

DEPREM BÖELGLERİ İÇİN KENTSEL YÖNETİM SİSTEMLERİNİN AYRILMAZ BİLEŞENİ: DEPREM RİSK ANALİZLERİ

Prof. Dr. S. Feyza Çiniciođlu, Yrd. Doç. Dr. İlknur Bozbey, İnşaat Yük. Müh. M. Kubilay
Keleşoğlu, Yrd. Doç. Dr. Sadık Öztoprak, Doç. Dr. N. Kemal Öztoran
İstanbul Üniversitesi, İnşaat Mühendisliđi Bölümü, Avcılar, 34320, İstanbul

ÖZET

Günümüz teknolojisi bir kente ait tüm verilerin Kent Bilgi Sistemi çerçevesinde depolanmasına ve kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Deprem bölgeleri içinde bulunan kentlerde ise deprem risk analizleri Kent Bilgi Sistemlerinin ayrılmaz bir bileşenedir. Bu bildiride deprem risk bilgilerinin oluşturulması konusu birinci derece deprem bölgesinde bulunan Bakırköy ilçesi için yapılan deprem risk analizi projesi çerçevesinde tanıtılmaktadır. Bu proje kapsamında farklı aşamalarda yapılan kapsamlı çalışmalar ile ilçenin sismik mikrobölgelemesi yapılmış ve ilçe sınırları içinde bulunan 10599 binaya teker teker gidilerek yapısal özellikler tespit edilmiş, her bina için binaya ait özel rapor tanzim edilmiş ve ayrıca binaların tümü deprem risk analizi metodolojisi çerçevesinde birbirleri ile kıyaslanarak güvenlik seviyeleri göreceli olarak değerlendirilmiştir. Risk haritaları ilçedeki yapı stoğu hakkında bilgi haritaları, 1/1000'lik ölçekte ve ayrıca mahalle bazında Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında hazırlanmıştır. Çalışmanın yukarıdaki aşamaları 2002'de bitirilmiş ve proje Dünya Bankası tarafından pilot proje olarak seçilmiştir. Deprem risk bilgilerini oluşturmak bakımından önemli olduğu kadar, Kent Bilgi Sistemleri içerisinde karar ölçüt ve süreçlerini etkileyen özelliği ile de önemlidir.

1. GİRİŞ

Kent Bilgi Sistemi ile kente ait her türlü bilgi, belirli bir sistem içinde ve teknoloji desteği ile kullanılabilir veri haline getirilebilir. Günümüz bilgisayar teknolojisinin veri depolama, bütünleştirme, analiz ve görselleştirme kapasitesindeki gelişme kentsel yönetim anlayış ve yöntemlerinde de önemli gelişmelere yol açmıştır. Bu bağlamda afete hazırlıklı olma ve afetin neden olacağı hasarın azaltılması, kentsel bilgi sistemlerinin en önemli parçalarından birisidir ve kent ile ilgili planlama ve geliştirme kararlarının altlığını teşkil edecek öneme sahiptir. Bu çalışmalar Afet Bilgi Sistemi olarak adlandırılabilir. Bu bildiride ülkemiz açısından birincil derecede öneme sahip afetin deprem olduğu dikkate alınarak deprem bilgi sistemlerinin oluşturulmasına örnek olabilecek sistematiğe sahip bir çalışma tanıtılmaktadır.

Bilgi sistemlerinin en önemli ayağını veri kalitesi ve veri depolama işleminin uygun sistematik ile yapılması oluşturur. Uygun sistematik tanımlaması uluslararası ölçütlere uyumlu olmakla birlikte ulusal ve yerel özellikleri de dikkate alan bir yaklaşımı içerir. Tüm kentsel bilgilerin gerektirdiği gibi deprem risk bilgilerinin de küresel koordinatları ile tanımlanarak depolanması önemlidir ve Coğrafi Bilgi Sistemleri

(CBS) bu anlamda çok kıymetli bir araçtır. Ancak başarılı uygulama için veri kalitesi büyük önem taşımaktadır. Geniş alan veri tabanı bir kere oluşturulduktan sonra nadiren geri dönülerek bilgi kalitesi sorgulanmaktadır. Ayrıca geri dönüşün ve sorgulamanın getireceği bir takım sorunlar da söz konusudur (yeni parametre tanıtımının analizlerde yaratacağı sapmalar, veri eksikliklerini tamamlarken ortaya çıkan yöntem farklılıkları ve zaman kaybı, vb..). Bu bakımdan Deprem Risk Bilgilerinin başlangıçta doğru tanımlanmış bir sistematikte elde edilmesi, analizi ve sonuçlarının hayata geçirilmesi deprem kuşağında yer alan ülkemizde kentsel yönetimler için büyük önem taşımaktadır.

Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmeliğe (1997) göre, Türkiye sismik aktivite açısından maksimum yatay yer ivmesi büyüklüğü itibariyle beş bölgeye ayrılmıştır. Ülkemiz yüzölçümünün % 66'sı, nüfus olarak ise % 71'i (1997 itibari ile) toplam 80 ilin 56'sı (%71) ve tüm belediyelerin 1900 adedi (% 68) 1. ve 2. derece deprem bölgeleri içinde (en riskli iki bölge) yer almaktadır. Bu bölgelerdeki nüfus artış hızı da diğer bölgelere kıyasla biraz daha yüksektir. 4. ve 5. deprem bölgelerinde (deprem açısından daha az risk taşıyan bölgelerde) ise nüfus azalma eğilimi göstermektedir (Arioğlu,2002). Bu tablo ülkemizde gerek kentleşmiş, gerekse kentleşmeye açılacak olan bölgelerde olası bir depremin sebep olacağı zararın en aza indirilebilmesi için deprem tehdidinin boyutlarının mevcut yerel ve yapısal koşullarla birlikte oldukça gerçekçi bir seviyede tanımlanması ve alınması gereken önlemlerin buna göre belirlenmesi gereğini ortaya koymaktadır.

Deprem gibi afetlere karşı hazırlıklı olma, can ve mal kaybını en aza indirme gayretleri insani boyutları sebebiyle küresel niteliktedir. Bu çalışmaların ilk örnekleri son 15-20 yılda zengin ve çok gelişmiş ülkelerde gerçekleştirilmiş ve bu konularda uluslararası bilgi birikimi önemli bir düzeye ulaşmıştır. Ülkemizde yürütülmesi gereken çalışmalar ulusal zorunluluğumuz olmakla birlikte bu çalışmalarda belli bir sistematığın sağlanabilmesi ve denetim mekanizmasının oluşturulabilmesi için uluslararası kabul edilmiş sistematik esas alınmalıdır. Depreme hazırlık çalışmalarının ve deprem sonrası acil yardım çalışmalarının hukuki, tıbbi, sosyolojik, fiziksel, mali ve benzeri çok çeşitli boyutları olmakla birlikte, depremde can kaybı ve hasarın çoğu mühendislik hizmetlerinin yetersizliğinden kaynaklanmaktadır. Depreme karşı zarar görebilirliğin azaltılması konusunda gerekli mühendislik hizmetleri aşağıdaki gibi iki ana grupta tanımlanabilir:

- i. Şehirleşmiş alanlarda zarar görülebilirlik seviyesinin tanımlanması (bu çalışma alınması gereken önlemlerin neler olduğunun tanımlanması, maliyet analizlerinin yapılması ve risk azaltma çalışmalarının programlanması için gerekli tabanı oluşturur)
- ii. Yerleşime yeni açılacak alanlar ve yeni yapılacak yapılarla ilgili çalışmaların tanımlanması

Bakırköy ilçesi için hazırlanan "Bakırköy İlçesi Deprem Zararlarını Azaltma Projesi" şehirleşmiş alanlar için deprem risk bilgilerini oluşturmaya yönelik olarak hazırlanan projeler arasında örnek teşkil edebilecek kapsamda ve detaydadır. Somut bir örnek teşkil etmesi bakımından bu bildiri deprem risk bilgilerinin oluşturulması konusu Bakırköy Projesi çerçevesinde sunulmaktadır.

2. BAKIRKÖY BÖLGESİ DEPREM RİSK BİLGİLERİNİ OLUŞTURMA ÇALIŞMALARI KAPSAMI

Bakırköy ilçesi gibi yerleşimini tamamlamış bir bölgeye ait depreme hazırlık çalışması aşağıdaki aşamalardan oluşmalıdır.

- 1) Zemin özelliklerine bağlı mikrobölgeleme ve arazi güvenlik değerlendirme. Yerel zemin özelliklerine ve beklenen deprem özelliklerine bağlı olarak yer hareketinin yaratacağı farklı geoteknik davranış biçimlerinin (zemin büyütmesi, sıvılaşma, heyelan riski, taşıma gücü kaybı vb.) ve etki seviyelerinin belirlenmesi.
- 2) Zemin-yapı etkileşimini de hesaba katan hasar risk analizi. Bölgedeki yapı stoğunun envanteri çıkarılır ve birinci aşamadan elde edilen geoteknik risk etkilerine bağlı olarak bu yapılarda beklenecek hasar seviyelerinin dağılımı elde edilir.
- 3) Master planın hazırlanması
- 4) İkinci aşamadan elde edilen hasar risk dağılımlarına bağlı olarak öncelikli bölge ve öncelikli yapılardan başlanarak yapıların iyileştirilmesi

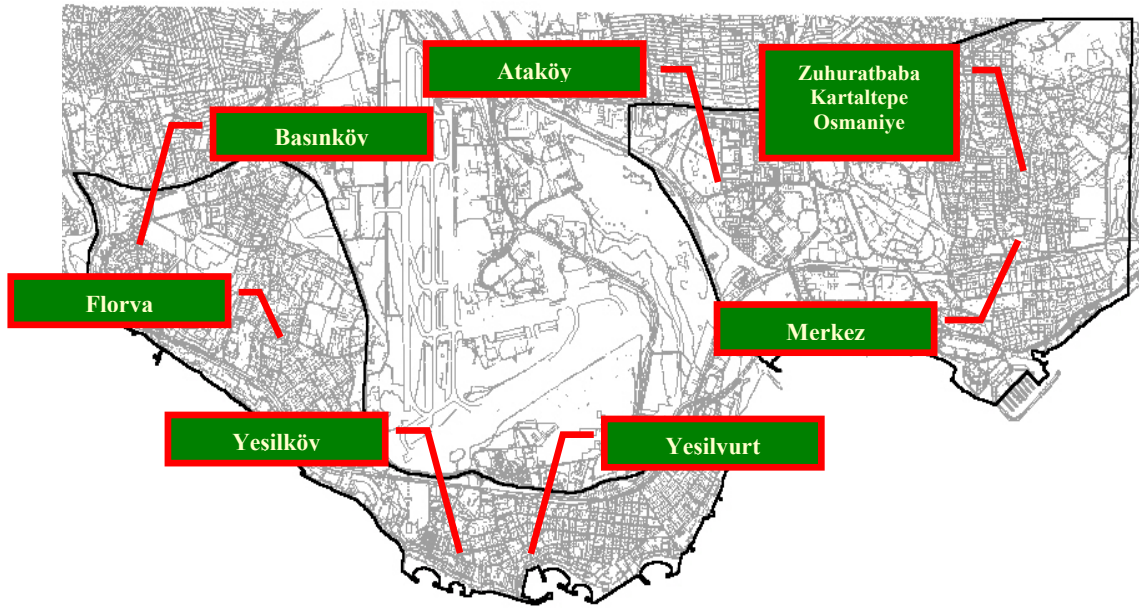
İstanbul ili, Bakırköy ilçesi deprem riskinin çok yoğun olduğu bir bölgedir. Bu nedenle Bakırköy Belediyesi Yönetimi, 1999 Kocaeli Depremi'nin hemen arkasından Üniversite'mize başvurarak deprem zararlarını en aza indirme konusundaki çalışmaları başlatmıştır. Bu talep üzerine tarafımızdan yapılan çalışmalar ülkemizde daha sonra yapılan benzeri çalışmalar arasında önemli bir yere sahiptir. Bu önemin sebepleri aşağıdaki gibi sıralanabilir.

1. Bakırköy ilçesi için yapılan çalışmalar uluslararası sistematiğe uygun bir şekilde yapılmıştır.
2. İlk aşamayı teşkil eden Zemin Araştırmaları Projesi kapsamında Bakırköy ilçesi yerleşim alanlarının jeolojik ve sismik yapısı ile zemin özellikleri geoteknik parametreleri ile birlikte tanımlanmış, sismik mikrobölgeleme ve arazi güvenlik değerlendirme haritaları Coğrafi Bilgi Sistemleri ile hazırlanmıştır.
3. Bu projeden sonra zemin özellikleri ile yapıya ait özellikleri birarada değerlendirmeye yönelik olarak "Bakırköy İlçesi Zemin-Yapı Etkileşimine Dayalı Deprem Risk Analizi" projesi başlatılmıştır. Proje kapsamında her binaya tek tek gidilerek, yapısal özellikler tespit edilmiş, her bina için binaya ait özel rapor tanzim edilmiş ve ayrıca binaların tümü deprem risk analizi metodolojisi çerçevesinde birbirleri ile kıyaslanarak güvenlik seviyeleri göreceli olarak değerlendirilmiştir.
4. Risk haritaları ilçedeki yapı stoğu hakkında bilgi haritaları, 1/1000'lik ölçekte ve ayrıca mahalle bazında Coğrafi Bilgi Sistemleri ortamında hazırlanmıştır.
5. Çalışmanın yukarıdaki aşamaları 2002'de bitirilmiş ve Dünya Bankası tarafından pilot proje olarak seçilmiştir. Ülkemizde halihazırda aynı kapsamda bitirilmiş başka bir proje mevcut değildir.
6. Çalışma sonucunda elde edilmiş olan veriler doğrultusunda Dünya Bankası ve Japon Kalkınma Bankası tarafından verilen krediler ile ilçedeki riskli durumda olan binalardan 400 adedinin

güçlendirilebilmesi için çalışmalar başlamıştır. Böylece elde edilen risk bilgiler hasar azaltma yönünde uygulamaya konmaktadır ve yukarıda tanımlanan “hasar riski taşıyan yapıların güçlendirilmesine yönelik çalışma” aşamasına geçilmiştir.

3. BAKIRKÖY İLÇESİNİN ÖZELLİKLERİ

Bakırköy, sosyal ve ekonomik yapısı ile İstanbul'un en önemli ilçelerinden birisidir. 1955 yılından itibaren hızlı bir kentleşme yaşamış ve hızlı nüfus artışları sonucunda büyük alt yapı ve kentleşme sorunlarını da beraberinde getirmiştir. Bakırköy şu andaki mevcut sınırları içinde İstanbul' un en seçkin ilçelerinden birisine dönüşmüştür. Bakırköy ilçesi Şekil 1'de görüldüğü gibi başlıca yedi bölgeye ayrılabilir.



Şekil 1. Bakırköy İlçesi (İstanbul Üniversitesi, 2003)

Bakırköy ilçesinin nüfusu 2000 sayımlarına göre 208.223 kişidir. Bakırköy ilçesinde 1970 ve 1980 yıllarında %100'ün üzerinde nüfus artışı olmuştur. Ancak bu artışın 2000'de yapılan sayım sonuçlarında tersi yönde değişmiştir. 1999 yılında yaşanan deprem felaketlerinin bu azalmada çok önemli bir etkisi vardır (www.ibb.gov.tr).

4. BAKIRKÖY İLÇESİ VE DEPREM RİSKİ

17 Ağustos 1999 Kocaeli-Gölcük ve 12 Kasım 1999 Düzce depremlerinden önce ve sonra yapılan bir dizi bilimsel çalışmalardan da anlaşılacağı gibi Marmara Bölgesinde artan bir deprem tehlikesi vardır (Parsons ve diğ., 2000). Parsons ve diğ. (2000) çalışmalarına göre Marmara denizi ve çevresindeki aktif fayların (İzmit, Yalova, Prens Adaları, Marmara, Ganos ve Kuzey Anadolu Fayı) varlığı ve 17 Ağustos 1999 Gölcük ve 12 Kasım 1999 Düzce depremleri sonrası bu fayların etkileşmesi sonucu Marmara bölgesinde İstanbul ve diğer yakın yerleşim birimlerini etkileyecek deprem tehlikesi önemli yüzdelerle artmıştır. Bakırköy ilçesi ABYYHY (1998)'e göre 1. Derece deprem tehlikesi içermektedir.

5. ARAZİ GÜVENLİK DEĞERLENDİRMESİ ÇALIŞMALARI

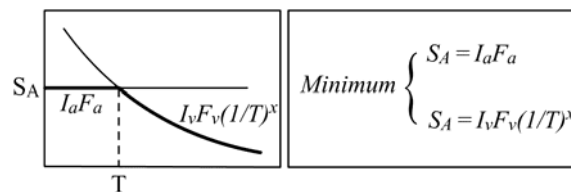
Bölgenin sismik yapısının anlaşılması için üç boyutlu jeolojik yapısı ortaya konulmuş, deprem üretici faylar tanımlanmış, tarihsel deprem geçmişi çıkarılmış ve deprem kaynak özellikleri belirlenmiştir (İstanbul Üniversitesi, 2000).

İlçe genelinde 87 adet sondaj yapılmıştır. Ayrıca 125 noktada yapılan sismik kırılma deneyi ve 210 noktada yapılan elektrik resistivite deneyi sonuçlarından yararlanılmıştır (İstanbul Üniversitesi, 2000). Detaylı arazi ve laboratuvar çalışmaları ile sayısal analizler sonucunda Bakırköy ilçesinin arazi güvenlik değerlendirmelerinde kullanılan parametreler bulunmuştur. Bu parametreler deprem yükleri altındaki davranışı modellemek için de kullanılmıştır. Arazi güvenlik değerlendirmesi analizlerinde kullanılan tasarım depremi %10 aşılma olasılığı ve 50 yıllık servis ömrü esas alınarak 7.3 büyüklüğündedir (Ansal, 2001).

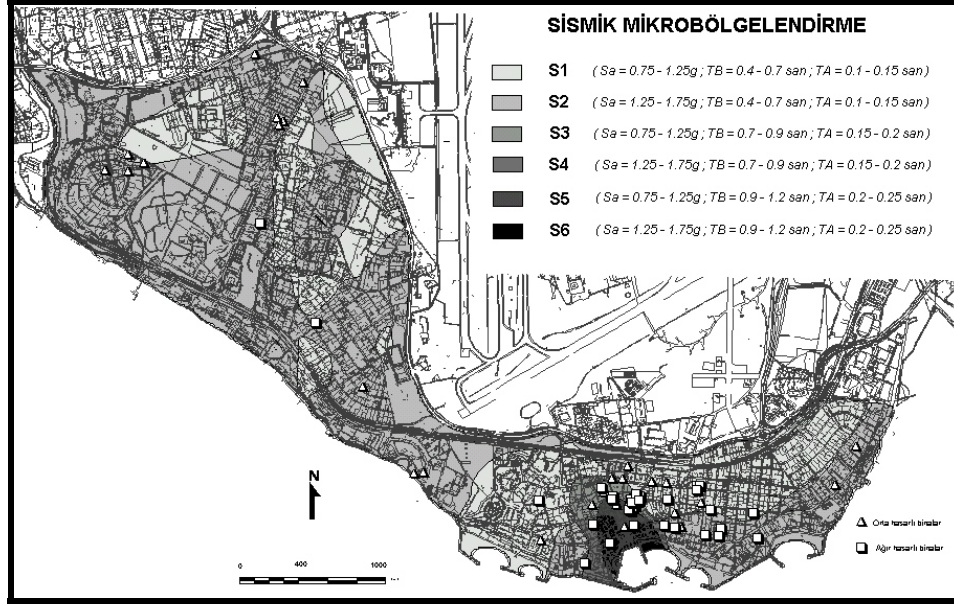
Mexico City, Loma Prieta ve Kocaeli depremlerinden sonra deprem dalgalarının zemin yüzeyine nakledilmesi sırasında içinden geçtiği zemin profilinin özelliklerinden büyük ölçüde etkilendiği anlaşılmıştır. Yüzey dalgaları ivme ve frekans içeriği bakımından anakayaya nazaran önemli değişim gösterebilmektedir ve dolayısıyla deprem tepki spektrumu tamamen değişmektedir. Zemin büyütme değerleri mikrobölgeleme çalışmalarında depremin hasar yaratıcı etkisini tanımlamak açısından birincil derecede önemlidir. Spektral ivme ve spektral periyot değerleri deprem sebebi ile yapılaraya aktarılacak yüklerin ve zemin-yapı etkileşiminin gerekli parametreleridir. Sismik mikrobölgeleme çalışmalarının kapsamında zemin büyütmesi, spektral ivme ve spektral periyot değerlerinin geniş alanda değişiminin haritalanması bulunmalıdır.

Yerel zemin özelliklerinin yer hareketi üzerindeki etkisini belirlemek üzere birçok yöntem arasında Borchardt (1994) yöntemi seçilerek analizler yapılmış ve inceleme bölgesinin spektral ivme ve periyot değerleri elde edilmiştir. Borchardt metodolojisinin Afet Bölgeleri Yönetmeliği'ne göre avantajı yerel zemin özelliklerini dikkate almasıdır. ABYYHY(1998) hükümleri deprem ivmesini sadece deprem bölgelerine göre tanımlamakta ve yerel zeminin deprem dalgalarını değiştirme özelliğini dikkate almamaktadır.

Borchardt'e göre spektral ivme değeri (S_A) Şekil 2'de gösterildiği gibi hesaplanır. Şekil 2'de I_a ivme bandındaki yer hareket girdisini, I_v hız bandındaki yer hareket girdisini, F_a , F_v üniform zemin şartlarına nazaran gerçek zemin şartlarında etkili olan ortalama büyütme değerlerini, T periyodu ve x ise bir üstel değeri ifade etmektedir. F_a ve F_v değerleri 30 metre derinliğe kadar ölçülen veya iyi tanımlanan zemin özelliklerine bağlı olarak elde edilen sismik dalga hızına, zemin sınıfına bağlı olarak referans zemin olarak tanımlanan zemin için atanan sismik dalga hızı ve zemin tipine bağlı ve amprik olarak elde edilen üstel değerlere bağlı olarak hesaplanmaktadır.



Bu çalışmada Şekil 2’de önerildiği gibi spektral ivme değerleri ayrı ayrı hesaplanarak, bu değerlerden küçük olanı spektral ivme olarak seçilmiştir. Her sondaj noktası için Borcherdt metodolojisinin uygulanmış ve noktasal spektral ivme ve periyot değerleri Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak bölgesel ölçekte elde edilmiştir. Bakırköy ilçesi yapılan çalışmalar kapsamında sismik mikrobölgeleme haritaları oluşturulmuş ve bir örneği aşağıda Şekil 3’de sunulmuştur.



Şekil 3. Bakırköy inceleme bölgesine ait sismik mikrobölgeleme haritası (İstanbul Üniversitesi, 2000)
(1999 Kocaeli depreminden sonra bölgede hasar gören yapılar işaretlenmiştir.)

6. YAPIYA YÖNELİK OLAN ÇALIŞMALAR

Bakırköy İlçesi’nde yapılara ait deprem risklerini tanımlamaya yönelik yapılan çalışmalar ATC-21(1998)’de tanımlanan aşağıdaki aşamaları kapsayacak şekilde planlanmıştır. Bu aşamalar;

1. Bölgeye uygun bir metodolojinin tanımlanması
2. Bu metodolojiye uygun bir anket formunun hazırlanması
3. İncelemeyi yapacak elemanların eğitimi
4. Uygun haritalama ve kodlama tekniklerinin seçilmesi
5. Araziden verinin toplanması
6. Veri analizi ve değerlendirme
7. Her binaya ait risk seviyesinin tanımlanması
8. Sonuçların CBS ortamında sunulmasıdır.

Zemin araştırmalarından sonra, deprem zararlarını azaltma çalışmalarının ikinci ve en önemli ayağını mevcut yapıların envanterinin çıkarılması ve hasar risk durumlarının belirlenmesi oluşturmaktadır. Mevcut bir yapının deprem hasar riskinin belirlenmesinde etkili olan çok sayıda parametre bulunmaktadır. Bunların bir kısmı; bölgenin depremselliği, yerel zemin özellikleri, yapının geometrisi, kesit ve malzeme özellikleri,

taşıyıcı sistemin türü ve yapısal elemanların detaylarıdır. Binaların mevcut durumlarının tespit edilmesine yönelik en kesin yöntem, kesin analiz yöntemleri olmakla beraber, incelenmesi gereken binlerce bina ve bununla beraber bu konularda uzman olan elemanların sayıca yetersizliği gözönüne alındığında, bu tip yöntemler hem zaman hem de maliyet açısından ekonomik olmamaktadır. Bu durumda amaca uygun sayıda, güvenilir parametrelerle ve sayısal bir değerlendirme esasına dayalı hızlı sonuç verebilecek yaklaşık yöntemlerin kullanılması en ekonomik ve gerçekçi çözümdür. Ayrıca kullanılacak olan yöntemin mutlaka yerel özellikleri dikkate alan bir tarama yöntemi olması yapılacak olan hasar riski belirleme çalışmalarının kalitesini ve doğruluğunu artıracaktır. Ulusal Deprem Konseyi Raporu (2002)'nda da bu konuya özellikle değinilmiştir.

Bu noktadan yola çıkarak, Bakırköy ilçesi için yapılan hasar risk seviyesini belirleme çalışması için bu proje kapsamında Doç. Dr. Namık Kemal Öztörün tarafından özel olarak bir metodoloji ve program (DURTES) geliştirilmiştir. Bu metodoloji, Ulusal Deprem Konseyi Raporu (2002)'unda belirtildiği gibi yerel koşulları, yaygın yapı gereçlerini ve mevcut Deprem Yönetmeliğimizi- ABYYHY(1998)- baz alan ve her binanın içerisine girilerek doldurulabilen bir anket formu ve durum tespiti yapan Uzman Sistem Bilgisayar Programı DURTES'ten oluşmaktadır. "DURTES" (DURum TESpit Programı) olarak adlandırılan bu bilgisayar programı farklı tecrübelerin ve insan psikolojisinin olumsuz etkisini minimuma indirmektedir. Program;

- yapı ile ilgili bilgilerin sorgulandığı bir anketi,
- anket verilerinin bilgisayara aktarılmasını ve
- yapının analizini

kapsamaktadır.

Programın amacı pratik bir biçimde ve mümkün olduğunca doğruya yakın sonuç almaktır. Bina ile ilgili değerlendirme ve yorumlar tamamen matematiksel prensiplerle yapılmakta ve raporlar program tarafından otomatik olarak hazırlanmaktadır. Böylece farklı tecrübelere sahip uzman görüşlerinde yapılabilecek hataları minimuma indirilmektedir. Program MS-DOS ortamında çalışmaktadır. DURTES yöntemi yetmişin üzerinde parametre ile yapıların güvenliğini tespit etmektedir. Değerlendirme soruları aşağıda verilen ana başlıklar altında oluşmaktadır;

1. Değerlendirme tarihi
2. Değerlendirenler
3. Yapının adresi
4. Yapı hakkında genel bilgiler
5. Şartname katsayıları
6. Taşıyıcı sistem özellikleri
7. Betonarme binalarda malzeme özellikleri
8. Hasar belirleme
9. Kusur belirleme

10. Bina hasar görmüş ise olası sorun nedenleri

11. Röleve

DURTES verileri bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Ancak bu çalışmada olduğu gibi geniş alan kaplayan ve çok sayıda yapıyı içeren çalışmalarda risk değerlendirmesi ancak göreceli olarak yapılabilir.

İncelenen yapıların tipleri ve özellikleri çok çeşitlidir. DURTES yönteminde her bina için yaklaşık yetmiş adet parametre kullanılmakla birlikte uygulanan yöntemin kesin hesap yöntemleriyle karşılaştırılmasına ihtiyaç vardır. Daha önce de belirtildiği gibi binanın yaşı, yapının işçilik kalitesi, yapısal düzensizlikler, yapının deprem öncesi ve/veya sonrası güçlendirme ve/veya onarım görüp görmediği, dilatasyon durumu ve bitişik nizam yapıların kat seviyeleri, taşıyıcı elemanlarda zamanla güç kaybı olup olmadığı, binaya müdahale edilip edilmediği, kalıcı deformasyonlar, hasar oranı, malzeme özellikleri ve özelliklerdeki değişim gibi parametreler deprem yükleri ve diğer yüklerden bağımsız olarak yapıların birbiri ile kıyaslanmasında kullanılan parametrelerdir.

DURTES programı incelenmiş olan her yapı için bir **Göreceli Puan** tanımlamaktadır. Göreceli puanın belirlenmesinde kullanılan parametrik katsayılar program kullanıldıkça ve kesin çözüm analiz sonuçları bilinen binalarla kıyaslandıkça güncellenmektedir. Ayrıca her parametrenin etkisi ve puan değeri geleceğe yönelik olarak sürekli araştırılmaktadır.

Diğer taraftan bunlardan bağımsız olarak binanın rölevesi ile elde edilen bilgilere dayanarak bir güvenlik sayısı elde edilmektedir. Bu **Güvenlik Sayısı (GS)** yapıda mevcut minimum yatay taşıyıcı kesitle taşınabilen deprem yükü, V ile yapıya gelen toplam deprem yükü, V_t 'nin oranına eşittir.

$$GS = \frac{V}{V_t} \quad (1)$$

Burada yapıya gelen deprem yükü V_b , kat alanı, kat sayısı, ortalama kat ağırlığı, taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) ve bina periyodu T gibi yapıya ait özelliklerin ve zemin spektrum karakteristik periyodları T_A ve T_B , spektral ivme S_a gibi zemine ait özelliklerin ortak fonksiyonu olarak elde edilir.

Geniş alan deprem riskini belirleyen **Yapının Göreceli Durum Tespit Puanı (GDP)** yapının güvenlik sayısı ile göreceli puanının çarpımı olarak elde edilir.

$$GDP = GS \times \text{Göreceli Puan} \quad (2)$$

Bölgenin genelinde deprem hasar risk seviyelerinin belirlenmesi ise Göreceli Durum Tespit Puanına (GDP) bağlı olarak risk aralıklarının tayin edilmesi ile elde edilmiştir. Her risk grubuna yönelik önlemleri içeren bir "ÖNERİLER PAKETİ" hazırlanmış ve her risk grubundaki yapılar için yapılması gereken çalışmalar özetlenmiştir. Her bina için hesaplanan göreceli durum tespit puanları, ve tanımlanan risk seviyeleri CBS

ortamına aktarılmış ve sonuçlar bina ölçeğinden ilçe ölçeğine kadar değişen ölçeklerdeki haritalarda görselleştirilmiştir.

Bu proje ile Bakırköy ilçesindeki yapı stoğu tüm yönleriyle tanımlanmış ve binaların yaşları, kat adetleri, taşıyıcı sistem türleri vb.. gibi bilgiler elde edilmiştir. İlçedeki toplam bina stoğunun 10599 olduğu tespit edilmiştir. Bu stoğun %96'sının yani 10162 binanın durum tespiti yapılmıştır. Binaların %5'inin yaşları 0-4 arasında, %49'unun ise 10-30 yıl arasındadır. Binaların %40'ı 30 yaşından büyüktür. Bu verilere göre ilçedeki binaların sadece %5'i 1998 deprem yönetmeliğine göre yapılmıştır. Yaşı otuzdan büyük olan yapılar ise 1973 deprem yönetmeliğinden önce yapılmıştır.

1999 yılındaki depremlerinden sonra bina onarımının 6 kat, kozmetik onarımın ise 3 kat arttığı görülmüştür. Dikkati çeken bir nokta ise onarım yapan binaların yüzdesinin sadece %6 olduğu, daha çok kozmetik onarıma gidildiğidir. İlçede yapılar çok değişik kat sayılarına sahiptir. En çok 3 ve 5 katlı binaların olduğu görülmektedir. Genelleme yapılacak olunursa ilçedeki binaların normal kat sayıları 2 ila 6 kat arasındadır.

İlçede yapılar kullanım amaçlarına göre veya önem katsayılarına göre sınıflandırıldığında %98'inin konut, işyeri ve oteller olduğu görülmektedir. Okul, kışla, müze, hastane, PTT ve itfaiye binaları 198 adettir ve toplam yapıların %2'sini oluşturmaktadır. İlçede yapıların taşıyıcı sistemi büyük çoğunlukla (%65) betonarme çerçevedir. Yığma yapıların oranı ise oldukça büyük bir oran olan %14'tür. Binaların yarısından fazlasında kısa kolon ve çıkma kat gibi yapısal kusurlar bulunmaktadır.

İlçedeki binaların göreceli puanları ve ilçe genelindeki yüzdesi Tablo 1'de sunulmaktadır.

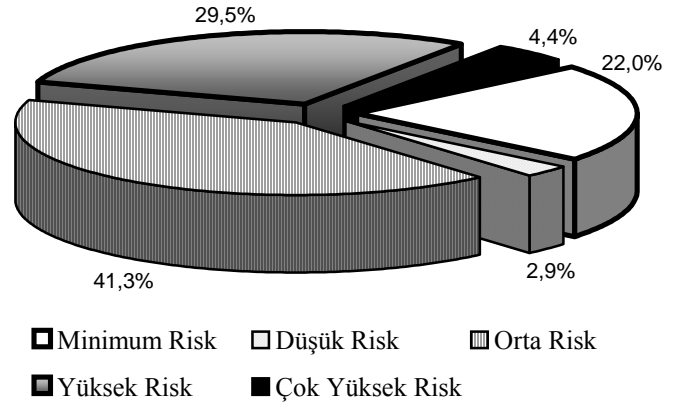
Tablo 1. Binaların göreceli puanları (İstanbul Üniversitesi, 2003)

Puan aralığı	Bina sayısı	%
81-100 arasında puan alan binalar	1476	14
61-80 arasında puan alan binalar	5260	52
41-60 arasında puan alan binalar	3209	32
21-40 arasında puan alan binalar	205	2
0-20 arasında puan alan binalar	12	-

Göreceli puan ve emniyet katsayısının birarada değerlendirilmesi ile ilçedeki yapıların risk durumları bulunmuştur. Şekil 4'de görüldüğü gibi ilçedeki yapıların %4.4'ü yani, 443 adedi "Çok Yüksek Risk Seviyesi" ndedir. Yüksek risk seviyesindeki yapı adedi ise 2997 olup, toplam binaların %29.5' unu oluşturmaktadır. İlçedeki 4198 bina, yani yapı stoğunun % 41.3 'ü "Orta Risk Seviyesi"ndedir. Durum tespiti yapılmış olan 10162 adet yapının sadece 2234 adedinde, yani %22' sinde "Minimum Risk" seviyesi tanımlanmıştır.

İlçe Genelindeki Tüm Binalar

Minimum riskli binaların sayısı	2234
Düşük riskli binaların sayısı	290
Orta riskli binaların sayısı	4198
Yüksek riskli binaların sayısı	2997
Çok yüksek riskli binaların sayısı	443
Toplam bina sayısı	10162



Şekil 4. Bakırköy İlçesindeki binaların risk dağılımının genel durumu (İstanbul Üniversitesi, 2003)

Bu durumda ilçedeki toplam yapı stoğunun 3440 adedi, yani incelenmiş olan toplam stoğun % 34' ü "Çok Yüksek ve Yüksek Risk Seviyesi" ndedir. Bu gruptaki yapılar için acil olarak kesin analizler yapılarak, güçlendirme çalışmalarının veya alternatif önlemlerin en kısa sürede gerçekleştirilmesi gereklidir. Örneğin bu tip binlarda kat azaltması çözüm olabilir veya kullanım değişikliğine bağlı olarak yük azaltması çözüm olabilir. Çok yüksek hasar riski taşıyan binalardan kullanımı mutlak gerekli önemli binalar dışında, şehir planlaması, amaca uygunluk, ekonomi, emniyet gibi kriterler göz önüne alındığında bu kriterleri sağlamayan bazı binaların yıkılıp yeniden yapılmasında yarar vardır.

Tüm bu sonuçlar CBS ortamında farklı ölçekteki haritalar ile aktarılmıştır. Örneğin;

- Mahalle bazında yüksek riskli binalar, orta risk seviyesine sahip binalar, vb..
- Pafta bazında yapıların kat sayıları, yaşları, risk durumları, vb..

7. SONUÇLAR

Bakırköy ilçesi için yapılmış olan deprem riskini belirleme çalışmaları ülkemizde bugüne kadar yapılmış en kapsamlı ve en detaylı deprem zararlarının azaltma çalışmasıdır ve ayrıca dünya çapında birkaç örnekten biridir.

Bu projeler kapsamında uygulanan metodolojiler için uluslararası literatürde yer alan sistematikten ve bilgiden yararlanmakla birlikte, bölgenin ve ülkemizin yapı özelliklerini de dikkate alan ve mevcut bilgi seviyesine akademik bakımdan da katkıda bulunmayı amaçlayan özgün bir yaklaşım geliştirilmiştir. Bölgenin sismik mikrobölgeleme haritaları çıkarılmış ve her binanın deprem risk seviyesi tanımlanmıştır.

Coğrafi Bilgi Sistemleri (GIS) projenin her aşamasında kullanılmıştır. Böylece bu proje Belediyenin Kent Bilgi Sistemi ve Afet Bilgi Sistemi ile ilgili projeleri için bir katma değer yaratacak son derece yararlı bir bilgi birikimi oluşturmuştur.

Bu aşamadan sonra yapılması gerekli olan çalışma, mevcut durumda yeterli güvenliğe sahip olmayan binaların belirli bir öncelik sırası ile güçlendirilmesi olmalıdır. Bu projede bölge içindeki yapıların tek tek ve buldukları noktadaki zemin özelliklerini de hesaba katarak, hasar görülebilirlik olasılığının tayin edilmesi, bir sonraki aşamaya; yani stratejik planlama ve güçlendirme uygulama çalışmalarına ışık tutacak yeterli veriyi sağlamıştır. Bunun için kaynak destekleri gerekecektir. Bu kaynakların uzun dönemli borçlandırmalar ve projeler bazında sağlanması uygun bir yaklaşım olarak görülmektedir.

8. KAYNAKLAR

1. Ansal, A.M., (2001), “İstanbul İli Bağcılar İlçesi Sismik Mikrobölgeleme Raporu”
2. Arıoğlu, E., Arıoğlu, E., (2002), “Türkiye’nin Sismoteknik Yapısı ve Depremın Manevi/Ekonomik Boyutunun Değerlendirilmesi”, yayınlanmamış.
3. ATC-21, (1998), “Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards (1998), Federal Emergency Management Agency-FEMA, Applied Technology Council.
4. Borchardt, R.D., (1994), “New Developments Estimating Site Effects on Ground Motion”, ATC-35-1 Report.
5. İstanbul Üniversitesi, (2000), “Bakırköy İlçesi 2. Etap Yerleşim Alanları Zemin Araştırma Projesi” (İÜ Araştırma ve Yardım Vakfı Eğitim Faaliyetleri İşletmesi)
6. İstanbul Üniversitesi, (2003), “Bakırköy İlçesi 2. Etap Yerleşim Alanlarının Zemin-Yapı Etkileşimine Bağlı Risk Analizi Araştırma Projesi Sonuç Raporu”. (İÜ Araştırma ve Yardım Vakfı Eğitim Faaliyetleri İşletmesi)
7. T. Parsons, A. Barka, S. Toda, R. S. Stein and J. H. Dieterich (2000), Influence of the 17 August 1999 Izmit earthquake on seismic hazards in Istanbul, in A. Barka, O. Kozaci, S. Akyuz and E. Altunel (Eds.), The 1999 Izmit and Duzce Earthquakes: Preliminary results, s 295-310.
8. ABYYHY (1998) “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik”
9. Ulusal Deprem Konseyi Raporu (2002)
10. www. Bakirkoy-bld.gov.tr
11. www.ibb.gov.tr