

## Ani Taşkınlara Karşı Dirençliliği Artırmada Erken Uyarı Sistemlerini Rolü: FFG Sistemi ile 13-15 Temmuz 2021 Doğu Karadeniz Seline Yönelik Bir Uygulama

Ali Ümran KÖMÜŞCÜ<sup>1</sup>, Mehmet AKSOY<sup>2</sup>, Ertan TURGU<sup>2</sup>, Emel ÜNAL<sup>2</sup>

### Öz

Son yıllarda iklim değişikliği ile beraber çevresel ve fiziksel kırılganlıkların artmasıyla afetler daha sık görülmeye başlamıştır. Afetlerin olası etkilerini azaltmak; ancak başarılı bir afet risk yönetimi ve toplumun afetlere karşı direncinin artırılması ile mümkün olabilecektir. Ülkemizde de sel ve taşkınlar en yaygın görülen meteorolojik karakterli doğal afetlerin başında gelmekte olup, her yıl ciddi ölçüde insan kaybının yanı sıra, çevreye, altyapıya ve tarım alanlarına zarar vermektedir. Sel ve taşkın olaylarında temel nedenlerin başında kuvvetli ve uzun süreli yağışlar gelmekle beraber, jeolojik, jeomorfolojik, faktörler ve toprak yapısı yağış sonrası meydana gelen akışın hız ve büyüklüğünü etkilemektedir. Çarpık şehirleşme, altyapı eksikliği ve özellikle dere yataklarındaki yapılaşmalar ise taşkınların sel afetine dönüşmesine zemin hazırlamaktadır. Ani taşkınlar, diğer taşkın tiplerinden farklı olarak kısa sürede oluşum gösterirler. Bu taşkınlar, genelde kısa süre içinde şiddetli yağış bırakan meteorolojik hava olayları, doyuma ulaşmış toprak nemi ve ani kar erimelerinin sonucunda meydana gelmektedir. Ani taşkınların oldukça hızlı gelişmesinden dolayı, gerek yerleşim yerleri ve gerekse orada yaşayan insanların bu tür bir afete karşı direnç kazanması ancak etkin erken uyarı sistemleri ile mümkün olabilecektir. Kurumların taşkın erken uyarı kapasitelerini artırmaya yönelik olarak Dünya Meteoroloji Teşkilatı'nın (WMO) öncülüğünde bölgesel ölçekte "Ani Taşkın Erken Uyarı Sistemlerinin (FFGS)" oluşturulmuştur. FFG Sisteminin amacı herhangi bir alt havzadaki ani taşkın olabilirliğini hesaplamak ve tahmincilere gerçek zamanlı ani taşkın uyarıları hazırlamada kılavuz görevi görmektir. FFGS, kar modeli, toprak nemi modeli, yüzey akış eşik modeli ve ani taşkın erken uyarı modeli olmak üzere 4 alt modelden oluşmaktadır. Bu çalışmada, FFG sistemi ile 13-15 Temmuz 2021 tarihinde Doğu Karadeniz Bölgesinde, özellikle Rize ve Artvin'de, meydana gelen ani taşkın ve sel hadiseleri FFG Sistemi ile incelenerek, taşkın erken uyarı ürünleri değerlendirilmiş ve ani taşkın zararlarına karşı daha dirençli bir karakter kazanılması amacıyla FFG sisteminin bir araç olarak kullanılabileceği yönünde bir analiz yapılmıştır. Çalışmada ayrıca FFG sisteminin ulusal afet yönetimine entegre edilerek risk yönetimi kapsamında değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Ani Taşkın, Ani Taşkın Erken Uyarı Sistemi (FFGS), Yüzey Akış Modeli, Doğu Karadeniz Bölgesi

## Role of the Early Warning Systems in Increasing Resilience to Flash Floods: An Application for 13-15 July 2021 Eastern Black Sea Flood Using the FFG System

<sup>1</sup> Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü, Ankara-Türkiye

<sup>2</sup> Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ankara-Türkiye

\*İlgili yazar/Corresponding author: ali.komusc@hbv.edu.tr

Gönderim Tarihi / Received Date: 19.12.2021

Kabul Tarihi / Accepted Date: 06.06.2022

Bu makaleye atıf yapmak için- To cite this article

Kömüşcü, A. Ü., Aksoy, M., Ertan Turgu, E., Ünal, E., (2022). Ani Taşkınlara Karşı Dirençliliği Artırmada Erken Uyarı Sistemlerini Rolü: FFG Sistemi ile 13-15 Temmuz 2021 Doğu Karadeniz Seline Yönelik Bir Uygulama. Resilience, 93-109.

## Abstract

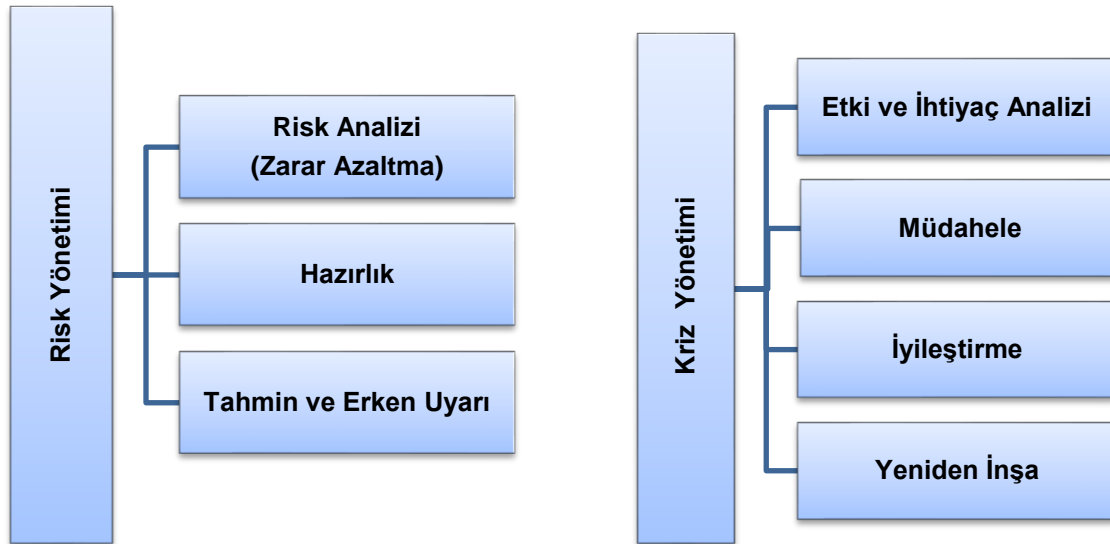
In recent years, with the increase of environmental and physical vulnerabilities and climate change, disasters have started to be experienced more frequently, especially in developing countries. Reducing the possible effects of disasters; will only be possible with successful disaster risk management and increasing the resilience of the society to disasters. Floods are among the most common meteorological natural disasters in our country. Severe and long-duration rainfall is one of the main factors in flood events. In addition, other factors such as the geological, geomorphological, topographic and soil structure of the region, slope conditions affect the speed and size of the flow. Flash floods develop within a short time immediately after a rainfall event. They generally occur due to meteorological weather events that cause torrential rainfall in a short time, saturated soil moisture and sudden snow melts. Due to the rapid developing nature of flash floods, it will be possible for both the settlements and the people living there to gain resilience against such a disaster only with effective early warning systems. In order to increase the flood, early warning capacities of institutions, the World Meteorological Organization (WMO) led the establishment of a Flash Flood Guidance System program worldwide. The FFG System aims to calculate the likelihood of flash flooding in any sub-basin and provide real-time guidance to forecasters in preparing flash flood warnings. The FFGS consists of 4 sub-models: snow, soil moisture, surface flow, and flash flood. In this study, flash floods that occurred in the Eastern Black Sea Region, especially in Rize and Artvin provinces, on 13-15 July 2021 were investigated by the FFG system. Based on the FFGS flood warning products examined, it was concluded that the FFG system can be used as a tool in order to improve the resilience against flash floods damages. The study also highlighted importance of the integrating the FFGS into the national disaster management as a tool for risk management.

**Keywords:** Flash Flood, Flash Flood Guidance System (FFGS), Runoff threshold model, Eastern Black Sea Region of Turkey

## 1. GİRİŞ

Afet yönetimin en önemli hedeflerinden birisi afetten etkilenen sistem ve toplumlara dirençlilik kazandırılarak, afetlerin etkilerinin minimum düzeye indirilmesi, afet riskinin azaltılması ve afetlerle başa çıkabilme kapasitelerinin artırılmasıdır. Resilience” diğer bir ifade ile dirençlilik kavramı afetlerle ilişkili literatürde değişik tanımlar altında yer almaktadır. Dirençlilik, afetlerden sonra hızlıca iyileşme göstermek, afetlere müdahale etmek ve afetleri önlemek için bireylerin ve toplumların sahip olduğu kapasitedir (Thornley, Ball, Signal, Lawson-Te Aho ve Rawson, 2015). Başka bir çalışmada dirençlilik, bir bireyin veya sosyal bir grubun afetler sonrasında ilk haline dönerek veya afetlerden kaynaklanan belirsizliğe karşı kendini uygun hale getirerek iyileşebilme kapasitesi olarak tanımlanmaktadır (Benadusi, 2014). Dirençlilik, bir sistemin afetlerin zarar verici sonuçlarına karşı adapte olarak kendini koruması ve bu zararlardan en az etkilenerek hızlı iyileşmesi olarak ta tanımlanmıştır (Lizarralde, 2015). Birleşmiş Milletler Afet Risk Azaltma Ofisi (UNISDR) 2009, tanımlamasına göre; afetlerde dirençlilik; bir tehlikeye maruz kalmış bir sistemin karşı karşıya kaldığı tehlikenin etkilerini zamanında ve etkili bir şekilde azaltma, eski hale dönüş ve iyileşme kabiliyetidir. Daha genel kapsamlı bir tanımlamada ise, afetlere karşı dirençlilik, bir sistemi ve onun bileşenlerini, olası tehlikelerin kötü etkilerinden koruma, onları zamanında ve en verimli bir şekilde tahmin etme ve bu etkilere önceden uyum sağlama ile birlikte tehlike ortaya çıktıktan sonra onlara karşı koyma, sistemin temel yapı ve fonksiyonlarını iyileştirme ve yeniden inşa etme yeteneği olarak açıklanmıştır (Kadioğlu, 2008; Kadioğlu, 2011). Afete dirençli toplum ise, afetlerden daha az zarar gören, afetin oluşturduğu etki ve sonuçlar ile başa çıkma yeteneği olan ve afet sonrası olağan döneme daha kolay dönebilen toplumlardır.

Erken Uyarı Sistemleri (EUS) afet ile ilgili riskleri önceden ortaya koyarak kırılganlığı azaltma ve dirençliliği artırmaya yönelik araçlardır. EUS eğer bir taşkın afeti için uygulanırsa, taşkın olayı öncesinde tahmin ve erken uyarı bilgileri ile riskin azaltılmasına yönelik olarak “Taşkın Risk Yönetiminin” önemli bir bileşenidir. Bir sistem (yerleşim yeri, toplum, altyapı) taşkından ne kadar az etkilenirse, yani kırılganlığı ne kadar düşükse, taşkına karşı o derece direnç kazanmış demektir. EUS ile taşkınlara karşı dirençlilik kazanılması, taşkın ile ilgili risklerin önceden tahmini ve bu bilgilerin zamanında ve etkin bir şekilde ilgili kurum ve kuruluşları iletilmesi sağlanarak gerekli tedbirlerin alınması ile taşkının toplum, çevre ve altyapı üzerindeki etkilerini minimize ederek taşkından etkilenebilirliği azaltma şeklinde olmaktadır. Bu kapsamda afet öncesinde uygulamaya konacak “Tahmin ve Erken Uyarı” sistemleri risk yönetimi çerçevesinde afet kaynaklı risklerin azaltılmasında oldukça önemli bir rol oynayacaktır (Şekil 1). Afet sonrası yapılacak tüm faaliyetler ancak kriz yönetimi kapsamında olup, bu faaliyetler afetten zarar gören bir sistemin ya da toplumun yeniden ayağa kaldırılmasına ve eski kapasitesine dönmesine yönelik adımlar olarak değerlendirilebilir. EUS ise risk yönetimi kapsamında taşkın/sel afeti öncesinde şiddetli yağış tahmini sağlayan sayısal hava tahmini (SHT) modelleri ile ve gerekse hidrolojik tahmin içeren erken uyarı sistemleri riskli alanların tespitine yönelik önemli girdiler sağlama potansiyeline sahiptir. Bu bilgilere dayalı olarak alınacak tedbirlerle EUS toplumun hidrometeorolojik afetlere karşı olan dirençliliğini artırmada önemli derecede katkı sağlayacaktır.



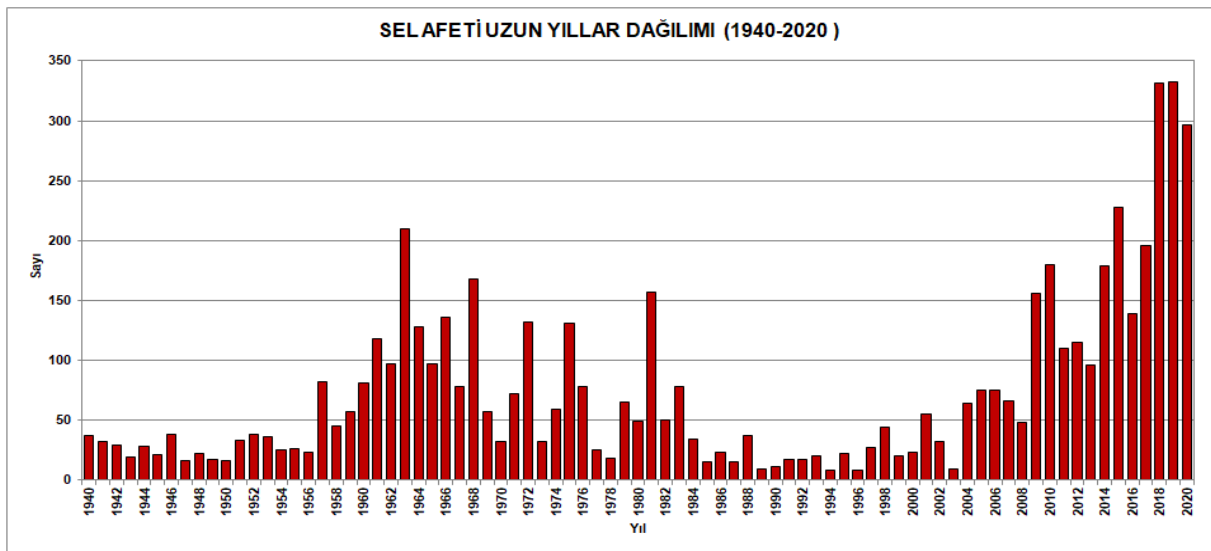
Şekil 1. Afetlere Yaklaşımda Risk ve Kriz Yönetimi Bileşenleri (Kaynak: Kadioğlu, 2008 ve Tezer, 2001)

Ülkemizde özellikle son yıllarda, değişen iklim koşullarının da etkisi ile meteorolojik afetlerin oluşum sayıları, etkili oldukları süre ve şiddetlerinin arttığı görülmektedir. 2020 yılı içerisinde toplam 984 meteorolojik karakterli doğa kaynaklı afet rapor edilmiş olup, bu rakam 1940-2020 periyodu içerisindeki en yüksek değer olarak kayıtlara geçmiştir (MGM, 2021). En yaygın görülen meteorolojik karakterli doğal afetlerin başında sel ve taşkınlar yer almaktadır (Ceylan ve Kömüşçü, 2007). 2020 yılında Ülkemizde 2020 yılında meydana gelen afetler içinde şiddetli yağış/sel %30 ile en fazla görülen afet türü olmuştur (MGM, 2021). Diğer taraftan 2020 yılı 1940 yılından bu zamana kadar sel afetinin en fazla görüldüğü 3. yıl olmuştur (MGM, 2021). Sel ve taşkınlar, can kayıpları ile insanları, bunun yanı sıra çevre zararı ve mal kayıpları ile sosyo-ekonomik hayatı olumsuz etkileyen doğal afetlerdir. Taşkın; bir nehrin çeşitli sebeplerle yatağından taşarak çevresindeki arazilere, yerleşim yerlerine, alt yapı tesislerine ve canlılara zarar vererek o bölgedeki ekonomik ve sosyal faaliyetleri kesintiye uğratacak ölçüde bir akış büyüklüğü oluşturması olarak tanımlanmaktadır (OSİB, 2015). Sel ise belirli bir coğrafik alanın, özellikle yerleşim yerlerinin, belirli bir süre için tamamen veya kısmen su altında bırakan su

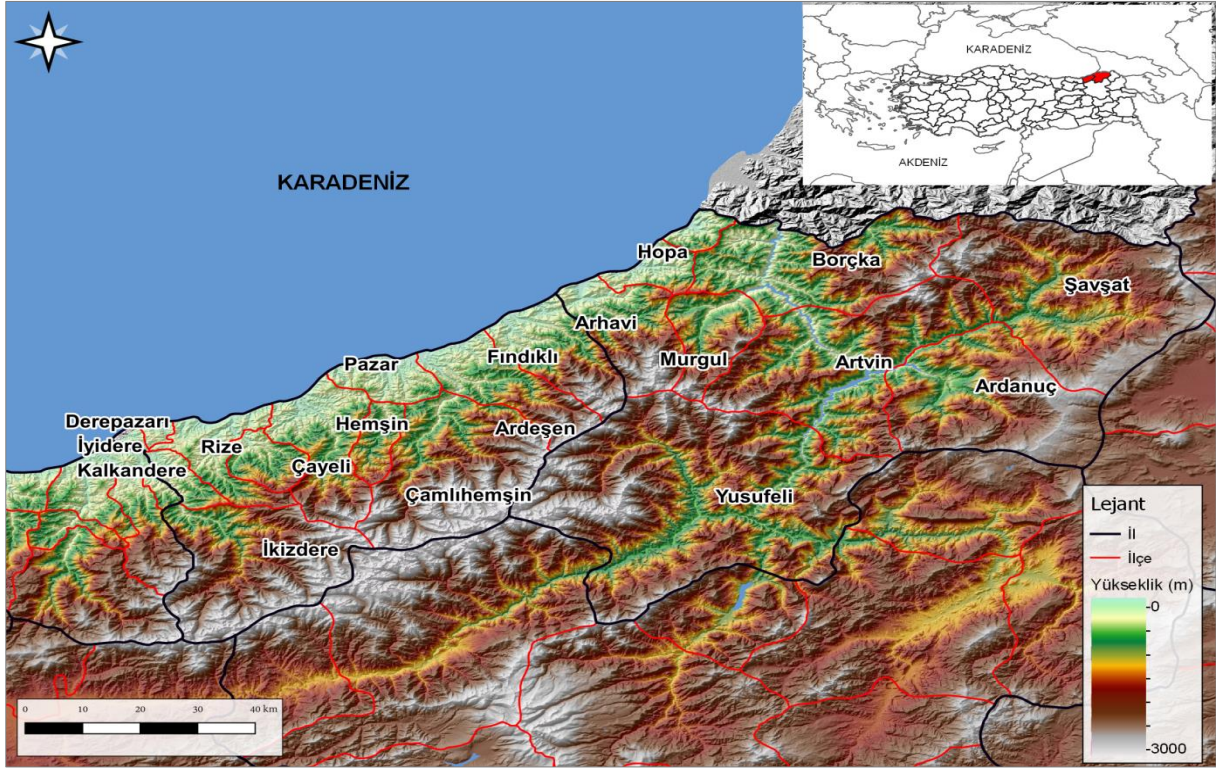
akıntılarıdır. Sel olayı, ani ve fazla miktardaki yağış veya kar erimesi sonucu gerçekleşebileceği gibi gölet ve baraj setlerinin yıkılması sonucunda da meydana gelebilir. Seller daha çok yukarı havzalarda ve yan derelerde ani olarak meydana gelirler ve fazla miktarda katı materyal taşıyabilirler. Sel ve taşkın olaylarında temel etkenlerin başında kuvvetli ve uzun süreli yağışlar gelmektedir. Ayrıca bölgenin jeolojik, jeomorfolojik, topografik ve toprak yapısı, eğim koşulları gibi diğer etkenler akışın hız ve büyüklüğünü etkilemektedir. Öte yandan, plansız ve yanlış arazi kullanımı, çarpık yapılaşma, hızlı şehirleşme, havza ve dere yatakları ile taşkın alanlarında yapılaşma sel ve taşkınların afete dönüşmesinde önemli bir etkiye sahiptir (Kömüşçü ve Çelik, 2012). 13 ve 15 Temmuz 2021 tarihleri arasında Rize’de gerçekleşen şiddetli yağışlar sonrası oluşan sel özellikle Çayeli ve İkizdere ilçelerinde etkili olmuştur. Bu çalışmada ele alınan ve Doğu Karadeniz’de 13-15 Temmuz 2021 tarihlerinde şiddetli yağışlar sonucu meydana gelen afet oluşum itibarı ile taşkın kapsamında değerlendirilmekle beraber sonuçları itibarı ile sel olarak ta değerlendirilebilir. Bu nedenle her iki terminoloji çalışmada yer yer birlikte ve farklı anlamlarda kullanılmıştır.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Ülkemizin Doğu Karadeniz Bölgesi topografyası ve ve hidrometeorolojik özellikleri ile sel olaylarının oluşumuna elverişli koşullar içeren bir bölgedir. Bu bölgemizde havzaların morfometrik özellikleri ile bu havzaların yağış koşulları ve yanlış arazi kullanımı birleştiğinde sel-taşkın duyarlılığı artmaktadır (Avcı ve Sunkar, 2015). Türkiye’de özellikle son 10 yıl içinde sel olaylarında belirgin bir artış görülmektedir (Şekil 2). Meydana gelen sel ve taşkınların yaklaşık 1/3’ü Rize ve Artvin illerinin de içerisinde yer aldığı Doğu Karadeniz Bölgesi’nde yaşanmıştır (Şekil 3). Bu bölgedeki yıllık yağış miktarı 574 mm olan Türkiye yağış ortalamasının dört katına yaklaşmaktadır. Bölge ile ilgili yapılan çalışmalarda yağış koşulları dışında havza jeomorfolojisinin, havzaların topografik yapılarının ve yanlış arazi kullanımının da sel felaketlerinin yaşanmasında önemli rolü olduğu belirlenmiştir (Kadioğlu vd.2017; Filiz ve Avcı, 2013). Bölgedeki arazinin zemin özellikleri ve kayaç cinsi de taşkın/sel oluşumu açısından önemlidir. Doğu Karadeniz Bölgesi’nde yaygın olan killi ve kompakt yapılı kayaçlar geçirimsizliği azaltarak daha fazla yüzey akışına zemin hazırlamakta ve böylece özellikle bitki örtüsünün zayıf olduğu ya da tahrip edildiği alanlarda yüzey sellenmeleri artmaktadır (Gürgen, 2004). Özellikle çay üretimi için yeni alanların açılması sel ve heyelan oluşumunu bu bölgemizde olumsuz yönde etkilemektedir.



Şekil 2. Sel afet sayılarının uzun yıllardaki değişimleri (Kaynak: www.mgm.gov.tr)



Şekil 3. 13-15 Temmuz 2021 Tarihlerinde Meydana Gelen Sellerin Etkili Olduğu Rize İlinin Coğrafi Konumu ve Bölgenin Topoğrafyası

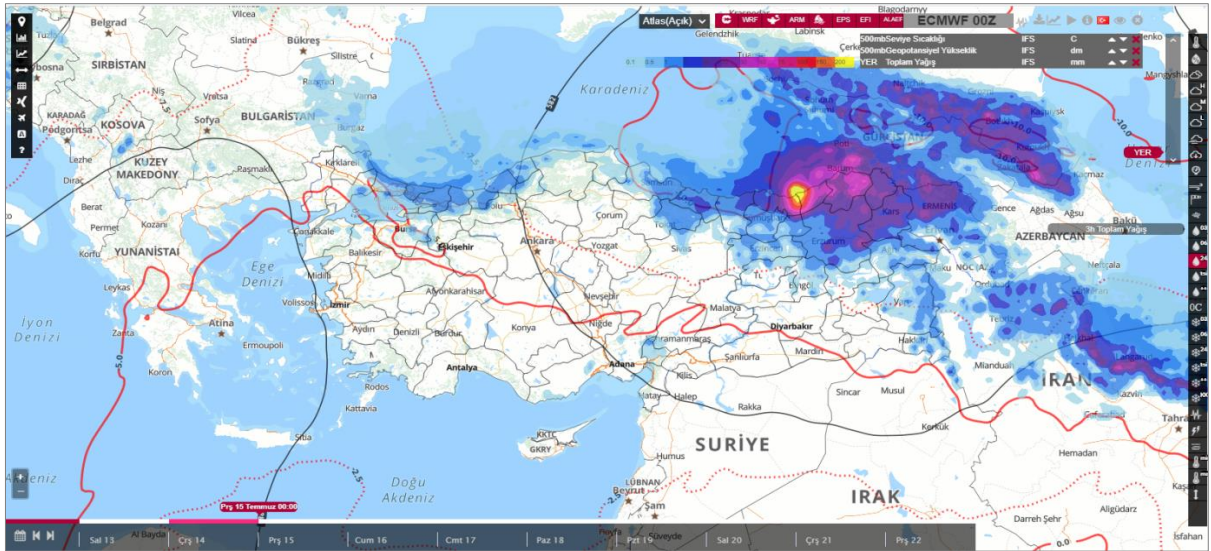
13-15 Temmuz tarihlerinde Doğu Karadeniz Bölgesi'nde meydana gelen taşkın/sel olayı özelinde yapılan çalışmada, yüksek seviyede gözlenen alçak basıncın, beraberinde getirdiği nemli ve soğuk hava ile deniz suyu sıcaklıklarının normalden yüksek olmasının geniş bir alanda kısa sürede gerçekleşen kuvvetli yağışlara sebep olduğu tespit edilmiştir. Deniz suyu sıcaklığının yüksek olması yüksek kararsızlığa ve dolayısı ile yüksek yağışa neden olduğu gibi, rüzgârın Doğu Karadeniz dağ kuşağına dik olması orografik olarak yoğunlaşmanın artmasına sebep olmuştur. Havza genelinin kısa sürede kuvvetli yağış alması ile drenajın yetersiz kalması, taşkın etkisinin artmasına yol açmıştır. Meydana gelen sel afetinin etkisinin yüksek olmasının sebebi, havza geneline düşen yüksek miktardaki yağış ve kesit kapasitesinin hâlihazırda en yüksek seviyeye yakın olması ile yağışın büyük bir kısmının doğrudan akışa geçmesi olarak değerlendirilmektedir.

Sayısal hava tahmini modelleri bu tür sel afetleri öncesinde herhangi bir bölgede ne kadar yağış olabileceği konusunda bize önemli bilgiler sağlamakta olup, bu bilgilerde erken uyarı sistemlerinin önemli bir bileşeni olarak değerlendirilebilir. Şekil 4'de 13 Temmuz 00:00 UTC için Avrupa Orta Vade Hava Tahmin Merkezi (ECMWF) sayısal hava tahmin modelinin 500 hPa ve 24 saatlik yağış tahmini çıktıları verilmiştir. ECMWF tahmin modeline göre 13 Temmuz için 20-50 mm Trabzon'un doğusu ve Rize çevrelerinde 80 mm ve üzeri yağışlar beklenmektedir.



Şekil 4. 13 Temmuz 00:00 UTC ECMWF 500 hPa ve 24 Saatlik Yağış Tahmini Haritası.

Şekil 5'te 14 Temmuz 00:00 UTC için ECMWF sayısal hava tahmin modelinin 500 hPa ve 24 saatlik yağış tahmini çıktıları verilmiştir. 14 Temmuz tarihli ECMWF çıktısında bir önceki gün tahminine benzer lokasyonda Trabzon'un doğusu ve Çaykara için 220 mm ve üzeri yağışlar öngörülmüştür. Hava Araştırmaları ve Tahmin (WRF) modeline göre, geniş bir alanı kapsayan oluk içerisindeki -10 °C'lik soğuk havanın dar bir alana taşınması ile 14 Temmuz tarihinde Trabzon'un doğusu ve Rize çevrelerinde 250 mm ve üzeri yağışlar öngörülmüştür.



Şekil 5. 14 Temmuz 00:00 UTC ECMWF 500 hPa ve 24 Saatlik Yağış Tahmini Haritası.

### 3. ANİ TAŞKIN ERKEN UYARI SİSTEMİ (FFGS) İLE OLAY ANALİZİ

Bu çalışmada 13-15 Temmuz 2021 tarihleri arasında Doğu Karadeniz Bölgesinde Rize ilinde ve özellikle Çayeli ve İkizdere ilçelerinde meydana gelen şiddetli yağışlar sonrasında etkili olan sel olayının Ani Taşkın Erken Uyarı Sistemi (FFGS) ile analizi yapılarak, FFG Sistemi ürünlerinin taşkın riskini önceden ortaya koyarak taşkın/sel gibi meteorolojik afetlere karşı dirençlilik kazanılmasında etkili bir araç olarak kullanılabileceği ortaya konmuştur. Böylece

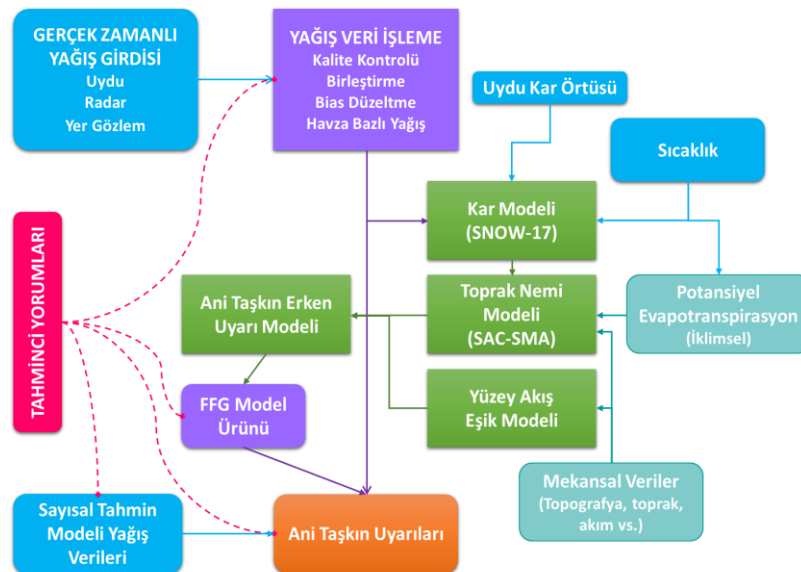
FFG Sistemi tarafından ortaya konan taşkın erken uyarı ürünleri ile ani taşkınların oluşmadan önce riskli alanları belirlenmesi, gerekli tedbirlerin alınması ve meydana gelebilecek can ve mal kayıplarının en aza indirilmesine yönelik olarak etkin bir kullanım sağlanmış olacaktır. Çalışmada ayrıca bu tür sistemlerin ulusal afet yönetiminin önemli bir bileşeni olması gerektiği vurgulanmıştır.

### 3.1. Ani Taşkın Erken Uyarı Sistemi (FFGS)

Dünya Meteoroloji Teşkilatı (WMO) 2007 yılında düzenlediği XV. kongresinde ani taşkın uyarılarını etkili bir şekilde geliştirme konusunda üye ülkelerde kapasite eksikliğini gidermek için bölgesel ölçekte "Ani Taşkın Erken Uyarı Sistemlerinin (FFGS)" oluşturulması kararı alınmıştır (WMO, 2007). Söz konusu proje, WMO, Birleşik Devletler Ulusal Okyanus ve Atmosfer Dairesi (NOAA), Hidrolojik Araştırma Merkezi (HRC) ve Uluslararası Kalkınma Kurumu (USAID) ile iş birliği yapılarak geliştirilmiştir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) 2012 yılından bu yana sistemin bölgesel merkezi olarak hizmet vermekte ve ani taşkın erken uyarılarını desteklemek için Türkiye ve bölgedeki üye ülkelere sistemin ürünlerini sağlamaktadır.

Ani Taşkın Erken Uyarı Sistemi (FFGS) şiddetli yağışlar ve buna bağlı meydana gelebilecek sel ve taşkın olayları ile ilgili tahmin ve erken uyarılara kılavuz olma amacı ile geliştirilmiş sistemdir. Projede topografya verileri kullanılarak Türkiye için 11800 civarında alt havza (50-150 km<sup>2</sup>) oluşturulmuştur. FFG Sisteminin amacı herhangi bir alt havzadaki ani taşkın olabilirliğini hesaplamak ve tahmincilerle ani taşkın uyarıları hazırlamada kılavuzluk etmektir. FFG sistemi; kar modeli (SNOW-17), toprak nemi modeli (SAC-SMA), yüzey akış eşik modeli ve ani taşkın erken uyarı modellerinden oluşan yarı-dağıtılmış bir hidrometeorolojik model alt yapısına sahiptir (Şekil 6).

Sistem uzaktan algılanan yağış (örneğin, radar ve uydu tabanlı yağış tahminleri) ve hidrolojik modellerin kullanımıyla, yağış olaylarından kaynaklanan ani taşkın uyarılarının geliştirilmesini desteklemek için gerekli ürünleri sağlamak üzere geliştirilmiştir. Model genel yapısı alt havzalardaki belirli bir süre için yüzey akış eşik değerini bulduktan sonra bu değeri verecek yağış değerinin hesaplanması prensibine dayanmaktadır. Herhangi bir havzada ani taşkın oluşması için gerekli yağış miktarı eşiği sistemde "Ani Taşkın Erken Uyarı Kılavuzu (FFG)" olarak adlandırılmakta ve diğer ara modeller bu eşiği hesaplamak ya da desteklemek için kullanılmaktadır (Carpenter vd., 1999).



Şekil 6. FFGS Model Yapısı (Kaynak: Georgakakos, 2019)

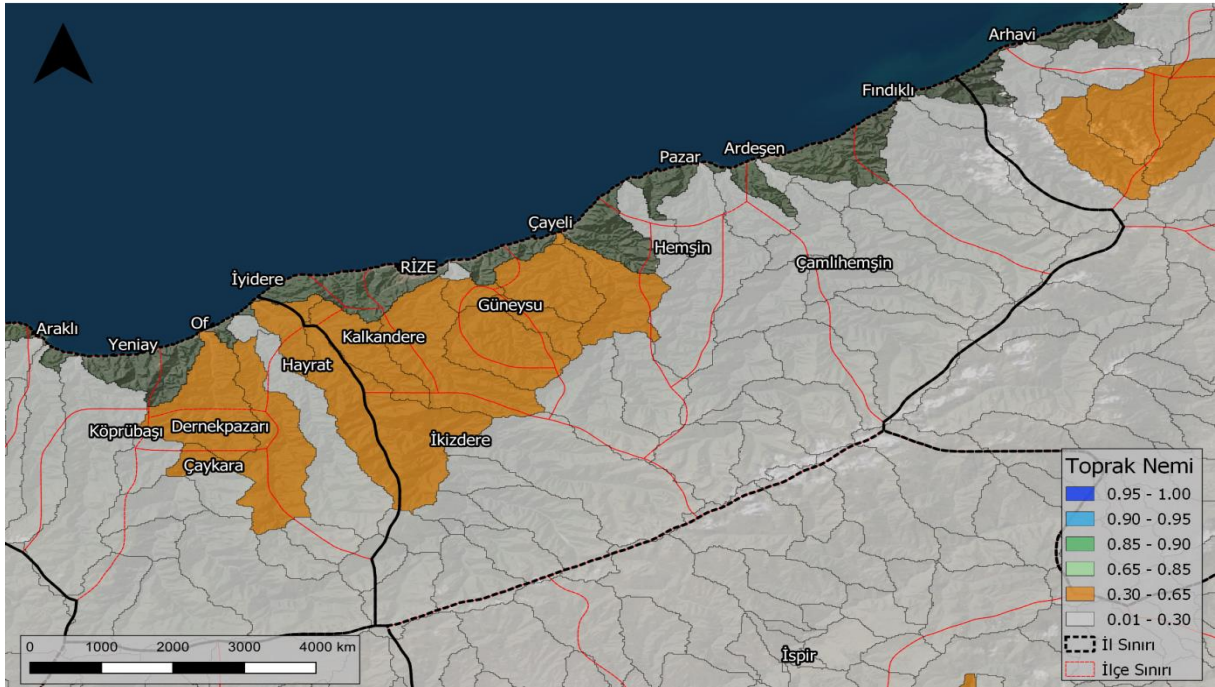
FFGS kapsamında havza bazlı olarak birleştirilmiş ortalama alansal yağış (MAP) ve tahmini ortalama alansal yağış (FMAP) ürünleri üretilir. Bu ürünlerin üretimi için sırasıyla gerçek zamanlı yağış girdileri ve sayısal hava tahmin modeli çıktıları kullanılır. Sistem içerisinde daha önceden hesaplanan, toprak nemine bağlı olarak değişen, FFG değerleri her havza için MAP ve FMAP yağış ürünleri ile karşılaştırılır (Georgakakos, 2006). Eğer hesaplanan yağış ya da tahmin edilen yağış herhangi bir havzada eşik değerden daha büyükse söz konusu havzada ani taşkın uyarısı oluşur. Uydu, radar ve yer gözlemleri birleştirilerek birleştirilmiş alansal yağış (MAP) ürünü elde edilir. MAP değerlerinin ve istasyonlarda ölçülen sıcaklık değerlerinin kullanılmasıyla, altışar saatlik aralıklarla havza bazlı toprak nemi ürünü (ASM) elde edilir. ASM ürünü toprağın üst kısmının (20-30 cm) 0 ile 1 arasında değişen oranlarda suya doygunluğunu gösterir ve FFG değerleri bu oranlara bağlı dinamik olarak değişir. Yani bir havzada toprak ne kadar suya doygunsa o kadar ani taşkın oluşma potansiyeli artmaktadır. Diğer taraftan FFG sisteminin taşkın riskini belirlemesi dışında toprak nemi ve kar erimesi bilgilerine dayalı olarak heyelan riskini de ortaya koyma özelliği de vardır.

### **3.2. 13-15 Temmuz Rize Selinin FFGS Analizi**

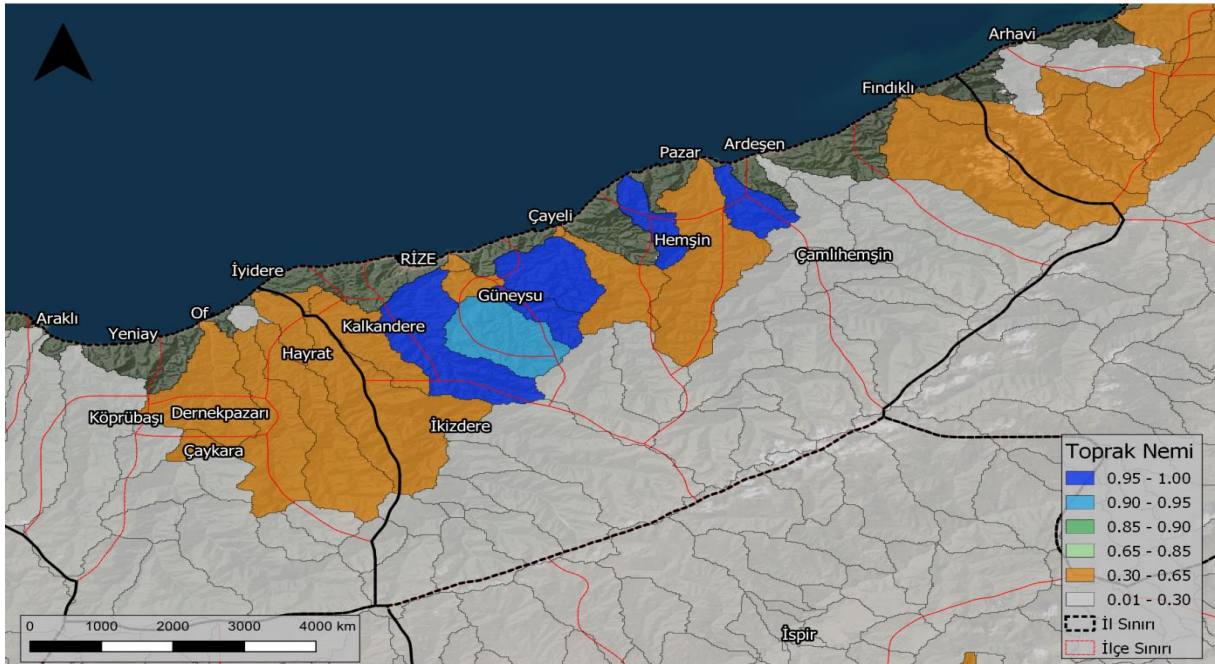
13 ve 15 Temmuz 2021 tarihleri arasında Rize’de gerçekleşen şiddetli yağışlar sonrası oluşan sel özellikle Çayeli ve İkizdere ilçelerinde etkili olmuştur. Rize Valiliği’nin 20 Temmuz 2021 tarihinde yaptığı basın açıklamasına göre; yaşanan sel afetinde 6 vatandaşımız hayatını kaybetmiş ve 2 vatandaşımız ise kaybolmuştur (URL2). 13-14 Temmuz 2021 tarihinde Rize’de meydana gelen sel ile ilgili olarak Ani Taşkın Erken Uyarı Sistemi (FFGS) ürünleri analiz edilmiştir. Açık kaynak kodlu bir coğrafi bilgi sistemi olan QGIS uygulaması kullanılarak Rize il sınırları içerisinde düşen havzalar belirlenmiş ve yine bu uygulama üzerinden ürünler görselleştirilmiştir.

FFGS Ani Taşkın Sistemi içerisinde hesaplanan toprak nemi değerleri ilgili tarih ve bölge için sırasıyla Şekil 7 ve 8’de verilmiştir. Sel hadisesi öncesini temsilen 14 Temmuz 12:00 UTC’de toprak nemi değerleri %30 - %65 civarlarında görülmektedir. 18:00 UTC’de ise başta Rize İl Merkezi ile Güneysu ve Çayeli ilçelerindeki havzalarda olmak üzere, toprak nemi değerleri %90’ın üzerinde olduğu görülmektedir. Toprak doygunluğunun bu kadar yüksek olması ilgili havzaların ani taşkın oluşumu için yüksek derecede risk barındırdığını göstermektedir.



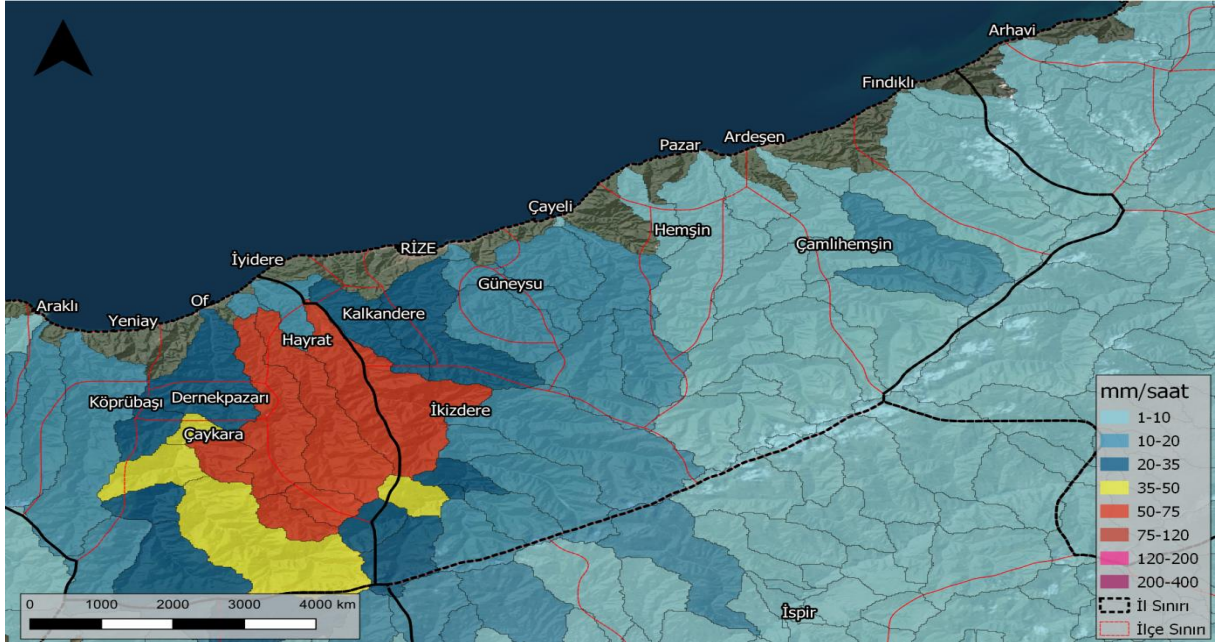


Şekil 7. 6-Saatlik Toprak Nemi Ürünü, 14.07.2021 12:00 UTC.

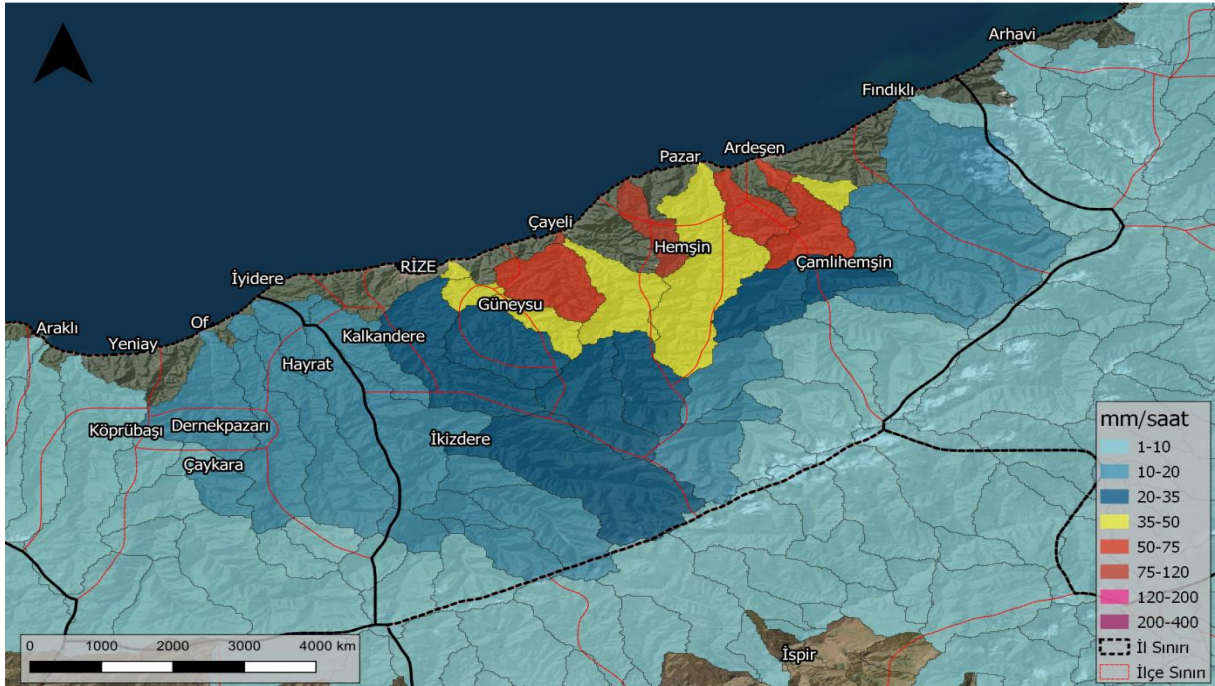


Şekil 8. 6-Saatlik Toprak Nemi Ürünü, 14.07.2021 18:00 UTC.

FFG Ani Taşkın Erken Uyarı Sisteminde uyarı ürünü olarak kullanılan ani taşkın tehlike ürünlerinin oluşabilmesi için ilgili bölge ve süre için yağış tahminlerinin eşik değerlerini geçebilmesi gerekmektedir. Bu amaçla ALADIN, ECMWF ve WRF sayısal hava tahmin modelleri kullanılmaktadır. Yapılan analizler özellikle ECMWF modeli tahminlerinin olayı daha iyi temsil edebildiği görülmüştür. Bu nedenle Şekil 9 ve 10'da sırasıyla 12:00 ve 18:00 UTC saatleri için altışar saatlik yağış tahminleri verilmiştir. 12:00 UTC yağış tahminleri Rize'nin batısı için yoğunlaşırken, 18:00 UTC tahminlerin Rize il merkezi ile Güneysu ve Çayeli ilçelerindeki havzalardaki yağış tahminleri 75 mm civarında oldukları görülmektedir.



Şekil 9. 6-Saatlik ECMWF SHT Modeli Yağış Tahminleri, 14.07.2021 12:00 UTC.

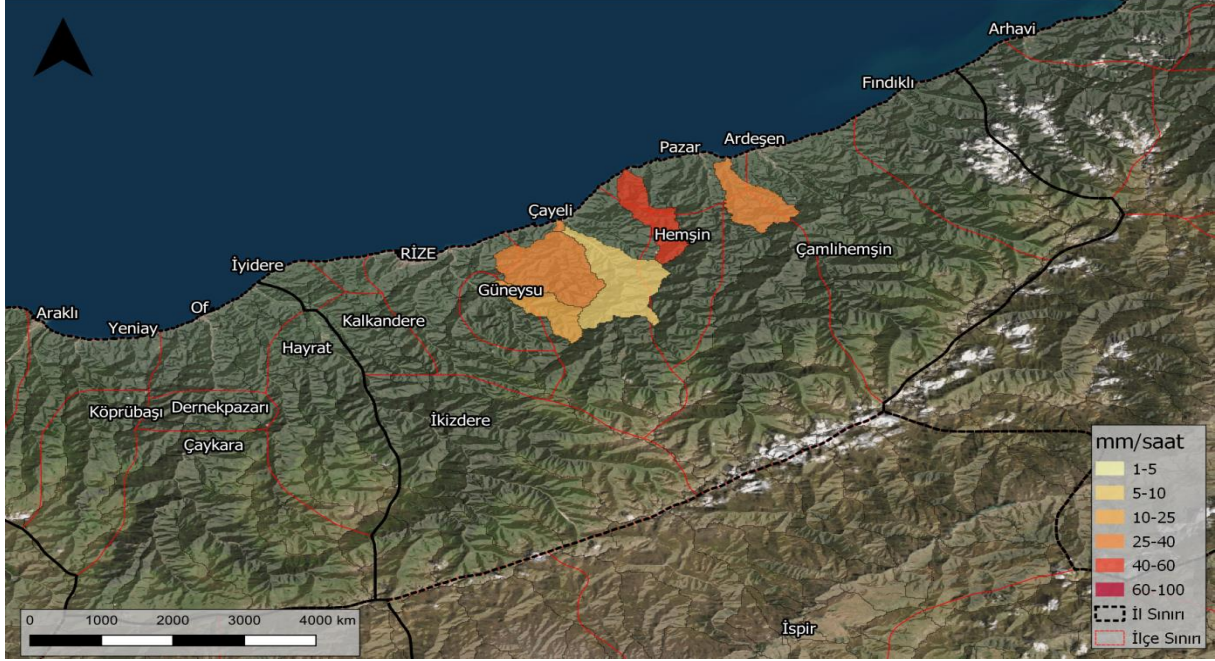


Şekil 10. 6-Saatlik ECMWF SHT Modeli Yağış Tahminleri, 14.07.2021 18:00 UTC.

14 Temmuz 2021 tarihinde Rize'de gerçekleşen sel ile ilgili olarak Rize'deki meteoroloji istasyonlarında ölçülen toplam yağışlar incelenmiştir. Yapılan analizlere göre Güneysu'da 214.4 mm, Çayeli'nde ise 188.2 mm toplam yağış ölçülmüştür (Çizelge 1). FFGS tarafından öngörülen yağış tahminleri miktar ve lokasyon yönünden gerçekleşen yağışlarla uyum göstermektedir. Rize Güneysu istasyonunda standart sürelerde kaydedilen yağışlara hazırlanan şiddet-süre-tekerrür analizleri ise, özellikle 3-6 saat arasında kaydedilen yağış miktarları için tekerrür periyodlarının 200 yıl ve üzerinde olduğunu göstermektedir (Çizelge 2).



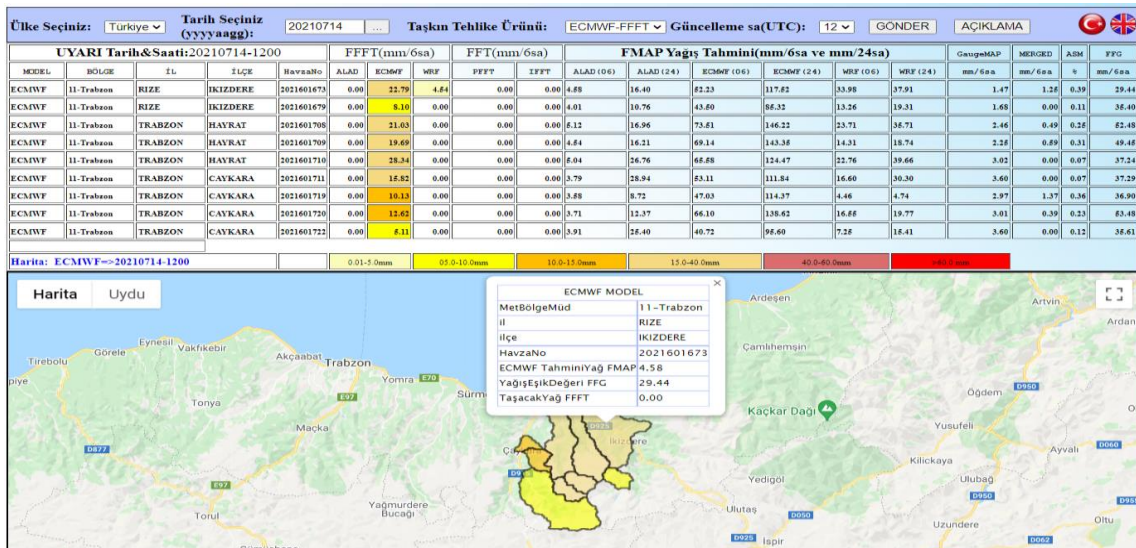
Yağış tahminlerine bağlı olarak; 12:00 UTC'de ani taşkın uyarıları özellikle Rize'nin batısı, 18:00 UTC'de ise Rize İl Merkezi ile Güneysu, Çayeli ve Hemşin ilçeleri için verilmektedir.



Şekil 12. 6-Saatlik ECMWF Tahmini Ani Taşkın Tehlike Uyarıları, 14.07.2021 18:00 UTC.

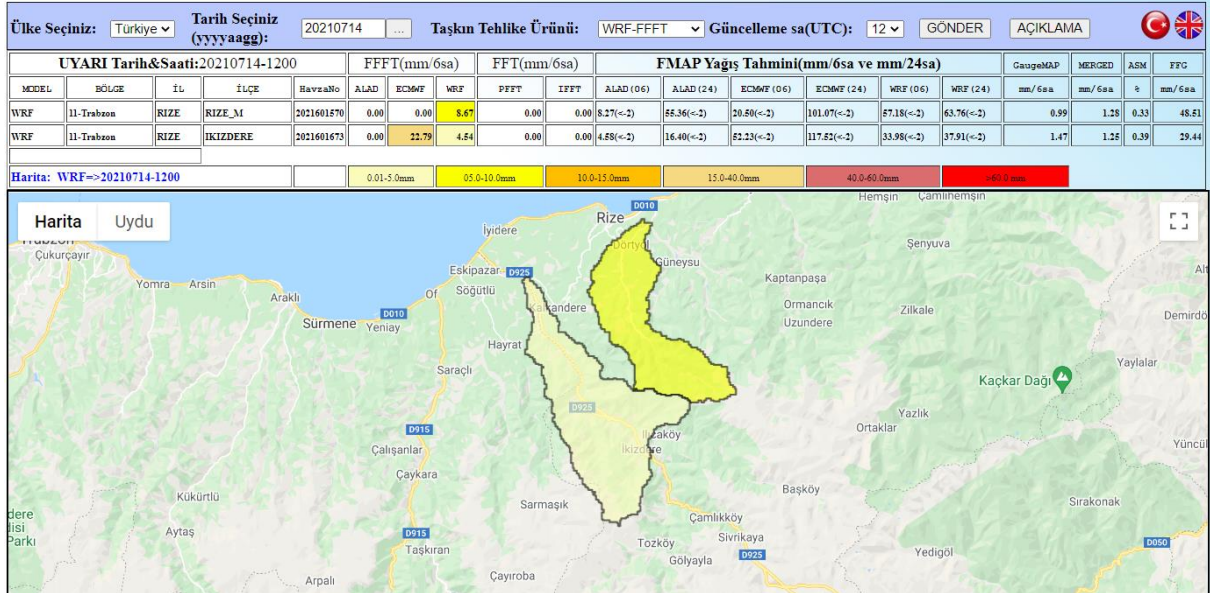
Gerçekleşen sel hadiseleri de göz önüne alındığında, 14 Temmuz 12:00 ve 18:00 UTC'de FFG Sistemindeki ECMWF tahmini ani taşkın tehlike ürünü uyarılarının hadisenin meydana geldiği alt havzaları tespit etmede başarılı olduğu görülmektedir.

Diğer taraftan MGM tarafından geliştirilen bir uygulama ile FFGS erken uyarı ürünleri hem uyarı bilgileri ve hem de erken uyarının verildiği alt havza bilgileri görsel olarak bir arada görülebilmekte ve bu uyarılar uyarı oluşur oluşmaz kullanıcılara e-posta ile iletilmektedir. FFG sisteminin ECMWF-FFFT-06h ürünü 14 Temmuz 12:00 UTC itibarıyla Rize-İkizdere, Trabzon-Havrat ilçeleri için ani taşkın uyarısı vermiştir (Şekil 13).



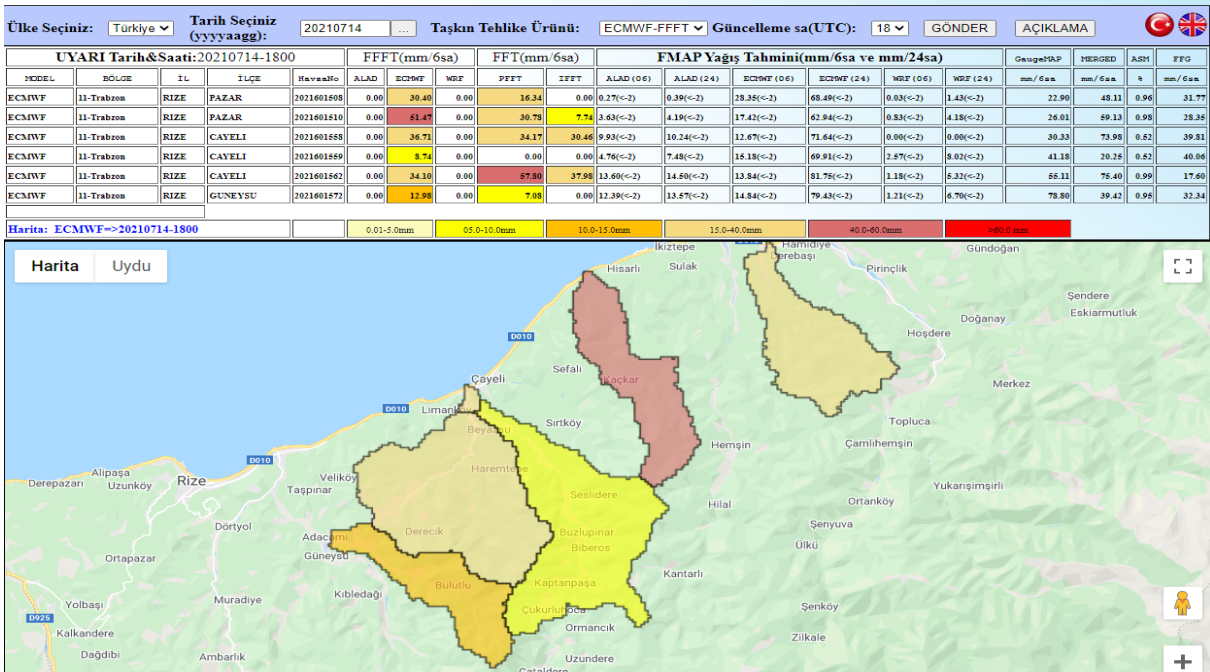
Şekil 13. 6-Saatlik ECMWF Tahmini Ani Taşkın Tehlike Uyarıları, 14.07.2021 12:00 UTC.

FFG sisteminin WRF-FFFT-06hr ürünü 14 Temmuz 12:00UTC itibarıyla Rize-İkizdere ve Rize-Merkez ilçeleri için ani taşkın uyarısı vermiştir (Şekil 14).



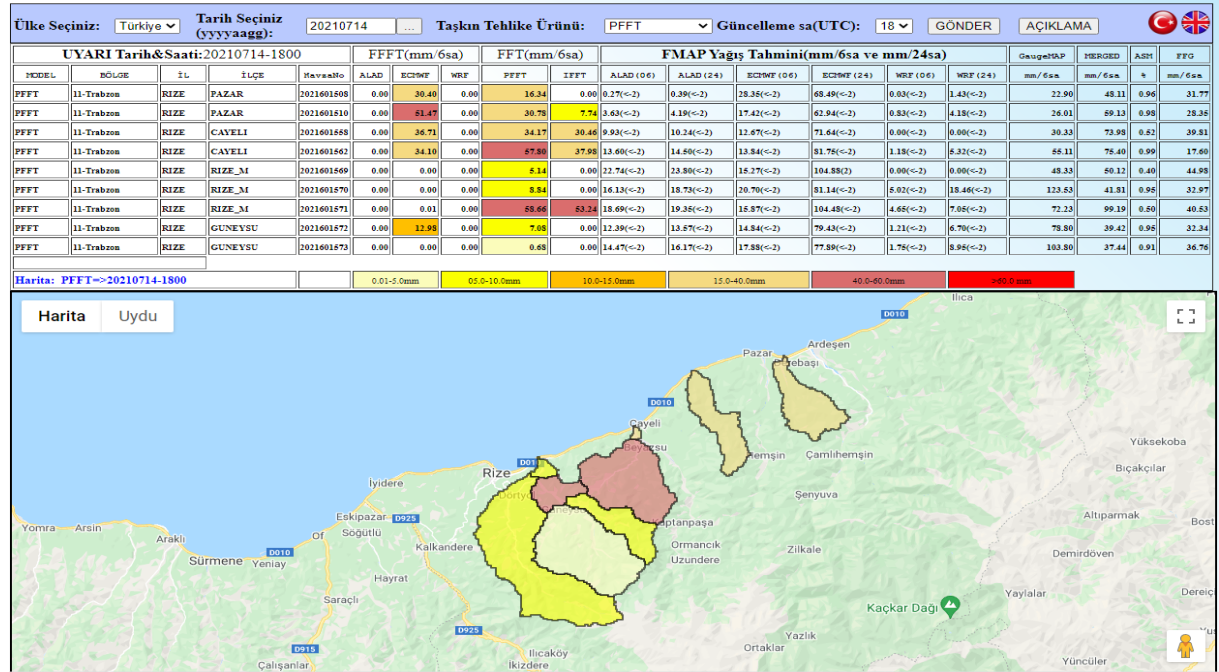
Şekil 14. 6-Saatlik WRF Tahmini Ani Taşkın Tehlike Uyarıları, 14.07.2021 12:00 UTC.

FFG sisteminin ECMWF-FFFT-06h ürünü 18:00UTC itibarıyla Rize'nin Pazar, Çayeli ve Güneysu ilçeleri için ani taşkın uyarısı vermiştir (Şekil 15).



Şekil 15. 6-Saatlik ECMWF Tahmini Ani Taşkın Tehlike Uyarıları, 14.07.2021 18:00 UTC.

FFG sisteminin PFFT-06h ürünü 18:00UTC itibarıyla Rize'nin Pazar, Çayeli, Merkez ve Güneysu ilçeleri için ani taşkın uyarısı vermiştir (Şekil 16).



Şekil 16. 6-Saatlik PFFT Ani Taşkın Tehlike Uyarıları, 14.07.2021 18:00 UTC.

#### 4. SONUÇ, DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER

Bu çalışmada 13-15 Temmuz 2021 tarihleri arasında Doğu Karadeniz'in kıyı bölümlerinde özellikle Rize ve ilçelerinde etkili olan taşkın/sel olayının Ani Taşkın Erken Uyarı Sistemi (FFGS) ile analizi yapılarak, sistemin taşkın riskini ortaya koymadaki performansı değerlendirilmiş ve daha etkin bir taşkın yönetimi için bir erken uyarı sistemi (EUS) olarak kullanılabileceği ortaya konmuştur.

FFG Ani Taşkın Erken Uyarı Sistemi içerisinde özellikle ECMWF yağış tahminleri kullanılarak üretilen ani taşkın tehlike ürünleri, 14 Temmuz 2021 12:00 UTC'de Rize'nin batısı, 18:00 UTC'de ise Rize il merkezi ile Güneysu, Çayeli ve Hemşin ilçeleri tehlike uyarısı vermiştir. Gerçekleşen sel hadiseleri de göz önüne alındığında, 14 Temmuz 18:00 UTC'de FFG Sistemindeki ECMWF tahmini ani taşkın tehlike ürününün sel hadiselerini tespit etmede başarılıdır. Sonuç itibarı ile FFGS ani taşkın erken uyarı ürünleri taşkınların gerçekleştiği bölgeyi isabetli olarak gösterdiği görülmektedir. Diğer taraftan, yapılan meteorolojik ve hidrometeorolojik analizler, sel felaketinin boyutlarının sadece yağış koşulları ile açıklanamayacağını göstermektedir. Yağış koşulları dışında, bölgenin topoğrafik yapısı, yerleşim alanlarının konumu ve dere havzalarının jeomorfolojik yapısının da sel felaketi boyutunun artmasında etkili olduğunu değerlendirilmektedir.

Bu çalışmada ortaya konan hidrometeorolojik değerlendirmeler, Karadeniz Bölgesi için yapılan taşkın riski ön değerlendirme çalışmalarında potansiyel ölçüde şiddetli yağışlara bağlı olarak meydana gelebilecek sel-taşkın olaylarının etki alanlarının belirlenmesine önemli ölçüde katkı sağlayacaktır. Diğer taraftan gerek sayısal hava tahmin modellerinin ve gerekse FFG Sistemi ürettiği taşkın erken uyarı ürünleri ile ani taşkınların oluşmadan önce riskli alanları ortaya koyarak gerekli tedbirlerin alınmasına ve meydana gelebilecek can ve mal kayıplarının engellenmesine katkıda bulunacaktır. Bundan sonraki süreçte, FFG Sistemi taşkın risk yönetimi kapsamında ülke genelinde oluşturabilecek afet erken uyarı sistemlerinin önemli bir unsuru olarak değerlendirilebilir. Şu hemen belirtilmelidir ki "Tahmin ve Erken Uyarılar" ile

taşkına riskli alanların belirlenmesi etkin bir erken uyarı sisteminin sadece iki önemli unsurudur. Sistemin verimli çalışması ve beklenen sonucu ortaya koyması sistemin diğer önemli iki bileşeni olan “Haberleşme ve Uyarı Dağıtım Mekanizmalarının” işleme konarak “Hazırlık ve Erken Müdahale” konusunda gösterilecek çaba ve atılacak adımlara bağlıdır (Şekil 17). Bu tür sistemlerin amacı mümkün olduğu kadar çok sayıda insana en kısa sürede ulaşarak onları taşkın tehlikesine karşı uyarmak, zamanında ve gerektiği gibi davranmalarına imkân tanıyacak şekilde haberdar etmek ve bu şekilde can kayıpları ve yaralanmalar ile ekonomik kayıpları azaltabilmek olmalıdır.



Şekil 17. Afet Erken Uyarı Sisteminin Ana Bileşenleri (Kaynak: Yakeen vd., 2019).

FFG sistemleri gibi erken uyarı ürettiği erken uyarı ürünlerine dayalı risk analizleri hızlı bir şekilde uyarıya dönüştürülerek ilgili kurum ve kuruluşlarla paylaşılmalı, yerleşim yerlerinin, altyapının ve tarımsal alanların sel ve taşkın zararlarından korunması için gerekli hazırlıklar yapılmalı ve tedbirler alınmalıdır. Bu tür kolektif bir çaba ise başta MGM, DSİ, SYGM ve AFAD gibi kurumların, yerel yönetimlerin ve üniversitelerin etkin işbirliğini gerektirmektedir. Aksi takdirde sadece tahmin ve erken uyarıya dayalı bir afet erken uyarı sisteminin başarılı olması ve beklenen sonucu vermesi mümkün değildir. Son yaşanan sel felaketlerinden sonra özellikle DSİ ve SYGM gibi kamu kurumları tarafından taşkın erken uyarı sistemleri geliştirilmesine yönelik bazı çalışmalar başlatılmıştır. Bu çalışmalar daha çok nehir akım seviyelerinin izlenmesi ve belli eşik değerlerinin aşılması ile uyarı verilmesi ve alt havzadaki yerleşim yerlerinde ne gibi etkilere sebep olabileceği üzerine kurgulanmaktadır. Bu çalışmada önerilen FFG sistemi ise yağış tahmin modelleri ve havza bilgilerine dayalı olarak taşkına maruz kalabilecek alt havzaları belirlemeye yöneliktir. Dolayısı ile bu şekilde birbirinden bağımsız farklı erken uyarı yapıları söz konusudur. Bu tür kurumsal yapılanmalardan ulusal bir yapılanmaya geçilmesi ve uyarıların belli bir merkezde toplanarak oradan ilgili birimlere dağıtılmasına ihtiyaç vardır. Diğer taraftan özellikle kamuoyunda bu tür erken uyarı sistemleri konusunda farkındalık oluşturularak, ani taşkınların çok hızlı geliştiği dikkate alındığında toplumun ona göre bilinçlendirilmesi ve kendilerine uyarı ulaştığında nasıl davranmaları gerektiği konusunda eğitilmelidir. Ancak sistemin tüm bileşenleri kolektif ve etkin bir şekilde işlerse ve toplum afet konusunda bilinçlendirilirse taşkın afetinin risklerinden istenilen seviyede korunma ve dirençlilik sağlanabilir. Bu kapsamda bu çalışmada taşkın afeti için erken uyarı sistemi olarak önerilen FFG, AFAD tarafından geliştirilen Afet Yönetimi ve Karar Destek

Sistemi (AYDES) ile entegre edilerek afet yönetimi konusundaki daha bütünsel bir platformun önemli bir bileşeni olabilir. Bilindiği üzere AYDES ile afet yönetiminde kullanılabilecek farklı kurum ve kuruluşlardan gelen mekânsal verilerin toplanması, üretilmesi ve sunulması ve afet yönetimi için haritalama, görselleştirme, mekânsal veri analizi işlemlerini gerçekleştirilmesi planlanmaktadır. Bu kapsamda FFG Sistemi AYDES içindeki Mekânsal Bilgi Sistemi modülüne entegre edilerek taşkın riski taşıyan alt havzalara ait mekânsal verileri sağlayarak, sistem tarafında üretilen erken uyarı ürünlerinin haritalanması ve görselleştirilmesi daha etkin bir şekilde sağlanabilir. Bu şekilde taşkın konusundaki gerçek zamanlı bilgilerin görüntülenmesi ve karar mekanizmalarının anlık olarak oluşturulup yöneticilere sunulması sağlanabilir. Diğer taraftan FFG sisteminin diğer kurumlar tarafından geliştirilen sistemlere göre en önemli özelliği alt havza bazında riskli alanları ortaya koymasındır. Dolayısı ile taşkın yönetimi konusunda kriz yönetiminden risk yönetimine geçiş konusunda önemli araç olarak kullanılabilir ve bu şekilde riskli alanlar daha önceden belirlenerek daha ileride meydana gelebilecek taşkın/sel afetlerine karşı önceden tedbir alınması sağlanacaktır.

Sonuç olarak, farklı kurumlar tarafından geliştirilen erken uyarı sistemleri entegre edilerek daha bütüncül ve ulusal bir erken uyarı sisteminin geliştirilmesi ve uyarıların örneğin AFAD gibi merkezi bir kurum tarafından yönetilmesi, erken uyarıların daha etkin bir şekilde ilgili birimlere ulaşmasını ve zamanında gerekli adımların atılmasını sağlayacaktır. Bu çalışmaya konu olan FFG sistemi ile taşkın oluşumuna eğilimli olan ve risk taşıyan alt havzalar ve bu alt havzalar içindeki yerleşim birimleri tespit edilerek, ulusal taşkın risk yönetimine önemli ölçüde katkı sağlanmış olacaktır.

## Kaynaklar

Avcı, V., ve Sunkar, M. (2015). Giresun'da sel ve taşkın oluşumuna neden olan aksu çayı ve batlama deresi havzalarının morfometrik analizleri. *Coğrafya Dergisi*, (30), 91-119.

Carpenter, T. M., Sperflage, J. A., Georgakakos, K. P., Sweeney, T., & Fread, D. L. (1999). National threshold runoff estimation utilizing GIS in support of operational flash flood warning systems. *Journal of Hydrology*, 224 (1-2).

Ceylan, A., ve Kömüşçü, A. Ü. (2007). Meteorolojik karakterli doğal afetlerin uzun yıllar ve mevsimsel dağılımları. *İklim Değişikliği ve Çevre*, 1(1), 1-10.

Filiz, M. & Avcı, H. (2013). Trabzon İlinde meydana gelen heyelanlar ve heyelanların bölgeye etkileri. *SDÜ International Technologic Science*, 5(3), 31-38.

Georgakakos, K. P. (2006). Analytical results for operational flash flood guidance. *Journal of Hydrology*, 317 (1-2), 81-103.

HRC (2019). Verification guidelines for the flash flood guidance system component products and derivative warnings. HRC Technical Rep. No. 102, Hydrologic Research Center, San Diego.

Jonkman, S. N. (2005). Global perspectives on loss of human life caused by floods. *Natural Hazards*, 34 (2), 151-175.

Kadıoğlu, M. (2008). Modern, Bütünleşik Afet Yönetiminin Temel İlkeleri; Kadıoğlu, M. ve Özdamar, E., (editörler), "Afet Zararlarını Azaltmanın Temel İlkeleri"; s. 1-34, JICA Türkiye Ofisi



Yayınları No: 2, Ankara.

Kadıoğlu M., (2011). Afet yönetimi beklenilmeyeni beklemek, en kötüsünü yönetmek, T.C. Marmara Belediyeler Birliği Yayınları, Yayın No:65, İstanbul.

Kadıoğlu, Y. , Bağcı, H. & Yılmaz, C. (2017). Doğu Karadeniz Kıyı Kuşağındaki Doğal Afetlere Bir Örnek: 21 Eylül 2016 Tarihli Beşikdüzü Seli Ve Heyelanları. Marmara Coğrafya Dergisi, 0 (36), 232-242.

Kömüşcü, A.Ü. and Çelik, S. (2012). Analysis of the Marmara flood in Turkey, 7–10 September 2009: an assessment from hydrometeorological perspective. Natural Hazards 66, 781–808 (2013). <https://doi.org/10.1007/s11069-012-0521>

MGM (2013). Karadeniz ve Ortadoğu Bölgesel Ani Taşkın Erken Uyarı Sistemi Kullanıcı Kılavuzu

OSİB. (2015). Ulusal Taşkın Yönetimi Strateji Belgesi ve Eylem Planı. Ankara: Orman ve Su İşleri Bakanlığı.

Tezer, A. (2001). Acil Durum Yönetiminin Dört Evresi, Acil Durum Yönetim İlkeleri, s.12-15, İTÜ Press, İstanbul

Yekeen S., Balogun A., Aina Y. (2019). Early Warning Systems and Geospatial Tools: Managing Disasters for Urban Sustainability. In: Leal Filho W., Azul A., Brandli L., Özuyar P., Wall T. (eds) Sustainable Cities and Communities. Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-71061-7\\_103-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-71061-7_103-1)