

Türkiye’de Yığma Binalar İçin Deprem Risk Haritası Oluşturulması

A. Dilsiz

*Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü,
Ankara 06531, Türkiye*

A. Türer

*Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü,
Ankara 06531, Türkiye*

ÖZET: Bu çalışmada Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak yığma yapılar için Türkiye depremsel risk haritası taslağı oluşturulmuştur. Bu harita kullanılarak, Türkiye’de yığma yapı stoku ve aynı zamanda depremselliği yüksek olan illerin belirlenmesi mümkün olmaktadır. “Risk Faktörü” tüm yığma yapı türleri için bir bütün olarak çalışılmıştır. Deprem hasarına etki eden tüm parametrelerin haritaları ayrı ayrı oluşturulmuştur. İllerin deprem bölgesi katsayıları, depremsel tarihçesi ve yığma yapılarda yaşayan nüfus birer parametre olarak kullanılmıştır. Her parametre için oluşturulan harita üzerinde iller ve bölgeler arasındaki değişim araştırılmıştır. Taslak risk haritası, katmanlar halindeki parametre haritaları üst üste oturtularak elde edilmiştir. Bu yöntem kullanılarak, her il için “Yığma Yapı Risk”ini temsil eden ve 0 ile 7 arasında değişen katsayılar elde edilmiştir. Elde edilen faktörler, Türkiye haritası üzerine farklı renklerle işlenerek yığma yapı depremsel risk haritası elde edilmiştir. Yığma yapılar ile ilgili yapılacak olan iyileştirme çalışmalarında öncelikli illerin belirlenmesinde bu haritanın dikkate alınması gerektiği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: CBS, Deprem, Yığma

ABSTRACT: A seismic risk map of Turkey for bearing wall buildings is generated by using Geographic Information Systems (GIS). This map would enable identification of the provinces that have higher risk and vulnerability due to the existence of a) large number of masonry buildings, b) being located at a seismically hazardous province in Turkey, and c) have bad history record (had large earthquakes in the past but smaller ones recently). “The risk factor” is studied for all kinds of bearing wall buildings collectively at the same time. A separate map for each parameter that determines the seismic hazard is generated. Seismic zone coefficients, earthquake histories of the provinces, and the population living in bearing wall buildings are selected as the study parameters. Variation between provinces or regions is investigated on each parameter’s map. The draft risk map has been formed by overlaying these separate parameter maps on top of each other. Using this procedure, an index changing between 1 to 7 are obtained for each province. The index represents “The Bearing Wall Building Risk” and gets worse as the number increases. Indices obtained for cities are plotted on the map of Turkey with different colors, which should be taken into account for determining the priority in seismic performance improvement studies for masonry buildings.

Keywords: Seismic Risk Map, Bearing Wall (Masonry) Buildings, GIS.

Giriş

Amaç

Bu çalışmanın amacı Türkiye’de bulunan yığma yapılar için “Riskli Bölgeler”in belirlenmesidir. “Risk” kavramı yapı malzemesi olarak tuğla, briket, kerpiç, ahşap, taş, vb. olan yığma yapılar için 0 ile 7 arasında değişen sayısal değerler olarak belirlenmiştir; sayı büyüdükçe risk artmaktadır.

Kapsam

Bu çalışma ile illere ait olarak hesaplanan risk değerleri, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı bir bilgisayar programı olan Netcad-GIS™ kullanılarak oluşturulan bir harita üzerinde gösterilmiştir.

Harita, her biri depremsel tehlikeyi belirleyen etkenler için oluşturulan harita katmanları kullanılarak oluşturulmuştur. Sözü edilen harita katmanları şu şekilde sıralanabilir: Türkiye iller haritası, deprem katsayıları haritası (Türkiye deprem bölgeleri haritasından elde edilmiştir), il nüfusu haritası (DİE 2000 yılı genel nüfus sayımı verileri), hane başına düşen ortalama nüfus haritası, yığma bina oranı haritası (DİE 2000 yılı bina sayımı verileri), yığma binalarda yaşayan nüfus oranı haritası, yığma binalarda yaşayan toplam nüfus haritası, gerçekleşmiş depremler haritası (KOERI) ve önceki depremlerin etkisi haritası.

Çalışmanın son aşamasında, oluşturulan harita katmanları üst üste getirilerek, “Türkiye Yığma Yapı Depremsel Risk Haritası Taslağı” oluşturulmuştur.

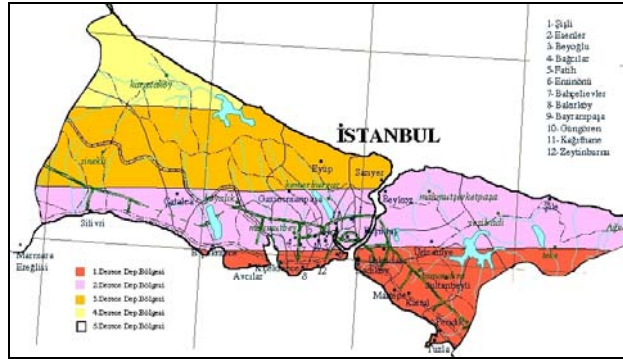
Çalışma

Çalışmanın aşamalarında, depremsel riske ve risk büyüklüğüne etki edebilecek faktörler araştırıldı ve üç ana parametre belirlendi. Her bir parametre formüle edildi, Türkiye ölçeğinde ve iller bazında CBS kullanılarak modellendi ve iller veya bölgeler arasındaki değişimleri incelendi. Depremsel riske etki eden parametreler katmanlar halinde üst üste toplanarak, risk faktörü haritası elde edilmiştir.

Deprem Katsayıları Haritası (Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası)

Bu haritanın oluşturulması için 1996 yılında yayınlanmış olan *Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası* kullanılmıştır. Toplam nüfus, hane başına düşen ortalama insan sayısı, yapı türlerine ve malzemelerine göre bina sayısı gibi birtakım bilgiler *iller bazında* mevcut olduğundan ve daha önce meydana gelmiş depremler de CBS kullanılarak illere göre tasnif edilebildiğinden, Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası’nın da illere göre düzenlenmesinin uygun olacağı sonucuna varılmıştır. Bu dönüşümün yapılabilmesi için, her bir ilin tamamının deprem bölgesini temsil eden tek bir katsayı hesaplanmıştır. Deprem Bölgesi alanlarının il içerisindeki ağırlıklı ortalaması alınarak her ilin deprem bölge katsayısı belirlenmiştir. Deprem Bölgelerinin alansal olarak

ağırlıklı ortalaması alınmış olmakla beraber, nüfusun yoğunlaştığı şehir merkezlerinin, hangi deprem bölgelerinde bulunduğu da ağırlık katsayısı belirlenirken dikkate alınmıştır. Bir örnek olarak; İstanbul için Deprem Bölgeleri Haritası Şekil 1’de ve katsayıların hesaplanması da Tablo 1’de verilmiştir.

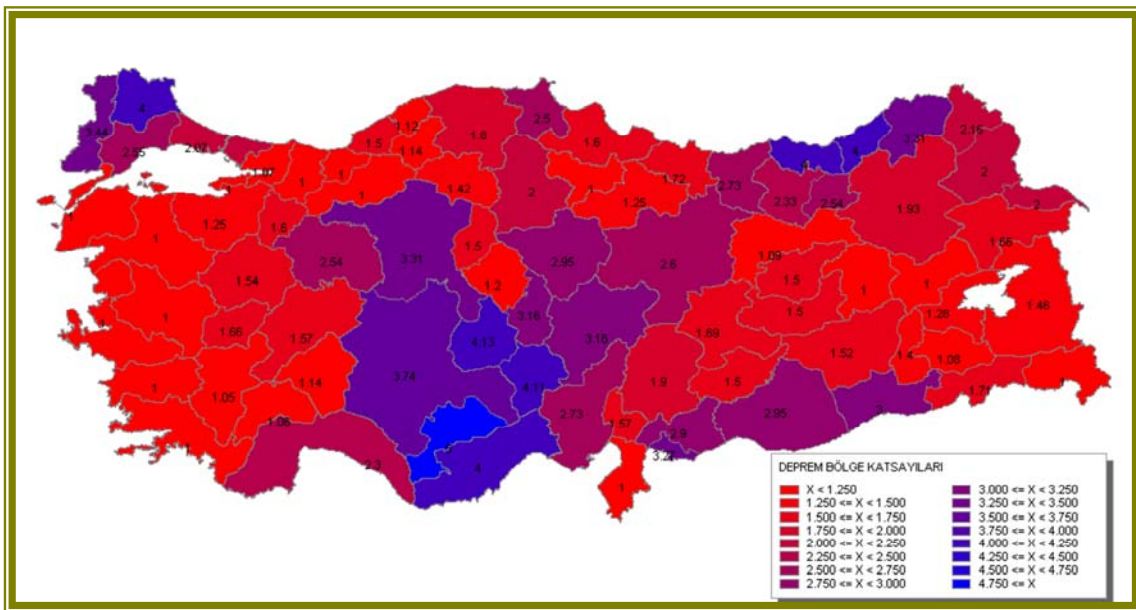


Şekil 1. İstanbul deprem bölgeleri haritası

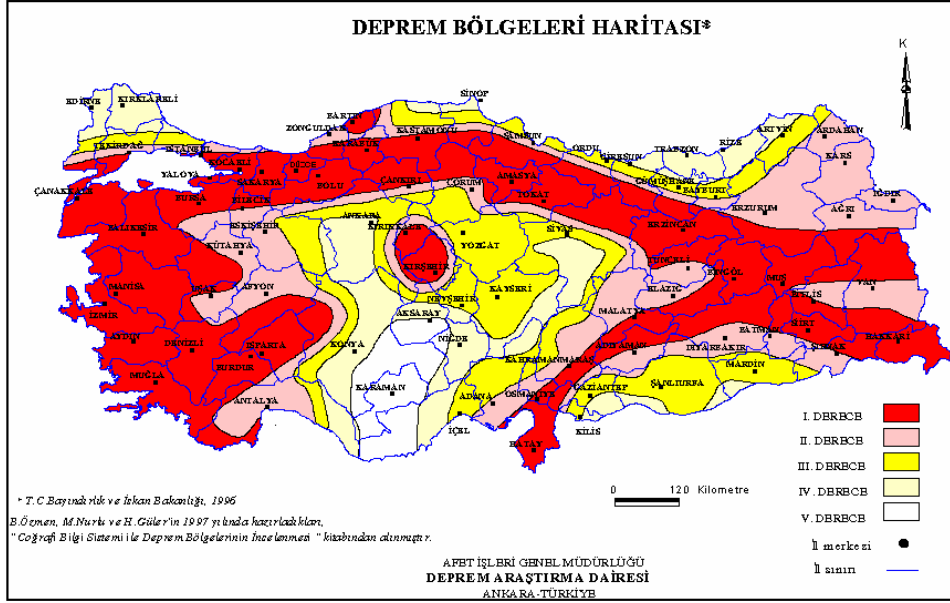
Tablo 1. Deprem katsayısı hesabı (İstanbul)

Deprem Bölgesi (A)	Birim Alan (B)	(A*B)
1	4	4
2	5	10
3	3	9
4	1	4
Toplam	13	27
Deprem Katsayısı : $\Sigma(A*B) / \Sigma(B) = 2.07$		

Bu hesaplama yöntemi kullanılarak, katsayılar 1 ile 5 arasında olmak üzere (Deprem Bölgeleri Haritası’nda olduğu gibi) her il için belirlenmiştir. Elde edilen Deprem Katsayıları Haritası Şekil 2a’da verilmiştir. Bu harita, genel olarak Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası (Şekil 2b) ile benzerlik göstermektedir.



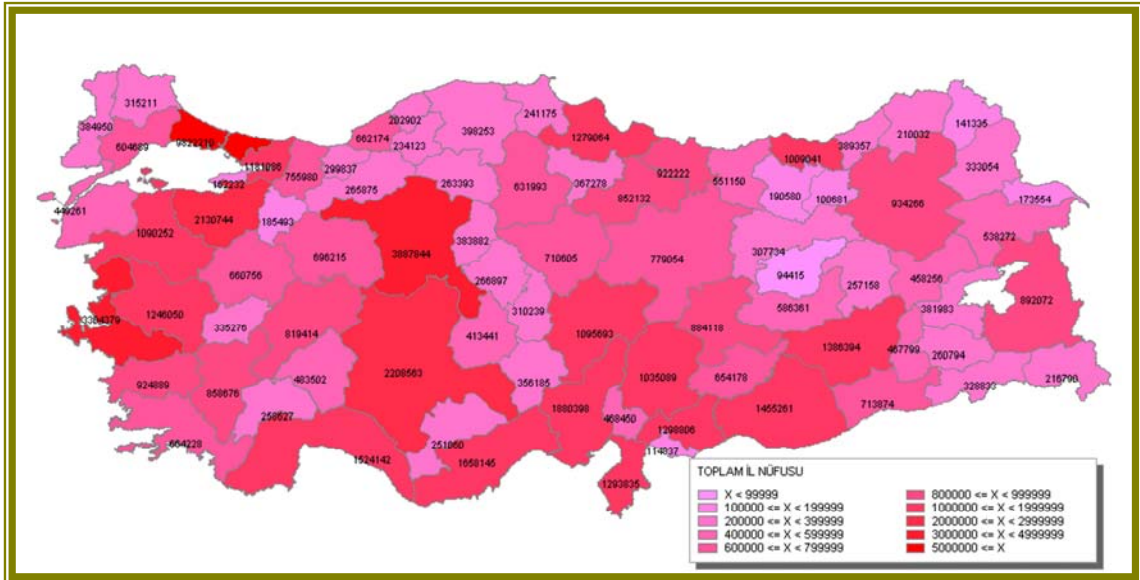
Şekil 2a. Deprem katsayıları haritası



Şekil 2b. Türkiye deprem bölgeleri haritası

İllerin Toplam Nüfus Haritası

Muhtemel bir depremden etkilenecek insan sayısının ve aynı zamanda elde edilecek risk faktörünün nüfusa bağlılığının belirlenebilmesi için, her ilin toplam nüfusunun bilinmesi gereklidir. Konuyla ilgili en güncel bilgi, Devlet İstatistik Enstitüsü (DİE) tarafından 2000 yılında gerçekleştirilmiş olan Genel Nüfus Sayımı sonuçlarıdır. Şekil 3'de oluşturulan toplam il nüfusu haritası verilmiştir.

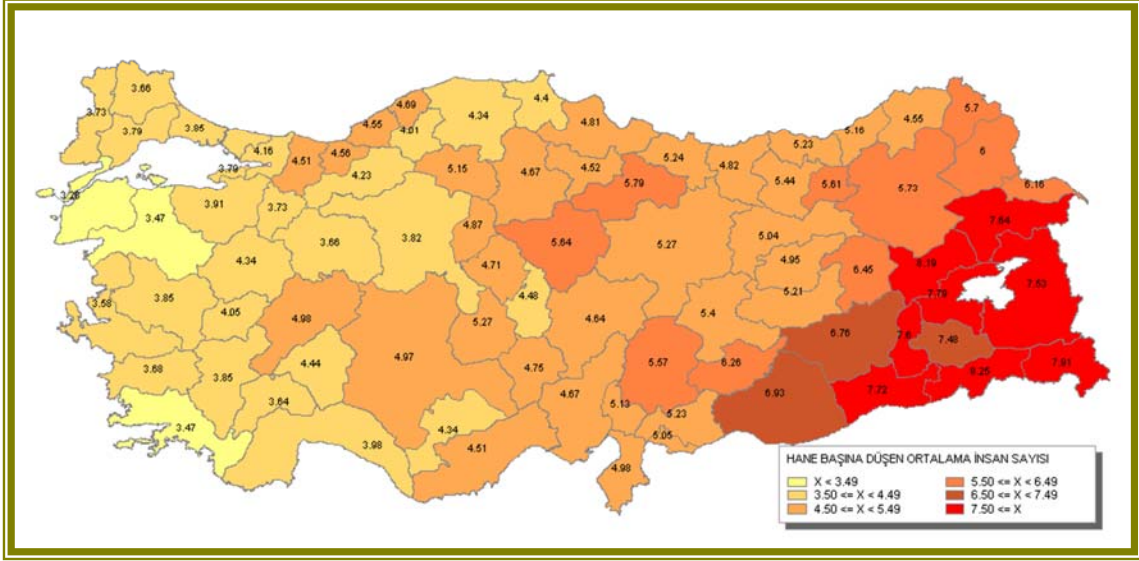


Şekil 3. Toplam il nüfusu haritası

Hane Başına Düşen Ortalama İnsan Sayısı Haritası

2000 yılı Genel Nüfus Sayımı verileri arasında yer alan, "Hane Başına Düşen Ortalama İnsan Sayısı" bilgileri, CBS ortamına taşınarak "Hane Başına Düşen Ortalama İnsan

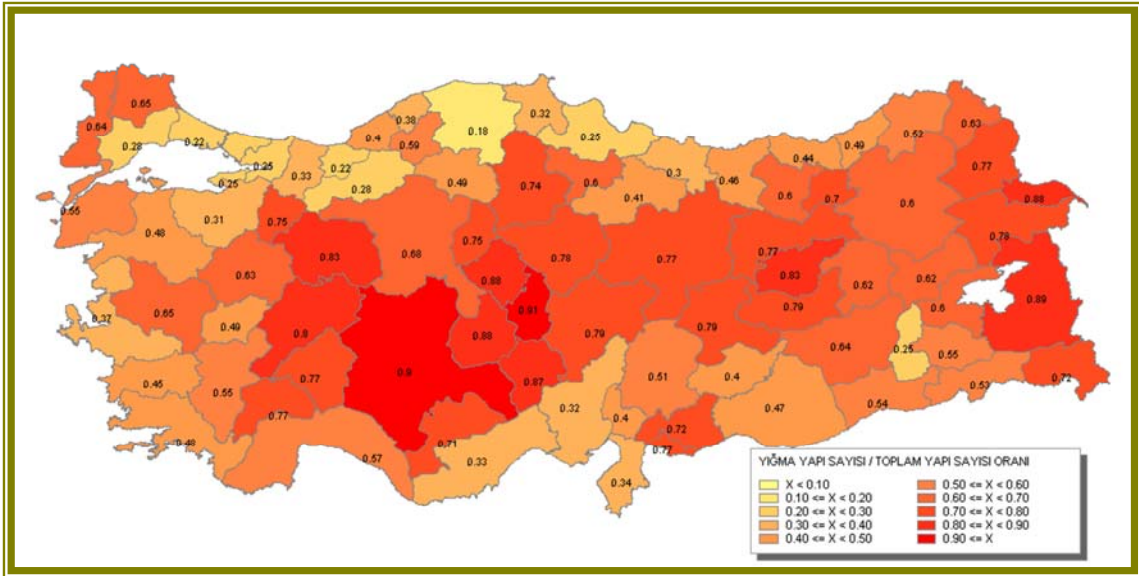
Sayı Haritası” oluşturulmuştur ve Şekil 4’de verilmektedir. Haritada Türkiye genelinde incelendiğinde, hane başına düşen ortalama insan sayısının batıdan doğuya gidildikçe arttığı görülmektedir.



Şekil 4. Hane başına düşen ortalama insan sayısı haritası

Yığma Yapıların Toplam Yapılar İçerisindeki Payı

2000 yılı Genel Nüfus Sayımı verilerine ek olarak, yine DİE tarafından 2000 yılında gerçekleştirilmiş olan Bina Sayımı bilgileri de bu çalışmada kullanılmıştır. DİE bina sayımı bilgileri doğrultusunda, toplam yığma yapı sayısının toplam bina sayısına oranı her il için hesaplanmış ve Şekil 5’de verilen harita ile gösterilmiştir. Burada görüldüğü üzere, genellikle Türkiye’nin iç ve doğu kesimlerinde yığma yapıların yoğunlaştığı görülmektedir.



Şekil 5. Yığma yapı sayısının toplam yapı sayısına oranı haritası

Yığma Yapılarda Yaşayan Nüfusun Toplam Nüfus İçerisindeki Payı

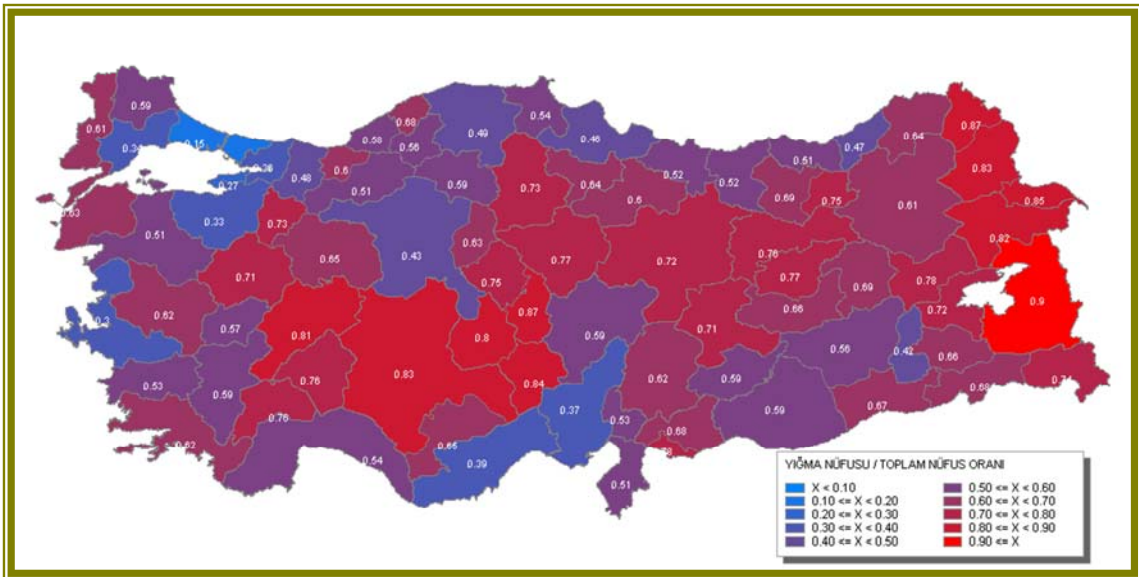
Bina sayımında yapılar, kullanım amaçları, yapısal/taşıyıcı sistemleri, kullanılan inşaat malzemesi ya da yapılardaki bağımsız bölüm (daire) sayıları gibi çeşitli özelliklerine göre sınıflandırılmışlardır. Genel Nüfus Sayımı ve Bina Sayımı sonuçlarının birleştirilmesi ile yine her il için *yığma yapılarda yaşayan toplam insan sayısı* verisi yaklaşık olarak elde edilmiştir.

2000 nüfus sayımı sonuçları tüm Türkiye'yi kapsarken, 2000 bina sayımı sonuçları sadece Belediyelerin sorumluluğu altında bulunan yerleri kapsamakta, köylerdeki binaları kapsam dışı bırakmaktadır. Ayrıca, hane başına düşen ortalama insan sayısı verileri beldeler ile köyleri bir arada değerlendirerek bina sayımıyla uyumsuzluk yaratmaktadır. Bu sebeple, toplam yığma yapıda yaşayan nüfusun belirlenmesi ancak yaklaşık olarak yapılabilmektedir.

Belirtilen nedenlerle, kırsal ortalama hanehalkı sayısı, il geneli yığma sistemle inşa edilmiş binalarda bulunan toplam daire sayısı ile çarpılarak yığma yapılarda yaşayan insan sayısı elde edilmiştir. İl geneli bina sayıları köyleri kapsamadığı için, bina sayımına dahil edilmemiş olan köylerdeki nüfusun tamamının yığma yapılarda yaşadığı kabul edilerek, köyler toplam nüfusu yığma binalar nüfusuna eklenmiştir. İskelet sistemli binalar için, ortalama (il/ilçe) hanehalkı sayısı iskelet sistemli binalarda bulunan toplam daire sayısı ile çarpılarak, iskelet sistemli binalarda yaşayan insan sayısı elde edilmiştir.

İskelet ve yığma binalar için ayrı ayrı elde edilen nüfusların toplamı ile 2000 yılı il nüfus sayımı sonuçları arasında az da olsa farklılık göstermiştir. Bu farklılığın giderilmesi için, iki sonuç arasındaki fark oransal olarak hesaplanmış ve bu oran iskelet - yığma binalar için elde edilen nüfus değerlerini düzeltmekte kullanılmıştır. Bu düzeltme hesapları tüm illere uygulanmıştır.

Yığma binalarda yaşayan nüfusun toplam il nüfusuna oranı hesaplanarak Şekil 6'da görülen harita elde edilmiştir.



Şekil 6. Yığma yapılarda yaşayan insan sayısının toplam nüfusa oranı haritası

Türkiye ve Çevresinde Meydana Gelmiş Olan Depremler

Türkiye ve çevresinde 1904 – 2004 yılları arasında meydana gelen depremlerin (KOERI) dağılımı ve yoğunlaştığı bölgeler Şekil 9’da verilmiştir.

Her ne kadar, depremlerin büyük bir kısmının Batı Anadolu ve Ege Bölgesi’nde yoğunlaştığı görülmekte ise de, büyüklüğü fazla olan depremler çoğunlukla Kuzey Anadolu Fay hattı üzerinde gerçekleşmiştir. Bilindiği üzere, bu durum Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası’nın oluşturulmasında etkili olmuştur.



Şekil 9. Türkiye ve çevresinde oluşmuş depremler (1904-2004)

Depremsel Tarihçe Haritası

Risk Faktörü’nü etkileyen bir başka parametre ise ilin *deprem geçmişi* olacağı düşünülmüştür. Önceki depremlerin etkisini belirleyebilmek için, il sınırları içerisinde gerçekleşen depremlerden açığa çıkan enerji miktarına dayalı, detaylı bir yöntem uygulanmıştır.

Her ne kadar depremlerin etkisi il sınırları ile sınırlanamaz ise de, bu çalışmada her il için depremlerden ortaya çıkan enerji miktarları, o il sınırları içerisinde gerçekleşen depremlerin yaydığı enerjiler olarak kabul edilmiştir.

Depremlerin büyüklüğü ile yayılan enerji miktarı arasındaki ilişki Denklem 1’de görülen Gutenberg – Richter Eşitliği ile verilmiştir. Burada, E enerji miktarını (Erg), M ise depremin büyüklüğünü (M_L) göstermektedir.

$$\log E = 1.5 * M + 11.8 \quad (1)$$

Yakın zamanda oluşmuş depremler ile çok önceden meydana gelmiş depremlerin, beklenecek yeni depremlere etkileri farklı olduğundan, deprem riskinin hesaplanması sırasında bu farkın nicel olarak tanımlanması gerekli olmuştur. Burada, Denklem 2’de

verilen iki adet fonksiyon ile N_1 ve N_2 ağırlık fonksiyonları tanımlanmıştır. Bu denklemlerde Y değişkeni depremin olduğu tarihe karşılık gelmektedir.

$$N_1 = 2004 - Y \quad (2a)$$

$$N_2 = Y - 2004 \quad (2b)$$

Burada hesaplamalar, ay ve günleri de içerecek şekilde Ms-Excel programı kullanılarak yapılmıştır. N_1 ve N_2 ağırlık fonksiyonu değerleri, kaydedilmiş her deprem için hesaplanmıştır. Denklem 3'de gösterildiği üzere, her depremin enerji miktarları ile N ağırlık faktörleri çarpılarak E_{eski} ve E_{yeni} değerleri elde edilmiştir.

$$E_{eski} = N_1 * E \quad (3a)$$

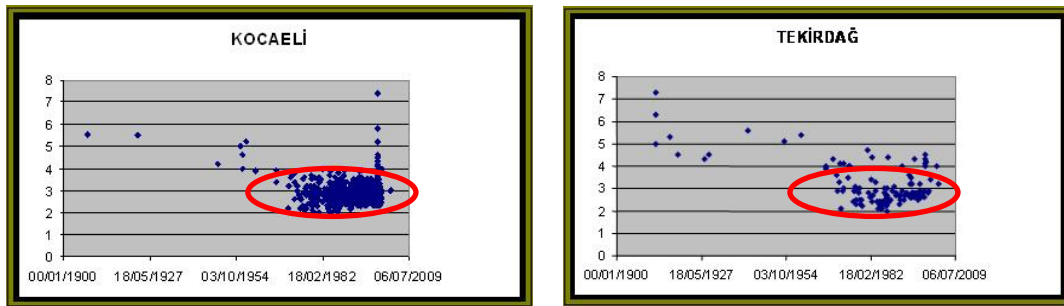
$$E_{yeni} = N_2 * E \quad (3b)$$

Daha önce meydana gelmiş olan depremlerin etkisini gösteren katsayı (EH) ise Denklem 4 ile hesaplanmıştır.

$$EH = \left(\frac{\sum E_{eski} - \sum E_{yeni}}{\sum E_{eski} + \sum E_{yeni}} \right) \cdot 2 \quad (4)$$

4 ifadesinde eski ve yeni enerji değerlerinin farklarının toplamına bölünmesi sonucunda, her il için bir normalizasyon işlemi de otomatik olarak yapılmıştır. Bu şekilde bir uygulama ile elde edilen EH faktörü, il sınırları içerisinde meydana gelen depremlerin *sayısından ve büyüklüklerinden* bağımsız hale gelmektedir.

Her il için hesaplanan EH değerleri karşılaştırıldığında, yeni ve büyük deprem oluşan illerde depremsel tarihe katsayısı (EH) düşük çıkarken, geçmişte büyük depremlerin olduğu ancak yakın zamanda benzer büyüklükte depremlerin oluşmadığı illerde EH katsayısı büyük çıkmaktadır. Örnek olarak Tekirdağ ($EH=1,67$) ve Kocaeli ($EH=-1,79$) illeri deprem kayıtlarına ait büyüklük-zaman grafikleri Şekil 10'da görülmektedir.



Şekil 10. Kocaeli ve Tekirdağ illeri depremlere ait büyüklük – zaman grafiği

İl bazında deprem kayıtlarının büyüklük – zaman grafikleri incelendiğinde özellikle 1970'li yıllardan sonra küçük depremlerin de kayıt altına alındığı ve grafiklerde bulutsu kümelenmelerin olduğu görülmüştür (Şekil 10). Tarih içinde süreksiz olarak kaydedilen küçük depremlerin EH katsayıları üzerine etkilerini araştırmak için bir duyarlılık analizi yapılmıştır. Duyarlılık analizi için, EH değerleri deprem kayıtları belli değerlerin üzerinden kesilerek defalarca hesaplanmıştır. Deprem büyüklükleri 3'den 8'e

Şekil 12’de verilmiş olan harita incelendiğinde, yakın zamanda büyük depremlerin olduğu illerde (örneğin Kocaeli, Düzce, Amasya, Bingöl ve Osmaniye gibi) enerji boşalmaları nedeni ile rahatlama olduğu görülmektedir. Buna karşılık, uzunca zamandır büyük depremlerin olmadığı yerlerde de (örneğin Tekirdağ, Kahramanmaraş, Bitlis, Uşak, Afyonkarahisar, vb.) enerji birikimi nedeni ile katsayının yüksek çıktığı gözlenmektedir. EH katsayılarının komşu iki ilde büyük farklılıklar göstermesi, fay hatları üzerindeki enerjinin belirli bir bölgede yoğunlaşmasının belirtisi olabilir (örneğin Kahramanmaraş, Kastamonu, Uşak ve Bitlis).

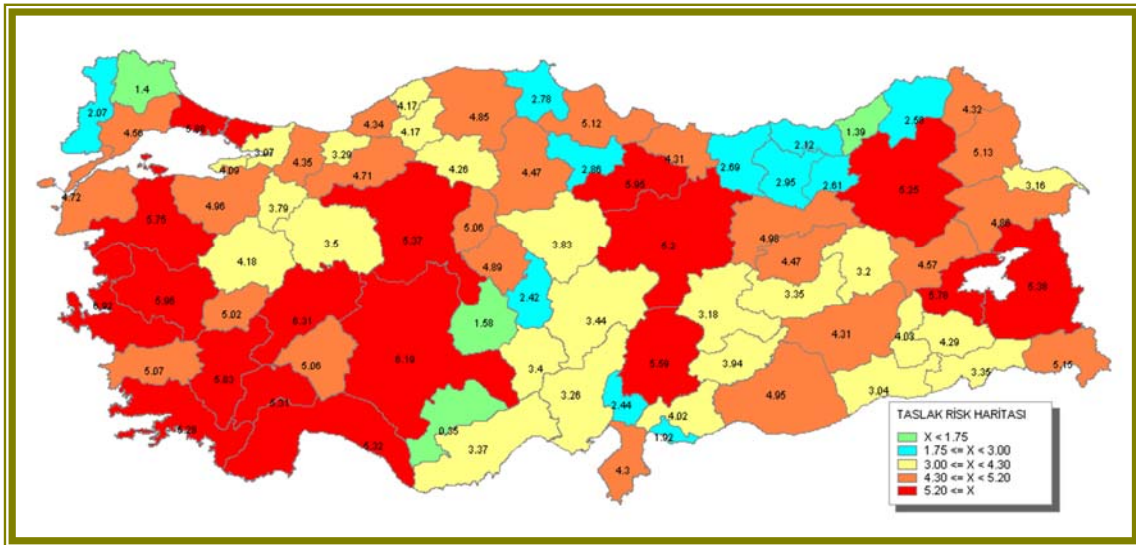
Türkiye Yığma Yapı Deprem Risk Haritası (Taslak)

Şekil 2 - 9 ve 12 ile verilmiş olan haritalar incelenmiş ve “risk faktörü”ne etki eden 3 parametre belirlenmiştir. Bu parametreler, aralıkları ve ağırlık katsayıları ile beraber Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Risk Faktörünü etkileyen parametreler

Parametre	Aralık	Ağırlık Katsayısı
Deprem Bölge Katsayısı	1 – 5	4
Depremsel Tarihçe Katsayısı	-2 – 2	4
Yığma Yapı Nüfusu Katsayısı	0 – 4	4
Toplam	-1 – 11	12

Bununla birlikte, çalışma sırasında elde edilmiş olan bazı harita ve katsayılar, “risk faktörü” hesabına dahil edilmemiştir. Buna örnek olarak, yığma yapı sayısının toplam yapı sayısına oranı ya da yığma yapılarda yaşayan nüfusun toplam il nüfusuna oranı verilebilir. Bu her iki sayı, yığma yapılar ya da yığma yapılarda yaşayan nüfus konusunda oransal bir anlam ifade ediyor ise de, muhtemel bir depremden etkilenecek insan sayısını içermediğinden, hesaplarda direkt olarak ‘yığma yapılarda yaşayan nüfus’ kullanılmıştır. Yığma yapılar için risk durumunu ifade eden katsayı ise $RF = (5 - EC) + EH + PC$ denklemi kullanılarak elde edilmiştir. Burada, RF : Risk Faktörü, EC : Deprem Bölge Katsayısı (Şekil 2a), EH : Depremsel Tarihçe Katsayısı (Şekil 12), PC : Yığma Yapıda Yaşayan Nüfus Katsayısı (Şekil 8). Sonuç olarak, Türkiye Yığma Yapı Deprem Risk Haritası elde edilmiş ve Şekil 13’de verilmiştir. Burada görülebileceği üzere, risk faktörünün değişim aralığı -1 ile 11 arasında olmakla beraber, iller için en küçük değer 0.36 (Karaman) ve en büyük değer de 6.92 (İzmir) olarak elde edilmiştir.



Şekil 13. Türkiye Yığma Yapı Deprem Risk Haritası Taslağı

Sonuçlar

Yığma yapılarda yaşayan nüfusun yoğunluğu, depremsellik, ve tarihçe açılarından tehlikeli iller haritası oluşturulmuştur. Bu toplam harita, her biri deprem riskini belirleyen üç parametre katmanlarının toplanması vasıtasıyla (Denklem 4) elde edilmiştir. İllerin sınıflandırılması il puanlarının kümelenmesi ile belirlenmiştir.

Duyarlılık analizi sonucunda, 1970 sonrasında toplanmaya başlayan küçük deprem kayıtlarının enerji değeri logaritmik olarak hesaplandığı için, etkisinin düşük olduğu görülmüştür.

Yığma yapı yüzdesi düşük dahi olsa, genel nüfusu ve depremselliği yüksek olan illerin ön sıralara yerleştiği görülmüştür (örneğin İzmir).

Yığma yapıların iyileştirilmesi konusunda yapılacak olan çalışmalarda öncelikli illerin belirlenmesi için bu haritanın dikkate alınması gerektiği düşünülmektedir.

Sonuç olarak, bu haritanın, yığma yapılar için sismik güçlendirme programlarında ve uygulamalarında ele alınmaları uygun olacaktır. Bu çalışma sonucunda elde edilen *yığma yapı risk haritası* kullanılarak SPIM#1451 projesinin uygulama alanı olarak Hatay ili seçilmiş ve Eylül 2004'de Antakya Odabaşı Beldesi'nde muhtarlık ve kütüphane olarak kullanılan tek katlı tuğla bir yığma yapı üzerinde bir güçlendirme uygulaması yapılmıştır.

Teşekkür

Bu çalışma, Dünya Bankası DM2003 SPIM-1451 ve TÜBİTAK İÇTAG-1599/01 projeleri kapsamında yapılmıştır. Desteklerden dolayı yazarlar teşekkürlerini sunarlar. Yazarlar, grafiklerin hazırlanmasında kullanılan NETCAD GIS yazılımı için Ulusal CAD ve GIS Çözümleri Mühendislik Bilgisayar A.Ş. 'ye ayrıca teşekkür ederler.

Referanslar

BİNA SAYIMI, 2000. T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü, Ankara.

BOĞAZIÇI ÜNİVERSİTESİ KANDİLLİ RASATHANESİ VE DEPREM ARAŞTIRMA ENSTİTÜSÜ veri bankası.

GENEL NÜFUS SAYIMI SONUÇLARI, 2000. T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü, Ankara.

NETCAD 4.0 GIS KULLANIM KILAVUZU, 2004. Ulusal CAD ve GIS Çözümleri Mühendislik Bilgisayar A.Ş., Ankara.

TÜRKİYE DEPREM BÖLGELERİ HARİTASI, 1996. T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı - Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi, Ankara.