

# ŞEHİR SELLERİ TAHMİN VE ERKEN UYARI MODELİ

**Abdullah CEYLAN\*, Hanifi AYVACI\*, Serap AKGÜNDÜZ\*,  
Hürmet HÜKÜM\*, Yeliz GÜSER\***

aceylan@mgm.gov.tr, hayvaci@mgm.gov.tr, sakgunduz@mgm.gov.tr,  
hhukum@mgm.gov.tr, yguser@mgm.gov.tr

\*Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Araştırma Dairesi Başkanlığı Kalaba/ANKARA

## ÖZET

Dünya nüfusundaki artışın bir sonucu olarak ortaya çıkan şehirleşme, sel riskini artıran bir etkidir. 2008 yılında, insanlık tarihinde ilk kez, şehirlerde yaşayan insan sayısı dünya nüfusunun yarısına eşit hale gelmiştir. Bu nüfusun üçte ikisi az gelişmiş ülkelerdeki şehirlerdedir. Şehir nüfusundaki artış bu oranda devam ettiği takdirde 2030 yılında %60, 2050 yılında ise %70'e ulaşması beklenmektedir. Önümüzdeki 40 yıl içerisinde toplam dünya nüfusundan 6,2 milyar kişinin şehirlerde yaşayacağı öngörülmektedir. Şehirleşmedeki bu artış beraberinde, aşırı nüfus yoğunluğu, plansız şehirleşme, yetersiz altyapı ve diğer olumsuzluklarla birlikte şehir sellerinin sayısını ve etkisini giderek artırmakta ve şehir sellerinin yönetimi konusunda yapılacak çalışmaları daha zor ve daha maliyetli hale getirmektedir.

Sel, dünyanın çeşitli yerlerinde ve Türkiye'de oldukça sık görülen, afete dönüşmesi durumunda önemli ölçüde can ve mal kaybına neden olan, kısmen yada tamamen doğal etkenlerin neden olduğu bir doğal tehlikedir. Türkiye'de 1940-2010 yılları arasında meydana gelen afet oluşum kayıtlarına göre seller %32'lik oranla diğer meteorolojik karakterli afetlere arasında önemli bir yere sahiptir.

Olası bir ekstrem meteorolojik olayı ön görmek; öncelikle tehlike arz eden bölge için idari yetkilileri zamanında uyarmak, bilgilendirmek ve etkilenecek tüm vatandaşlara ait can ve mal kaybını en aza indirmek üzere zaman kazandırmak, etkin tahmin ve erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesi ile mümkündür. Sel-taşkın da, diğer meteorolojik afetler gibi, önceden tahmin edilerek erken uyarı imkanı vermesi nedeniyle farklılık göstermektedir.

Bu çalışmada Türkiye genelinde, her istasyon için sele neden olabilecek yağış eşik değerleri, fevk rasatları kullanılarak, tespit edilmiş olup WRF Hava Tahmin Modeli'nin 3 güne kadar yağış tahmin model çıktıları sayesinde sel afetinin gözlenebileceği alanların önceden belirlenmesi ve bu bölgelerde olası bir sel afetinden etkilenebilecek sektörlerin önceden uyarılması amaçlanmaktadır. Yaptığımız program günde iki kez çalıştırılmakta herhangi bir noktada tahmin değeri yağış eşik değerini aştığı anda maksimum 3 güne kadar sel uyarısı vermektedir. Sel eşik değerlerinin doğrulanması (verifikasyonu) çalışmaları 18 aylık dönem için tamamlanmış ve %70'in üzerinde bir başarı elde edilmiştir.

Veri kaynağı olarak 3 günlük WRF yağış tahmin verileri kullanılmaktadır. 3,6,24 saatlik periyotlarda toplam yağış tahmin verileri ve her istasyonun bu periyotlardaki eşik değerleri kullanılmaktadır. 72 saatlik tahmin aralığında, 3'er saatlik iterasyon yapılarak, tahmin aralığındaki her 3 saat için ayrı ayrı risk haritaları oluşturulmaktadır.

ECMWF gibi diğer tahmin veri kaynaklarının da sisteme dahil edilmesi yönünde çalışmalara başlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** şehir selleri, yağış eşik değeri, sel tahmini, WRF tahmin modeli

## ABSTRACT

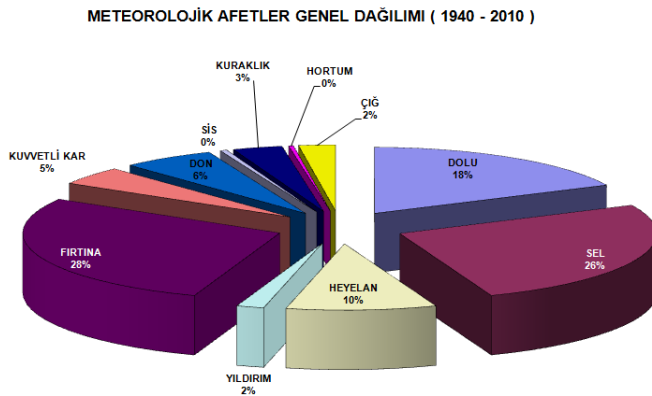
Urbanization, as the defining feature of the world's demographic growth, is implicated in and compounds flood risk. In 2008, for the first time in human history, half of the world's population lived in urban areas, with two-thirds of this in low-income and middle-income nations. This is estimated to rise to 60 percent in 2030, and 70 percent in 2050 to a total of 6.2 billion, or double the projected rural population for that time. As the urban population comes to represent the larger proportion of world population, urban floods will account for an increasing part of total flood impact. Urban flooding is thus becoming more dangerous and more costly to manage because of the sheer size of the population exposed within urban settlements.

It is the fact that main meteorological driving factor of flood is heavy rainfall. Therefore, we have developed a computer programme to form a matrix consisting of 153 columns and 49 rows in order to make use of WRF derived rainfall forecast data for 00 and 12 UTC run. Initially, the rainfall records of the flood cases which caused loss-of-life and economic losses have been analyzed to determine threshold values that are exceeded for floods to occur in a specific site. Both data on each grid point are overlaid and compared over Turkish map to detect flood event. Moreover, observed daily precipitation data of flood records inducing lose of lives and goods from 1980 to 2010, available at the State Meteorological Service have been used. If the forecast datum of daily precipitation exceeds a threshold value of daily precipitation of flood at the same grid point, the sign indicating flood area is shown up on that grid node over the map.

**Key words:** urban floods, precipitation treshold value, flood forecast, WRF forecast model

## GİRİŞ

İnsan etkisi olarak hızlı nüfus artışı, sanayileşme, kentleşme, yanlış arazi kullanımı, doğal kaynakların hızlı ve bilinçsiz biçimde tüketilmesi sonucu oluşan doğal afetler, toplumun sosyo-ekonomik ve kültürel etkinliklerini olumsuz yönde etkileyen, önemli ölçüde can ve mal kaybına neden olan kısmen yada tamamen doğal etkenlerin neden olduğu doğal tehlikelerle ortaya çıkan olaylardır.



Şekil 1: Meteorolojik afetlerin dağılım oranları (1940-2010)

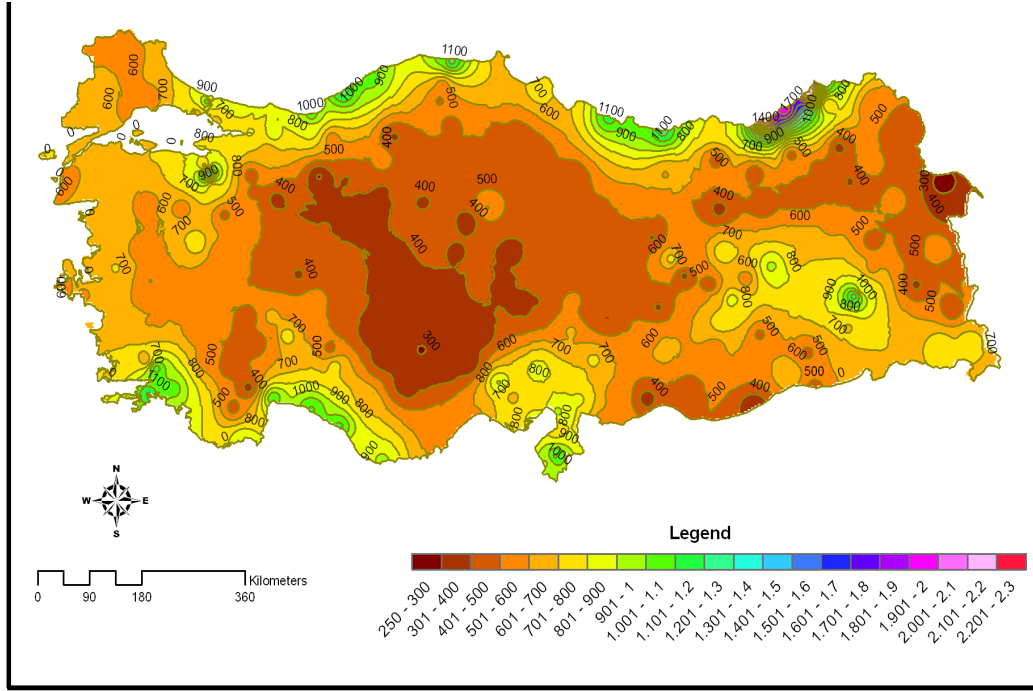
Sel, dünyanın çeşitli yerlerinde ve Türkiye'de çok sık olarak görülen, afete dönüşmesi durumunda önemli ölçüde can ve mal kaybına neden olan, kısmen yada tamamen doğal etkenlerin neden olduğu bir doğal tehlikedir.

Türkiye’de son 71 yılda meydana gelen afet oluşum kayıtlarına göre; meydana gelen meteorolojik karakterli doğal afetler içerisinde %28’lik oranla sel ve taşkınlar önemli bir yer tutmaktadır (Şekil 1). Sel olaylarının bir afete dönüşmesi, özellikle, insanların çeşitli etkinliklerine bağlı olarak doğanın dengesinin bozulması ile yanlış arazi kullanımı ve çarpık yerleşmeyle ilişkilidir.

Sel oluşumunda en önemli iklim değişkeni yağıştır. Etkili yağışlar sel oluşumunda esas nedendir. Bir yerde uzunca bir sürede çok miktarda su bırakan bir yağış sele neden olmazken, kısa sürede görülen ve daha az miktarda su bırakan yağış sele neden olabilmektedir. Çünkü şiddetli yağış sonucu kısa sürede oluşan büyük su kütlesi, bitki ve toprak tarafından tutulmadığından doğrudan yüzey akışına geçmekte ve kontrolsüz akan bu sular sele neden olmaktadır. Hatta kalın bir kar örtüsü üzerine nispeten ılık bir havada yağın yağmur da ani kar erimelerine neden olduğundan sel olayını başlatabilmektedir (Gökter, 2006). Toprağın nem miktarı, bitki örtüsü, fizyografik özellikler (orografik durum, yükseklik, eğim, toprak özellikleri, denize yakınlık) sele yatkın alanları belirlemektedir. Normalinden çok fazla yağın ve kalın örtü oluşturan karın özellikle ilkbahar başlarında havaların aniden ısınması ya da yağmur şeklindeki yağışın etkisi sonucu ani olarak erimesiyle sel/taşkın ve su baskını olayları yaşanmaktadır.

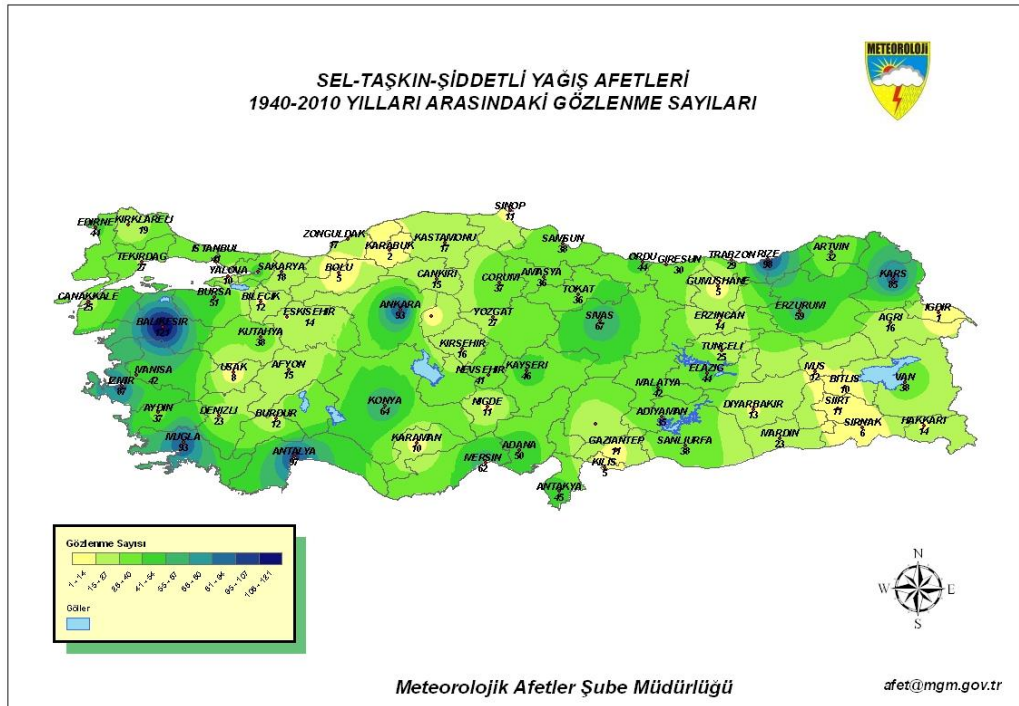
Türkiye atmosfer kökenli doğal afetlerin çok sık ve yaygın olarak görüldüğü bir orta kuşak ülkesidir. Sıcak ve soğuk karalar ve denizler arasında yer aldığından çok farklı hava kütlelerinin etkisi altındadır. Orta kuşak fırtınalarına kaynak oluşturan Akdeniz havzasında bulunduğu buradan kaynaklanan fırtına sistemlerinin yolu üzerindedir. Ayrıca 3 tarafı bir nem kaynağı olan denizlerle, kıyıya paralel ve dik olarak uzanan dağlarla çevrilidir. Türkiye, yüksek (ortalama yükseklik 1132m) ve engebeli (%20'den fazla eğimli olanlar ülke alanının %61'ini, %40'tan fazla eğimli alanlar %45'inin oluşturmaktadır) bir arazi yapısına sahiptir. Bu nedenle şiddetli yağış, yağmur, kar, dolu, tipi, çığ, sel, sis, don, orman yangınları, tarımsal zararlılar, tarımsal ve hidrolojik kuraklık, çölleşme, göl ve deniz su seviye yükselmeleri, kuvvetli rüzgar, fırtına, yıldırım gibi şiddetli meteorolojik olaylara (meteorolojik tehlikelere) bağlı doğal afetlerin yoğun olarak görüldüğü ülkedir (Şahin ve Sipahioğlu, 2002).

Türkiye zamansal olduğu kadar alansal anlamda da düzenli bir yağış rejimine sahip değildir. Ülkemizde yıllık ortalama yağışların dağılımı 250 mm ile 2500 mm arasında bir değişim göstermektedir ( Şekil 2 ). En az yağış alan bölgemiz ortalama 430 mm ile İç Anadolu Bölgesi olurken en fazla yağış 2500 mm'nin üzerinde bir değerle Doğu Karadeniz’de gözlenmektedir.



Şekil 2: Yıllık ortalama yağış dağılımı

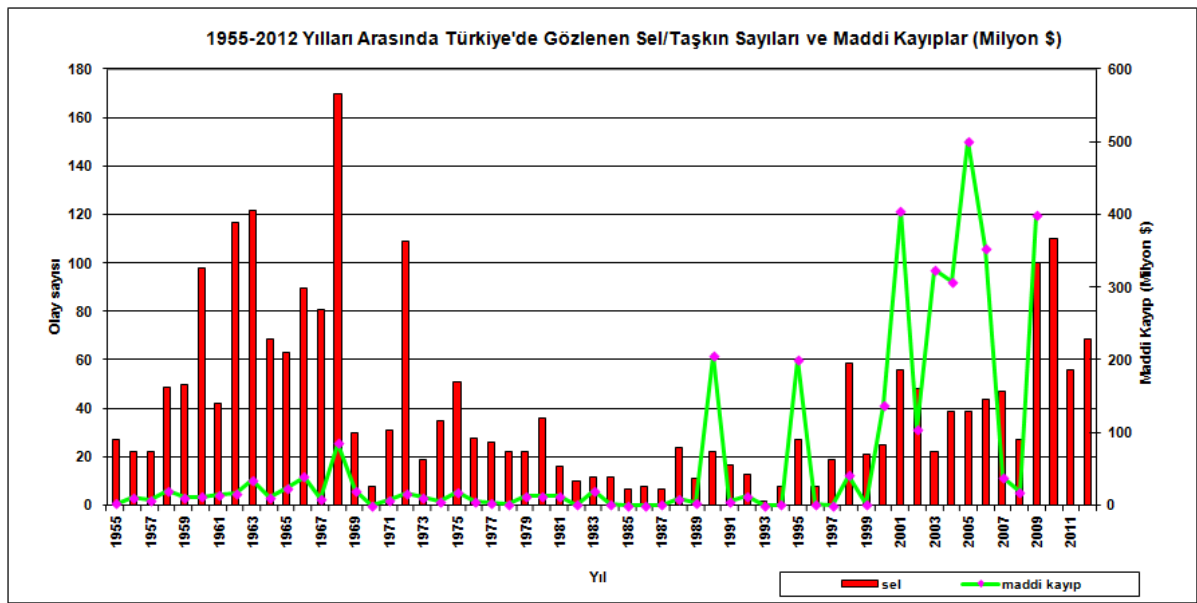
Ancak; ülkemizde meydana gelen sel afetlerinin uzun yıllar dağılımı incelendiğinde, en fazla sel afetinin özellikle Ankara, Balıkesir, İzmir ve Antalya gibi nüfus yoğunluğunun fazla olduğu büyük yerleşim yerlerinde gözlendiğini ortaya koymaktadır (Şekil 3). Mevcut kayıtlara göre meydana gelen afetlerde sel tipine göre bir ayırımının yapılmamış olmasına rağmen gözlendiği yer itibariyle sel hadiselerinin büyük çoğunluğunun şehir selleri olduğu görülmektedir.



Şekil 3: Sel-Taşkın-Şiddetli Yağış Afetleri 1940-2010 Yılları Arasındaki Gözlenme Sayıları

Son 20 yıllık dönemde kaydedilen sel afeti sayısında önemli bir artış gözlenmiştir. Şekil 2’de bu eğilim açık olarak görülmektedir. Selden etkilenen insan sayısı ve maddi kayıplarda da aynı artışı görmek mümkündür.

Sadece 2010 yılında, dünya genelinde, sellerden etkilenen insan sayısı 178 milyon kişidir ve yine bu yıl içerisinde ortaya çıkan ekonomik kayıp da 40 milyar Amerikan dolarıdır. Ülkemizde de meydana gelen olaylarının yıllık maddi boyutu küçümsenemeyecek kadar fazladır.



Şekil 2: 1955-2012 Yılları Arasında Türkiye’de Gözlenen Sel/Taşkın Sayıları ve Maddi Kayıplar (Kaynak: DSİ)

Önemli olayların can ve mal üzerindeki doğrudan etkileri büyük risk oluşturmaktadır. Yukarıdaki şekilde; selden meydana gelen doğrudan ekonomik kayıplar görülmektedir. Dolaylı ve uzun dönem etkiler; örneğin salgın hastalıklar, eğitimdeki aksamalar, yaşam standartlarında düşüşler ve kalkınma hedeflerinde gerilemeler gibi dolaylı olumsuz etkilerin belirlenmesi ise çok zordur. Ancak, yoksul nüfusun sel afeti karşısında daha savunmasız olduğu ve büyük risk taşıdığı bir gerçektir.

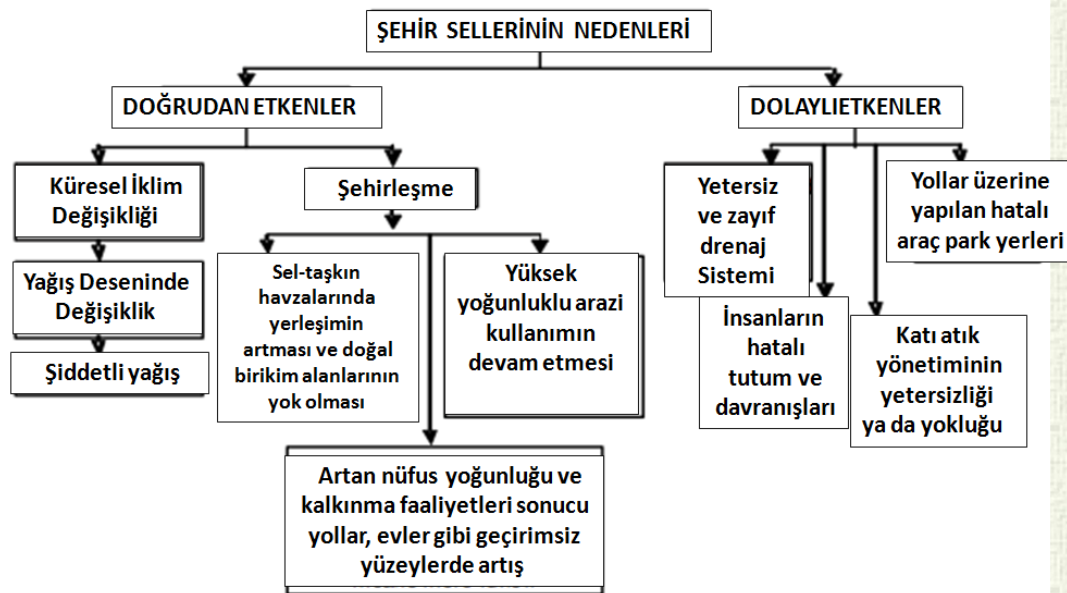
Yanlış arazi kullanımının yol açtığı hatalı şehirleşme sel afeti riskini artırmaktadır. Şehir ve kasabalar artan nüfusun ihtiyaçlarını karşılayabilmek için dışa doğru büyüdükçe kıyı ve iç kesimlerde sel-taşkın alanlarında plansız bir yapılaşma ortaya çıkar.

Gelişen dünyada kentsel nüfus artışı ve mekansal genişleme, çok yüksek bir oranda, “gecekondu bölgesi” olarak tanımlanabilecek, yoğun ve düşük standartlardaki yerleşim

yerlerinde olmaktadır. Bu bölgeler hem şehir merkezinde hem de etrafındaki banliyölerde yer alır ve en yüksek riske sahip alanlardır.

Şehir sellerinin olumsuz etkileri; aşırı nüfus yoğunluğu, plansız şehirleşme, yetersiz altyapı ve diğer olumsuzluklarla giderek artmakta ve yönetim konusunda yapılacak çalışmaları daha zor ve daha maliyetli hale getirmektedir (Şekil 3).

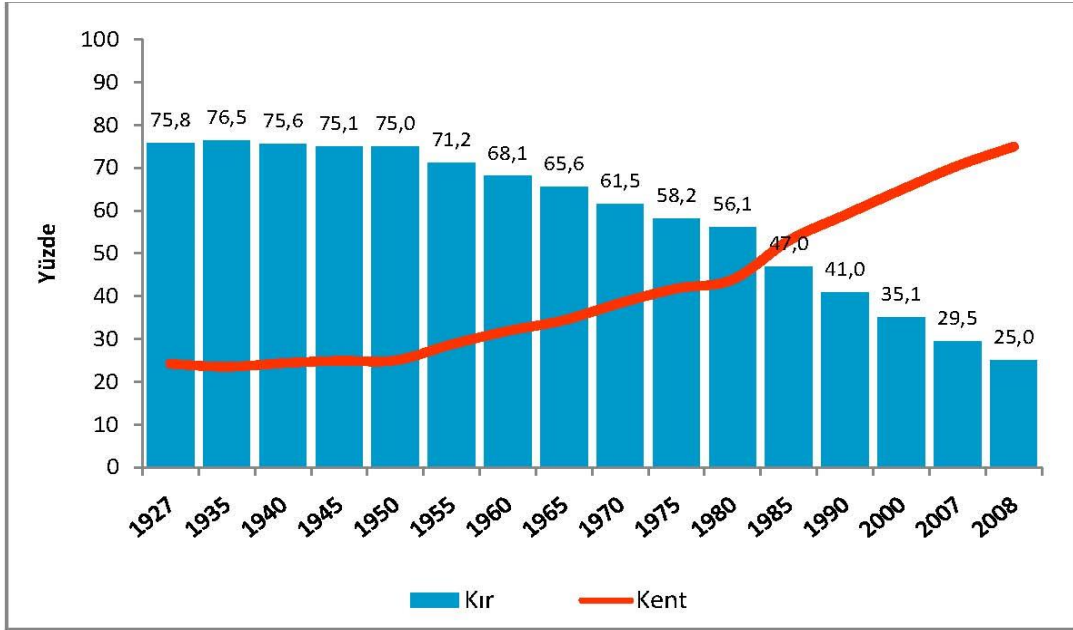
İklim değişikliği, sel riskini artıran bir diğer büyük ölçekli küresel etkiyi oluşturmaktadır. Küresel ısınmaya bağlı olarak ortaya çıkan meteorolojik değişimler doğrudan ya da dolaylı olarak sel afetini artıran etmenlerdendir. Gözlenen ve öngörülen iklimsel değişimler taşkın riskini artırıcı mahiyettedir.



Şekil 3:Şehir sellerinin nedenleri

Kırsal alanda meydana gelen seller ile şehir selleri arasında fonksiyonel farklılıklar söz konusudur. Kırsalda meydana gelen seller daha geniş alanlarda ve özellikle gelir düzeyi daha düşük olan nüfus üzerinde etkili olurken, şehir sellerinin yol açtığı ekonomik kayıp çok daha fazladır ve bu sellerin yönetimi de daha zordur. Şehir sellerinin toplum üzerindeki etkileri de oldukça büyüktür.

Dünya nüfusundaki artışın bir sonucu olarak ortaya çıkan şehirleşme, sel riskini artıran bir etkidir (Jha, A.K vd.,2012). 2008 yılında, insanlık tarihinde ilk kez, şehirlerde yaşayan insan sayısı dünya nüfusunun yarısına eşit hale gelmiştir (UN-HABITAT 2008; WDR 2010). Bu nüfusun üçte ikisi az gelişmiş ülkelerdeki şehirlerdedir.



Şekil 4: Kent ve kır nüfuslarının payındaki değişimler, 1935-2008 (kaynak: TÜİK,2010k,2010l)

Şehir nüfusundaki artış bu oranda devam ettiği takdirde 2030 yılında %60, 2050 yılında ise %70'e ulaşması beklenmektedir. Önümüzdeki 40 yıl içerisinde toplam dünya nüfusundan 6,2 milyar kişinin şehirlerde yaşayacağı öngörülmektedir. Şehirleşmedeki bu artış, şehir sellerinin olumsuz etkisinin de giderek artmasına yol açacaktır.

Ülkemizde de 1980'lerde başlayan, farklı ekonomik ve sosyal nedenlere bağlı, göçler ve nüfus artışları kırsal kesim ile şehirlerimiz arasındaki nüfus farklılığını giderek artırmış ve günümüzde toplam nüfusun neredeyse %75'ini şehir nüfusu oluşturmuştur (Şekil 4).

Şehirlerdeki nüfusun artışı, şehir sellerini daha tehlikeli hale getirmekte ve yönetimini de daha maliyetli yapmaktadır. Bu durum her ölçekteki yerleşim yerini etkilemektedir. 2030 yılına kadar, bütün yerleşim yerlerinde nüfus artışı beklenmektedir. 2030 yılına gelindiğinde, kent sakinlerinin büyük çoğunluğu, yeterli altyapıya sahip olmayan, nüfusu bir milyon civarındaki şehir ve kasabalarda yaşıyor olacaktır. Şehir sellerinin yönetimi, elbette, sadece büyük şehirlerle sınırlı bir sorun değildir

Bugünün sel riskini yönetmek ve geleceğe ilişkin planlama yapmak için olumsuz etkileri en aza indirecek ortak yaklaşımları belirlemek gerekir. Her bir yerleşim yeri için yapılacak uygulama farklılık gösterecektir. Bu nedenle mevcut ve gelecekteki sel riskini anlamak ve en uygun sel yönetimi şekline öncelik vermek önemlidir ( Revkin,2011).

## VERİ VE YÖNTEM

Şehir selleri tahmin modeli çalışmasında Hava Tahmin ve Araştırma (Weather Research and Forecasting, WRF) modeli çıktıları kullanılmıştır.

- **WRF Modeli**

Hava Tahmin ve Araştırma (Weather Research and Forecasting, WRF) modeli, operasyonel öngörüler kadar atmosferik araştırmalara yanıt verebilecek yeni nesil bir sayısal hava tahmini modelidir. Bu model birden fazla dinamik merkez koduna ve 3DVAR isimli bir veri asimilasyonu sistemine sahiptir. WRF paralel hesaplamaya olanak veren, gelişmeye açık bir yazılım mimarisi kullanmaktadır. WRF, bölgesel öngörülerde geniş spektrumlu (sinoptik ve orta ölçekli) atmosferik olayların incelenmesine olanak vermektedir. Modelin bir özelliği de hidrostatik varsayım kullanmadan orta ölçek topoğrafya etkilerini daha gerçeğe yakın temsil edebilmesidir.

- **Model Fiziği**

WRF modeli çoklu fiziksel opsiyonları birleştirerek çözebilme yeteneğine sahiptir. Model fizik kısmı şunlardan oluşur:

- Mikrofizik: Bu kısımda amaç, basit fiziksel denklemleri sayısal hava tahmini ve atmosferik amaçlı araştırmalar için karmaşık denklemlerle çözerek kullanılabilir sonuçlar üretmek,
- Kümüllüs parametrisasyonu: Orta ölçekli modelleme için kütle-akı denklemi düzenlemesi,
- Yüzey fiziği: Kara yüzeyinin çoklu tabakada modellenmesi. Bu kısım aynı zamanda kar örtüsü ve deniz buzu dahil toprak nemi ve bitki örtüsünü hesaba katmaktadır,
- Atmosferik sınır tabaka fiziği: Türbülans kinetik enerji tahmini ve lokal olmayan K şemasının hesaplanması,
- Atmosferik radyasyon fiziği: Uzun ve kısa dalga boylu radyasyonun çoklu spektral bantlarda hesaplanması. Bulut ve yüzey akı etkileri modele katılmış olup, bu kısım iklim ve atmosfer uygulamalarında veri sağlamaktadır.

- **Başlangıç Koşulları**

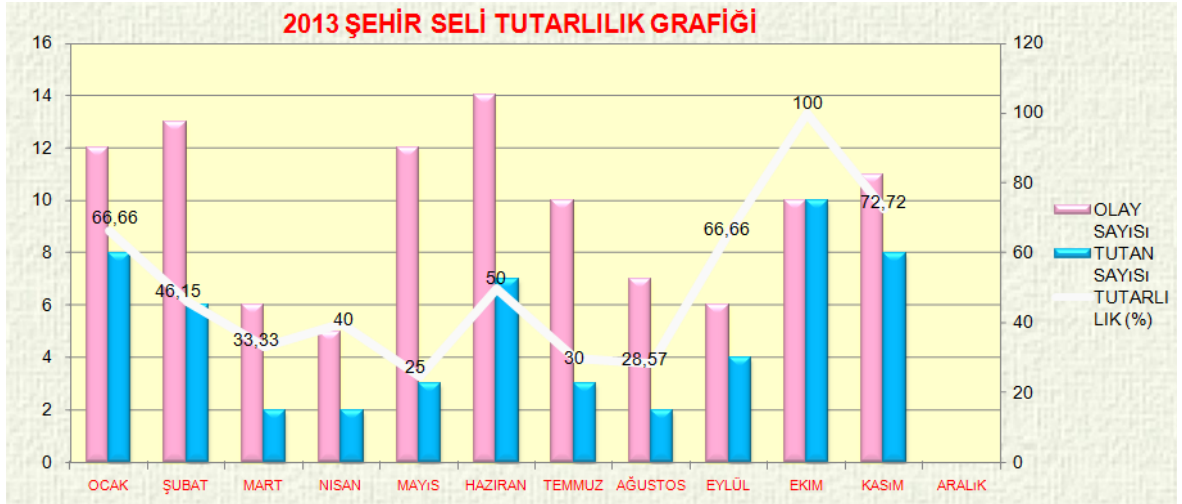
Model, spesifik başlangıç koşullarını seçilen bölge için hazırlar. Başlangıç ve sınır koşulları küresel model çıktılarında (NCEP/GFS, ECMWF/IFS vb.) hazırlanabilmektedir. Bu kısımda modelin çalışması için şu verileri hazırlanmaktadır:

- Yatay ve düşey olarak gridli girdi verisi,
- Hidrostatik denge ve pertürbasyon alanları,
- Tarihleri, gridlerin fiziksel bilgilerini ve projeksiyon detaylarını içeren metadata dosyası.

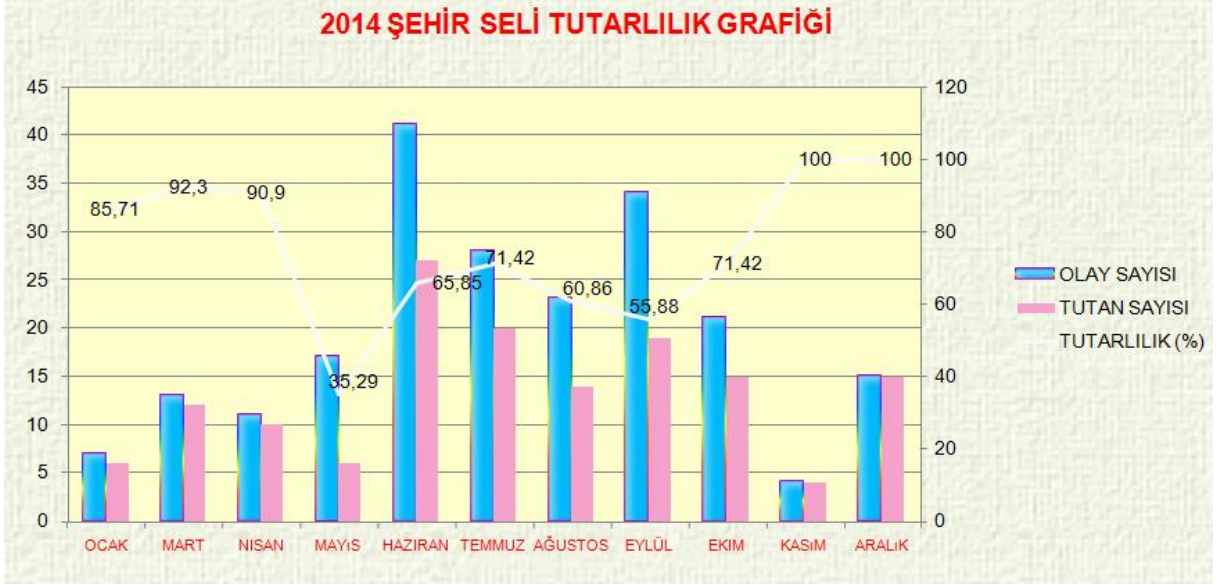


- **Yöntem**

Çalışmada Türkiye'de 1980-2010 yılları arasında DMI fevk rasatları kullanılmıştır. Fevk rasatlarına göre toplam 182 istasyonda sel meydana getiren olaylara ait DMI- Elektronik Bilgi İşlem Dairesi'nin klimatolojik yağış gözlem bilgileri kullanılmıştır. Yağış eşik değerleri, DMI-fevk rasatları ve ilgili yağış değerleri kullanılarak yapılan bir dizi değerlendirmeler sonucunda oluşturulmaktadır. Bu amaçla selin meydana geldiği yere en yakın yağış istasyonunun klimatolojik rasat kayıtlarına (07, 14 ve 21 rasatları ve standart zamanlarda gözlenen maksimum yağış değerlerine) bakılmaktadır. Selin oluş tarihine göre bir gün sonrası da dikkate alınarak 24 saat içerisinde seli meydana getiren yağış eşik değeri tespit edilmektedir. Elde edilen yağış eşik değerleri Türkiye haritası üzerine bindirilen 153X49'luk grid matris'e de taşınmaktadır. Her bir grid noktası için klimatolojik kayıtlardan tespit edilen yağış eşik değerleriyle WRF'in de her bir grid noktası için ürettiği 3 günlük yağış tahmin değerlerini karşılaştırıp yağış eşik değerlerini geçen alanlar belirlenmektedir. Haritaların gösterimi Google Earth üzerinde yapılmaktadır (Şekil 6). WRF Hava Tahmin Modeli'nin 3 güne kadar yağış tahmin model çıktıları sayesinde sel afetinin gözlenebileceği alanların önceden belirlenmesi ve bu bölgelerde olası bir sel afetinden etkilenebilecek sektörlerin önceden uyarılması amaçlanmıştır. Yaptığımız program günde iki kez çalıştırılmakta herhangi bir noktada tahmin değeri yağış eşik değerini aştığı anda maksimum 3 güne kadar sel uyarısı vermektedir. Sel eşik değerlerinin doğrulanması (verifikasyonu) çalışmaları 24 aylık dönem için tamamlanmış ve %70'in üzerinde bir başarı elde edilmiştir (Şekil 5a-b).



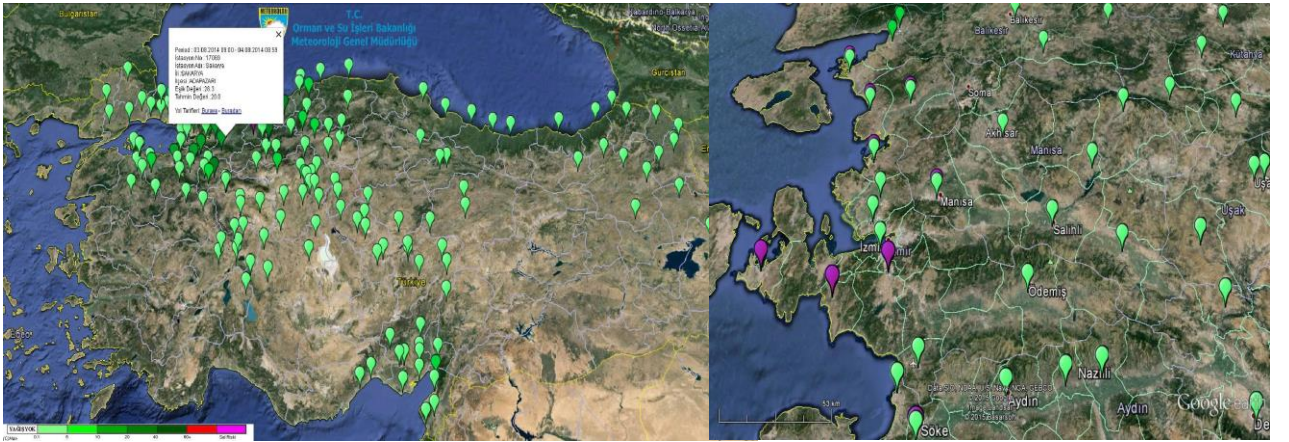
Şekil 5-a: Şehir selleri tahmin modeli 2013 yılı aylık tutarlılık grafiği



Şekil 5-b: Şehir selleri tahmin modeli 2014 yılı aylık tutarlılık grafiği

Yukarıdaki grafikte de görüleceği üzere, tahmin modelinin sonuçları oldukça tutarlıdır. İlkbahar aylarında gözlenen tahmin tutarlılığındaki azalmalar ise özellikle Doğu Anadolu bölgemizde yaşanan kar erimelerinden kaynaklı seller nedeniyledir. Model tahmin edilen yağış miktarına bağlı olarak çalışmakta olup kar erimelerini dikkate almamaktadır.

İlk aşamada 24 saatlik tahmin haritaları üretilmesi şeklinde başlayan çalışmaya 3 ve 6 saatlik tahmin periyotları da ilave edilmiştir. Veri kaynağı olarak 3 günlük WRF yağış tahmin verileri kullanılmaktadır. 3,6,24 saatlik periyotlarda toplam yağış tahmin verileri ve her istasyonun bu periyotlardaki eşik değerleri kullanılmaktadır. 72 saatlik tahmin aralığında, 3'er saatlik iterasyon yapılarak, tahmin aralığındaki her 3 saat için ayrı ayrı risk haritaları oluşturulmaktadır.



Şekil 6: Tahmin haritalarının Google Earth üzerinde gösterimi

## SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Hidro-meteorolojik karakterli doğal afetleri diğer doğal afetlerden ayıran en önemli özellik, bunların yapılacak izleme veya ölçümlerle önceden tespit edilerek önlenmesi veya erken uyarılarla can kayıplarının en aza indirilebilmesidir.

Şiddetli hava olaylarının birer afete dönüşmesi, topografik koşulların, yanlış yerleşme ve yanlış arazi kullanımı uygulamaları gibi yerel ya da bölgesel coğrafya etmenlerinin yanı sıra, temel olarak insan sistemlerinin ekstrem hava ve iklim risklerine karşı hazırlıklı olma ve önlemler almadaki eksikliklerimizin doğal bir sonucudur.

Sel riski altındaki kentsel alanlar artan sel olaylarından en fazla etkilenen yerlerdir. Şehir nüfusundaki artış dünya nüfusundaki oranını da artırmakta ve bu durum şehir sellerinin toplam sel hadiseleri içerisindeki payını da yükseltmektedir.

Geleceğe yönelik sel öngörülerini farklılık göstermekle birlikte sellerin etkilerinin artmaya devam edeceği kuşkusuz bir gerçektir (Stern,2006; UNEP 2007). Halihazırda ve gelecekte gözlenecek sel etkilerinin azaltılması için sel risk azaltımı çalışmalarına önem verilmesi ve bunun politik gündemin üst sıralarına taşınması şarttır.

Türkiye’de meydana gelebilecek sel felaketlerinde şiddetli yağış tetikleyici unsur olmakla beraber, aynı zamanda jeomorfolojik yapı, çarpık şehirleşme ve taşkın alanlarına ev yapımı gibi diğer faktörlerin de önemli rol oynayabileceği unutulmamalıdır. Dere yataklarına yapılaşma engellenmediği, dere ıslah çalışmaları hızlandırılmadığı ve özellikle bölgede yaşayan halk taşkın konusunda daha bilinçli davranmaya teşvik edilmediği sürece daha az şiddette meydana gelen yağışlar dahi bu tür felaketlerin hazırlayıcısı olacaktır. Sel’in en az bir gün öncesinden tahmin edilmesi bile insanları sel oluşmadan önce uyarabileceği için can ve mal kayıplarının en aza indirilmesinde büyük rol oynayabilir.

## KAYNAKÇA

- Gökter, M., 2006, Türkiye'de Taşkın Afetleri ve Sivil Savunma, I.Ulusal Taşkın Sempozyumu Tebliğler Kitabı, 10-12 Mayıs 2006 DSI Genel Müdürlüğü, Konferans Salonu, Yücetepe, Ankara, 157-163.
- Jha, A.K, Bloch,R., Lamond J., 2012, Cities and Flooding: A Guide to Integrated Urban Flood Risk Management for the 21st Century, International Bank for Reconstruction and Development / International Development Association / The World Bank
- Revkin A., 2011, “On Dams, Gutters, Floods and Climate Resilience.” Dot Earth blog in The New York Times, August 30, 2011
- Stern, N. 2006. “Stern Review: The Economics of Climate Change.” London: HM Treasury.
- Şahin, C., Sipahioğlu, S., 2002, Doğal Afetler ve Türkiye, Ankara.
- Türkiye İstatistik Kurumu (2010k) Şehir ve Köy Nüfusu, 1927-2000 [http://www.tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do?istab\\_id=202](http://www.tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do?istab_id=202),
- Türkiye İstatistik Kurumu (2010l) Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi, İl ve Cinsiyete göre il/ilçe merkezi, belde/köy nüfusu ve nüfus yoğunluğu,
- UNEP (United Nations Environment Programme). 2007. “*Global Environment Outlook (GEO-4): environment for development.*” Valletta, United Nations Environment Programme.
- UN-HABITAT, 2008. *State of the World's Cities*
- WDR (World Development Report). 2010. *Development and Climate Change.* Washington, DC: World Bank.