

T.C.
BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ANADOLU ÜNİVERSİTESİ İLE ORTAK PROGRAM

**2007-2018 TÜRK DEPREM YÖNETMELİKLERİNE GÖRE YIĞMA OKUL
BİNALARININ YAPISAL ÖZELLİKLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MELİKE YILDIZ

TEZ DANIŐMANI

DR. ÖĞR. ÜYESİ ÖZLEM ÇALIŞKAN

BİLECİK, 2022

10457646

T.C.
BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ANADOLU ÜNİVERSİTESİ İLE ORTAK PROGRAM

**2007-2018 TÜRK DEPREM YÖNETMELİKLERİNE GÖRE YIĞMA OKUL
BİNALARININ YAPISAL ÖZELLİKLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MELİKE YILDIZ

TEZ DANIŐMANI

DR. ÖĞR. ÜYESİ ÖZLEM ÇALIŞKAN

BİLECİK, 2022

10457646

BEYAN

2007-2018 Türk Deprem Yönetmeliklerine Göre Yığma Okul Binalarının Yapısal Özellikleri adlı yüksek lisans tezi hazırlık ve yazımı sırasında bilimsel araştırma ve etik kurallarına uyduğumu, başkalarının eserlerinden yararlandığım bölümlerde bilimsel kurallara uygun olarak atıfta bulunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, tezin herhangi bir kısmının Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını, aksinin tespit edileceği muhtemel durumlarda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Bu çalışmanın, Bilimsel Araştırmalar Projeleri (BAP), TÜBİTAK veya benzeri kuruluşlarca desteklenmesi durumunda; projenin ve destekleyen kurumun adı proje numarası ile birlikte beyan edilmelidir.	
DESTEK ALINMIŞTIR	DESTEK ALINMAMIŞTIR
Destek alındı ise;	
Destekleyen Kurum:	
Desteğin Türü	Proje Numarası
1- BAP (Bilimsel Araştırma Projesi)	
2- TÜBİTAK	
Diğer;	

Melike YILDIZ

.....

Tarih

.....

İmza

.....

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim boyunca danışmanlığımı yapan, tez konusunun belirlenmesinden, tezin hazırlanmasına kadar her aşamada emeği geçen sayın hocam Dr. Öğr. Üyesi Özlem ÇALIŞKAN'a

Bu günlere ulaşmamda maddi ve manevi desteğini esirgemeyen sevgili babam Mustafa YILDIZ ve sevgili annem Mine YILDIZ'a emekleri adına sonsuz teşekkürler.

Melike YILDIZ

.../.../2022

ÖZET

2007-2018 TÜRK DEPREM YÖNETMELİKLERİNE GÖRE YIĞMA OKUL BİNALARININ YAPISAL ÖZELLİKLERİ

Yığma yapılar beton çerçeve sisteme sahip olmayan, herhangi bir mühendislik hizmeti almamış, bina üzerindeki hareketli ve ölü yükleri temele taşıyıcı duvarlar ile aktaran yapılardır. Yeni yapılarda çok tercih edilmemesine rağmen ülkemizde çok yaygın olarak bulunmaktadır. Kırsal kesimde daha sık bulunan yığma yapılarda taşıyıcı duvarlar için tuğla, doğal taş, briket, kerpiç vb. malzemeler kullanıldığı bilinmektedir. Yığma yapılar çoğu zaman konut olarak kullanılsa da okul yapıları, sağlık ocakları ve toplum tarafından kullanılan sosyal binalar karşımıza yığma yapı olarak çıkmaktadır. Bu nedenle çok fazla sayıda insanın kullandığı bu tarz yapıların günümüzdeki deprem yönetmeliğine göre gerekli analizlerinin yapılıp, uygun görülen güçlendirmeler belirlenmelidir. 18.03.2018 tarihinde yürürlüğe giren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018'in bir bölümü "Deprem Etkisi Altında Yığma Bina Taşıyıcı Sistemlerinin Tasarımı İçin Özel Kurallar"ı içermektedir. Mevcut binaların yürürlükte olan yönetmelik koşullarına uygun şekilde incelenmesi ve güçlendirilmesi oluşabilecek can ve mal kayıplarını önleme açısından son derece önemlidir. Yeni yapılacak okul binalarında çok tercih edilmemesine rağmen mevcut yığma okul binalarının da yönetmelik koşullarına göre incelenmesi ve gerekli görülmesi durumunda güçlendirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada daha önce DBYBHY-2007 hükümlerine göre incelenmiş, Bilecik ilinde bulunan yığma okul binaları tespit edilip TBDY-2018 hükümlerine göre tekrar incelenmiştir. Yığma okul binalarının StatiCAD ile performans analizleri yapılmıştır. Yapılan karşılaştırma sonucunda DBYBHY-2007 ile TBDY-2018 yönetmelikleri arasında farklılıkların olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: DBYBHY-2007, TBDY-2018, Yığma yapı, Okul Binası

ABSTRACT

STRUCTURAL PROPERTY OF MASONRY SCHOOL BUILDINGS ACCORDING TO 2007-2018 TURKISH EARTHQUAKE REGULATIONS

Masonry structures are structures that do not have a reinforced concrete carcass system, have not undergone any engineering process, and transfer the live and fixed loads on the building to the foundation with load-bearing walls. Although it is not preferred in new buildings, considering the frequency of use, it is quite common in Turkey. Brick, natural stone, briquette, adobe etc. are used for load-bearing walls in masonry buildings, which are more common in rural areas. materials are known. While masonry buildings are generally used as residences, some old schools, health centers and social buildings also appear as masonry buildings. For this reason, the necessary analyzes of such structures, which are used by many people, should be made according to today's earthquake regulations and appropriate strengthening methods should be applied. A part of the 2018 Building Earthquake Code, which entered into force on 18.03.2018, includes “Special Rules for the Design of Masonry Building Support Systems Under the Impact of Earthquake”. Inspection and strengthening of existing buildings in accordance with current regulations is extremely important in terms of preventing loss of life and property. Although it is not preferred in new school buildings, existing masonry school buildings should be examined according to regulations and strengthened if necessary. In this study, a masonry school building in Bilecik, which was previously examined according to the DBYBHY-2007 regulation, was re-examined according to the TBDY-2018 regulation. Performance analyzes of masonry school buildings were made with StatiCAD. As a result of the comparison, it was seen that there were differences between the DBYBHY-2007 and TBDY-2018 regulations.

Keywords: DBYBHY-2007, TBDY-2018, Masonry Construction, School Building

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖNSÖZ.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vi
TABLolar LİSTESİ.....	vii
KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Deprem ve Bilecik İlinin Depremselliği.....	1
2. LİTERATÜR TARAMASI.....	4
3. YIĞMA YAPI.....	13
3.1. Yığma Yapılarda Kullanılan Malzemeler.....	14
4. DBYBHY-2007 İLE TBDY-2018 DEPREM YÖNETMELİKLERİ ARASINDAKİ FARKLAR.....	15
4.1. DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 Yönetmeliklerine Göre Yığma Binalar İle İlgili Değişiklikler.....	18
4.1.1. Kapsam ve Tanımlar.....	18
4.1.2. Malzemeler ve Dayanım.....	20
4.1.3. Deprem Hesabı.....	21
4.1.3.1. Taşıma Gücü Yöntemine Göre Hesap.....	22
4.1.4. Diğer Tasarım Kriterleri.....	23
5. İNCELENEN OKUL BİNALARI.....	25
5.1. StatiCAD Programı.....	25
5.2. Okul No:1.....	26
5.3. Okul No:2.....	31
5.4. Okul No:3.....	36
SONUÇ.....	43
KAYNAKÇA.....	46
EKLER.....	50
EK-1: Okul No:1 – Zemin Kat Mimari Planı.....	50
EK-2: Okul No:1 – Bodrum Kat Kalıp Planı.....	51
EK-3: Okul No:1 – Zemin Kat Kalıp Planı.....	52

EK-4: Okul No:1 – DBYBHY-2007’ye Göre Uygunluk Tablosu	53
EK-5: Okul No:1 – TBDY-2018’e Göre Uygunluk Tablosu	54
EK-6: Okul No:2 – Zemin Kat Mimari Planı	55
EK-7: Okul No:2 – 1. ve 2. Kat Mimari Planı.....	56
EK-8: Okul No:2 – Zemin Kat Kalıp Planı.....	57
EK-9: Okul No:2 – 1. ve 2. Kat Kalıp Planı	58
EK-10: Okul No:2 – DBYBHY-2007’ye Göre Uygunluk Tablosu	59
EK-11: Okul No:2 – TBDY-2018’e Göre Uygunluk Tablosu	60
EK-12: Okul No:3 – Zemin Kat Mimari Planı	61
EK-13: Okul No:3 – 1. ve 2. Kat Mimari Planı.....	62
EK-14: Okul No:3 – Zemin Kat Kalıp Planı.....	63
EK-15: Okul No:3 – 1. ve 2. Kat Kalıp Planı	64
EK-16: Okul No:3 – DBYBHY-2007’ye Göre Uygunluk Tablosu	65
EK-17: Okul No:3 – TBDY-2018’e Göre Uygunluk Tablosu	66

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Türkiye Deprem Tehlike Haritası – 2018 (AFAD, 2021)	2
Şekil 1.2. Bilecik İlinde Meydana Gelmiş Depremler (1999-2021) (AFAD, 2021)	3
Şekil 1.3. 1996 Yılı Bilecik İli ve İlçeleri Deprem Bölgeleri	3
Şekil 5.1. Okul No:1 – Ön Görünüş	27
Şekil 5.2. Okul No:1 – Arka Görünüş.....	27
Şekil 5.3. Okul No:1 – İç Görünüş.....	27
Şekil 5.4. Okul No:1 – 3 Boyutlu Ön Görünüm	29
Şekil 5.5. Okul No:1 – 3 Boyutlu Arka Görünüm	29
Şekil 5.6. Okul No:1 – Bodrum ve Zemin Kat Kayma Gerilmesi Sağlamayan Elemanlar	30
Şekil 5.7. Okul No:2 – Ön Görünüş.....	32
Şekil 5.8. Okul No:2 – Arka Görünüş.....	32
Şekil 5.9. Okul No:2 – Yan Görünüş	33
Şekil 5.10. Okul No:2 – 3 Boyutlu Ön Görünüş	34
Şekil 5.11. Okul No:2 – Zemin Kat Kayma ve Basınç Gerilmesini Sağlamayan Elemanlar ..	34
Şekil 5.12. Okul No:2 – 1. ve 2. Kat Kayma ve Basınç Gerilmesini Sağlamayan Elemanlar ..	35
Şekil 5.13. Okul No:3 – Ön Görünüş	37
Şekil 5.14. Okul No:3 – Yan Görünüş	37
Şekil 5.15. Okul No:3 – Arka Görünüş.....	38
Şekil 5.16. Okul No:3 – 3 Boyutlu Ön Görünüm	39
Şekil 5.17. Okul No:3 – 3 Boyutlu Arka Görünüm	39
Şekil 5.18. Okul No:3 – Zemin Kat Kayma Gerilmesini Sağlamayan Elemanlar	40
Şekil 5.19. Okul No:3 – 1. Kat Kayma Gerilmesini Sağlamayan Elemanlar	41
Şekil 5.20. Okul No:3 – 2. Kat Kayma Gerilmesini Sağlamayan Elemanlar	41

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 4.1. DBYBHY-2007'e Göre İzin Verilen Kat Adeti.....	18
Tablo 4.2. TBDY-2018'e Göre Bina Yükseklik Sınıfları	19
Tablo 4.3. BYS'e Göre Min. ve Max. Bina Yükseklikleri.....	19
Tablo 4.4. Kesme Kuvveti Altında Taşıyıcı Yığma Duvarlarda Uygulanacak Min. ve Max. Şartlar	23
Tablo 5.1. Okul No:1 – Genel Bilgileri	26
Tablo 5.2. Okul No:1 – Modellemede Kullanılan Bilgiler.....	28
Tablo 5.3. Okul No:1 – Performans Raporu.....	30
Tablo 5.4. Okul No:2 – Genel Bilgiler	31
Tablo 5.5. Okul No:2 – Modellemede Kullanılan Bilgiler.....	33
Tablo 5.6. Okul No:2 – Performans Raporu.....	35
Tablo 5.7. Okul No:3 – Genel Bilgiler	36
Tablo 5.8. Okul No:3 – Modellemede Kullanılan Bilgiler.....	38
Tablo 5.9. Okul No:3 – Performans Raporu.....	42

KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ

AFAD: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı

M: Magnitüd

ABYYHY-1998: Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (1998)

RYTE-2013: Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar (2013)

DBYBHY-2007: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (2007)

TBDY-2018: Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği

A₀: Etkin Yer İvmesi Katsayısı

S_s: Kısa Periyot Harita Spektral İvme Katsayısı

S₁: 1 sn Periyot İçin Harita İvme Katsayısı

R: Davranış Katsayısı

D: Dayanım Fazlalığı Katsayısı

I: Yapı Önem Katsayısı

BKS: Bina Kullanım Sınıfı

DTS: Deprem Tasarım Sınıfı

BYS: Bina Yükseklik Sınıfı

h_{ef}: Duvar Etkin Yüksekliği

t_{ef}: Duvar Etkin Kalınlığı

Y_m: Dayanım Azaltma Katsayısı

f_k: Duvar Karakteristik Basıncı

f_{vk}: Duvar Karakteristik Kesme Dayanımı

f_{vk0}: Karakteristik Başlangıç Kesme Dayanımı

σ_d: Düşey Basıncı Gerilmesi

E_{duv}: Elastisite Modülü

N_{Ed}: Düşey Doğrultuda Duvara Etkiyen Tasarım Kuvveti

N_{Rd}: Düşey Doğrultuda Duvara Etkiyen Tasarım Dayanımı

V_{Rd}: Tasarım Kesme Kuvveti Dayanımı

V_{Ed}: Duvar Kesme Kuvveti Dayanımı

M_{Rd}: Tasarım Dayanım Momenti

M_{Ed}: Tasarım Momenti

Q_i: Kata Etkiyen Deprem Kuvveti (Burulmasız) (Ton)

e (m): Kat Kütle Merkezi ile Rijitlik Merkezi Arasındaki Mesafe

M_{bi} (tm): Kat Burulma Momenti

∑V_r(Duvar)(ton): Duvar Kesme Kuvvet Taşıma Kapasitesi (V_r=t_{em}*Duvar uzunluğu*Duvar genişliği)

Q_{tbi}: Kata Etkiyen Burulmalı Kesme Kuvveti

∑W_a: Kattaki ilgili yönde duvar alanı bileşeni (eğik duvar izdüşümleriyle) (m²)

∑W_n: Kattaki ilgili yöndeki duvar Sayısı (adet)

∑W_L: Kattaki ilgili yöndeki duvar uzunluğu toplamı (eğik duvar izdüşümleriyle) (metre)

1. GİRİŞ

Yığma yapı, herhangi bir mühendislik hizmeti almamış, bina üzerindeki hareketli ve ölü yükleri temele taşıyıcı duvarlar ile aktaran, yapı ağırlığı fazla olan ve deprem yüküne karşı betonarme yapılara göre daha az dayanıma sahip olan yapılardır. Kullanım sıklığından görüldüğü üzere ülkemizde özellikle kırsal kesimlerde çok yaygın bulunmaktadır. Bunun sebebi yapım kolaylığı, malzemenin yakın çevrede bulunması ve ekonomik olmasıdır (Koç, 2016).

Betonarme yapıların geçmişi karşısında daha fazla tecrübeye sahip olan yığma yapıların atlatmış olduğu depremler karşısında hala günümüzde ayakta olan pek çok yığma yapı bulunmaktadır. Ancak bu durum böyle devam edecek demek değildir. Zamana bağlı malzemelerdeki kalite azalması, zemin oturması gibi etkenler sebebiyle yapıları tanımamız, mevcut durumu ve gelecekteki durumu için analiz yaparak zamanında müdahale etmemiz gerekmektedir. Kırsal kesimde daha yaygın gördüğümüz yığma yapılarda taşıyıcı duvarlar için tuğla, doğal taş, briket, gazbeton, kerpiç vb. malzemeler kullanıldığı bilinmektedir. Geçmişe baktığımızda yığma yapılarla ilgili yönetmelikler bulunmaktadır ancak sınır şartları konusunda yeterince açıklayıcı olmayıp, litaretürde de görüleceği üzere yabancı kaynaklara başvurulmak zorunda kalmıştır. 2018- Türk Deprem Yönetmeliği (TBDY) ile birlikte yığma yapıların yapımında kullanılacak malzemeleri, sınır şartları, hesap yöntemleri ayrıntılı belirlenmiş olup daha anlaşılır hale getirilmiş, anlaşmazlıklar ortadan kaldırılmıştır. Yığma yapılar çoğu zaman konut olarak kullanılsa da okul yapıları, sağlık ocakları ve toplum tarafından kullanılan önemli yapılarda var olduğundan pek çok insanın uzun süre vakit geçirdikleri yapılar olup, günümüzdeki deprem yönetmeliğine göre gerekli analizlerin yapıp, uygun görülen güçlendirme veya yıkım kararı alınmalıdır.

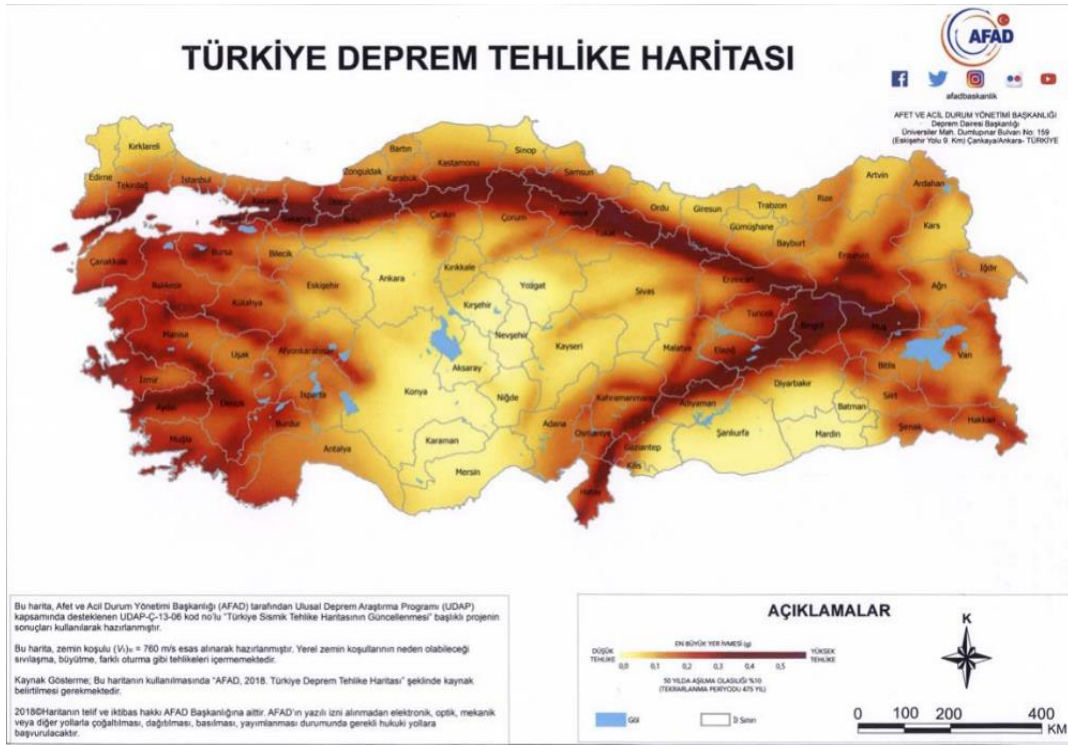
Yönetmeliklerimize uygun yapılar üretmemizdeki amaç tüm yapıların mühendislik hizmeti almış olması, deprem esnasında tahmin edilir ve beklenen hareketler çerçevesinde kalmasını sağlayarak can ve mal kaybını en aza indirilmesidir.

1.1. Deprem ve Bilecik İlinin Depremselliği

Türkiye genç oluşumlu bir ülke olduğundan yerkabuğundaki hareketler devam etmektedir. Bu durum ülkemizi bir deprem ülkesi haline getirmektedir. Kuzey Anadolu, Doğu Anadolu ve Batı Anadolu Fay Hattı Türkiye'yi çevreleyen en tehlikeli fay hatları olup tüm şehir ve bölgelerimiz deprem riski ile karşı karşıyadır. Büyük şiddetli depremler sonucunda çok sayıda can ve mal kaybı yaşamaktayız. Durum bu haldeyken yeni yapılacak olan yapıların ve

mevcut yapıların deprem yönetmeliklerine uygun hale getirilmesi ve mühendislik hizmeti alması gerekmektedir. Bu sayede oluşabilecek hasar ve kayıpların önlenmesi açısından yapılacak yapıların iyi bir tasarım, mevcut yapılar içinde deprem analizleri oldukça önemlidir.

2018 yılında AFAD tarafından deprem bölgelerine yönelik haritalarda güncelleme yapılmıştır. Türkiye Deprem Tehlike Haritası ile deprem sınıfı değişen pek çok il bulunmaktadır. Şekil 1.1’de görüldüğü üzere ülkenin büyük bir kısmı deprem tehlike bölgesinin içindedir (AFAD, 2021).

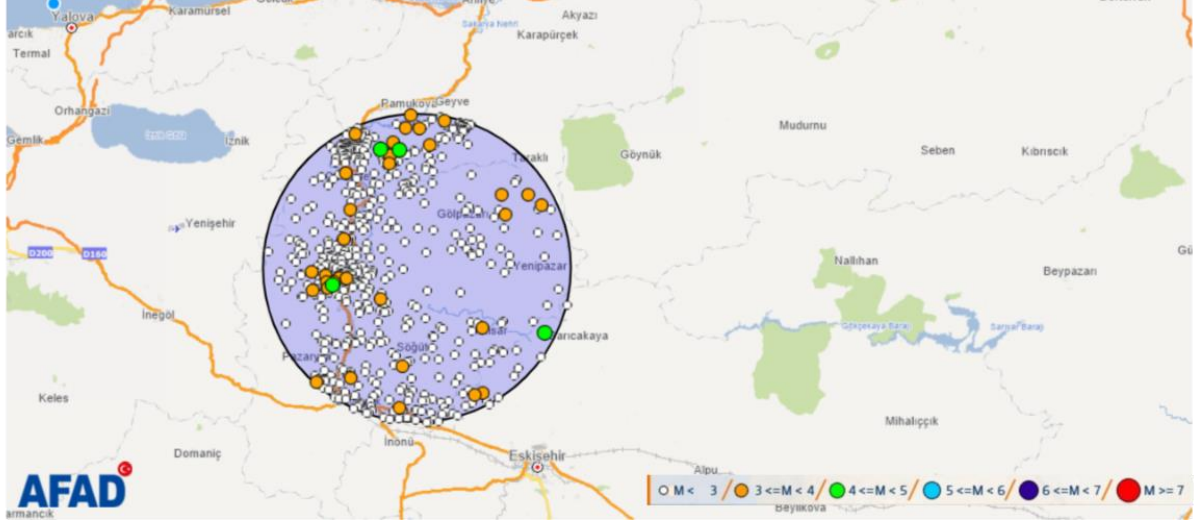


Şekil 1.1. Türkiye Deprem Tehlike Haritası – 2018 (AFAD, 2021)

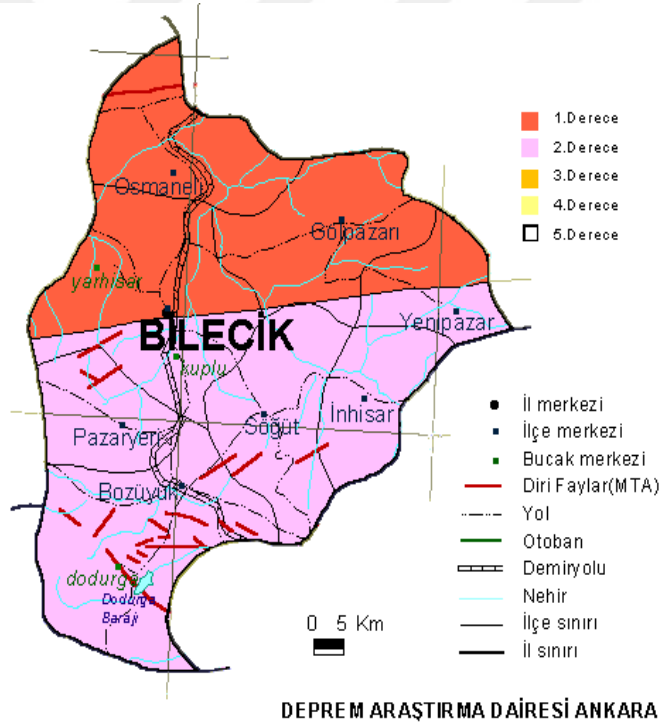
Deprem Bölgeleri Haritası (1996)'na göre Bilecik ili 1. derece deprem bölgesinde bulunmasına rağmen il sınırları içerisinde son yüzyılda büyük bir deprem meydana gelmemiştir. Ancak bulunduğu konum itibariyle özellikle Marmara bölgesinde yaşanan depremlerden oldukça fazla etkilenmektedir (Görgün & Ural, 2018).

Şekil 1.2'de görüldüğü üzere 1999 ve 2021 yılları arasında Bilecik il sınırları içerisinde $M < 3$, $3 \leq M < 4$ ve $4 \leq M < 5$ büyüklüklere sahip depremler meydana gelmiştir (AFAD, 2021).

Bilecik ili ve ilçeleri, 2018 yılında yayınlanan Türkiye Deprem Haritası'ndan önce 1. ve 2. Derece deprem bölgelerinde bulunmaktaydı (Şekil 1.3.). Ancak bu tanımlama değişmiş olup yeni isimlendirme "Deprem Tehlike Bölgesi" şeklindedir.



Şekil 1.2. Bilecik İlinde Meydana Gelmiş Depremler (1999-2021) (AFAD, 2021)



Şekil 1.3. 1996 Yılı Bilecik İli ve İlçeleri Deprem Bölgeleri

Eskişehir fay zonu içinde Bilecik ilinin Bozüyük ilçesine bağlı Ormangüzle, Bozalan, Kandilli köylerinin bulunduğu tespit edilmiştir. Bu fay 2 Şubat 1956 Çukurhisar depreminde (M=6.4) görüldüğü üzere günümüzde büyük deprem üretme potansiyeline sahip olduğu bilinmektedir (Poşluk & Koral, 2013). Konum itibari ile birbirine çok yakında bulunan Bilecik ilinin ilçe ve köylerinin de oluşabilecek depremlerden benzer şekilde etkilenmesi yüksek olasılıktır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

(Negro ve Colombo, 1997) yaptıkları çalışmada 4 katlı çerçevelevi bir yığma yapının kargir duvarların, çerçevenin sismik davranışı üzerindeki etkisini testler ile Eurocode 8'e göre tasarlamışlardır. Sonuç olarak büyük boşlukların düzensiz dağılmasının yapıda çok büyük hasar meydana getirdiğini gözlemlemişlerdir. Düzenli boşlukların bile yığma yapıda çerçevenin düzensiz davranışına neden olabileceğini ifade etmişlerdir.

(Alankoç, 1999), yaptığı çalışmada yığma yapılarda gaz beton duvarların elastisite modülünü, duvar basınç, çekme, kesme ve diyagonal çatlama değerlerini deneysel olarak araştırmıştır. Çalışmasında küp, örgü blok ve diyagonal elemanlara basınç deneyleri yapmıştır. Kullanılan klasik harç ve ince derzli harç tipine göre farklı dayanımlar elde etmiştir. Harç çeşidinin duvarın mekanik özellikleri üzerindeki etkisini araştırmıştır. Çalışmasında gaz beton bloklarına donatı takviye etmiştir. Sonuç olarak donatı takviye edilmiş gaz beton duvarın daha yüksek diyagonal kırılma, çekme ve kesme dayanımı sergilediğini ve çatlamaadan sonra yük taşımaya devam ettiğini gözlemlemiştir.

(Binda vd., 2000), yaptıkları çalışmada İtalya' da yaşanmış olan büyük ölçekli Friuli, Irpinia, Umbria depremleri ve sonrasında yaşanan depremler sonucu yapılarda oluşan hasarların değerlendirmesine olan ihtiyacı vurgulamışlardır. Bu değerlendirme ile mimar ve mühendislerin tehlikeyi hafifletici ve önleyici tedbirler alabileceğinin de üzerinde durmuşlardır. Bu çalışma donatısız yığma yapıların mevcut malzemeleri üzerinde tahribatsız deneylerin zorluğu sebebiyle laboratuvar testlerinin sonuçlarını içermektedir.

(Gençer, 2000), yaptığı çalışmada pomza katkılı bimsbeton bloklar ile yapılmış yığma yapı üzerinde deprem etkisini araştırmıştır. Bimsblokların arasına harç girdiğinde yapının yatay yüklere karşı daha fazla dayanım gösterdiğini gözlemlemiştir. Bu sayede yapının duvar yatay rijitliğinin artacağını, betonarme çerçevede meydana gelebilecek hasar sonucu düşey yük taşıma gücü kaybında bimsblokların yardımcı olacağını belirtmiştir.

(Ellis ve Bougard, 2001), yaptıkları çalışma ile altı katlı ahşap çerçevelevi bir binanın dinamik testi ve rijitliğini araştırmışlardır. Ölçümleri yapma amaçları tasarımda kullanılan ahşap çerçevenin dolgulu ahşap çerçevelevi binaya göre rijitliğini ölçmektir. Yapılan testler sonucunda bina yüksekliği artığında ahşap çerçeve sistemin rijitliğinin azaldığını, tuğla duvarların örülmesinin tüm yönlerdeki rijitliği artırdığını ve çerçevelevi binaya göre 17,7 kat daha rijit olduğunu gözlemlemişlerdir.

(Büyükökmen, 2001), yaptığı çalışmada öncelikle tek katlı yığma bir yapıyı Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY-1998) yönetmeliğine göre, duvarlara gelen yatay deprem kuvvetinin duvarlarda meydana getirdiği kesme kuvvetlerini analiz etmiştir. Daha sonra aynı yatay deprem kuvveti etkisinde 2 katlı donatılı yığma duvarları olan bir yapıyı analiz etmiştir. Donatılı yığma duvarlarla ilgili herhangi bir standart mevcut olmadığı için İngiliz şartnamesi BS-5658'de yer alan yığma yapılar ile ilgili kısımdan faydalanmıştır. Ülkemizin büyük bir kısmının deprem kuşağında olması sonucu kırsal kesimlerde yaygın olarak kullanılan yığma yapıların donatılı şekilde imal edilmesi gerektiğini ve standartların bu duruma uygun hale getirilmesi gerektiğini önermiştir.

(Hendry, 2001), yaptığı çalışmada yığma yapı uygulamaları ve avantajları hakkında bilgi vermiş ve çağın gerekliliklerine uygun duvar konstrüksiyon incelemesi yapmıştır. Duvar malzemesi olarak farklı boyutlarda kil, beton ve kalsiyum silikat harç olarak ise işlenebilirliği artırabilmek için kireç veya plastikleştirici eklenmiş çimento/kum kullanmıştır.

(Corradi vd., 2002), yaptıkları çalışmada 1997-1998 Umbria-Marche depreminde hasar gören yığma yapılar üzerinde test edilen güçlendirme tekniklerini araştırmışlardır. Geleneksel yöntemlerle güçlendirme olarak kireç bazlı karışımların enjekte edildiği paneller kullanmışlardır. Karbon Fiber Takviyeli Polimer (CFRP) ve Cam Elyaf Takviyeli Polimer (GFRP) tabakaları epoksi reçineler ile yapıştırmışlardır. Enjeksiyon tekniğinin hasarlı panellerin onarımına yönelik bir yöntem olarak kabul gördüğünü ve uygulamadan önce boşlukların büyüklüğü ve dağılımının ön değerlendirme yapılması gerektiğini ifade etmişlerdir. Hem geleneksel hem CFRP-GFRP güçlendirme yöntemlerinde de kargir duvarlar daha fazla kesme kuvveti aldığını ve mukavemette artış sağlandığını bulmuşlardır.

(Dymiotis ve Gutleiderer, 2002), yaptıkları çalışmada harç ve kil tuğlalardan oluşan kargir duvarların basınç dayanımını araştırmışlardır. Amaçları kargir duvarın basınç dayanımının tahmini için literatürdeki birkaç belirsizliği değerlendirmektir. Topladıkları deneysel sonuçlar ile harç ve tuğlaların basınç dayanımlarını, tuğla birimlerini, harç derzleri veya duvarın geometrisini içeren regresyon analizlerine dayalı yeni modeller önermişlerdir. Önerilen modellerden hangisinin en uygun olduğunu seçmek için bir karar alma yöntemi de tanıtmışlardır.

(Corradi vd., 2003), yaptıkları çalışmada 1997-1998 Umbria-Marche depreminde hasar gören yığma yapıların duvar davranışlarını belirlemek için laboratuvar ortamında ve yerinde olmak üzere deneyler yapmışlardır. Laboratuvar testi için silindir şeklinde taş numuneler alınıp

basınç deneyleri, yerinde testler için alınan örneklerden basınç testi, çapraz sıkıştırma testi ve kesme-basınç testi yapmışlardır. Kayma mukavemeti ve kayma elastik modülünü ölçmüşlerdir. Sonuçları farklı standart değerleri ile karşılaştırmışlardır. Elde ettikleri sonuçları duvar dokularının ve kesitlerinin analizi ile rapor etmişlerdir.

(Özşahin, 2004), yaptığı çalışmada EPS bloklü çelik donatılı beton taşıyıcı duvar sistemini tanıtmış ve hem yığma yapı hem betonarme yapı yönetmeliklerine göre yeterliliğini araştırmıştır. Yığma yapıları depreme dayanıklı tasarım kurallarına göre analiz etmiş ve araştırılan sistemin yığma yapı kuralları açısından yeterli olduğunu ve yığma yapılarda sınır şartlarının bu sistem için ayrıca düzenlenmesi gerektiği sonucuna ulaşmıştır.

(Kuruşçu, 2005), yaptığı çalışmada yığma yapıların duvarlarını modelleyip izotrop hasar modeli ile elde ettiği yük-deplasman ilişkisinden elde ettiği sonuçları deneysel verilerle karşılaştırmıştır. Bu karşılaştırma ile hasar modeli ve malzeme parametreleri ile ilgili bağıntılar elde etmiştir. Amacı sonlu eleman ağ boyutuna bağlı olarak tanımlanan malzeme parametreleri ile daha karmaşık geometrilere sahip yapıların modellenmesini sağlamaktır. İzotropik model ile beton içerisindeki agregaları yığma blok, çimento hamurunu ise harç ile benzeştirerek yığma yapı analizine pratik yaklaşım getirmiştir.

(De Sortis vd., 2005), yaptıkları çalışmada yığma bir yapının dinamik özelliklerinin tahmininde, betonarme ve çelik binalara uygulanan dinamik tanımlama prosedürlerini kullanmışlardır. Örnek yığma bir bina titreşim testine tutulmuş ve düşük titreşim seviyelerindeki dinamik davranışını incelemişlerdir. Verileri yapının sonlu eleman modeline uygun olarak seçmişlerdir. Sayısal ve deneysel frekans değerleri arasında iyi bir uyum elde etmişlerdir. Sonuç olarak iyi yapılandırılmış tanımlama tekniklerinin mevcut yığma yapıların dinamik özelliklerinin tahminine ilişkin faydalı bilgiler sağlayabileceğini göstermişlerdir.

(Paquette ve Bruneau, 2006), yaptıkları çalışmada birebir ölçekli tek katlı ahşap iskelete sahip takviyesiz tuğla bir duvarı, dinamik test ile deprem titreşimlerine maruz bırakmışlardır. Amaçları esnek zemin-rijit duvar etkileşimini, bina köşelerinde duvar sürekliliğinin önemini ve betona göre kısmen zayıf olan ahşap iskelet sisteminin beklenen sismik davranış üzerindeki etkisini araştırmaktır. Aynı yapının duvarlarını fiberglas ile güçlendirip tekrar test etmişlerdir. Sonuç olarak çatlama yoğun olsa bile binanın depreme karşı direncinin yüksek olduğunu ve bu sonuca onarım prosedürünün pozitif etki ettiğini kanıtlamışlardır. Deneysel sonuçların değerlendirilmesi ve mevcut prosedürler ile karşılaştırılması ile deneysel olarak gözlemlenen

iskelet sistem sapmalarının FEMA356 ve ABK modelleri kullanılarak tahmin edilen değerlerle yakından eşleştiğini görmüşlerdir.

(Aytekin, 2006), yaptığı çalışmada mevcut olan yığma yapı yönetmelik ve standartlarından yığma yapı sınıflarını ve hesap yöntemlerini tanıtmıştır. Yığma yapılarda sınır şartlarını Eurocode 8, ACI, AIJ, BS 5628 ve Türk yönetmeliğine göre karşılaştırmıştır. Tuğla ve gaz beton içeren yığma 2 binayı önce donatısız modellemiş sonra ABYYHY'ye göre düşey hatıllar ekleyerek SAP2000 mod birleştirme yöntemi ile analiz yapmıştır. Deprem ivmesi için 12 Kasım 1999 Düzce depremi verilerini kullanmıştır. Sonuç olarak kesme kuvvetinin düşey hatıl içeren yapıda daha küçük çıktığını belirlemiştir. Düşey hatıllara gelen kesme kuvvetinin gaz beton modelde, tuğla modele göre daha büyük değer aldığını gözlemlemiştir. Duvarlara gelen kesme kuvvetine göre gaz beton duvarın daha hafif olmasından dolayı daha küçük değer aldığı sonucuna ulaşmıştır. Düğüm noktalarının yer değiştirmelerine baktığında hatıllı yapının yer değiştirmesinin daha küçük olduğunu ve gaz beton kullanıldığında farkın daha fazla olduğunu açıklamıştır.

(Milani vd., 2007), yaptıkları çalışma ile yığma binalarda yatay yükler altında 3D limit analizini araştırmışlardır. Yığma ve tarihi yapılarda yatay yüklere karşı direnç sağlama becerisinin yetersiz olması sebebiyle limit analiz ile çökme yüklerini basit ve hızlı şekilde tahmin edilmesi için bu çalışmayı yürütmüşlerdir. Sonuç olarak önerdikleri limit analiz yaklaşımını doğrulamış ve mühendislik problemlerinde çözüme ulaşmak için faydalarını açıklamıştır.

(Dias, 2007), yaptığı çalışmada yığma yapılardaki harç derzlerinde ve kargir duvar ile betonarme kirişlerin kesiştiği bölgenin etrafında kayma nedeniyle çatlamları araştıran deneysel bir çalışma yapmıştır. Bu çatlakları araştırma sebebi estetik açıdan kötü görünmesi, yağmur suyunun nüfus etmesi gibi nedenlerdir. Hafif beton blok, beton blok ve kil tuğlalar üzerinde çalışmıştır. Sonuç olarak kargir duvarlara takviye elemanların çatlakların oluşmasında veya ilerlemesinde önleyici bir hizmet olduğunu önermiştir.

(Durak, 2007), yaptığı çalışmada Ege Bölgesinde bulunan yığma yapıların karakteristiklerini tespit etmiştir. Taşıyıcı duvar malzemesinin kullanım yoğunluğunu en fazladan en aza doğru dolu harman tuğlası, taş duvar, kerpiç, düşey delikli tuğla olarak tespit etmiştir. Kullanılan döşeme sistemi %52 oranında kirişsiz plak döşeme, %27 ahşap döşeme, %6 kirişli plak döşeme olduğunu ifade etmiştir. Yapı sistemi olarak en fazla hatılsız yığma yapıların tercih edildiğini gözlemlemiştir. Bitişik nizam olan yığma yapılarda mimari

yönetmelik gereği kalkan duvar yapımının mevcut olduğu ancak bir kısmında yatay hatlı bulunsa bile düşey hatlıın çok az kullanılmış olduğunu belirtmiştir. Dış cephelerde yüksek oranda sıva bulunmaması ile köşe birleşimlerindeki yanlışlıkları kolayca tespit edebilmiştir. İncelediği yığma yapıların %51'inin DBYYHY-2007 yönetmeliğine göre bina boşluklarının öngörülen mesafeleri, taşıyıcı duvarların mutlaka üst üste gelmesi gerektiği şartını sağlamadığını tespit etmiştir.

(Özyurt, 2008), yaptığı çalışmada Manisa ilindeki yığma yapıların yapısal analizi ve güçlendirme yöntemleri üzerinde durmuştur. Analiz için yığma duvarlarda harman tuğlası ve kerpiç kullanımını dikkate almıştır. Orta ve şiddetli depremler sonucu yığma yapıların aldığı hasarların veya yıkılmalarının sebebini yığma duvarların çekme dayanımının düşük olmasından kaynaklandığını ve yapının taşıyıcı sisteminin güçlendirilmesi yerine bir bütün olarak stabilitesinin sağlanmasının gerektiğini bildirmiştir. Bu sebeple iç ve dış duvarlarda 7 cm kalınlığında hasır donatılı beton kaplama önermiştir.

(Shariq vd., 2008), yaptıkları çalışma ile yığma binalardaki açıklıkların kargir duvarlardaki sismik etkisini incelemişlerdir. Bunun için tek katlı tek odalı yığma bir yapıya farklı yönlerde sismik kuvveti, farklı açılarını ve farklı açıklıkları sonlu elemanlar metodu ile değerlendirmeye almışlardır. Maksimum çekme gerilmesi ve maksimum kesme gerilmesini incelemişlerdir. Maksimum çekme ve kesme gerilmelerinin binanın en-boy oranı arttıkça ve mevcut olan duvar açıklıklarına göre arttığını, maksimum asal çekme gerilmesinin kısa duvarda, maksimum kayma gerilmesinin uzun duvarda oluştuğunu gözlemlemişlerdir.

(Atabey, 2011), yaptığı çalışma ile 1. Derece deprem bölgesinde bulunan Sivas ilinin Suşehri ilçesindeki yığma bir okul binasının deprem performans analizini 2007 deprem yönetmeliğine göre analitik yöntem ve StatiCAD-Yığma paket programı ile yapmış ve sonuçları karşılaştırmıştır. Her iki yöntem ile binanın göçme durumunda olduğu sonucuna ulaşmıştır.

(Ekin, 2014), yaptığı çalışmada Bilecik il sınırları içerisinde bulunan 20 adet yığma okul binasını DBYBHY-2007'ye göre incelemiş ve StatiCAD programı ile performans analizini yapmıştır. Çalışma sonucunda Bilecik ilindeki yığma okul binalarının %75'inin güçlendirmeye ihtiyacı olduğunu belirlemiştir.

(Aster vd., 2014), yığma yapı sistemlerinin depreme dayanıklı tasarımı ve değerlendirilmesi için bir metodoloji çalışması yapmışlardır. Avrupa içerisinde bulunan tarihi yığma yapılardan alınan verileri kullanmışlardır. Önerdikleri yöntemin uygulanabilirliğini

farklı sismik seviyelere sahip Yunanistan, Portekiz ve Kıbrıs'ta yer alan mevcut yığma yapıların duvar yapılarını etkileyen riskleri analiz ederek kontrol etmişlerdir. Sonuç olarak karşılaştırma yapılması ile güçlendirilmiş yapıların etkinliğine ilişkin faydalı sonuçlara ulaşmışlardır.

(Erköseoğlu, 2014), yaptığı çalışmada kuşatılmış ve donatısız yığma yapılar üzerinde Tomazevic'in (1999) önerilerinden olan üç performans noktalı idealleştirilmiş üç doğrulu kapasite eğrilerini tasarlamıştır. Literatürde yer alan ampirik denklemleri deneysel davranışa en yakın sonuç verenleri kuşatılmış ve donatısız yığma yapıları temsil etmek üzere seçmiştir. Bu denklemleri yığma yapıların duvar tipinin davranışlarını araştırmak amacıyla parametrik çalışma için kullanmıştır. Parametreler yığma duvarların geometrik ve mekanik özellikleridir. Bu çalışmanın sonunda kuşatılmış yığma duvarlı yapının sonuçlarının donatısız yapının sonuçlarından daha olumlu sonuçlar verdiğini belirlemiştir.

(Koç, 2016), yaptığı çalışmada depremler sonrası yığma yapılarda oluşan hasar şekilleri, deprem yükleri etkisi altında yapıların davranışlarını incelemiş ve öneriler sunmuştur. Çalışmada yığma yapıların yapımında dikkat edilmesi gereken kuralları formüle etmiş ve deprem sonrası hasarların hangi kuralların uygulanmamasından oluştuğunu göstermiştir. Çalışmasının sonucunda ağır çatı yapımından uzak durmak, duvar altı ve duvar üstü hatlarını yapmak, rijit köşe bağlantıları elde etmek, konsol çıkma yapmamak, kullanılan tuğlaların boşluk oranının az olması gerektiğinden, duvar rijitliği ve kat rijitliğinin öneminden bahsetmiştir.

(Çitiloğlu, 2016), yaptığı çalışmada ilk olarak kuşatılmış ve donatısız yığma yapılar için tüm dünyada bulunan bina yapım yönetmeliklerini incelemiştir. Tomazevic'in önerilerinden olan üç performans noktalı idealleştirilmiş üç doğrulu kapasite eğrilerini kullanarak duvar kapasitelerini tanımlayıp artımsal itme analizi yöntemi ile toplam kat kayma dayanımlarını belirlemiştir. 6 adet farklı kat planını kuşatılmış ve donatısız yığma yapı için tasarlamıştır. Yatay deprem yüklerini 10 gerçek deprem verisinden almıştır. FEMA440'ta geçen kapasite spektrum metodu ile performans analizini yapmıştır. Bu analiz sonuçlarına göre deprem yükleri karşısında kuşatılmış yığma yapıların donatısız yığma yapılardan daha iyi performans gösterdiğini gözlemlemiştir.

(Şentürk, 2016), yaptığı çalışmada 2007 deprem yönetmeliği paralelinde yığma yapılarda kullanılan malzeme ve döşeme çeşitlerine göre elektronik tablolar ile bir hesap algoritması oluşturmuştur. 2 örnek yığma binayı Sap2000, StatiCAD paket program ve oluşturmuş olduğu hesap algoritması ile çözümlenip sonuçları karşılaştırmıştır. Sonuç olarak

oluşturduğu elektronik tabloların StatiCAD programı ile yapılan analizle çok yakın sonuçlar verdiğini gözlemlemiştir. Daha anlaşılır, sade, hızlı ve pratik olduğundan dolayı bu hesap yöntemini önermiştir.

(Can ve Yıldızoğlu, 2018), yaptıkları çalışma ile Bayburt ilinde bulunan yığma bir okul yapısı hakkında bilgileri toplayıp 2007 Deprem Yönetmeliği ve 2013 Riskli Yapılar Yönetmeliği'ne göre yapının performans analizini StatiCAD-Yığma programı kullanarak yapmışlardır. Analiz sonucunda basınç ve kayma gerilmeleri emniyet gerilmelerinin altında bir değer bulunduğundan yapının göçme durumunda olduğunu tespit etmişlerdir. Bu sonuç ile taşıyıcı duvar ve hatılarda güçlendirme yapılması gerektiğini önermişlerdir.

(Koçer, 2019), yaptığı çalışmada TDY-2007, RBTE-2013 ve TDY-2018 yönetmelikleri üzerinde karşılaştırmalar yaparak örnek yapılar üzerinde deprem risk analizlerini Sta4CAD ve StatiCAD paket programları ile yapmıştır. Sonuç olarak 2013 RBTE yönetmeliğinin 2007 TDY'e göre uyumlu ve yeterli olduğunu ancak 2018 TDY'e göre uyumlu olmadığı ve revize edilmesi gerektiği sonucuna ulaşmıştır.

(Jaihoon, 2019), yaptığı çalışmada Konya'da bulunan tarihi Sille Ak Camii'nin deprem güvenliğini belirleyebilmek için TBDY-2018'e göre analitik hesabı, SAP 2000 programı ile de yapısal analizini yapmıştır. Analiz sonucunda yapıda en çok zorlanan bölgelerin kapı ve pencere boşluklarının etrafı, duvarların birleşim bölgeleri ve duvar- döşeme birleşim yerleri olduğunu tespit etmiştir. Duvarlarda oluşan basınç gerilmeleri kullanılmış olan malzeme için verilen basınç değerinden büyük olmadığı için basınç gerilmesi ve kayma gerilmesi yönünden güvenli olduğunu tespit etmiştir. Yapının genel durumu TBDY-2018 ve TDY-2007'ye göre yapılan analizler sonucunda emniyet gerilmelerini aştığı için basınç ve kayma yönünden yetersiz olduğu sonucuna ulaşmıştır. Aynı zamanda eğimli bir arazide konumlandığı için zemin oturması sebebiyle yapıda ufak çatlaklar meydana geldiğinden temelle ilgili önlem alınması gerektiğini önermiştir.

(İlbasan, 2019), yaptığı çalışmada mevcut bir yığma yapıyı 2018 TDY'e göre analizini yapmış ve riskli durumda çıkan yapının güçlendirmesi yapıldıktan sonra tekrar Sap2000 programı ile analiz etmiştir. Güçlendirme yöntemi için mantolama seçildiğini ve analiz sonucunda mantolamanın yapının taşıma gücünü arttırdığını ifade etmiştir. Bu sonuç ile yaptığı analizde yığma yapının riskli durumdan çıkmış olduğu sonucuna ulaşmıştır.

(Amani vd., 2020), yaptıkları çalışma ile eski yönetmeliğe göre 1. Derece deprem bölgesinde olan Bingöl ilinde 2 katlı yığma bir yapı üzerinde 1998-2007-2019

yönetmeliklerinin karşılaştırmasını yapmışlardır. Yapılan hesaplamalarda 2019 yılı yönetmeliğine göre hesaplanan taban kesme kuvveti değerinin; 2007 yönetmeliğinden %42, 1998 yönetmeliğinden %77 daha fazla çıktığını belirlemişlerdir.

(Bilgin ve Hysenlliu, 2020), yaptıkları çalışma ile doğrusal olmayan yöntemlerle yığma yapıların sismik tepkisi üzerindeki yakın ve uzak fay etkilerinin karşılaştırmasını yapmışlardır. 1963-1978 yılları arasında yapılmış Arnavutluk sınırları içerisinde yer alan 2-5 katlı yedi adet yığma bina seçmişlerdir. Her yığma binanın analitik modelini, duvar yapı bileşenlerinin kalitesine göre deneysel yöntemlerle elde ederek hazırlamışlar, sismik deformasyon kapasitelerini ise doğrusal olmayan statik analizler ile elde etmişlerdir. Sonuç olarak yığma yapıların sismik tepkisinde faya yakın olduğunda taşıyıcı duvarlardaki hasarların daha büyük olduğunu ifade etmişlerdir.

(Ghezelbash vd., 2020), yaptıkları çalışmada ilk olarak asimetrik açıklıkları olan yarım ölçekte tek katlı güçlendirilmemiş yığma bir binayı 7 arttırma aşaması ile çift yönlü olmak üzere sarsma masası testine tabi tutmuşlardır. Daha sonra hasar almış olan yığma yapıyı püskürtme beton ve çelik hasır ile güçlendirmişler ve tekrar sarsma masası testi ile 9 arttırma aşaması uygulamışlardır. Sonuç olarak püskürtme beton ile önceden oluşmuş çatlakların yayılmasının önlenebildiğini ve püskürtme ile tuğla duvar arasında güçlü bir bağ oluştuğunu belirlemişlerdir. Hasarlı duvarlara sahip yığma yapıların güçlendirilmesi için püskürtme betonun pratik bir yöntem olabileceğini ifade etmişlerdir.

(Baltacı, 2020), yaptığı çalışmada Van ilinde yapılacak yığma bir seyir kulesinin dinamik analizini tasarım depremi ve eskiden meydana gelmiş deprem kayıtları ile yapmıştır. Dinamik analizi 2018 Deprem Yönetmeliğine uygun olacak şekilde Sap2000 programını kullanarak modellemiştir. Yığma olarak inşa edilmiş yüksek yapılarda maksimum yer değiştirme değerlerinin aşılması ile tepe deplasmanlarının azaltılması üzerine araştırma yapılması gerektiği tavsiyesini sunmuştur.

(Karataş, 2020), yaptığı çalışmada İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi yerleşkesinde bulunan yığma bir binanın sismik performansını incelemiştir. MIDAS GEN 2019 programı ile 3 boyutlu sonlu elaman modelini oluşturup, doğrusal analiz yöntemi ile analizini yapmıştır. Son olarak yığma binanın göçme durumunda olduğunu ve pek çok eski yığma binanın da 2018 deprem yönetmeliğindeki şartları sağlayamayacağı sonuçlarına ulaşmıştır.

(Turan, 2020), yaptığı çalışma ile donatısız yığma bir binayı 2007 yönetmeliğindeki şartlara göre tasarımını gerçekleştirip 2018 yönetmeliğine göre analizini yapmıştır. Çoğu yığma

elemanın yeterli kapasiteye sahip olmadığı sonucuna ulaşmıştır. Aynı yapıyı itme analizi ile analizini yapıp 2018 deprem yönetmeliği ve FEMA356'ya göre değerlendirmiştir. Buradan can güvenliği performans seviyesini karşıladığı sonucuna ulaşmıştır.

(Stepinac, 2021), yaptıkları çalışmada Hırvatistan'ın Zagreb şehrinde 22 Mart 2020 pandemi döneminde meydana gelen 5.5 şiddetindeki depremde hasar gören yığma binaların deprem sonrasındaki hasarları, binaların başarısızlıklarını ve hasar sınıflandırmasını yapmıştır.



3. YIĞMA YAPI

Çevre Şehircilik Bakanlığı Alt Yapı ve Kentsel Dönüşüm Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından yığma yapı, “çimento esaslı bir bağlayıcı ile düşey delikli tuğla, dolu tuğla, harman tuğlası, dolu briket, gazbeton, veya taş kullanılarak duvarların oluşturulduğu yapılardır” şeklinde tanımlanmaktadır.

Yığma yapılar, değişen Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği- 2018 ile birlikte birkaç isim altında tanımları birbirinden ayrılmıştır. Genel tanım olarak düşey taşıyıcı duvarlar ile ölü ve hareketli yükleri temele aktaran, süneklik düzeyi ve kat adeti sınırlı yapılardır. Bunlar:

Donatısız yığma bina: Taşıyıcı duvarların donatı kullanılmadan yığma yapı elemanları ve harç kullanılarak oluşturulan, süneklik düzeyi sınırlı binalardır (Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, 2018).

Donatılı yığma bina: Yığma yapı elemanları ve harç ile birlikte belirtilen kurallar çerçevesinde donatı kullanılan, süneklik düzeyi yüksek binalardır (Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, 2018). Yeni bir tanım ve yapım yöntemi olduğundan kullanım alanı çok yaygın değildir ancak ilerleyen zamanda kullanılma oranı yükselecektir.

Kuşatılmış yığma bina: Birbirlerine ve döşemeye betonarme olarak bağlı, taşıyıcı duvarların örülmesinden sonra ve bunları kalıp olarak kullanarak hazırlanan yatay ve düşey hatların oluşturulması ile süneklik düzeyi kısıtlı yapılardır (Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, 2018).

Donatılı panel sistemli bina: Donatılı şekilde önceden üretilmiş gazbeton panellerin donatılarının betonarme elemanlara bağlandığı süneklik düzeyi yüksek binalardır (Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, 2018).

Yığma yapılar için önceden kullanılan her farklı yapı malzemesi için aynı tanımlar, aynı hesaplar sonucu farklı şekilde hasarlar, sonuçlar alınmıştır. Mevcut durum ile bina ve malzeme sınıflandırmaları, hesap yöntemleri ile durum iyileştirilmiştir. Ülkemizde geleneksel bina yapım yöntemi olarak bilinen yığma yapılar artık yerini mühendislik hizmeti almaya hazır, belirli sınırlamalar olan, hasar tahmin senaryoları kolayca oluşturulabilen yapılar olarak yer almaktadır.

İnsanların yapılar için duvar örmesi ve kullanılan malzemenin bir bağlayıcı sayesinde birbirine bağlanması gerektiği bilgisini keşfetmeleri uzun yıllar sürmüş olsa bile sürekli artan bilgi birikimleri ile günümüze kadar pek çok yapı ulaşmıştır. Çünkü insanlar doğayı

gözlemlemiş ve doğaya direnmeyen yapılar yapmıştır. Örneğin zemin ile kenetlenmiş yapı yapmak yerine deprem sırasında esneyebilen, akarsu yataklarına yapmak yerine suyun yolunu kesmeyecek şekilde yapılar oluşturulmuştur.

3.1. Yığma Yapılarda Kullanılan Malzemeler

Kırsal alanlarda yığma yapılar için bölgede en çok bulunan malzemelerin kullanıldığını görmekteyiz. Anadolu'nun büyük bir kısmında kerpiç kullanılarak yapılan yığma yapılara 2018 yılı yeni deprem yönetmeliği çerçevesinde artık izin verilmemektedir. Kullanılan malzemelerin özellikleri önem kazanmıştır. Bu sebeple kullanım amacına uygun malzemeler ve beklenen performans neticesinde doğru seçim yapılması çok önemlidir.

Hem yatay hem düşey tüm derzlerde bağlayıcı harç kullanılması gerekmektedir. Donatılı panel sistemde yivler arasına mutlaka uzun donatılar yerleştirilmeli ve bu yivler bağlayıcı harç ile doldurulmalıdır.

Hiçbir zaman taşıyıcı olarak kullanılmaması gereken malzemeler, boşluklu beton briketler, taşıyıcı olmayan tuğlalar, kerpiç, moloz taş ve ponza taşıdır. Ancak bu kargir malzemeler çokça karşımıza çıkmaktadır. Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar (2019) yönetmeliğine göre bu malzemelerden oluşmuş yığma yapılar için rapor hazırlanması istenmiştir ve hiçbir şekilde analiz yapılmasına izin verilmemiştir.

4. DBYBHY-2007 İLE TBDY-2018 DEPREM YÖNETMELİKLERİ ARASINDAKİ FARKLAR

2018 yılında yürürlüğe giren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018), Deprem Bölgelerine Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY-2007)'ye göre çok daha kapsamlı hazırlanmıştır. DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 arasındaki farklar aşağıda özetlenmiştir:

Spektral deprem ivmesi: DBYBHY-2007'de, deprem bölgelerine göre, 0.4-0.10 arasında değerler alan etkin yer ivmesi katsayısı (A_0) tanımlıyken TBDY-2018'de ise yapı nerede yapılacak ise o koordinata göre kısa periyot harita spektral ivme katsayısı (S_s) ve 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı (S_1) alınıp tasarım spektral ivmeleri bulunması istenmektedir (DBYBHY-2007; TBDY-2018).

Davranış katsayısı (R): DBYBHY-2007'de, tek tablo üzerinden seçilmesi istenirken, TBDY-2018'de her yapı türüne göre ayrıntılı şekilde hazırlanmış davranış katsayısı (R) ve dayanım fazlalığı katsayısı (D) tablolarından seçilmesi istenmektedir DBYBHY-2007'ye göre süneklik düzeyi normal ve yüksek olan sistemlere göre, TBDY-2018'e göre ise yerinde dökme betonarme binalar, ön üretilmiş betonarme binalar, çelik yapılar, hafif çelik yapılar, yığma yapılar ve ahşap binalar için tek tek ele alınmıştır (DBYBHY-2007; TBDY-2018). Bu kapsamlı tablolardan R ve D katsayılarını seçebilmek için mühendislik eğitimi alınmış olmalı ve taşıyıcı sistemler hakkında bilgilere sahip olunması gerekmektedir.

Yapı önem katsayısı (I): Binanın kullanım amacı veya türüne göre belirlenen bu katsayıda DBYBHY-2007'de 4 adet sınıf bulunmaktadır. Bunlar 1.5-1.4-1.2-1.0'dır. TBDY-2018'de ise bu katsayılar 1.5- 1.2- 1.0 şeklindedir. DBYBHY-2007'de 1.4 olarak sınıflandırılan okullar ve diğer eğitim, bina ve tesisleri, yurtlar ve yatakhaneler askeri kışlalar ve cezaevleri ve müzeler TBDY-2018'de önem katsayısı olarak 1.5 de değerlendirmeye alınmıştır. Diğer yapı gruplarında bir değişiklik yapılmamıştır. Ek olarak binalar kullanım amaçlarına göre BKS=1, BKS=2, BKS=3 kullanım sınıflarına ayrılmıştır (DBYBHY-2007; TBDY-2018). Bina kullanım sınıfı (BKS) terimi, TBDY-2018 ile birlikte gelen yeni terimlerden birisidir.

Deprem tasarım sınıfı (DTS): Bina önem katsayısına paralel bir veridir ve belirlenmiş olan bina kullanım sınıflarına ve DD-2 deprem yer hareketi düzeyinde kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısına (S_{Ds}) göre bir değer alır.

Bina yükseklik sınıfı (BYS): TBDY-2018'de yeni bir kavramdır. Bu konu ile bazı kısıtlamalar getirilmiştir. Örneğin, 17.5 metre yüksekliğinden fazla olan yapılarda asma döşeme yapımı 1. ve 2. deprem bölgelerinde sınırlandırılmıştır. Bina yükseklik sınıfları, deprem tasarım sınıflarına göre belirlenmiştir. BYS değeri artıkça bina yükseklik aralıkları azalmaktadır.

Bodrum kat kontrolü: DBYBHY-2007'de deprem alt kotuna göre, $R_{üst}$ ve R_{alt} değerleri alınıp deprem analizi yapılarak bodrum kat kontrolü yapılmıyordu. TBDY-2018 ise bir yapıda bodrum katın bodrum kat olarak çalışıp çalışmadığını görmek için kontrol amaçlı 2 adet modal analiz yapılması istenmektedir. Önce tüm kütlelerle birlikte yapı modal analize sokulup sonra bodrum hariç olan tüm yapıyı modal analize sokup, analiz sonucunda periyotların değişimi eğer %10'dan küçük ise bodrum kat olarak kabul edip, DBYBHY-2007'deki gibi $R_{üst}$ ve R_{alt} olarak deprem analizi yapılır.

Temel hesapları: TBDY-2018'de dayanım fazlalığı katsayısı yönetmeliğe dahil olmuştur. DBYBHY-2007'de, deprem etkileri için üstyapı sonuçlarından elde edilen reaksiyon tesirleri temele verilerek temelin deprem analizi yapılmaktaydı. TBDY-2018'de kolonlarda $0,6x D_{üst}$; perdelerde M_r kapasitesini geçmemek üzere $D_{üst}$ ile çarpılarak temel yükü olarak alınarak analizi yapılır.

Düzensizlikler: B1 ve B2 düzensizlik kontrolünde bir değişiklik görülmez iken, B3 düzensizlik kontrolünde dikkat edilmesi gereken kısım mevcuttur. DBYBHY-2007'de eğer kirişin üzerine bir kolon oturuyorsa statik tesirler 1,5 kat artırılarak hesap yapılmaktaydı. TBDY-2018'de ise, kiriş üzerine oturan kolonlarda düşey deprem analizi yapılması gerekmektedir.

Kolon boyuna donatı bindirme ekleri: DBYBHY-2007'de kat hizasından filiz bırakılırken TBDY-2018'de ise kolon bindirmelerinin kesinlikle kolon ortasından yapılması istenmektedir. Uygulamada yapımı zor olsa da deprem anında en çok zorlanan kısım olan kolon- kiriş kesişim bölgelerinin daha kuvvetli hale getirilmesi amaçlanmıştır.

Perdeler: Perdelerin yatay ve düşey donatıları hakkında da değişikliğe gidilmiştir. DBYBHY-2007'de yatay donatıların boyuna donatıların dışından geçmesi ve perde altında gönyelenmesi istenirken, TBDY-2018'de yatay donatılar düşey donatıların içinden geçirilerek, perde uç bölgesinde gönyelenmesi istenmektedir.

Çirozlar: TBDY-2018'de kiriş yatay çirozları, eğer kirişlerde derinlik 60 cm'nin üzerine çıkıyorsa kirişe yatay çiroz koyma zorunluluğu bulunmaktadır. Bu şart DBYBHY-2007'de bulunmamaktadır.

DBYBHY-2007'de kolonlar ve perdelerdeki çirozların boyuna donatılara bağlanması yeterli görülürken TBDY-2018'de hem boyuna donatıyı hem etriyeyi saracak şekilde dıştan bükülerek yapılması gerekmektedir.

Kolon, kiriş ve perde boyutları: Kolon minimum boyutlarında değişiklik yapılmıştır. DBYBHY-2007'de dikdörtgen kesitte minimum 25 cm, daire kesitte 30 cm iken, TBDY-2018'de dikdörtgen kesitte 30 cm, daire kesitte 35 cm olarak değiştirilmiştir. Minimum kiriş kalınlığında ise herhangi bir değişiklik yapılmamıştır. Perde en/boy oranı DBYBHY-2007'de 1/7 iken, TBDY-2018'de bu oran 1/6'ya düşürülmüştür. Kalınlık olarak da minimum 20 cm iken, yeni yönetmelikte minimum 25 cm yapılması gerekmektedir.

Deprem yer hareketi düzeyleri: DBYBHY-2007'de böyle bir tanımlama yokken TBDY-2018'de deprem yer hareketi düzeyleri, 1'den 4'e kadar sınıflandırılmıştır. Bunlar;

DD-1: 50 yılda aşılma olasılığı %2 (tekrarlanma periyodu 2475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi (TBDY-2018).

DD-2: 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan (tekrarlanma periyodunun 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi (TBDY-2018). DD-3: 50 yılda aşılma olasılığının %50 (tekrarlanma periyodunun 72 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi (TBDY-2018).

DD-4: 50 yılda aşılma olasılığı %68 olan (tekrarlanma periyodu 43 yıl) olan deprem yer hareketi (TBDY-2018).

Tasarım ivme spektrumu: TBDY-2018 ile karşımıza gelen diğer bir yenilik tasarım ivme spektrumudur. DBYBHY-2007'de zemin ve deprem gruplarına göre bir spektrum grafiği bulunmaktaydı. TBDY-2018 ile her yapı için farklı bir spektrum grafiği oluşmaktadır.

Zemin sınıfları: DBYBHY-2007'de A, B, C ve D olmak üzere 4 zemin grubu ve Z1, Z2, Z3 ve Z4 olmak üzere de 4 yerel zemin sınıfı bulunmaktaydı. TBDY-2018'de ise ZA, ZB, ZC, ZD, ZE ve ZF olmak üzere 6 adet yerel zemin sınıfı yer almaktadır. ZF cinsi zeminler sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zemin grubudur.

Yapılan bir diğer yenilik ise tasarım gözetimi ve kontrolü hakkındadır. Bu kısım ile, özel uzmanlık gerektiren konuların proje başından sonuna kadar geçen süreçte ilgili alanda

teorik ve mesleki bilgi ve deneyim sahibi inşaat mühendislerinden tasarım gözetimi ve kontrolü hizmeti alınması zorunluluğu getirilmiştir. Bu özel uzmanlık alanları ise:

- Sahaya özel deprem tehlikesi analizleri,
- Zaman tanım alanında deprem yer hareketlerinin tanımlanması,
- Sahaya özel zemin davranış analizleri,
- Çok modlu itme yöntemleri,
- Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi ile deprem hesabı,
- Yüksek bina taşıyıcı sistemlerinin deprem hesabı ve tasarımı,
- Yalıtımlı bina taşıyıcı sistemlerinin deprem hesabı ve tasarımı,
- Zaman tanım alanında doğrusal olmayan yapı-kazık-zemin etkileşimi hesaplarıdır.

4.1. DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 Yönetmeliklerine Göre Yığma Binalar İle İlgili Değişiklikler

4.1.1. Kapsam ve Tanımlar

DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 yönetmeliklerine göre yığma yapılar incelendiğinde yapılmış olan ilk farklılık yığma binaların türlerinin belirtilmesidir. TBDY-2018’de yığma binalar; donatısız, donatılı, kuşatılmış ve donatılı panel sistemli şeklinde belirtilmiş ve tanımlarına yer verilmiştir. Yığma yapılarda en çok izin verilen kat adeti tablosunda ayrıntılı değişiklik yapılmıştır. DBYBHY-2007’de deprem bölgelerine göre bir sınırlama varken (Tablo 4.1), TBDY-2018’de taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R), Dayanım fazlalığı katsayısı (D), Bina yükseklik sınıfı (BYS) ve Deprem tasarım sınıfı (DTS) gibi etkenlere göre bina yüksekliği sınırları belirlenmiştir (Tablo 4.2).

Tablo 4.1. DBYBHY-2007’e Göre İzin Verilen Kat Adeti

Deprem Bölgesi	En Çok Kat Sayısı
1. Bölge	2 KAT
2.Bölge	3 KAT
3.Bölge	3 KAT
4.Bölge	4 KAT

Tablo 4.2. TBDY-2018'e Göre Bina Yükseklik Sınıfları

Yığma Bina Taşıyıcı Sistemleri	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R	Dayanım Fazlalığı Katsayısı D	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları BYS
Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
Donatılı Yığma Binalar	4	2	$BYS \geq 7$
Donatılı Gazbeton Panel Binalar	4	2	$BYS \geq 7$
Süneklik Düzeyi Sınırlı Taşıyıcı Sistemler			
Kuşatılmış Yığma Binalar	3	2	$BYS=8$
Donatısız Yığma Binalar	2.5	1.5	$BYS=8$

Tablo 4.2'de BYS değerleri 7 ve 8 olarak yer almaktadır. Bu değerler Tablo 4.3'te deprem tasarım sınıflarına (DTS) göre minimum ve maksimum yükseklikler olarak verilmektedir. DTS değerleri ivmelere göre bir deprem tasarım sınıflandırması olsa da yine 1., 2. ve a ile gösterilen DTS'ler depremselliği yüksek olan bölgeleri ve önemli yapıları ifade etmektedir.

Tablo 4.3. BYS'e Göre Min. ve Max. Bina Yükseklikleri

Bina Yükseklik Sınıfları	DTS = 1, 1a, 2, 2a	DTS = 3, 3a, 4, 4a
$BYS=7$	$7 < H_N \leq 10.5$ (m)	$10.5 < H_N \leq 17.5$ (m)
$BYS=8$	$H_N \leq 7$ (m)	$H_N \leq 10.5$ (m)

Yönetmeliklerde kat yükseklikleri için değişiklik söz konusudur. DBYBHY-2007'de taşıyıcı duvarların maksimum 3.00 m., kerpiç yapılarda maksimum 2.70 m., bodrumu olan binalarda bodrum kat yüksekliğinin maksimum 2.40 m. yapılması istenirken TBDY-2018'de TS EN 1996-1-1:2005 (Kagir Yapıların Tasarımı-Bölüm1-1: Binalar İçin Genel Kurallar-Donatılı ve Donatısız Kagir Kuralları)'a göre duvar etkin yüksekliği (h_{ef}) ve duvar etkin kalınlığının (t_{ef}) belirlenmesi istenmiştir. Bu sınırlandırmalar ile TBDY-2018, Eurocode 6 ile uyumludur.

4.1.2. Malzemeler ve Dayanım

TBDY-2018’de kargir birimlerde kullanılacak malzemeler boşluk oranına göre 2 gruba ayrılmıştır. İzin verilen boşluk oranları %35’den az (Grup I) ve %35 ile %50 arasındadır (Grup II). Daha fazlasına izin verilmemiştir. Ancak donatı yerleştirilecek veya beton doldurulacak boşluklar için delik oranı hesabı %15’i geçmediği takdirde dikkate alınması gerekmediği uygun görülmüştür.

Donatılı panel sistemle yapılan yığma yapılarda kullanılacak olan malzemenin Gazbeton 5 kalitesinden daha düşük olmaması istenmiştir. Paneller arasındaki yivler için en az 12 mm çapta donatı kullanılması ve donatı kalitesinin S420, B420C, B500C olması gerekmektedir. Yiv içi dökülecek çimento şerbeti için en az basınç dayanımı 10 MPa olması gerekmektedir.

DBYBHY-2007’de bulunan emniyet gerilmesi kavramı TBDY-2018’de bulunmamaktadır. Yeni yönetmelikte aynı betonarme yapılarda kullanılan karakteristik ve tasarım dayanımı gibi kavramlar getirilmiştir. Duvarların tasarım dayanımlarında yığma malzemeler için dayanım azaltma katsayısı olarak γ_m gazbeton için 1.75, diğer malzemeler için 2.00, donatılar için $\gamma_s = 1.15$ alınması uygun görülmüştür. Betonarmede beton için aldığımız $\gamma_{mc}=1.5$ değeri diğer malzemeler için aldığımız değerden küçüktür. Sebebi ise diğer malzemeler daha kontrolsüz üretildiğinden güvenlik amaçlıdır.

TBDY-2018’de tüm yığma yapı sınıflarında beton bileşenler için en az C25 betonu kullanılması gerekmektedir. Bu; DBYBHY-2007’de yatay ve düşey hatlılar için en az C16 betonu kullanılması şeklindeydi.

Duvar karakteristik basınç dayanımı f_k iki türlü belirlenebilecektir. Bunlardan birincisi duvar üzerinde TS EN 1052-1 (Kagir- Deney Metotları- Bölüm 1: Basınç dayanımı tayini)’e göre yapılacak deneyler ile, ikincisi ise TS EN 772-1 (Kagir birimler- Deney yöntemleri- Bölüm 1: Basınç dayanımının tayini) ve TS EN 1015-11 (Kagir harcı- Deney metotları- Bölüm 11: Sertleşmiş harcın basınç ve eğilme dayanımının tayini) standartlarına göre kagir birim ve harç üzerinde yapılacak ayrı deneylerden elde edilen basınç dayanımlarının kullanılması şeklindedir. Birinci yöntem uygulama esnasında yapılması zahmetli olduğundan yönetmelik bizi standartlara bakmaya yönlendirmektedir.

Duvar karakteristik kesme dayanımı f_{vk} , basınç dayanımında olduğu gibi duvar üzerinde yapılacak deneylerden belirlenebilir veya Denklem 4.1’de verilen formül ile elde edilebilir.

$$f_{vk} = f_{vk0} + 4\sigma_d \leq 0.10 f_b \quad (4.1)$$

Bu formülde karakteristik başlangıç kesme dayanımı (f_{vk0}) için TS EN 1052-3 (Kagir-Deney metotları- Bölüm 3: Başlangıç kayma dayanımının tayini) veya TS EN 1052-4 (Kagir-Deney metotları- Bölüm 4: Su yalıtım tabakası bulunan derzlerde kayma dayanımının tayini) standartlarına göre yapılmış deneylerden ile veya yönetmelikte verilen “Duvarların Başlangıç Kesme Dayanımları, f_{vko} (MPa) tablosuna göre belirlenecektir. Duvar üzerindeki basınç gerilmesinin düzeyi yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan düşey basınç gerilmesi (σ_d) ile çarpılarak denkleme dahil olmuştur ve bloğun basınç dayanımının %10’dan fazla olmaması gerektiğini ifade etmektedir.

TBDY-2018’e göre taşıyıcı duvarların elastisite modülü, E_{duv} , TS EN 1052-1 (Kagir-Deney metotları- Bölüm 1: Basınç dayanımı tayini)’e göre yapılacak deneyler ile belirlenebilir. Deneylerin yapılmadığı durumlarda E_{DUV} değeri $750f_k$, donatılı panellerde $450f_k$ olarak alınacaktır. DBYBHY-2007’ye göre ise E_D değeri Denklem 4.2’de verilen formül ile verilmiş olup duvar basınç dayanımı f_d ’ye bağlıdır.

$$E_D = 200f_d \quad (4.2)$$

4.1.3. Deprem Hesabı

TBDY-2018’de yığma yapıların yapısal çözümlemesi için sonlu elemanlar yöntemi veya eşdeğer çubuk yöntemi kullanılması uygun görülmüştür. Sonlu elemanlar yönteminde; taşıyıcı duvarlar ayrıntılı mikro modelleme, basitleştirilmiş mikro modelleme veya makro modelleme ile model oluşturulabilir. Tüm modellemelerde yığma duvarların kabulleri farklıdır. Ayrıntılı mikro modelleme için tüm kargir malzemeler ve yatay-düşey derzler ayrı ayrı ele alınır. Basitleşmiş mikro modelleme için yatay-düşey derz boşlukları ihmal edilir. Makro modelleme için yığma duvar kompozit bir malzeme olarak kabul edilir.

Tüm yığma yapı çeşitlerinde taşıyıcı duvar etkin rijitlikleri için brüt rijitliklerinin %50 azaltılması istenmiştir. Bu yapılmaz ise yer değiştirmeler daha büyük çıkacaktır bu yönüyle önemlidir ve betonarme binaların hesap ve tasarımına benzetilmiştir. Göreli kat öteleme oranı ile R/I katsayısının çarpılması ile elde edilen sayının 0.007 değerinden küçük olması istenmiştir.

Yığma yapılarda duvarların bir bütün halinde hareket etmesi istenmektedir. Bu sebeple bir şekilde bağlanmalıdır. Aksi halde rijit diyafram olmadığında duvarın kendi ataleti ile orta kısmının daha ileri gidip yıkılmasına sebep olmaktadır ve bu istenmeyen bir durumdur. TBDY-2018’de bu rijit diyafram etkisini sağlamak için döşemenin en az 10 cm kalınlığında betonarme

yapılması, en az 30 cm kesit yüksekliğine sahip ve en az duvar genişliğindeki betonarme yatay hatıllara oturması gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca yapılacak olan yatay hatılların düşey mesafedeki aralığının 4 metreyi geçmemesi istenmektedir.

4.1.3.1. Taşıma Gücü Yöntemine Göre Hesap

TBDY-2018'e göre yığma duvarlara düşey doğrultuda etkiyen tasarım kuvveti, tasarım dayanımından büyük olmayacaktır ($N_{Ed} \leq N_{Rd}$). Tek katmanlı yığma taşıyıcı duvarın birim uzunluğunun düşey yük tasarım dayanımı Denklem 4.3'te verilmiştir. Yığma duvar tasarım basınç dayanımı Denklem 4.4 ile belirlenecektir.

$$N_{Rd} = \lambda A f_d \quad (4.3)$$

$$f_d = f_k / \gamma_m \quad (4.4)$$

Narinliğe bağlı λ kapasite azaltma katsayısının, yığma duvarların yükseklik (h_{ef}) / kalınlık (t_{ef}) oranının 6'dan küçük olması durumu için 1.0, 6-10 arasında olması durumunda 0.8 ve 10-15 arasında olması durumunda ise 0.7 alınması istenmiştir. Yönetmelik bu oranın 15'den büyük olmasına izin vermemektedir. DBYBHY-2007'de narinlik oranına göre emniyet gerilmeleri için azaltma katsayıları için bir tablo verilmiştir. Bu tabloya göre narinlik oranları 6 ile 24 arasında, azaltma katsayıları ise 1.0 ile 0.51 değerleri arasında değişmektedir.

TBDY-2018'de düzlem içi eğilme ve düşey yük etkisinde hesap ile donatılı yığma duvar hesabı betonarme perde hesabına benzetilmiştir. Donatılı panellerden oluşturulmuş yığma yapılarda ise paneller bir yere kadar beraber çalıştığı ve bir aşamadan sonra ayrı ayrı çalıştığı düşünülerek moment kapasitesi bulunması gerekmektedir. Kuşatılmış yığma yapılarda duvarın kesme dayanımına düşey hatılları betonarmedeki kolon gibi düşünerek kesme dayanımının eklenmesi gerekmektedir.

TBDY-2018'de donatısız yığma duvarlarda tasarım kesme kuvveti dayanımı duvar kesme kuvveti dayanımından daha büyük olmalıdır ($V_{Rd} > V_{Ed}$).

TBDY-2018'de donatılı yığma duvarlar ve panellerde duvarın çekme dayanımı ihmal edilecektir. Çekme dayanımı donatılara taşınmış olacaktır. Betonarme kesit hesabına benzeyen bir hesap yapılacaktır. Tasarım dayanım momenti tasarım momentinden büyük olacaktır ($M_{Rd} > M_{Ed}$).

TBDY-2018'de kuşatılmış yığma binalarda düşey yükler ve/veya eğilmeye maruz kalan elemanların hesabı, donatılı yığma duvarlar için verilen hesap şartlarına göre yapılacaktır. Duvarın basınca çalışan kısmında donatı ve beton katkısı ihmal edilerek yığma dayanımı

dikkate alınacaktır. Düşey hatıllar dikkate alınmayacak ancak çekme doğrultusunda çalışan düşey doğrultudaki donatılar deprem hesabında dahil olacaktır. Analiz yapılırken hesaba katılmayan hatılların kesme kuvveti dayanımları toplanarak duvar kesme dayanımına eklenecektir. Kesme kuvveti hesabı donatısız yığma yapılar için verilen yaklaşıma göre yapılacaktır ve sadece beton katkısı dikkate alınıp eksenel kuvvet ihmal edilecektir.

4.1.4. Diğer Tasarım Kriterleri

TBDY-2018’de yığma yapılarda duvarı taşıyıcı saymak için belirli kriterlerin sağlanması gerekmektedir. Bunlar kalınlık $(t_{ef})_{min}$ ve narinlik $(h_{ef}/t_{ef})_{max}$ olarak Tablo 4.4.’te verilmiştir.

Tablo 4.4. Kesme Kuvveti Altında Taşıyıcı Yığma Duvarlarda Uygulanacak Min. ve Max. Şartlar

Yığma Yapı Tipi	$(t_{ef})_{min}$ (cm)	$(h_{ef}/t_{ef})_{max}$
Donatısız yığma, doğal-yapay kesme taş	35	9
Donatısız yığma, diğer kargir malzemeler	24	12
Kuşatılmış yığma	24	15
Donatılı yığma	24	15
Donatılı panel sistemler	20	15

DBYBHY-2007’de taşıyıcı duvarların minimum kalınlıkları için; deprem bölgesi, bulunan kat sayısı ve kullanılan kargir malzemeye göre bir sınıflandırma yapılmıştır.

Yığma yapılarda taşıyıcı duvarların desteklenmemiş en büyük uzunluklarında sınırlandırmalar değişmemiş olup yalnızca “donatılı yığma ve donatılı panel sistem kullanılmış yığma yapılar için boyut sınırları %20 arttırılabilir” ifadesi konulmuştur. Bu esnekliğe donatılı ve donatılı panel sistemli yığma yapıların daha rijit ve sistemin birlikte hareket etmesinden dolayı izin verilmiştir. Şartlara uymayan duvar elemanlarının düzleme dik yöndeki tahkikleri, TS EN 1996-1-1 (Eurocode 6: Kargir Yapıların tasarımı- Bölüm1-1: Donatılı ve donatısız kargir yapılar için genel kurallar)’de verilen şartlara göre yapılacaktır.

TBDY-2018’de kuşatılmış yığma binalarda düşey hatılların teşkil edileceği durumlar verilmiştir. Bu durumlar şu şekildedir: taşıyıcı duvarların serbest kenarlarında, alanı $1.5 m^2$ ’den daha büyük olan duvar boşluklarının her iki tarafında, her 4 m duvar uzunluğunda bir, hatıllar arası mesafe 4 m’yi geçmeyecek şekilde ve iki taşıyıcı duvarın birbirine birleştiği yerlerdir. TBDY-2018’de boyuna ve enine donatı miktarları da değişmiştir. Boyuna donatı 4Ø10’dan 6Ø12’ye, enine donatı Ø8/250’dan Ø8/150’ye değişmiştir. En kesit yükseklikleri en az 200

mm'den 300 mm'ye çıkarılmıştır. Donatılara bindirmeli ekler için 60Φ 'den kısa olmaması gerektiği ayrıntısı verilmiştir. Donatılı yığma binalar için koyulacak düşey donatıların mesafesi 600 mm'den az olmamalı ve kapı pencere boşlukları yanlarına $2\Phi 12$ ek donatı konulması istenmiştir. En üst yatay hatıla oturan çatı kalkan duvarında 2007 yönetmeliğinde düşey ve eğik hatıl yapma zorunluluğu 2.0 metre iken bu sınır 2018 yönetmeliği ile 0.8 metre olmuştur.



5. İNCELENEN OKUL BİNALARI

Bu çalışmada, Bilecik il ve ilçe sınırları içerisinde bulunan 3 adet yığma okul binası DBYBHY-2007 ve TBDY-2018'e göre incelenmiş, StatiCAD Yığma paket programı ile performans analizleri yapılmıştır. Yığma okul binalarının rölevesi alınmış ve malzeme özellikleri belirlenmiştir. Yığma okul binalarının DBYBHY-2007 ve TBDY-2018'e göre hükümleri incelenmiş ve yapı durumu için uygunluk tablosu oluşturulmuştur. Rölevesi çıkartılan yığma okul binaları StatiCAD Yığma paket programı yardımıyla performans analizleri yapıp 3 boyutlu modelleri elde edilmiştir. Yığma okul binaları değerlendirilirken yapım yıllarından bağımsız 2018-Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ne göre analiz edilmiştir.

5.1. StatiCAD Programı

StatiCAD programı tarihi veya yığma binaların performans analizleri, risk analizleri, güçlendirme projeleri ve sıfırdan yapılacak olan yığma yapıların tasarım ve hesapları konusunda kullanılabilen yerli paket programdır. Bünyesinde bulunan eski ve yeni deprem yönetmelikleri sayesinde analizlerde karşılaştırma imkanları sunmaktadır. Kentsel dönüşüm risk tespitleri ile çok miktarda bina incelenip hesapların doğruluğu tahkik edilebilir.

Program eşdeğer çubuk yöntemi, çubuk sonlu elemanlar yöntemi, modal analiz, eşdeğer deprem yükü analizi, döşemelerin kabuk sonlu elemanlarla sistem rijitliğine katılması, döşemelerden duvar ve diğer elemanlara yük aktarımının kabuk sonlu elemanlarla yapılabilmesi, kuşatılmış yığma bina analizi (düşey hatılların duvar dayanımına ve/veya sistem rijitliğine katkısını dikkate alabilme), donatılı yığma duvar analizi (kurtarmayan duvarlarda tuğla duvar içine 2018 deprem yönetmeliğinde tariflenen şekilde düşey ve yatay donatılar atayabilme), moment etkisini de dikkate alan donatılı veya donatısız duvar tahkikleri, çelik hasır ve püskürtme betonla yığma duvar güçlendirme hesap ve çizimleri, riskli yapı analizinde Araadnet sistemine girilecek bilgilerin büyük bölümünün otomatik olarak hazırlanması gibi üstünlükleri bulunmaktadır.

Program ile Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018 ve/veya 2019 Riskli Bina Yönetmeliğinin formülleriyle çözülen tüm yığma binalar çözülebilir. Program kentsel dönüşüm mevcut bina incelemesi, mevcut yığma bina performans analizi ve güçlendirmesi, yeni yapılacak yığma binaların çözümü ve tarihi yığma binaların çözümünde kullanılabilir (Staticad, 2022).

5.2. Okul No: 1

İncelenen okul binası Bilecik/Merkez’de bulunmaktadır. Yapıya hasar vermeden gözlem sonucu elde edilebilen bilgiler ile değerlendirme yapılmıştır. Yığma yapı ile ilgili elde edilen bilgiler doğrultusunda DBYBHY-2007 ve TBDY-2018’e göre uygunluğunu içeren bir tablo oluşturulmuştur. 1 nolu okul binasına ilişkin genel bilgiler Tablo 5.1’de verilmiştir. Yapı, DBYBHY-2007 Deprem Haritasına göre 1. derece deprem bölgesinde yer almaktadır.

Tablo 5.1. Okul No:1 – Genel Bilgileri

Yapının Bulunduğu Şehir	Bilecik/Merkez
Yapım Yılı	2002
Kat Sayısı	B+Z
Kat Yüksekliği	3.20 m
Bodrum Kat Durumu	Var
Düşey Hatıl Durumu	1 adet
Yatay Hatıl Durumu	78 adet
Döşeme Türü ve Kalınlığı	Kirişsiz Döşeme, 15 cm
Çatı Kalkanı Durumu	Yok
Hasar Durumu	Taşıyıcı duvarlarda küçük çatlaklar
Kapı Boşlukları	Bodrum katında 13, zemin katında 11 adet
Kapı Ölçüleri (cm)	95/205, 80/205
Pencere Boşlukları	Bodrum katında 23, zemin katında 23 adet
Pencere Ölçüleri (cm)	170/190, 95/110, 270/60
Temel Tipi ve Ölçüleri (cm)	Duvaraltı temel 80/50

İncelenen okul binası bodrum+zemin kattan oluşmaktadır. 1 nolu okula ait ön görünüş Şekil 5.1’de, arka görünüş Şekil 5.2’de ve iç görünüşü de Şekil 5.3’te verilmiştir.



Şekil 5.1. Okul No:1 – Ön Görünüş



Şekil 5.2. Okul No:1 – Arka Görünüş



Şekil 5.3. Okul No:1 – İç Görünüş

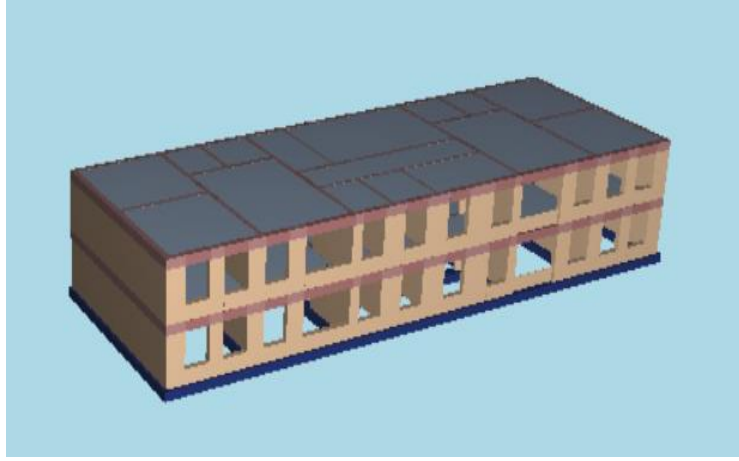
Rölevesi çıkartılan 1 nolu okulun zemin kat mimari planı EK-1’de verilmiştir. Kalıp planları AutoCAD ortamında hazırlanmıştır. Bodrum kat kalıp planı EK-2’de, zemin kat kalıp planı da EK-3’te verilmiştir. Yerinde yapılan gözlemlerle okul binası DBYBHY-2007 ve TBDY-2018’de verilen hükümlere göre incelenmiş ve uygunluk tabloları oluşturulmuştur. DBYBHY-2007’ye göre hazırlanan uygunluk tablosu EK-4’te, TBDY-2018’e göre hazırlanan uygunluk tablosu da EK-5’de verilmiştir.

1 Nolu okul StatiCAD programında modellenmiştir. Modelleme sırasında kullanılan bilgiler Tablo 5.2’de verilmiştir.

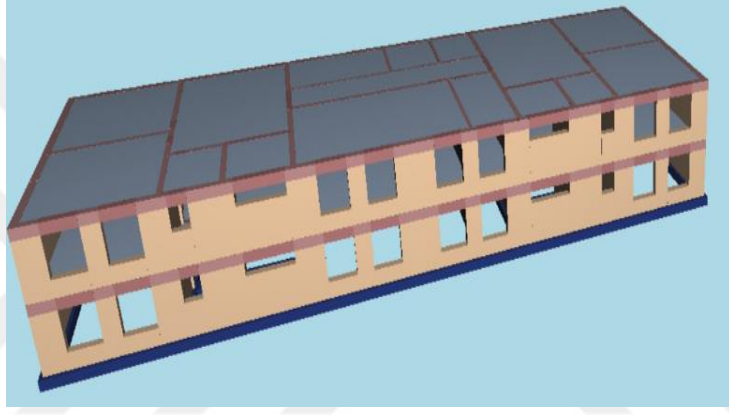
Tablo 5.2. Okul No:1 – Modellemede Kullanılan Bilgiler

Enlem	40.142176°
Boylam	29.980451°
Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DD-2
Yerel Zemin Sınıfı	ZC
Bina Bilgi Düzeyi	Sınırlı
Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı (S_s)	0.566
1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı (S_1)	0.177
En büyük yer ivmesi (PGA)	0.238
En büyük yer hızı (PGV)	15.645
Bina Önem Katsayısı (I)	1.5
Kat Yüksekliği	3.20
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R (X – Y)	2.5
Dayanım Fazlalığı Katsayısı D (X – Y)	1.5
Deprem Yönü	X ve Y yönünde

StatiCad programında modellenen 1 Nolu Okul’un önden görünümü Şekil 5.4’de, arka görünümü de Şekil 5.5’de verilmiştir.

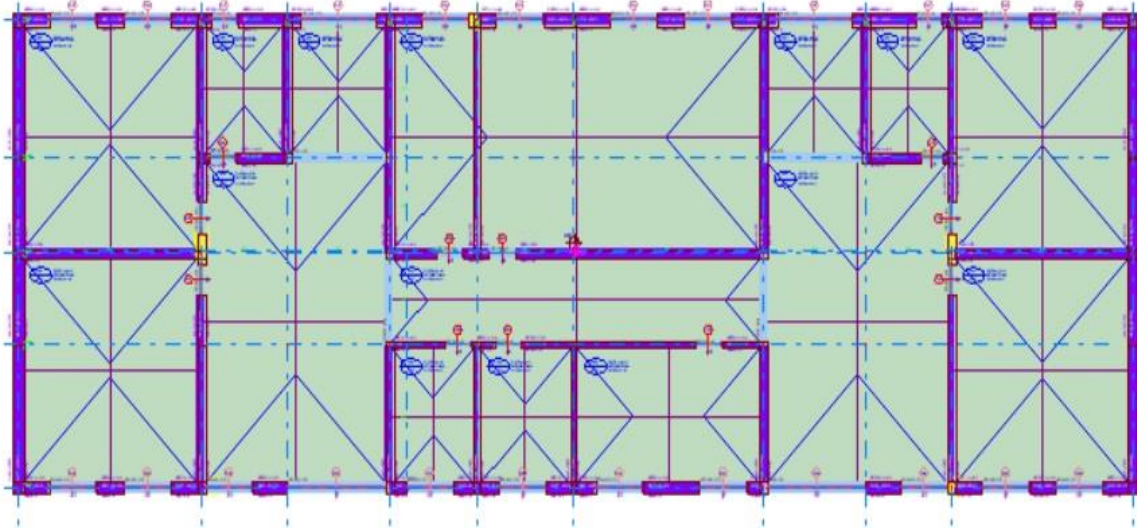


Şekil 5.4. Okul No:1 – 3 Boyutlu Ön Görünüm



Şekil 5.5. Okul No:1 – 3 Boyutlu Arka Görünüm

Yapılan analiz sonucu koyu (mor) renkli yapı elemanları kayma gerilmesini sağlamayan elemanları göstermektedir. Bodrum ve zemin katta kayma gerilmesini sağlamayan elemanlar Şekil 5.6’da gösterilmiştir.



Şekil 5.6. Okul No:1 – Bodrum ve Zemin Kat Kayma Gerilmesi Sağlamayan Elemanlar

Proje eşdeğer çubuk modeli (kuvvet metodu) ile analiz edilmiştir. Döşemeler sonlu eleman analizinde sistem modeline kabuk sonlu eleman olarak dahil edilmiştir. Döşemelerden duvar ve kirişlere yük aktarımı kabuk sonlu elemanlarla yapılmıştır. Binanın toplam kütlesi 1248.23 ton olarak hesaplanmıştır. Bina deprem performans düzeyi göçme durumundadır. Analiz sonucu elde edilen performans raporu Tablo 5.3'te verilmiştir.

Tablo 5.3. Okul No:1 – Performans Raporu

Kat adı	Deprem Yönü	Qi (ton)	e (m)	Mbi (tm)	$\sum V_r$ (Duvar) (ton)	$\sum W_a$	$\sum W_n$	\sum Yetersiz W_n	$\sum W_L$	\sum Yetersiz V_r (ton)	\sum Yetersiz V_e (ton)	Yetersiz $\sum V_e/Q_i$ (%)
Bodrum kat	+X	655,57	0,04	136,97	837,5	27,15	51	48	81,05	824,32	654,94	99,9
	-X			136,97							654,94	99,9
	+Y	552,88	0,21	22,87	966,71	32,8	26	23	105	943,45	551,07	99,7
	-Y			22,87							551,07	99,7
Zemin kat	+X	400,73	0,03	-5,35	723,56	27,15	51	51	81,05	723,56	400,73	100
	-X			-5,35							400,73	100
	+Y	337,96	-0,01	9,63	858,39	32,8	26	23	105	839,92	336,85	99,7
	-Y			9,63							336,85	99,7

5.3. Okul No: 2

İncelenen okul binası Bilecik/Osmaneli ilçesinde bulunmaktadır. Yapıya hasar vermeden gözlem sonucu elde edilebilen bilgiler ile değerlendirme yapılmıştır. Yığma yapı ile ilgili elde edilen bilgiler doğrultusunda DBYBHY-2007 ve TBDY-2018'e göre uygunluğunu içeren bir tablo oluşturulmuştur. 2 nolu okul binasına ilişkin genel bilgiler Tablo 5.4'de verilmiştir. Yapı, DBYBHY-2007 Deprem Haritasına göre 1. derece deprem bölgesinde yer almaktadır.

Tablo 5.4. Okul No:2 – Genel Bilgiler

Yapı Bulunduğu Şehir	Bilecik/Osmaneli
Yapım Yılı	Bilinmiyor
Kat Sayısı	Z+1+2
Kat Yüksekliği	3.00 m
Bodrum Kat Durumu	Bodrum yok
Düşey Hatıl Durumu	Yok
Yatay Hatıl Durumu	72 adet
Döşeme Türü ve Kalınlığı	Kirişsiz Döşeme, 15 cm
Çatı Kalkanı Durumu	Yok
Hasar Durumu	Taşıyıcı duvarlarda küçük çatlaklar
Kapı Boşlukları	Zemin katında 10, 1. ve 2. Katında 8 adet
Kapı Ölçüleri (cm)	100/210, 140/250, 80/180, 330/270, 330/305
Pencere Boşlukları	Zemin katında 14, 1. ve 2. Katında 15 adet
Pencere Ölçüleri (cm)	15/150, 150/90
Temel Tipi ve Ölçüleri (cm)	Duvaraltı temel 70/50

İncelenen okul binası zemin+1+2 kattan oluşmaktadır. 2 nolu okula ait ön görünüş Şekil 5.7'de, arka görünüş Şekil 5.8'de ve yan görünüş Şekil 5.9'de verilmiştir.



Şekil 5.7. Okul No:2 – Ön Görünüş



Şekil 5.8. Okul No:2 – Arka Görünüş



Şekil 5.9. Okul No:2 – Yan Görünüş

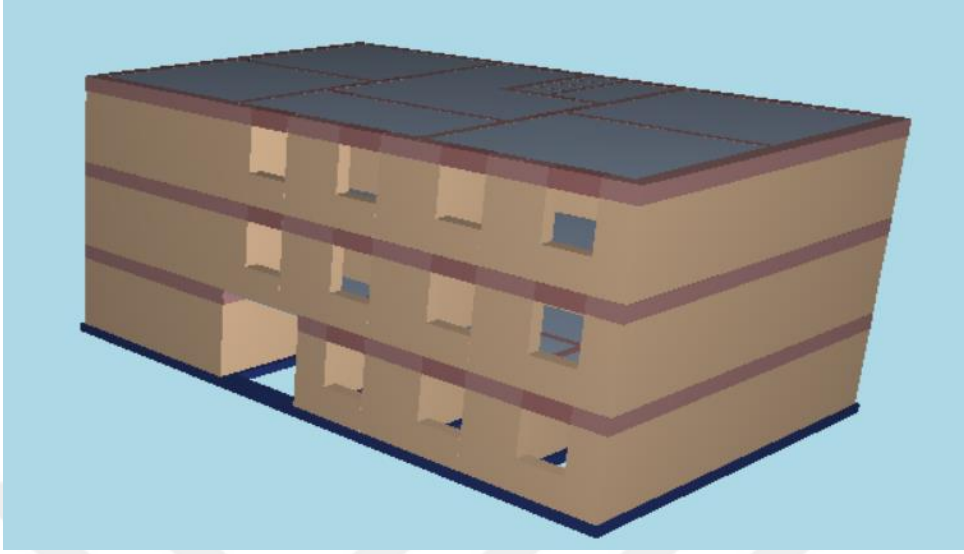
Rölevesi çıkartılan 2 nolu okulun zemin, 1. ve 2. kat mimari planları çizilmiştir (EK-6 ve EK-7). AutoCad ortamında zemin, 1. ve 2. Kat kalıp planları oluşturulmuştur. Zemin kat kalıp planı EK-8’de, 1. ve 2. Kat için kalıp planı da EK-9’da verilmiştir. Yerinde yapılan gözlemlerle okul binası DBYBHY-2007 ve TBDY-2018’de verilen hükümlere göre incelenmiş ve uygunluk tabloları oluşturulmuştur. DBYBHY-2007’ye göre hazırlanan uygunluk tablosu EK-10’da, TBDY-2018’e göre hazırlanan uygunluk tablosu da EK-11’de verilmiştir.

2 Nolu okul StatiCAD programında modellendikten sonra analiz için kullanılan değerler Tablo 5.5’de verilmiştir.

Tablo 5.5. Okul No:2 – Modellemede Kullanılan Bilgiler

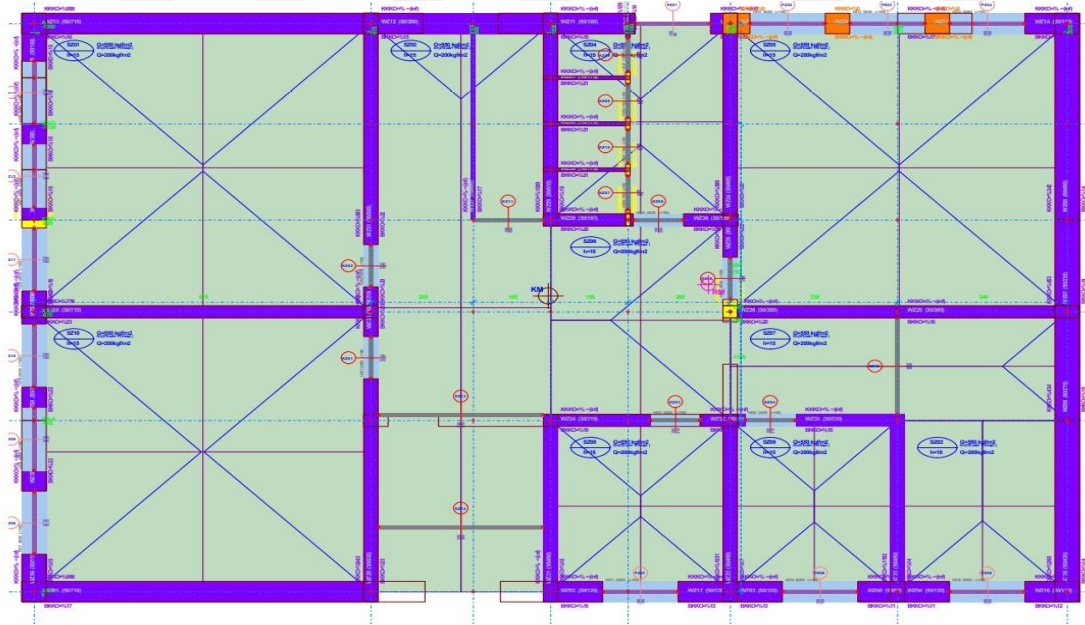
Enlem	40.431268°
Boylam	29.902516°
Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DD-2
Yerel Zemin Sınıfı	ZC
Bina Bilgi Düzeyi	Sınırlı
Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı (S_s)	0.886
1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı (S_1)	0.258
En büyük yer ivmesi (PGA)	0.375
En büyük yer hızı (PGV)	24.218
Bina Önem Katsayısı (I)	1.5
Kat Yüksekliği	3.00 m
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R (X – Y)	2.5
Dayanım Fazlalığı Katsayısı D (X – Y)	1.5
Deprem Yönü	X ve Y yönünde uygulandı.

StatiCad programında modellenen 2 Nolu Okul'un önden görünümü Şekil 5.10'da, verilmiştir.

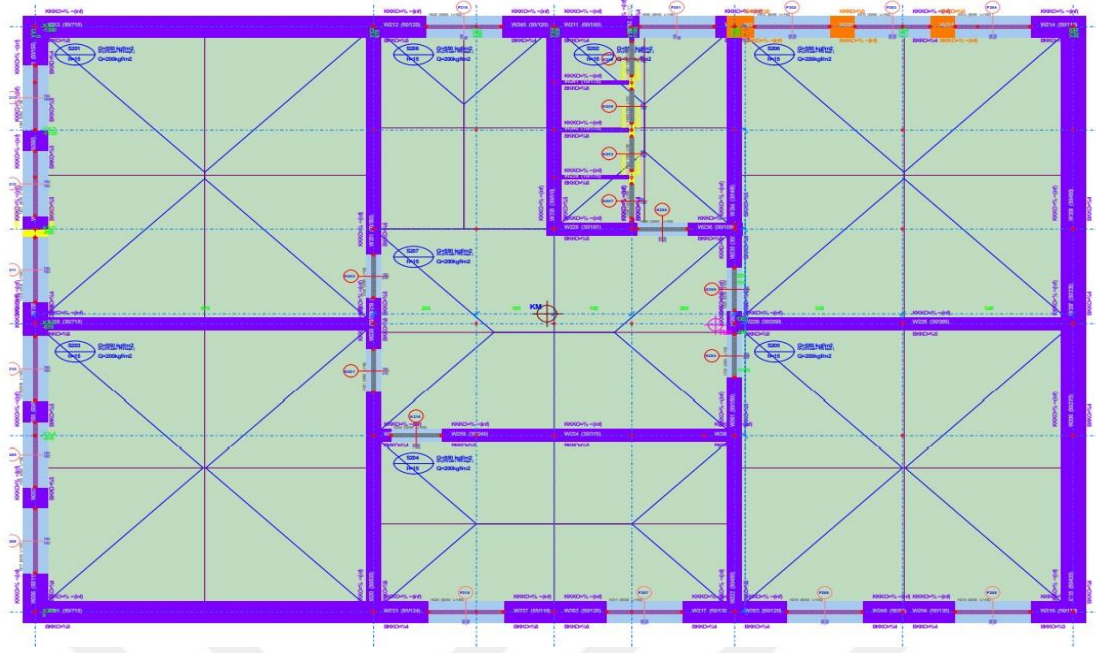


Şekil 5.10. Okul No:2 – 3 Boyutlu Ön Görünüş

Yapılan analiz sonucu zemin, 1. ve 2. katlardaki mor renkli yapı elemanları kayma gerilmesini turuncu renkli yapı elemanları basınç gerilmesini sağlamayan elemanları göstermektedir. Zemin kat için Şekil 5.11'de, 1. ve 2. Kat için ise Şekil 5.12'de verilmiştir.



Şekil 5.11. Okul No:2 – Zemin Kat Kayma ve Basınç Gerilmesini Sağlamayan Elemanlar



Şekil 5.12. Okul No:2 – 1. ve 2. Kat Kayma ve Basınç Gerilmesini Sağlamayan Elemanlar

Proje Eşdeğer Çubuk Modeli (Kuvvet Metodu) ile analiz edilmiştir. Döşemeler sonlu eleman analizinde sistem modeline kabuk sonlu eleman olarak dahil edilmiştir Döşemelerden duvar ve kirişlere yük aktarımı kabuk sonlu elemanlarla yapılmıştır. Binanın toplam kütlesi 1129.98 ton olarak hesaplanmıştır. Bina deprem performans düzeyi göçme durumundadır. Analiz sonucu elde edilen performans raporu Tablo 5.6’da verilmiştir.

Tablo 5.6. Okul No:2 – Performans Raporu

Kat adı	Deprem Yönü	Qi (ton)	e (m)	Mbi (tm)	$\sum V_r$ (Duvar) (ton)	$\sum W_a$	$\sum W_n$	\sum Yetersiz W_n	$\sum WL$	\sum Yetersiz V_r (ton)	\sum Yetersiz V_e (ton)	Yetersiz $\sum V_e/Q_i$ (%)
Zemin kat	+X	900,96	3,21	-241,9	700,53	23,06	27	24	59,3	681,46	900,96	100
	-X			-241,9							900,96	100
	+Y	720,89	-0,27	2315,49	750,48	24,81	32	25	70,25	736,42	720,33	99,9
	-Y			2315,49							720,33	99,9
1. kat	+X	730,52	3,36	305,39	660,08	23,98	31	28	61,75	650,84	730,52	100
	-X			305,39							730,52	100
	+Y	584,51	0,42	1965,65	637,68	22,18	31	25	58,2	630,23	584,32	100
	-Y			1965,65							584,32	100
2. kat	+X	390,82	3,36	100,36	588,91	23,98	31	28	61,75	585,85	390,82	100
	-X			100,36							390,82	100
	+Y	312,71	0,26	1051,46	569,31	22,18	31	27	58,2	564,11	312,65	100
	-Y			1051,46							312,65	100

5.4. Okul No: 3

İncelenen okul binası Bilecik/Yenipazar ilçesinde bulunmaktadır. Yapıya hasar vermeden gözlem sonucu elde edilebilen bilgiler ile değerlendirme yapılmıştır. Yığma yapı ile ilgili elde edilen bilgiler doğrultusunda DBYBHY-2007 ve TBDY-2018'e göre uygunluğunu içeren bir tablo oluşturulmuştur. 3 nolu okul binasına ilişkin genel bilgiler Tablo 5.7'de verilmiştir. Yapı, DBYBHY-2007 Deprem Haritasına göre 2. derece deprem bölgesinde yer almaktadır.

Tablo 5.7. Okul No:3 – Genel Bilgiler

Yapı Bulunduğu Şehir	Bilecik/Yenipazar
Yapım Yılı	Bilinmiyor
Kat Sayısı	Z+1+2
Kat Yüksekliği	3.20 m
Bodrum Kat Durumu	Bodrum yok
Düşey Hatıl Durumu	49 adet düşey hatıl, 14 adet perde duvar
Yatay Hatıl Durumu	Bilinmiyor
Döşeme Türü ve Kalınlığı	Kirişsiz Döşeme, 20 cm
Çatı Kalkanı Durumu	Yok
Hasar Durumu	Taşıyıcı duvarlarda küçük çatlaklar
Kapı Boşlukları	Zemin katında 9, 1. ve 2. Katında 7 adet
Kapı Ölçüleri (cm)	100/210, 80/210, 330/250, 300/250
Pencere Boşlukları	Zemin katında 13, 1. ve 2. Katında 20 adet
Pencere Ölçüleri (cm)	125/180, 70/60, 40/50
Temel Tipi ve Ölçüleri (cm)	Duvaraltı temel 70/50

İncelenen okul binası zemin+1+2 kattan oluşmaktadır ve güçlendirme işlemi uygulanmıştır. 3 nolu okula ait ön görünüş Şekil 5.13'de, yan görünüş Şekil 5.14'de ve arka görünüş Şekil 5.15'de verilmiştir.



Şekil 5.13. Okul No:3 – Ön Görünüş



Şekil 5.14. Okul No:3 – Yan Görünüş



Şekil 5.15. Okul No:3 – Arka Görünüş

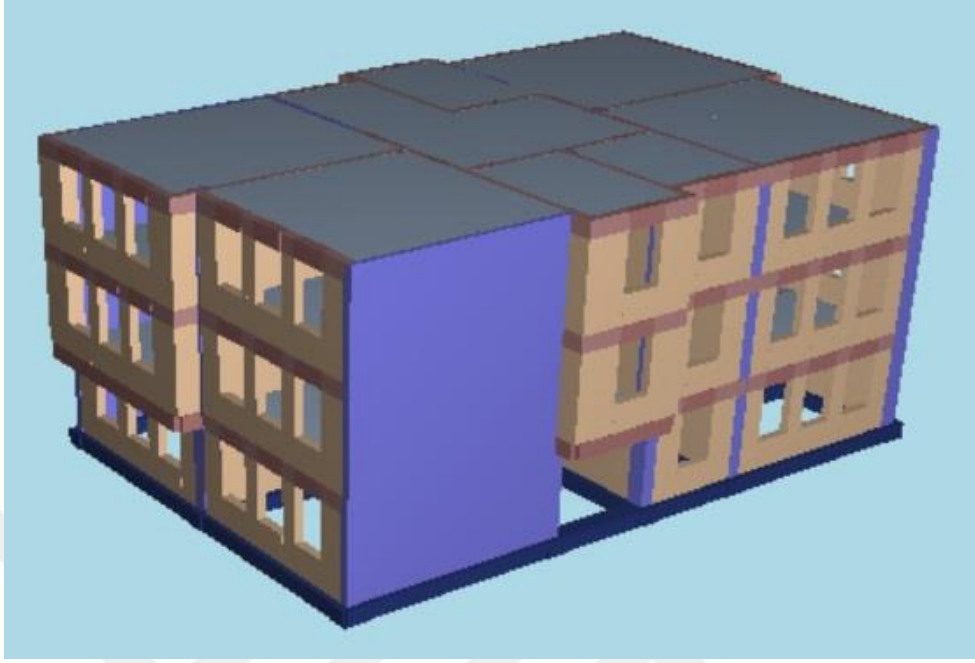
Rölevesi çıkartılan 3 nolu okulun zemin, 1. ve 2. kat mimari planları çizilmiştir (EK-12 ve EK-13). AutoCad ortamında zemin kat, 1. ve 2. Kat kalıp planları oluşturulmuştur. Zemin kat kalıp planı EK-14’de, 1. ve 2. Kat için kalıp planı da EK-15’de verilmiştir. Yerinde yapılan gözlemlerle okul binası DBYBHY-2007 ve TBDY-2018’de verilen hükümlere göre incelenmiş ve uygunluk tabloları oluşturulmuştur. DBYBHY-2007’ye göre hazırlanan uygunluk tablosu EK-16, TBDY-2018’e göre hazırlanan uygunluk tablosu da EK-17’de verilmiştir.

3 nolu okul StatiCAD programında modellendikten sonra analiz için kullanılan değerler Tablo 5.8’de verilmiştir.

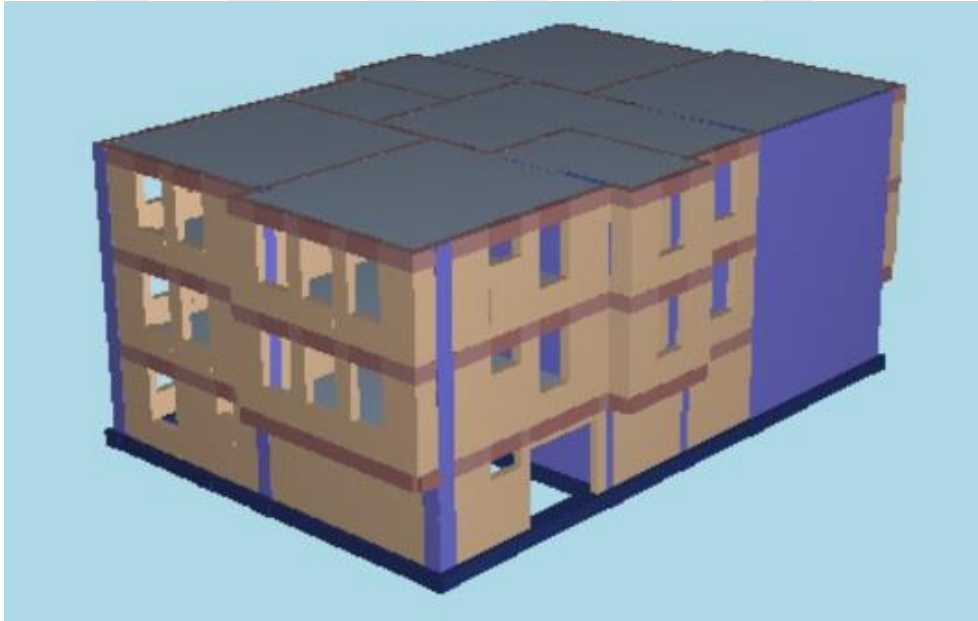
Tablo 5.8. Okul No:3 – Modellemede Kullanılan Bilgiler

Enlem	40.197773°
Boylam	30.530693°
Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DD-2
Yerel Zemin Sınıfı	ZC
Bina Bilgi Düzeyi	Sınırlı
Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı (S_s)	0.479
1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı (S_1)	0.173
En büyük yer ivmesi (PGA)	0.202
En büyük yer hızı (PGV)	14.753
Bina Önem Katsayısı (I)	1.5
Kat Yüksekliği	3.20 m
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R (X – Y)	3
Dayanım Fazlalığı Katsayısı D (X – Y)	2
Deprem Yönü	X ve Y yönünde uygulandı.

StatiCad programında modellenen 3 Nolu Okul'un önden görünümü Şekil 5.16'da, arkadan görünümü Şekil 5.17'da verilmiştir.

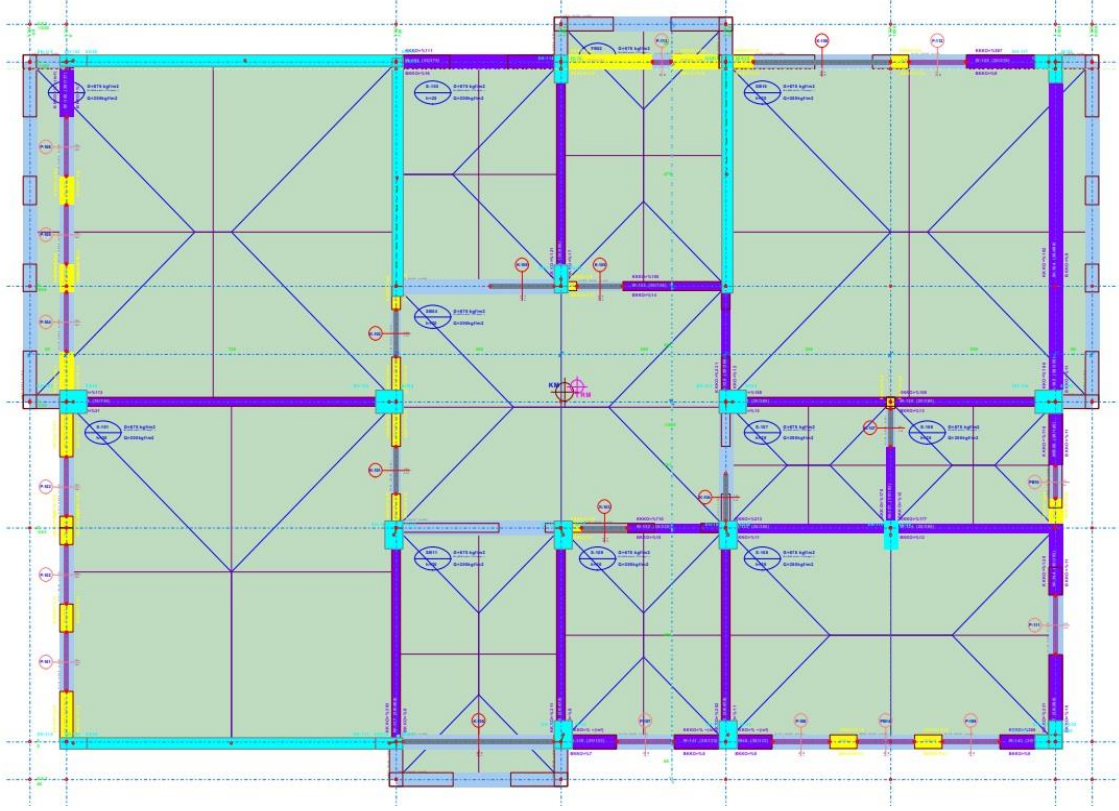


Şekil 5.16. Okul No:3 – 3 Boyutlu Ön Görünüm

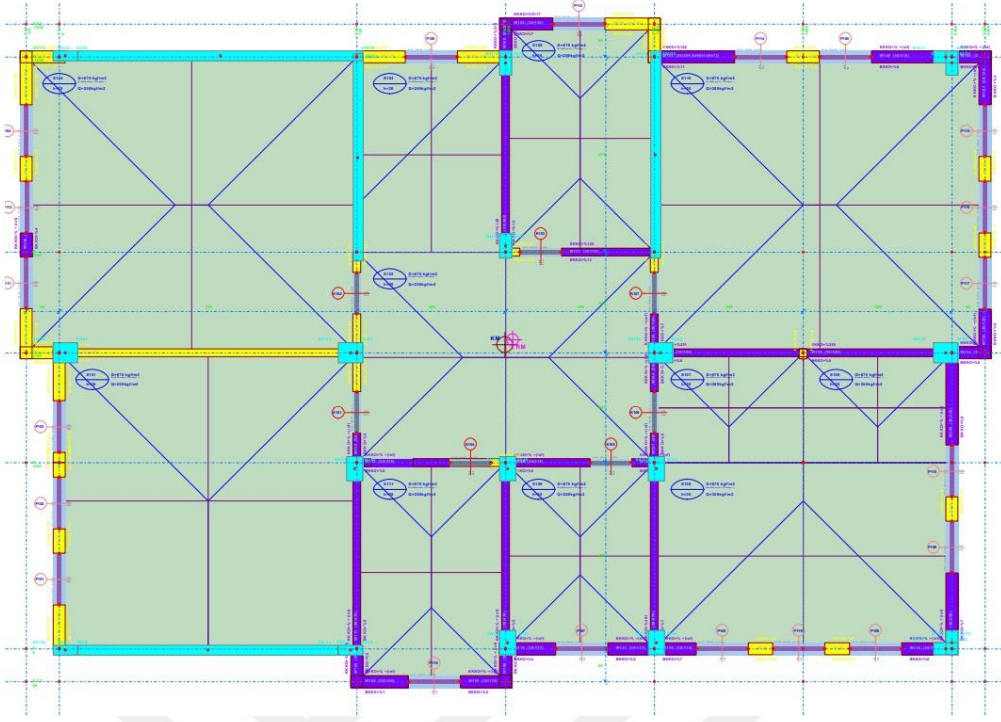


Şekil 5.17. Okul No:3 – 3 Boyutlu Arka Görünüm

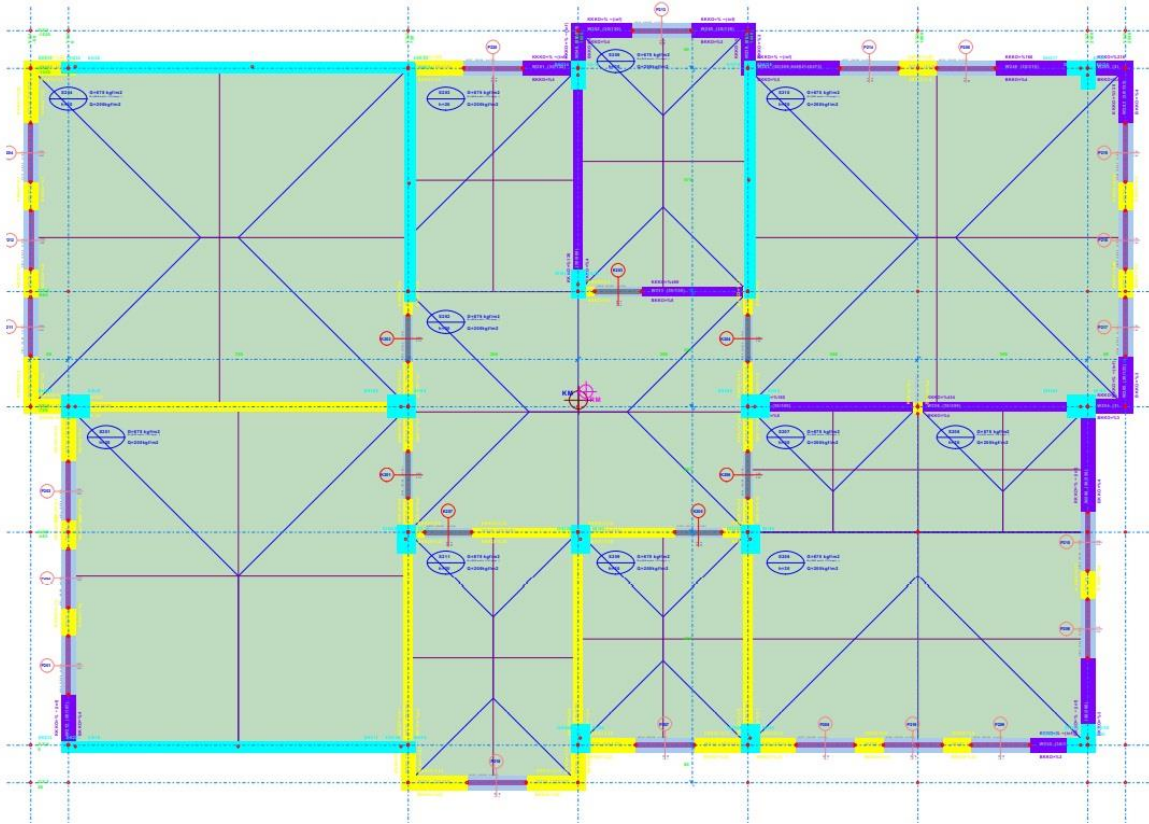
Yapılan analiz sonucu mor renkli yapı elemanları kayma gerilmesini sağlamayan elemanları göstermektedir. Zemin kat kayma gerilmesini sağlamayan elemanlar Şekil 5.18’de, 1. Kat için Şekil 5.19’de ve 2. Kat için de Şekil 5.20’de verilmiştir.



Şekil 5.18. Okul No:3 – Zemin Kat Kayma Gerilmesini Sağlamayan Elemanlar



Şekil 5.19. Okul No:3 – 1. Kat Kayma Gerilmesini Sağlamayan Elemanlar



Şekil 5.20. Okul No:3 – 2. Kat Kayma Gerilmesini Sağlamayan Elemanlar

Proje Eşdeğer Çubuk Modeli (Kuvvet Metodu) ile analiz edilmiştir. Döşemeler sonlu eleman analizinde sistem modeline kabuk sonlu eleman olarak dahil edilmiştir Döşemelerden duvar ve kirişlere yük aktarımı kabuk sonlu elemanlarla yapılmıştır. Binanın toplam kütlesi 1251.28 ton olarak hesaplanmıştır. Bina deprem performans düzeyi kontrollü hasar performans düzeyi durumundadır. Analiz sonucu elde edilen performans raporu Tablo 5.9’de verilmiştir.

Tablo 5.9. Okul No:3 – Performans Raporu

Kat adı	Deprem Yönü	Qi (ton)	e (m)	Mbi (tm)	$\sum V_r$ (Duvar) (ton)	$\sum W_a$	$\sum W_n$	$\sum \text{Yetersiz } W_n$	$\sum W_L$	$\sum \text{Yetersiz } V_r$ (ton)	$\sum \text{Yetersiz } V_e$ (ton)	$\text{Yetersiz } \sum V_e/Q_i$ (%)
Zemin kat	+X	578,31	0,27	-66,12	206,13	10,66	21	13	45	169,13	23,5	4,1
	-X			-66,12							23,5	4,1
	+Y	471,46	-0,11	127,82	212,54	11,53	27	12	47,53	155,41	24,33	5,2
	-Y			127,82							24,33	5,2
1. kat	+X	470,05	0,19	-54,97	192,05	11,75	28	17	47	119,65	12,18	2,6
	-X			-54,97							12,18	2,6
	+Y	383,2	-0,12	73,24	206,73	11,38	33	16	46,78	138,23	17,8	4,6
	-Y			73,24							17,8	4,6
2. kat	+X	260	0,17	-45,91	146,05	11,75	28	11	47	61,48	4,92	1,9
	-X			-45,91							4,92	1,9
	+Y	211,96	-0,18	35,53	152,56	11,38	33	8	46,78	56,1	5,17	2,4
	-Y			35,53							5,17	2,4

SONUÇ

Bu çalışmada 2007- Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik ve 2018- Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği karşılaştırması ile yığma yapıların yapım tekniklerinde meydana gelmiş olan farklılıklar tespit edilmiştir. Bu farklılıklardan yola çıkarak Bilecik ilinde bulunan ve eğitim – öğretimin devam ettiği 3 adet yığma okul binasının DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 yönetmeliklerine göre uygunlukları araştırılmıştır. Yönetmeliklere göre uygunluk tabloları hazırlanmıştır. Röleleri çıkartılan yığma okul binalarının StatiCAD Yığma programı ile deprem performans analizleri yapılmıştır.

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği- 2018’de yığma yapılar konusunda çok büyük değişiklikler yapılmıştır. Yapım tekniği olarak çok fazla tercih edilmemesine rağmen mevcut yığma binalarında yürürlükte bulunan deprem yönetmeliği hükümlerini sağlaması can ve mal kayıplarının önlenmesi açısından önemlidir. DBYBHY- 2007 ve TBDY- 2018 arasında çok büyük farklılıklar bulunmaktadır. Yığma yapılar konusunda yapılan değişikliklerden bazıları şu şekildedir:

- TBDY- 2018 ile yığma bina türleri donatısız, donatılı, kuşatılmış ve donatılı panel sistemli olmak üzere belirlenmiş ve tanımları verilmiştir.
- Kat adedi tablosu ayrıntılı hale getirilmiştir. DBYBHY-2007’de sadece deprem bölgelerine göre bir sınırlama yapılırken TBDY-2018 ile R, D, BYS ve DTS gibi etkenlere göre bina yüksekliği sınırları belirlenmiştir.
- Kat yükseklikleri konusunda değişiklik yapılmıştır. DBYBHY-2007’de taşıyıcı duvarlarda, kerpiç yapılarda ve bodrumu olan binalarda bodrum kat yüksekliği için maksimum sınırlar verilirken TBDY-2018 ile TS EN 1996-1-1:2005’e göre duvar etkin yüksekliği ve duvar etkin kalınlığının belirlenmesi istenmiştir.
- TBDY-2018 ile malzemeler boşluk oranına göre iki gruba ayrılmıştır. %50 den fazla boşluk oranına izin verilmemiştir.
- TBDY-2018 ile donatılı panel sistemle yapılan yığma yapılarda kullanılacak olan malzemenin en az Gazbeton 5 kalitesinde olması, donatı kalitesinin S420, B420C, B500C olması ve en az 12 mm çapa sahip donatı çapına sahip olması istenmiştir.
- TBDY- 2018 ile betonarme yapılarda kullanılan karakteristik ve tasarım dayanımı gibi kavramlar getirilmiş, emniyet gerilmesi kavramı kaldırılmıştır.
- TBDY-2018 ile beton bileşenler için en az C25 betonu kullanılması gerekmektedir.
- TBDY-2018 ile yığma yapıların yapısal çözümlemesi için sonlu elemanlar yöntemi veya eşdeğer çubuk yöntemi kullanılması uygun görülmüştür.

- TBDY-2018 ile döşemenin en az 10 cm kalınlığında betonarme yapılması, en az 30 cm kesit yüksekliğine sahip ve en az duvar genişliğindeki betonarme yatay hatıllara oturması gerektiği belirtilmiştir. Yatay hatılların düşey mesafedeki aralığı 4 metreyi geçmeyecektir.
- TBDY-2018’de kesme kuvveti altında taşıyıcı yığma duvarlarda uygulanacak min. ve max. Şartları içeren bir tablo verilmiştir. DBYBHY-2007’de duvarların minimum kalınlıkları için, deprem bölgesi, bulunan kat sayısı ve kullanılan malzemeye göre bir sınıflandırma bulunmaktaydı.

Çalışma kapsamında kullanımına devam edilen 3 adet yığma okul binası incelenmiştir. DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 yönetmeliklerine göre belirlenebilen özellikleri doğrultusunda uygunluk tabloları oluşturulmuştur. Belirlenemeyen özellikleri için en olumsuz değerler alınmıştır. Uygunluk tabloları, mimari ve kalıp planları Ekler bölümünde verilmiştir. İncelenen okul binaları ile ilgili olarak;

- 1 Nolu okul binası bodrum+zemin kattan oluşan ve toplam kütlesi yaklaşık 1248 ton olan bir binadır. Oluşturulan uygunluk tablolarına göre DBYBHY-2007 hükümlerine göre %53, TBDY-2018 hükümlerine göre ise %62 uygunluk oranı belirlenmiştir. TBDY-2018 yönetmeliğine göre performans analizi yapıldığında okul binasının deprem performans düzeyi göçme durumundadır.
- 2 Nolu okul binası zemin+2 kattan oluşan ve toplam kütlesi yaklaşık 1130 ton olan bir binadır. Oluşturulan uygunluk tablolarına göre DBYBHY-2007 hükümlerine göre %53, TBDY-2018 hükümlerine göre ise %37 uygunluk oranı belirlenmiştir. TBDY-2018 yönetmeliğine göre performans analizi yapıldığında okul binasının deprem performans düzeyi göçme durumundadır.
- 3 Nolu okul binası zemin+2 kattan oluşan, toplam kütlesi yaklaşık 1251 ton olan ve güçlendirme yapılan bir binadır. Oluşturulan uygunluk tablolarına göre DBYBHY-2007 hükümlerine göre %53, TBDY-2018 hükümlerine göre ise %37 uygunluk oranı belirlenmiştir. TBDY-2018 yönetmeliğine göre performans analizi yapıldığında okul binasının belirlenebilen özellikleri doğrultusunda kontrollü hasar performans düzeyinde olduğu belirlenmiştir.

Analizler sonucunda 1 ve 2 no’lu okulun performans düzeyi göçme durumunda çıkmıştır. Ayrıca taşıyıcı eleman özellikleri açısından güncel yönetmeliğe uyum sağlama oranları oldukça düşüktür. 3 no’lu okul performans düzeyi kontrollü hasar durumunda çıkmıştır. Taşıyıcı eleman özellikleri açısından güncel yönetmeliğe uyum sağlama oranı düşük gözükmemektedir. Ancak daha önceden yapılmış olan güçlendirme projesi ile bina göçme durumundan kurtulmuştur.

Oluşturulan uygunluk tabloları incelenecek yapıların ön değerlendirmesi için kullanılabilir. Kesin sonuçlar için detaylı inceleme yapılması, binaların tüm özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Analizlerin birebir gerçeğe uyması için taşıyıcı sisteme zarar vermeden mutlaka yapı malzemelerinin numuneleri alınmalı ve uzman kişilerce test edilmelidir.

Uzun yıllar kullanılan, mühendislik hizmeti alan veya almadan yapılmış olan yığma yapıların yürürlükte bulunan deprem yönetmeliği hükümlerine uyması can ve mal kayıplarının önlenmesi açısından son derece önemlidir.



KAYNAKÇA

AFAD. (2021). *Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması*. T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı: [Erişim : 20.12.2021, <https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/main.xhtml>]

Alankoç , C. A. (1999). *Gazbeton Blok ve Duvarlarının Deneysel Olarak İncelenmesi*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Amani, A., Sağıroğlu, S., & Doğangün, A. (2020). Örnek Bir Yığma Bina Üzerinde 1998, 2007 ve 2019 Türk Deprem Yönetmeliklerinin Karşılaştırmalı Olarak İrdelenmesi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 25(1), 13-26.

Aster, P. G., Chronopoulos, M. P., Chrysostomou, C. Z., Varum, H., Pleyris, V., Kyriakides, N., & Silva, V. (2014). Seismic Vulnerability Assessment of Historical Masonry Structural Systems. *Engineering Structures*, 20(4), 118-134.

Atabey, İ. (2011). *Yığma Binaların Performans Analizi Sivas Suşehri Aşağısarıca İlköğretim Okulu Örneği*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Aytekin, İ. (2006). *Donatısız ve Sarılmış Yığma Yapıların Deprem Davranışlarının İncelenmesi*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.

Baltacı, G. (2020). *Yığma Bir Seyir Kulesinin Dinamik Analizi*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.

Bilgin, H., & Hysenliu, M. (2020). Comparison of Near and Far-Fault Ground Motion Effects on Low and Mid-Rise Masonry Buildings. *Journal of Building Engineering*, 30, 101248.

Binda, L., Saisi, A., & Tiraboschi, C. (2000). Investigation Procedures for the Diagnosis of Historic Masonries. *Construction and Building Materials*, 14(4), 199-233.

Büyükgökmen, D. (2001). *Donatılı Yığma Yapı Tasarımı*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Can, Ö., & Yıldızoğlu, H. (2018). Yığma Binalarda Deprem Performansının Belirlenmesi Bayburt Korkut Ata Lisesi Örneği. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 8(2), 372-380.

Corradi, M., Borri, A., & Vignoli, A. (2002). Strengthening Techniques on Masonry Structures Struck by the Umbria-Marche Earthquake of 1997-1998. *Construction and Building Materials*, 16(4), 229-239.

Corradi, M., Borri, A., & Vignoli, A. (2003). Experimental Study on the Determination of Strength of Masonry Walls. *Construction and Building Materials*, 17(5), 325-337.

Çitiloğlu, C. (2016). *Seismic Performance Assessment of Confined Masonry Buildings*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

De Sortis, C., Antonacci, E., & Vestroni, F. (2005). Dynamic Identification of a Masonry Building Using Forced Vibration Tests. *Engineering Structures*, 27(2), 155-165.

Dias, J. M. (2007). Cracking due to Shear in Masonry Mortar Joints and Around the Interface Between Masonry Walls and Reinforced Concrete Beams. *Construction and Building Materials*, 21(2), 446-457.

Durak, S. (2007). *Ege Bölgesinde Yaygın Olarak Kullanılan Yığma Yapılar ve Bu Yapıların Deprem Güvenliği*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.

Dymiotis, C., & Gutleiderer, B. M. (2002). Allowing for Uncertainties in the Modelling of Masonry Compressive Strength. *Construction and Building Materials*, 16(8), 443-452.

Ekin, Ö. (2014). *Yığma Okul Binalarının Yapısal Özelliklerinin ve Deprem Performanslarının Belirlenmesi*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilecik.

Ellis, B., & Bougard, A. J. (2001). Dynamic Testing and Stiffness Evaluation of a Six-Storey Timber Framed Building During Construction. *Engineering Structures*, 23(10), 1232-1242.

Erköseoğlu, G. (2014). *Performance Evaluation of Confined Masonry Walls*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Gencer, Ö. (2000). *Pomza Katkılı Bimsbeton Bloklar ile Yapılmış Yığma Yapı Üzerinde Deprem Etkisinin Araştırılması*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

Ghezelbash, A., Beyar, K., Dolatshahi, K. M., & Yekrangnia, M. (2020). Shake Table Test of a Masonry Building Retrofitted with Shotcrete. *Engineering Structures*, 219, 110912.

- Görgün , B., & Ural, N.** (2018). Bilecik İli Merkezinin Depremselliğinin İncelenmesi. *El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi*, 5(2), 394-402.
- Hendry, E. A.** (2001). Masonry Walls: Materials and Construction. *Construction and Building Materials*, 15(8), 323-330.
- İlbasan, Ş.** (2019). *Güçlendirilmiş Yığma Yapının Performansının İncelenmesi*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Jaihoon, E. H.** (2019). *TBDY 2018'e Göre Tarihi Yığma Yapıların Analizi ve Bir Örnek Sille Ak Camii*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Konya Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Karataş , İ. K.** (2020). *Bir Eğitim Binası Özelinde Mevcut Yığma Binaların Deprem Davranışının Belirlenmesi*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Koç, V.** (2016). Depreme Maruz Kalmış Yığma ve Kırsal Yapı Davranışlarının İncelenerek Yığma Yapı Yapımında Dikkat Edilmesi Gereken Kuralların Derlenmesi. *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2(1), 36-57.
- Koçer, H.** (2019). *Mevcut Binaların Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkındaki Yönetmelik ve Riskli Bina Tespit Esaslarına Göre Değerlendirilmesi*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Ömer Halis Demir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde.
- Kuruşçu , A. O.** (2005). *Yığma Yapıların Analizi*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Milani, G., Laurencio, P., & Tralli, A.** (2007). 3D Homogenized Limit Analysis of Masonry Buildings Under Horizontal Loads. *Engineering Structures*, 29(11), 3134-3148.
- Negro, P., & Colombo, A.** (1997). Irregularities Induced by Nonstructural Masonry Panels in Framed Buildings. *Engineering Structures*, 19(7), 576-585.
- Özşahin , B.** (2004). *EPS Bloklü Çelik Donatılı Beton Taşıyıcı Duvar Sistemi*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- Özyurt, U.** (2008). *Manisa Yöresindeki Kırsal Yapıların Yapısal Özelliklerinin ve Deprem Davranışlarının Belirlenmesi*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Paquette, J., & Bruneau, M. (2006). Pseudodynamic Testing of Unreinforced Masonry Building with Flexible Diaphragm and Comparison with Existing Procedures. *Construction and Building Materials*, 20(4), 220-228.

Poşluk, E., & Koral, H. (2013). Bozüyük (Bilecik) - Oklubalı (Eskişehir) Arasının Neojen Stratigrafisi ve Yapısal Özellikleri. *İstanbul Yer Bilimleri Dergisi*, 26(2), 83-103.

Shariq, M., Abbas, H., Irtaza, H., & Qamaruddin, M. (2008). Influence of Openings on Seismic Performance of Masonry Building Walls. *Building and Environment*, 43(7), 1232-1240.

Staticad-Yığma. (2021, 12. 15.). StatiCAD-Yığma Ultimate Versiyon . Isparta, Türkiye: Özdemir Yazılım.

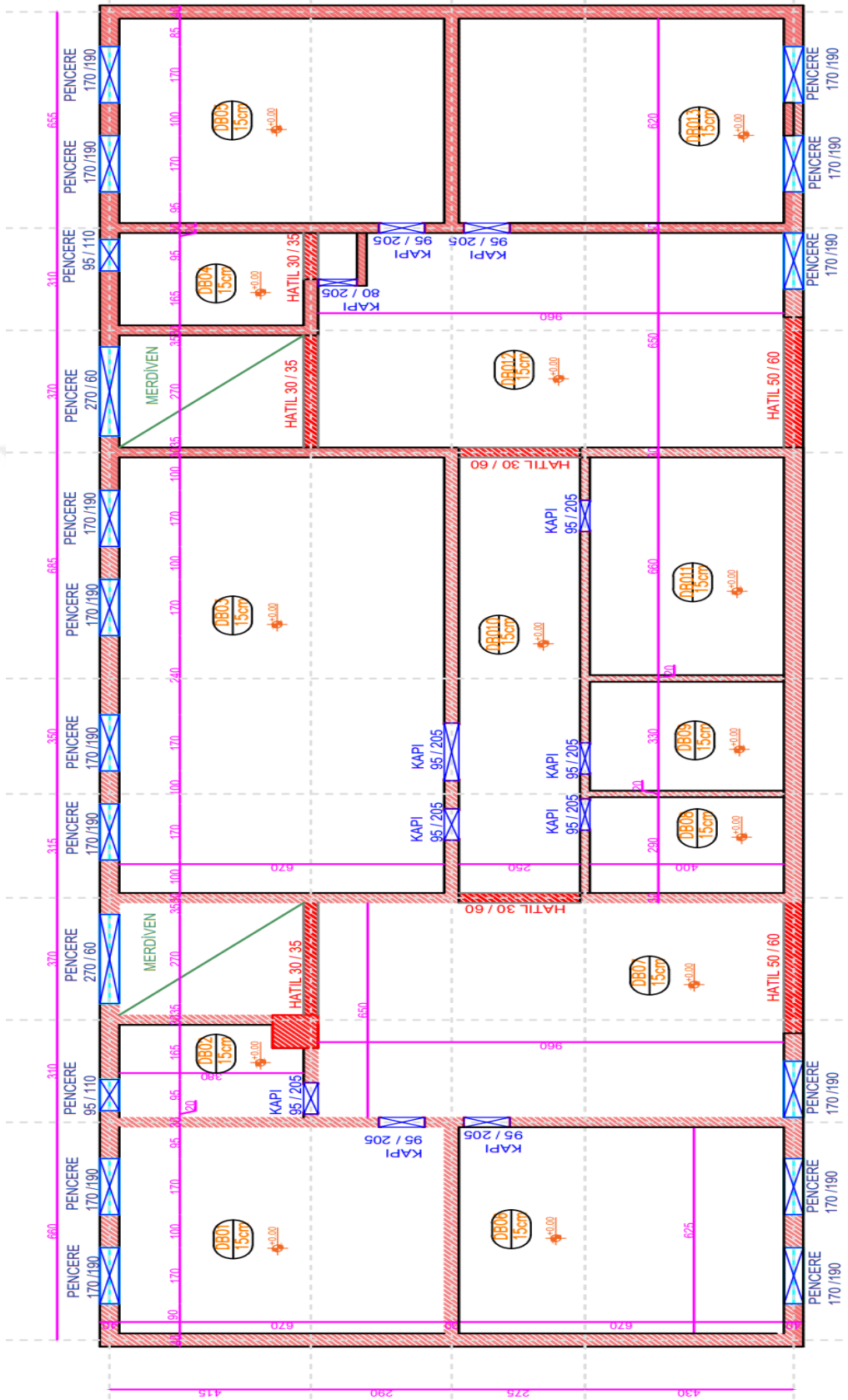
Stepinac, M. (2021). Damage Classification of Residential Buildings in Historical Downtown After the ML5.5 Earthquake in Zagreb, Croatia in 2020. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 56, 102140.

Şentürk, C. (2016). *Yığma Binaların Analitik Çözümlemesi İçin Bir Hesap Algoritması*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Aydın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

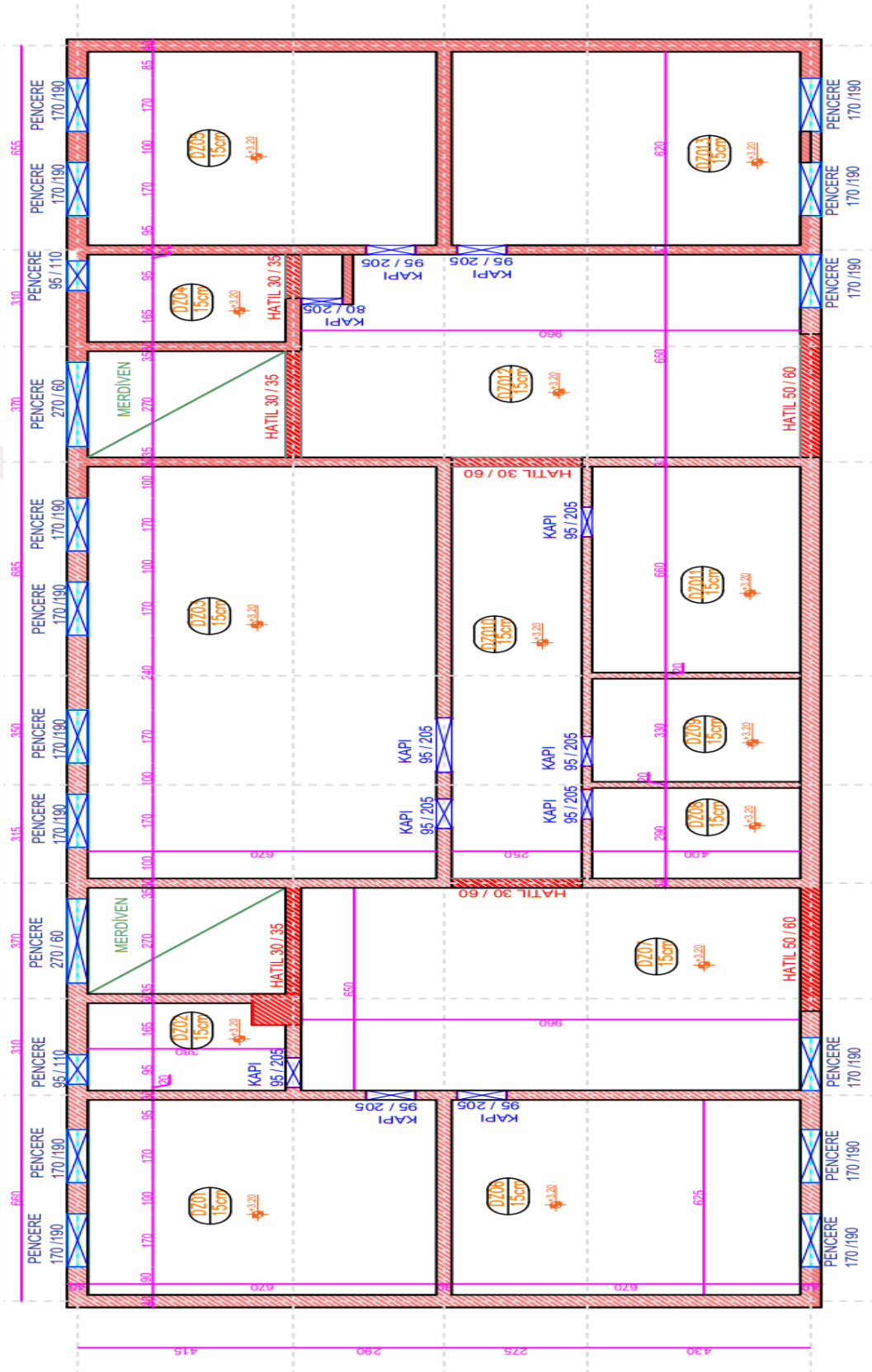
Turan, E. (2020). *Assessment of the 2018 Turkish Seismic Regulations Unreinforced Masonry Construction Specifications Through A Case Study Structure*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği. (2018, Mart). T.C. Resmi Gazete (30364, 18 Mart 2018).

EK-2: Okul No:1 – Bodrum Kat Kalıp Planı



EK-3: Okul No:1 – Zemin Kat Kalıp Planı



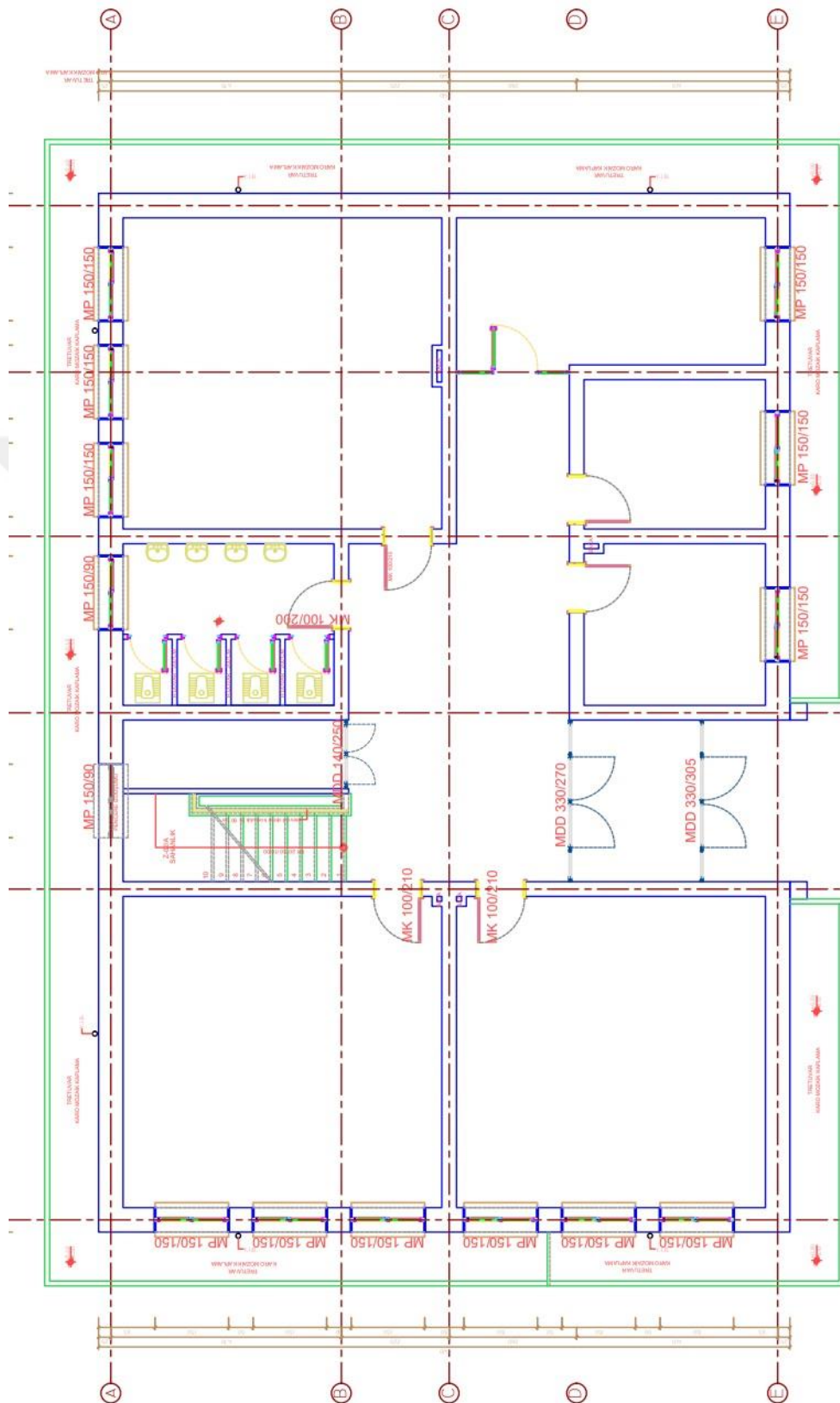
EK-4: Okul No:1 – DBYBHY-2007’ye Göre Uygunluk Tablosu

Sıra	2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Hüküm	Bu Yapı İçin Hüküm	Yapının Durumu	Uygunluk
1	Yapılarda kat sayısı 1. derece deprem bölgelerinde B+Z+1, 2. ve 3. deprem bölgelerinde B+Z+2, 4. derece deprem bölgelerinde ise B+Z+3 kattır.	B+Z+1	B+Z	UYGUN
2	Yığma binalarda her bir katın yüksekliği döşeme üstünden döşeme üstüne en çok 3.0 m olacaktır. Kerpiç duvarlı yığma binalarda tek katın yüksekliği 2.70 m’den, eğer yapılmış ise bodrum kat yüksekliği 2.40 m’den daha çok olamaz	3,00 m	3,20 m	UYGUN DEĞİL
3	Yığma binaların taşıyıcı duvarları planda olabildiğince düzenli ve ana eksnlere göre simetrik ya da simetriğe yakın biçimde düzenlenecektir. Kısmi bodrum		Simetrik	UYGUN
4	Tüm taşıyıcı duvarlar planda kesinlikle üst üste gelecektir			UYGUN
5	Herhangi bir taşıyıcı duvarın planda kendisine dik olarak saptanan taşıyıcı duvar eksenleri arasında kalan desteklenmemiş uzunluğu birinci derece deprem bölgesinde en çok 5.5 m, diğer deprem bölgelerinde en çok 7.5 m olacaktır. Saptanan taşıyıcı duvar aralıklarının fazla olması durumunda, eksenden eksene en fazla 4.00 m. aralıklarla düşey hatillar yapılacaktır.	5,50 m	8,10 m	UYGUN DEĞİL
6	Bina köşesine en yakın pencere ya da kapı ile bina köşesi arasında bırakılacak dolu duvar parçasının plandaki uzunluğu birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde 1.50 m’den, üçüncü ve dördüncü derece deprem bölgelerinde 1.0 m’den az olamaz.	1,50 m	1,10 m	UYGUN DEĞİL
7	Bina köşeleri dışında pencere ve kapı boşlukları arasında kalan dolu duvar parçalarının plandaki uzunluğu birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde 1.0 m’den , üçüncü ve dördüncü derece deprem bölgelerinde 0.80 m’den az olamaz.	1,00 m	1,00 m	UYGUN
8	Yatay hatillar taşıyıcı duvar genişliğine eşit genişlikte ve en az 200 mm yükseklikte olacaktır.	0.50*0.20	0.40*0.30 - 0.30*0.2	UYGUN
9	Taşıyıcı duvar malzemesi olarak TS 2510 ve TS EN 771-1’de belirtilmiş olan kriterlere uygun olan tuğla çeşitleri, gazbeton, taş, kerpiç gibi kargir birimler kullanılacaktır.	Tuğla Duvar, Harman Tuğla	Tuğla Duvar, Harman Tuğla	UYGUN
10	1. ve 2. deprem bölgelerinde en ince taşıyıcı duvar kalınlığı 200 mm olacaktır.	200 mm.	400, 300, 200 mm	UYGUN
11	Birbirlerine dik doğrultudaki taşıyıcı duvarların toplam uzunluklarının brüt kat alanına oranları 0.20 m/m ² ’den az olmayacaktır.	0.20*I (I=1.4)	0,16-0,21 / 0,12-0,21	UYGUN DEĞİL
12	Bina köşeleri dışında birbirini dik olarak kesen duvarların arakesitine en yakın boşluk ile arakesit arasındaki dolu duvar parçası tüm deprem bölgelerinde en az 0.50 m olacaktır.	0.50 m	0.25 m.	UYGUN DEĞİL
13	Kapı ve pencere boşluklarının uzunlukları en fazla 3.00 m olacaktır.	3.00 m	3.55 m.	UYGUN DEĞİL
14	Herhangi bir duvarın mesnetlenmemiş uzunluğu boyunca kapı ve pencere boşluklarının plandaki uzunluklarının toplamı mesnetlenmemiş duvar uzunluklarının 0.40’ından fazla olmayacaktır.	0.40	0,51	UYGUN DEĞİL
15	Pencere ve kapı lentolarının duvarlara oturan uçlarının herbirinin uzunluğu serbest lento uzunluğunun %15’inden ve en az 20 cm az olmayacaktır.		Hatıl	UYGUN

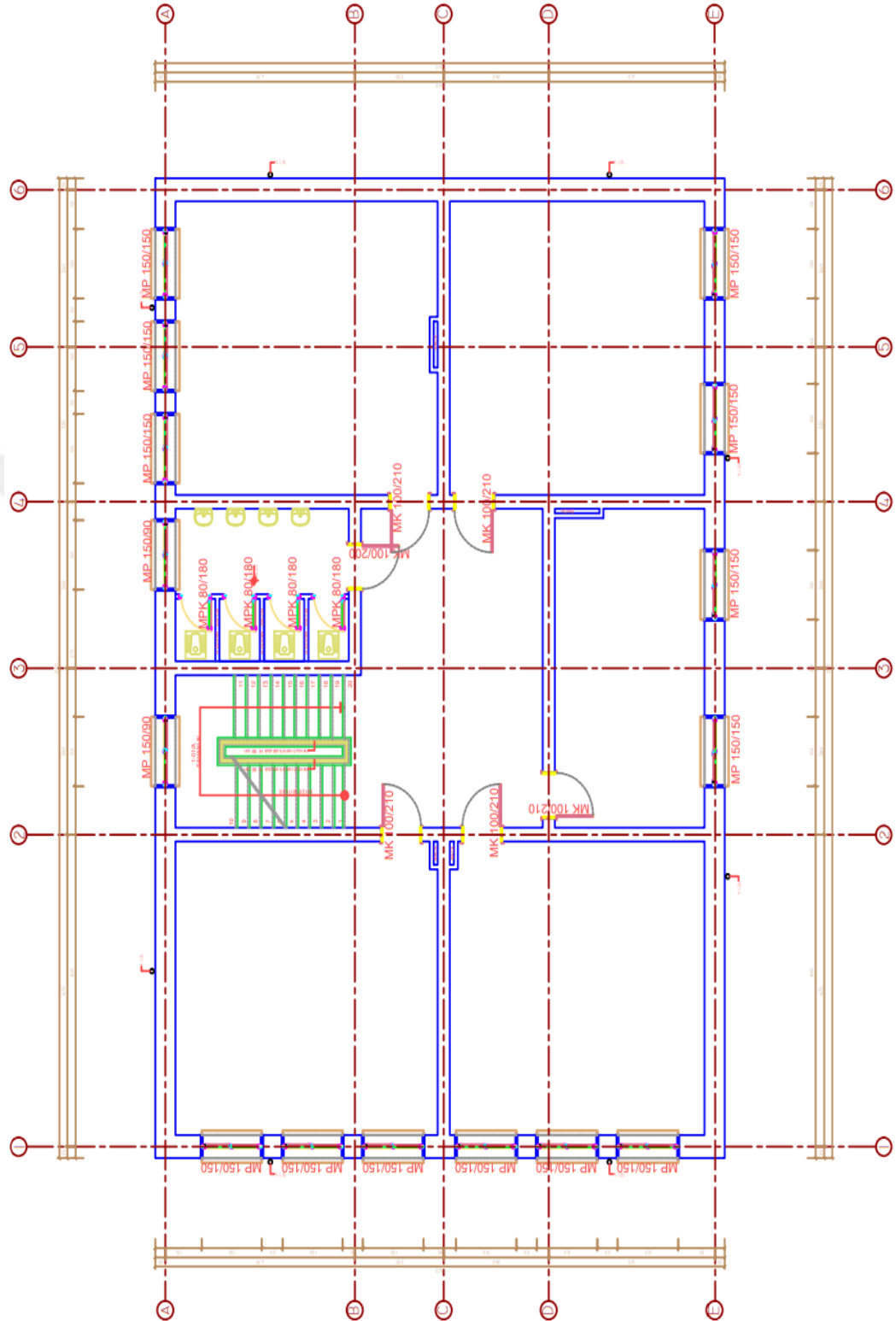
EK-5: Okul No:1 – TBDY-2018'e Göre Uygunluk Tablosu

	TBDY-2018'e Göre Hükümler	Bu Yapı İçin Hüküm	Yapının Durumu	Uygunluk
1	İzin verilen max kat adeti: 1. derece deprem bölgesi B+Z, 2. ve 3. derece B+Z+1, 4. derece B+Z+1+2	B+Z	B+Z	UYGUN
2	Bina yükseklik sınıfı (BYS=8) ve Deprem tasarım sınıfına (DTS=1,1a, 2, 2a) göre maksimum bina yüksekliği $H \leq 7$ m	$H \leq 7$ m	H = 6.40 m	UYGUN
3	Kullanılmış kargir birimin boşluk oranı $a \leq \%35$ (Grup I), $\%35 \leq a \leq \%50$ (Grup II)	$a \leq \%35$, $\%35 \leq a \leq \%50$	Harman Tuğla $a \leq \%35$ (Grup I)	UYGUN
4	Kargir Elemanların dikey doğrultuda basınç dayanımı $f_{b,min} = 5$ MPa, yatay doğrultuda $f_{bh,min} = 2$ MPa olmalıdır	$f_{b,min} = 5$ MPa $f_{bh,min} = 2$ MPa	$f_{b,min} = 9$ MPa	UYGUN
5	Kullanılan harç donatısız yığma binalar için en küçük küp basınç dayanımı $f_{b,min} = 5$ MPa olmalıdır	$f_{b,min} = 5$ MPa	Bilinmiyor	
6	Yığma duvarın karakteristik basınç dayanımı verilen tablodan (dikey basınç dayanımı $f_{b,min} = 3$ MPa için) $f_k = 2.9$ MPa	$f_k = 2.9$ MPa	$f_k = 5,08$ MPa	UYGUN
7	Betonarme bileşenler en az C25 beton sınıfı olacaktır.	C25	C25	UYGUN
8	Taşıyıcı duvarların elastisite modülü $E_{duv} = 750f_k$	$E_{duv} = 750f_k$	$750 * 5,08 = 3810$	
9	Duvar kayma modülü $G_{duv} = \%40E_{duv}$	$G_{duv} = \%40E_{duv}$	$3810 * 0,4 = 1524$	
10	En az 100 mm kalınlığında betonarme döşeme yapılmalıdır.	d=10 cm	d=15 cm	UYGUN
11	Yatay hatılların genişliği en az duvar kalınlığı kadar olacaktır. Düşeydeki aralık 4 metreyi aşmayacaktır.		Yatay hatıl kalınlığı en az duvar kalınlığında, düşeydeki mesafe en fazla 3.20 m	UYGUN
12	Mesnetlenmiş duvar boyu $l \leq 5.5$ m (DTS=1, 1a, 2, 2a)	$L \leq 5.5$ m	$L = 6.60$ $L = 6.85$ $L = 6.55$ $L = 6.50$	UYGUN DEĞİL
13	Kapı ve pencerelerin üstünde betonarme lentolar bulunacaktır. Lentoların duvara oturan boyu 200 mm den küçük olmamalıdır. Lento yüksekliği 150 mm den küçük olmamalıdır.			UYGUN
14	Aynı duvardaki pencere ve kapı toplam boşluğu mesnetlenmiş duvar boyunun $\%40$ 'ından küçük olmalıdır. ($L_{b1} + L_{b2} \leq 0.40L$ m)	$L_{b1} + L_{b2} \leq 0.40L$ m	0.51	UYGUN DEĞİL
15	Köşe duvara denk gelen pencereler köşeden 1,5 m içerde yapılacaktır (DTS=1, 1a, 2, 2a).	1.5 m	1.10 m	UYGUN DEĞİL
16	Aynı duvardaki iki pencere veya kapı arası mesafe en az 1 metre olmalıdır.	1.0 m	1.0 m	UYGUN

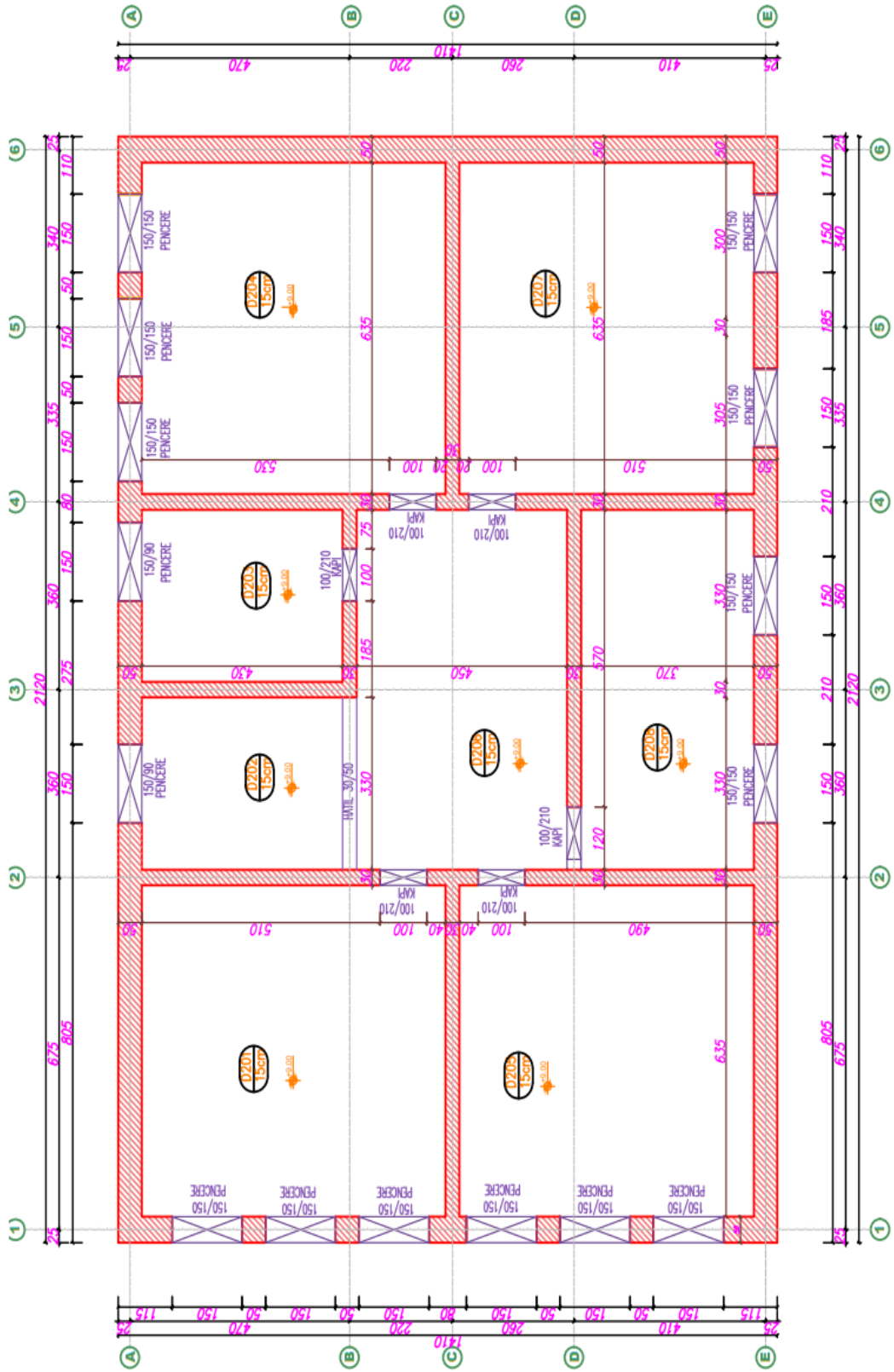
EK-6: Okul No:2 – Zemin Kat Mimari Planı



EK-7: Okul No:2 – 1. ve 2. Kat Mimari Planı



EK-9: Okul No:2 – 1. Ve 2. Kat Kalıp Planı



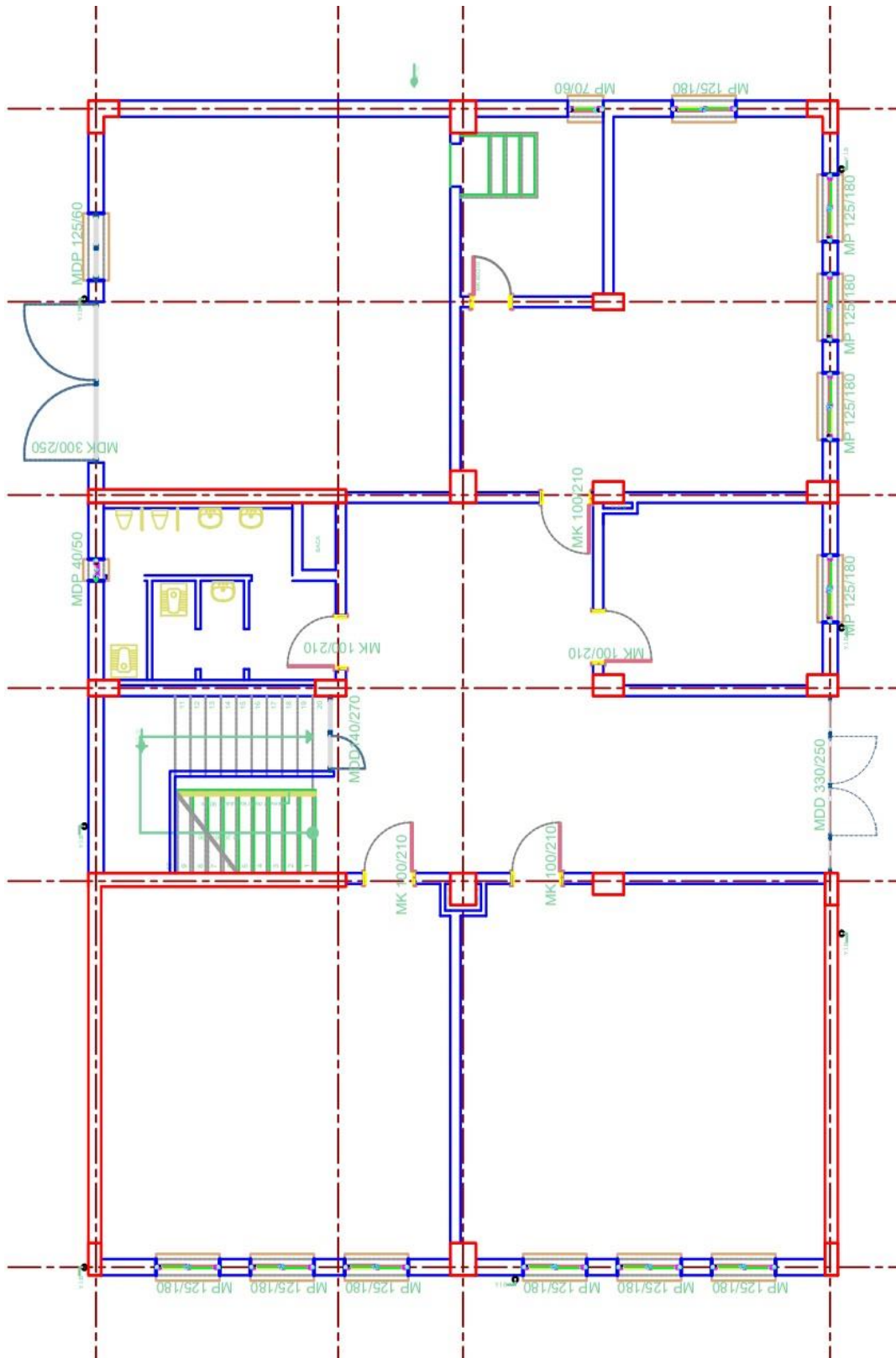
EK-10: Okul No:2 – DBYBHY-2007’ye Göre Uygunluk Tablosu

Sıra	2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Hüküm	Bu Yapı İçin Hüküm	Yapının Durumu	Uygunluk
1	Yapılarda kat sayısı 1. derece deprem bölgelerinde B+Z+1, 2. ve 3. deprem bölgelerinde B+Z+2, 4. derece deprem bölgelerinde ise B+Z+3 kuttur.	B+Z+1	Z+1+2	UYGUN DEĞİL
2	Yığma binalarda her bir katın yüksekliği döşeme üstünden döşeme üstüne en çok 3.0 m olacaktır. Kerpiç duvarlı yığma binalarda tek katın yüksekliği 2.70 m’den, eğer yapılmış ise bodrum kat yüksekliği 2.40 m’den daha çok olamaz	3,00 m	3,00 m	UYGUN
3	Yığma binaların taşıyıcı duvarları planda olabildiğince düzenli ve ana eksenlere göre simetrik ya da simetriğe yakın biçimde düzenlenecektir. Kısmi bodrum		Simetrik	UYGUN
4	Tüm taşıyıcı duvarlar planda kesinlikle üst üste gelecektir			UYGUN
5	Herhangi bir taşıyıcı duvarın planda kendisine dik olarak saplanan taşıyıcı duvar eksenleri arasında kalan desteklenmemiş uzunluğu birinci derece deprem bölgesinde en çok 5.5 m, diğer deprem bölgelerinde en çok 7.5 m olacaktır. Saplanan taşıyıcı duvar aralıklarının fazla olması durumunda, eksenden eksene en fazla 4.00 m. aralıklarla düşey hatlar yapılacaktır.	5,50 m	6,75 - 6,70 m	UYGUN DEĞİL
6	Bina köşesine en yakın pencere ya da kapı ile bina köşesi arasında bırakılacak dolu duvar parçasının plandaki uzunluğu birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde 1.50 m’den, üçüncü ve dördüncü derece deprem bölgelerinde 1.0 m’den az olamaz.	1,50 m	0,9 m	UYGUN DEĞİL
7	Bina köşeleri dışında pencere ve kapı boşlukları arasında kalan dolu duvar parçalarının plandaki uzunluğu birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde 1.0 m’den , üçüncü ve dördüncü derece deprem bölgelerinde 0.80 m’den az olamaz.	1,00 m	0,5-0,75-2,15 m	UYGUN DEĞİL
8	Yatay hatlar taşıyıcı duvar genişliğine eşit genişlikte ve en az 200 mm yükseklikte olacaktır.	0.30*0.20 0.40*0.20	0.30*0.20 0.40*0.20	UYGUN
9	Taşıyıcı duvar malzemesi olarak TS 2510 ve TS EN 771-1’de belirtilmiş olan kriterlere uygun olan tuğla çeşitleri, gazbeton, taş, kerpiç gibi kargir birimler kullanılacaktır.	Tuğla Duvar	Tuğla Duvar, Düşey Delikli Yığma Tuğla	UYGUN
10	1. ve 2. deprem bölgelerinde en ince taşıyıcı duvar kalınlığı 200 mm olacaktır.	200 mm.	400, 300, 200 mm	UYGUN
11	Birbirlerine dik doğrultudaki taşıyıcı duvarların toplam uzunluklarının brüt kat alanına oranları 0.20 m/m ² ’den az olmayacaktır.	0.20*I (I=1.4)	0,11-0,06	UYGUN
12	Bina köşeleri dışında birbirini dik olarak kesen duvarların arakesitine en yakın boşluk ile arakesit arasındaki dolu duvar parçası tüm deprem bölgelerinde en az 0.50 m olacaktır.	0.50 m	0.39 m.	UYGUN DEĞİL
13	Kapı ve pencere boşluklarının uzunlukları en fazla 3.00 m olacaktır.	3.00 m	3.30 m.	UYGUN DEĞİL
14	Herhangi bir duvarın mesnetlenmemiş uzunluğu boyunca kapı ve pencere boşluklarının plandaki uzunluklarının toplamı mesnetlenmemiş duvar uzunluklarının 0.40’ından fazla olmayacaktır.	0.40	Aynı duvarda kapı ve pencere boşluğu birlikte bulunmamaktadır	
15	Pencere ve kapı lentolarının duvarlara oturan uçlarının herbirinin uzunluğu serbest lento uzunluğunun %15’inden ve en az 20 cm az olmayacaktır.		Hatıl	UYGUN

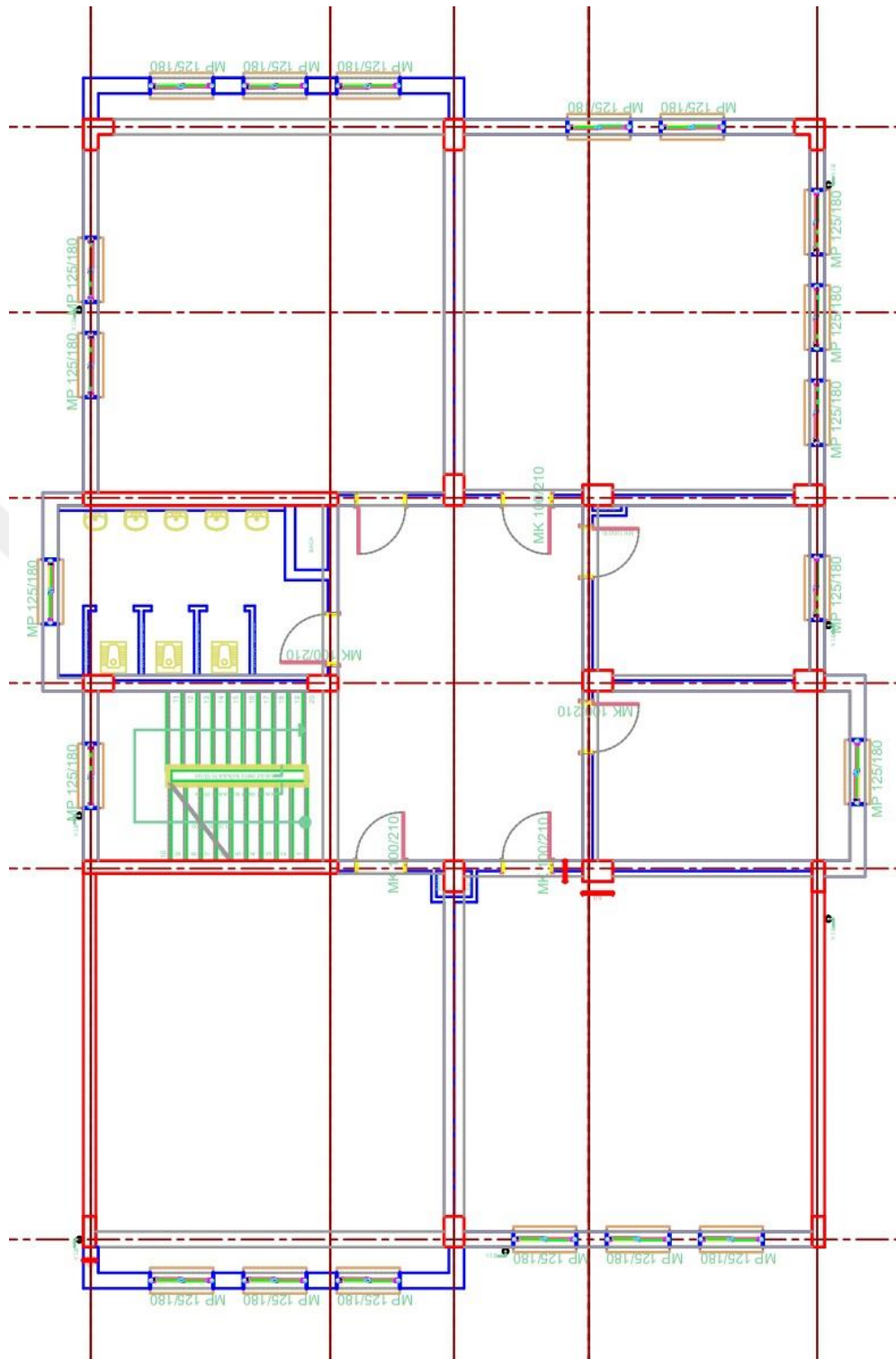
EK-11: Okul No:2 – TBDY-2018’e Göre Uygunluk Tablosu

	TBDY-2018’e Göre Hükümler	Bu Yapı İçin Hüküm	Yapının Durumu	Uygunluk
1	İzin verilen max kat adeti: 1. derece deprem bölgesi B+Z, 2. ve 3. derece B+Z+1, 4. derece B+Z+1+2	B+Z	Z+1+2	UYGUN DEĞİL
2	Bina yükseklik sınıfı (BYS=8) ve Deprem tasarım sınıfına (DTS=1,1a,2,2a) göre maksimum bina yüksekliği $H \leq 7$ m	$H \leq 7$ m	$H = 9$ m	UYGUN DEĞİL
3	Kullanılmış kargir birimin boşluk oranı $a \leq \%35$ (Grup I), $\%35 \leq a \leq \%50$ (Grup II)	$a \leq \%35$, $\%35 \leq a \leq \%50$	Düşey Delikli Yığma Tuğla $\%35 \leq a \leq \%50$	UYGUN
4	Kargir Elemanların dikey doğrultuda basınç dayanımı $f_{bmin} = 5$ MPa, yatay doğrultuda $f_{bhmin} = 2$ MPa olmalıdır	$f_{bmin} = 5$ MPa $f_{bhmin} = 2$ MPa	$f_{bmin} = 6$ MPa	UYGUN
5	Kullanılan harç donatısız yığma binalar için en küçük küp basınç dayanımı $f_{bmin} = 5$ MPa olmalıdır	$f_{bmin} = 5$ MPa	Bilinmiyor	
6	Yığma duvarın karakteristik basınç dayanımı verilen tablodan (dikey basınç dayanımı $f_{bmin} = 3$ MPa için) $f_k = 2.9$ MPa	$f_k = 2.9$ MPa	$f_k = 2.8$ MPa	UYGUN DEĞİL
7	Betonarme bileşenler en az C25 beton sınıfı olacaktır	C25	C25	UYGUN
8	Taşıyıcı Duvarların elastisite modülü $E_{duv} = 750f_k$	$E_{duv} = 750f_k$	$750 * 2,8 = 2100$	
9	Duvar kayma modülü $G_{duv} = \%40E_{duv}$	$G_{duv} = \%40E_{duv}$	$2100 * 0,4 = 840$	
10	En az 100 mm kalınlığında betonarme döşeme yapılmalıdır	$d = 10$ cm	$d = 15$ cm	UYGUN
11	Yatay hatılların genişliği en az duvar kalınlığı kadar olacaktır. Düşeydeki aralık 4 metreyi aşmayacaktır.			UYGUN
12	Mesnetlenmiş duvar boyu $l \leq 5.5$ m (DTS=1,1a,2,2a)	$L \leq 5.5$ m	$L = 6.75$ $L = 6.70$	UYGUN DEĞİL
13	Kapı ve pencerelerin üstünde betonarme lentolar bulunacaktır. Lentoların duvara oturan boyu 200 mm den küçük olmamalıdır. Lento yüksekliği 150 mm den küçük olmamalıdır.			UYGUN
14	Aynı duvardaki pencere ve kapı toplam boşluğu mesnetlenmiş duvar boyunun $\%40$ ından küçük olmalıdır. ($L_{b1} + L_{b2} \leq 0.40 L$ m)	$L_{b1} + L_{b2} \leq 0.40 L$ m	Aynı duvarda kapı ve pencere boşluğu birlikte bulunmamaktadır	
15	Köşe duvara denk gelen pencereler köşeden 1.5 m içerde yapılacaktır. (DTS=1,1a,2,2a)	1.5 m	0.9 m	UYGUN DEĞİL
16	Aynı duvardaki iki pencere veya kapı arası mesafe en az 1 metre olmalıdır.	1.0 m	0.5-0.75-2.15 m	UYGUN DEĞİL

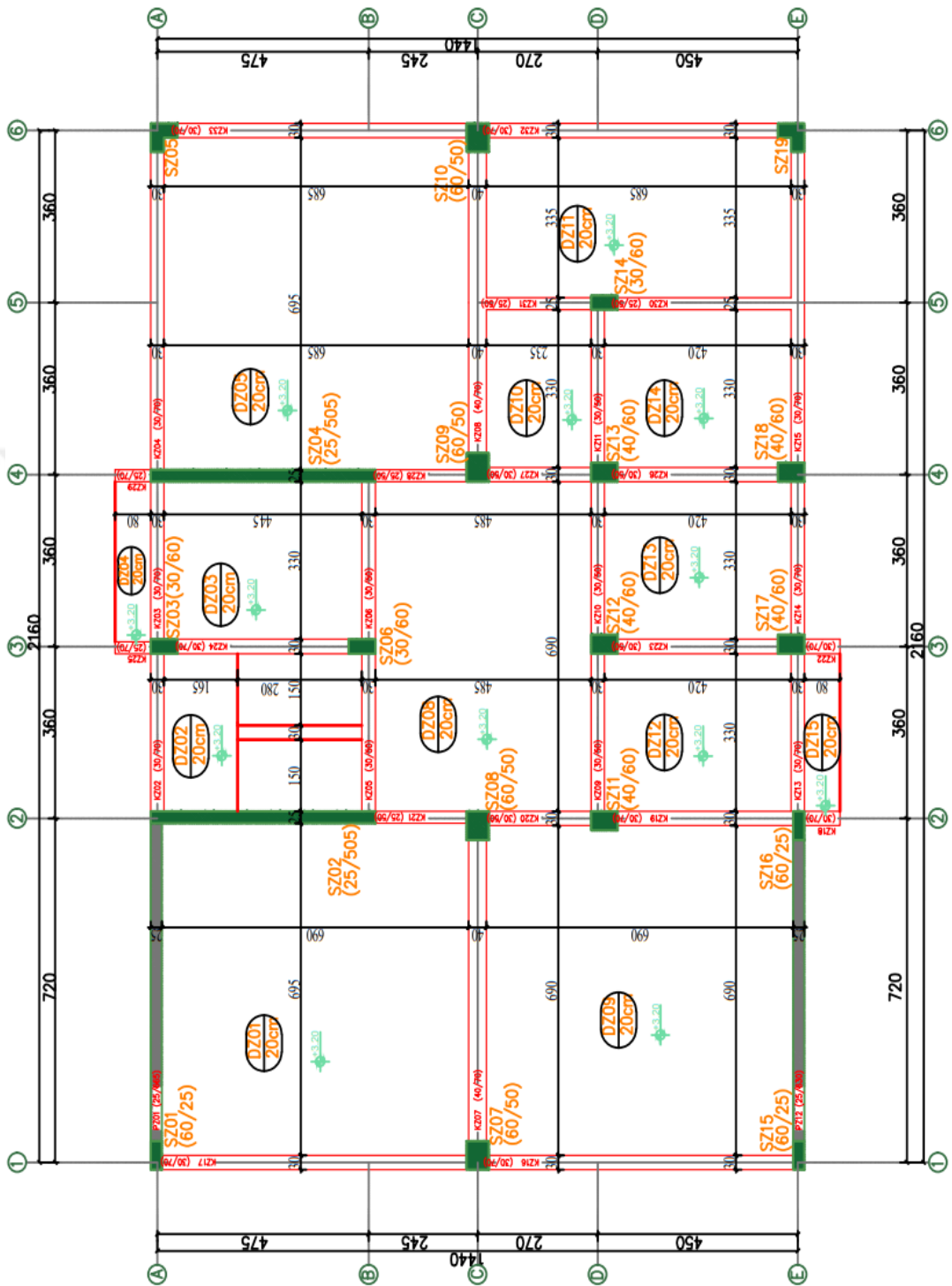
EK-12: Okul No:3 – Zemin Kat Mimari Planı



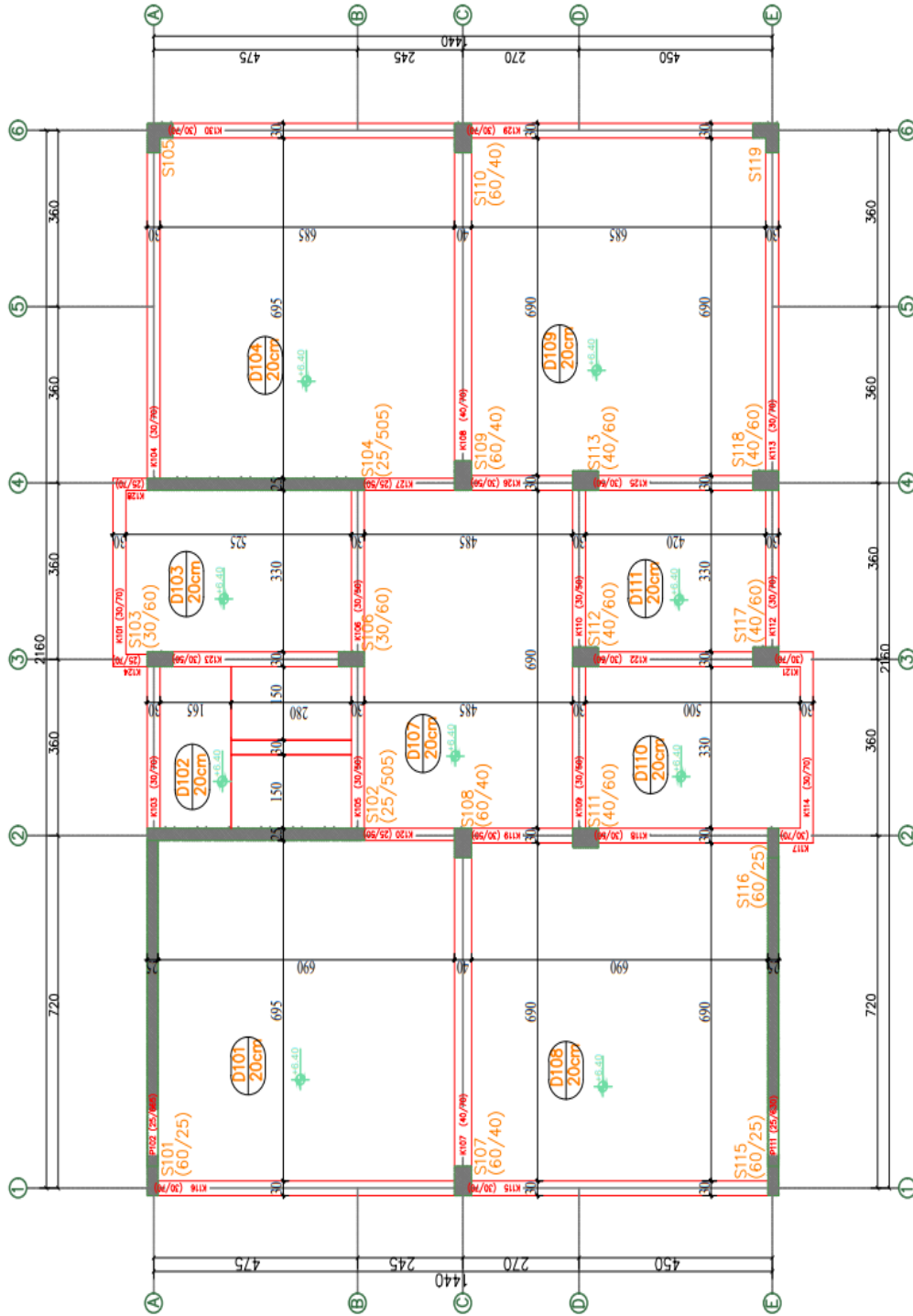
EK-13: Okul No:3 – 1. Ve 2. Kat Mimari Planı



EK-14: Okul No:3 – Zemin Kat Kalıp Planı



EK-15: Okul No:3 – 1. Ve 2. Kat Kalıp Planı



EK-16: Okul No:3 – DBYBHY-2007’ye Göre Uygunluk Tablosu

Sıra	2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Hüküm	Bu Yapı İçin Hüküm	Yapının Durumu	Uygunluk
1	Yapılarda kat sayısı 1. derece deprem bölgelerinde B+Z+1, 2. ve 3. deprem bölgelerinde B+Z+2, 4. derece deprem bölgelerinde ise B+Z+3 kuttur.	B+Z+1+2	Z+1+2	UYGUN
2	Yığma binalarda her bir katın yüksekliği döşeme üstünden döşeme üstüne en çok 3.0 m olacaktır. Kerpiç duvarlı yığma binalarda tek katın yüksekliği 2.70 m’den, eğer yapılmış ise bodrum kat yüksekliği 2.40 m’den daha çok olamaz	3,00 m	3,20 m	UYGUN DEĞİL
3	Yığma binaların taşıyıcı duvarları planda olabildiğince düzenli ve ana eksnlere göre simetrik ya da simetriğe yakın biçimde düzenlenecektir. Kısmi bodrum		Simetrik	UYGUN
4	Tüm taşıyıcı duvarlar planda kesinlikle üst üste gelecektir			UYGUN
5	Herhangi bir taşıyıcı duvarın planda kendisine dik olarak saplanan taşıyıcı duvar eksenleri arasında kalan desteklenmemiş uzunluğu birinci derece deprem bölgesinde en çok 5.5 m, diğer deprem bölgelerinde en çok 7.5 m olacaktır. Saplanan taşıyıcı duvar aralıklarının fazla olması durumunda, eksenden eksene en fazla 4.00 m. aralıklarla düşey hatillar yapılacaktır.	7,50 m (2. derece deprem bölgesi)	7,20 m	UYGUN
6	Bina köşesine en yakın pencere ya da kapı ile bina köşesi arasında bırakılacak dolu duvar parçasının plandaki uzunluğu birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde 1.50 m’den, üçüncü ve dördüncü derece deprem bölgelerinde 1.0 m’den az olamaz.	1,50 m	1,07-1,40 m	UYGUN DEĞİL
7	Bina köşeleri dışında pencere ve kapı boşlukları arasında kalan dolu duvar parçalarının plandaki uzunluğu birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde 1.0 m’den , üçüncü ve dördüncü derece deprem bölgelerinde 0.80 m’den az olamaz.	1,00 m	0,6 m	UYGUN DEĞİL
8	Yatay hatillar taşıyıcı duvar genişliğine eşit genişlikte ve en az 200 mm yükseklikte olacaktır.	0.30*0.20 0.40*0.20	0.30*0.20 0.40*0.20	UYGUN
9	Taşıyıcı duvar malzemesi olarak TS 2510 ve TS EN 771-1’de belirtilmiş olan kriterlere uygun olan tuğla çeşitleri, gazbeton, taş, kerpiç gibi kargir birimler kullanılacaktır.	Tuğla Duvar	Tuğla Duvar, Düşey Delikli Yığma Tuğla	UYGUN
10	1. ve 2. deprem bölgelerinde en ince taşıyıcı duvar kalınlığı 200 mm olacaktır.	200 mm.	300 mm	UYGUN
11	Birbirlerine dik doğrultudaki taşıyıcı duvarların toplam uzunluklarının brüt kat alanına oranları 0.20 m/m ² ’den az olmayacaktır.	0.20*1 (I=1.4)	0,07	UYGUN DEĞİL
12	Bina köşeleri dışında birbirini dik olarak kesen duvarların arakesitine en yakın boşluk ile arakesit arasındaki dolu duvar parçası tüm deprem bölgelerinde en az 0.50 m olacaktır.	0.50 m	0.20 m.	UYGUN DEĞİL
13	Kapı ve pencere boşluklarının uzunlukları en fazla 3.00 m olacaktır.	3.00 m	3.30 m.	UYGUN DEĞİL
14	Herhangi bir duvarın mesnetlenmemiş uzunluğu boyunca kapı ve pencere boşluklarının plandaki uzunluklarının toplamı mesnetlenmemiş duvar uzunluklarının 0.40’ından fazla olmayacaktır.	0.40	0,71	UYGUN DEĞİL
15	Pencere ve kapı lentolarının duvarlara oturan uçlarının herbirinin uzunluğu serbest lento uzunluğunun %15’inden ve en az 20 cm az olmayacaktır.		Hatıl	UYGUN

EK-17: Okul No:3 – TBDY-2018'e Göre Uygunluk Tablosu

Sıra	TBDY-2018'e Göre Hükümler	Bu Yapı İçin Hüküm	Yapının Durumu	Uygunluk
1	İzin verilen max kat adeti: 1. derece deprem bölgesi B+Z, 2. ve 3. derece B+Z+1, 4. derece B+Z+1+2	B+Z+1	Z+1+2	UYGUN DEĞİL
2	Bina yükseklik sınıfı (BYS=8) ve Deprem tasarım sınıfına (DTS=1,1a,2,2a) göre maksimum bina yüksekliği $H \leq 7$ m	$H \leq 7$ m	H = 9.60 m	UYGUN DEĞİL
3	Kullanılmış kargir birimin boşluk oranı $a \leq \%35$ (Grup I), $\%35 \leq a \leq \%50$ (Grup II)	$a \leq \%35$, $\%35 \leq a \leq \%50$	Düşey Delikli Yığma Tuğla $\%35 \leq a \leq \%50$	UYGUN
4	Kargir Elemanların dikey doğrultuda basınç dayanımı $f_{bmin} = 5$ MPa, yatay doğrultuda $f_{bhmin} = 2$ MPa olmalıdır	$f_{bmin} = 5$ MPa $f_{bhmin} = 2$ MPa	$f_{bmin} = 6$ MPa	UYGUN
5	Kullanılan harç donatısız yığma binalar için en küçük küp basınç dayanımı $F_{bmin} = 5$ MPa olmalıdır	$F_{bmin} = 5$ MPa	Bilinmiyor	
6	Yığma duvarın karakteristik basınç dayanımı verilen tablodan (dikey basınç dayanımı $f_{bmin} = 3$ MPa için) $f_k = 2.9$ MPa	$f_k = 2.9$ MPa	$f_k = 1.2$ MPa	UYGUN DEĞİL
7	Betonarme bileşenler en az C25 beton sınıfı olacaktır.	C25	C30 güçlendirilmiş	UYGUN
8	Taşıyıcı Duvarların elastisite modülü $E_{duv} = 750f_k$	$E_{duv} = 750f_k$	$750 * 1,2 = 900$	
9	Duvar kayma modülü $G_{duv} = \%40E_{duv}$	$G_{duv} = \%40E_{duv}$	$900 * 0,4 = 360$	
10	En az 100 mm kalınlığında betonarme döşeme yapılmalıdır	d=10 cm	d=20 cm	UYGUN
11	Yatay hatların genişliği en az duvar kalınlığı kadar olacaktır. Düşeydeki aralık 4 metreyi aşmayacaktır.		Yatay hatlı kalınlığı en az duvar kalınlığında, düşeydeki mesafe en fazla 3.20 m	UYGUN
12	Mesnetlenmiş duvar boyu $l \leq 5.5$ m (DTS=1,1a,2,2a)	$L \leq 5.5$ m	L=7.20	UYGUN DEĞİL
13	Kapı ve pencerelerin üstünde betonarme lentolar bulunacaktır. Lentoların duvara oturan boyu 200 mm den küçük olmamalıdır. Lento yüksekliği 150 mm den küçük olmamalıdır.			UYGUN
14	Aynı duvardaki pencere ve kapı toplam boşluğu mesnetlenmiş duvar boyunun $\%40$ indan küçük olmalıdır. ($L_{b1} + L_{b2} \leq 0.40 L$ m)	$L_{b1} + L_{b2} \leq 0.40 L$ m	0.71	UYGUN DEĞİL
15	Köşe duvara denk gelen pencereler köşeden 1,5 m içerde yapılacaktır (DTS=1,1a,2,2a).	1.5 m	1.07-1.40 m	UYGUN DEĞİL
16	Aynı duvardaki iki pencere veya kapı arası mesafe en az 1 metre olmalıdır.	1.0 m	0.6 m	UYGUN DEĞİL