

Coğrafi Bilgi Sistemleri Destekli Taşkın Hidrolik Modeli

**H. İbrahim Burgan, Dorukhan Kellecioglu, Hafzullah Aksoy,
V. Ş. Özgür Kırca**

İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi 34469 Maslak, İstanbul
Tel: (212) 285 37 13

E-Posta: burgan@itu.edu.tr; dorukhankellecioglu@gmail.com; haksoy@itu.edu.tr;
kircave@itu.edu.tr

Öz

Su kaynakları ile ilgili çoğu çalışmada Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yazılımları yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Özellikle hidrolojik model çalışmalarında arazi topoğrafyası ve jeomorfolojisi dikkate alındığında CBS yazılımlarının büyük kolaylık sağladığı ortadadır. Bu tip çalışmalarda genellikle detaylı veri gerekmektedir. Gerek modellerin karmaşıklığı gerekse detaylı veri gereksinimi nedeniyle model sonuçlarını hızlı ve gerçekçi bir şekilde elde etmek her zaman mümkün olamamaktadır. Bu çalışmada kullanılan modelleme yönteminde ilk aşamada akarsu havzasının Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) Quantum GIS (QGIS) yazılımında kullanılarak havza topoğrafik nem indeksi ve SAGA nem indeksi elde edilmektedir. Bu indeksler kullanılarak havza içinde taşkına meyilli alanlar belirlenmektedir. İkinci aşamada taşkına meyilli alanlarda HEC-RAS hidrolik modeli uygulanmaktadır. Akarsuya ait gerekli enkesitlerin çıkarılması için hassas ölçekli sayısal haritalardan yararlanılmakta ve akarsu hidrolik parametreleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada kullanılan modelleme teknolojisi ticari olmayan ücretsiz yazılımlara dayanmaktadır. Çalışmanın sonuçları kullanılarak taşkın öncesi can ve mal kaybını en aza indirmek üzere gerekli önlemler alınabilecektir.

Anahtar Sözcükler: Taşkın, Coğrafi Bilgi Sistemleri, QGIS, SAGA GIS, HEC-RAS, Hidrolik Model.

Giriş

Taşkınlar dünya üzerindeki çoğu ülkenin en çok karşı karşıya kaldığı ve en çok hasara sebep olan doğal afetlerdir. Bir akarsuyun çeşitli nedenlerle yatağından taşarak çevresindeki yerleşim yerleri, tarım arazileri, altyapı tesisleri ve canlılara zarar vermesi ve sosyo-ekonomik faaliyetleri kesintiye uğratacak şekilde akış oluşturması durumu taşkın olarak tanımlanabilir. Taşkınlar yeryüzeyinin 1/3'ünden fazlasında görülmektedir, bu alan dünya nüfusunun % 82'sini barındırmaktadır (Dilley, 2005). Taşkın riski altındaki alanlarda önlem alınmaksızın süregelen kentleşme veya sanayileşme faaliyetleri taşkın zararlarını arttıran ve gözle görülür hale getiren en önemli neden olarak gösterilebilir.

Taşkın alanlarının ve bu alanlardaki taşkına maruz kalacak bölgelerin hassas olarak tahmin edilmesi taşkın zararlarını en aza indirebilmek açısından hayati bir konudur.

Taşkın çalışmaları hidrolojik, hidrolik ve topoğrafik unsurların zaman ve alan boyutunda incelenmesini gerektirmektedir. Sayısal modeller, belirli bir süre ve şiddetteki yağıştan kaynaklanan taşkın ne zaman, nerede ve hangi şiddette oluşacağını ortaya konması (taşkın tahmini) amacıyla son zamanlarda rağbet görmektedir. Bu yöntemler sayesinde taşkın alanında taşkın tahmini doğru, hassas ve çok daha kısa sürede yapılabilmektedir. Taşkın tahmini amacıyla kullanılan hidrolojik ve hidrolik modellerde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ise önemli bir kolaylık sağlamaktadır.

Çalışmanın konusu, topoğrafik nem indeksleri kullanılarak akarsu havzasının taşkın altında kalabilecek riskli alanlarının belirlenmesi ve taşkın riski olan bölgelerde hidrolik model oluşturulmasıdır. İlk aşamada çıktı olarak havza nem indeksi haritaları, ikinci aşamada ise belirli tekrar periyotlu taşkınlar için elde edilen taşkın risk haritaları elde edilmektedir.

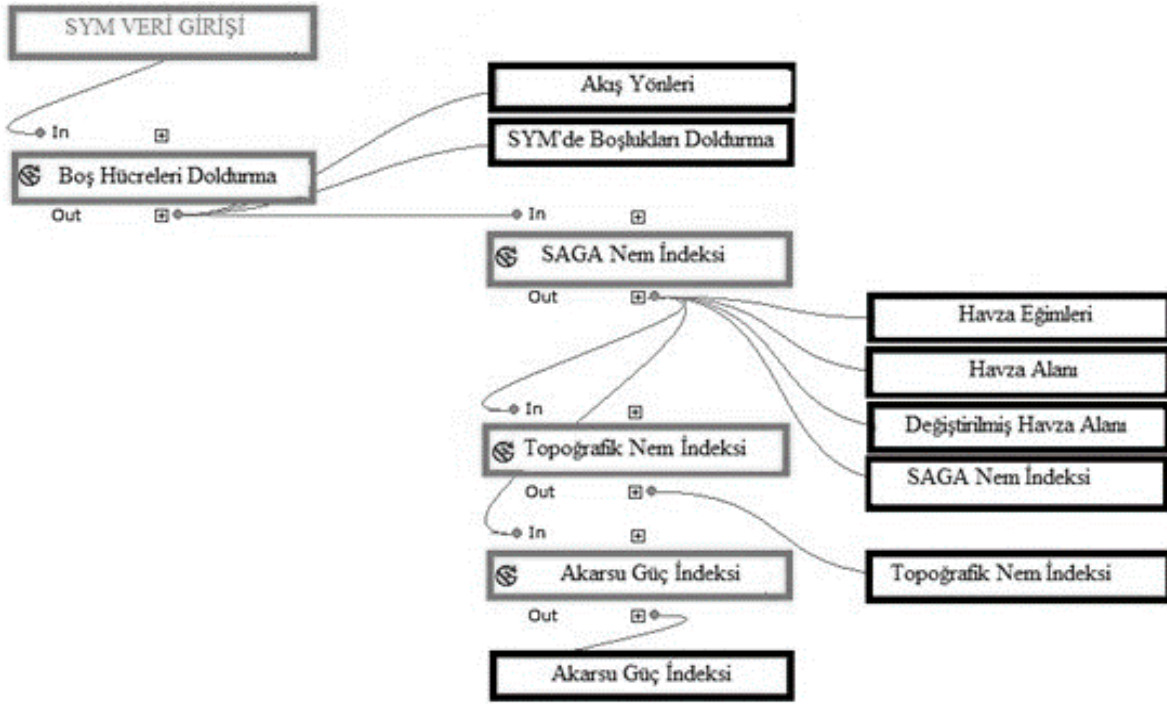
Yöntem

Bölgesel Taşkın Analizi

Bu çalışmanın ilk aşamasında, tüm akarsu havzasında taşkına meyilli bölgelerin tahmini için iki ayrı CBS yazılımı kullanılmıştır. Bunlar QGIS ve SAGA GIS (System for Automated Geoscientific Analyses) yazılımlarıdır.

QGIS, birden fazla işletim sistemiyle desteklenen, verileri görmeye, düzenlemeye ve analiz etmeye yarayan, açık kaynak kodlu bir yazılımdır. QGIS ile kullanıcının ihtiyaçları doğrultusunda özel yazılımlar geliştirilebilmektedir. QGIS gibi ücretsiz bir açık kaynak yazılımı olan SAGA GIS ise, mekansal algoritmaların kolay ve etkili bir şekilde uygulanması için tasarlanmıştır. Birçok görselleştirme seçeneği ile kolayca ulaşılabilir bir kullanım sağlamaktadır. Açık kaynak kodlu QGIS yazılımında taşkın risk haritası belirleme işlemleri için çeşitli modeller geliştirilebilmektedir.

Bu çalışmada taşkın riskini belirlemek için geliştirilen model QGIS'te oluşturulmuştur (Ermiş, 2015). Ayrıca model geliştirilirken QGIS ile entegre çalışabilen SAGA GIS yazılımı da kullanılmıştır. QGIS sayesinde birçok veri sayısal ortama aktarılarak veya sayısallaştırılarak analiz edilebilmektedir. Yazılımın açık kaynak kodlu olması sayesinde ihtiyaçlar doğrultusunda çeşitli senaryo ve modeller yazılımda geliştirilebilmektedir. Bu çalışmada kullanılmak üzere daha önce geliştirilen ve topoğrafik nem indeksi ile SAGA nem indekslerini hesaplayarak havzanın taşkına meyilli alanlarını tahmin etmeye yarayan bir model kullanılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. QGIS yazılımında kullanılan model.

Model, herhangi bir hidrolojik ya da meteorolojik veri girişi yapılmasına gerek duymadan, sadece havzanın Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) haritaları kullanılarak çalıştırılmaktadır. SYM haritalarının modele girilmesiyle analiz başlamaktadır. Bu haritaların hücrelerinde (varsa) boşlukların doldurulması gerekmektedir. Bu işlem yapıldıktan sonra model SYM haritası ve akış yönleri haritasını elde etmektedir. SYM haritasının SAGA nem indeksi modeline girilmesiyle SAGA nem indeksi haritası belirlenmektedir. SAGA nem indeksi çıktılarının topoğrafik nem indeksi modeline girilmesiyle topoğrafik nem indeksi haritası, aynı verilerin akarsu güç indeksi modeline girilmesiyle de akarsu güç indeksi haritası elde edilmektedir.

Topoğrafik Nem İndeksi

Topoğrafik nem indeksi (TNI) suya doygunluk, bir başka ifadeyle su tutma kapasitesinin belirlenmesine yönelik araştırmalarda kullanılan bir değişken olup özellikle heyelan çalışmalarında sıkça kullanılmaktadır. Topoğrafik nem indeksi, suya doygun alanların yerlerinin ve boyutlarının belirlenmesi amacıyla kullanılmaktadır. Beven ve Kirkby (1979) homojen ve izotrop bir ortam ve tek tip zemin koşulu varsayımlarını dikkate alarak, topoğrafik nem indeksinin hesaplanması için

$$TNI = \ln \left(\frac{A_s}{\tan \beta} \right) \quad (1)$$

önermiştir. Burada, A_s özgül havza alanı, β ise yamaç eğimidir. Özgül havza alanı beslenme alanının kontur aralığına oranı olarak tanımlanmaktadır (Wilson ve Gallant, 2000). Topoğrafik nem indeksi yaygın kullanım alanı bulmuştur (Moore vd., 1991; Quinn vd., 1995; Sorenson vd., 2005). Söz konusu indeksin önemli sınırlamalarından bir tanesi, havzada tek tip zemin olduğuna dair yapılan varsayımdır. Ancak daha sonra yapılan çalışmalarda topoğrafyadaki değişimlerin zemin geçirgenliğindeki değişimlere

göre çok daha yüksek olduğu görülmüştür. Buna bağlı olarak yukarıdaki TNI eşitliğinin topoğrafik nem hesabında kullanılabileceği görülmüştür. Burada dikkat edilmesi gereken bir husus ağ hücre yapısına sahip bir veri modeli içerisinde özgül havza alanının hesaplanmasında gerekli girdilerden biri olan kontur aralığıdır. Bu uzunluk ağ hücre yapısına sahip modelde ağın kenar uzunluğuna eşit alınmaktadır. Yamaç yukarı beslenme alanı ise ilgili ağ hücresini akış ile besleme potansiyeline sahip diğer ağ hücrelerinin alanlarının toplamı olarak hesaplanmaktadır.

SAGA Nem İndeksi

SAGA nem indeksi (SAGA NI), topoğrafik nem indeksi ile aynı adla anılmakta fakat akışı çok ince bir tabaka olarak düşünmeyen düzeltilmiş havza alanı hesabına dayanmaktadır. Bu nedenle küçük düşey aralıklarla vadi tabanlarına yerleştirilmiş zemin hücreleri için topoğrafik nem indeksi (TNI) ile karşılaştırıldığında daha yüksek zemin nemi tahmin etmektedir.

Yerel Taşkın Analizi

Çalışmanın bu aşamasında, bölgesel taşkın analizi sonucu tahmini yapılan taşkına meyilli bölgelerde; hidrolojik veriler yardımıyla akış modelleri kurularak tahminin kesinleştirilmesi ve belirli tekrar periyotlarına göre taşkın büyüklüğünün tahmini amaçlanmaktadır. Yerel taşkın analizi yaparken QGIS ve HEC-RAS olmak üzere iki ayrı açık kaynak kodlu yazılım kullanılmıştır. QGIS, arazi çalışmalarından elde edilen hassas ölçekli SYM haritalarından akarsu enkesitlerinin istenilen çözünürlükte elde edilmesinde, HEC-RAS ise tek boyutlu akış analizinde kullanılmıştır.

HEC-RAS tek boyutlu, sürekli akımlara ait su yüzeylerinin hesaplandığı ve süresiz akımlara ait modellemelerin yapıldığı, veri saklama ve yönetim kapasitesi olan bir hidrolik yazılımdır (USACE, 2002). Program, permanan akım koşulları için tek boyutlu enerji denklemini kullanmaktadır. Enerji kayıpları, sürtünme, kanal daralması veya genişlemesi göz önüne alınarak hesaplanır. Su yüzeyi profilinin aniden değiştiği noktalarda ise model momentum denklemlerine başvurur. Bu noktalara örnek olarak akarsu kolları birleşim bölgeleri verilebilir. Permanan olmayan akım koşullarında ise model tek boyutlu Saint Venant denklemlerini kullanır.

Uygulama

Uygulama Alanı

Bölgesel taşkın analizi uygulama alanı bir kısmı Samsun bir kısmı Ordu il sınırları içerisinde kalan İkizce havzası olarak belirlenmiş, bu analizin sonuçları doğrultusunda havzadaki Akçay Akarsuyu üzerinde yerel taşkın analizi uygulanmıştır.

Veriler

İkizce havza sınırı, Orman ve Su İşleri Bakanlığı'na ait internet sitesinden (<http://www.geodata.ormansu.gov.tr>) alınmıştır (Şekil 2). Hidrolojik model için topoğrafya verisi olarak ASTER DEM verileri kullanılmıştır. Bu veriler (<http://gdem.ersdac.jspacesystems.or.jp/>) web sitesinden kullanılacak pafta seçilerek ücretsiz indirilebilmektedir. Oluşturulan enkesitler ve hidrolik model için ise 1/5000

ölçekli sayısal haritalardan yararlanılmıştır. Akım değerleri, Devlet Su İşleri'nden temin edilmiş olup 2, 5, 10, 25, 50, 100 ve 500 yıllık taşkın hidrografları bu veriler kullanılarak elde edilmiştir.

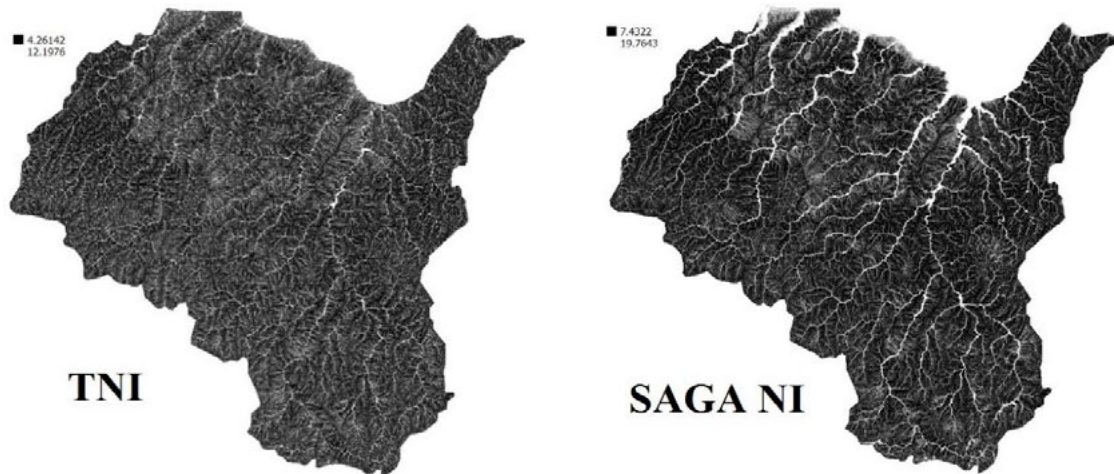


Şekil 2. İkizce havza sınırları.

Bulgular ve Değerlendirme

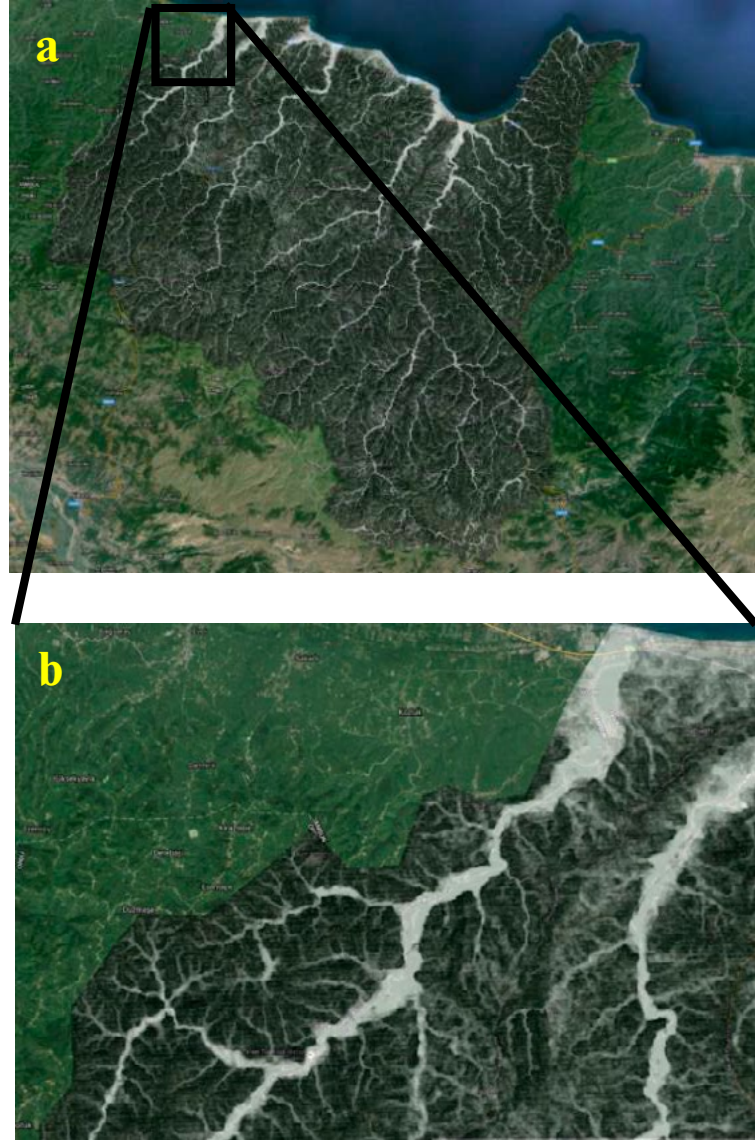
Hidrolojik Model

İkizce havzasının topoğrafik nem indeksi ve SAGA nem indeksi haritaları Şekil 3'te verilmiştir. Her iki indeks benzer görünümde ve havza topoğrafyası ile uyum içindedir. SAGA nem indeksinin taşkına maruz kalma riski taşıyan daha geniş bir bölge belirlediği görülmektedir. Bunun özellikle havzanın eğiminin azaldığı mansap kısmında ve özellikle akarsu vadisinde belirgin hale geldiği görülmektedir. Bu nedenle SAGA nem indeksinin kullanılması olası bir taşkına karşı güvende kalabilmek ve taşkın neden olabileceği hasarı minimuma indirmek açısından önemlidir. Çünkü bu indekse göre havza içinde daha geniş alanların taşkına maruz kalma olasılığından bahsedilebilir.



Şekil 3. İkizce Havzası'nın topoğrafik ve SAGA nem indeksi haritaları.

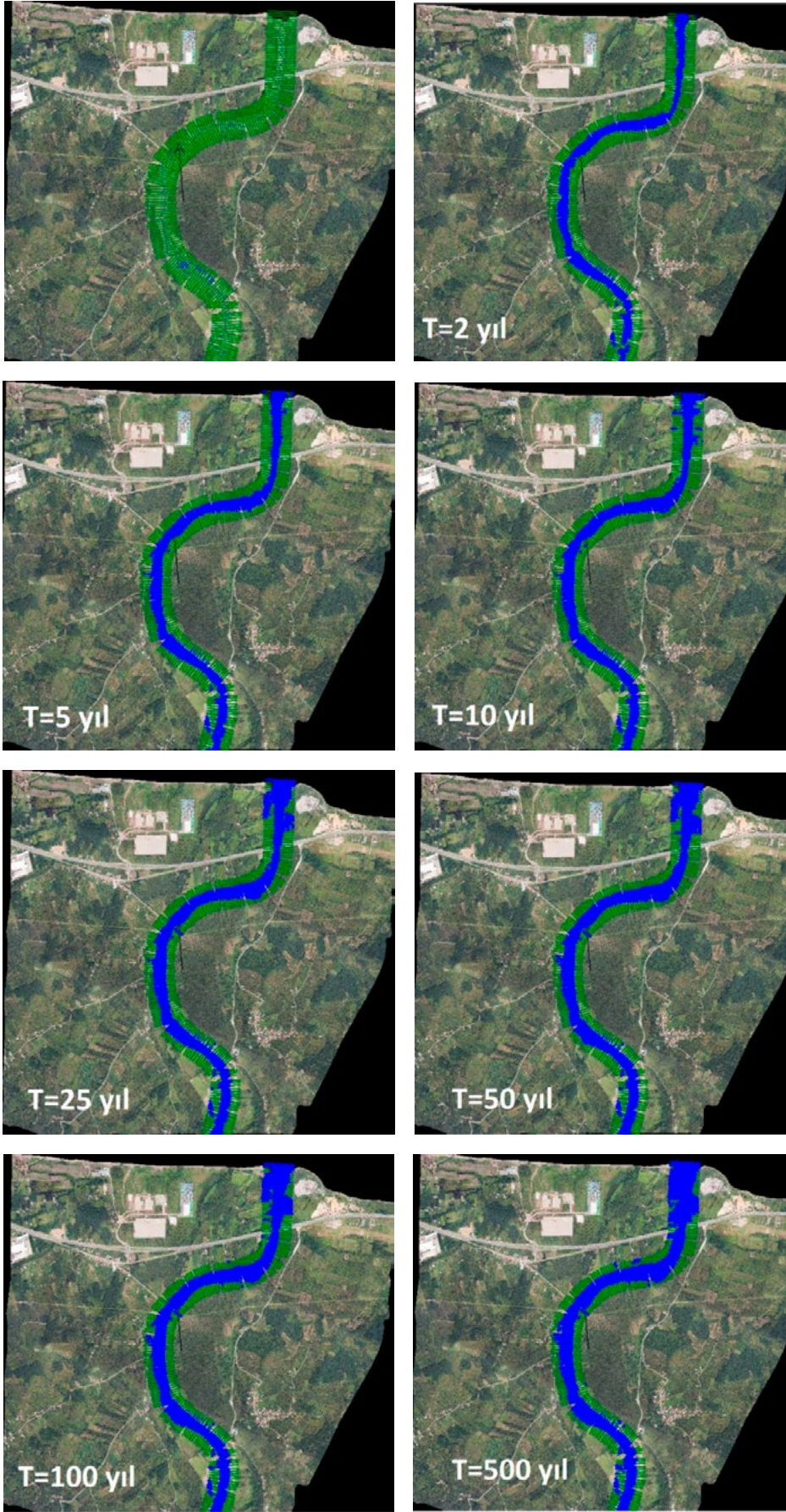
Havza için belirlenen SAGA nem indeksi haritası Şekil 4a'da Bing haritaları ile eşleştirilmiştir. Bu sayede havza içinde taşkına maruz kalma riski taşıyan alanların tanımlanması mümkündür. Şekil 4b'de görüldüğü gibi bir yerleşim bölgesinden yakın görüntü alınması halinde taşkın riski taşıyan alanların detaylı bir şekilde ortaya konması ve bu sayede can ve mal kaybını azaltmak üzere taşkın öncesi önlem alınması mümkün olacaktır.



Şekil 4. SAGA nem indeksi haritası ile online Bing haritasının karşılaştırılması (<https://www.bing.com/maps/>).

Hidrolik Model

Hidrolojik model sonuçlarına göre taşkın riski belirlenen Akçay üzerinde hidrolik model sonuçları Şekil 5'te görüldüğü gibi elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre 100 yıl ve 500 yıl için belirlenen taşkın debilerinde Akçay Köyü, doğalgaz çevrim santrali, tarım arazileri ile afet durumunda yoğun şekilde kullanılacak olan sahil yolu taşkından ilk etkilenecek bölgelerdir. Bununla ilgili olarak yapılacak taşkın koruma yapıları ve geciktirme havuzları ile taşkın zararları önlenemese bile azaltılması mümkün olacaktır.



Şekil 5. Hidrolik model sonuçlarına göre taşkın risk haritaları.

Sonuçlar

Bu alışmada, Samsun ve Ordu il sınırları içindeki İkizce havzasının zemin nem indeksleri hesaplanarak taşkın riski taşıyan bölgeleri belirlenmiştir. Akçay Akarsuyu'nun bulunduğu bölgedeki taşkın riski için hidrolik model oluşturulmuştur. Elde edilen taşkın sınırlarına göre 2, 5, 10, 25 ve 50 yıllık taşkın debileri için çok büyük taşkın riski söz konusu değilken, 100 ve 500 yıllık taşkın debileri için önlem alınması önerilmektedir.

Teşekkür

Bu alışma AB Komisyonu ve T.C. Başbakanlık Hazine Müsteşarlığı (Merkezi Finans ve İhale Birimi) tarafından Karadeniz İşbirliği Programı çerçevesinde ortaklaşa desteklenen MIS-ETC 2014 "A Scientific Network for Earthquake, Landslide and Flood Hazard Prevention" (SciNetNatHaz) adlı projenin çıktılarına dayanmaktadır.

Kaynaklar

Beven, K.J., Kirkby, M.J. (1979). A physically-based variable contributing area model of basin hydrology, Hydrol. Sci. Bull., 24: 43-69.

Dilley, M. (2005). Natural disaster hotspots: A global risk analysis, Vol. 5, World Bank Publications, Washington, DC.

Ermiş, I.S. (2015). Akarsu havzalarında topoğrafik nem indeksleri ile taşkına meyilli alanların belirlenmesi. Yksek Lisans Tezi, İT Fen Bilimleri Enstits, İstanbul.

Moore, I.D., Grayson, R.B., Ladson, A.R. (1991). Digital terrain modeling: A review of hydrological, geomorphological and biological applications, Hydrological Processes, 5, 3-30.

Quinn, P., Beven, K., Lamb, R. (1995). The $\ln(\alpha_s/\tan\beta)$: how to calculate it and how to use it within the TOPMODEL framework, Hydrological Processes, 9, 161–182.

Samela, C., Manfreda, S., Paola, F. D., Giugni, M., Sole, A., Fiorentino, M. (2015). DEM-Based Approaches for the Delineation of Flood-Prone Areas in an Ungauged Basin in Africa. Journal of Hydrologic Engineering, 06015010.

Sorenson, R., Zinko, U., Seibert, J. (2005). On the calculation of the topographic wetness index: evaluation of different methods based on field observations, Hydrology and Earth Systems Sciences Discussions, 2, 1807–1834.

Wilson, J.P. and Gallant, J.C. (2000). Terrain Analyses: Principles and Applications, John Wiley & Sons, Inc.