

# Anıtsal Yığma Binalarda Ön-Değerlendirme Yöntemine Dayalı Risk Tespiti

## *Monumental Masonry Buildings Pre-Assessment Method Based on Risk Assessment*

Meltem VATAN,<sup>1</sup> Gözün ARUN<sup>2</sup>

Taş, tuğla, kerpiç ve harç ile inşa edilmiş anıtsal tarihi yığma yapılar; yapım dönemi, geometrik tipoloji, yapım biçimi, yapım tekniği, yapı elemanlarının boyutları ve malzemeleri bakımından çok çeşitli ve karmaşıktır. Son elli yıl içinde yapılan ve yeni yapılacak olan betonarme, çelik ve yığma yapıların güvenlik değerlendirmesi yönetmelik ve şartnamelerle yapılmaktadır, ancak tarihi yapıların değerlendirilmesine ilişkin yöntemler yaygın değildir. Bu çalışma, anıtsal yığma binaların görsel verilerle risk düzeyinin belirlenmesinde puanlama sistemine dayanan bir yöntem sunmaktadır. Çalışmada, geliştirilen “Yapı Tespit Formu” ile alanda yapıya ilişkin görsel veriler elde edilmiş, ardından bu veriler web tabanlı veri tabanına işlenerek sonuç risk puanı otomatik olarak hesaplanmıştır.

**Anahtar sözcükler:** Anıtsal yığma bina; risk düzeyi; görsel tespit; ön-değerlendirme.

*Depending on the construction period, geometrical typology, construction and organization of the structure, element size and construction material of historic monumental structures; constructed with bricks, stones, adobe and mortar, are diverse and very complicated. Structural safety is guaranteed by the codes, guidelines, and specifications for recently constructed concrete and steel buildings, but there is no specific criterion for evaluating the historic monumental buildings. This study presents a scoring system method for classifying the risk level of the historic monumental structures based on visual information. This method is based on the acquisition of visual data of the building by using the developed building inspection form, storage of the acquired data on the web database and evaluation of the risk score of the inspected building automatically by the computer database system.*

**Key words:** Masonry monumental building; risk level; visual inspection; pre-assessment.

<sup>1</sup>T. C. İstanbul Aydın Üniversitesi, Florya Yerleşkesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, İstanbul

<sup>2</sup>Yıldız Teknik Üniversitesi, Beşiktaş Kampüsü, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, İstanbul

<sup>1</sup>Department of Architecture, T. C. İstanbul Aydın University, Florya Campus, Faculty of Engineering and Architecture, İstanbul

<sup>2</sup>Department of Architecture, Yıldız Technical University, Besiktas Campus, Faculty of Architecture, İstanbul.

## Giriş

Tarihi yapılar; sanatsal değeri büyük, insanlık ve mimarlık tarihi için önemli, buldukları yerin yaşam biçimini ve kültürel değişimini yansıtarak bölgenin kültürel kimliğini ortaya koyan korunması gerekli yapılardır. Yüzyıllardır ayakta olan bu yapılar doğadan ve insanlardan kaynaklanan tehditler altındadır. Aktif bir deprem kuşağında yer alan Türkiye, tarih boyunca çok sayıda yıkıcı deprem yaşamıştır. Bu nedenle tehditlerin en önemlisi deprem olarak kabul edilebilir. Bunun yanı sıra yangınlar, seller ve savaşlar da tarihi yapılarda büyük hasarlara neden olmuştur.

Malzeme, geometri, yapım sistemi, yapı elemanlarının düzeni, tarihsel değer, tarih boyunca yapılan müdahaleler ve ekler bakımından oldukça karmaşık ve çeşitli olan tarihi yapıların bir kısmı bakımsızlık, yanlış müdahale ya da terk edilmişlik nedeniyle yok olmaktadır.

Yapı güvenliğini değerlendirebilmek için nitel ve nicel verilere ihtiyaç vardır. Nitel veriler gözleme dayalı yöntemler ile elde edilirken; nicel veriler alanda yapılan tahribatsız ya da az tahribatlı deneyler, laboratuvarda yapılan malzeme ve yapı modelleri deneyleri ile nümerik modeller gibi daha ayrıntılı, yüksek bütçeli ve uzman gerektiren çalışmalardır. Türkiye’de, tarihi yapı stoku çok zengin ve bu alanda çalışan uzman sayısı az olduğu için yapıların tamamının uzmanlar tarafından incelenmesi fiziksel olarak mümkün olamamaktadır. Bu nedenle koruma çalışmalarında ilk adımı oluşturacak anıtsal tarihi yapı stokunun mevcut durumunun değerlendirilmesi, yapıların risk potansiyeline göre sınıflandırılması ve yüksek risk altındaki yapıların uzmanlara yönlendirilmesini sağlayacak basitleştirilmiş, görece daha hızlı yöntemlerin geliştirilmesi koruma alanında önemli bir ihtiyaçtır.

Türkiye’de ve pek çok ülkede; yeni inşa edilecek yapıların güvenliği yönetmelikler, standartlar ve şartnameler ile sağlanmaktadır. Yönetmelikler tarihi yapıları kapsam dışı bırakmaktadır. Tarihi yapılar genellikle doğal taş, tuğla, kerpiç ve harç gibi malzeme ile inşa edilen yığma kagir yapılardır ve yapım yüzyılı, inşa biçimi, yapı geometrisi bakımından oldukça karmaşıktır. Bu yapıların korunmasına ve müdahale kararlarına ilişkin genel yöntemler ve ölçütler yoktur. Bunun için her yapı kendi özelinde değerlendirilmektedir.

Araştırmalara göre; betonarme, yığma konut gibi çeşitli yapı türleri için afet sonrası hasar ve durum tespitine ilişkin yöntemlerin olduğu, ancak anıtsal binalar için afet öncesi ön-değerlendirme ve yapıların potansiyel riskinin belirlenmesi ile ilgili çalışmaların yaygın olmadığı anlaşılmaktadır.<sup>1-8</sup>

Bu çalışmanın amacı; afet öncesi, çok sayıda anıtsal yığma tarihi binanın göreceli olarak kısa zamanda incelenmesi ve koruma, müdahale çalışmaları için ilk adım olan potansiyel riskin belirlenmesi ile risk düzeyine göre sınıflandırılması ve ivedi müdahale gerektiren yapıların belirlenmesidir. Geliştirilen ön-değerlendirme yönteminde gözleme dayalı veriler bu konuda uzman olmayan kişiler tarafından “Yapı Tespit Formu” ile toplanmakta ve bilgisayar veri tabanına işlenmektedir. Değerlendirme, bilgisayar veri tabanı ile otomatik olarak yapı için hesaplanan puan, önceden belirlenmiş olan puan cetvelindeki risk aralığına göre sınıflandırılmaktadır. Risk düzeyleri; risk yok, az riskli, orta riskli, riskli, yüksek riskli olmak üzere beş grupta sınıflandırılmıştır.

## Görsel Verilerle Yapı Tespiti

Geliştirilen ön-değerlendirme yöntemi güvenlik değerlendirmesinde ilk adım çalışması olarak düşünüldüğü için; göreceli olarak hızlı bir tarama ile yapı geometrisi, topoğrafya, taşıyıcı sistem elemanlarının boyutları, bozulma ve hasar durumları ile var ise yapısal müdahaleler görsel olarak tespit edilmektedir. Yapıya ilişkin bu verilerin toplanması “Yapı Tespit Formu” ile sağlanmaktadır.

Yapı tespitinde ilk adım yapı elemanlarının tanımlanmasıdır. Geliştirilen yöntemin tüm yapılarda uygulanabilmesi ve yapı tanımının bilgisayar veri tabanı ile otomatik olarak yapılacak değerlendirmeye uygun olabilmesi için, yapı elemanları yapıya verilen aks şemasına göre isimlendirilmiş/kodlanmıştır.

## Yapı Taşıyıcı Elemanlarının Tanımlanması

Çok çeşitli ve karmaşık geometrisi olan anıtsal tarihi yığma kagir binaların yapı elemanlarının tanımlanması oldukça güçtür (Şekil 1). Geliştirilen yöntemde; değerlendirme ve risk sınıflandırması bilgisayar ortamında yapılacağı için her yapı elemanının, bilgisayar veri tabanına tanıtılması ve yapının bütün olarak değerlendirilmesi, elemanlar ve hasarları arasında ilişkinin otomatik olarak kurulması gerekmektedir.

Bozulma ve hasar tespitinde; hasarın hangi yapı elemanında olduğu, hasarın elemanın her iki yüzeyinde olup olmadığı ya da komşu elemanda devam edip etmediği ve yapı elemanları arasındaki ilişkinin belirlenmesi için yapının bütün olarak değerlendirilmesi son derece önemlidir. Bu işlemin bilgisayar ortamında otomatik olarak yapılabilmesi için yapılara aks şeması ve

<sup>1</sup> Bal vd., 2008

<sup>2</sup> Bal vd., 2006

<sup>3</sup> Binda vd., 2007

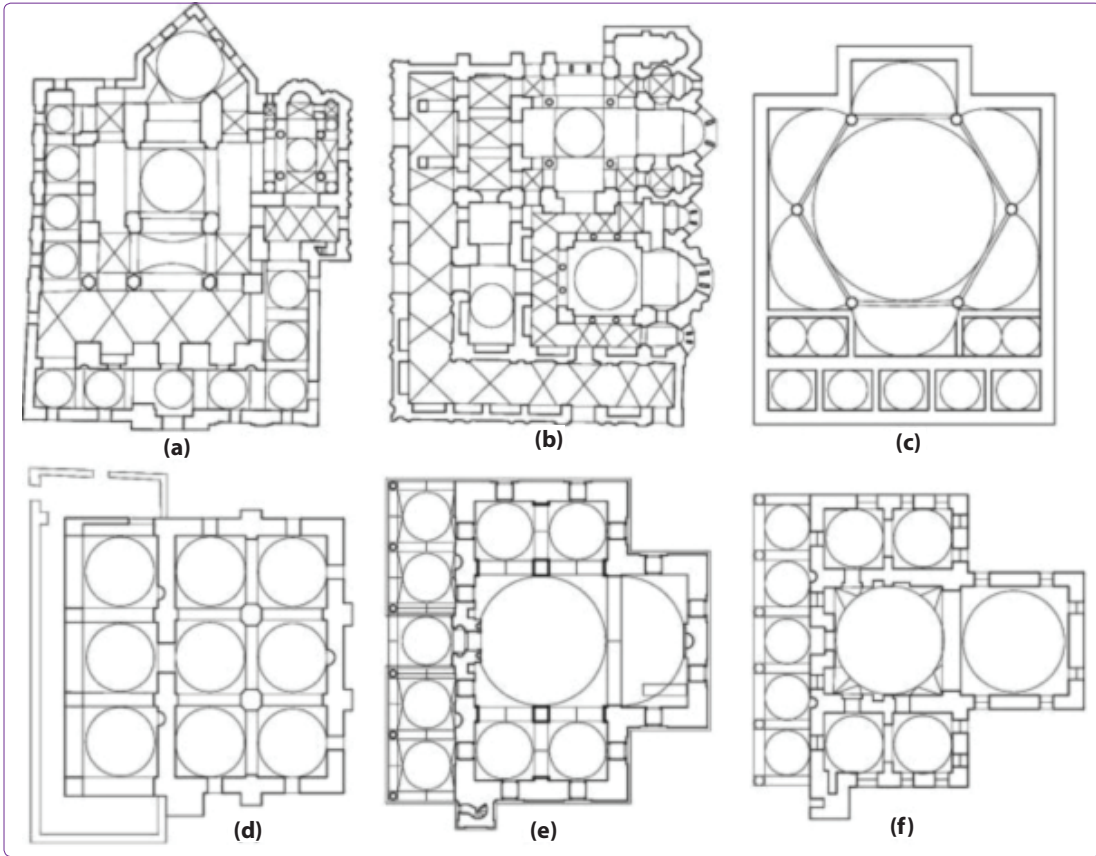
<sup>4</sup> Binda vd., 2010

<sup>5</sup> D’Ayala ve Speranza, 2002

<sup>6</sup> Lagomarsino ve Podesta, 2004

<sup>7</sup> Sinha ve Goyal, 2004

<sup>8</sup> Van Hees vd., 2008



**Şekil 1.** Anıtsal tarihi yapı planlarına ilişkin örnekler. (a) İstanbul Fethiye Cami, (b) Fenari İsa Cami, (c) Davut Paşa Cami, (d) Zincirlikuyu Atik Ali Paşa Cami, (e) Çemberlitaş Atik Ali Paşa Cami, (f) Murat Paşa Cami.<sup>9</sup>

rilerek yapı elemanlarının isimlendirilmesi/kodlanması yapılmıştır. Aks kodu ile tanımlanan her yapı elemanı veri tabanı için bir girdi olmuştur.

Yapılara aks şeması verilmesinin amacı yapı elemanlarının isimlendirilmesi olduğu için yeni yapılardaki gibi ayrıntılı ve aplikasyona uygun hassasiyet gereği yoktur. Önemli olan karmaşık geometrisi olan yapıda taşıyıcı elemanların tamamının en az sayıda aks çizgisi ile ifade edilmesidir. Bunun için aks çizgilerinin taşıyıcı elemanın ortasından geçmesi zorunlu değildir, tek bir çizgi bir kaç elemanı aynı anda kesebiliyorsa yapı elemanının ortasından geçmese de kullanılması kabul edilmiştir.

Plan krokisi üzerinde; her bir taşıyıcı elemandan-duvar, ayak, sütun, kemer, giriş, lento - yatay ve düşey doğrultuda aks geçirilmiş, bu akslara sayıca çok olan doğrultuda rakam diğer doğrultuda harf verilmiştir. Yapı elemanı eğik konumda ise, Şekil 2'de görüldüğü gibi yapı elemanı doğrultusunda eğik aks geçirilmiş ve eğik aksların kesişim noktasından yatay (D-D) ve düşey doğrultuda (1-1), birer aks geçirilmiştir.

Yapı elemanlarının her birinin isimlendirilmesi/kodlanmasındaki amaç yapı elemanının yerini ve geo-

metrisini belirlemek olduğu için yapı tanımında, plan düzleminde verilen aks şemasından yararlanılmış, kesit düzleminde aks şeması verilmemiştir. Çünkü yapı tespiti sırasında incelenen kat belirtildiğinde incelenen yapı elemanının kesit düzlemindeki bilgisi elde edilmiş olacaktır.

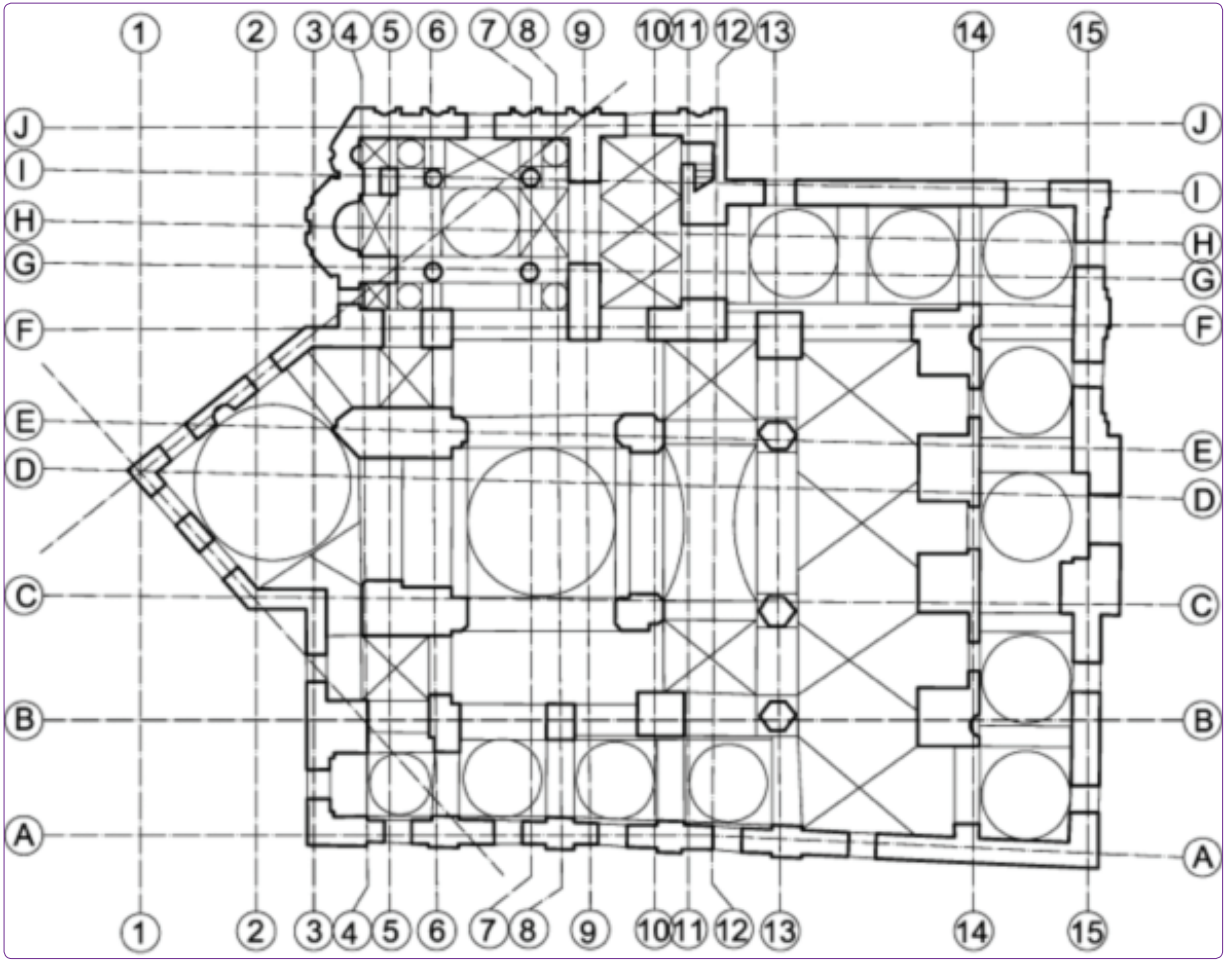
Tablo 1 ve Şekil 2 incelendiğinde; yukarıda anlatılan aks verme yöntemi ve yapı elemanlarının kodlanmasından her bir aks kodunun yapı elemanının geometrisine işaret ettiği görülür.<sup>11</sup> Ayak ve sütun elemanları bir harf ve bir rakam olmak üzere iki haneli, doğrusal duvar elemanları iki harf ve iki rakam olmak üzere dört haneli, eğrisel duvar elemanları üç harf ve üç rakam olmak üzere altı haneli, kemer ve lento elemanları iki harf ve iki rakam olmak üzere dört haneli olarak kodlanmıştır.

### Yapı Tespit Formu

Geliştirilen ön-değerlendirme yönteminde, yapı hem dıştan hem içten incelenerek her bir yapı elema-

<sup>9</sup> Vatan, 2010

<sup>11</sup> Vatan, 2010



Şekil 2. Plan şeması üzerinde aks verilmesi.<sup>10</sup>

nının her iki tarafındaki bozulma ve hasar durumunun tespit edilmesi, var ise hasarların yapı elemanının her iki tarafında devam edip etmediğinin belirlenmesi ve olası bina hareketinin yönünün tayin edilmesi hedeflenmiştir. Bu amaç ile “yapı tespit formunun” kurgusu, yapıya ilişkin genel bilgiler ve her yapı elemanının mevcut durumunu ve hasarlarını belgeleyecek şekilde yapılmıştır.

Yapının incelenmesi sırasında, doğal olarak incelemeyi yapan kişi her zaman daha önceki deneyimlerine dayanarak karar verir. Bu durumda, yapının incelenmesi sadece yapının mevcut durumuna değil aynı zamanda incelemeyi yapan kişinin bilgisine ve tecrübesine de bağlı olur. Bu çalışmada geliştirilen yöntem ile yapılacak incelemenin öznel bir inceleme olmasını önlemek amacıyla “yapı tespit formu” önceden belirlenmiş seçeneklerle hazırlanmıştır. Böylece tespiti yapan, koruma ve tarihi yapı konusunda uzman olmayan kişi için yoruma açık bir durum olma olasılığı ortadan kaldırıl-

maya çalışılmış veya en aza indirilmiştir.

Özellikle bozulma/hasar tespitinde; tespiti yapan kişiye herhangi bir soru işareti kalmaması için yapı tespit formunda yer alan tüm bozulma/hasarları kapsayan, “bozulma ve hasar sözlüğü” oluşturulmuştur. Bozulma ve hasar sözlüğündeki tanımlar resimler ile desteklenerek kullanıcı için açıklık getirilmiştir. Böylece hasar tespitinin nesnel olması sağlanmıştır.

Yapıya ilişkin bilgilerin toplandığı “yapı tespit formu”, farklı kullanıcı grupları ile alanda denenmiş ve gelen geri bildirimler doğrultusunda olgunlaştırılmıştır. Form, yedi ana bölümden oluşmaktadır:

- A. Genel bilgiler,
- B. Fiziki tanım bilgileri,
- C. Yapı fotoğrafları,
- D. Yapı taşıyıcı elemanlarının ölçüleri,
- E. Çatı taşıyıcı sistemi,
- F. Kat bilgisi,

<sup>10</sup> Vatan, 2010

**Tablo 1.** Yapı elemanlarının türüne göre aks kodlar (Şekil 2)

Yapı elemanı adı	Eleman aks kodu hane sayısı	Örnek
<b>Sütun</b>	1 Harf, 1 Rakam	G6
<b>Ayak/Payanda</b>	1 Harf, 1 Rakam	E10
<b>Duvar</b>		
Doğrusal dik konumlu	2 Harf, 2 Rakam; biri tekrar eder	A3B3
Doğrusal açılı konumlu	2 Harf, 2 Rakam, tekrar yok	D1C2
Eğrisel	3 Harf, 3 Rakam, biri tekrar eder	G4H3I4
<b>Kemer/Lento</b>		
Doğrusal dik konumlu	2 Harf, 2 Rakam; biri tekrar eder	E6E10
Doğrusal açılı konumlu	2 Harf, 2 Rakam, tekrar yok	E4F3
<b>Döşeme/Tavan döşemesi</b>	n Harf, n Rakam; ikiyeşerli tekrarlar var	E13E14F14F13
<b>Geçiş elemanı</b>	1 Harf, 1 Rakam	I15

G. Yapı taşıyıcı elemanları (Cephede ve yapı iç kısmında)

Yapı tespiti, yapının katlara ve her katın mekanlara ayrılması ve mekandaki her yapı elemanının incelenmesi ile yapılmaktadır. Yapı tespit formundaki ana bölümler ve bu bölümlerin sıralaması, amaçlanan tespit sıralaması sırasına göre düzenlenmiştir. Bu sıralama aynı zamanda yapı tespit formunun alanda kullanımını kolaylaştıracak ve herhangi bir eksik bilgi kalmasını ortadan kaldıracak/en aza indirecek biçimde öngörülmüştür.

Genel Bilgiler bölümü; yapı adı, yapım yılı/yüzyılı, yapının adresi, ili, ilçesi, deprem bölgesi bilgisi, yapının CBS (GPS) koordinatları, plan çiziminin olup olmadığı bilgisi, mülk sahibi, kullanıcı, kullanım durumu, fonksiyon değişikliği bilgilerini içermektedir. Fiziki tanım bilgilerinde; topoğrafya, yapının plan tipi, yapıyı oluşturan birimler ve aks sistemi oluşturulmuş yapı planı sorguları mevcuttur.

Deprem bölgesi bilgisi T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı haritası ve DBYBHY - 2007 esaslarına dayanmaktadır.<sup>12,13</sup>

### Değerlendirme Ölçütleri

İncelenen yapılar, DBYBHY 2007'nin 5. Bölümü ile Eurocode 6 ve Eurocode 8'de yer alan hesap ölçütleri ve yapı tespit formundan gelen bilgiler ilişkilendirilerek yapılan hesap ile değerlendirilmiştir.<sup>14,15</sup> Yapı tespit formundaki sorguların puan değerleri belirlenmiş ve değerlendirme hesabının bir ölçütü olarak alınmıştır. Her bir yapı elemanı için elde edilen veriler, değerlendirilmede birbiri ile ilişkilendirilerek, yapının bir bütün

olarak değerlendirilmesi sağlanmıştır.

Hesaplama ölçütleri; taşıyıcı duvar alanı toplamının bina ağırlığına oranı (1), taşıyıcı duvar alanı toplamının bina brüt taban alanına oranı (2), taşıyıcı duvarların taşıyabileceği kesme kuvvetinin bina eşdeğer deprem yüküne oranı (3), duvarların uzunluk ve yükseklik narinlikleri (4 ve 5) olarak belirlenmiştir. Bu hesaplar binanın her iki doğrultusu için (X,Y) ayrı ayrı yapılmıştır.

$$\Sigma A_{dvX,Y} / W \quad (1)$$

$$\Sigma A_{dvX,Y} / \Sigma A_{bina} \quad (2)$$

$$FR_{dvX,Y} / V_t \quad (3)$$

$$L_{i,dv} / t_i \quad (4)$$

$$H_{i,dv} / t_i \quad (5)$$

Bu bağıntılarda;  $\Sigma A_{dvX,Y}$  dikkate alınan deprem yükü doğrultusundaki taşıyıcı duvar toplam alanını,  $W$  bina ağırlığını,  $\Sigma A_{bina}$  binanın brüt (toplam) taban alanını,  $FR_{dvX,Y}$  dikkate alınan deprem yükü doğrultusundaki duvar kesme kapasitesi,  $V_t$  eşdeğer deprem yükünü,  $L_{i,dv}$  duvar uzunluğunu,  $t_{i,dv}$  duvar kalınlığını,  $H_{i,dv}$  duvar yüksekliğini ifade etmektedir.

$FR_{dvX,Y}$  dikkate alınan deprem yükü doğrultusundaki duvar kesme kapasitesi,  $\tau$  kayma emniyet gerilmesinden yararlanarak hesaplanmaktadır (6). YTÜ, Döner Sermaye kapsamında, Aköz vd tarafından verilen teknik raporlarda yer alan malzeme deneylerine göre kavrık kalker için,  $\tau=1\text{MPa}=1\text{N/mm}^2=1000\text{kN/m}^2$  olarak alınmıştır.<sup>16</sup>

$$FR_{dvX,Y} = \Sigma A_{dvX,Y} * \tau \quad (6)$$

$V_t$  eşdeğer deprem yükünün hesabı bina ağırlığı,

<sup>12</sup> www.deprem.gov.tr

<sup>14</sup> DBYBHY, 2007

<sup>13</sup> DBYBHY, 2007

<sup>15</sup> Lourenço ve Roque, 2006

<sup>16</sup> Aköz ve Yüzer, 2009

spektral ivme katsayısı ve taşıyıcı sistem davranışı katsayısından yararlanarak hesaplanmıştır (7).

$$V_t = W * A(T) / R \quad (7)$$

Literatür araştırmasına göre, taşıyıcı sistem davranış katsayısının değeri R=2.0 olarak alınmıştır.<sup>17</sup>

A(T) spektral ivme katsayısının değeri bina önem katsayısı ve binanın bulunduğu deprem bölgesinin etkin ivmesine göre hesaplanmıştır (8).

$$A(T) = A_0 * I * S(T) \quad (8)$$

Anıtsal yığma binalarda kullanmak üzere, I bina önem katsayısı DBYBHY 2007 Tablo 2.3'e göre, 1.4 ve S(T)=2.5 alınmıştır.

DBYBHY 2007'de verilen A0 etkin yer ivmesi değerlerine göre, 1. Derece deprem bölgesinde yer alan anıtsal yığma bir yapı için A(T) spektral ivme katsayısı ve Vt eşdeğer deprem yükünün hesabı (9 ve 10) bağıntılarında verilmiştir.

$$A(T) = 0.4 * 1.4 * 2.5 = 1.4 \quad (9)$$

$$V_t = W * 1.4 / 2 \quad (10)$$

W bina ağırlığı hesabı, Vt taşıyıcı elemanların hacmi ve γ malzeme birim ağırlığına göre hesaplanmıştır (11).

$$W = V * \gamma \quad (11)$$

γ malzeme birim ağırlığı değerleri; taş ve tuğla için, YTÜ-Döner Sermaye kapsamında, Aköz vd. tarafından verilen teknik raporlardaki değerlere göre belirlenmiştir. Alışık malzeme birim ağırlığı değeri literatürden alınmıştır.<sup>18</sup> Buna göre anıtsal yığma binalarda kullanılan malzemelerin birim ağırlıkları Tablo 2'te verilmiştir.

Yukarıda açıklanan formüllerle yapılan hesaplara ve Türkiye'de bu konuda geliştirilmiş bir yönetmelik koşulu olmadığı için Kaynak 19'dan alınan verilere göre elde edilen uygunluk koşullarının değerleri Tablo 3'te verilmiştir.<sup>19</sup>

### Yapı Tesit Formu Sorgularının Puan Değerleri

Bina toplam risk puanı; yukarıdaki bölümde anlatılan değerlendirme ölçütlerindeki formüllerin hesabı ile yapı tespit formu verilerinin puanlarının hesaplanması sonucu elde edilmiştir. Her bir verinin puan değeri belirlenmiş ve sonuç hesabında bina toplam risk puanı elde edilmiştir. Yapıya verilen aks şemasına göre yapı risk puanı, X ve Y doğrultusu için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Puanlama sistemi, en olumlu durum 0 puan ve en olumsuz durum 1 puan olmak üzere oluşturulmuştur.

Her bir sorgunun puan ağırlığı, içerdiği bilginin yapı davranışına olan etkisine göre düşünülmüştür.

İncelenen yapının bulunduğu deprem bölgesinin puan değeri, DBYBHY 2007'de belirtilen deprem bölgelerine göre toplam puanın her bir bölgeye eşit düzeyde dağıtılması ile belirlenmiştir. 5. Bölge teorik olarak deprem olmayan bölge kabul edildiği ve DBYBHY 2007'de etkin ivme değerleri dört bölgede dikkate alındığı için bu bölgenin puan değeri 0 olarak alınmıştır (Tablo 4).

Yapının topoğrafik yerleşimine ilişkin puanlama yapılırken yapının araziye oturma biçiminin yapı davranışına olan etkisi göz önünde bulundurulmuştur. Puan dağılımı, düz zeminde yer alan yapının, farklı kotta yer alan ya da eğimli araziye oturan yapıya göre deprem gibi yatay kuvvetlere karşı daha dengeli davranış göstereceği varsayımı ile yapılmıştır. Buna göre düz bir zemine oturan yapının topoğrafya puanı 0 olmak üzere, kot farkları, araziye oturma biçimi ve arazi eğimine göre en elverişsiz durum 1 Puan olarak puan dağılımı yapılmıştır.

Yapının simetrik ya da simetriye yakın düzenlenmiş olması, girinti-çıkıntı düzeni ve yapının geometrik formu yapının yatay kuvvet etkisindeki davranışını etkileyen en önemli unsurlardan biridir. Kare ve kareye yakın, simetrik ya da simetriye yakın düzenlenmiş yapılar deprem kuvveti karşısında olumlu davranış gösterir ve

**Tablo 2.** Yığma kagir yapı malzeme birim ağırlıkları

Malzeme türü	γ Birim ağırlığı (kN/m <sup>3</sup> )
Taş (kavkılı kalker)	24
Tuğla	15.8
Alışık	20

**Tablo 3.** Bina değerlendirme ölçütlerinin uygunluk koşulları

Ölçüt	Uygunluk koşulu
$\Sigma A_{dvx,y} / W$	$\geq 1,2 \text{ m}^2 / \text{MN}$
$\Sigma A_{dvx,y} / \Sigma A_{bina}$	$\geq 0.1$
$FR_{dx,y} / Vt$	$> 1$
$L_{dv} / t_{dv}$	$\leq 18$
$H_{dv} / t_{dv}$	$\leq 9$

**Tablo 4.** Deprem bölgesi bilgisinin puan değerleri

Deprem bölgesi	1. Bölge	2. Bölge	3. Bölge	4. Bölge	5. Bölge
Puan	1 Puan	0.75 Puan	0.5 Puan	0.25 Puan	0 Puan

<sup>17,18,19</sup> Lourenço ve Roque, 2006

geometriden kaynaklı bir kusur meydana gelmesi beklenmez. Bu nedenle uzun kenarının kısa kenarına oranı 3 ve 3'den büyük yapılar kare formdan uzaklaştığı için bu tür geometrisi olan yapıların plan tipi puanı 1 Puan olarak seçilmiştir. Girinti ve çıkıntı düzensizliği olan yapılar yatay kuvvet etkisiyle burulabileceğinden ve hasar oluşması beklenir. Buna göre girinti çıkıntı uzunluğu, ilgili doğrultudaki uzunluğun %20'den fazla ise 1 Puan, az ise 0 Puan olarak seçilmiştir.

Çan kulesi, saat kulesi ya da minare gibi narin yapıların yatay kuvvete karşı davranışı diğer yapılardan farklı olduğu için bu tür yapılar ayrı olarak değerlendirilmiştir. Kule ya da minare gibi bina kütleleri ana yapıya bitişik ya da ana yapıyla beraber ise farklı frekansta salınım yapacağı için ana yapıda kesme etkisi oluşturarak yapıya zarar verebilir. Buna göre kule ya da minarenin yapı ile ilişkisi ve yapı davranışına olan etkisi göz önünde bulundurularak bitişik olduğu durum olumsuz kabul edilerek 0,5 puan verilmiştir. Bazı yapılarda kule ya da minare, duvar elemanı ile birlikte inşa edilir ve duvarın içinden çıkarak yükselir. Farklı frekansta olan duvar ile kule/minare, yapı davranışı için en olumsuz durum olarak görüldüğü için bu duruma 1 puan verilmiştir. Bitişik olmayan narin yapı ana yapıya doğrudan zarar veremeyeceği için bu duruma 0 puan verilmiştir.

Cephe yükseklikleri farklı olan iki bitişik yapı kütleleri var ise çarpışma ve kesme etkisi olacağı dikkate alınarak duvar elemanları incelenirken, incelenen duvar önünde ve duvara bitişik, daha alçak bir yapı kütleleri var ise 1 puan yok ise 0 puan verilmiştir.

Deprem bölgesi bilgisi, topoğrafya, bina kütleleri arasında ilişki ve yapının geometrisinin yanı sıra gözlenen hasarlara da puan değerleri verilmiştir. Bozulma ve hasarlara verilen puanlar yapıya olan etkilerinin büyüklüğüne göre verilmiştir. Bunun yanı sıra hasarlar onarılabilir ise daha az riskli olarak düşünülmüş ve daha düşük puan verilmiştir, onarılamaz ise daha yüksek riskli olarak düşünülmüş ve daha yüksek puan verilmiştir.

Çatı taşıyıcı sistemi tekil yapı elemanı değil, tüm sistem olarak incelendiği için burada oluşan bozulma ve hasarların yapıya etkisi diğer yapı elemanlarındaki bozulma ve hasarlardan farklı olarak ele alınmıştır. Kaplamanın kaldırılması, bitkilenme ve parça kopması ile dış ortamdaki su vb. etkiler çatı sistemine işlemeye başlar, çatıda kısmi yıkılma gerçekleşmişse yapı iç bölümleri dış faktörlerden etkilenmeye başlar ve çatının çökmesi ile yapı dış ortama açık hale gelir. Çatı bozulma ve hasar puanları bu bilgiler doğrultusunda belirlenmiştir.

Çatı taşıyıcı sistemi dışındaki tüm yapı elemanları tekil olarak incelendiği için bu elemanların bozulma ve

hasar puanları farklı olarak belirlenmiştir. Puan değerleri, duvar, ayak, payanda ve sütunlarda çatlakların hangi kuvvet etkisinde meydana gelebileceği ve bu kuvvetin yapı davranışına olan etkisinin önemi dikkate alınarak sınıflandırılmış ve belirlenmiştir. En önemli kuvvet etkisi yatay deprem kuvveti olarak öngörülmüştür.

Yapı elemanlarında gözlenen bozulma ve hasarlar dışında duvar, ayak ve payandalara yapılan yapısal müdahalelere de puan değerleri verilmiştir. Müdahalenin yapı elemanı davranışına olan etkisi başta olmak üzere müdahale sırasında, günümüz koşullarında üretilmiş, yeni malzemenin kullanılmış olacağı ve mevcut yapı ile uyumlu olmayabileceği gibi etkiler dikkate alınmıştır.

Tüm sorgularda yer alan "diğer" seçeneği belirsizlik içerdiğinden en kötü durum olarak düşünülmüş ve güvenli tarafta kalmak için 1 Puan verilmiştir.

Değerlendirme ölçütleri puanlamasında ölçütün sağlanması durumu güvenli olduğu için 0 Puan, ölçütün sağlanmadığı durum güvensiz olduğu için 1 Puan verilmiştir. Duvar narinliği ölçütü, her bir duvar için, uzunluk narinliği ( $L_{dv}/t_{dv}$ ) ve yükseklik narinliği ( $H_{dv}/t_{dv}$ ) olarak iki parametreden oluştuğu için her bir parametrenin olumsuz durumuna 0,5 puan değeri verilmiş ve narinlik ölçütünün toplam olumsuz durum puanı 1 puan olarak hesaba alınmıştır (Tablo 3).

### Bina Risk Puanı Hesabı

Bu çalışmada geliştirilen ön-değerlendirme yöntemi puanlamaya dayandığı için her bir binanın risk puanı hesaplanarak risk düzeyi bulunur. Bunun için en düşük puan ile en yüksek puan hesaplanmalı ve buna göre risk düzeyleri için puan aralıkları belirlenmelidir.

Bu yöntemde yapı tespiti, eleman düzeyinde yapıldığı için her binanın yapı elemanı sayısına bağlı olarak bozulma/hasar, çatlak, farklı yükseklikte bitişik bina kütleleri durumu ve yapısal müdahale puanlarının toplamı değişkenlik gösterecektir. Bu durumda risk düzeylerinin puan aralıkları belirlenirken en yüksek puan değerini hesaplamak bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır. Bu sorunu çözmek için; bozulma/hasar, çatlak, yapısal müdahale durumu kusurlarının her biri için tüm akslardan (X ve Y yönünde ayrı ayrı olmak üzere) gelen puanların aritmetik ortalaması hesaplanmış ve toplam puan için bu ortalamaların toplamı alınmıştır. Ayrıca incelenen yapı elemanı duvar ise bitişik bina kütleleri farklı yükseklikte olan tüm duvar akslarından gelen puanların da aritmetik ortalaması alınarak sonuç puanına eklenmiştir (Tablo 5).

Tablo 5'te gösterildiği şekilde her bir yapı elemanı türü için puan hesabı yapıldıktan sonra yine X ve Y yö-

nünde ayrı ayrı olmak üzere tüm elemanlardan gelen toplam puanların aritmetik ortalaması ile bina bozulma/hasar puanı elde edilmiştir (Tablo 6). Bu şekilde en yüksek puan değerinin belirli bir sayı olarak elde edilmesi sağlanmıştır.

Geliştirilen ön-değerlendirme yönteminde bina risk puanı hesabı, yönetmelik esaslarına dayanan ölçütlerin puanları ve kusur puanı olarak adlandırılmış olan topoğrafya, plan tipi, kule/minare durumu, yapı elemanlarında gözlenen bozulma ve hasarlar, çatlaklar, farklı yükseklikteki bitişik bina kütleleri durumu ve yapısal müdahaleler olmak üzere iki grup veriye dayanır. Bina risk puanı hesabı, deprem kuvvetinin iki yönü dikkate alınarak X ve Y yönünde ayrı ayrı yapılmıştır. Duvar, kemer ve lento elemanlarının kusur puanları elemanın çalıştığı yöndeki (X veya Y) toplam puan hesabına katılmıştır. Ayak ve sütun elemanları her iki doğrultuda çalıştığı için hem X hem Y yönündeki hesaba katılmıştır. Benzer şekilde çatı taşıyıcı sistemi, mekan tavanı ve geçiş elemanı kusur puanları hem X hem Y yönündeki hesaba katılmıştır. Ayrıca yapı tespiti sırasında; duvar, ayak, payanda, sütun, kemer ve lento elemanlarının her bir yüzeyi ayrı ayrı incelenmiştir.

Bina toplam risk puanı (B.T.R.P.); deprem bölgesi puanı (D.B.P.) ve değerlendirme ölçütlerinin yapı davranışına olan etkisinin büyüklüğü dikkate alınarak hesaplanmıştır. Değerlendirme toplamı (D.T.) hesabında kullanılan ölçütler ve puan değerleri Tablo 7’de hesabı (12) bağıntısında verilmiştir.

$$D.T.= a+b+c+d+e + f \quad (12)$$

Bina toplam risk puanı, deprem bölgesi puanı ve değerlendirme ölçütlerinin yapı davranışına olan etkisinin büyüklüğü dikkate alınarak hesaplanmıştır. Bina toplam risk puanı hesabı (13) bağıntısında verilmiştir.

$$B.T.R.P.= D.T. (1+D.B.P.) \quad (13)$$

D.B.P. : Deprem bölgesi risk puanı

Tablo 7’de verilen en düşük ve en yüksek puan değerleri ve (13) bağıntısına göre bir yapının değerlendirme toplamı hesaplandığında en büyük değer 22 Puan ve en küçük değer 0 Puan olmaktadır. Tablo 8’e göre bina geometrisi ve topoğrafya (bozulma ve hasar dışındaki parametreler) için en olumsuz durum dikkate alındığında değerlendirme toplamı (D.T.) 8 Puan olmaktadır. Deprem bölgesi bilgisine göre, bina 1. Bölgede ise bina toplam risk puanı bozulma ve hasar dışındaki parametreler için 16 Puan olmaktadır. Bu nedenle “Orta Riskli” düzey için sınır 8 Puan ve “Yüksek Riskli” düzeyi için alt sınır puanı 16 Puan olarak belirlenmiştir.

Bu bilgilere göre risk sınıflarının puan aralıkları;

$$0 < RİSK YOK < 4$$

$$4 \leq AZ RİSKLİ < 8$$

$$8 \leq ORTA RİSKLİ < 12$$

$$12 \leq RİSKLİ < 16$$

$$16 \leq YÜKSEK RİSKLİ \leq 22 \text{ olarak düzenlenmiştir.}$$

#### Risk Puanı Hesabı İçin Veri Tabanı

Bu çalışmada geliştirilen yapı tespit formu, farklı büyüklük ve geometrisi olan çeşitli anıtsal yığma binalarda tek tip form kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Yapı tespit formu, binaları türlerine ayırmadan genel olarak geliştirildiği için her tür yapıya ilişkin ayrıntılı sorgular içermektedir. Alan çalışmasında bina türüne bağlı olarak, formdaki bazı sorgular boş bırakılmakta, bunun sonucunda tespiti yapılan her bir yapı için çok sayıda f0y sayfası birikmekte ve verileri değerlendirme işi karmaşık hale gelmektedir.

Yapı tespit formu sayfalarındaki verilerin düzenlenmesi, sadece incelenen yapıya ait bilgilerin ayrıştırılması ve boş kalan sorguların süzülmesi ve formda toplanan verilerin değerlendirilmesi işi bilgisayar veri tabanı ile

**Tablo 5.** Yapı tespit formundan gelen verilerin puan hesabı

	Aks kodu	Bozulma/Hasar		Çatlak		Yapısal müdahale durumu		Farklı yükseklikte bitişik yapı
		İ.E. 1	İ.E. 2	İ.E. 1	İ.E. 2	İ.E. 1	İ.E. 2	
<b>X Yönü</b>	...	E.B.P.	E.B.P.	E.B.P.	E.B.P.	E.B.P.	E.B.P.	... Puan
	...	...	...	...	...	...	...	... Puan
	<b>ΣPuan</b>	A.O. (a)	A.O. (b)	A.O. (c)	A.O. (d)	A.O. (e)	A.O. (f)	T.P. (a+b+c+d+e+f) A.O.
<b>Y Yönü</b>	...	E.B.P.	E.B.P.	E.B.P.	E.B.P.	E.B.P.	E.B.P.	... Puan
	...	...	...	...	...	...	...	... Puan
	<b>ΣPuan</b>	A.O. (a)	A.O. (b)	A.O. (c)	A.O. (d)	A.O. (e)	A.O. (f)	T.P. (a+b+c+d+e+f) A.O.

A.O. : Aritmetik ortalama, İ.E.1: İncelenen elemanın 1. Yüzeyi, İ.E.2: İncelenen elemanın 2. Yüzeyi, E.B.P.: En büyük puan, T.P.: Toplam puan.



**Tablo 6.** Yapı tespit formundan gelen toplam puanlar

Yapı elemanı türü	X Yönü Puanı	Y Yönü Puanı
Duvar	Σ Puan	Σ Puan
Ayak	Σ Puan	Σ Puan
Payanda	Σ Puan	Σ Puan
Sütun	Σ Puan	Σ Puan
Kemer	Σ Puan	Σ Puan
Lento	Σ Puan	Σ Puan
Çatı taşıyıcı sistemi	Σ Puan	Σ Puan
Mekan tavanı	Σ Puan	Σ Puan
Geçiş elemanı	Σ Puan	Σ Puan
<b>Toplam puan</b>	<b>Aritmetik ortalama</b>	<b>Aritmetik ortalama</b>

gerçekleştirilmesi ile tespit formundaki karmaşıklıklar giderilmektedir. Aynı zamanda geliştirilen yöntemin yaygın bir şekilde kullanılması ve elde edilen sonuçların geniş bir kitle ile paylaşılması için yapı tespiti sırasında toplanan veriler web ortamında depolanmaktadır (Şekil 3). Web veri tabanı geliştirilerek, alanda toplanan veriler dijital hale getirilmiş ve değerlendirmenin bilgisayar ortamında otomatik olarak yapılması sağlanmıştır (Şekil 4). Web ortamı ile verilere her yerden ve hızlı bir biçimde ulaşmak kolay hale gelmiştir.

Veri tabanı kullanılarak, tespiti yapılan yapılar arasında, çeşitli amaçlarla aramalar ve listelemeler yapılabilir ve istenilen sonuçlara kolayca ulaşılabilir. Verilerin dijital olarak saklanması diğer bir olumlu yönü de incelenen yapının izlenmesi için belge niteliği taşımasıdır. Belirli aralıklarla incelenen bir yapının zaman içindeki durumu ve değişimi izlenebilir, istenilen ölçütlere göre karşılaştırmalar yapılabilir.

Web ortamındaki veri tabanının yazılım seçimi için teknik fizibilite, ekonomik fizibilite, zaman fizibilitesi ve yasal fizibilite olmak üzere ayrıntılı fizibilite çalışması yapılmış ve tüm kullanıcıların internet üzerinden rahatlıkla ulaşabilecekleri şekilde ve gelişime açık bir sistem seçilmiştir. Yapı tespit formu ile elde edilen verilerin depolanması için Sql Server 2008 veri tabanı seçilmiştir. Sql Server 2008 veri tabanı, birçok veriyi bütünlüğünü koruyarak depolayabilen eldeki verileri istenilen niteliklere göre süzebilen, kullanıcı yüzünde istenilen bilgilerin gösterilmesine ve istenilen bilgilerin arka yüzde gizli tutulmasına olanak sağlayan, hızlı bir biçimde verilerin birleştirilip birbiri ile ilişkilendirilerek geri alabilen bir yönetim sistemidir.

Yazılım programı olarak ASP.NET 3.5 Framework ve C# diliyle geliştirilen web arayüzü kullanılmıştır. Bu yazılım, web tarayıcısı ile internet erişimi olan her yerden programa ulaşımı sağlamaktadır.

**Tablo 7.** Değerlendirme toplamı hesabı için en küçük ve en büyük puan değerleri

Ölçüt	Durum	Puan	
a	$\Sigma A_{dv,X,Y} / W$	$\geq 1.2 \text{ m}^2/\text{MN}$	0
		$\leq 1.2 \text{ m}^2/\text{MN}$	1
b	$\Sigma A_{dv,X,Y} / \Sigma A_{bina}$	$\geq 0.1$	0
		$\leq 0.1$	1
c	$FR_{d,X,Y} / Vt$	$> 1$	0
		$< 1$	1
d	$L_{dv} / t_{dv}$	$\leq 18$	0
		$> 18$	0.5
e	$H_{dv} / t_{dv}$	$\leq 9$	0
		$> 9$	0.5
f	Σ Kusur puanı	Topoğrafya	0-1
		Plan tipi	0-1
		Kule/Minare durumu	0-1
		Bozulma/hasar	0-3
		Farklı kotta bitişik yapı	0-1

### Yöntemin Uygulanması

Ön-değerlendirme yöntemi geliştirilirken alan çalışması için pilot bölge olarak İstanbul Tarihi Yarımada seçilmiştir. Bölgede yer alan yapıların yapım yılı ve geometri bakımından karmaşık olması, bazılarının zaman içinde fonksiyon değişimine uğraması, farklı malzemelerin kullanılmış olması ve bazı yapılarda farklı dönem eklerinin bulunması, bu bölgenin pilot bölge olarak seçilmesinde etkili olmuştur.

Bizans ve Osmanlı imparatorluklarına ev sahipliği yapmış olan İstanbul Tarihi Yarımada'da bulunan kullanılabilir durumdaki tarihi yapılar, MS 6. yüzyıla kadar tarihlenmektedir. Tarihi Yarımada'da; kiliseler, kiliseden camiye dönüştürülen yapılar, camiler, türbeler, hanlar, hamamlar, kütüphane yapıları gibi farklı işlev, dönem ve yapım sistemi olan; malzemesi, biçim ve geometrisi, yük aktarma sistemi, geçiş elemanları ve destek elemanları bakımından çeşitlilik gösteren yapılar bulunmaktadır. Tablo 8 bu bölgede tespit edilen yapı türlerini ve adetlerini göstermektedir.<sup>22,23</sup>

Yapı tespit formu, geliştirilme süresince her aşamada alanda farklı ekiplerle test edilmiş ve uygulanabilirliği denenmiştir. Uygulama sırasında karşılaşılan sorunlara ve kullanıcılardan gelen geri bildirimlere göre formun yapısı değiştirilerek geliştirilmiştir. Karşılaşılan her yeni durum ve eleştiri genelleştirilerek yapı tespit formu sorgularına eklenmiştir.

Alan çalışmasında, bir binanın tespiti için geçen süre

<sup>22</sup> Arun vd., 2010

<sup>23</sup> Öztepe, 2001



yapının karakteristiği, eleman adedi ve geometrik karmaşıklığı ve eldeki verilerin niteliğine bağlı olarak değişkenlik göstermiştir. Geometrisi karmaşık olan yapının algılanması ve aks şemasının verilmesi ile inceleme için düzen oluşturulması basit bir yapıya göre daha çok zaman almaktadır. Her bir yapı elemanı ayrı ayrı incelendiği için çok sayıdaki yapı elemanının gerek ölçüsünü almak gerekse bozulma ve hasarlarını incelemek uzun zaman almaktadır.

Ön-değerlendirme yöntemi, alan çalışmasında farklı ekiplerle çalışılarak geliştirilmiş ve ekiplerden gelen geri bildirimlere göre düzenlenmiştir. Bilgisayar veri tabanının işlevliliği ve doğrulamasını test etmek için her yapının verileri Microsoft Office Excel programında hesap yapılarak değerlendirilmiş ve veri tabanından gelen sonuç ile karşılaştırılmıştır.

Risk düzeylerinin puan aralıklarının belirlenmesi ve yöntemin doğrulanması için Padova Üniversitesi ve Politecnico di Milano Üniversitesi'nin 2009 L'Aquila depreminde yaptığı çalışmalardan yararlanmak üzere birlikte bir çalışma yapılmıştır. Bunun için depremi geçiren iki kilise yapısının mevcut durum sonuçlarından yararlanılmıştır. Geliştirilen yöntem ile kiliselerin deprem öncesi durumu karşılaştırılmış ve geliştirilen yöntemin risk düzeyleri için puan aralıkları bu verilere göre kalibre edilmiştir. Seçilen yapı örneklerinden biri San Pietro (Şekil 5) kilisesi diğeri de San Marco (Şekil 6) kilisesidir.

**Tablo 8.** İstanbul Tarihi Yarımada'da (tespit edilebilen) yapıların türlerine göre adetleri

Yapının işlevi	Yapı Adedi
Cami	127
Hamam	107
Mescit	64
Medrese	46
Kilise ve sinagog	30
Kütüphane	24
Camiye dönüştürülmüş kilise	12
Müze	10
Çarşı	4

San Marco kilisesi çok hasar almış, San Pietro kilisesi ise az hasar almış yapılardır. Buna göre en büyük ve en küçük puanların doğrulanması sağlanmıştır.

Yapı Tespit Formunun geliştirilmesi tamamlandıktan sonra yöntemin uygulanması için yeniden alan çalışması yapılmış ve binaların risk puanları hesaplanmıştır. Tablo 9-12'te Firuz Ağa Camisi'nin (Şekil 7) hesapları örnek olarak verilmiştir. Bina ağırlığı hesabında, taşın birim ağırlığı  $24 \text{ kN/m}^3$  olarak alınmıştır.<sup>24</sup>

Tablo 9 ve Tablo 10'da yapılan hesaplara göre, taban alanı  $244.26 \text{ m}^2$  olan Firuz Ağa Camisi taşıyıcı elemanların ağırlığı  $\Sigma W=14168.16 \text{ kN}$  olarak hesaplanmıştır. Bu



**Şekil 5.** San Pietro Kilisesi, L'Aquila, İtalya.

<sup>24</sup> Aköz ve Yüzer, 2009



Şekil 6. San Marco Kilisesi, L'Aquila, İtalya.

verilere göre yapılan deprem hesabı Tablo 11’de, bina toplam risk puanı hesabı Tablo 12’de verilmiştir.

Bu hesaplara göre Firuz Ağa Camisi’nin risk düzeyi puanı X yönünde 3.74 ve Y yönünde 2.48 olarak hesaplanmış ve bu değer 4’ten küçük olduğu için bina “Risk Yok” olarak değerlendirilmiştir.

### Sonuç ve Öneriler

Önceki bölümlerde anlatılan yöntem ile incelenen yapıların sonuç puanları ve risk düzeyleri Tablo 13’te verilmiştir.

Bu çalışmada sunulan ön-değerlendirme yöntemi ile elde edilen sonuçlara göre;

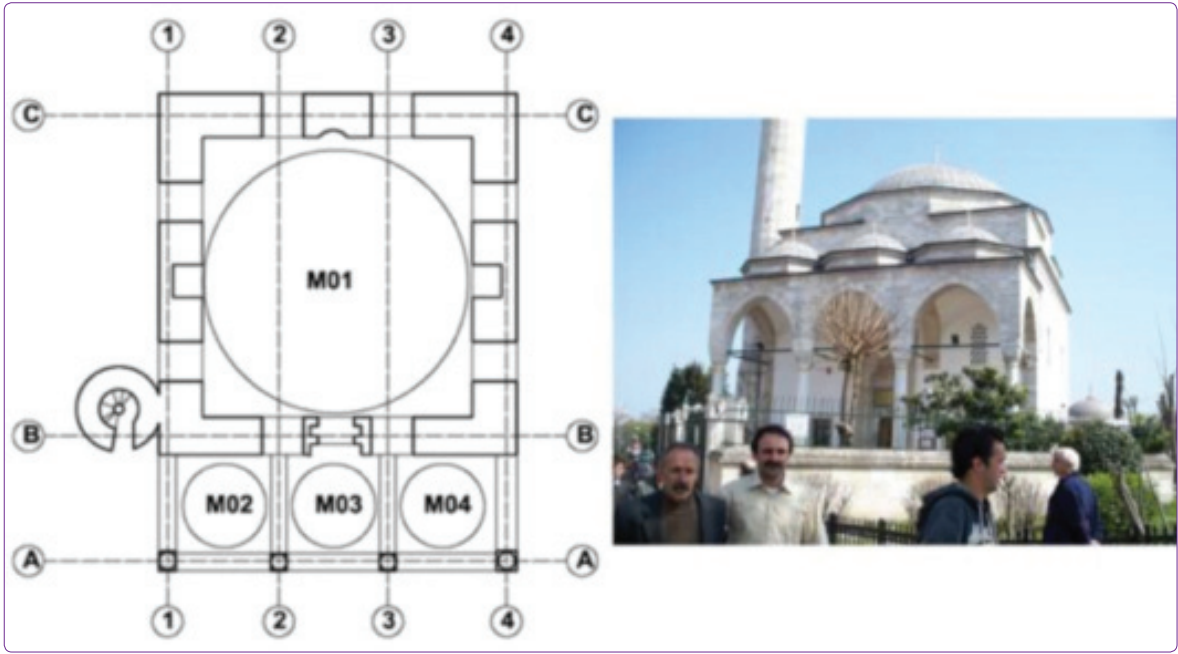
- Türkiye’de yapısal durum değerlendirmesi çalışmaları betonarme yapılar için daha yaygındır, yığma binalarda ise konutlar ve çok katlı yığma binalar için yapılmış çalışmalar vardır. Anıtsal yığma kagir binalarda tek yapı ölçeğinde koruma ve restorasyon projeleri kapsamında yapılmış bazı çalışmalar bulunmaktadır.

- Yeni yapılacak yapılarda geçerli olan yönetmeliklerin anıtsal yığma tarihi yapılarda uygulanması sakın-

calıdır ve doğru sonuca ulaştırmaz. Bunun için anıtsal yığma tarihi binalarda uygulanacak özel yöntemler geliştirilmesi çok önemlidir. Anıtsal yığma binaların özellikleri dikkate alınarak afet öncesi risk durumunu belirlemeye ilişkin, gözleme dayalı göreceli olarak hızlı tespit yöntemleri geliştirilmesi bu çalışma alanında önemli bir ihtiyaçtır.

- Kültür mirası değerlerinin sayısallaştırılması ve genelleştirilmesinin olanaklı olmadığı bir gerçektir. Anıtsal binaların karmaşık olması nedeniyle değerlendirmede belirsizlikler ve buna göre varsayımlar ve kabuller de artar. Bu durumda “güvenlik değerlendirmesi sonucu” bazı olasılıklara göre belirlenir. Bunun için anıtsal tarihi yapıların mevcut durumunun tespiti, uzmanlar ekibi tarafından, nitel ve nicel verilerin birlikte değerlendirilmesini gerektirir.

- Risk tespitinde deprem etkisi en önemli ölçüt olmakla birlikte söz konusu anıtsal tarihi binalar olduğunda tüm hasar nedenlerinin karar aşamasında dikkate alınması ve yapının bir bütün olarak değerlendirilmesi doğru karar için oldukça önemlidir.



Şekil 7. Firuz Ağa Cami, İstanbul.

- Afet öncesi yapı güvenliği ve potansiyel riske ilişkin çalışma yaparken; incelenen yapının geometrisi, plan tipi, komşu yapılar ile ilişkisi, taşıyıcı elemanları, yük aktarma ve geçiş elemanları, mevcut hasarlar gibi bilgilerin edinilmesi çok önemlidir.
- Türkiye’de anıtsal yiğma yapı stokunun büyüklüğü ve bu konudaki uzman sayısının az olması gerçeği dikkate alındığında anıtsal tarihi binaların mevcut durumunun tespiti çalışmalarının birkaç adımdan oluşması gereği açıktır. Bu gerçeğe dayanarak bu çalışmada geliştirilen yöntem, risk yönetiminde ilk adım çalışmasıdır.
- Yapı güvenliğinin araştırılmasında laboratuvar de-

neyleri, sayısal hesaplar gibi ayrıntılı yöntemler kullanmak uzman gerektiren, zaman alan ve yüksek bütçeli çalışmalardır. Bugünkü koşullarda bu tür çalışmalar ancak sınırlı sayıdaki yapılara uygulanabilir. Bu nedenle ayrıntılı çalışmalar öncelikli olarak yüksek risk altındaki yapılar için gerçekleştirilmelidir.

- Ulusal düzeyde tüm yapıları kapsayacak bir veri tabanı ile mevcut yapı stokunun kayıt altına alınması ve istatistiki veri olarak depolanarak yapıların izlenmesi ve bu verilerin risk yönetimi çalışmaları ile bütünleştirilmesi kültür mirasını koruma alanına önemli katkı sağlayacaktır.

Tablo 9. Firuz Ağa Camisi risk puanı hesapları-duvar hesabı

Duvar Hesabı											
X Yönü	Aks Kodu	H (m)	t (m)	L (m)	L <sub>b</sub> =Σl (m)	L <sub>net</sub> =L-L <sub>b</sub> (m)	A <sub>dv</sub> (m <sup>2</sup> )	V (m <sup>3</sup> )	W (kN)	L/t	H/t
	C1C4	10	1.3	13.6	2	11.6	15.08	150.80	3619.20	10.46	7.69
	B1B2	10	1.3	4.53	1	3.53	4.59	45.89	1101.36	3.48	7.69
	B2B3	10	1.3	4.53	1.5	3.03	3.94	39.39	945.36	3.48	7.69
	B3B4	10	1.3	4.53	1	3.53	4.59	45.89	1101.36	3.48	7.69
						Σ=	<b>28.20</b>		<b>6767.28</b>		
Y Yönü	B4C4	10	1.3	13.6	2	11.6	15.08	150.80	3619.20	10.46	7.69
	B1C1	10	1.3	13.6	2	11.6	15.08	150.80	3619.20	10.46	7.69
						Σ=	<b>30.16</b>		<b>7238.40</b>		

H: Duvar yüksekliği; T: Duvar kalınlığı; L: Toplam duvar uzunluğu; L<sub>b</sub>=Σl: Toplam duvar boşluk uzunluğu; L<sub>net</sub>=L-L<sub>b</sub>: Net duvar uzunluğu; A<sub>dv</sub>: Duvar alanı; V: Hacim, W: Ağırlık; L/t: Uzunluk narinliği; H/t: Yükseklik narinliği

**Tablo 10.** Firuz Ağa Camisi risk puanı hesapları-sütun hesabı

Sütun Hesabı					
Aks Kodu	H (m)	r (m)	A <sub>ayak,st</sub> (m <sup>2</sup> )	V (m <sup>3</sup> )	W (kN)
A1	4,4	0,35	0,38	1,69	40,62
A2	4,4	0,35	0,38	1,69	40,62
A3	4,4	0,35	0,38	1,69	40,62
A4	4,4	0,35	0,38	1,69	40,62
		<b>Σ=</b>	<b>1,54</b>		<b>162,48</b>

**Tablo 11.** Firuz Ağa Camisi risk puanı hesapları-deprem hesabı

Deprem Hesabı								
ΣFR <sub>d</sub> (kN)		V <sub>t</sub> (kN)	ΣA <sub>dv</sub> /W (m <sup>2</sup> /MN)		ΣA <sub>dv</sub> /ΣA <sub>bina</sub>		ΣFR <sub>d</sub> /V <sub>t</sub>	
X Yönü	Y Yönü		X Yönü	Y Yönü	X Yönü	Y Yönü	X Yönü	Y Yönü
29735,60	31698,60	9917,71	2,10	2,24	0,12	0,13	3,00	3,20

**Tablo 12.** Firuz Ağa Camisi bina risk puanı

Değerlendirme Ölçütü		X Yönü Puanı	Y Yönü Puanı
ΣA <sub>dv</sub> /W		0	0
ΣA <sub>dv</sub> /ΣAbina		0	0
ΣFR <sub>d</sub> /V <sub>t</sub>		0	0
L/t		0	0
H/t		0	0
Topoğrafya		0,5	0,5
Plan tipi		0	0
Σ Kusur puanı	Minare durumu	0,5	0,5
	Bozulma/hasar	0,12	0,24
	Farklı yükseklikte bitişik yapı	0,75	0
D.T.		1,87	1,24
<b>B.T.R.P = (D.B.P. * D.T.) + D.T.</b>		<b>3,74</b>	<b>2,48</b>

**Tablo 13.** Tespiti yapılan yapı örneklerinin B.T.R.P. ve risk düzeyi

Bina adı	X Yönü B.T.R.P	Risk düzeyi	Y Yönü B.T.R.P	Risk düzeyi
Firuz Ağa Cami	3.74	Risk yok	2.48	Risk yok
Bali Paşa Cami	2.76	Risk yok	1.40	Risk yok
Davut Paşa Cami	4.40	Az riskli	4.12	Az riskli
Atik Ali Cami-Çemberlitaş	4.64	Az riskli	4.02	Az riskli
Murat Paşa Cami	6.30	Az riskli	4.28	Az riskli
Atik Ali Cami-Zincirlikuyu	1.78	Risk yok	1.78	Risk yok
Cerrah Mehmet Paşa Cami	6.76	Az riskli	5.58	Az riskli
Hekimoğlu Ali Paşa Cami	7.18	Az riskli	5.52	Az riskli

• Geliştirilen yöntem uygulanırken, yöntemin kullanımı konusunda eğitim verecek ve çalışma ekibini yönlendirecek ekip başı, incelenen yapı için yapı tespit formuna ek olarak “genel taşıyıcı sistem raporu” verilebilir. Yapı sistemini bir bütün olarak ele almak ve bunu tüm yapılarda uygulanabilir genel bir yöntem olarak ortaya koymak bu çalışmanın devamına ve gelişimine katkı sağlayacaktır.

• Kültür mirasının önemli bir bölümünü oluşturan anıtsal tarihi yapıların korunması ve gelecek nesillere aktarılması için bu yapılarda yapılacak çalışmaları belirlemek için bu yapılarda yapılacak çalışmaları belirlemek için “Anıtsal Tarihi Yığma Yapı” yönetmeliğinin oluşturulması koruma alanına önemli katkı sağlayacaktır.

**Teşekkür:** Yazarlar; çalışmanın gerçekleşmesinde destek veren YTÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü’ne ve web tabanlı veri tabanının yazılımını gerçekleştiren Bora Beken’e teşekkürlerini sunar.

### Kaynaklar

Aköz, F., Yüzer, N., (2009), “Tarihi Yapılarda Malzeme Özelliklerinin Belirlenmesinde Uygulanan Yöntemler”, İMO - 1. İnşaat Mühendisliği Eğitimi Sempozyumu, 6-7 Kasım 2009, Antalya.

Arun, G., Vatan, M., Kuruşçu, A.O., Pusat, E., Akbulut, D., (2010), “İstanbul Tarihi Yarımada’da Kubbeli Yapıların Formasyonu”, Yıldız Teknik Üniversitesi, YTÜ Bilimsel Araştırma Projesi Koordinatörlüğü, İstanbul (araştırma projesi).

Bal, İ.E., Gulay, F.G., Tezcan, S., (2008), “A New Approach for The Preliminary Seismic Assessment of RC buildings: P25 Scoring Method” Proceedings of 14th WCEE, 12-17 Ekim, Beijing.

Bal, İ.E., Tezcan, S.S., Gülay, G., (2006), “P25 Scoring Method for Defining Rapidly The Collapse Vulnerability of RC Structures”, 1st ECEES, 3-8 Eylül, Cenevre.

Binda, L., Cardani, G., Saisi, A., Valuzzi, M. R., Munari, M., Modena, C., (2007), “Multilevel Approach to the Vulnerability Analysis of Historic Buildings in Seismic Areas Part 2: Analytical Interpretation of Mechanisms for Vulnerability

Analysis and Structural Improvement”, Restoration of Buildings and Monuments - Bauinstandsetzen und Baudenkmalpflege, 13 (6): 427 - 442, ISSN: 1864-7251.

Binda, L., Saisi, A., de Vent, I. A. E., van Hees, R. P. J., Naldini, S., (2010), “Structural Damage in Masonry, Description and Interpretation of Crack Patterns: Basis for Finding the Damage Causes”, Restoration of Buildings and Monuments-Bauinstandsetzen und Baudenkmalpflege, 16 (2): 77-98.

D’Ayala, D., Speranza, E., (2002), “An Integrated Procedure for the Assessment of Seismic Vulnerability of Historic Buildings”, 12th European Conference on Earthquake Engineering, Elsevier Science Ltd., London, UK (Paper Reference 561).

Lagomarsino, S., Podesta, S., (2004), “Damage and Vulnerability Assessment of Churches After the 2002 Molise Italy Earthquake”, Earthquake Spectra, 20 (S1): S271-S283.

Lourenço, P.B., Roque J.A., (2006), “Simplified Indexes for the Seismic Vulnerability of Ancient Masonry Buildings”, Construction and Building Materials, 20: 200-208.

Öztepe, O., (2001), “İstanbul Suriçi’nde Bulunan Bizans Dönemi’ne Ait Kiliselerin Günümüzdeki Durumları ve Koruma Sorunları”, Basılmamış YL Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul.

Sinha R., Goyal A., (2004), A National Policy for Seismic Vulnerability Assessment of Buildings and Procedure for Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Vulnerability, Report to Disaster Management Division, Ministry of Home Affairs, Government of India, Hindistan.

T.C Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, 2007.

Van Hees, R.P.J, Naldini, S., Binda, L., Van Balen, K., (2008), “The Use of MDDS in The Visual Assessment of Masonry and Stone Structures”, SACOMATIS 2008 International RILEM Conference, 31 Ağustos – 4 Eylül, Varenna, İtalya.

Vatan, M., (2010), “Anıtsal Yığma Binalarda Risk Düzeyinin Tespitine İlişkin Bir Öndeğerlendirme Yöntemi”, Basılmamış Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul.

www.deprem.gov.tr [Son erişim 12 Temmuz 2012]