

# ECMWF Yağış Verileri Yardımıyla Türkiye’de Sel Tahmini Çalışmaları\*

Ertan TURGU ( MSc )<sup>1</sup>, Dr. Abdullah CEYLAN<sup>2</sup>

**Anahtar Kelimeler:** Sel tahmini, yağış eşik değerleri, ECMWF tahmin modeli, sel afeti.

**Özet:** 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. 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 67 yılda meydana gelen afet oluşum kayıtlarına göre; meydana gelen meteorolojik karakterli doğal afetler içerisinde %29’luk oranla sel ve taşkınlar önemli bir yer tutmaktadır (Ceylan, 2007). 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. 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’de aşırı kar yağışlarının en sık görüldüğü mevsim kış mevsimi, ay olarak da Ocak ve Şubat’tır. Bu çalışmada Türkiye genelinde, her istasyon için 1980-2006 yılları arasında 182 istasyonda sele neden olabilecek yağış eşik değerleri fevk rasatları kullanılarak tespit edilmiş olup grid noktalı bazında (153X49’luk matris), Avrupa Orta Vadeli Hava Tahmin Merkezi (ECMWF)’nin 3-10 günlük yağış tahmin model çıktıları sayesinde sel

---

\* Uluslararası Katılımlı VI. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 25-28 Mart 2008

<sup>1</sup> Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara, Mühendis, [eturgu@mgm.gov.tr](mailto:eturgu@mgm.gov.tr)

<sup>2</sup> Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara, Mühendis, [aceylan@mgm.gov.tr](mailto:aceylan@mgm.gov.tr)

afetinin gözlenebileceği alanların önceden belirlenmesi ve bu bölgelerde olası bir sel afetinden etkilenebilecek sektörlerin önceden uyarılması amaçlanmaktadır. Yapılan program her gün belli bir zamanda çalıştırılmakta ve bu grid noktaları üzerinde herhangi bir noktada ECMWF tahmin değeri günlük yağış eşik değerini aştığı anda maksimum 10 güne kadar sel uyarısı vermektedir. Şu anda sel eşik değerlerinin doğrulanması (verifikasyonu) çalışmalarımız devam etmektedir. Bunlara ek olarak 1980-2006 yılları arasında ülkemizde meydana gelen ve can veya mal kaybına yol açan meteorolojik karakterli sel afetleri Türkiye’de mevcut 26 havza için zamansal ve bölgesel olarak incelenmiştir. Sel olayı oluş sıklığı havza bazında hesaplanmıştır. DMI’de sel tahmin çalışmalarına, nispeten, yeni başlanmış olup bu konuda daha çok mesafe alınması gerekmektedir. Bu amaçla çalışmalarımızda hedefimiz standart zamanlarda gözlenen şiddetli yağış değerlerini kullanmak, ECMWF yerine daha yüksek çözünürlüğü bulunan Mesoscale Yerel Model-5 MM5’in yağış tahmin model çıktılarından yararlanarak eğim, yükselti, arazi kullanımı, toprak yapısı faktörlerinin de kullanılacağı çok daha gelişmiş algoritmaları GIS teknikleriyle bütünleştirip sel afet risk bölgelerini daha hassas olarak ortaya koymaktır.

## 1.GİRİŞ

Şiddetli yağışların ardından yukarı havzalarda yanderelerden gelen çok miktarda iri(katı) malzeme (asılı yük ve yatak yükü) içeren yüksek akımlara sel denir. Sellerin kısa sürede ana akarsuya ulaşmasıyla vadi boyunca yatakta akan suyun normal yatağına sığamayıp taşkın yatağına/düzlüğüne yayılmasıyla gerçekleşen ve nispeten daha az ve ince malzeme içeren yüksek akımlara ise taşkın denmektedir (Çelik, 2001).

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).

Doğal afetler, toplumun sosyo-ekonomik ve sosyo-kültürel faaliyetlerini önemli ölçüde aksatan, can ve mal kayıplarına neden olan doğa olayları olarak tanımlanabilir. Doğal afetlerin büyük bir kısmı atmosfer şartları ile çok yakından ilişkilidir. Sel hava şartları ile yakından ilişkisi olan doğal afettir. Meteorolojik şartlar ile doğrudan ve dolaylı olarak ilişkili olan doğal afetlerin tümü, meteorolojik afetler veya meteoroloji karakterli doğal afet olarak adlandırılır. Böylece, dünya ve Türkiye genelinde konu ele alınınca, doğal afetlerin büyük bir kısmını meteorolojik afetlerin oluşturduğu görülür. Dünyada etkili olan 31 çeşit doğal afeti, Bryant (1993), şiddetini, oluşum sürelerini ve etkilerini esas alarak değerlendirmiş ve önem sırasına göre dizmiştir. Böylece, dünya ve Türkiye genelinde konu ele alınınca, doğal afetlerin büyük bir kısmını meteorolojik afetlerin oluşturduğu görülür. Yine bu tabloya göre doğal afetlerin en önemli üçünü (kuraklık, tropikal siklon, bölgesel sel ve yağışlar) de meteorolojik afetler oluşturmaktadır (Şahin ve Sipahioğlu, 2002).

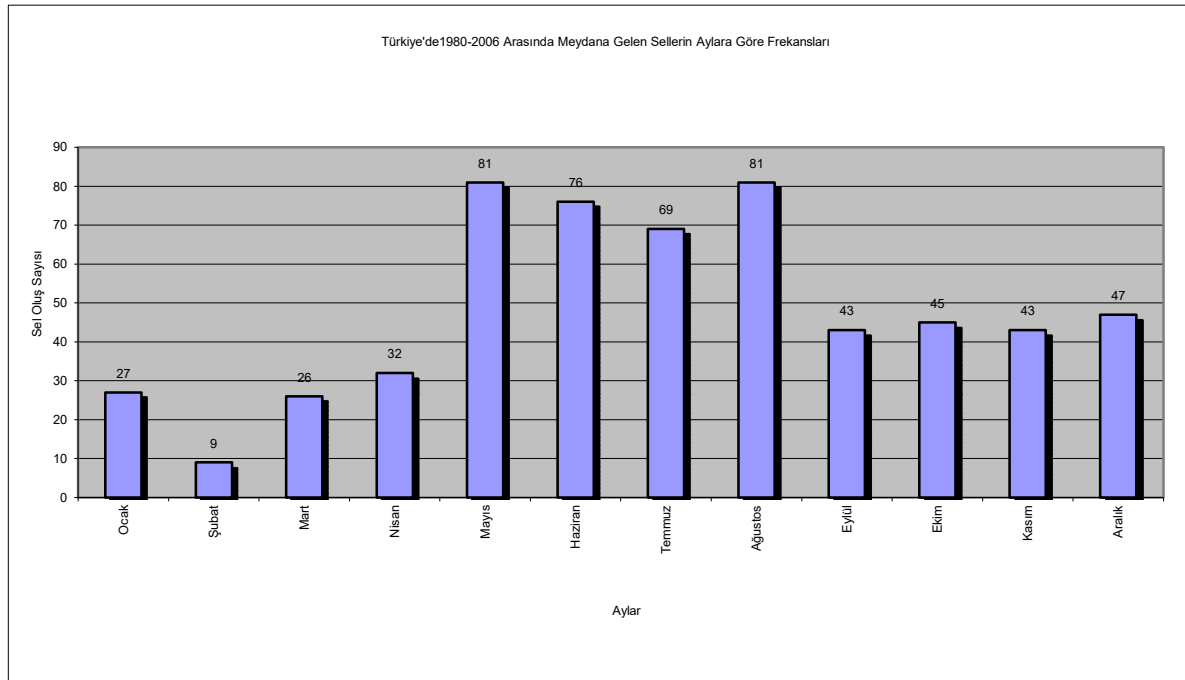
Selin en sık rastlanan sebebi kuvvetli ve uzun süreli yağıştır. Seller kar erimesi sonucu oluşan kuvvetli akışlar veya drenaj kanallarının tıkanması sonucunda da meydana gelebilir.

Günümüzde rastlanılan en yaygın sebep ise; kuvvetli yağmur fırtınalarında drenaj sistemlerindeki yetersizlik sonucunda ana nehir kanallarının tamamen dolmasıyla meydana gelen taşmalar sonucu oluşan sellerdir. Dağlık bölgelerde ise seller kar erimesi veya yağışla birleşen kar suyundan meydana gelir. Çok nadir olarak da barajların çökmesi ve taşmasından kaynaklanan sellere rastlanılmaktadır. Akarsuların su taşıma miktarı değişkenlik gösterir. Bazen uzun süre yağış almayan veya az yağış alan bir alanda akışlar yavaşlar, bazen de aynı alanda yağışlı bir periyotta güçlü akışlar olabilir. Sellerin miktarındaki değişkenlik yağışın yoğunluğuna, yağış miktarına, kar erime oranına ve diğer faktörlere bağlıdır (Gökter, 2006).

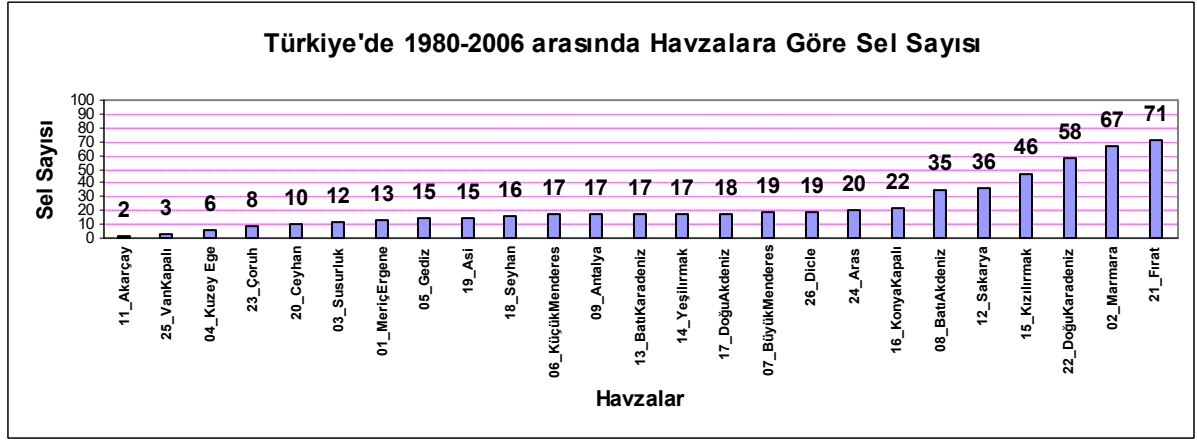
Dağlık alanlarda yağış ve tepelerdeki karın erimesi sonucu dere yatakları taşıyamayacağı miktarda su ile dolar ve ani seller oluşur. Özellikle dağ eteklerindeki yerleşim yerleri için heyelan tehlikesi de yaratan bu seller oldukça tehlikeli olmaktadır. Ani sel sonucunda havzanın ve yamaçların yukarı kesimlerinden daha çok malzeme aşındırılmakta, ağaçlar zarar görmekte, yapılar yıkılmakta hayvanlar telef olmakta ve birçok insan yaşamını yitirmektedir. Aşağı kesimlerde ise su baskınları olmakla beraber biriken sular ve taşınan malzeme birikintilerinin altında kalan tarım alanları, yerleşim birimleri alt ve üst yapı tesisleri ile taşınabilir mallar büyük zarar görmektedir. (Şahin ve Sipahioğlu, 2002).

Türkiye’de sele neden olan etkili sağanak yağışlar, Karadeniz, Marmara, Ege ve Akdeniz kıyılarında ve bu bölgelerin dağlık kesimlerinde daha çok cephesel ve orografik tiptedir. Buna karşılık Trakya’nın iç kesimleri, iç ve doğu Anadolu bölgesinde ise cephesel yağışların yanında orografik ve lokal konvektif yağışlar da etkili olmaktadır. (Ceylan ve diğ., 2007 ).

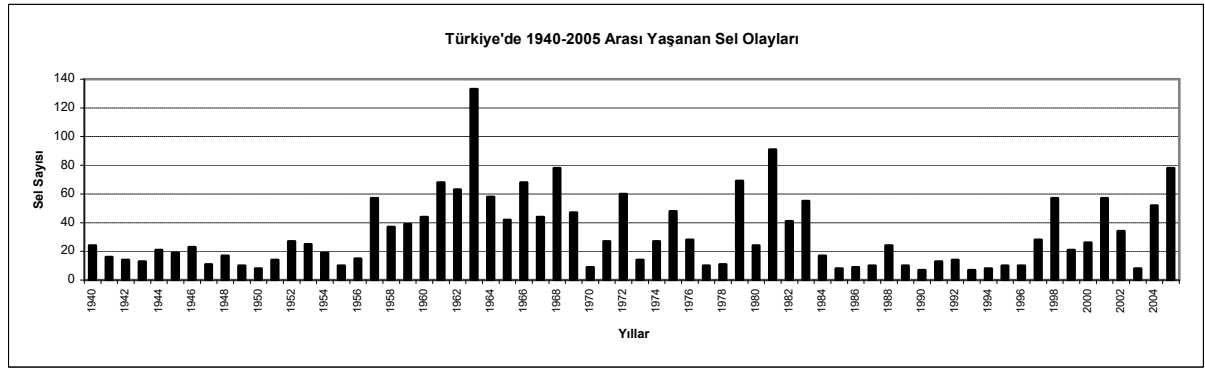
DMİ fevk rasatlarına göre Türkiye’de 1980-2006 yılları arasında sel meydana getiren olaylar genelde Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos aylarında meydana gelmiştir (Şekil 1). İlkbaharda havaların ani ısınmasıyla birlikte karların hızlı erimesi sonucunda meydana gelen sellerin, modelin çıkardığı sonuçlara etki etmesi muhtemeldir.



Şekil 1. Türkiye’de 1980-2006 arasında meydana gelen sellerin aylara göre frekansları (Kaynak:DMİ fevk rasatları)

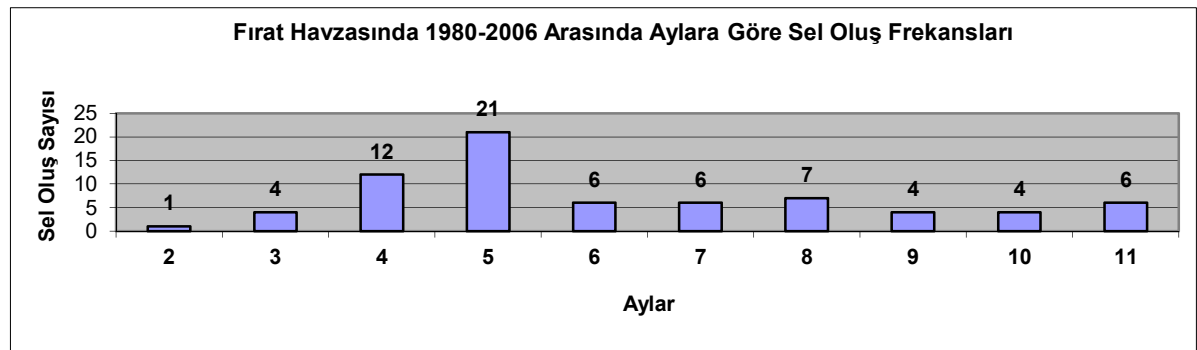


Şekil 2. Türkiye'de 1980-2006 arasında Havzalara Göre Sel Sayıları. (Kaynak:DMI fevk rasatları)

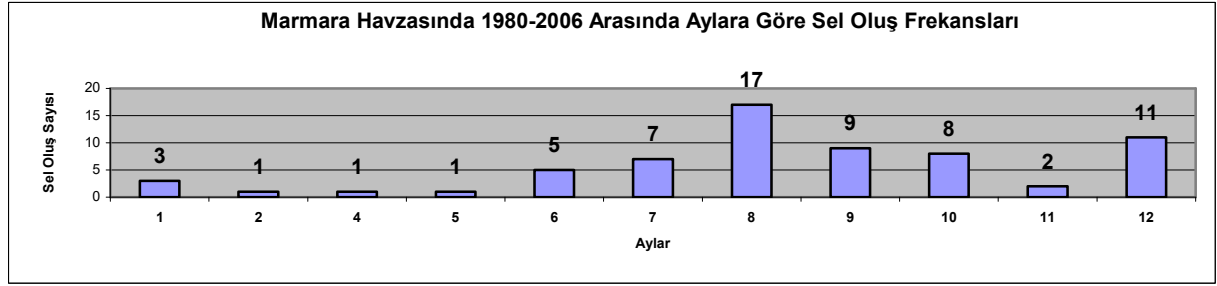


Şekil 3. Türkiye'de 1940-2006 arasında Yaşanan Sel Olayları. (Kaynak:DMI fevk rasatları)

DMI fevk rasatları sel oluş sayıları ve selin meydana geldiği aylar havza bazında incelendiğinde bazı sonuçları ortaya çıkmıştır (Şekil 4). Örneğin 1980-2006 yılları arasında toplam 71 sel olayı yaşanan Fırat Akarsu havzasında 21 sel hadisesi Mayıs aylarında gerçekleşmiştir (Şekil 5). Genelde Sakarya, Kızılırmak ve Fırat havzalarında Mayıs ayında ağırlıklı olarak sel hadisesi meydana gelmiştir. Havzalara göre can kaybı açısından 1997-1970 arasında sırasıyla Doğu Karadeniz havzası (132 kişi), Antalya havzası (95 kişi), Menderes havzası (76 kişi), Dicle (61 kişi) ve Yeşilirmak havzasında ise 60 kişidir. (Aksu ve diğ.,2006).

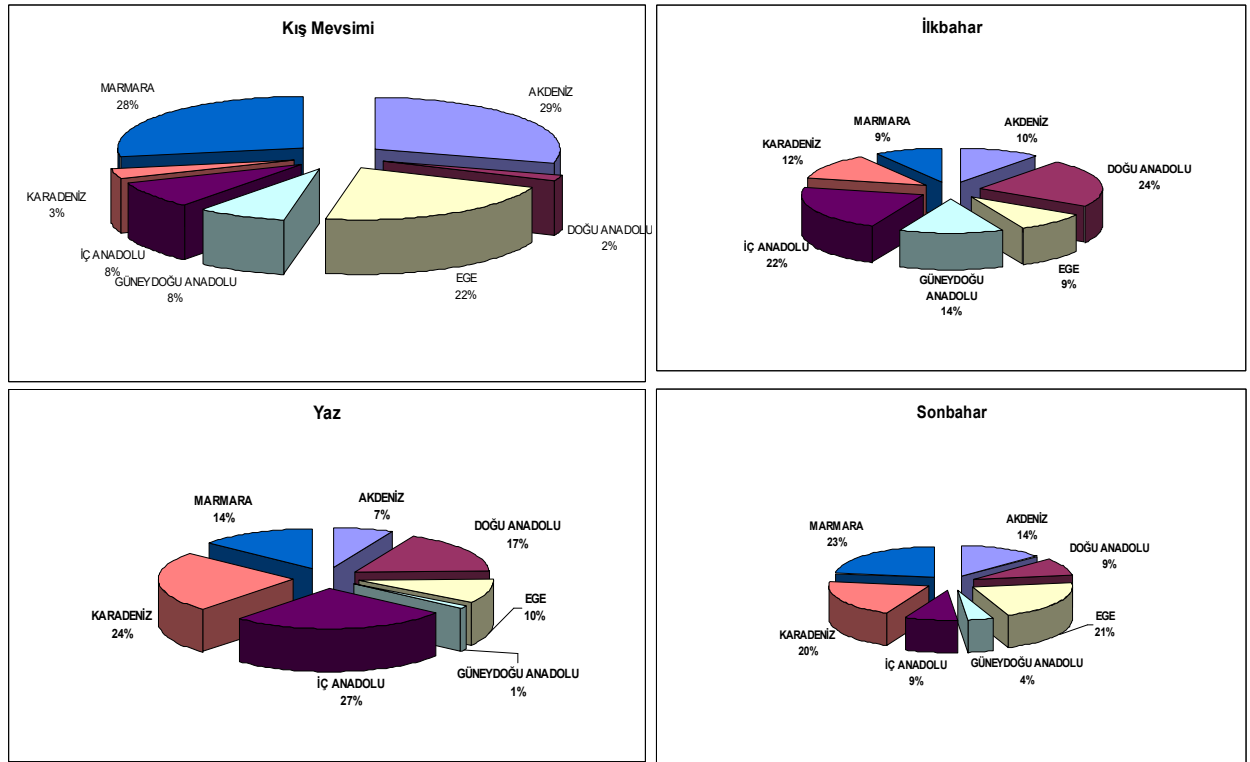


Şekil 4a. Fırat Havzasında 1980-2006 Yılları Arasında Sel Oluş Sayıları (Kaynak:DMI fevk rasatları)



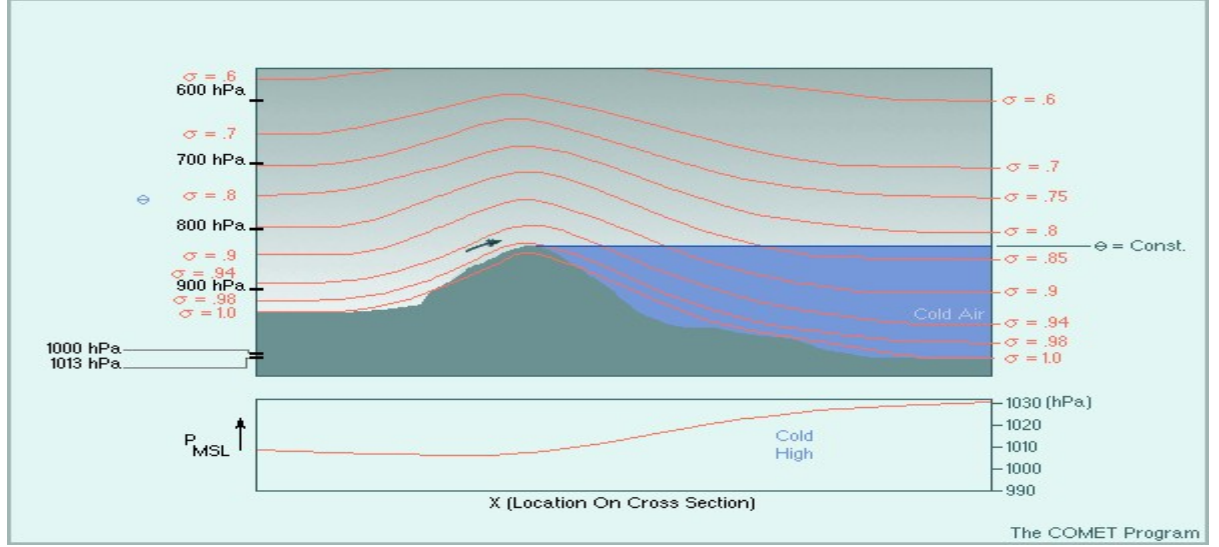
Şekil 4b. Marmara Havzasında 1980-2006 Yılları Arasında Sel Oluş Sayıları (Kaynak:DMI fevk rasatları)

Türkiye'de yaşanan sel olaylarını mevsimsel dağılımlarına göre incelediğimizde; **kış** mevsiminde seller sırasıyla Akdeniz (%29), Marmara (%28) ve Ege (%22) bölgelerinde meydana gelmiştir. **İlkbahar** mevsiminde seller sırasıyla Doğu Anadolu (%24), İç Anadolu (%22) ve Güney Doğu Anadolu (%14) bölgelerinde meydana gelmiştir. **Yaz** mevsiminde seller sırasıyla İç Anadolu (%27), Karadeniz (%24) ve Doğu Anadolu (%17) bölgelerinde meydana gelmiştir. **Sonbahar** mevsiminde seller sırasıyla Marmara (%23), Karadeniz (%20) ve Ege (%21) bölgelerinde meydana gelmiştir ( Şekil 5 ).



Şekil 5. Türkiye'de 1940-2006 Yılları Arasında Yaşanan Sel Olaylarının Mevsimsel Dağılımları (Kaynak:DMI fevk rasatları)

Bu çalışmada ECMWF'in ürettiği yağış tahmin değerleri kullanılmıştır. ECMWF (Avrupa Orta Vadeli Hava Tahmin Merkezi), 26 Avrupa ülkesi tarafından desteklenen bağımsız bir uluslararası kuruluştur. Sözleşmesinin yürürlüğe girmesiyle 1973 yılında 19 ülke tarafından kurulmuştur. 1 Ağustos 1979 yılında bu yana üyeler için operasyonel orta vadeli hava tahminleri hazırlamaktadır.



Şekil 6. ECMWF, Modeli Analiz Hesapları Yaparken Hibrid Koordinat Seviyelerini Kullanır.

ECMWF, global ölçekli (spektral) atmosferik sirkülasyon modelidir. Bu model dinamik bileşen, fiziksel bileşen, ve okyanus dalga model bileşeninden oluşur. Zamansal ve alansal çözünürlükle ilgili nümerik hesaplamalar temel fiziksel denklemlere göre yapılır. Bunlar Hidrostatik denklem, devamlılık denklemi, hareket denklemi, termodinamik denklem, nem korunum denklemidir.

ECMWF modeli, merkator projeksiyonu kullanan hidrostatik modeldir ve düşey hız doğrudan hesaplanmamaktadır. Bunun yerine atmosferin yoğunluğu ile yükseldikçe basıncın azalması arasında denge olduğu kabulüne dayanan hidrostatik temel denklemler kullanılmaktadır. Bu model düşey koordinat hesabı yaparken Hibrid (Sigma ve basınç seviyelerini birlikte) koordinat seviyelerini kullanır. Yerden yaklaşık 100mb'a kadar sigma seviyelerini kullanır ve daha yukarısı için basınç (pressure) seviyelerinden faydalanır. Şekil 6'da dağa doğru hareket eden hava kütesinin dağı aşması, dağın diğer tarafını soğuk havanın kaplaması ve aşağı doğru hareketinde basıncın değişimi bir yatay kesit olarak gösterilmektedir.

Devamlılık denklemi, hareket denklemi, termodinamik denklem, nem korunum denklemi tahmin yapma amaçlıdır. Bu denklemler yüzey basıncı, bir parselinin su buharı içeriği, sıcaklık ile dikey ve yatay rüzgar bileşenlerinin belli bir zaman zarfında dinamik değişimlerini tanımlar. Devamlılık denklemi: kütlelenin korunumunu ifade eder. Bu denklem, yüzey basıncı değişimini hesaplamada ve dikey rüzgar hızı değişimini belirlemede kullanılır. Hareket denklemi: koryolis gücünün rüzgar yönünü değiştirmede nasıl etki ettiğini ve basınç gradient gücü nedeniyle bir hava parselinin hızının artması yada azalmasını tanımlar. Ayrıca nem konveksiyonu nedeniyle momentumun nakli, düzensiz sürüklenmenin etkilerini içerir. Termodinamik denklem: bir hava parsel sıcaklığının dikey yer değiştirme esnasında soğuma veya ısınmasının nasıl adiyabatik olarak değiştiğini ifade etmektedir. Diğer fiziksel işlemlerden yoğunlaşma, buharlaşma, düzensiz hava akımının başka yere hareketi (turbulent transport), güneş ışığı etkileri dahil edilir. Nem korunum denklemi: yoğunlaşma ve yağış yoluyla hava nem içeriğinde kayıp meydana gelmesine karşın bulutlar ve yağmur suyundan buharlaşma veya kıta ve okyanuslardan buharlaşmalardan nem içeriğinde kazanç meydana gelir. Bunların dışında her bir bulut çeşitlerine göre değişen su, buz içeriği ve ozon için özel tahmin denklemleri bulunmaktadır. Parametrizasyon yaparken radyasyon, türbulans, sürtünme, bulutların oluşumu gibi fiziksel prosesler temel denklemlerle hesaplanır. Ancak

bunlar küçük ölçekli olduğundan istatistiksel yollarla parametrisasyon işlemi olarak tanımlanır.

ECMWF yağış tahmin verileri yerine 2 günlük tahmin yapabilen ve daha yüksek çözünürlüğü bulunan Mesoscale Yerel Model-5 MM5'in yağış tahmin model çıktılarının kullanılması önerilmektedir. MM5: PSU/NCAR işbirliği ile geliştirilen Lambert Conformal projeksiyonu kullanan "non-hydrostatic", "terrain-following", "sigma-coordinate" bir sınırlı alan modelidir. MM5 modelinin şu anda 2 alan için aynı anda çalışabilme özelliği (multiple- nest) vardır. 2)Hidrostatik olmayan dinamik yapısıyla yüksek çözünürlüklerde çalışabilme kabiliyeti vardır. 3)Paralel (Cluster) çalışma imkanı vardır. 4)Atmosferik prosesler lineer değildir. Bu yüzden başlangıç sınır koşul verisindeki çok küçük değişiklikler zamanla büyük hatalara neden olur. 5)Model fiziği yaklaşımlar üzerine kurulmuştur. Düşük çözünürlüklü modellerde konveksiyon parametrize edilmiştir. Yüksek çözünürlüklü modellerde mikrofizik prosesler parametrize edilmiştir. MM5 modelinin çözünürlüğü (~7km) olmasına karşın uygulamada şu an için ciddi zorluklar bulunmaktadır.

## **2.MATERYAL:**

**2.1.DMİ Fevk Rasatları:** Çalışmada Türkiye'de 1980-2006 yılları arasında DMİ fevk rasatları kullanılmıştır.

**2.2.DMİ-Yağış bilgileri:** Fevk rasatlarına göre toplam 182 istasyonda sel meydana getiren olaylara ait DMİ- Elektronik Bilgi İşlem Dairesi'nin klimatolojik yağış gözlem bilgileri kullanılmıştır.

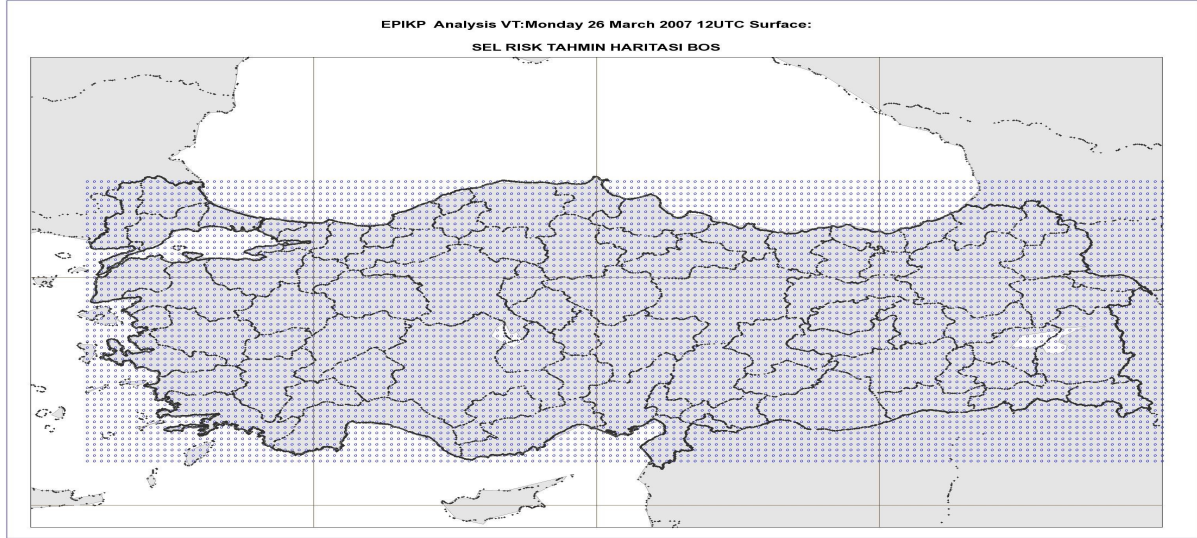
**2.3.DMİ-Sayısal Hava Tahminleri Şubesinin Sunucu Altyapısı:** ECMWF' den 5 günlük tahmin verisi GRIB (GRided in Binary) veri formatında çekilir. Bu veriler konvektif yağışları da kapsar. GRID formatlı verilerden PERL, METVIEW, vb. yardımcı programlar sayesinde her bir grid noktası alanı için kullanılacak ASCII formatlı tahmin verileri elde edilmiş olur. Bu aşamada matris noktaları üzerinde sel tahmini yapan program çalışır, bu programda FORTRAN-90 dilinde yazılmıştır. Türkiye haritası üzerine bindirilen 153X49'luk grid noktalı matrisle daha önceden hazırlanan sele neden olan yağış eşik değerleri karşılaştırılır. Sonuçta yağış eşik değerlerini geçen (yani sel olabilecek) alanları gösteren Türkiye haritası jpeg formatında üretilmektedir. Program her sabah önceden belirlenen bir saatte zamanlanmış görev olarak çalışmakta 5 günlük sel tahmin haritalarını jpeg formatında üretmektedir.

## **3.METOT:**

**3.1.ECMWF, Global Ölçekli Atmosferik Genel Dolaşım Model Tahmin Çıktılarının Kullanımı:**

Bu çalışmada ECMWF'in ürettiği 5 günlük (maximum 10 güne çıkartılabilir) grid noktalı yağış tahmin değerleri kullanılmış ve sele neden olabilecek alanlar belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla Türkiye haritası üzerine bindirilen 153X49'luk grid noktalı matris yağış tahmin model çıktıları kullanılmıştır (Şekil 7). Modelin orijinal grid noktalı çözünürlüğü 0.25X0.25 derece (~25km) dir. Ancak bu çözünürlük enterpolasyonla 0.125X0.125 dereceye (~10.5km) indirilmektedir. DMİ'de sel tahmini yapan program tasarlanırken baştan şu kabuller yapılmıştır yada farz edilmiştir: 1)ECMWF'in ürettiği yağış tahmin verileri doğrudur. 2)Her bir grid noktasına isabet eden alan için sel meydana getirebilecek bir değer (yağış eşik değeri) mevcuttur. 3)Her bir grid noktasına isabet eden alan

için sel oluş yüzdesini bulmak amacıyla yapılacak istatistiksel çalışmalarda ilgili istasyona ait halihazırda mevcut fevk rasatlarından elde edilen ve selin meydana geldiği günlere ait yağış kayıtları nispetinde tahminde bulunulacaktır. Bazı hallerde yağış ölçüm kayıtlarının yetersizliği sorun teşkil etmektedir



Şekil 7. Türkiye haritası üzerine bindirilen 153X49'luk grid noktalı matris(Kaynak:Metview çıktısı)

ECMWF hava tahmin modeli bir başlangıç verisi ve atmosfer hareketlerini hesaplayabilmek için termodinamik denklemlerden yararlanır. Güvenilir model sonuçları elde etmek için modele girilen gözlem verilerinin doğru ölçülmüş olması ve model başlangıç verisinin doğru seçilmiş olması gerekir. İstasyonlardan elde edilen gözlem verileri modele girerken belli aralıklarla bir grid noktalı dağılımını temsil edeceği için model enterpolasyon ile bu boşlukları doldurmaktadır. Bilindiği üzere Türkiye topografik açıdan çok karmaşık ve engebeli yapıdadır. Bu durumda birbirine en yakın gözlem noktalarından elde edilen meteorolojik parametreler birbirlerine göre doğrusallık sağlamayabilir. Bu durum gözlem ağının belli standartlarda olması gerektiğini göstermektedir. Modelin veri kaynakları olarak yer ve yukarı atmosfer gözlemleri, okyanuslardaki sabit yada hareketli gemilerden elde edilen gözlem verileri, sabit veya hareketli şamandıra gözlem verileri, meteorolojik uydulardan elde edilen veriler, meteorolojik radarlardan elde edilen veriler ve uzun menzilli uçaklara takılı meteorolojik sensörlerden elde edilen gözlem verileridir. ECMWF modelin kullandığı topografya ile gerçek topografya arasında ortalama olarak yaklaşık 500 metrelik yükselti farkı meydana gelebilmektedir. Bu da yağış açısından iç kesimlerde denize yakın kıyı kesimlere göre olması gereken yağıştan daha fazla miktarda yağış tahmin etmektedir.

Bazı faktörler modelin tutarlılığını etkileyebilmektedir. Örneğin sistematik hatalar modelin kendisiyle ilgili olup topografya, dinamik çözümlemede hata veya fiziksel yaklaşımlardaki hatalardan kaynaklanabilir. Modelin çıkardığı sonuçlarda hata olması, yapılan rasatlarda ölçüm hatası ve veri asimilasyonu ile ilgilidir. Veri asimilasyonu verilerin mümkün olduğunca hatalarından arındırılıp başlangıç sınır koşulları değerlerinin modele girdi olarak verilmesidir. Modelin iyi bir tahmin yapabilmesi için bazı dezavantajlar vardır. Örneğin: Dünyanın bazı bölgelerinde çok az gözlem (kutup bölgeleri, denizler, vb) değeri elde edilir ve dağlık alanlarda yeterince gözlem yapılamamaktadır.



**3.2.Yağış Eşik Değerlerinin Tespiti:** Yağış eşik değerlerinin tespit edilmesi amacıyla yaptığımız çalışmalarımız devam etmektedir. 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. FORTRAN-90 dilinde yazılan program her bir grid noktası için klimatolojik kayıtlardan tespit edilen yağış eşik değerleriyle ECMWF'in de her bir grid noktası için ürettiği 5 günlük (maximum 10 güne çıkartılabilir) yağış tahmin değerlerini karşılaştırıp yağış eşik değerlerini geçen alanlara işaret (Örn:1) koymaktadır. Bu işaret/işaretler sele neden olabilecek alanı/alanları göstermektedir.

**3.3.Örnek Sel Tahmini:** Sel tahmini programının tamamlanıp deneme amaçlı takibine başlandığı günden itibaren sel tutarlılık oranları da hesaplanmaya başlanmıştır. Bu amaçla 5 Kasım 2007 den sonra Türkiye genelinde yaşanmış sel olayları takip edilmeye başlanmıştır.

Tablo 1. Türkiye Genelinde Yaşanmış Sel Olayları, (Kaynak:DMI Fevk Rasatları)

Sıra No	TARİH	YER	OLAY	Tutarlılık** *: Evet	ZARAR
1	07/11/2007	Pazar/Rize	Yağış ve Sel	***	Karayolu ulaşımı aksadı.
2	10/11/2007	Denizli	Yağış ve Sel		İnsan, hayvan, ulaşım ve yerleşim yerleri zarar gördü.
3	10/11/2007	Edirne	Yağış ve Sel		İnsan, hayvan, ulaşım ve yerleşim yerleri zarar gördü.
4	11/11/2007	Mersin	Yağış ve Sel		İnsan, hayvan, ulaşım ve yerleşim yerleri zarar gördü.
5	12/11/2007	Malkara/Tekirdağ	Yağış ve Sel		Yerleşim yerleri zarar gördü.
6	13/11/2007	Kuşadası/Aydın	Yağış ve Sel		Yerleşim yerleri zarar gördü.
7	15/11/2007	Marmaris/Muğla	Yağış ve Sel		Yerleşim yerleri zarar gördü.
8	15/11/2007	Uzunköprü/Edirne	Yağış ve Sel		Yerleşim yerleri zarar gördü.
9	16/11/2007	Edirne	Yağış ve Sel	***	İnsan, hayvan, ulaşım ve yerleşim yerleri zarar gördü.
10	16/11/2007	Tekirdağ	Yağış ve Sel	***	Yerleşim yerleri zarar gördü.
11	16/11/2007	Malkara/Tekirdağ	Yağış ve Sel	***	İnsan, hayvan, ulaşım ve yerleşim yerleri zarar gördü.
12	16/11/2007	Çorlu	Yağış ve Sel	***	Yerleşim yerleri zarar gördü.
13	18/11/2007	Bodrum/Muğla	Yağış ve Sel		İnsan, hayvan, ulaşım ve yerleşim yerleri zarar gördü.
14	18/11/2007	Marmaris/Muğla	Yağış ve Sel		Yerleşim yerleri zarar gördü.
15	19/11/2007	Marmaris/Muğla	Yağış ve Sel	***	Yerleşim yerleri zarar gördü.
16	21/11/2007	Arapkir/Malatya	Yağış ve Sel	***	Yerleşim yerleri zarar gördü.

Tablo 1 incelendiğinde 5 Kasım 2007'den ay 2007 yılı sonuna kadar incelendiğinde toplam 16 sel olayı yaşanmıştır. Sel tahmin programı 16 sel olayından 7 tanesini 1 gün öncesinden tahmin edip bunu jpeg formatlı harita üzerine işaretlemiştir. Burada sel tahmin etme başarısı yüzde 44 dür. Bundan anlaşılacağı üzere yağış eşik değerleri tam olarak belirlenememiştir. Üzerinde daha net çalışmalar yapmak gerekmektedir.

Şekil 8'de 15 Kasım 2007 tarihli ve jpeg formatlı Türkiye haritası üzerinde görüldüğü gibi 1 gün sonrasını, yani 16 Kasım 2007de meydana gelecek seli önceden tahmin etmiştir.



4)Standart zamanlarda (5 dak, 10 dak, 15 dak, 30 dak, 1 saat, 2 saat, 3 saat, 4 saat, 5 saat, 6 saat, 8 saat, 12 saat, 18 saat, 24 saatlik) gözlenen maksimum yağış değerleri de kullanılarak seli tahmin etme metodu geliştirilebilir.

5)DMI fevk rasatlarına göre Türkiye'de 1980-2006 yılları arasında sel meydana getiren olaylar genelde Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos aylarında meydana geldiğinden ilkbaharda havaların ani ısınmasıyla birlikte karların hızlı erimesi neticesinde meydana gelecek selleri modelin tahmin etmesi oldukça güçtür. Bu nedenle ECMWF çıktıları yerine daha yüksek çözünürlüğü bulunan Mesoscale Yerel Model-5 MM5'in yağış tahmin model çıktılarından yararlanarak eğim, yükselti, arazi kullanımı, toprak yapısı faktörlerinin de kullanılacağı çok daha gelişmiş algoritmaları GIS teknikleriyle bütünleştirip sel afet risk bölgelerini daha hassas olarak ortaya koymak için çalışmalarımıza yön vermekteyiz.

## KAYNAKLAR

Aksu,S.,İnal, M., Güngör,A., Keskin,S., Türkiye'de 1970 ve 2005 yılları Arasında Meydana Gelen Taşkınlar ve Zararlarının Havza Bazında Değerlendirilmesi. I.Ulusal Taşkın Sempozyumu Tebliğler Kitabı, 10-12 Mayıs 2006 DSI Genel Müdürlüğü, Konferans Salonu, Yüce-tepe, Ankara, 47-64.

Ceylan,A., Kömüşçü, A.Ü., 2007, Meteorolojik Karakterli Doğal Afetlerin Uzun Yıllar ve Mevsimsel Dağılımları, I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi-TİKDEK 2007, 11-13 Nisan 2007, İ.T.Ü., İstanbul

Ceylan A, Alan,İ., Uğurlu, A., 2007, Causes and Effects of Flood Hazards in Turkey, International Congress on River Basin Management, 415-423, Antalya.

Çelik, H.,2006, Sellerin/Taşkınların Önlenmesinde Ormanların İşlevleri. I.Ulusal Taşkın Sempozyumu Tebliğler Kitabı, 10-12 Mayıs 2006 DSI Genel Müdürlüğü, Konferans Salonu, Yüce-tepe, Ankara, 223-228.

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, Yüce-tepe, Ankara, 157-163.

Şahin, C., Sipahioğlu, S., 2002, Doğal Afetler ve Türkiye, Ankara.

Veri Çözümleme Powerpoint Sunu, DMI-Sayısal Hava Tahmini Kurs Notları, Mayıs, 2007, Ankara.