haritaları) görselleştirilmesi ve taşkın zarar analizinde kullanılacak taşkına maruz yerleşim alanlarının tespit edilmesi CBS aracılığıyla gerçekleştirilmiştir.

Hidrolik modelleme için USACE (US Army Corps of Engineers) tarafından geliştirilen Nehir Analiz

Sistemi (HEC-RAS) kullanılmıştır. Tek boyutlu (1D) kararlı ve kararsız akış nehir hidroliği hesaplamaları, sediment taşınımı, hareketli yatak modelleme ve su sıcaklığı analizi gerçekleştirmek için olanak sağlayan, enerjinin korunumu prensibi temelinde çalışan bir yazılımdır (USACE Hydrological Engineering Center, 2010). HEC RAS ile altlık geometrik verilerin düzenlenmesi; köprü, menfez, baraj, pompa istasyonu, sedde, bent, kapaklı geçitler, taban yüzey pürüzlülüğü, yatak eğimi gibi hidrolik yapıların ve durumların tanımlanması yapılabilmektedir. Bu şekilde birçok değişken tanımlanabilen HEC RAS yazılımına akım verilerinin girilmesiyle kararlı-kararsız akım durumları için su yüzü profilleri ve su basma alanları, akım derinlikleri, akış hızları, taşma hacmi ve alanı gibi taşkın karakteristiklerinin elde edilmesi mümkün olmaktadır.

Hidrolik modelin çalıştırılması için gereken topoğrafik ve talveg hattı, kıyı çizgileri (sağ-sol sahil), akış yolları, akarsu enkesitleri, akarsu kolları ve birleşim yerleri-açısı ve seddelerin yükseklik bilgileri gibi geometrik veriler CBS ortamında elde edildikten sonra HEC RAS yazılımında gerekli düzenlemeler yapıp akım verilerinin girilmesiyle model kararlı durum için çalıştırılmaya hazır hale getirilmiştir.

HEC RAS taşkın çıktıları ArcGIS yazılımına aktarılırken bir ArcGIS uzantısı olan HEC GeoRAS ara modülü kullanılmıştır. Bu şekilde taşkın haritalarının sayısal yükseklik modeli ve/veya uydu görüntüleri üzerine bindirilmesi sağlanarak görsellik zenginleştirilmiş olmaktadır. Ayrıca HEC GeoRAS hidrolik modele (HEC RAS) geometrik, topoğrafik ve arazi verilerinin input edilmesi için kullanılmaktadır.

Taşkın akım verileri ampirik bir yaklaşım olan Fuller yöntemiyle elde edilmiştir. 1914 yılında ABD'deki havzaların 10 yıllık bilgileri gözlemlenerek Fuller tarafından pik debi için önerilen ampirik formül, taşkın tahmininde ilk kez frekansı bir çarpan olarak alması bakımından önemlidir. Fuller'e göre taşkın

tahmin formülasyonu aşağıdaki şekildedir (Raghunath, 2006).

$$Q_T = C_f * A^{0.8} * (1 + 0.8 \log T) * (1 + 2.67A^{-0.3}) \quad (1)$$

Q_T : T Tekerrür Aralığına Sahip Taşkın Debi (m³/sn)

C_f : Fuller Sabiti (0,026-2,770) (C_f , Akarçay Havzası=0,1)

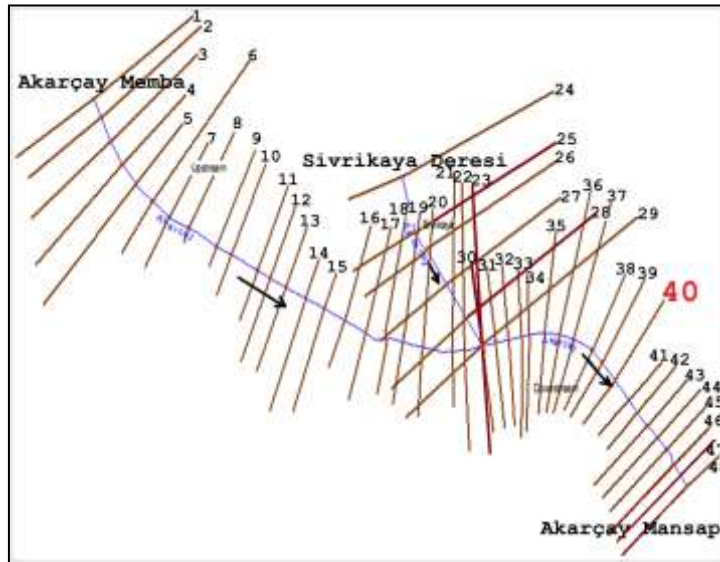
A: Havza alanı (km²)

Aksu ve Sivrikaya Dereleri'nin havza alanları CBS ortamında belirlenmiş, akım verileri de DSI tarafından işletilen akım gözlem istasyonlarından elde edilmiş ve aşağıda tabloda sunulmuştur. Aksu Deresi ortalama akım verisi E11A003 nolu akım gözlem istasyonundan (1957-1974), Sivrikaya Deresi ortalama akım verisi ise E11A002 nolu akım gözlem istasyonundan (1957-2014) elde edilmiştir.

Tablo 1. Fuller yönteminde kullanılan havza alanı ve akım bilgileri

Akarsu Adı	Havza Alanı (km ²)	Ortalama Debi (m ³ /s)
Aksu Deresi	967.681	2.46
Sivrikaya Deresi	636.221	0.50

Alt havzadan geçen Aksu Deresi ile Sivrikaya Deresi üzerinde toplamda 48 adet ve yaklaşık 200-300 m mesafe ile enkesitler CBS altlığı kullanılarak tanımlanmış ve HEC RAS yazılımına yüklenmiştir (Şekil 4). Aksu Deresi ile Sivrikaya Deresi (24-29 nolu kesitlerin olduğu akarsu kolu) birleşiminden önceki Aksu Deresi koluna Akarçay'ın memba kısmı (1-23 nolu kesitlerin olduğu akarsu kolu), birleşimden sonraki kola ise mansap kısmı (30-47 nolu kesitlerin olduğu akarsu kolu) denilmiştir. Dere ve taşkın yataklarında yapılan gözlemler ışığında Manning pürüzlülük katsayısı Chow'un (1959) yaptığı çalışma baz alınarak sol ve sağ sahilde 0.035, akarsu yatağında ise derinlik daha fazla olduğundan 0.030 olarak alınmıştır. Dere yataklarının doğal yatak ve temiz olması, dere ve taşkın yataklarının kısmen küçük otlar içermesi; derelerin küçük akarsu sınıfına girmesi ve ovada olması Manning katsayı değerlerinin ilgili kaynağa göre uygun olduğunu göstermektedir. Bütün kesitler Manning katsayısı açısından benzer özellikte olduğundan tüm kesitlerde Manning katsayısı değerleri aynı alınmıştır.



Şekil 4. Modelleme için belirlenen en kesitlerin HEC RAS görünümü

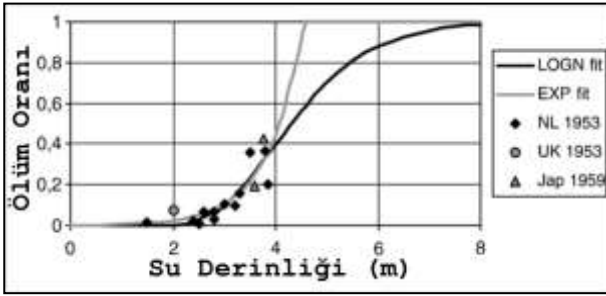
2.3. Taşkın Zarar Analizi

Taşkınlar büyük ölçüde can ve mal kaybına neden olabilen doğal afetlerdir. Bu çalışmada çalışma alanının genel yapısı nedeniyle sadece kentsel ve endüstriyel yerleşim alanlarındaki bina taban

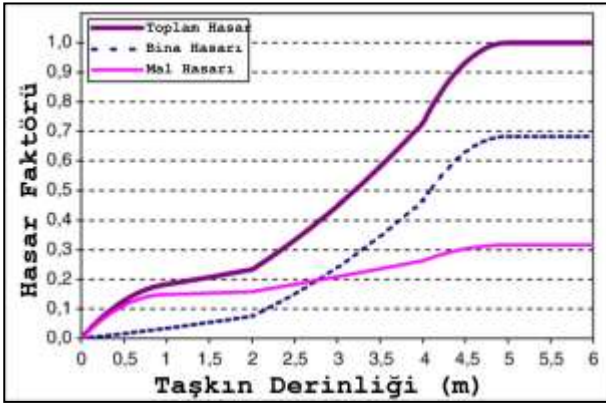
alanları dikkate alınarak yaklaşık ekonomik kayıp hesaplanmıştır.

Taşkın kaynaklı can kaybı tahminleri ile ilgili Jonkman'ın (2007) yapmış olduğu çalışmada dünyanın çeşitli yerlerinde yaşanmış taşkın

gözlemleri doğrultusunda su derinliği ile ölüm oranı arasında ilişki kurularak bir fonksiyon türetilmiştir (Şekil 5). Ölüm oranı, taşkına maruz kalan nüfusun yüzde kaç oranında can kaybı yaşanacağını belirtmektedir. Yine Jonkman ve arkadaşlarının (2008) yapmış olduğu çalışmada dünyanın çeşitli yerlerinde yaşanmış taşkınların derinliğine bağlı olarak kentsel alanlardaki bina ve içindekilere ait hasar faktörü fonksiyonu verilmiştir (Şekil 6). Hasar faktörü, taşkına maruz kalan yapıların toplam maliyetinin yüzde kaç oranında taşkından zarar göreceğini belirtmektedir.



Şekil 5. Su derinliği-ölüm oranı ilişkisi (Jonkman, 2007)



Tablo 2. Fuller yöntemine göre çeşitli tekerrür aralıklarına ait taşkın debileri

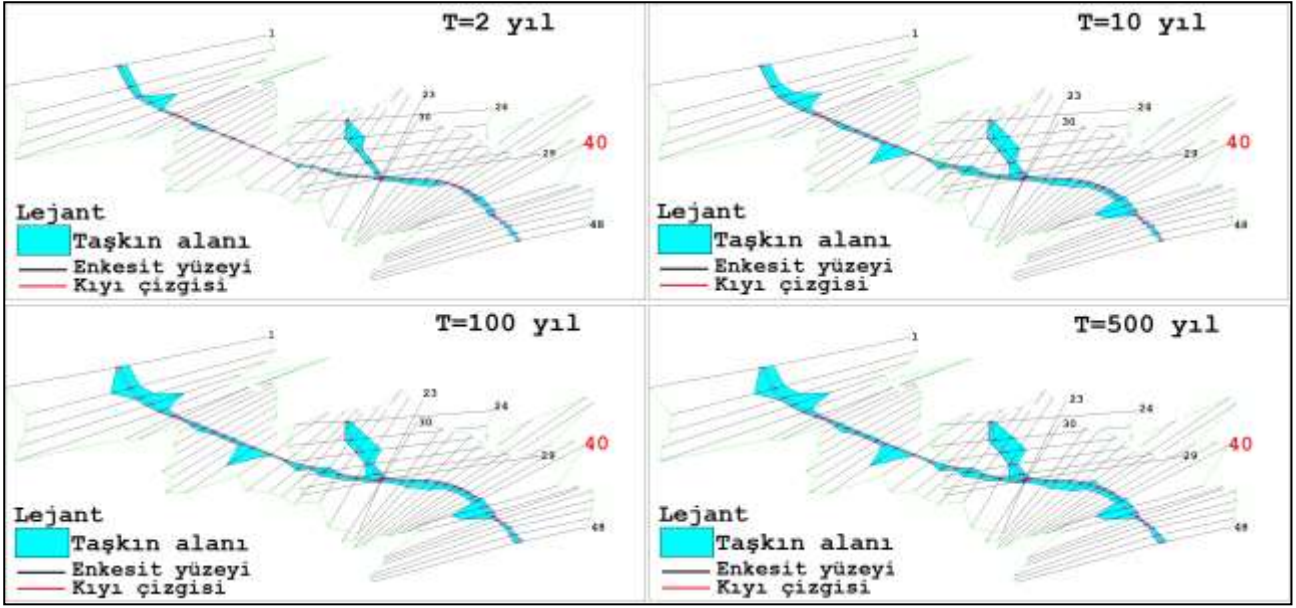
Taşkın Debileri (m ³ /s)	T=2 yıl	T=10 yıl	T=25 yıl	T=50 yıl	T=100 yıl	T=500 yıl
Aksu Deresi	40.604	59.012	69.450	77.346	85.238	103.573
Sivrikaya Deresi	30.069	43.615	51.331	57.165	63.000	76.550
Akarçay Mansap	71.000	103.000	122.000	135.000	149.000	181.000

Şekil 6. Taşkın derinliği-hasar faktörü ilişkisi (Jonkman et al, 2008)

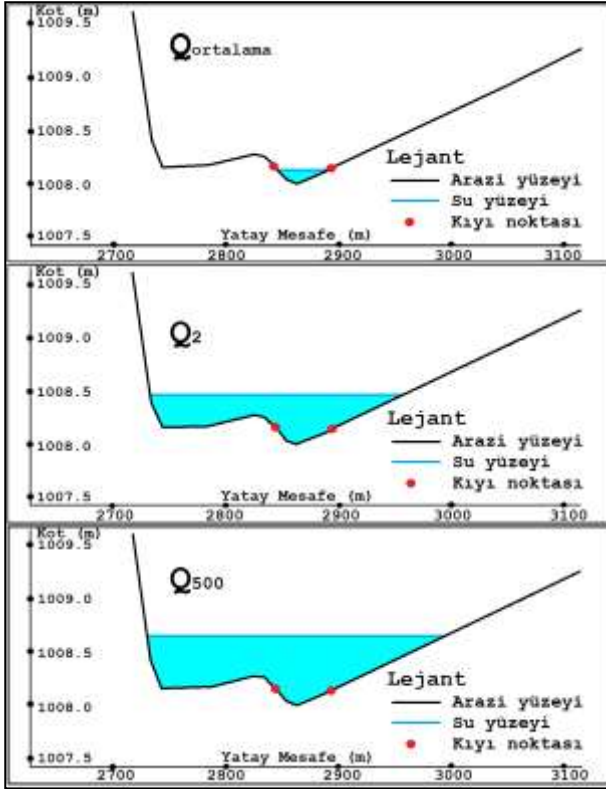
Bu çalışmada da taşkına maruz alanlar kentsel arazi kullanım sınıfında olduğundan yukarıdaki taşkın zarar eğrilerinden yararlanılarak can ve mal kayıpları tahmin edilmeye çalışılmıştır. Taşkına maruz binaların zarar maliyeti hesaplanırken Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın (2015) yapı yaklaşık birim fiyat cetveli kullanılmıştır. Çalışma alanındaki yapıların IV. sınıf A grubu yapılar (750 TL/m²) olduğuna karar verilmiş ve yapıların yıpranma payı %20 alınarak değerlendirmeye katılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Aksu Deresi ve mansap kısmı ile Sivrikaya Deresi Fuller yöntemiyle hesaplanmış çeşitli tekerrür aralıklarına sahip taşkın akım verileri Tablo 2'de verilmiştir. Akarçay Afyon Alt Havzası çeşitli tekerrür aralığına sahip taşkın yayılım haritaları Şekil 7'de verilmiştir. Taşkın yayılım haritalarının yanı sıra HEC RAS paket programı ile kesitlerin anahtar eğrileri, akış hızları, su yüzeyi alanları ve genişlikleri, su hacimleri ve hidrolik sıçrama yükseklikleri elde edilmiştir. Ayrıca girilen taşkın debileri için en kesitlerdeki su yüzeyi profilleri elde edilebilir (Şekil 8).

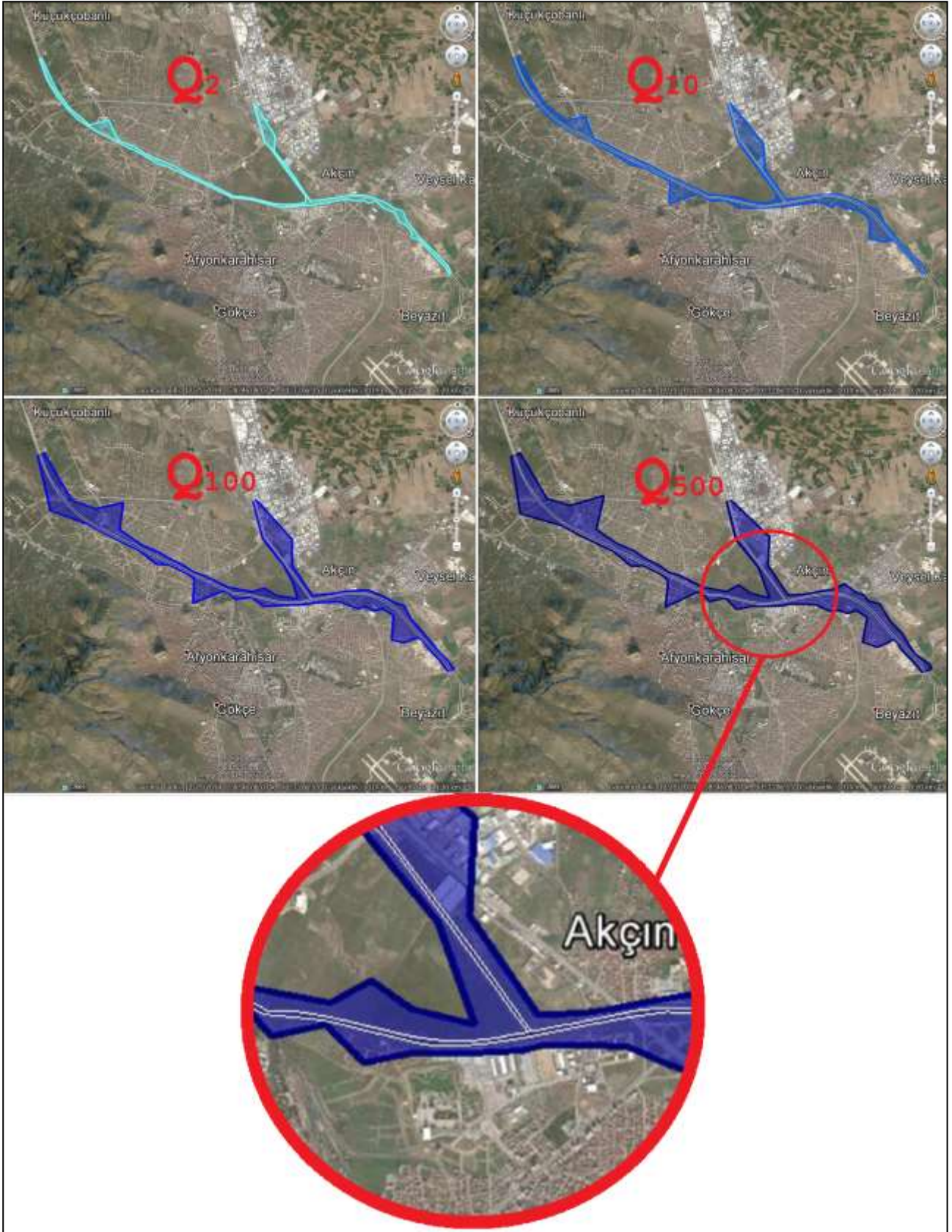


Şekil 7. Akarçay Afyon Alt Havzası HEC RAS taşkın yayılım çıktıları



Şekil 8. 40 nolu kesitte ortalama, 2 ve 500 yıl tekerrür aralıklı debilerde su yüzeyi profilleri

HEC GeoRAS ara modülü kullanılarak HEC RAS'tan ArcGIS ortamına aktarılan taşkın yayılım şekil dosyaları kml/kmz uzantılı dosyalara çevrilerek Google Earth programında açılabilir. Böylelikle taşkın suları altında kalacağı düşünülen alanlar uydu görüntüleri ile daha net görülebilir (Şekil 9).



Şekil 9. Akarçay Afyon Alt Havzası taşkın yayılım haritaları ve iki dere birleşim detayı

Çalışma alanına ait taşkın göstergeleri Tablo 3'de sunulmuştur. Taşkın akış hızlarının mertebesinin anlaşılması amacıyla çalışma alanının ortalama debi

için akış hız değerlerini vermek gerekir, değerler şu şekildedir: Ortalama akış hızı 0.82 m/s; maksimum akış hızı 2.07 m/s; minimum akış hızı 0.43 m/s'dir.

Tablo 3. Akarçay Afyon Alt Havzası taşkın bilgileri

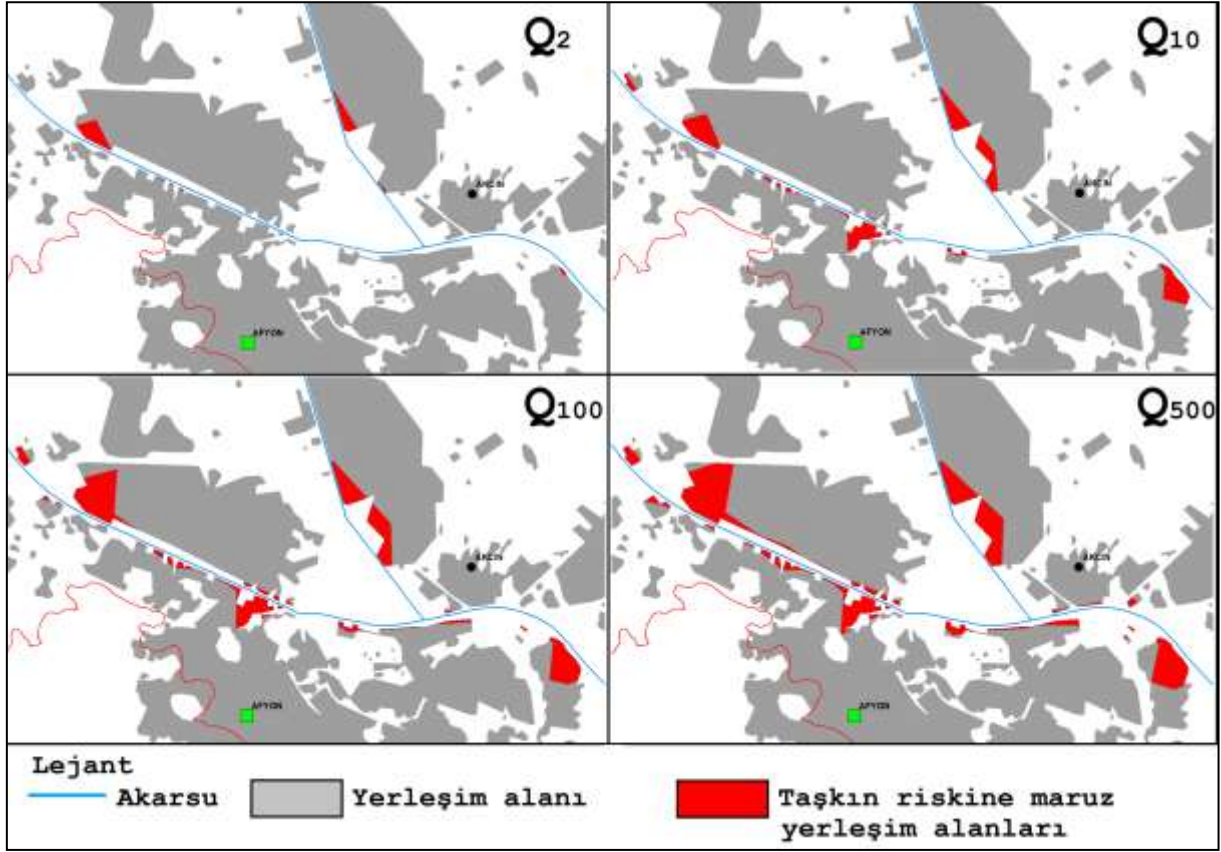
Taşkın Göstergeleri	Taşkın Debileri						
	Q ₂	Q ₁₀	Q ₂₅	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₅₀₀	
Taşkın Yüzey Alanı (1000 m ²)	1514.96	2683.92	2978.51	3180.26	3406.26	3883.05	
Taşkın Hacmi (1000 m ³)	3099.61	6576.52	7177.2	7593.8	8063.23	8994.25	
Taşma Yüksekliği (m)	Mak	0.59	0.90	0.97	1.01	0.93	1.17
	Min	0.18	0.20	0.22	0.23	0.23	0.26
	Ort	0.36	0.42	0.46	0.49	0.51	0.56
Akış Hızı (m/s)	Mak	6.78	7.41	7.08	6.83	7.81	6.47
	Min	1.07	0.42	0.50	0.55	0.61	0.74
	Ort	1.87	2.01	2.10	2.17	2.22	2.34

2 yıllık taşkını değerlendirdiğimizde maksimum 59 cm; 500 yıllık taşkını değerlendirdiğimizde ise maksimum 117 cm suyun yükseldiği görülmektedir. Akış hızları bakımından baktığımızda, 2 yıllık taşkında ortalama 1.87 m/s; 500 yıllık taşkında da ortalama 2.34 m/s'dir. Akış hızı bütün yineleme aralıkları için maksimum 7-8 m/s mertebelerine kadar çıkmaktadır. Taşkın sularının özellikle taşıdığı maddelerle büyük zararlara neden olabildiği bilindiğinden bu hız değerleri, taşkının zarar verme potansiyeli bakımından oldukça tehlikeli hızlardır. Taşkın alanları da yineleme aralıklarının artmasıyla 1500000-4000000 m² aralığında değişmektedir. Ortalama bir futbol sahası alanının yaklaşık 4000 m² olduğu düşünüldüğünde taşkınların boyutu hakkında daha iyi bir fikre sahip olabiliriz.

Çeşitli tekerrür aralıklarına göre bazı bölgelerde konut alanlarının büyük kısımlarının yanı sıra hastane, okul, cami gibi kamu binaları, organize sanayi bölgesinin bir kısmı ve bazı yolların su altında kaldığı görülmektedir. Hastane gibi çok önemli bir fonksiyonu olan yapının sular altında kalması sağlık hizmetlerinin aksamasına sebep olacaktır. Ayrıca kanalizasyon sistemlerinin zarar görerek atık suların taşkın sularına karışması ihtimaliyle oluşabilecek salgın hastalık ve taşkın

suları kaynaklı yaralanma durumlarında sağlık hizmetlerinin aksaması büyük sorunlara neden olabilecektir. Sanayi bölgesinin taşkından zarar görmesi de büyük ekonomik kayıplara neden olacaktır. Taşkın suları altında kalması muhtemel yerler içinde kamu kurumu, okul ve camii gibi kamu binalarının olması da taşkının verdiği hasarı (can ve mal kaybını) oldukça arttıracaktır. En azından eğitim öğretim, kamu ve sosyal hizmetlerin aksamasına neden olacaktır. Caddelerin kısmen sular altında kalmasıyla şehir içi ulaşımın aksamasının yanında, şehirlerarası karayolları (E96, D300 ve D260) ve demiryolunun dere yatağıyla kesişen kısımlarının sular altında kalmasıyla şehirlerarası ulaşımın aksaması, lojistik açıdan Afyonkarahisar'ın kavşak noktada olmasından dolayı büyük ekonomik zararın oluşmasına sebep olacaktır. Enerji, iletişim ve yakıt nakil hatlarının da taşkında zarar görme ihtimalinin gerçekleşmesi taşkın zararının boyutunu büyük oranda arttırabilir.

Taşkın zarar değerlendirmesi için CBS ortamında taşkına maruz kalan yerleşim alanları, taşkın yayılım ve çalışma alanı yerleşim poligonlarının kesişen kısımlarının konumsal analiz komutlarıyla tespit edilmesiyle elde edilmiştir (Şekil 10).



Şekil 10. Akarçay Afyon Alt Havzası taşkın riskine maruz yerleşim alanları

Taşkına maruz yerleşim yerlerinin alansal miktarı ile taşkın zararları çeşitli tekerrür aralıkları için Tablo 4'te verilmiştir. Can ve mal kayıpları literatürdeki taşkın seviyesi-zarar eğrileri kullanılarak belirlenmiştir. Can kaybı tahmininde ortalama taşkın derinlikleri için ölüm oranları "0" olduğundan

tekerrür aralığı 500 yıla kadar olan taşkınlar için çalışma alanında can kaybının yaşanmaması beklenebilir. Ancak maksimum taşkın derinlikleri dikkate alındığında can kaybı tahmini taşkına maruz kalan nüfusun %2'si mertebelerindedir.

Tablo 4. Taşkın riskine maruz yerleşim yerlerinin alansal miktarı ve taşkın zararları

Tekerrür Aralığı (yıl)	Alan (ha)	Alan (m ²) [A]	Ortalama Taşkın Derinliği (m)	Hasar Faktörü [DF]	Ekonomik Kayıp (milyon TL) [DFxAx750x0.8]
2	17.8	178117.2	0.36	0.10	10.7
10	66.1	660582.3	0.42	0.11	43.6
100	111.7	1116751.7	0.51	0.13	87.1
500	156.3	1563374.7	0.56	0.14	131.3

Çeşitli tekerrür aralıklarındaki taşkınlardan dolayı çalışma alanında oluşacak ekonomik kayıp, sadece kentsel ve sanayi yapıları ile içindeki eşyaların uğrayacağı zararlar dikkate alınarak derinlik zarar eğrisi yardımıyla hesaplanmıştır. Çalışma alanındaki yapılar için yıpranma payı %20 alınarak yapı maliyetinin %80'i üzerinden ekonomik kayıp tahmini yapılmıştır. Taşkın zararları yineleme aralıklarının artmasıyla yaklaşık 10-130 milyon TL

aralığında değişmektedir. Özellikle sanayi bölgesindeki ekonomik değeri çok yüksek olan teçhizat ve makinelerin taşkından zarar görmesi durumunda, taşkın zararı tahmin edilenden çok yüksek olabilir.

Kentsel ve endüstriyel yerleşim alanları yanında kısmen tarım ve peyzaj alanlarının zarar görmesi, yolların işlevsiz kalması kaynaklı ulaşım ve lojistiğin

aksaması, araçların zarar görmesi, enerji, yakıt, iletişim, içme suyu ve atıksu nakil hatlarının hasar görmesi ile taşkın zararının büyük ölçüde artacağı düşünülmektedir. Taşkindan dolayı kamusal-özel hizmet ve çalışmaların durması/aksamasından dolayı uğranacak büyük zarar da taşkın zarar tahminindeki önemli belirsizliklerdendir.

4. Sonuç ve Öneriler

HEC RAS yazılımı ile taşkın yayılım haritaları elde edilerek çalışma alanı taşkın riski açısından değerlendirilmiş ve derinlik-zarar eğrileri yardımıyla yaklaşık taşkın zarar maliyeti ortaya konulmuştur.

Kentsel drenaj çalışma alanının dışında Karaarslan köyü mevkiinde atıksu arıtma tesisine yapıldığından taşkın modellemesinde dikkate alınmamıştır.

Taşkın sularının taşıdığı sürüntü malzemelerinin taşkın zararını modellenenden daha fazla arttıracığı unutulmamalıdır. Ayrıca kanalizasyon şebekelerinin taşkindan zarar görerek atıksuyun taşkın sularına karışmasıyla ortaya çıkabilecek salgın ihtimali gözden uzak tutulmamalıdır.

Son zamanlarda hidroloji ve su kaynakları yönetiminde sıkça kullanılan uzaktan algılama (UA) ve CBS araçları, taşkın afet yönetim planlarının hazırlanmasında çok önemli karar destek sistemleri olarak kullanılmaktadır. Taşkın yayılım ve risk haritalarının oluşturulması, taşkın zarar analizi, yapısal önlemlerin yeterliliği ve gerekliliği gibi taşkın öncesi, esnası ve sonrasında yapılması gereken analizler için UA ve CBS, karar vericilere büyük kolaylıklar sağlayarak yardımcı olmaktadır. Entegre havza yönetimi kapsamında yapılan taşkın afet yönetimi aşamalarında UA ve CBS araçları verilerin elde edilmesinden gerekli analizlerin yapılmasına kadar birçok alanda kullanılarak yönetim başarısının artmasında etkili olmaktadır.

Taşkın zararlarının azaltılmasını sağlayacak çözüm önerilerini şu şekilde sıralamak mümkündür.

- Şekil 8'e bakıldığında 40 nolu enkesitte çeşitli tekerrür aralığına sahip taşkınlarla nehir sularının

akarsu yatağından taşkın yatağına nasıl yükseldiği açık bir şekilde görülmektedir. Kesitlerdeki su yükselmeleri incelenerek gerekli yapısal önlemlerin tespit edilmesi ve mevcut yapısal önlemlerin değerlendirilmesi sağlanabilir. Taşkın yataklarındaki yapıların sakinleri kum torbalarının yığılması, tahliye programı yapılması gibi taşkın hazırlık ve müdahale çalışmaları kapsamında bilgilendirilebilir.

- Dere birleşimlerinin taşkın riski açısından tehlikeli oldukları göz önüne alındığında Aksu ve Sivrikaya Dereleri'nin iki dere birleşim yerinin taşkın tehlikesi açısından ayrı bir araştırma ile daha ayrıntılı irdelenmesi ve bulunan sonuçlara göre gerekli görüldüğü takdirde iki dere arasındaki açının daraltılarak akış yönlerinin birbirine yaklaştırılması, yatak ıslahı, genişletilmesi gibi çalışmalarla riskin azaltılması gerekmektedir. Ayrıca risk büyüklüğüne göre imar planı için öneriler geliştirilmelidir.

- Taşkın yataklarının daha çok rekreasyon, park, yeşil ve tarımsal alan olarak değerlendirilmesi zarar riskini düşürecektir.

- Taşkın yayılım süresi, akış hızı ve su derinliği haritaları CBS ortamında türetilerek taşkın risk haritaları oluşturulabilir. Önemli uluslararası kuruluşlar ve gelişmiş ülke kurumları taşkın risk haritalarının 100 yıllık taşkına göre oluşturulmasını önermişlerdir. Taşkın hızı ve derinliğinin çarpımına dayalı taşkın tehlike değerlendirmeleri yapılabilir. Arazi kullanım ve nüfus özellikleri ile taşkın risk haritaları beraber değerlendirilerek taşkın zarar haritası nitel ve nicel olarak elde edilebilir.

- Ayrıca çalışma alanının nüfus özellik ve yoğunluğunu, taşkında yıkılma durumu açısından bina sağlamlığını ve tahliye planlamasını baz alan can kayıp tahminleri de yapılabilir.

- Arazi ölçümleri veya mekansal çözünürlüğü daha yüksek sayısal yükseklik/arazi haritaları kullanılarak oluşturulan taşkın risk haritalarıyla taşkın koruma yapılarının performansı değerlendirilebilir. Yüksek mekansal çözünürlük, analiz sonuçlarının

doğruluğunu ve hassasiyetini belirleyeceğinden oldukça önemlidir.

- Bu çalışmada tek boyutlu hidrolik modelleme yapılmış olup iki ve üç boyutlu modellemeler ile daha hassas sonuç alınabilir. Çalışma alanı için geçmişte yaşanmış taşkın verisi bulunmadığından bu çalışmada model performansı test edilememesine rağmen tarihi taşkın verileriyle modelleme değerlendirilebilir.

- Katılımcı yönetim yaklaşımı çerçevesinde özellikle okul ve üniversitelere yönelik halkın eğitilmesi, bilinçlendirilmesi; toplantılar, çalıştaylar, eğitim, kurs ve seminerlerin yapılması; yazılı, görsel ve işitsel iletişim unsurlarının aktif kullanılması; ilgili kamu kurumlarının, sivil toplum kuruluşlarının ve halkın afet yönetimi çerçevesinde çok iyi örgütlenmesi; kurumlar arası koordinasyonun ve kriz masasının oluşturulması sağlanmalıdır.

- Yağış yada akış tabanlı taşkın erken uyarı sisteminin oluşturulması, taşkın riskinin duyurulması ve tahliye planlamasının yapılması sağlanmalıdır.

- Taşkın risk değerlendirmesi temelinde taşkın afet sigortaları teşvik edilmelidir.

Teşekkür

Bu çalışma Afyon Kocatepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonunca kabul edilen 15. HIZ. DES. 38 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

Kaynaklar

Özdemir, H., 2007. Farklı Senaryolara Göre Taşkın Risk Analizi: Havran Çayı Örneği (Balıkesir). TMMOB Afet Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 155-165.

Burgan, H. İ., 2013. Akarçay Havzası Taşkın Modellemesi. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar, 102.

Akyürek, Z., 2013. Taşkın Tehlike ve Taşkın Risk Haritalarının Oluşturulması. Taşkın ve Kuraklık Yönetimi Daire Başkanlığı Hizmetiçi Eğitim Programı.

USACE Hydrological Engineering Center, 2010. HEC-RAS 4.1 Reference Manual. Approved Public Release.

Raghunath, H. M., 2006. Hydrology: Principles, Analysis and Design. New Age International Publishers, 214.

Chow, V. T., 1959. Open-Channel Hydraulics. McGraw-Hill Book Company, 112-113.

Jonkman, S.N., 2007. Loss of Life Estimation in Flood Risk Assessment. PhD Thesis, Delft University, 354.

Jonkman, S. N., Bočkarjova, M., Kok, M. and Bernardini, P., 2008. Integrated Hydrodynamic and Economic Modelling of Flood Damage in the Netherlands. *Ecological Economics*, Vol. 66, No. 1, 77-90.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2015. Mimarlık ve Mühendislik Hizmet Bedellerinin Hesabında Kullanılacak 2015 Yılı Yapı Yaklaşık Birim Maliyetleri Hakkında Tebliğ. 19.03.2015 Tarihli 29300 Sayılı Resmî Gazete.

İnternet kaynakları

1-<http://www.mgm.gov.tr/arastirma/dogal-afetler.aspx?s=taskinlar>, (12.12.2015)

2-<http://www.preventionweb.net/english/hazards/statistics/?hid=62>, (12.12.2015)

3-http://www.ormansu.gov.tr/osb/haberduyuru/guncelhaber/14-05-07/akarçay_havzası_koruma_eylem_planı.aspx?sflang=tr, (12.12.2015)

4-https://tr.wikipedia.org/wiki/Akarçay_Havzası, (12.12.2015)