

İSTANBUL İÇİN DEPREM SENARYOLARININ HAZIRLANMASINDA COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİNİN KULLANIMI

Okan Tüysüz¹

ÖZET

17 Ağustos 1999 ve 12 Kasım 1999 depremleri Marmara Bölgesinde büyük can kaybına ve maddi hasarlara yol açmış, dünyanın en aktif deprem kuşaklarından biri üzerinde yer alan ülkemizin depreme hazırlıksız olduğunu açık bir biçimde göstermiştir. Depreme hazırlanmada önemli aşamalardan biri de bir depremde meydana gelmesi muhtemel olan yer sarsıntısının belirlenmesidir. Böylece alınacak tedbirler bir bölgede yaşanması muhtemel maksimum yer sarsıntısına göre planlanabilecektir. Yer sarsıntısının büyüklüğü bir bölgede depremin yarattığı ivme ile ifade edilir. Bir depremin kaynağında üretilen elastik enerjinin kaynaktan uzağa doğru yayılması esnasında nasıl azalacağı ve bunun belli uzaklıkta ne kadar yer ivmesi yaratacağı deneysel formüller kullanılarak tahmin edilebilmektedir. Bu çalışma İstanbul'u etkilemesi muhtemel bir depremde nerede ne şiddette bir yer sarsıntısı oluşacağını belirlemesini amaçlamıştır. Bunun için Marmara Denizi içerisinde mevcut aktif faylar dikkate alınarak ve Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak kullanıcı kontrollü bir şiddet belirleme sistemi geliştirilmiştir. Sistem daha detay verilerin girilmesi ile geliştirilebilir niteliktedir. Senaryonun çeşitli faylar dikkate alınarak çalıştırılması ile elde edilen sonuçlara göre İstanbul'un sahil şeridi ve yakın bölgeler olası bir depremde en büyük şiddetten etkilenecek alanlardır.

GİRİŞ

Türkiye, aktif bir tektonik rejim içerisinde yer almakta, bu nedenle de büyük depremlerden etkilenmektedir. Bilhassa 17 Ağustos ve 12 Kasım 1999 depremlerinden sonra depremlerin yol açabileceği sorunlar ülkemizde daha etkin bir biçimde anlaşılmış, gelecekteki depremlere hazırlık kavramı üzerinde ağırlıklı olarak durulmaya başlanmıştır. Bu kapsamda yapılan çalışmalardan biri de deprem senaryolarının hazırlanmasıdır. Bu yoğun ve çok disiplinli çalışmanın önemli aşamalarından biri de bir bölgede gelecekte olması muhtemel depremlerin şiddetinin ve yaratacağı etkilerin belirlenmesidir.

Bir depremde bir bölgede yaşanan deprem şiddetini denetleyen çeşitli faktörler vardır. Bunların en önemlileri depremin büyüklüğü ve kaynak mekanizması, deprem odağına olan uzaklık ve zemin koşullarıdır. Deprem odağından salınan deprem dalgaları kayalar içerisinde uzağa doğru hareket ettikçe kayalar tarafından soğurulur ve etkilerini kaybederler. Deprem dalgalarının uzaklıkla azalması "azalım" adı ile bilinir. Azalım, deprem dalgalarının kaynaktaki özellikleri ile kaynaktan itibaren takip ettikleri yolun değerlendirilmesi ile verilen bir noktadaki yer sarsıntısının tahmin edilmesidir. Önceki deprem verilerine dayandırılmış olan formüller kullanılarak bir depremin çevresinde yaratacağı ivme, buradan hareketle de oluşabilecek şiddet belirlenebilmektedir.

¹ İ.T.Ü., Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü, 34469, Maslak, İstanbul

Son 20 yılda bilgisayar teknolojisinde gelişmelerden biri de mekansal dağılımı olan (coğrafi) verilerin sınıflanmasına ve sorgulanmasına olanak sağlayan Coğrafi Bilgi Sistemleri'nde (CBS) yaşanmıştır. Bu çalışmada jeolojik veriler ve CBS in analiz yetenekleri kullanılarak faylar üzerinde olabilecek depremlerin azalım ilişkileri araştırılmıştır.

İSTANBUL'UN ZEMİN KOŞULLARI

İstanbul, yer yer geniş yayımlı ve oldukça kalın olabilen alüvyonlar ve yamaç molozları ile tarihi bir yerleşimin ve hızla büyüyen bir metropol olmanın beraberinde getirdiği yapılaşmanın bir sonucu olan suni dolgular dışında genel olarak kaya ortamı üzerinde yer almaktadır. İstanbul'un üzerine oturduğu bu birimler zemin davranışı açısından üç grupta ele alınabilir. Birinci grup Paleozoyik yaşlı kayalardan oluşur. Bu birimlerin ortak özelliği yaşlı ve sağlam kayalardan oluşmasıdır. Bilhassa Avrupa yakasında Halkalı, Küçükçekmece ve İkitelli civarlarında görülen Eosen yaşlı kireçtaşları da sağlam kaya niteliği nedeniyle bu gruba dahil edilebilir. İkinci grup Mimarşinan, Gürpınar ve çevresinde görülen Gürpınar formasyonu, Karaburun formasyonu ve eşdeğerleri, Bakırköy, Gaziosmanpaşa, Bahçelievler ve çevresinde görülen Üst Miyosen istifleri ile bilhassa Anadolu yakasında geniş yayımlı olan Belgrad formasyonunun tutturulmamış ya da çok zayıf tutturulmuş kırıntılılarından oluşur. Bu grubun ortak özelliği genellikle killi, kumlu yer yer zayıf tutturulmuş nitelikte birimleri içermesidir. Üçüncü grup ise genellikle zayıf zemin niteliği taşıyan alüvyon, yamaç molozu ve suni dolguları içerir.

İstanbul Paleozoyik istifi litolojik olarak kuvarsit, arkoz, grovak, şeyl ve kireçtaşlarından oluşmaktadır. Tüm bu birimler orijinal niteliklerinin korunduğu alanlarda son derece sağlam bir kaya ortamı, böylece de yerleşim açısından tercih edilir bir özellik sergilemektedirler. Ancak bu birimlerin deformasyon esnasında kazanmış oldukları kırık, çatlak fay ve makaslamalar ile atmosferik koşullar altında uğradıkları değişiklikler yukarıda da değinildiği gibi orijinal kaya davranışının bozulmasına neden olmuşlardır. Bilhassa zemin davranışı açısından önemli olan üst 30 metrelik zon içerisinde görülen ayrışma ve alterasyonlar İstanbul'da mühendislik yapılarının inşasında karşılaşılan büyük problemlere yol açmaktadır. Örneğin Anadolu yakasında geniş yer kaplayan Kurtköy formasyonunun arkozları orijinalde sert-çok sert kaya niteliği taşımalarına rağmen yer yer alterasyon sonucu tamamen kuma dönüşmüş olarak izlenmektedir. Bilhassa Avrupa yakasında yaygın olarak görülen ve İstanbul'un tünel, metro, köprü gibi önemli mühendislik yapıları için detaylı araştırılmış olan Karbonifer yaşlı grovaklar (Trakya formasyonu) yer yer aşırı çatlaklı yapısının yanı sıra killeşme, ayrışma gibi ikincil etkilerle de kaya niteliğini yitirmiş olarak bulunabilmektedir. İksel niteliklerinin korunduğu alanlarda Vs hızı 1000-1500 m/sn veya daha fazla olan birimde bu tür kesimlerde Vs hızı 200 m/sn ye kadar düşebilmektedir. Paleozoyik istiflerdeki bu davranış farkı genellikle yatay ve düşey olarak çok ani ve hızlı değişimler gösterebilmekte, aynı yapının farklı kesimlerinde bile çok farklı davranışlar ortaya çıkabilmektedir. Bu örneklerden de anlaşılacağı gibi her ne kadar İstanbul'un büyük bir kesimi kaya ortamı üzerinde bulunmakta ise de bu ortamın zemin davranışı çok sayıda faktör tarafından hızla indirgenebilmektedir.

İstanbul'un bilhassa Avrupa yakasında görülen Çukurçeşme, Güngören ve Bakırköy formasyonları gibi birimler zemin davranışı açısından Paleozoyik birimlerden farklı özelliklere sahiptir.

Masif kayadan gevşek kuma kadar değişen litolojilerden oluşan ve çoğunlukla birbirleri ile yanal ve düşey geçişler gösteren bu birimlerde Bakırköy formasyonundaki bazı erime yapıları dışında ikincil etkiler genellikle önemsiz kalmaktadır. Bu birimler içerisinde zemin davranışını etkileyecek başlıca ikincil etkilerin başında yeraltısuyu gelmektedir. Örneğin yer yer gevşek kumlardan oluşan Çukurçeşme formasyonunda sığ yeraltısuyu varsa zemin taşıma gücü son derece azalmaktadır. Bu tür örnekler Gaziosmanpaşa, Maslak, Eyüp gibi ilçelerde yaygın olarak rastlanmıştır. Güngören ve Bakırköy formasyonlarında oturma, heyelan gibi olumsuz etkiler yaygındır. Bu grup kayaların önemli bir özelliği de 1 ile 2.5 misline varan oranlarda zemin büyütmesine yol açmalarıdır.

İstanbul'un kuzey kesimlerini oluşturan ve Şile, Kilyos, Sarıyer civarlarında yaygın olarak mostra veren ve üzeri Miyosen çökelleri ile örtülen Üst Kretase yaşlı volkanik istifler de farklı zemin davranışı gösteren birimlendendir. Bu istifin egemen litolojisi olan volkanitler genellikle şiddetli bir alterasyondan etkilenerek kısmen ya da tümü ile killeşmişlerdir. Orijinalde masif kaya olan bu birimler çoğu mühendislik çalışmalarında sert-orta sert kil olarak değerlendirilmektedir.

Alüvyonlar dere içerilerine özgü alanlarda yer almakla birlikte üzerlerinde yer yer yoğun yerleşim görülmektedir. Gerek alüvyonlar gerekse benzer zemin davranışı gösteren örneğin yamaç molozları gibi diğer birimler ve dolgular zemin davranışını olumsuz etkileyen birimlerdir. Bunlarda zemin ve şev duraysızlıkları, oturma, kabarma ve kayma olayları ile 3 misline varan zemin büyütmesi başlıca sorunları oluşturmaktadır. Çoğu çalışmada bu tür birimler üzerinde yerleşimden kaçınılması tavsiye edilmektedir.

Zemin davranışını etkileyen faktörlerden biri de morfolojidir. Topoğrafya eğimi, bakış yönü, kayanın yapısal unsurları ile topoğrafya eğimi arasındaki ilişki zemin davranışını etkilemektedir. Örneğin tabakalanma ile topoğrafya eğiminin aynı yöne olması kaya akmalarına ya da heyelanlara yol açabilmektedir. Diğer yandan ani topoğrafik değişimlerin deprem dalgalarının yayılmasında son derece etkili olduğu ve bunların büyütülmesine yol açtığı bilinmektedir.

Bu çalışma açısından ele alındığında İstanbul'daki birimlerin depreme karşı davranışının nasıl olduğu önemli bir sorundur. Birimlerin davranışını etkileyen ve bu etkinin ölçülmesinde önemli parametrelerden biri Vs hızlarıdır. Vs hızları laboratuarda ya da yerinde ölçülebilen büyüklüklerdir. Bu değerler aynı formasyon içerisinde yukarıda tanımlanan nedenlerle farklı bölgelerde ve farklı derinliklerde hızlı değişim göstermektedir. Bu nedenle bir birim ya da bir yer için ortalama bir Vs hızının verilmesi bir genellemeye yol açacağından senaryoda gerçekten farklı sonuçların elde edilmesine yol açabilir. Yerel değerlerin kullanılmasında teknik açıdan bir zorluk olmamakla birlikte daha çok bir test niteliği taşıyan bu tür bir çalışmada mümkün olduğunca doğru bir ortalama değerlerin kullanılması uygun görülmüştür. Sistemin açık yapısı nedeniyle gerektiğinde yerel değerler de bu sisteme kolayca entegre edilebilecektir.

İstanbul'daki formasyonların yerel ya da ortalama Vs hızlarının yayınlandığı bir çalışma bulunmamaktadır. Bu değerler kısmen İstanbul Büyükşehir Belediyesi Zemin Deprem Müdürlüğünde mevcut olup talep etmemize tarafımıza verilmemiştir. Bu nedenle hazırlanan senaryoda kullanılacak

değerler İstanbul'da faaliyet gösteren bazı mühendislik büroları ve bazı belediyeler ziyaret edilerek toplanmış, yerel koşullar da dikkate alınarak bunların ortalamaları alınmıştır. Ortalama alınırken farklı katmanların doğrudan ölçülen Vs değerlerinin yanı sıra zeminin ilk 30 metresinde yapılan sondajlardaki SPT (Standart Penetration Test) değerleri alınarak bunlara karşılık gelen Vs değerleri de kullanılmıştır.

İSTANBUL'UN DEPREMSELLİĞİ

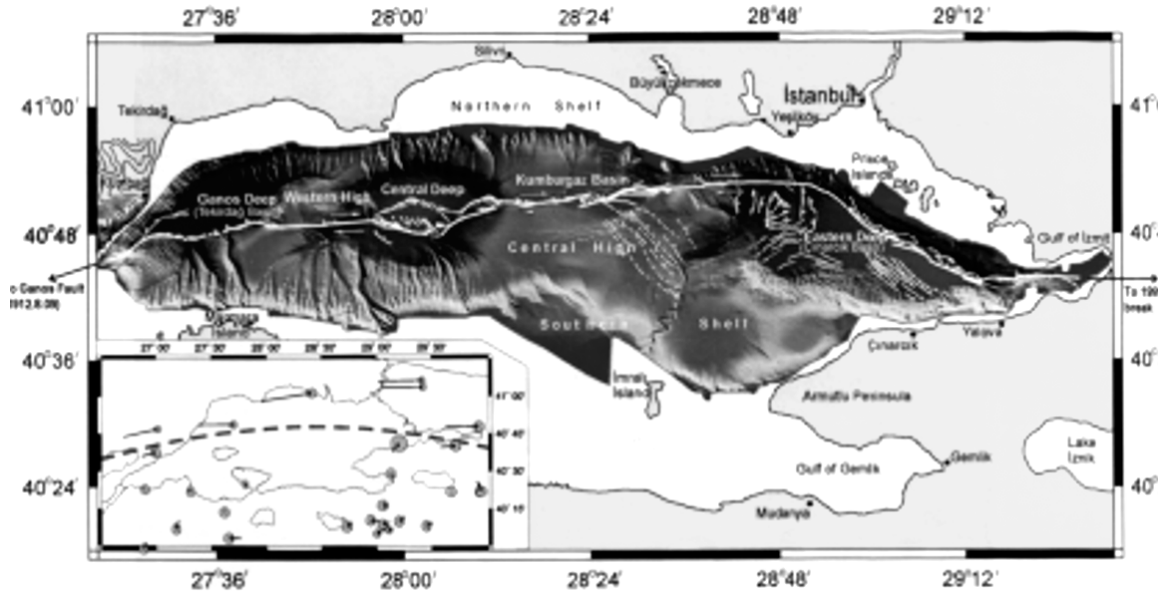
İstanbul, tarih boyunca yıkıcı depremlerden etkilenmiştir. İstanbul'un İmar ve İskan Bakanlığı tarafından hazırlanan 1996 tarihli Türkiye Deprem bölgeleri haritasındaki konumu Şekil 1 de izlenmektedir. Buna göre İstanbul il sınırları içerisinde 1, 2, 3 ve 4. derece deprem bölgeleri bulunmaktadır.



Şekil 1 Türkiye deprem bölgeleri haritasında İstanbul ilinin konumu (Afet İşleri Genel Müdürlüğü, 1996)

İstanbul il sınırları içerisinde kara üzerinde gerek tarihsel gerekse aletsel döneme ait bilinen hiçbir yıkıcı deprem yaşanmamıştır. İstanbul'da yıkıcı etki oluşturan bütün depremlerin Marmara denizi içerisindeki faylar üzerinde oluştuğu kabul edilmektedir (Şekil 2). Son veriler ışığında da Marmara denizi içerisinde ciddi bir deprem tehlikesi olduğu kabul edilmektedir. Bu konudaki başlıca kabuller aşağıdaki verilere dayanmaktadır:

17 Ağustos 1999 Kocaeli-Gölcük ve 12 Kasım 1999 Düzce depremleri Kuzey Anadolu Fayı üzerinde 1939 da başlayan ve batıya doğru süren bir dizi deprem etkinliğinin son halkaları olmuşlardır. Bu durum fay segmentleri üzerindeki stres transferi ile açıklanmaktadır. Bir deprem, üzerinde oluştuğu faydaki gerilmeyi azaltırken, komşu faylar üzerindeki gerilmeleri değiştirir. Deprem sonrası yapılan çalışmalar, sismik aktivitenin gerilmenin arttığı alanlarda arttığını, gerilmenin azaldığı alanlarda ise azaldığını ortaya koymuştur. İzmit depremi Düzce depreminin meydana geldiği bölgede, yani 17 Ağustos 1999 kırığının doğusunda kalan bölgede, gerilimi 1-2 bar arttırmış, kırığın batı tarafındaki bölgede gerilimin 0.5-5 bar artmasına yol açmıştır



Şekil 2 Marmara denizinin batimetri haritası (Le Pichon vd., 2001 den alınmıştır)

Parsons vd. (2000) tarihsel depremler üzerinde yaptıkları çalışmalarla Marmara denizi içerisindeki fayların tekrarlanma aralıklarını araştırmış ve bunları GPS verileri ile denestirerek Marmara Denizinde deprem tekrarlanma zamanının yaklaştığı sonucuna ulaşmışlardır. Bu araştırmacılara göre İstanbul'da önümüzdeki 30 yıl içerisinde büyük bir depremin olma olasılığı deprem tekrarlanma aralıklarına göre ~%25 tir. Bu araştırmacılar diğer yandan tekrarlanma zamanlarından tahmin edilen zamana bağlı olmayan Poisson olasılığını da hesaplamışlar ve Marmara denizi içerisindeki gelecekteki otuz yıl içinde büyük bir deprem olma olasılığını ~%25 olarak hesaplamışlardır. Üzerinde gerilimin arttığı fayların, gerilimi değişmemiş diğer faylardan daha önce kırılacağı göz önünde tutularak, deprem olasılık hesaplarına gerilim transferi de eklenmiştir. Sonuçta İstanbul'da önümüzdeki 30 yıl içerisinde kuvvetli bir sarsıntının (yer sarsıntısı ivmesi 0.34-0.65g) olma olasılığı % 62±15 olarak hesaplanmıştır. Bu oran önümüzdeki 22 yıl için %50±13 iken, önümüzdeki 10 yıl için ise %32±12 olarak belirlenmiştir. Üzerinde tartışma olmakla birlikte deprem senaryolarında Marmara Bölgesini etkileyecek bir depremin büyüklüğü $M=7.5$ olarak alınmaktadır.

İSTANBUL İÇİN DEPREM SENARYOSU

Bir deprem senaryosunun ilk ve temel aşaması tehlikenin ve bu tehlikenin gerçekleşme olasılığının saptanmasıdır. Deprem açısından ele alındığında ise bir senaryonun ilk aşaması bir bölgeyi etkilemesi muhtemel depremin olma olasılığı ve o bölgede yaratacağı yer sarsıntısının belirlenmesidir.

Bir depremin bir bölgede yaratacağı kuvvetli yer hareketinin genliği maksimum yer ivmesi ile ifade edilir. Bir bölgedeki yer ivmesinin büyüklüğü depremin büyüklüğü, odak derinliği, fayın türü, atım miktarı, fayın uzunluğu, fayın uzaklığı, kaynak ile bölge arasındaki kaya türü, morfoloji gibi faktörlerle denetlenir. Maksimum yer ivmesinin belirlenmesi amacı ile ölçülen ivme değerlerinden hareketle çok sayıda azalım formülü geliştirilmiştir. Bu formüllerde yukarıda sayılan parametreler kullanılarak deprem odağından belli uzaklıkta bir alanda olabilecek maksimum yer ivmesi belirlenebilmektedir. Söz konusu

azalım formülleri içerisinde en fazla kabul görenlerden biri Boore vd. (1993 ve 1997) tarafından geliştirilen formüllerdir. Yakın zamanda Arıoğlu vd. (2001) Boore vd. (1993 ve 1997) formüllerini 17 Ağustos 1999 depremi esnasında ölçülen değerlerle karşılaştırarak bu formülün Marmara bölgesi için geçerliliğini test etmişler ve uygun bulmuşlardır. Bu çalışmada İstanbul için deprem senaryosu hazırlamada CBS, söz konusu azalım formülünü otomatik olarak çalıştırılması için kullanılmıştır. Böylece azalım formüllerinde veya jeolojik ve jeofizik verilerde değişiklikler olduğunda ya da risk bölgeleri belirlendiğinde programın çalıştırılması ile İstanbul ve çevresinde nerelerin hangi şiddette sarsılabileceği kolaylıkla tespit edilebilecektir. Diğer yandan gerektiğinde program uyarlanarak ölçülen ivmelerden hareketle hangi fayın kırıldığı ve ne büyüklükte bir deprem yaşandığının belirlenmesinde de kullanılabilir.

Çalışma için amaca en uygun bulunan, ESRI (Environmental Systems Research Institute Inc.) tarafından üretilmiş olan ve bu konuda tüm dünyada en yaygın kullanılan programlardan biri olan ArcView 3.2 kullanılmıştır. Program dünya genelinde çok farklı amaçlarla kullanılmakla birlikte bu çalışmadaki amaç çerçevesinde aşağıdaki aşamaların gerçekleştirilmesi için kullanılmıştır:

- 1- İstanbul'un sayısal jeoloji haritasının hazırlanması,
- 2- Hazırlanan jeoloji haritasındaki her bir formasyonun çeşitli parametrelerine ait verilerin (kaya/zemin türü, Vs hızları vb) veri bankasına işlenmesi
- 3- İstanbul'u etkilemesi olası fayların haritalanması
- 4- Bu fayların boylarından hareketle üretebilecekleri maksimum deprem büyüklüğünün belirlenmesi, bunların fay haritalarının veri bankalarına işlenmesi
- 5- Azalım formüllerinin mevcut ivme değerleri ile test edilmesi (böylece uygun formülün seçilmesi)
- 6- Azalım formülünün İstanbul için uygulanması
- 7- Elde edilen ivme değerlerinin şiddet değerlerine dönüştürülmesi
- 8- Eş şiddet haritalarının hazırlanması.

Detay kullanımı Tüysüz (2003) tarafından tanıtılmış olan bu uygulamanın amacı güncel verilerin kolaylıkla entegre edilebileceği bir sistem oluşturulması ve bu sistemin olası bir depremin yaratacağı şiddeti tayin etmede kolay ve hızlı bir yöntem olarak kullanılmasıdır. Burada istenen bir fay seçilebilmekte, bu faya formüller ışığında otomatik olarak bir deprem büyüklüğü atanabilmekte ve bu fayın belirtilen büyüklükte bir deprem üretmesi durumunda oluşacak şiddet dağılımı otomatik olarak haritalanmaktadır. Böylece bölge, il, ilçe, mahalle hatta bina bazında bir yer seçilerek bu yerin etkileneceği deprem şiddeti otomatik olarak belirlenebilmektedir. Elde edilen değerler yerel zemin koşullarını da içerebildiğinden Şekil 1 de verilen haritada olduğu gibi "deprem bölgesi" kavramının genellemelerinden kurtulmak mümkün olmaktadır.

SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu çalışmada 5 senaryo hazırlanmıştır. Bunlar her biri Marmara fayının bir segmentini oluşturan Ganos-Tekirdağ segmenti, Tekirdağ-Yeşilköy segmenti, bu iki segmenti içeren Batı Marmara fayı ve Adalar faylarına (Şekil 2) ait senaryolar ile tüm fayların bir arada kırılmasına yönelik senaryolardır. Buna göre:

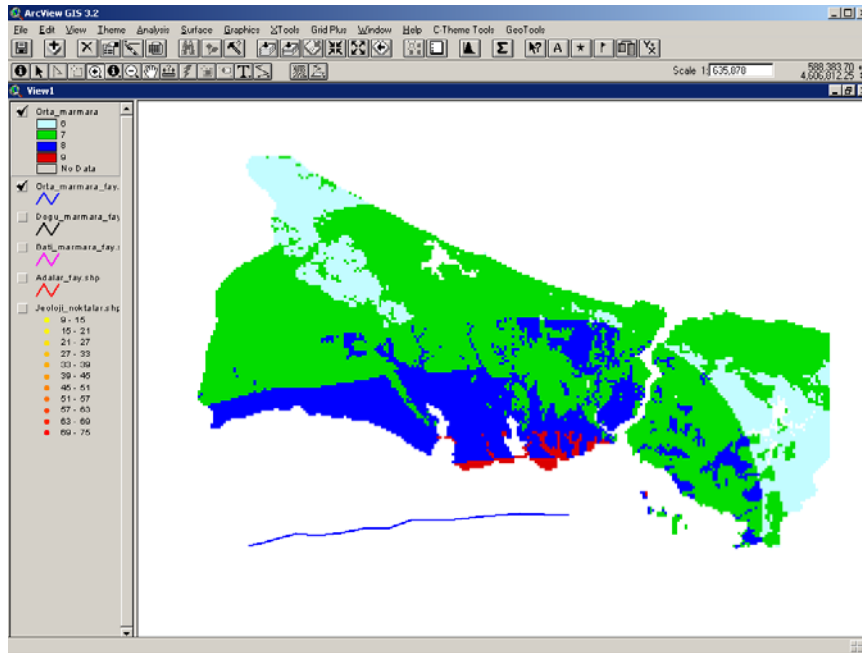
1- Adalar fayı ile Tekirdağ çukurluğu arasında yeralan Tekirdağ-Yeşilköy segmenti (65 km) kırıldığında deprem İstanbul'un Avrupa yakasında sahil şeridinde 9, Avrupa yakasının güney kesimlerinde 8 şiddetine varmaktadır (Şekil 3).

2- Adalar fayı 37 km uzunluğundadır. Bu fay kırıldığında 6.89 büyüklüğünde bir deprem beklenmektedir. Bu fayın oluşturacağı depremde 9 şiddetinde yer sarsıntısı beklenen alanlar oldukça sınırlıdır (Şekil 4). Buna karşılık sahile yakın kesimde 7 ve 8 şiddetinde bir sarsıntı yaygın olacaktır.

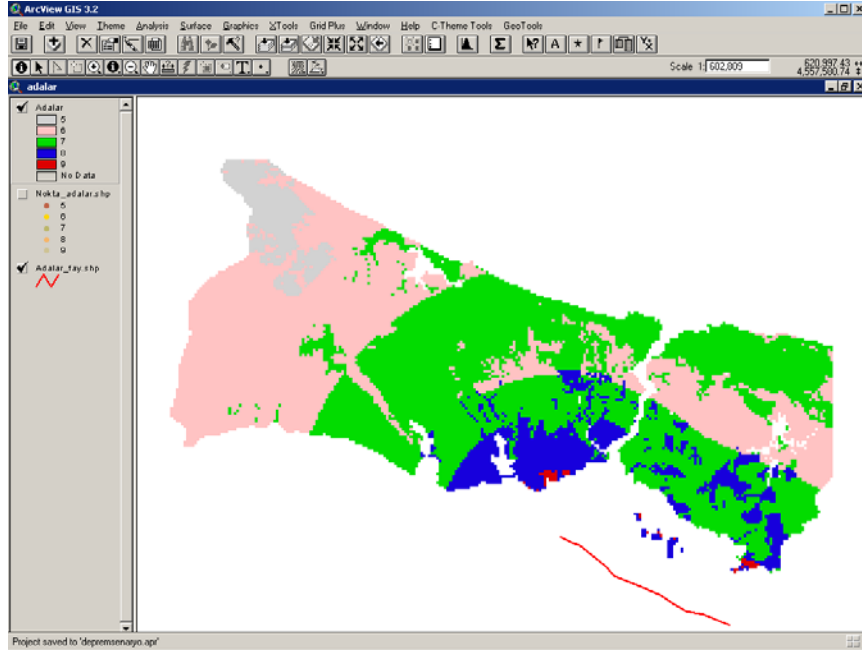
3- Batı Marmara fayı Ganos açıklarından başlayarak Yeşilköy açıklarına kadar uzanır ve 122 km uzunluğundadır. Bu fayın kırılması durumunda 7.5 büyüklüğünde bir deprem beklenmektedir. Bu depremde İstanbul'un Avrupa yakasında sahil şeridinde 9, daha iç kesimlerde ve 8 ve giderek azalan değerlerde yer sarsıntısı beklenmelidir (Şekil 5).

4- Ganos-Tekirdağ segmenti 57 km uzunluğundadır. Bu fayın kırılması durumunda 7.1 büyüklüğünde bir deprem beklenir. Bu durumda İstanbul'un Avrupa yakasında kısmen 8, ancak büyük çoğunlukla 7 ve 6 şiddetinde yer sarsıntısı oluşacaktır (Şekil 6)

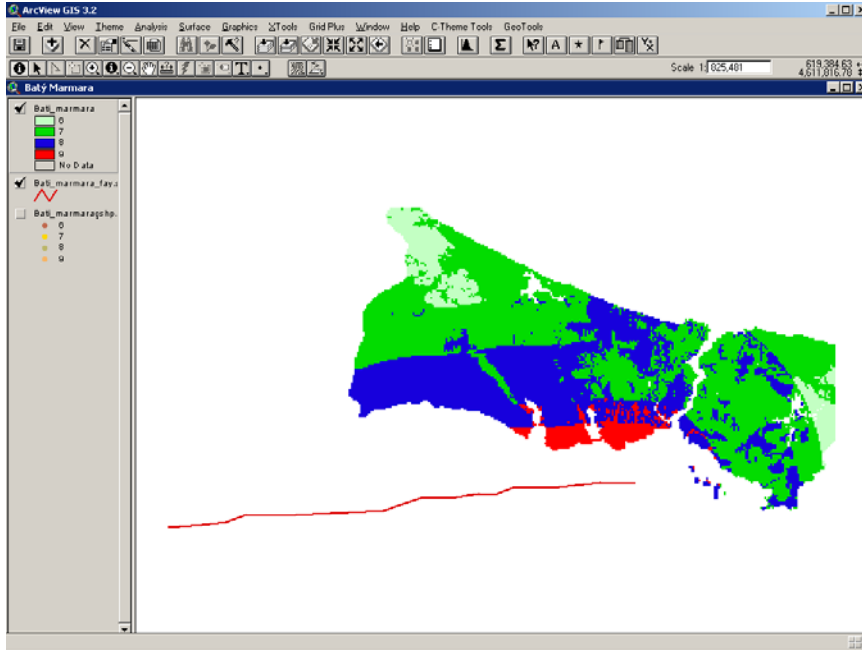
5- Tüm fayların birlikte ve tek seferde kırılması durumunda toplam fay uzunluğu 159 km dir. Bu durumda 7.63 büyüklüğünde bir deprem beklenmektedir. Bu tür bir depremde İstanbul'un sahil şeridinde geniş bir alan 9 şiddetinde bir yer sarsıntısına uğrayacaktır (Şekil 7).



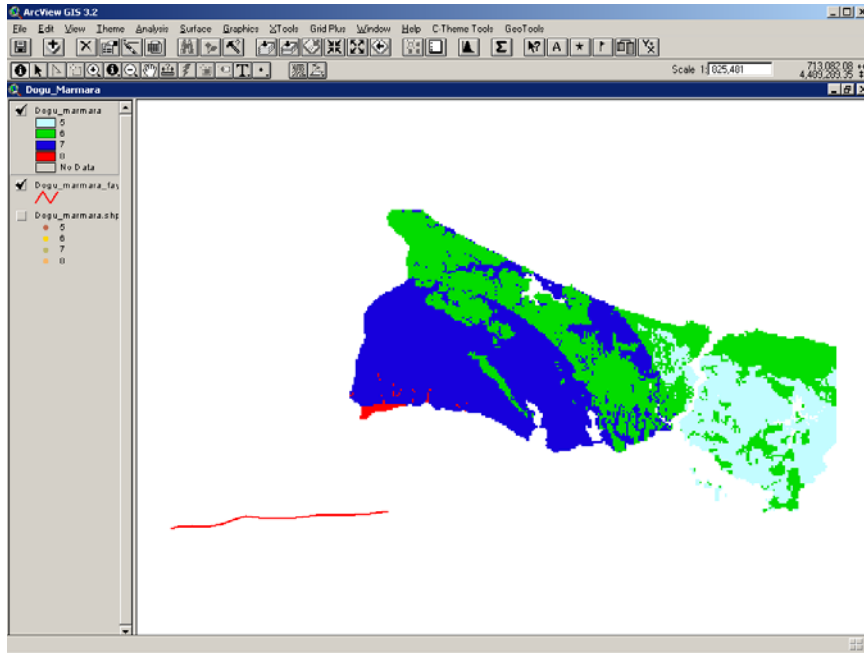
Şekil 3 Tekirdağ-Yeşilköy fayının kırılması durumunda oluşacak eş şiddet haritası



Şekil 4 Adalar fayının kırılması durumunda oluşacak eş şiddet haritası

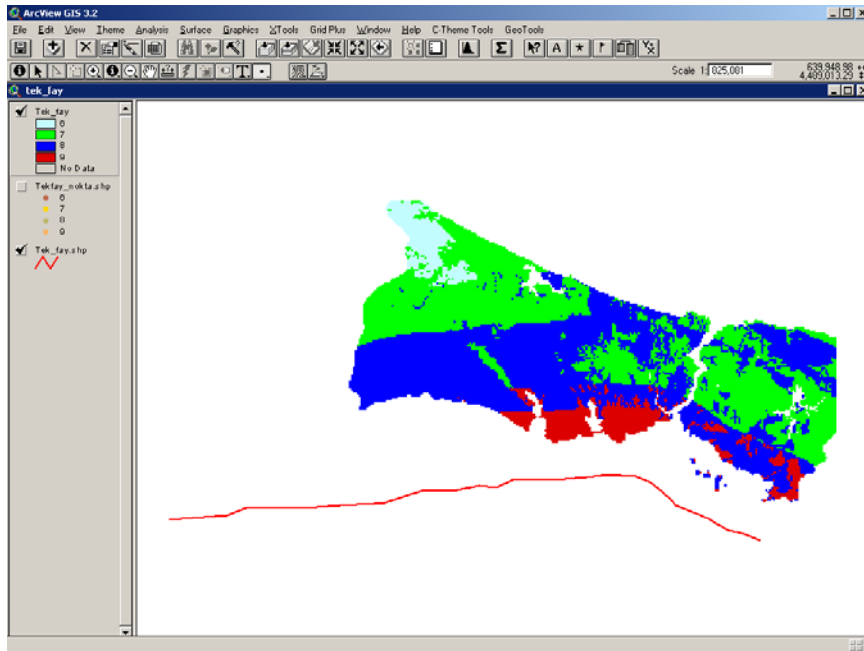


Şekil 5 Batı Marmara fayının kırılması durumunda oluşabilecek eş şiddet haritası



Şekil 6 Ganos-Tekirdağ segmentinin kırılması durumunda oluşması beklenen eş şiddet haritası

Yukarıda verilen değerlerde sarsılma süresinin ve zemin büyütmesinin dikkate alınmamıştır. Bu etkiler de gözetildiğinde verilen değerlerin olası en düşük ihtimallere karşılık geldiği belirtilebilir.



Şekil 7 Marmara'daki tüm fayların birlikte kırılması halinde beklenen eş şiddet haritası

Yukarıda verilen haritalar dikkate alındığında bunların halen ülkemizde geçerli olan ve Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğünce en son 1996 yılında yayınlanmış olan deprem bölgeleri haritası ile uyumadıkları görülmektedir. Günümüzde imar ve inşaat projelerine esas değerlerin bu harita dikkate alınarak seçildiği gözetilirse 1996 tarihli bu haritanın zaman geçirilmeden değiştirilmesi gereği açık olarak ortaya çıkmaktadır.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

Arioğlu, E., Arioğlu, B.M., Girgin, C., 2001, Doğu Marmara depreminin yer ivme değerleri açısından değerlendirilmesi. *Beton Prefabrikasyon*, =cak-Nisan 2001, 57-58, 5-15.

Boore, D. M., W. B. Joyner, and T. E. Fumal, 1993,. *Estimation of response spectra and peak accelerations from western North American earthquakes: An interim report*, U.S. Geological Survey Open-File Report 93-509.

Boore, D.M., W.B. Joyner, and T.E. Fumal (1997). *Equations for estimating horizontal response spectra and peak acceleration from western North American earthquakes: A summary of recent work*, *Seism. Res. Letters*, v. 68, 128–153.

Le Pichon, X., Şengör, A.M.C., Demirbağ, E., Rangin, C., İmren, C., Armijo, R., Görür, N., Çağatay, N., Mercier de Lepinay, B., Meyer, B., Saatçılar, R., Tok, B., 2001, *The active Main Marmara Fault*, *Earth and Planetary Science Letters*, 192, 595-616.

Parsons, T., Toda, S., Stein, R., Barka, A., Dieterich, J., 2000, *Heightened odds of large earthquakes near İstanbul: an interaction-based probability calculation*. *Science*, 288, 661-665.

Tüysüz, O., 2003, *İstanbul İçin Deprem Senaryolarının Hazırlanmasında Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kullanımı*, İTÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi, 76s.