

T.C.  
BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
ESKİŐEHİR TEKNİK ÜNİVERSİTESİ İLE ORTAK PROGRAM

**2007-2018 TÜRK DEPREM YÖNETMELİKLERİNE GÖRE BİR OKUL BİNASININ  
GÜÇLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ÖNAY ÇETİNKAYA

TEZ DANIŐMANI  
DR. ÖĞR. ÜYESİ ÖZLEM ÇALIŞKAN

BİLECİK, 2022

10455598

T.C.  
BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
ESKİŐEHİR TEKNİK ÜNİVERSİTESİ İLE ORTAK PROGRAM

**2007-2018 TÜRK DEPREM YÖNETMELİKLERİNE GÖRE BİR OKUL BİNASININ  
GÜÇLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÖNAY ÇETİNKAYA

TEZ DANIŐMANI

DR. ÖĞR. ÜYESİ ÖZLEM ÇALIŞKAN

BİLECİK, 2022

10455598

## BEYAN

Mevcut bir okul binasının 2007-2018 Türk Deprem Yönetmeliklerine Göre Bir Okul Binasının Güçlendirilmesi adlı yüksek lisans tezinin 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 Araştırma Projeleri (BAP), TÜBİTAK veya benzeri kuruluşlarca desteklenmesi durumunda; projenin ve destekleyen kurumun adı proje numarası ile birlikte, ETİK KURUL onayı alınması durumunda ise ETİK KURUL tarih karar ve sayı bilgilerinin beyan edilmesi gerekmektedir.			
<b>DESTEK ALINMIŞTIR</b>		<b>DESTEK ALINMAMIŞTIR</b>	
<b>Destek alındı ise;</b>			
<b>Destekleyen kurum;</b>			
<b>Desteğin Türü</b>		<b>Proje Numarası</b>	
<b>1-BAP (Bilimsel Araştırma Projesi)</b>			
<b>2-TÜBİTAK</b>			
<b>Diğer;</b>			
<b>ETİK KURUL onayı var ise;</b>			
<b>ETİK KURUL karar tarih/sayı</b>			

**Öğrencinin Adı ve Soyadı**

**Önay ÇETİNKAYA**

**Tarih**

**..../..../2022**

**İmza**

## ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim boyunca her koşulda desteğini ve yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Özlem ÇALIŞKAN'a teşekkürlerimi ve saygılarımı bir borç bilirim.

Yüksek lisans eğitimimi tamamlamak için her zaman teşvik eden ve desteklerini esirgemeyen değerli eşime ve aileme teşekkürlerimi sunarım.

**Önay ÇETİNKAYA**

**Ocak, 2022**



## ÖZET

### 2007-2018 TÜRK DEPREM YÖNETMELİKLERİNE GÖRE BİR OKUL BİNASININ GÜÇLENDİRİLMESİ

Ülkemiz aktif deprem kuşakları üzerinde bulunması nedeniyle can ve mal kayıplarına sebep olacak şekilde etkilenecek ülkelerden biridir. Yaşanacak olması muhtemel kayıpların azaltılması açısından yeni yapılacak yapıların yürürlükte bulunan deprem yönetmeliğine uygun şekilde tasarlanması ve inşa edilmesi çok önemlidir. Mevcut yapı stoğunun da incelenerek deprem performanslarının belirlenmesi, ihtiyaç olması durumunda güçlendirme yapılması can ve mal kayıplarının azaltılması açısından önemli bir konudur. Yeni yapılacak ve performans kriterleri belirlenerek güçlendirilmesi gereken yapıların yürürlükte bulunan TBDY-2018 hükümlerine göre tasarlanması gerekmektedir.

Bu çalışmada Bilecik'te bulunan 5 katlı betonarme bir okul binası; DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 hükümlerine göre incelenmiş, gerekli analiz ve güçlendirme önerileri sunulmuş ve farklılıklar ortaya konulmuştur.

DBYBHY-2007'de göçmenin önlenmesi performans seviyesinde olan okul binası önerilen güçlendirme planı ile can güvenliği performans seviyesi kriterlerini sağlamıştır. TBDY-2018'e göre inceleme yapıldığında okul binasının DD-1 için performans hedefini sağladığı ancak DD-3 için sağlamadığı belirlenmiştir. Önerilen güçlendirme planı ile DD-3 yer hareketi düzeyi için kesintisiz kullanım performans seviyesi kriterlerini sağlamıştır.

DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 hükümlerine göre incelenmiş okul binası için inceleme, değerlendirme ve güçlendirme ilkeleri açısından birçok farklılık olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** DBYBHY-2007, TBDY-2018, Deprem Performansı, Güçlendirme

## ABSTRACT

### STRENGTHENING A SCHOOL BUILDING ACCORDING TO 2007-2018 TURKISH EARTHQUAKE REGULATIONS

Our country is one of the countries that will be affected in a way that causes loss of life and property due to its presence on active earthquake belts. In order to reduce the possible losses, it is very important that the new structures are designed and constructed in accordance with the current earthquake regulations. It is an important issue in terms of reducing the loss of life and property by examining the existing building stock, determining earthquake performance and strengthening if needed. The new structures, which need to be strengthened by determining performance criteria, must be designed according to the provisions of TBDY-2018 in force.

In this study, a 5-storey reinforced concrete school building located in Bilecik; According to the provisions of DBYBHY-2007 and TBDY-2018, necessary analysis and strengthening recommendations were presented and differences were presented.

In DBYBHY-2007, the school building, which was at the performance level of migrant prevention, met the safety performance level criteria with the proposed strengthening plan. According to TBDY-2018, it was determined that the school building met the performance target for DD-1 but not for DD-3. With the proposed strengthening plan, DD-3 has met the continuous use performance level criteria for ground movement level.

According to the provisions of DBYBHY-2007 and TBDY-2018, it was observed that there were many differences in terms of the principles of inspection, evaluation and strengthening for the school building.

**Keywords:** DBYBHY-2007, TBDY-2018, Earthquake Performance, Strengthening

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	i
ÖZET .....	ii
ABSTRACT .....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ .....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	viii
TABLolar DİZİNİ .....	ix
1. GİRİŞ .....	1
2. KONUYLA İLGİLİ DAHA ÖNCE YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR .....	3
3. DBYBHY (2007) – TBDY (2018) ARASINDAKİ FARKLAR.....	18
4. İNCELENEN OKUL BİNASININ ÖZELLİKLERİ.....	22
4.1. DBYBHY-2007’ye Göre Binanın İncelenmesi .....	23
4.2. DBYBHY-2007’ye Göre Deprem Analizi .....	27
4.3. DBYBHY-2007’ye Göre Güçlendirilmiş Durum Performans Analizi.....	30
5. TBDY-2018’e GÖRE BİNANIN İNCELENMESİ .....	34
5.1. TBDY 2018’e Göre BinaBilgileri.....	34
5.2. Bina Konumundaki Depremsellik.....	35
5.3. TBDY-2018’e Göre Binada Kullanılan Malzemelerin Belirlenmesi.....	36
5.3.1 Donatı.....	36
5.3.2. Beton .....	37
5.3.3. Yapı Zeminini Hakkında Bilgiler .....	38
5.4. TBDY-2018’e Göre Deprem Analizi .....	40
5.4.1. TBDY-2018 Koşulları.....	40
5.4.2. TBDY-2018 Deprem Hesabına İlişkin Genel İlke ve Kurallar .....	41
5.4.3. Mevcut binalarda sınırlı hasar performans düzeyi .....	42
5.4.4. Mevcut binalarda kontrollü hasar performans düzeyi .....	43
5.4.5. Mevcut binalarda göçmenin önlenmesi performans düzeyi.....	43
5.4.6. Mevcut binalarda göçme durumu.....	44
5.4.7. Mevcut Binanın Düşey Yük Analizi .....	44
5.4.8. Mevcut Binanın Deprem Performans Analizi .....	46
5.4.9. DD-1 Yer Hareketi Düzeyinde Bina Deprem Performans Analizi .....	47
5.4.10. DD-3 Yer Hareketi Düzeyinde Bina Deprem Performansı Analizi.....	50
5.5. TBDY-2018’e Göre Güçlendirilmiş Durum Performans Analizi.....	51
5.5.1. DD-1 Yer Hareketi Düzeyinde Güçlendirme Performans Analizi .....	51
5.5.2. DD-3 Yer Hareketi Düzeyinde Güçlendirme Performans Analizi .....	54
5.5.3. TBDY-2018’e Göre Karşılaştırma.....	56
6. DBYBHY-2007 VE TBDY-2018’İN KARŞILAŞTIRILMASI .....	57
6.1. DBYBHY-2007’ye Göre Değerlendirme .....	58

6.2. TBDY-2018'e G6re Değerlendirme .....	58
7. SONUÇLAR.....	60
KAYNAKÇA .....	62



## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

<b>Simgeler</b>	<b>Açıklamalar</b>
$F_S$	Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı
$F_1$	1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayısı
$S_{DS}$	Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
$S_{D1}$	1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
$S_S$	Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
$S_1$	1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
$T_A$	Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]
$T_{AD}$	Düşey elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]
$T_B$	Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]
$T_{BD}$	Düşey elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]
$T_L$	Yatay elastik tasarım spektrumunda sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodu [s]
$T_{LD}$	Düşey elastik tasarım spektrumunda sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodu [s]
$V_e$	Kolon, kiriş ve perdede esas alınan tasarım kesme kuvveti
$V_r$	Kolon, kiriş veya perde kesitinin kesme dayanımı

<b>Kısaltmalar</b>	<b>Açıklamalar</b>
ACI	Amerikan Beton Enstitüsü
BH	Belirgin Hasar
C	Beton Dayanım Sınıfı
EKO	Etki/Kapasite Oranı
GB	Göçme Bölgesi

GK	Güvenlik Katsayısı
İH	İleri Hasar
MH	Minimum Hasar
SH	Sınırlı Hasar
TS	Türk Standardı



## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 4.1. Okul Binası Ön Cephe Görünümü .....	22
Şekil 4.2. Okul Binası Yan ve Arka Cephe Görünümü.....	23
Şekil 4.3. Karot Numunesi Alımı.....	24
Şekil 4.4. Tahribatlı Yöntemle Donatı Tespiti .....	24
Şekil 4.5. Paspaymın Kırılması İle Donatı Tespiti Yapılması (Örseleme) .....	25
Şekil 4.6. Temel Muayene Çukuru Açılması .....	26
Şekil 4.7. Temel Tipi ve Boyutlarının Belirlenmesi .....	26
Şekil 4.8. Yapının Modellenmesi .....	27
Şekil 5.1. Deprem Tehlike Haritası .....	35
Şekil 5.2. Sondaj Çalışması.....	39
Şekil 5.3. STA4CAD modeli.....	40
Şekil 5.4. TBDY-2018 Kesit Hasar Bölgeleri.....	41
Şekil 5.5. Modelleme-Düşey Yük Analiz Sonucu .....	44
Şekil 5.6. DD-1 Deprem Performans Analizi.....	47
Şekil 5.7. DD-3 Deprem Performans Analizi.....	50
Şekil 5.8. Güçlendirilmiş Durum DD-1 İçin Performans Analizi.....	54
Şekil 5.9. Güçlendirilmiş Durum DD-3 İçin Performans Analizi .....	55

## TABLolar DİZİNİ

Tablo 4.1. Okul Genel Bilgileri.....	22
Tablo 4.2. DBYBHY-2007'ye Göre Zemin Parametreleri .....	25
Tablo 4.3. DBYBHY-2007'ye Göre Kiriş Hasar Yüzdeleri .....	29
Tablo 4.4. DBYBHY-2007'ye Göre Kolon Kesme Kuvveti Dağılımı .....	29
Tablo 4.5. DBYBHY-2007'ye Alt ve Üst Kesitlerinde Minimum Hasar Bölgesini Aşan Kolonların Kesme Kuvveti Dağılımı.....	29
Tablo 4.6. DBYBHY-2007'ye Güçlendirilen Durum İçin Kiriş Hasar Yüzdeleri.....	31
Tablo 4.7. DBYBHY-2007'ye Göre Güçlendirilen Durum İçin Kolon Kesme Kuvveti Dağılımı .....	31
Tablo 4.8. DBYBHY-2007'ye Göre Güçlendirilen Durum İçin Alt ve Üst Kesitlerinde Minimum Hasar Bölgesini Aşan Kolonların Kesme Kuvveti Dağılımı.....	31
Tablo 4.9. DBYBHY-2007'ye Güçlendirilen Durum İçin Kiriş Hasar Yüzdeleri.....	32
Tablo 4.10. DBYBHY-2007'ye Göre Güçlendirilen Durum İçin Kolon Kesme Kuvveti Dağılımı.....	32
Tablo 4.11. DBYBHY-2007'ye Göre Güçlendirilen Durum İçin Alt ve Üst Kesitlerinde Minimum Hasar Bölgesini Aşan Kolonların Kesme Kuvveti Dağılımı.....	33
Tablo 5.1. Bina kullanım sınıfları (BKS) ve bina önem katsayıları.....	34
Tablo 5.2. Deprem tasarım sınıfları (DTS) .....	34
Tablo 5.3. Bina yükseklik sınıfları (BYS) ve deprem tasarım sınıflarına göre tanımlanan bina yükseklik aralıkları .....	35
Tablo 5.4. Deprem yer hareketi düzeyleri.....	36
Tablo 5.5. Mevcut Yerinde Dökme Betonarme Binalar İçin Performans Hedefleri .....	36
Tablo 5.6. Yerel Zemin Sınıfları (TBDY-2018) .....	39
Tablo 5.7. Düşey Yük Analiz Raporu .....	45
Tablo 5.8. Doğrusal (Lineer) Analiz İçin Girilen Parametreler .....	46
Tablo 5.9. Doğrusal Olmayan (Nonlinear) Analiz İçin Girilen Parametreler .....	47
Tablo 5.10. TBDY-2018'e Göre DD-1 İçin Kiriş Hasar Yüzdeleri .....	49
Tablo 5.11. TBDY-2018'e Göre DD-1 İçin Kolon Kesme Kuvveti Dağılımı .....	49
Tablo 5.12. TBDY-2018'e Göre DD-1 İçin Alt ve Üst Kesitlerde BH Bölgesini Aşan Kolonların Kesme Kuvveti Dağılımı.....	49
Tablo 5.13. SB07 İçin DD-3 Performans Analiz Sonucu .....	51
Tablo 5.14. TBDY-2018'e Göre Güçlendirilmiş Durum DD-1 İçin Kiriş Hasar Yüzdeleri....	53

Tablo 5.15. TBDY-2018'e Göre Güçlendirilmiş Durum DD-1 İçin Kolon Kesme Kuvveti Dağılımı.....	53
Tablo 5.16. TBDY-2018'e Göre Güçlendirilmiş Durum DD-1 İçin Alt ve Üst Kesitlerde BH Bölgesini Aşan Kolonların Kesme Kuvveti Dağılımı .....	53
Tablo 5.17. SB07 Güçlendirilmiş Durum İçin DD-3 Performans Analiz Sonucu .....	55
Tablo 5.18. TBDY-2018'e Göre SB07 Kolonu İçin Mevcut-Güçlendirilmiş Durum Karşılaştırılması .....	56
Tablo 5.19. Mevcut-Güçlendirilmiş Durum Karşılaştırması.....	57



## 1. GİRİŞ

Ülkemiz yeryüzünde en aktif deprem kuşaklarının bulunduğu ve tarihi devirlerden bu yana çok sık can ve mal kayıplarının yaşandığı bölgede konumlandır. Türkiye’de bugüne kadar farklı tarihlerde meydana gelen depremler, yapı hasarlarına, can ve mal kayıplarına neden olmuştur. Yaşanan depremlerden sonra edinilen bilgiler doğrultusunda yönetmeliklerimiz güncellenmiştir ve güncellenmeye de devam etmektedir. Ülkemizde gerçekleşmesi muhtemel depremler sonrasında, yapıların kullanılabilir olması için uygulanacak güçlendirme çalışmaları önemli bir konu olarak güncelliğini devam ettirmektedir. Bu kapsamda, mevcut bir yapının deprem esnasında göstereceği performans dahilinde taşıyıcı sisteminde oluşacak hasarların onarılması ve güçlendirilmesi ile daha önceden binanın deprem performansı öngörülerek yapılacak olan güçlendirme çalışmaları sonrasında yapıda oluşacak hasarlar arasında büyük farklılıklar oluşacaktır.

Günümüze kadar farklı tarih ve farklı isimlerle Ülkemizde dokuz adet deprem yönetmeliği yürürlüğe girmiştir. Değişik tarihlerde revize edilmiştir. 18 Mart 2018 tarih ve 30364 sayılı Resmî Gazete’de yayınlanan 10. Deprem yönetmeliği “Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018” yürürlüğe girmiştir. Geçmişten günümüze farklı tarihlerde deprem yönetmeliklerimiz olmuştur. 1940, 1944, 1949 ve 1953 yıllarında farklı isimlerle; 1962, 1968, 1975 ve 1998 yıllarında Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY) isminde, 2007 yılında da Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY) ismini almıştır.

Bu çalışmada Bilecik’te bulunan bir okul binası; DBYBHY-2007’nin “7-Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi” hükümlerine göre, TBDY-2018’in “15 - Deprem Etkisi Altında Mevcut Bina Sistemlerinin Değerlendirilmesi ve Güçlendirme Tasarımı İçin Özel Kurallar” hükümlerine göre incelenmiştir.

İncelenen okul binası; bodrum, zemin, 1.Kat, 2.Kat ve 3.Kat olmak üzere toplam 5 kattan oluşmaktadır. Taşıyıcı sistemi betonarme çerçevelerden oluşmuştur. Okul binası DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 hükümlerine göre incelenmiş, gerekli analiz ve güçlendirme önerileri sunulmuş ve farklılıklar ortaya konulmuştur.

DBYBHY-2007’ye göre; mevcut bina öncelikli olarak servis yükleri (düşey yükler) etkisine göre ( $A_0=0$  alınarak) analiz yapılmıştır. Bu analizde taşıyıcı sistem elemanlarına ait kesitlerin yeterliliği kontrol edilmiştir. Yerinde yapılan örseleme ve röntgen işlemleri

sonucunda tespit edilen donatılar sisteme tanımlanmıştır. Bu bilgiler ışığında deprem etkisine göre ( $A_0=0.40$  alınarak) analiz yapılmış ve deprem performansı belirlenmiştir. Yapılan analizlerde Deprem Yönetmeliğinin 7.7. maddesinde "Farklı Deprem Düzeylerinde Binalar İçin Öngörülen Minimum Performans Hedefleri" için istenilen asgari şartlar incelenmiştir. Bina önem katsayısı,  $I=1.00$  alınarak 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan en büyük depreme karşı binanın "Hemen Kullanım Performans Seviyesi",  $I=1.50$  alınarak 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan en büyük depreme karşı binanın "Can Güvenliği Performans Seviyesi" kriterlerine uygunluğu kontrol edilmiştir.

TBDY-2018'e göre; düşey yük analizine göre mevcut binanın kolon ve kiriş donatıları belirlenmiştir. Belirlenen bu donatılar ile saha çalışmalarından elde edilen donatılar kıyaslanarak donatı gerçekleşme oranı 0.83 olarak alınmıştır. Binanın Deprem Tasarım Sınıfına göre DD-1 ve DD-3 deprem yer hareketi düzeylerine göre deprem performans analizi yapılmıştır. DD-1 yer hareketi düzeyi için performans hedefini sağladığı, ancak DD-3 yer hareketi düzeyi için performans hedefini sağlamadığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, binada yapılan düşey yük analizinde yetersizlik tespit edilen elemanlar bulunmuştur.

DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 hükümlerine göre incelenmiş okul binası için inceleme, değerlendirme ve güçlendirme ilkeleri açısından birçok farklılık olduğu görülmüştür.

## 2. KONUyla İLGİLİ DAHA ÖNCE YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR

Alyamaç ve Erdoğan (2005), yaptıkları çalışmada geçmişten günümüze afet yönetmelikleri ve uygulamada karşılaşılan tasarım hatalarından bahsetmişlerdir. Bayındırlık ve İskan Bakanlığının kurulduğu günden beri ülkemizde sekiz adet deprem yönetmeliğinin bulunduğunu, bu yönetmeliklerin hepsinin yürürlükte oldukları tarihlerde meydana gelen depremlerden sonra yetersiz kaldıklarının anlaşıldığını ve geliştirilmeye çalışılarak değiştirildiğinden bahsetmişlerdir. Çalışmada afet yönetmelikleri ne kadar iyi hazırlansa da gün geçtikçe yapılan çalışmalardan dolayı yönetmeliğin eksiklerinin oluşabileceğini, eksik dahi olsa yönetmelik ve standartlara göre proje yapma ve projenin uygulanma aşamalarında ne kadar uyulduğunu belirlemeye çalışmışlardır. Yapılan onlarca bina üzerinde çalışma sonucunda yönetmelik ve standartlara uyulmadığını gözlemlemişlerdir.

Şahan ve Tanrikulu (2005), yaptıkları çalışmada Türk Deprem Yönetmeliği -1998 ile Amerika (UBC-1997) ve Avrupa (Eurocode-8-1994) Deprem Yönetmeliklerini karşılaştırmışlardır. Çalışma kapsamında her üç yönetmeliğe göre taban kesme kuvvetini eşdeğer deprem yükü yöntemini kullanarak hesaplamışlardır. Çalışma sonucunda yönetmeliklere göre hesaplanan deprem yükü değerleri için UBC-1997 ve Eurocode-8-1994 yönetmeliklerinin TDY-1998 yönetmeliğine göre daha güvenli olduklarını belirlemişlerdir. En güvenilir yönde kalan yönetmeliğin ise Eurocode-8 yönetmeliği olduğunu ifade etmişlerdir.

Yavuzarslan (2007), 2007 Deprem Yönetmeliğini 1998 Deprem Yönetmeliği ile karşılaştıran bir çalışma yapmıştır. Çalışmada 1998 ve 2007 yönetmeliklerini genel olarak incelemiş ve yeni yönetmelikte yer alan farklı kavramları karşılaştırmalı olarak incelemiştir. 1998 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik'te yer almayan fakat DBYB'Y'de ayrıntılı bir şekilde yer verilen "Moment Aktaran Çerçeveselerde Kiriş-Kolon Birleşim Detaylarından" bahsetmiştir. Bir endüstri yapısını 2007- DBYBHY esaslarına göre çözmüştür.

Öztürk (2009) yaptığı tez çalışmasında yapı sistemlerinin doğrusal olmayan davranışı hakkında bilgi vermiş, malzeme açısından doğrusal olmayan sistemlerin hesap yöntemlerini açıklamıştır. 2007 Deprem Yönetmeliği'nde bulunan mevcut binaların deprem performanslarının tespit edilmesi ile ilgili bilgiler vermiş, 1961, 1968 ve 1975 Deprem Yönetmeliklerinde yer alan esasları açıklamış ve karşılaştırmalar yapmıştır. Sonuç olarak 1961, 1968 ve 1975 ABYBHY'ye göre binalara gelen deprem etkilerinin oldukça az olduğunu ve

yapıların tasarlanmasında deprem etkilerinin düşey etkilere göre çok daha az etkili olduğunu belirlemiştir. İncelediği binaların 2007 Deprem Yönetmeliğine göre deprem performanslarının gerekli düzeyde olmadığını ifade etmiştir.

Sarı (2010), yaptığı tez çalışmasında çok katlı binalarda taban kesme kuvvetini 1975 ve 2007 Deprem Yönetmeliklerine göre karşılaştırmıştır. Bu karşılaştırmada ana farkın kolon uç momentlerinin hesabında gerekli olan toplam eşdeğer deprem yükünün hesabında olduğunu belirtmiştir. Bu farktan dolayı da 2007 Deprem Yönetmeliğine göre hesap yapıldığında kolon kesit alanlarının büyüdüğünü ifade etmiştir. Çalışma sonucunda 1975 Deprem Yönetmeliğine göre hesaplanan çerçevesel sistemlerin taban kesme kuvvetlerinin 2007 Deprem Yönetmeliğine göre hesaplandığında yaklaşık 2,5 kat, perdeli çerçevesel sistemlerde ise en az 3 kat arttığını tespit etmiştir.

Naimi (2010) yaptığı tez çalışmasında Türkiye ve İran Deprem Yönetmeliklerini eşdeğer deprem yükü yöntemi açısından karşılaştırmıştır. Çalışmada dört açıklıklı beş ve on katlı betonarme çerçevesel sistemler üzerinde eğik elemanlı ve betonarme perdeli yapı sistemlerini Türkiye ve İran Deprem Yönetmeliklerinde tanımlanan eşdeğer deprem yükü yöntemine göre analizler yapmış ve karşılaştırmalı olarak incelemiştir. Çalışma sonucunda Türkiye’de geçerli olan deprem yönetmeliğinde eşdeğer deprem yükü yöntemi için kullanılan bazı parametrelerin daha büyük olmasından dolayı kesit tesirlerinin daha büyük değerler verdiğini, yapı deplasmanlarının taşıyıcı sisteme ve bina yüksekliğine bağlı olarak oldukça değişim gösterdiğini belirlemiştir.

Kara (2011), yaptığı tez çalışmasında deprem yönetmeliklerini taban kesme kuvveti hesap yöntemleri bakımından incelemiş ve karşılaştırmıştır. Yaptığı çalışmada, deprem hareketinin oluşumu ve ölçümü, yapıların deprem hareketi altındaki dinamik davranışı, geçmişten günümüze kadar yayınlanan deprem yönetmelikleri ile taban kesme kuvveti hesap yöntemlerini anlatmıştır. Model alınan bir yapının, geçmişten günümüze kadar yayınlanan deprem yönetmelikleri ile taban kesme kuvvetini bütün deprem bölgeleri ve zemin cinslerine göre hesaplamıştır. Daha sonra hesap edilen değerleri karşılaştırmıştır. Yaptığı çalışma sonucunda çerçevesel sisteme ait tasarıma esas taban kesme kuvvetinin deprem yönetmeliklerine göre değiştiğini ve özellikle bu değişimin Z3 ve Z4 türü zeminlerde yüksek oranlarda olduğunu belirtmiştir. Bu tür zeminlerde bulunan yapıların, tasarlandığı yönetmeliğe göre hesaplanan

taban kesme kuvvetinin yetersiz olabileceğini ve yapının yeniden tetkik edilmesi gerekebileceğini ifade etmiştir.

Döndüren ve Nakipoğlu (2016), Amerika, Hindistan, İran ve Japonya gibi ülkelerin deprem yönetmeliklerine göre taşıyıcı sistem düzensizliklerinin karşılaştırılması üzerine bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada 2007 Türk Deprem Yönetmeliği ile bazı yabancı yönetmeliklerde binaların taşıyıcı sistemlerindeki düzensizlikler konusundaki farklı koşulları karşılaştırmışlardır. İnceledikleri yönetmelikler DBYBHY-2007, Amerikan Deprem Yönetmeliği (ASCE 7-2002), Hint Deprem Yönetmeliği (IS 1893-1, 2002), Japon Deprem Yönetmeliği, Avrupa Birliği Deprem Yönetmeliği (Eurocode 8-2004), İran Deprem Yönetmeliği (Standart 2800-2007) dir. Çalışma kapsamında planda A1, A2, A3, düşey doğrultuda ise B1, B2, B3 düzensizlik türlerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda deprem bölgesinde yapılacak yapılarda yönetmelik kullanımının çok önemli olduğunu ve ülkelerin yer aldığı deprem kuşağına göre yönetmeliklerinde farklı hesaplamaların yer aldığını ifade etmişlerdir.

Sümeli (2017) mevcut betonarme bir bina üzerinde 2007 ve 2017 Deprem Yönetmeliklerinin karşılaştırılması üzerine bir çalışma yapmıştır. Çalışmada İstanbul'da bulunan daha önce 2007 yönetmeliğine göre lineer yöntemlerle değerlendirilmiş mevcut betonarme bir binayı 2007 ve 2017 Deprem Yönetmeliklerine göre ayrı ayrı doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleriyle değerlendirmiştir. Yaptığı çalışma sonucunda ortalama kesme kuvveti değerlerini kıyasladığında 2017 yönetmeliğine göre yaklaşık %10 değerinde daha büyük çıktığını belirtmiştir. Binanın çatlamış kesitlerle hesaplanan periyotlarını karşılaştırdığında yapının periyodunun 2017 deprem yönetmeliğinde arttığını, 2017 deprem yönetmeliğinde daha küçük etkin kesit rijitliklerinin bulunduğunu bu nedenle de daha güvenli tarafta kaldığını belirlemiştir. 2017 deprem yönetmeliğine göre yapılan analizlerde binada daha büyük kesme kuvvetleri ve yerdeğiştirmelerin oluşmasına rağmen şekil değiştirme sınır değerlerinin artırılması, kesitlerde sargı etkisinin göz önüne alınması ve binanın bilgi düzeyinin kapsamlı olarak kabul edilmesi gibi nedenlerden dolayı elemanlarda daha az hasar oluştuğunu görmüştür.

Başaran (2018), yaptığı çalışmada yeni Deprem Tehlike Haritaları ve (TBDY 2019) esasları ile (DBYBHY-2007) hükümlerine göre hesapladığı eşdeğer deprem yük değerlerini değerlendirmiştir. Beş ve on katlı referans betonarme çerçeve modelleri kullanarak,

Afyonkarahisar Merkezi için her iki yönetmelik şartlarına göre eşdeğer deprem yüklerini elde etmiştir. TBDY-2019'a göre hesap yaparken DD-2 deprem yer hareketi düzeyi ile yönetmelikte geçen yerel zemin sınıflarını dikkate alırken, DBYBHY -2007'e göre 2. Derece deprem bölgesi olan Afyonkarahisar Merkez için etkin yer ivme katsayısı 0.30 ve Z1, Z2, Z3 ve Z4 yerel zemin sınıflarını kullanarak hesaplamalar yapmıştır. Çalışma sonucunda her iki çerçeve modeli için TBDY-2019'a göre hesabı yapılan eşdeğer deprem yüklerinin DBYBHY-2007'e göre azaldığını belirlemiştir.

Kazancı (2018) Türkiye Deprem Yönetmeliği 2007 ve Eurocode 8'e göre tasarlanan betonarme binalarda doğrusal analiz yöntemlerinin karşılaştırılması üzerine bir çalışma yapmıştır. Yaptığı çalışmada 1, 2 ve 3. Derece deprem bölgelerini, Z1(A), Z2(B), Z3(C) yerel zemin sınıflarını kullanarak 5, 10, 15 ve 20 katlı betonarme binalarda taban kesme kuvvetleri, maksimum tepe yer değiştirmeleri ve bir kolonda oluşan maksimum x ve y yönünde oluşan moment değerlerinin karşılaştırmasını yapmıştır.

Keskin ve Bozdoğan (2018), 2007 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik ve 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğini Kırklareli ili için incelemiştir. Çalışmalarında Kırklareli merkezinde bulunan iki farklı zemin sınıfı için yatay elastik tasarım spektrumlarını 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğini kullanarak belirlemişler ve 2007 yönetmeliği ile karşılaştırmışlardır. Kırklareli ili için potansiyel etki yaratabilecek Bulgaristan, Yunanistan ve ülkemiz sınırlarında meydana gelen geçmiş depremleri derlemiştir. 4 katlı bir binanın deprem analizini farklı zemin sınıflarını seçerek ETABS programıyla yapmışlardır. 2007 ve 2018 deprem yönetmeliklerine göre değerlendirmişler ve sonuçları karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucunda yeni yönetmeliğin deprem tehlikesini daha gerçekçi olarak ortaya koyduğunu ifade etmişlerdir.

Koçer vd. (2018), deprem kuvvetine esas spektral ivme değerlerinin TBDY 2018 ve TDY 2007'ye göre karşılaştırılması üzerine bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada iki yönetmelikte tanımlanan spektral ivme değerleri ile zemin hakim periyotlarını, risk durumları farklı 4 il ve farklı zemin sınıfları için elde etmişlerdir. Buldukları değerleri karşılaştırarak yorum yapmışlardır. Çalışma sonucunda, seçtikleri bölgelerle sınırlı olmakla beraber zayıf zemin grupları için Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018'in eski yönetmeliğe göre daha güvenli tarafta kaldığını belirlemiştir.

Nemutlu (2019), yaptığı tez çalışmasında 2007-2018 Türk Deprem Yönetmeliklerini, Amerikan Deprem Yönetmeliğinin deprem hesapları açısından karşılaştırmıştır. Çalışmada 4 ve 9 katlı konut amacıyla kullanılacak betonarme çerçeve sistem ve 9 katlı perde çerçeve sistem olmak üzere üç örnek ele almıştır. Deprem hesapları ve analizleri, gerekli yük ve yükleme kombinasyonlarını, yönetmeliklerde belirtilen deprem analiz yöntemlerini kullanarak SAP2000 programında yapmıştır. İncelediği örnekleri deprem yönetmeliklerine göre karşılaştırdığında farklılıklar bulunduğunu tespit etmiştir. 2018 yönetmeliğine göre yapılan hesaplardaki taban kesme kuvveti değerlerinin 2007 yönetmeliğindeki değerlere göre %5 ile %10 mertebelerinde yüksek değerler aldığını ve bu farklılığın 2018 yönetmeliğinde hesaplara dahil edilen dayanım fazlalığı katsayısı, spektral ivme katsayılarının daha doğru bir yaklaşım olması ve zemin özelliklerinin daha detaylı bir şekilde tanımlanabiliyor olmasından kaynaklandığını ifade etmiştir. Amerikan yönetmeliğine göre yapılan hesaplamalarda çıkan taban kesme kuvveti değerlerinin de 2007 ve 2018 yönetmeliğine göre daha düşük değerler aldığını belirlemiştir. Bunun nedenini ise yapılan analizler sırasında kullanılan spektral ivme katsayılarının belirli katsayılarla küçültülmesi olduğunu görmüştür. Yaptığı değerlendirme sonucunda 2018 deprem yönetmeliğinin günümüz inşaat teknolojilerine uyumlu, güncel bir yönetmelik olduğu sonucuna varmıştır.

Nemutlu ve Sarı (2019), çalışmalarında Türkiye’de kullanıma geçen 2018 Deprem Yönetmeliğini Amerikan Yönetmeliklerini hesap esasları açısından karşılaştırmışlardır. Çalışma kapsamında çok katlı betonarme yapı örneklerinden tünel kalıp sistemi ve perde çerçeve sistemler üzerinde çalışmışlardır. İki yönetmelik için modal analiz yöntemlerini kullanarak deprem analizlerini yapmışlardır. Yaptıkları çalışma sonucunda taban kesme kuvveti değerlerinde farklılıklar olduğunu görmüşlerdir. 2018 deprem yönetmeliğine göre yapılan analizlerde çıkan taban kesme kuvvetlerinin Amerikan yönetmeliklerine göre bulunan taban kesme kuvvetlerinden daha yüksek değerler aldığını gözlemişlerdir.

Genç (2019), bina analizlerinde yatay deprem yükü etkilerini ve 2019 TBDY’de göz önüne alınması zorunlu hale gelen düşey deprem etkisini araştıran bir çalışma yapmıştır. Çalışmasında ülkemizde yatay atımlı olan KAF ve DAF hatları ile düşey atımlı olan BAF hatlarında meydana gelen bazı deprem kayıtlarının yatay ve düşey yer ivmelerini incelemiş ve Kuzey ve Doğu Anadolu Fay hattına kıyasla Batı Anadolu Fay hatlarında oluşan düşey yer ivmelerinin yatay yer ivmelerine oranla daha etkili olduğunu belirtmiştir. Çalışmasında 5 katlı bir bina tasarlayarak P-delta etkilerine ilave düşey deprem ivmelerinin taban momentlerini ne

oranda artırdığını araştırmış ve bu oranın ihmal edilecek derecede düşük olduğunu belirlemiştir. 2007-DBYBHY, 2018-TBDY, İran ve Amerikan Deprem Yönetmeliklerine göre, eşdeğer deprem yükü yöntemini kullanarak, aynı bina modeli için farklı analizler yapmış, etkin görelî kat ötelenmeleri, ikinci mertbe gösterge değerleri, bina periyotları, toplam yatay ve düşey deprem kuvvetlerini karşılaştırmış, bu değerler içerisinde TBDY'ye göre bulunan düşey deprem kuvvetinin çok büyük olduğunu görmüştür. Düşey deprem etkisini DBYBHY ve TBDY'ne göre araştırmış ve deprem kuvvetinin kiriş ve kolonlarda kesit gerilmelerindeki artışa ek olarak büyük oranda temel taban basıncında da artışa sebep olduğu sonuca ulaşmıştır.

Asığçel (2019), yaptığı çalışmada yeni binaların 2007-DBYBHY ve 2018-TBDY yönetmeliklerine göre doğrusal analiz metoduyla çözmüş ve karşılaştırmıştır. Yeni deprem yönetmeliğinin, betonarme bina değerlendirmesinde ne tür farklılıklar meydana getirdiğini araştırmıştır. Çalışmada B3 düzensizliğine sahip bina modeli tasarlamış ve düşey deprem etkisini araştırmıştır. Yatay spektrum değerlerini, verilen yaklaşık zemin sınıfları eşleştirmesine göre eski yönetmeliğe göre oldukça geniş aralıklı elde etmiştir. Etkin kesit rijitliklerine göre değerlendirilen yapı için yeni yönetmelikle değerlendirme yaptığında deplasmanın daha fazla çıktığını belirlemiştir. Yaptığı çalışma sonucunda elde edilen kesme kuvveti değerleri ve deplasmanlar yüksek çıkmasına rağmen, yapının eski yönetmeliğe göre daha güvenli tarafta kaldığını tespit etmiştir.

Severcan ve Sinani (2019), mevcut betonarme yapıların deprem performanslarını Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007 ve Eurocode 8'i kullanarak belirlemiştir. Çalışma için 8 katlı bir adet mevcut betonarme yapıyı incelemiştir. Statik itme analizi sonucunda elde ettikleri değerleri, eleman hasar düzeylerini ve yapı performanslarını her iki yönetmeliğe göre karşılaştırmışlardır. 8 katlı binaya ait DBYBHY-2007 ve Eurocode 8'e yönetmeliklerine göre yapılan analiz ve karşılaştırmalar sonucunda DBYBHY-2007'nin daha güvenli tarafta kaldığını belirlemiştir.

Karabulut (2019), farklı zemin parametreleri kullanılarak oluşturulmuş betonarme binaların 2007 ve 2018 deprem yönetmeliklerine göre statik analizi ve maliyet hesabı üzerine bir çalışma yapmıştır. Çalışma için 3 ve 5 katlı betonarme binalar tasarlamış, zemin ve deprem parametrelerini değiştirerek analizler yapmıştır. Analizler sonucunda çıkan metrajlar doğrultusunda 2007 ve 2018 Deprem Yönetmeliklerinde maliyetin değişimini grafik ve tablolarla göstermiştir. Zemin sınıfı, zemin yatak katsayısı, zemin taşıma gücü ve deprem

bölgeleri ele alarak yaptığı analizler sonucunda beton, kalıp ve donatı miktarlarını hesaplamış, maliyet hesaplaması yapmıştır. Yaptığı çalışma sonucunda genel analizlerde 2018 Deprem Yönetmeliğinde maliyetin daha fazla olduğunu ve donatının daha fazla kullanıldığını belirlemiştir. Karşılaştırmalar sonucunda 2018 Deprem Yönetmeliğini her açıdan daha kapsamlı olduğunu ve daha güvenilir tarafta kaldığını gözlemlemiştir.

Altun (2019), yaptığı tez çalışmasında geleneksel bir betonarme minare modelinin yapısal analizini 2007 ve 2018 deprem yönetmeliklerini dikkate alarak zemin-yapı etkileşimli ve etkileşimsiz olmak üzere farklı zemin sınıfları için gerçekleştirmiş ve sonuçları birbiriyle karşılaştırmıştır. Seçtiği betonarme minarenin yapısal çözümlemesini Sta4cad paket programını sonlu elemanlar metodunu kullanarak yapmıştır. Yapıyı modal analiz yöntemi ile lineer analiz etmiş, zemin-yapı etkileşiminin; yapı periyotlarını, taban kesme kuvvetlerini, maksimum yer değiştirmeleri ve düzlem gerilme değerlerini nasıl etkilediğini araştırmıştır. Çalışma sonucunda her iki yönetmelikte de zemin-yapı etkileşiminin yapı periyot sürelerinde bir uzamaya yol açtığını, aynı zamanda maksimum yer değiştirme ve gerilmelerinde de değişim oluşturduğunu belirlemiştir. 2018 Deprem Yönetmeliği ile yapılan analiz sonuçlarının 2007 Deprem Yönetmeliği ile yapılan analiz sonuçlarına göre farklılıklar gösterdiğini ifade etmiştir. Doğru projelendirilme yapılabilmesi için yapı davranışında değişime yol açan zemin-yapı etkileşiminin özellikle yumuşak zeminler için göz önünde bulundurulması gerektiği sonucuna varmıştır.

Karadağ (2019), betonarme binaların tasarımı açısından 2007 ve 2018 Türkiye Deprem Yönetmeliklerini karşılaştırmıştır. Çalışmada tamamıyla değişikliğe uğrayan Deprem Bölgesi Haritaları yerine, yeni yönetmelik kapsamında, 16 farklı versiyonu olan Sismik Tehlike Haritalarını kullanarak 5 katlı betonarme bir binanın deprem etkisi altında tasarımını yapmıştır. Çalışmada önce DBYBHY (2007)'ye göre Türkiye genelinde tanımlanan 5 deprem bölgesine esas yapının bulunduğu zeminin, deprem bölgesi derecesine göre alanın özel zemin davranışlarını dikkate alınmaksızın sabit bir yer ivmesi katsayısı ile deprem etkisini incelerken; TBDY (2018) ile birlikte analizi çalışılan arsanın, Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) koordinatları girilerek, doğrudan çalışma alanına özel, en büyük yer ivmelerini tespit etmiştir. Zemin açısından daha detaylı verilerle zemindeki kötü koşulların hesaplara daha gerçekçi bir şekilde yansıtıldığı yeni yönetmelik koşullarında belirlediği en büyük yer ivmesi katsayılarını kullanarak örnek bina analizini yapmış, eski yönetmeliğe göre yapılan analiz sonuçları ile karşılaştırmıştır. Binanın titreşim periyotları, taban kesme kuvvetleri, yatay ve düşey

deplasmanları vb. gibi değerler konusunda karşılaştırma yapmıştır. Çalışma sonucunda yeni yönetmelikle birlikte, her bölgenin potansiyel deprem bölgesi olduğu ve belirlenen yeni şartlar dahilinde gerektiğinde sahaya özel zemin davranış analizlerinin yapılması gerektiği sonucuna varmıştır.

Soycan (2019), depremde betonarme bina performansının Türk deprem yönetmelikleri 2007 ve 2018'e göre değerlendirilmesi üzerine bir çalışma yapmıştır. Çalışmada planda burulma düzensizliği bulunan betonarme çerçevesel binaların deprem performanslarını, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY) 2018'de önerilen doğrusal olmayan yöntemlerle incelemiştir. Kullandığı yöntemler; doğrusal olmayan statik itme ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan yöntemlerdir. Çalışma kapsamında aynı plan sahip fakat kolon boyutları farklı olan ve burulma düzensizliği katsayısı 1.10 ve 1.21 olan 5 ve 7 katlı 4 adet bina üzerinde çalışmıştır. Sonuç olarak yeni yönetmelikteki revizyonların, yapıların performanslarını eski yönetmelik sınırlarına göre çok daha güvenli bölgelere soktuğunu belirtmiştir.

Balıkçı (2019) mevcut binaların deprem performanslarının 2007 ve 2018 deprem yönetmeliklerine göre değerlendirilmesi üzerine bir çalışma yapmıştır. Çalışma kapsamında 1975 deprem yönetmeliğine göre inşa edilmiş ve halen kullanımda olan 30 adet betonarme binanın 2007 ve 2018 deprem yönetmeliklerine göre doğrusal olmayan analizlerini yapmıştır. Farklı yapısal özellikleri tarif edebilmek amacıyla çalışmada 2, 3, 4, 5, 6 ve 7 katlı binaları incelemiştir. İncelediği binaların dayanım ve deplasman kapasitelerini doğrusal olmayan statik itme analizi yöntemi ile elde etmiştir. Yaptığı çalışma sonucunda 2007 ve 2018 deprem yönetmelik hükümlerine göre oluşturulan binaların deprem performansları arasında önemli farklılıklar bulunduğunu tespit etmiştir. 2018 Deprem yönetmeliğine göre hesaplanan deplasman kapasitelerinin, 2007 yönetmeliğine göre hesaplanan değerlerden çok daha düşük çıktığını görmüştür. Spektrum hesabından kaynaklanan düzenlemelerin 2018 yönetmeliğine göre hesaplanan deplasman taleplerinin ve kapasite değerlerinin azaldığını ifade etmiştir.

Adar (2019) yaptığı tez çalışmasında 2007 Deprem Yönetmeliğinin 2018 Deprem Yönetmeliği ile karşılaştırmasını yapmış ve deprem yükü hesabındaki farkları belirlemiştir. Çalışmada 13 katlı bir yapıyı İdeCAD programının 2007 ve 2018 yönetmeliklerine uygun sürümlerini kullanarak analiz edip incelemiştir. Yapılacak olan yapılarda eskiye oranla nasıl değişimler meydana geldiğini ve yapıyı nasıl etkilediğini ve bunun üzerine oluşabilecek sorunların nasıl çözümlenebileceği konusunda bilgiler vermiştir. Yaptığı değerlendirmeler

sonucunda 13 katlı yapının 2007 deprem yönetmeliğinin yürürlükte olduğu dönemde inşa edilmesiyle 2018 deprem yönetmeliği yürürlüğe girdiği koşullarda farklılıklar olduğunu belirtmiştir. Yeni yönetmelik koşullarının depreme dayanıklı yapı tasarımı açısından daha güvenilir sonuçlar ortaya koyduğunu ifade etmiştir.

Akın ve Yerli (2019), betonarme binaların güçlendirilmesi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada TDY-2007 ve TBDY-2018 yönetmeliklerinin güçlendirme bölümlerini incelemişlerdir. Yönetmeliklerde değişen veya artık kullanılmayan parametreler ve yeni eklenen tanımlara değinmişlerdir. Hesap yöntemlerindeki farklılıklar, değişen deprem haritası, bina yükseklik sınıflarının tanımlanmasını ve güçlendirme için kullanılacak hesaplarda gerekli zemin parametrelerinin farklılıkları üzerinde durmuşlardır. Güçlendirme konusunu ele alarak olumlu ve olumsuz yönleri karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucunda yeni deprem haritaları sayesinde deprem bölgelerinde yapılacak binaların parametrelerinin koordinat sistemi ile daha güvenilir bir şekilde belirlenebileceğini belirtmişlerdir.

Kap vd. (2019), yaptıkları çalışmada 1999 Marmara ve Düzce depremlerinden etkilenmiş ve taşıma gücü yüksek bir zeminde inşa edilmiş bir okul binasının deprem performans analizi yapmışlardır. Binadaki taşıyıcı elemanların kapasitelerini, binanın içinde ve dışında temel muayene çukurları açılarak temel şekli ve boyutlarını belirlemişlerdir. Donatı çap ve paspaylarını ölçerek kolon ve kirişlerden karot numuneleri alınarak beton basınç dayanımlarını bulmuşlardır. Analizlerde STA4-V14.1 paket programını kullanmışlardır. Analizler sonucunda inceledikleri yapı için ivedi olarak binanın güçlendirme projesinin hazırlanması ve yönetmeliğe uygun bir şekilde güçlendirilmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

Keyik (2019), ASCE 41-17 ve Türk deprem yönetmelikleri kapsamında mevcut betonarme bir binanın performans analizi ve sonuçlarının karşılaştırılması üzerine bir çalışma yapmıştır. Çalışmada 4 katlı, DBYBHY-2007'ye göre tasarlanmış, mevcut betonarme bir konutun doğrusal olmayan dinamik analizlerini SeismoStruct programı ile yapmıştır. Binanın performans değerlendirmesini TBDY-2018 ve ASCE 41-17'ye göre yapmıştır. Kolon ve kiriş elemanlarda gelişen en büyük kesit dönmeleri ile birim şekil değiştirmeleri belirlemiş ve yönetmelikteki limit değerlerle karşılaştırmıştır. Çalışma sonucunda TBDY-2018'de birim şekil değiştirmeler ile performans seviyelerine karar verilirken, ASCE 41-17'ye göre plastik dönmelerin kullanıldığını ifade etmiştir. Karşılaştırma sonucunda en büyük tepe deplasmanlarında TBDY'ye göre 1,35 kat daha büyük değerler elde etmiştir.

Ulutaş (2019), yaptığı çalışmada DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 yönetmeliklerini kesit hasar sınırları açısından kıyaslamıştır. Çalışma için birer adet kiriş, kolon ve betonarme kesiti belirlemiştir. Mevcut yapıları temsil etmesi için düşük dayanımlı (C10) ve yeni yapılacak yapıları temsil etmesi için de iyi dayanımlı (C25) olmak üzere iki tip malzeme grubu seçmiştir. Kolon ve betonarme perde kesitleri için üç farklı eksenel yük seviyesi seçmiş, belirlediği eksenel yük seviyelerinin her biri her malzeme durumunda gözönüne alarak 14 adet kesitin hasar seviyesine karşılık gelen şekil değiştirme üst sınır değerlerini DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 yönetmeliklerine göre belirlemiştir. Belirlediği sonuçları birbiri ile kıyaslamıştır. Analizleri değerlendirildiğinde, DBYBHY-2007 ile TBDY-2018 yönetmeliklerinin kesit hasar sınırları değerlerinde önemli miktarda farklı sonuçların çıktığını gözlemlemiştir. Tek farklılığın kesit hasar sınırlarında olmadığını, diğer farklılıkların da gözönüne alınarak yeni çalışmaların yapılmasını tavsiye etmiştir.

Ayaz (2020), mevcut bir betonarme binanın 2007 ve 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliklerine göre deprem performansının değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi üzerine bir çalışma yapmıştır. DBYBHY-2007'ye uygun olarak güçlendirilmiş bir yapıyı incelemiştir. Çalışmada hem mevcut hem de güçlendirilmiş olan yapının 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ne göre performansını belirlemiştir. Yapının lineer ve nonlineer analizlerinde SAP2000 programını kullanmıştır. Çalışma sonucunda DBYBHY-2007'ye göre güçlendirilip ilgili yönetmelikte belirtilen performans düzeylerini sağlayan yapının, TBDY-2018'e göre de kontrollü hasar ve sınırlı hasar performans seviyesini sağladığını görmüştür. Yapıya yeni eklenen perdelerde ve bazı kirişlerde plastik dönmelerin oluştuğunu belirlemiştir.

Turan (2020), 2007 ve 2018 Türkiye Deprem Yönetmeliklerine göre farklı döşeme sistemlerine sahip betonarme bir yapının deprem davranışlarının karşılaştırılması üzerine bir çalışma yapmıştır. Çalışmada her iki yönetmelik içinde geçerli olan 12 katlı kaset döşeme ve kirişsiz döşeme sistemine sahip olan kullanım amacı konut olarak tasarlanan bir bina modeli üzerinde çalışmıştır. 1996 tarihli Türk Deprem Bölgeleri Haritalarına göre mevcut olan 4 deprem bölgesine uygun olacak şekilde ve her bölge için de iki tane il seçmiştir. Yer değiştirme, görelî kat ötelenmeleri, kat kesme kuvvetlerini belirlemiştir. Çalışmada ideCAD programını kullanmıştır. İki döşeme çeşidine göre 2007 Türkiye Deprem Yönetmeliği'nde aynı bölge de olmalarına rağmen, 2018- TBDY'de yer değiştirmelerin, görelî kat ötelenmelerinin ve kat kesme kuvvetlerinin birbirinden farklı sonuçlar içerdiğini ifade etmiştir.

Karaca vd. (2020), yaptıkları çalışmada Niğde İli için 2007 ve 2019 Deprem Yönetmeliklerini yapısal tasarım bağlamında karşılaştırmışlardır. Çalışmalarında Niğde il merkezinde TBDY-2019'a göre tasarlanmış 5 adet binanın, DBYBHY-2007 yönetmeliğine göre çözümlenmelerini yapmışlar, kullanılan malzeme miktarı ve performansları açısından değerlendirmişlerdir. Yönetmeliklerin yapı tasarımına olan etkisini, mimarisi aynı yapılarda kullanılan malzeme miktarlarını, malzeme verimliliğini ve yapısal performanslarını karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucunda, malzemenin etkin kullanımı açısından dayanım sınırlarına göre yapılan boyutlandırma sonrasında, TBDY-2019'a göre tasarlanacak bir yapı da daha fazla beton kullanılması gerekeceğini, donatı miktarının da genelde azalma eğiliminde olduğunu gözlemlemişlerdir.

Küçük (2020), 2007 ve 2018 deprem yönetmelikleri arasındaki farkları betonarme binalar açısından değerlendirmek amacıyla, kullanım amacı konut olan çok katlı betonarme bir binanın analizi ve tasarımı üzerine bir çalışma yapmıştır. Çalışma kapsamında incelediği bina, kat yüksekliği 3 m olan toplam 15 kat ile 45 m yüksekliğe ve 1050 m<sup>2</sup> kat oturma alanına sahiptir. Yapıda betonarme perdeli çerçeve taşıyıcı sistem ve kirişli plak döşeme tipi kullanılan binanın beton sınıfını C35/45; çelik sınıfı olarak da S420 seçmiştir. Yaptığı çalışma sonucunda TBDY-2018'de deprem etkisinin, DBYBHY-2007'ye göre daha gerçekçi bir şekilde ele alındığını ifade etmiştir. TBDY-2018'de etkili kesit rijitliklerinin kullanılması, tasarım ivme spektrumunun değişmesi, spektral ivmelerin coğrafi koordinatlara göre belirlenmesi, düşey deprem etkisinin hesaba katılması, dayanım fazlalığı katsayısının kullanılması ve yerel zemin sınıflarının yenilenmesinin bu durumu etkileyen en önemli faktörler olduğunu belirtmiştir.

Aslay ve Dede (2020), MATLAB kodlarını kullanarak hızlı iterasyon tekniği ile betonarme bir yapıya ait periyot hesabı yapabilen bir yazılım oluşturmuşlardır. Hazırlamış oldukları yazılımda, SAP2000 OAPI ile yapı elemanlarının her birinin çıkarılması durumuna göre periyotları elde etmişlerdir. 2007-2018 Türk Deprem Yönetmeliklerinde yapı periyotları ve eleman çıkarma senaryolarını karşılaştırmalı olarak çok hızlı ve kısa zamanda yapmışlardır. Çalışma kapsamında 440 adet modal analiz yapmışlar ve kullandıkları yazılım sayesinde %95 zaman tasarrufu sağladıklarını belirtmişlerdir. Yaptıkları analiz sonucunda TBDY-2018'in TDY-2007'ye göre daha gerçekçi sonuçlar elde edildiğini belirlemişlerdir.

Ünsal vd. (2020), yaptıkları çalışmada 2018- TBDY ve 2007- DBYBHY kapsamında bina yüksekliğinin, toplam eşdeğer deprem yükü, taban kesme kuvveti ve maksimum tepe

deplasmanı üzerindeki etkisini karşılaştırmalı olarak incelemişlerdir. Çalışma kapsamında 30 kat olarak modellemiş ve yapılan her analiz sonrası 1 adet ara kat eksiltmişler, 26 adet model için analizleri tekrarlamışlardır. TBDY 2018 esas alınarak elde edilen taban kesme kuvveti değerlerinin 2007- TDY'ye göre elde edilen taban kesme kuvveti değerlerinden çok daha düşük değerler aldığı, TBDY-2018 esas alınarak elde edilen taban kesme kuvveti değerlerinin yapı yüksekliği arttıkça doğrusala yakın bir ilişki azaldığını ve maksimum tepe deplasmanı değerlerinin ise TDY-2007 esas alınarak elde edilen değerlerden çok daha büyük olduğunu gözlemlemişlerdir.

Sümer ve Hamsici (2020), çok katlı binalarda 2018 Deprem Yönetmeliği ile tanımlanan spektrum eğrilerinin etkisini araştırmışlardır. Yaptıkları çalışmada sayısal analizler için 1996 tarihli deprem tehlike haritasında 1., 2., 3. ve 4. Deprem bölgelerinde yer alan konumları 4 farklı zemin cinsini dikkate alarak, 4, 7 ve 10 katlı yapılar oluşturmuşlardır. TBDY-2018 ve TDY-2007 yönetmeliklerine analizler yapmışlardır. Yaptıkları analizlerin sonucunda elde ettikleri taban kesme kuvvetleri ve maksimum görelî kat ötelemeleri değerlerini tablo ve grafiklerle sunmuşlardır. Çalışma sonucunda taban kesme kuvvetinin, kat sayısı arttıkça eski yönetmeliğe kıyasla daha düşük değerler verdiğini, maksimum etkin görelî kat ötelemelerinin her yükseklikteki binada özellikle olumsuz zemin koşullarına gidildikçe eski yönetmeliğe göre çok daha büyük değerler verdiğini gözlemlemişlerdir.

Nemutlu vd. (2020), yaptıkları çalışmada Bingöl ve Elazığ illeri özelinde 2007 ve 2018 Türk Deprem Yönetmeliklerine göre ivme spektrumlarının, köşe periyotlarının, koordinata dayalı spektrum katsayılarının farklı zemin sınıflarına göre değişimini incelemişlerdir. Yaptıkları karşılaştırmada 2007 deprem yönetmeliğinde ivme spektrumlarının bölgesel olarak farklılık göstermediğini, 2018 yönetmeliğinde Afet ve Acil Durum Başkanlığı'nın oluşturduğu Türkiye Deprem Tehlike Haritalarından alınan ivme parametrelerinin koordinat odaklı değişiminin bölgesel bir farklılık göstermesinden kaynaklı olarak ivme spektrumlarının farklılıklar gösterdiğini belirlemişlerdir. Deprem tasarım esasları açısından yaptıkları değerlendirme sonucunda 2018 Türk Deprem yönetmeliğindeki ivme değerlerinin, 2007 deprem yönetmeliğindeki sabit ivme değerlerine kıyasla ekonomik ve emniyetli bir durum gösterdiğini belirtmişlerdir.

Tekdemir (2020), yaptığı tez çalışmasında betonarme binaların deprem performanslarını TBDY-2018'e göre değerlendirmiştir. Çalışmada doğrusal hesap yöntemini

kullanarak 4 katlı betonarme bir binanın deprem analizini Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemi ile yapmış ve iki yöntemden elde ettiği görelü kat ötemeleri ve taban kesme kuvvetleri değerlerini karşılaştırmıştır. Çalışmanın ikinci kısmında yine doğrusal olan hesap yöntemleri ile biri konsolsuz diğer üçü farklı konsol boylarına sahip dört adet 5 katlı betonarme binanın Mod Birleştirme Yöntemini kullanarak karşılaştırma yapmıştır. Doğrusal olmayan hesap yöntemi için zemin kat yükseklikleri 3.5 ve 4.5 m olan 8 katlı 2 adet betonarme binanın Statik İtme Analizi Yöntemi ile analizler yapmış; itme eğrileri, taban kesme kuvvetleri ve plastik mafsall oluşum düzenlerini karşılaştırmıştır. Çalışma sonucunda plastik mafsalların kolonlardan önce kirişlerde oluşması esasına göre boyutlandırma ve kesit hesabının yapılması gerektiğini ifade etmiştir.

Karaca (2021) yaptığı çalışmada TBDY -2018 ile DBYBHY -2007 kapsamında yapıların tasarımında kullanılan tasarım ivmelerinin karşılaştırmasını yapmış ve Kapadokya bölgesinin zemin koşullarına bağılı olarak tasarım ivmelerinin ne kadar değiştiğini belirlemiştir. Çalışma sonucunda salınım periyotları büyüdükçe, yeni deprem şartnamesine göre kullanılacak olan tasarım ivmesinin eski yönetmelik değerlerine oranla azaldığını belirlemiştir. TBDY-2018 kapsamında yenilenen zemin sınıflarının tasarım ivme değerlerini belirgin derecede değiştirdiğini, bazı yerleşim yerlerinde gözlemlenen sismik tehlikedeki azalmalara rağmen etkili olduğunu gözlemlemiştir. Güçlü zeminlerde, sismik tehlikenin arttığı yerleşim yerlerinde bile, tasarım ivmelerinin azaldığını, yüksek periyotlar da bu azalmanın çok daha fazla olduğunu ifade etmiştir.

Adar vd. (2021), yaptıkları çalışmada 2007 ve 2018 deprem yönetmelikleri arasında karşılaştırmalar yapmışlardır. Örnek olarak seçilen 15 katlı betonarme bir yapıyı her iki yönetmelikle ideCAD yazılımını kullanarak analiz etmiş ve sonuçları karşılaştırmışlardır. TBDY-2018'de BA taşıyıcı sistemler için kullanılan etkin kesit rijitliklerine bağılı hesaplanan yer değiştirme değerlerinin eski yönetmeliğe göre daha fazla olduğunu, bu durumun aynı zamanda sınır durum olarak belirtilen görelü kat öteleme değerlerinin yeni yönetmelikte de artması anlamına geldiğini ifade etmişlerdir.

İbiş ve Ulutaş (2021), tasarımı TBDY-2018'e göre yapılan ve yapımı devam eden betonarme bir binayı incelemişlerdir. Belirledikleri bina için doğrusal elastik olmayan değerlendirme yöntemlerinden tek modlu statik itme analizi ile deprem performans düzeyini belirlemişler ve TBDY-2018'de verilen hedef performans seviyesi ile kıyaslamışlardır.

Kesitlerin moment eğrilik analizleri ile plastik mafsal özelliklerinin belirlenmesi için SAP2000 programından yararlanılmışlardır. Yaptıkları analiz sonucunda statik itme analizi sonucu kolon ve betonarme perdelerde herhangi bir hasar meydana gelmediğini, bazı kirişlerin ise belirgin hasar bölgesinde kaldığını tespit etmişlerdir. Düşey taşıyıcı elemanlarda hasar oluşmadığı için bina performans seviyesi için kiriş hasarlarına bakarak karar vermişlerdir. Sonuç olarak inceledikleri binanın yönetmelikte verilen hedef performans seviyesini sağladığını belirlemişlerdir.

Yalın ve Ulutaş (2021), mevcut okul türü bir binanın deprem performansını 2007 ve 2018 deprem yönetmeliklerine göre değerlendirmişlerdir. Çalışmada boyuna donatıları nervürsüz (düz) donatı çeliği ile düzenlenmiş, perdeli çerçevesel taşıyıcı sisteme sahip mevcut okul türü bir binayı DBYBHY-2007 ve TBDY-2018'e göre deprem performanslarını belirlemişler ve çıkan sonuçları kıyaslamışlardır. TBDY-2018'e göre betonarme elemanların boyuna donatıları düz donatı çeliği ile düzenlenmişse, donatı çeliği birim şekil değiştirme ve plastik dönme talebinin 1,5 ile çarpılması gerektiğini ifade etmişlerdir. Analizler için doğrusal elastik olmayan değerlendirme yöntemini kullanmışlardır. Yaptıkları çalışma sonucunda yönetmelikler arasındaki uyumsuzluğun 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremler için olduğunu belirlemişlerdir.

Aksoylu ve Arslan (2021), 2007 ve 2019 Deprem Yönetmeliklerinde betonarme binalar için yer alan farklı deprem kuvveti hesaplama yöntemlerini karşılaştırmalı olarak incelemişlerdir. Bunun için aynı plan özelliklerine sahip 3-4-5 katlı çerçeve+perde türü betonarme binalar üzerinde ETABS programı ile lineer elastik analizler yapmışlardır. Zemin ve tasarım sınıfı olarak; 2019- TBDY için zemin sınıfı ZA, deprem tasarım sınıfı DTS1, 2007 için ise zemin sınıfı Z1 ve 1. Deprem bölgesini seçmişlerdir. Belirlenen kriterler için yaptıkları modellemede binaların her iki yönü için eşdeğer deprem yükü ve mod birleştirme yöntemlerini kullanarak taban kesme kuvvetleri, periyot ve görelî kat ötelenme değerlerini belirlemişlerdir. Analizler sonucunda eşdeğer deprem yükü yönteminde elde ettikleri taban kesme kuvvetlerinin TBDY-2019'da %39-47 oranında, mod birleştirme yönteminde ise %38-46 oranında daha az sonuç verdiği sonucuna ulaşmışlardır. TBDY-2019 deprem yönetmeliğinin çatlamış kesit rijitliği kullanımının kat deplasmanlarının ve sistem periyodunun artmasına, taban kesme kuvvetlerinin ise azalmasına yol açtığını ifade etmişlerdir.

Bozkurt ve Serin (2021), çalışmalarında DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 esaslarına göre tasarlanan 3, 6 ve 9 katlı toplam altı adet ters-V ve parçalı-X tipi merkezi çaprazlı çelik çerçevelerin (MÇÇÇ'lerin) dinamik performanslarını belirlemiş ve karşılaştırmışlardır. DBYBHY-2007 ve TBDY-2018'de tanımlanan 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan en büyük deprem yer hareketine göre ölçeklendirilen uzak alan kayıtlı 44 adet deprem yer hareketini Opensees yazılımı kullanarak 1056 adet zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yapmışlar ve elde ettikleri sonuçlar hem ters-V hem de parçalı-X tipi MÇÇÇ'lerde Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018 esaslarına göre boyutlandırılan yapıların daha güvenilir olduğunu belirlemişlerdir.

Erdoğdu vd. (2021), DBYBHY ve TBDY göz önüne alınarak oluşturulmuş deprem yalıtımlı bir bina modelini spektrum tanımındaki değişime bağlı olarak maksimum yalıtım birimi deplasmanının nasıl etkilendiğini incelemişlerdir. Yaptıkları çalışma sonucunda her iki deprem yönetmeliğinin tanımladığı spektrum eğrilerine göre tasarlanmış yalıtım birimlerinin maksimum deplasmanlarında farklılıklar belirlemiş ve bu farklılıkların %50 mertebelerine vardığıını ifade etmişlerdir.

Küçükaslan ve Altan (2021), İstanbul Bahçelievler ilçesinde bulunan 9 katlı mevcut bir betonarme binanın güçlendirme öncesi ve sonrasındaki deprem performanslarını 2007 TDY ve 2018 TBDY'ne göre belirlemişler ve buldukları sonuçları karşılaştırmışlardır. Yaptıkları çalışmada 2007 ve 2018 deprem yönetmelikleri hükümlerine göre modellenen binanın deprem analizleri arasında önemli farklılıkların bulunduğunu ifade etmişlerdir.

### **3. DBYBHY (2007) – TBDY (2018) ARASINDAKİ FARKLAR**

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik-2007'nin yürürlükten kalkması ile yürürlüğe giren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018 arasında bazı farklılıklar bulunmaktadır. Bu farklılıklardan bazıları aşağıda özetlenmiştir:

#### **İsim:**

- Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY-2007)
- Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018)

#### **Kapsam:**

- DBYBHY-2007; 7 bölüm, 159 sayfa, betonarme, çelik ve yığma binalar için,
- TBDY-2018; 17 bölüm, 395 sayfa, deprem etkisindeki yerinde dökme ve ön üretilmiş betonarme, çelik, hafif çelik, yığma ve ahşap malzemelerden yapılacak binalar için geçerlidir.

#### **Deprem Bölgesi:**

- DBYBHY-2007'de 1996 Deprem Bölgeleri Haritası kullanılmıştır. I., II., III., IV. ve V. bölge sınıflandırılmıştır.
- TBDY-2018'de Deprem Tehlike Haritası kullanılmaya başlanılmıştır. AFAD'ın resmi internet sayfasında enlem ve boylam değerleri girilip ulaşılabilmektedir.

#### **Bilgi Düzeyleri:**

- DBYBHY-2007'de bilgi düzeyleri sınırlı, orta ve kapsamlı olarak sınıflandırılmıştır.
- TBDY-2018'de bilgi düzeyleri sınırlı ve kapsamlı olarak sınıflandırılmıştır.

#### **Bina Önem Katsayısı (I) / Bina Kullanım Sınıfı (BKS):**

- DBYBHY-2007'de bina önem katsayısı tanımlıdır. I=1.5, 1.4, 1.2 ve 1.0 değerlerini almaktadır.
- TBDY-2018'de bina kullanım sınıfı tanımlıdır. BKS= 1, 2 ve 3. Bu değerlere karşılık gelen bina önem katsayıları 1.5, 1.2 ve 1.0'dır.

#### **Yerel Zemin Sınıfları (Z):**

- DBYBHY-2007'de A, B, C ve D şeklinde zemin grupları ve Z1, Z2, Z3 ve Z4 zemin sınıfları bulunmaktadır.

- TBDY-2018'de yerel zemin grupları kaldırılmış ZA, ZB, ZC, ZD, ZE ve ZF şeklinde daha ayrıntılı yerel zemin sınıfları verilmiştir.

#### **Deprem Tasarım Sınıfı (DTS):**

- DBYBHY-2007'de böyle bir tanımlama yoktur.
- TBDY-2018'de 1, 1a, 2, 2a, 3, 3a, 4, 4a şeklinde bir sınıflandırma vardır. Bina önem katsayısına paralel bir veridir. Belirlenmiş olan kullanım sınıflarına ve DD-2 deprem yer hareketi düzeyinde kısa periyot spektral ivme katsayısına ( $S_{DS}$ ) göre bir değer alır.

#### **Deprem Yer Hareketi Düzeyi (DD):**

- DBYBHY-2007'de böyle bir tanımlama yoktur.
- TBDY-2018'de 4 farklı deprem yer hareketi düzeyi vardır. DD-1 (50 yılda aşılma olasılığı %2), DD-2 (50 yılda aşılma olasılığı %10), DD-3 (50 yılda aşılma olasılığı %50), DD-4 (50 yılda aşılma olasılığı %68) şeklindedir.

#### **Bina Yükseklik Sınıfı (BYS):**

- DBYBHY-2007'de böyle bir tanımlama yoktur.
- TBDY-2018'de bina yükseklik sınıfları ve deprem tasarım sınıflarına göre tanımlanan bina yükseklik aralıkları verilmiştir.  $BYS=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8$  şeklindedir.

#### **Bina Performans Düzeyleri:**

- DBYBHY-2007'de bina performans düzeyleri hemen kullanım, can güvenliği ve göçme öncesi performans düzeyi şeklindedir.
- TBDY-2018'de bina performans düzeyleri dört şekilde verilmiştir: Kesintisiz kullanım (KK), Sınırlı Hasar (SH), Kontrollü hasar (KH) ve Göçmenin önlenmesi (GÖ) performans düzeyi şeklindedir.

#### **Beton Sınıfı (C):**

- DBYBHY-2007'e göre deprem bölgelerinde yapılacak tüm betonarme binalarda C20'den daha düşük dayanımlı beton kullanılamaz. Üst sınır olarak ta C50 verilmiştir.
- TBDY-2018'e göre tüm betonarme binalarda C25'ten daha düşük dayanımlı beton kullanılamaz. Beton sınıfı C80'den daha yüksek olan betonarme binalar da yönetmeliğin kapsamı dışındadır.

### **Donatı Çeliği (S/B):**

- DBYBHY-2007'e göre betonarme yapıda S220 ve S420 donatı çeliği kullanılabilir.
- TBDY-2018'e göre B420C, B500C ve çekme dayanımı/akma dayanımı oranı 1.35'ten küçük olan ve eşdeğer karbon oranı %0.55'i geçmeyen S420 çeliği kullanılabilir.

### **Dayanım Fazlalığı Katsayısı (D):**

- DBYBHY-2007'de böyle bir tanımlama yoktur.
- TBDY-2018'de bina taşıyıcı sistemleri için taşıyıcı sistem davranış katsayısı, dayanım fazlalığı katsayısı ve izin verilen bina yükseklik sınıflarına ait bir tablo verilmiştir. Dayanım fazlalığı katsayısı yerinde dökme betonarme ve çelik binalarda 2, 2.5 ve 3 değerlerinde; önüretimli betonarme binalarda 2 ve 2.5 değerlerinde; hafif çelik ve ahşap binalarda 2 değerinde; yığma binalarda ise 1.5 ve 2 değerlerindedir.

### **Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R):**

- DBYBHY-2007'de süneklik düzeyi normal ve yüksek sistemler için 3-8 aralığında verilmiştir.
- TBDY-2018'de bina taşıyıcı sistemleri için sistem davranış katsayısı, dayanım fazlalığı ve izin verilen bina yükseklik sınıflarına ait bir tablo verilmiştir. Taşıyıcı sistem davranış katsayısı yerinde dökme betonarme ve çelik binalarda 3, 4, 5, 6, 7 ve 8 değerlerinde; Önüretimli betonarme binalarda 3, 4, 5, 6 ve 7 değerlerinde; hafif çelik binalarda 3 ve 4 değerlerinde; yığma binalarda 2.5, 3 ve 4 değerlerinde; ahşap binalarda ise 3 ve 4 değerlerindedir.

### **Spektrum Karakteristik Periyotları:**

- DBYBHY-2007'de spektrum karakteristik periyotları ( $T_A$  ve  $T_B$ ), yerel zemin sınıflarına bağlı olarak verilmiştir.
- TBDY-2018'de AFAD'ın resmi internet sayfasından yapı konum bilgileri girilerek elde edilmektedir.

### **Harita ve Tasarım Spektral İvme Katsayıları:**

- DBYBHY-200'de böyle bir tanımlama yoktur.
- TBDY-2018'de bu değerler deprem haritaları kapsamında yapı konum bilgileri ile tanımlanmıştır.

### **Kolon Boyuna Donatı Bindirme Ekleri:**

- DBYBHY-2007'de kat hizasından filiz bırakılması istenmektedir.
- TBDY-2018'de kolon bindirmelerinin kolon ortasından yapılması istenmiştir.

### **Perdeler:**

- DBYBHY-2007'de yatay donatıların boyuna donatıların dışından geçmesi ve perde altında gönyelenmesi istenmiştir.
- TBDY-2018'de yatay donatılar düşey donatıların içinden geçirilerek perde uç bölgesinde gönyelenmesi istenmektedir.

### **Çirozlar:**

- DBYBHY-2007'de kolon ve perdelerdeki çirozların boyuna donatılara bağlanması yeterli görülmüştür.
- TBDY-2018'de kolon ve perdelerdeki çirozların hem boyuna donatıyı hem de etriyeyi saracak şekilde dıştan bükülerek yapılması istenmiştir.

### **Kolon, Kiriş ve Perde Boyutları:**

- DBYBHY-2007'de kolonlarda dikdörtgen kesitte minimum 25 cm, daire kesitte 30 cm yapılması istenmiştir. Perde en/boy oranı 1/7 ve kalınlık da minimum 20 cm'dir.
- TBDY-2018'de kolonlarda dikdörtgen kesitte minimum 30 cm, daire kesitte 35 cm olmuştur. Perde en/boy oranı 1/6 ve kalınlık da minimum 25 cm olmuştur. Minimum kiriş kalınlığında herhangi bir değişiklik yapılmamıştır.

Genel olarak bir değerlendirme yapılacak olursa bina kullanım amacı ve türü, ivme spektrumu, zemin sınıflandırılması, hesap yöntemleri, deprem haritaları, kat ötelemelerinin sınırlandırılması, deprem yer hareketinin tanımı, deprem tasarım ve bina yükseklik sınıfları, bina performans hedefleri ve tasarım yaklaşımları, betonarme sistemlerin tasarım esasları, dayanıma göre tasarım ve hesap esasları konularında değişiklik yapılmıştır.

#### 4. İNCELENEN OKUL BİNASININ ÖZELLİKLERİ

İncelenen bina Bilecik İli Merkez İlçesinde bulunan 1998 yılında yapımı tamamlanan bir okul binasıdır. Okulun statik projelerine ulaşılamamış ancak yerinde yapılan kapsamlı çalışmalar sonucunda rölöve planları oluşturulmuştur. İncelemeler sonucu okul ile ilgili elde edilen bilgiler Tablo 4.1’de verilmiştir.

**Tablo 4.1.** Okul Genel Bilgileri

Yapının Kullanım Amacı	Okul
Yapım yılı	1998
Kat sayısı	Bodrum + Zemin + 3 Kat
Taşıyıcı Sistem Malzemesi	Betonarme
Kat yüksekliği (m)	3.30
Taşıyıcı sistem	Karma sistem (perde-çerçeve sistem)
Döşeme türü ve kalınlığı (cm)	20
Kolon boyutları (cm)	30 x 70
Kiriş boyutları (cm)	30 x 70, 25 x 70, 80 x 30
Dilatasyon	Yok
Perde	Var
Toplam yapı alanı (m <sup>2</sup> )	1735
Temel tipi / kalınlığı (cm)	Kirişli radye temel / 40
Temel kirişi genişlik/yükseklik (cm)	80 / 120

İncelenen okul binasının ön cephe görünümü Şekil 4.1’de, yan ve arka cephe görünümü de Şekil 4.2’de verilmiştir.



**Şekil 4.1.** Okul Binası Ön Cephe Görünümü



**Şekil 4.2.** Okul Binası Yan ve Arka Cephe Görünümü

Okul binası bodrum, zemin, 3 normal kat olarak 5 kattan oluşmaktadır. Taşıyıcı sistemi ise betonarme çerçevelerden oluşmaktadır. Dilatasyon bulunmamaktadır.

Projeleri temin edilemeyen okul binasının rölevesi çıkartılmıştır. Binaya ait zemin kat planı EK-1’de verilmiştir. Kolon ebatları 30x70 cm, kiriş ebatları 30x70, 25x70, 80x30 cm ve döşeme kalınlığı 20 cm olup, yapıda betonarme perde eleman bulunmaktadır. Kat yükseklikleri tüm katlarda 3.30 m'dir. Toplam yapı alanı 1735 m<sup>2</sup> dir. Binaya ait statik kat planları bodrum kat için EK-2’de, zemin kat için EK-3’te ve normal kat için de EK-4’de verilmiştir.

#### **4.1. DBYBHY-2007’ye Göre Binanın İncelenmesi**

Binada kullanılan betonun kalitesinin belirlenmesi amacıyla, DBYBHY-2007, Madde 7.2.5.3'e göre, her kattaki düşey taşıyıcılardan en az 3 adet ve bina genelinde toplam 9 adetten az olmamak üzere ve her 400 m<sup>2</sup>'den bir adet beton karot numunesi alınarak (karot) TS-10465 hükümlerine uygun şekilde deney yapılmıştır. Karot alınacak yerleri belirlemek amacıyla, yapının geometrisi esas alınarak modelleme yapılmış, köşe ve orta noktalardaki kolonlar belirlenmiştir. Kolon boyunca metal detektörlerle donatı taraması yapılmış, karot numunesi alınacak yerler kolon üzerinde işaretlenmiş ve donatılar kesilmeden karot numunesi alınmıştır. Bu amaçla, yapıdan toplam 15 adet beton karot numunesi alınmıştır (Şekil 4.3). Yapılan değerlendirme sonucunda binanın mevcut beton basınç dayanımı 13.63 MPa olarak belirlenmiştir.



**Şekil 4.3.** Karot Numunesi Alımı

Binanın taşıyıcı sisteminden karot numuneler alınarak mevcut beton basınç dayanımı tespit edilmiştir. Ayrıca betonarme taşıyıcı sistemde örseleme ve röntgen cihazı ile donatı tespiti yapılmıştır (Şekil 4.4 ve Şekil 4.5). Yapılan örseleme çalışmaları neticesinde;

- Kolon ve kirişlerde, etriye ve boyuna donatılarda, donatı sınıfının BÇIII olduğu
- Kolon ve kirişlerde etriye adım aralığı 15-25 cm aralığında olduğu,
- Kolon ve kirişlerde etriye sıklaştırmalarının bulunmadığı tespit edilmiştir.



**Şekil 4.4.** Tahribatlı Yöntemle Donatı Tespiti



**Şekil 4.5.** Paspayının Kırılması İle Donatı Tespiti Yapılması (Örseleme)

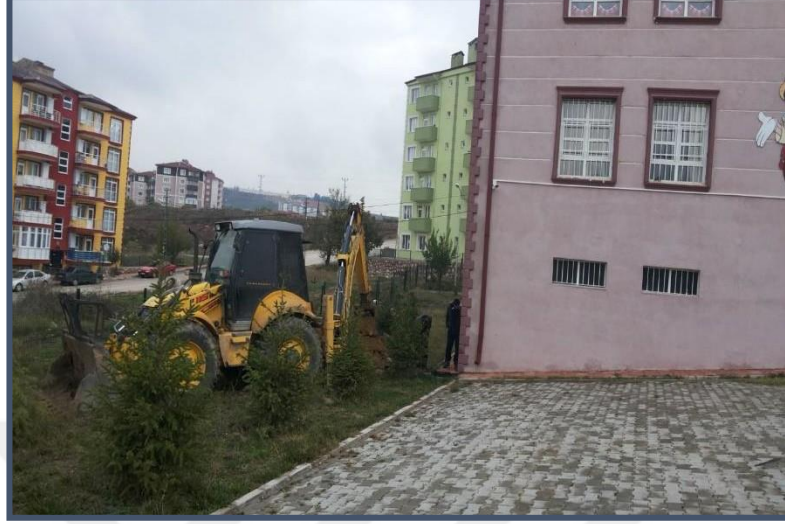
Karotlar, TS EN 12504-1'e göre alınarak hazırlandıktan sonra TS EN 12390-3'e göre deneye tabi tutulmuştur. Karot numuneleri, deneyden en az 3 gün öncesinden başlayarak laboratuvar ortam ve şartlarında bulundurulmuştur. Uzunluğu ve anma çapı birbirine eşit ve 100 mm olan karotlar deneye tabi tutularak bulunan dayanım değerleri, aynı şartlarda oluşturulan ve küre tabi tutulan 150 mm' lik küp numunelerin dayanımına eşittir. Anma çapı 100-150 mm arasında ve uzunluk/çap oranı 2,0 olan karotlar deneye tabi tutularak elde edilen dayanım değerleri, aynı şartlarda oluşturulan ve küre tabi tutulan, çapı 150 mm ve uzunluğu 300 mm olan silindir numune dayanımına (TS 500 Standart Beton Basınç Dayanımı Değeri) eşittir.

Binanın oturduğu zemin ve temel hakkında bilgi edinebilmek için temel inceleme çukuru açılmıştır (Şekil 4.6). Zemin ile ilgili elde edilen bilgiler Tablo 4.2'de verilmiştir.

**Tablo 4.2.** DBYBHY-2007'ye Göre Zemin Parametreleri

Zemin emniyet gerilmesi $q_{em}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	1.5
Oturma miktarı ( $\Delta H$ ) (cm)	14.08
Zemin grubu (Z)	Z3
Zemin sınıfı	C
Zemin yatak katsayısı (K) (t/m <sup>3</sup> )	1800
Deprem bölgesi (D)	1.derece
Etkin yer ivmesi ( $A_0$ )	0.40
Bina önem katsayısı	1.0

Yapılan inceleme sonucunda yapıdan gelen yüklerin zemine iletilebilmesi için kirişli radye temel uygulandığı tespit edilmiştir. Temel kirişi genişlik ve yüksekliği 80 ve 120 cm ve radye temel kalınlığı da 40 cm'dir (Şekil 4.7).

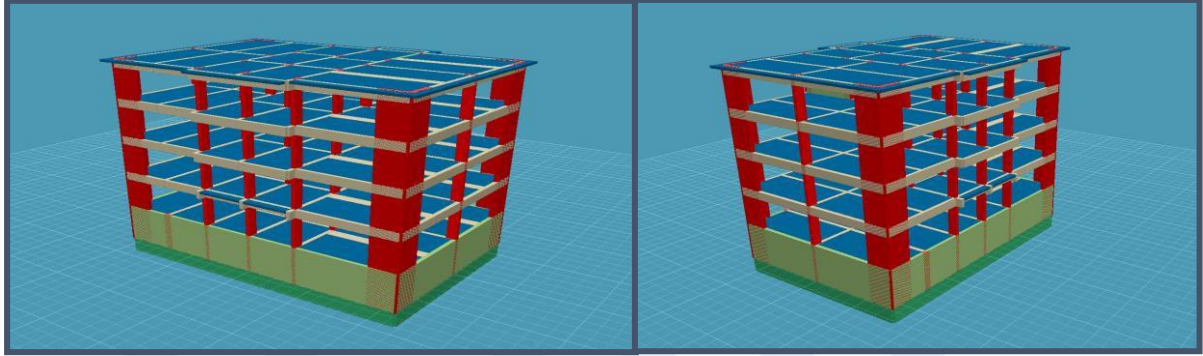


**Şekil 4.6.** Temel Muayene Çukuru Açılması



**Şekil 4.7.** Temel Tipi ve Boyutlarının Belirlenmesi

Mevcut yapı, yürürlükte bulunan “2007- Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik” hükümlerine göre incelenmiş ve elde edilen veriler ışığında taşıyıcı sistemin 3 boyutlu matematiksel modeli oluşturulmuştur. Yapısal sistem analizinde STA4-CAD paket programı kullanılmıştır (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Yapının Modellenmesi

#### 4.2. DBYBHY-2007’ye Göre Deprem Analizi

DBYBHY-2007’ye göre “Binaların deprem performansı, uygulanan deprem etkisi altında binada oluşması beklenen hasarların durumu ile ilişkilidir ve dört farklı hasar durumu esas alınarak tanımlanmıştır.” Bunlar; hemen kullanım, can güvenliği, göçme öncesi performans düzeyi ve göçme durumu şeklinde tanımlanmıştır.

##### **Hemen Kullanım Performans Düzeyi için;**

Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %10’u Belirgin Hasar Bölgesi’ne geçebilir, ancak diğer taşıyıcı elemanlarının tümü Minimum Hasar Bölgesi’ndedir. Eğer varsa, gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri kaydı ile, bu durumdaki binaların Hemen Kullanım Performans Düzeyi’nde olduğu kabul edilir.

##### **Can Güvenliği Performans Düzeyi için;**

Eğer varsa, gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri kaydı ile, aşağıdaki koşulları sağlayan binaların Can Güvenliği Performans Düzeyi’nde olduğu kabul edilir:

(a) Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere,

kirişlerin en fazla %30'u ve kolonların aşağıdaki (b) paragrafında tanımlanan kadari İleri Hasar Bölgesi'ne geçebilir.

(b) İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların, her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olmalıdır. En üst katta İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların kesme kuvvetleri toplamının, o kattaki tüm kolonların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla %40 olabilir.

(c) Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi veya Belirgin Hasar Bölgesi'ndedir. Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir.

Binaya ilişkin yapılan detaylı incelemeler sonucunda elde edilen bilgilere göre Deprem Performans Analizi yapılmıştır. Analizlerde 06 Mart 2007'de Resmî Gazetede yayınlanan "Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik" in orta bilgi düzeyi için öngörülen katsayılar kullanılarak, yönetmeliğin 7.5 Depremde Bina Performansının Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleri İle Belirlenmesi" maddesine göre binanın deprem performansı belirlenmiştir.

Mevcut bina, öncelikli olarak servis yükleri (düşey yükler) etkisine göre ( $A_0=0$  alınarak) analiz yapılmıştır. Bu analizde taşıyıcı sistem elemanlarına ait kesitlerin yeterliliği kontrol edilmiştir. Yerinde yapılan örseleme ve röntgen işlemleri sonucunda tespit edilen donatılar sisteme tanımlanmıştır. Bu bilgiler ışığında deprem etkisine göre ( $A_0=0.40$  alınarak) analiz yapılmış ve deprem performansı belirlenmiştir.

Yapılan analizlerde Deprem Yönetmeliğinin 7.7. maddesinde "Farklı Deprem Düzeylerinde Binalar İçin Öngörülen Minimum Performans Hedefleri" için istenilen asgari şartlar incelenmiştir. Bina önem katsayısı,  $I=1.00$  alınarak 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan en büyük depreme karşı binanın "Hemen Kullanım Performans Seviyesi",  $I=1.50$  alınarak 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan en büyük depreme karşı binanın "Can Güvenliği Performans Seviyesi" kriterlerine uygunluğu kontrol edilmiştir. Analiz sonucunda elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir. MH: Minimum hasar, BH: Belirgin hasar, İH: İleri Hasar ve GB: Göçme bölgesini ifade etmektedir. Kiriş hasar yüzdeleri Tablo 4.3'te, kolon kesme kuvveti dağılımı Tablo 4.4'te, alt ve üst kesitlerinde minimum hasar bölgesini aşan kolonların kesme kuvveti dağılımı Tablo 4.5'te verilmiştir.

**Tablo 4.3. DBYBHY-2007'ye Göre Kiriş Hasar Yüzdeleri**

Kat No	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
	MH	BH	İH	GB	MH	BH	İH	GB	MH	BH	İH	GB	MH	BH	İH	GB
5	91.7	8.3	0	0	75.0	25.0	0	0	100	0	0	0	83.3	16.7	0	0
4	66.7	33.3	0	0	66.7	33.3	0	0	94.4	5.6	0	0	66.7	33.3	0	0
3	50.0	50.0	0	0	66.7	33.3	0	0	83.3	16.7	0	0	61.1	38.9	0	0
2	92.9	7.1	0	0	64.3	35.7	0	0	83.3	16.7	0	0	72.2	27.8	0	0
1	100	0.0	0	0	100	0.0	0	0	100	0	0	0	90.0	10.0	0	0
Max.	100	50.0							100					38.9		

**Tablo 4.4. DBYBHY-2007'ye Göre Kolon Kesme Kuvveti Dağılımı**

Kat No	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
	MH	BH	İH	GB	MH	BH	İH	GB	MH	BH	İH	GB	MH	BH	İH	GB
5	0.0	78.9	9.0	12.0	0.0	83.4	5.4	11.2	90.6	2.0	6.4	1.1	86.5	5.8	6.4	1.3
4	0.0	69.6	12.7	17.7	0.0	76.2	2.2	21.6	88.5	1.8	8.4	1.4	85.6	4.7	7.7	2.0
3	0.0	65.9	10.6	23.4	0.0	65.6	16.5	17.9	89.6	0.0	9.0	1.4	85.8	3.9	4.3	6.0
2	11.7	73.1	4.7	10.5	11.4	74.1	3.1	11.4	87.4	8.6	1.3	2.6	81.2	11.9	4.0	2.8
1	99.9	0.0	0.0	0.1	99.9	0.0	0.0	0.1	100	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0
Max.	99.9			23.4		83.4	16.5		100							

**Tablo 4.5. DBYBHY-2007'ye Alt ve Üst Kesitlerinde Minimum Hasar Bölgesini Aşan Kolonların Kesme Kuvveti Dağılımı**

Kat No	(-X)		(+X)		(-Y)		(+Y)	
	MH	BH+İH+GB	MH	BH+İH+GB	MH	BH+İH+GB	MH	BH+İH+GB
5	79.9	20.1	80.5	19.5	90.6	9.4	90.5	9.5
4	67.4	32.6	68.3	31.7	88.5	11.5	88.5	11.5
3	70.0	30.0	70.5	29.5	91.3	8.7	89.7	10.3
2	86.6	13.4	87.9	12.1	96.0	4.0	93.4	6.6
1	100	0.0	100	0.0	100	0.0	100	0.0
Max.	100	32.6						

Bina yatay yük kapasite oranı 2. Kat:  $V_r/V_e = 515.94 / 611.71 = 0.843$

Can güvenliği **X**

Göçme durumu, **güçlendirme gereklidir.**

Göçmenin önlenmesi yeterlilik kontrolü:

Göçme bölgesi kiriş hasar oranı= %0.0 < %20 ✓

Plastikleşen kolon  $V_c$  oranı=%32.6 > %30 **X**, (GB=%0.0 ✓)

Yapılan analizler neticesinde;

- Bina önem katsayısı  $I=1.00$  alındığında “Göçmenin Önlenmesi Durumu Performans Seviyesi”
- Bina önem katsayısı  $I=1.50$  alındığında “Göçmenin Önlenmesi Durumu Performans Seviyesi”nde olduğu belirlenmiştir. Mevcut yapının güçlendirilmesi gerekmektedir.

#### **4.3. DBYBHY-2007’ye Göre Güçlendirilmiş Durum Performans Analizi**

DBYBHY-2007’ye göre yapılan deprem analizi sonucunda belirlenen yetersizliklerin önlenmesi amacı ile yapının taşıyıcı sistemine;

- Y-Y doğrultusunda; 2-2, 3-3 ve 4-4 akslarında olacak şekilde 3 adet betonarme perde eleman,
- X-X doğrultusunda; C-C aksında olacak şekilde 2 adet betonarme perde eleman ilave edilmiştir.

Perde elemanların ilave edildiği normal kat planı EK-5’te verilmiştir. Bina önem katsayısı  $I=1.0$  alınıp analiz tekrar analiz yapılmıştır. Analiz sonucu elde edilen kiriş hasar yüzdeleri Tablo 4.6’da, kolon kesme kuvveti dağılımı Tablo 4.7’de, alt ve üst kesitlerinde minimum hasar bölgesini aşan kolonların kesme kuvveti dağılımı Tablo 4.8’de verilmiştir.

**Tablo 4.6.** DBYBHY-2007'ye Güçlendirilen Durum İçin Kiriş Hasar Yüzdeleri

Kat No	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
	MH	BH	İH	GB	MH	BH	İH	GB	MH	BH	İH	GB	MH	BH	İH	GB
5	100	0	0	0	100	0	0	0	93.3	6.7	0	0	100	0	0	0
4	100	0	0	0	100	0	0	0	93.3	6.7	0	0	100	0	0	0
3	100	0	0	0	100	0	0	0	93.3	6.7	0	0	100	0	0	0
2	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
1	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
Max.	100									6.7						

**Tablo 4.7.** DBYBHY-2007'ye Göre Güçlendirilen Durum İçin Kolon Kesme Kuvveti Dağılımı

Kat No	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
	MH	BH	İH	GB	MH	BH	İH	GB	MH	BH	İH	GB	MH	BH	İH	GB
5	100	0	0	0	100	0	0	0	99.7	0.3	0	0	100	0	0	0
4	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
3	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
2	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
1	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
Max.	100									0.3						

**Tablo 4.8.** DBYBHY-2007'ye Göre Güçlendirilen Durum İçin Alt ve Üst Kesitlerinde Minimum Hasar Bölgesini Aşan Kolonların Kesme Kuvveti Dağılımı

Kat No	(-X)		(+X)		(-Y)		(+Y)	
	MH	BH+İH+GB	MH	BH+İH+GB	MH	BH+İH+GB	MH	BH+İH+GB
5	100	0	100	0	100	0	100	0
4	100	0	100	0	100	0	100	0
3	100	0	100	0	100	0	100	0
2	100	0	100	0	100	0	100	0
1	100	0	100	0	100	0	100	0
Max.	100							

Bina yatay yük kapasite oranı 2. Kat:  $V_r/V_e = 904.35/467.36=1.935$

Belirgin kiriş hasar oranı = %6.7  $\leq 10$  Hemen kullanım ✓

Bina önem katsayısı  $I=1.50$  alınarak analiz tekrar analiz yapılmıştır. Analiz sonucu elde edilen kiriş hasar yüzdeleri Tablo 4.9’da, kolon kesme kuvveti dağılımı Tablo 4.10’da, alt ve üst kesitlerinde minimum hasar bölgesini aşan kolonların kesme kuvveti dağılımı Tablo 4.11’de verilmiştir.

**Tablo 4.9.** DBYBHY-2007’ye Güçlendirilen Durum İçin Kiriş Hasar Yüzdeleri

Kat No	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
	MH	BH	İH	GB	MH	BH	İH	GB	MH	BH	İH	GB	MH	BH	İH	GB
5	100	0	0	0	100	0	0	0	86.7	13.3	0	0	100	0	0	0
4	100	0	0	0	100	0	0	0	80.0	20.0	0	0	73.3	26.7	0	0
3	100	0	0	0	100	0	0	0	86.7	13.3	0	0	100	0	0	0
2	100	0	0	0	100	0	0	0	93.3	6.7	0	0	100	0	0	0
1	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0.0	0	0	100	0	0	0
Max.	100									6.7				26.7		

**Tablo 4.10.** DBYBHY-2007’ye Göre Güçlendirilen Durum İçin Kolon Kesme Kuvveti Dağılımı

Kat No	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
	MH	BH	İH	GB	MH	BH	İH	GB	MH	BH	İH	GB	MH	BH	İH	GB
5	100	0	0	0	100	0	0	0	98.3	1.7	0	0	98.4	1.6	0	0
4	100	0	0	0	100	0	0	0	98.3	1.7	0	0	98.3	1.7	0	0
3	100	0	0	0	100	0	0	0	98.4	1.6	0	0	98.4	1.6	0	0
2	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0.0	0	0	100	0	0	0
1	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0.0	0	0	100	0	0	0
Max.	100									1.7						

**Tablo 4.11.** DBYBHY-2007'ye Göre Güçlendirilen Durum İçin Alt ve Üst Kesitlerinde Minimum Hasar Bölgesini Aşan Kolonların Kesme Kuvveti Dağılımı

Kat No	(-X)		(X)		(-Y)		(Y)	
	MH	BH+İH+GB	MH	BH+İH+GB	MH	BH+İH+GB	MH	BH+İH+GB
5	100	0	100	0	99.3	0.7	99.3	0.7
4	100	0	100	0	99.6	0.4	100	0
3	100	0	100	0	99.0	1.0	100	0
2	100	0	100	0	100	0	100	0
1	100	0	100	0	100	0	100	0
Max.	100					1.0		

Bina yatay yük kapasite oranı 2. Kat:  $V_r/V_e = 907.29 / 701.05 = 1.294$

Belirgin kiriş hasar oranı = %26.7 > %10 Hemen kullanım **X**

Can güvenliği durumu, **güçlendirme yeterlidir.**

Göçmenin önlenmesi yeterlilik kontrolü:

Kiriş hasar oranı = (İH = %0.0 ≤ %30 ✓), (GB = %0.0 ✓)

Kolon hasar oranı = (İH = %0.0 ≤ %20 ✓), (GB = %0.0 ✓)

Üst kat  $V_c$  oranı = (İH = %0.0 ≤ %40 ✓), (GB = %0.0 ✓)

Plastikleşen kolon  $V_c$  oranı = (BH+İH+GB = %1.0 ≤ %30 ✓), (GB = %0.0 ✓)

Yapılan analizler sonucunda  $I=1.0$  alındığında “Hemen Kullanım Performans Seviyesi”,  $I=1.5$  alındığında “Can Güvenliği Performans Seviyesi” kriterlerinin sağlandığı belirlenmiştir. Yapılacak olan güçlendirmede beton sınıfı C30 beton sınıfı ve S420 donatı çeliği seçilmiştir.

## 5. TBDY-2018'e GÖRE BİNANIN İNCELENMESİ

Bilecik Merkezde bulunan okul binası yürürlükte bulunan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018'in Bölüm 15- Deprem Etkisi Altında Mevcut Bina Sistemlerinin Değerlendirilmesi ve Güçlendirme Tasarımı İçin Özel Kurallar'a göre incelenmiştir. Taşıyıcı sistem elemanlarının detay ve boyutları, taşıyıcı sistem geometrisi ve malzeme özellikleri yönetmelik hükümlerine göre tekrar gözden geçirilmiştir.

### 5.1. TBDY 2018'e Göre Bina Bilgileri

Okul binası eğitim kurumu olup Bina Kullanım Sınıfı BKS= 1 olarak seçilmiştir (Tablo 5.1). Yapının zemin sınıfına ve konumuna göre kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı ( $S_{DS}$ ) 0,719 olarak belirlenmiş ve binanın Deprem Tasarım Sınıfı (DTS) 2a olarak seçilmiştir (Tablo 5.2). Bina yükseklik sınıfının tespitinde zemin kat ve 3 normal kat yüksekliği esas alınarak 13,20 m olarak belirlenmiştir. Bu yükseklik ile DTS ve BKS değerleri göz önüne alındığında, Binanın Yükseklik Sınıfı BYS= 6 olarak seçilmiştir (Tablo 5.3).Tespit edilen bu değerler yapının deprem performans analizinde kullanılmıştır.

**Tablo 5.1.** Bina kullanım sınıfları (BKS) ve bina önem katsayıları

Bina Kullanım Sınıfı	Bina Kullanım Amacı	Bina Önem Katsayısı
<b>BKS = 1</b>	<b>Deprem sonrası kullanımı gereken binalar, insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar, değerli eşyanın saklandığı binalar ve tehlikeli madde içeren binalar</b>	<b>1.5</b>
BKS = 2	İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar	1.2
BKS = 3	Diğer binalar	1.0

**Tablo 5.2.** Deprem tasarım sınıfları (DTS)

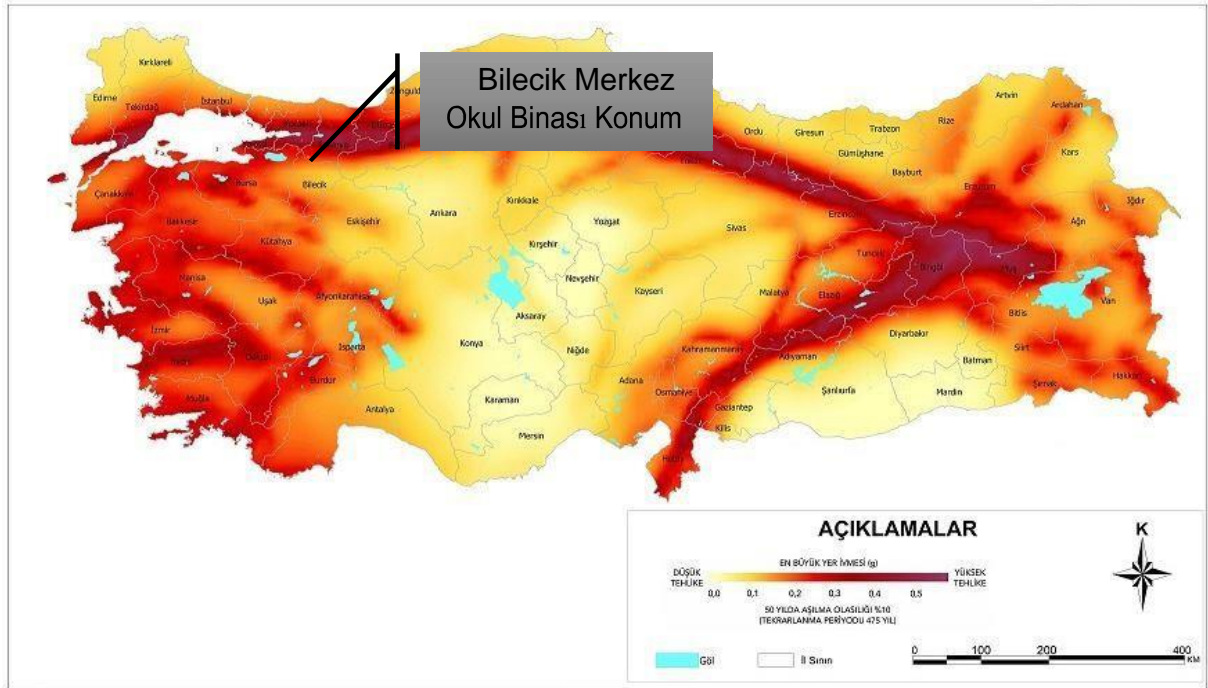
DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyinde Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı ( $S_{DS}$ )	Bina Kullanım Sınıfı	
	BKS = 1	BKS = 2, 3
$S_{DS} < 0.33$	DTS = 4a	DTS = 4
$0.33 \leq S_{DS} < 0.50$	DTS = 3a	DTS = 3
<b><math>0.50 \leq S_{DS} &lt; 0.75</math></b>	<b>DTS = 2a</b>	DTS = 2
$0.75 \leq S_{DS}$	DTS = 1a	DTS = 1

**Tablo 5.3.** Bina yükseklik sınıfları (BYS) ve deprem tasarım sınıflarına göre tanımlanan bina yükseklik aralıkları

Bina Yükseklik Sınıfı	Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıfına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları (m)		
	DTS = 1, 1a, 2, 2a	DTS = 3, 3a	DTS = 4, 4a
BYS = 1	$H_N > 70$	$H_N > 91$	$H_N > 105$
BYS = 2	$70 \geq H_N > 56$	$91 \geq H_N > 70$	$105 \geq H_N > 91$
BYS = 3	$56 \geq H_N > 42$	$70 \geq H_N > 56$	$91 \geq H_N > 56$
BYS = 4	$42 \geq H_N > 28$	$56 \geq H_N > 42$	
BYS = 5	$28 \geq H_N > 17.5$	$42 \geq H_N > 28$	
<b>BYS = 6</b>	<b><math>17.5 \geq H_N &gt; 10.5</math></b>	$28 \geq H_N > 17.5$	
BYS = 7	$10.5 \geq H_N > 7$	$17.5 \geq H_N > 10.5$	
BYS = 8	$7 \geq H_N$	$10.5 \geq H_N$	

## 5.2. Bina Konumundaki Depremsellik

22.01.2018 tarih ve 2018/11275 sayılı Bakanlar Kurulu kararı ile yürürlüğe konulan Türkiye Deprem Haritaları (Şekil 5.1) ile dört deprem yer hareketi düzeyi tanımlanmıştır (Tablo 5.4).



**Şekil 5.1.** Deprem Tehlike Haritası

**Tablo 5.4.** Deprem yer hareketi düzeyleri

Deprem Yer Hareketi Düzeyi	50 Yılda Aşılma Olasılığı (%)	Tekrarlanma Periyodu (Yıl)	Deprem Yer Hareketi Niteliği
DD – 1	%2	2475	Çok Seyrek
DD – 2	%10	475	Seyrek
DD – 3	%50	72	Sık
DD – 4	%68	43	Çok Sık

Okul Binası, mevcut yerinde dökme betonarme binalar için performans analizi yapılmıştır. Deprem Tasarım Sınıfı (DTS) 2a olduğu için bina DD-1 ve DD-3 deprem yer hareketi düzeylerinde analiz edilmeli ve performans hedefleri sağlanmalıdır. KH: Kontrollü hasar, SH: Sınırlı hasar ve ŞGDT: Şekil değiştirmeye göre değerlendirme ve tasarımı göstermek üzere Tablo 5.5’te verilmiştir.

**Tablo 5.5.** Mevcut Yerinde Dökme Betonarme Binalar İçin Performans Hedefleri

Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DTS=1, 2, 3, 3a, 4, 4a		DTS=1a, 2a	
	Normal performans hedefi	Değerlendirme/ tasarım yaklaşımı	Normal performans hedefi	Değerlendirme/ tasarım yaklaşımı
<b>DD-3</b>	-	-	<b>SH</b>	<b>ŞGDT</b>
DD-2	KH	ŞGDT	-	-
<b>DD-1</b>	-	-	<b>KH</b>	<b>ŞGDT</b>

### 5.3. TBDY-2018’e Göre Binada Kullanılan Malzemelerin Belirlenmesi

DBYBHY-2007’ye göre incelenmiş okul binası TBDY-2018’e göre tekrar incelenmiştir.

#### 5.3.1 Donatı

Mevcut bina taşıyıcı sisteminde kullanılan donatıların tespit edilmesi amacıyla, TBDY 2018’in “15.2.5. Betonarme Binalarda Kapsamlı Bilgi Düzeyi” bölümüne göre incelemeler

yapılmıştır. Bu maddeye göre “Her katta en az birer adet olmak üzere perde ve kolonların %5’inin beton örtüsü sıyrılarak donatı tespiti yapılacaktır. Donatı tespiti amacıyla her kattan bir adet kirişin beton örtüsü sıyrılacaktır. Ayrıca beton örtüsü sıyrılmayan perde ve kolonların %20’sinde enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi donatı tespit cihazı ile belirlenecektir.” denilmektedir. Bu kapsamda 26 adet kolon ve 21 adet kiriş tahribatlı yöntem ile, 23 kolon ve 32 kirişte tahribatsız yöntem ile incelenmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda betonarme elemanlarda kullanılan donatının nervürlü (BÇIII) olduğu, kolon ve kiriş birleşim bölgelerinde sıklaştırma yapılmadığı tespit edilmiştir. Kiriş donatılarında kesit azalmasına neden olacak seviyede korozyona rastlanılmamıştır.

TBDY- 2018’in 15.2.4.2- Eleman Detayları bölümünde “Donatı tespiti yapılan betonarme perde ve kolonlarda bulunan mevcut donatının minimum donatıya oranını ifade eden donatı gerçekleşme katsayısı belirlenecektir. Perde ve kolon kapasitelerinin belirlenmesinde kullanılan bu katsayı 1’den büyük olamaz. Bu katsayı donatı tespiti yapılmayan diğer tüm perde ve kolonlara uygulanarak olası donatı miktarları belirlenecektir. Kirişler için yalnızca düşey tasarım yükleri altında gerekli olan donatı kullanılacaktır.” denilmektedir. Bu amaçla, tahribatlı ve tahribatsız yapılan donatı tespit işlemlerinden elde edilen donatı miktarları ile yapıyı düşey yükler altında analizinden elde edilen donatılar ile kıyaslaması yapılmıştır (EK-6). Elde edilen sonuçlardan donatı gerçekleşme katsayısı 0.83 olarak belirlenmiştir.

### **5.3.2. Beton**

Mevcut binada kullanılan betonun kalitesinin belirlenmesi amacıyla, TBDY 2018’in “15.2.5 Betonarme Binalarda Kapsamlı Bilgi Düzeyi” bölümüne göre karot numune sayısı belirlenmiştir. Bu bölümde, “Kolonlardan veya perdelerden TS 12504-1’de belirtilen koşullara uygun şekilde zemin katta üç, diğer katlarda iki adetten az olmamak üzere ve binada toplam 9 adetten az olmamak üzere, her 400 m<sup>2</sup>’den bir adet beton örneği alınarak deney yapılacaktır.” denilmektedir. Toplamda 15 adet karot numunesi alınmıştır.

Binanın karakteristik beton basınç dayanımının belirlenmesi için karot numuneleri TS EN 12504-1’e göre alınmış ve hazırlandıktan sonra TS EN 12390-3’e göre deneye tabi tutulmuştur. Uzunluğu ve anma çapı birbirine eşit ve 100 mm olan karotlar deneye tabi tutularak bulunan dayanım değerleri mevcut beton dayanımının tayininde kullanılmıştır.

TBDY 2018’in 15.2.5.3. Malzeme Özellikleri başlıklı bölümünde, “Elemanların kapasitelerinin hesaplanmasında, örneklerden elde edilen (ortalama eksi standart sapma)

*değeri ile (0,85 çarpı ortalama) değeri arasında büyük olanı mevcut beton dayanımı olarak alınacaktır. Bir grup beton örneğine ait deney sonuçları arasında en küçük değer ile geriye kalan sonuçların ortalaması arasındaki farkın değerlendirilmesi ile en küçük değer in istatistiki olarak sapan bir sonuç olup olmadığı kontrol edilecektir. Bu amaçla, gruptaki numune sonuçlarının değerlendirilmesinde, en düşük tek değer, geriye kalan diğer sonuçların ortalamasının %75'inden daha düşük ise bu numune değerlendirmeye alınmaz.” denilmektedir. Her iki şarta göre deney elemanları sonuçları değerlendirilmiş ve EK-7’de sunulmuştur.*

### **5.3.3. Yapı Zemini Hakkında Bilgiler**

İnceleme alanında 3 adet 9.00 metre derinliğinde toplam 27 metre zemin sondajı yapılmıştır. Sondaj çalışmaları vaziyet planı dikkate alınarak belirlenen noktalarda yapılmıştır. İnceleme alanında yer alan jeolojik birimler ve bu birimlerin yatay-düşey yönde dağılımı sondajlarda geçilen birimlerin makro incelenmesi ve laboratuvar deney sonuçlarının incelenmesiyle çıkartılmıştır. Yapılan temel sondajları ve diğer arazi çalışmaları sonucunda yüzeyden itibaren yaklaşık 0.50 metreye kadar dolgu malzemesi devamında ise 9.00 m’ye kadar Bilecik Kireçtaşlarına ait çok ayrışmış killi kireçtaşı birimleri tespit edilmiştir (Şekil 5.2).





**Şekil 5.2.** Sondaj Çalışması

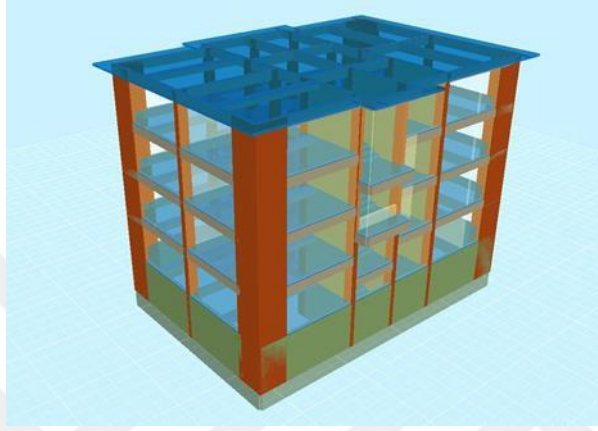
Tablo 5.6’da TBDY-2018’e göre yerel zemin sınıfları verilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda yapının oturduğu zemin sınıfı ZC sınıfına denk gelmektedir.

**Tablo 5.6.** Yerel Zemin Sınıfları (TBDY-2018)

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Cinsi	Üst 30 metrede ortalama		
		$V_{s,30}$ (m/sn)	$N_{60,30}$ (darbe/30 cm)	$C_{u,30}$ (kPa)
ZA	Sağlam, sert kayalar	> 1500	-	-
ZB	Az ayrılmış, orta sağlam kayalar	760-1500	-	-
ZC	<b>Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrılmış, çok çatlaklı zayıf kayalar</b>	<b>360-760</b>	<b>&gt; 50</b>	<b>&gt; 250</b>
ZD	Orta sıkı – sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	180-360	15-50	70-250
ZE	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak – katı kil tabakaları veya $PI > 20$ ve $w > \%40$ koşullarını sağlayan toplamda 3 metren daha kalın yumuşak kil tabakası ( $C_u < 25$ kPa) içeren profiller	< 180	< 15	< 70
ZF	Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler: 1) Deprem etkisi altında çökme ve potansiyel göçme riskine sahip zeminler (sıvılaşabilir zeminler, yüksek derecede hassas killer, göçebilir zayıf çimentolu zeminler vb.), 2) Toplam kalınlığı 3 metreden fazla turba ve/veya organik içeriği yüksek killer, 3) Toplam kalınlığı 8 m’den fazla olan yüksek plastisiteli ( $PI > 50$ ) killer, 4) Çok kalın (>35 m) yumuşak veya orta katı killer.			

#### 5.4. TBDY-2018'e G6re Deprem Analizi

Mevcut yapı, y6r6rl6kte bulunan TBDY-2018 h6k6mlerine g6re incelenmiş ve elde edilen veriler ışığında binanın taşıyıcı sistemine ait 3 boyutlu matematiksel modeli oluşturulmuştur (şekil 5.3). Yapısal sistem analizinde STA4-CAD paket programı kullanılmıştır.

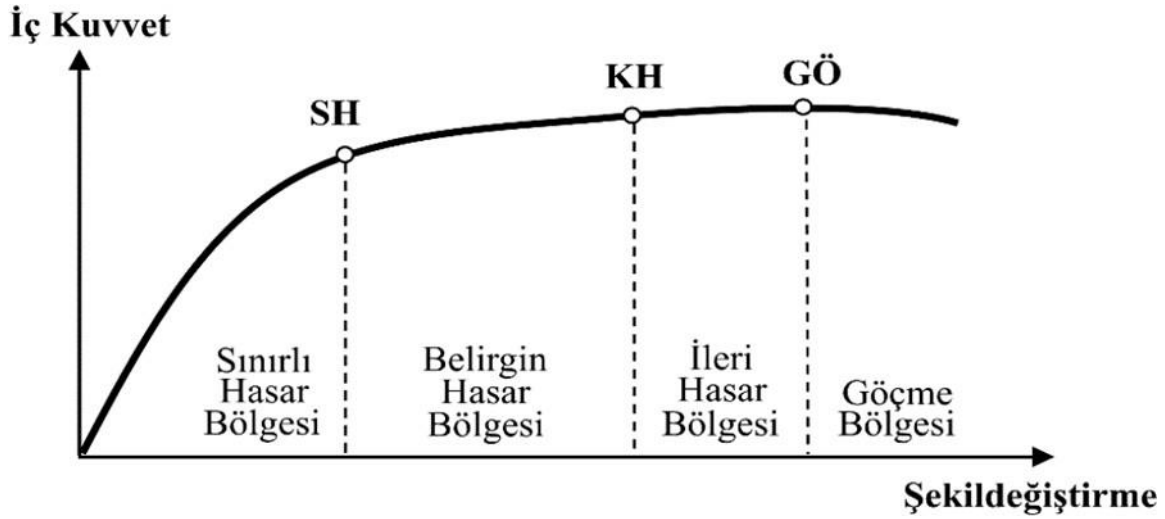


şekil 5.3. STA4CAD modeli

##### 5.4.1. TBDY-2018 Koşulları

S6nek elemanlar i7in kesit d6zeyinde 67 hasar durumu ve hasar sınırı tanımlanmıştır. Bunlar Sınırlı Hasar (SH), Kontroll6 Hasar (KH) ve G67me 6ncesi Hasar (G6) durumları ve bunların sınır değerleridir. Sınırlı hasar ilgili kesitte sınırlı miktarda elastik 6tesi davranışı, kontroll6 hasar kesit dayanımının g6venli olarak sağlanabileceği elastik 6tesi davranışı, g67me 6ncesi hasar durumu ise kesitte ileri d6zeyde elastik 6tesi davranışı tanımlamaktadır. Gevrek olarak hasar g6ren elemanlarda bu sınıflandırma ge7erli değildir.

Kritik kesitlerinin hasarı SH'ya ulaşmayan elemanlar Sınırlı Hasar B6lgesi'nde, SH ile KH arasında kalan elemanlar Belirgin Hasar B6lgesi'nde, KH ile G6 arasında kalan elemanlar İleri Hasar B6lgesi'nde, G6'y6 aşan elemanlar ise G67me B6lgesi'nde yer alırlar (şekil 5.4).



Şekil 5.4. TBDY-2018 Kesit Hasar Bölgeleri

#### 5.4.2. TBDY-2018 Deprem Hesabına İlişkin Genel İlke ve Kurallar

- Deprem etkisinin tanımında, yatay elastik tasarım spektrumu kullanılacaktır. Deprem hesabında Bina Önem Katsayısı uygulanmayacaktır ( $I = 1.0$ ).

- Binaların deprem performansı, binaya etkiyen düşey yüklerin ve deprem etkilerinin birleşik etkileri altında değerlendirilecektir.

- Deprem kuvvetleri binaya her iki doğrultuda ve her iki yönde ayrı ayrı etkietirilecektir.

- Binanın taşıyıcı sistem modeli, deprem etkileri ile düşey yüklerin ortak etkileri altında yapı elemanlarında oluşacak iç kuvvet, yer değiştirme ve şekil değiştirmeleri hesaplamak için yeterli doğrulukta hazırlanacaktır.

- Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her katta iki yatay yer değiştirme ile düşey eksen etrafında dönme serbestlik dereceleri göz önüne alınacaktır. Kat serbestlik dereceleri her katın kütle merkezinde tanımlanacak, ayrıca ek dış merkezlik uygulanmayacaktır.

- Mevcut binaların taşıyıcı sistemlerindeki belirsizlikler, binadan derlenen verilerin kapsamına göre bilgi düzeyi katsayıları aracılığı ile hesap yöntemlerine yansıtılacaktır.

- Kısa kolon olarak tanımlanan kolonlar, taşıyıcı sistem modelinde gerçek serbest boyları ile tanımlanacaktır.

- Bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisindeki betonarme kesitlerin etkileşim

diyagramlarının tanımlanmasına ilişkin koşullar aşağıda verilmiştir:

- a) Deprem hesabında beton ve donatı çeliğinin bilgi düzeyine göre belirlenen *mevcut dayanımları* esas alınacaktır.
- b) Betonun maksimum basınç birim şekil değiştirmesi 0.0035, donatı çeliğinin maksimum birim şekil değiştirmesi ise 0.01 alınabilir.
- c) Etkileşim diyagramları uygun biçimde doğrusallaştırılarak çok doğrulu veya çok düzlemlili diyagramlar olarak modellenebilir.

- Betonarme sistemlerin eleman boyutlarının tanımında birleşim bölgeleri rijit uç bölgeleri olarak göz önüne alınabilir.

- Eğilme etkisindeki betonarme elemanlarda çatlama kesite ait etkin kesit rijitlikleri kullanılacaktır.

- Betonarme tablalı kirişlerin pozitif ve negatif plastik momentlerinin hesabında tabla betonu ve içindeki donatı hesaba katılabilir.

- Betonarme elemanlarda kenetlenme veya bindirme boyunun yetersiz olması durumunda kesit kapasite momentinin hesabında ilgili donatının akma gerilmesi, kenetlenme veya bindirme boyundaki eksikliği oranında azaltılacaktır.

- Zemindeki şekil değiştirmelerin yapı davranışını etkileyebileceği durumlarda zemin özellikleri analiz modeline yansıtılacaktır.

Mevcut binaların deprem performansı, uygulanan deprem etkisi altında binada oluşması beklenen hasarların durumu ile ilişkili olup dört farklı hasar durumu esas alınarak tanımlanmıştır. Binaların deprem performansının belirlenmesi için uygulanacak kurallar aşağıda verilmiştir.

#### **5.4.3. Mevcut binalarda sınırlı hasar performans düzeyi**

Betonarme binaların herhangi bir katında, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin *en fazla %20'si Belirgin Hasar Bölgesi'ne geçebilir*, ancak diğer taşıyıcı elemanlarının tümü Sınırlı Hasar Bölgesi'ndedir. Eğer varsa, *gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri kaydı* ile bu durumdaki binaların Sınırlı Hasar Performans Düzeyi'nde olduğu kabul edilir.

#### 5.4.4. Mevcut binalarda kontrollü hasar performans düzeyi

Eğer varsa, *gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri kaydı* ile aşağıdaki koşulları sağlayan binaların Kontrollü Hasar Performans Düzeyi'nde olduğu kabul edilir:

a. Betonarme binaların herhangi bir katında, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere, *kirişlerin en fazla %35'i ve düşey elemanların (kolonlar, perdeler ve güçlendirilmiş bölme duvarlar) aşağıdaki (b) paragrafında tanımlanan kadari İleri Hasar Bölgesi'ne geçebilir.*

b. İleri Hasar Bölgesi'ndeki düşey elemanların, *her bir katta düşey elemanlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olmalıdır. En üst katta İleri Hasar Bölgesi'ndeki düşey elemanların kesme kuvvetleri toplamının, o kattaki tüm düşey elemanların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla %40 olabilir.*

c. Diğer taşıyıcı elemanların tümü Sınırlı Hasar Bölgesi veya Belirgin Hasar Bölgesi'ndedir. Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden *Belirgin Hasar Sınırı aşılmış olan düşey elemanlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm düşey elemanlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir* (Doğrusal yöntemle hesapta, alt ve üst düğüm noktalarının ikisinde birden TBDY 2018'deki Denk. (7.3)'ün sağlandığı kolonlar bu hesaba dahil edilmezler).

#### 5.4.5. Mevcut binalarda göçmenin önlenmesi performans düzeyi

Gevrek olarak hasar gören tüm elemanların Göçme Bölgesi'nde olduğunun göz önüne alınması kaydı ile, aşağıdaki koşulları sağlayan binaların Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi'nde olduğu kabul edilir:

a. Betonarme binaların herhangi bir katında, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere, *kirişlerin en fazla %20'si Göçme Bölgesi'ne geçebilir.* Çelik ve prefabrike betonarme binalarda bu istisnalar geçerli değildir.

b. Diğer taşıyıcı elemanların tümü Sınırlı Hasar Bölgesi, Belirgin Hasar Bölgesi veya İleri Hasar Bölgesi'ndedir. Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden *Belirgin Hasar Sınırı aşılmış olan düşey elemanlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm düşey elemanlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir* (Doğrusal yöntemle hesapta, alt ve üst düğüm noktalarının ikisinde birden TBDY 2018'deki

Denk. (7.3)'ün sağlandığı kolonlar bu hesaba dahil edilmezler).

c. Binanın mevcut durumunda kullanımı **can güvenliği bakımından sakıncalıdır.**

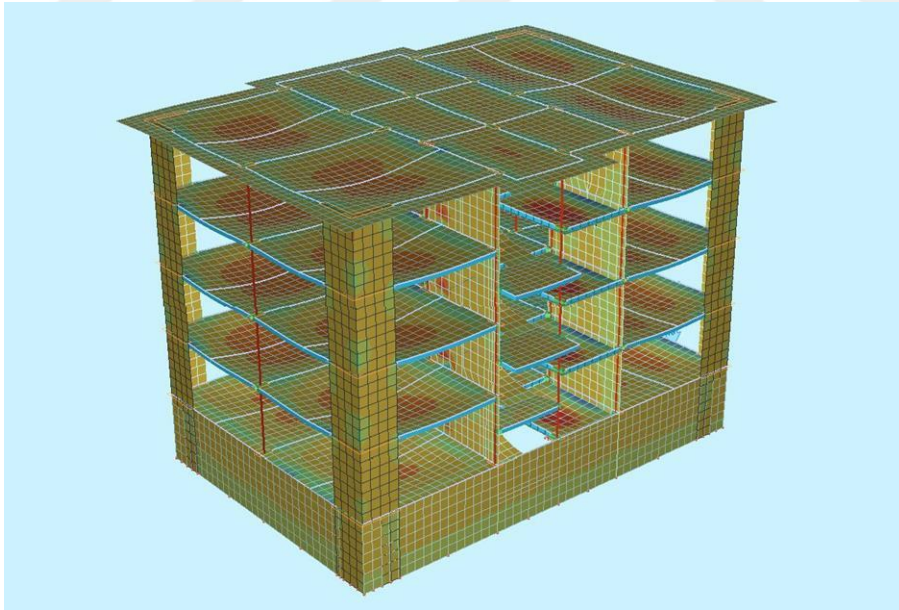
#### 5.4.6. Mevcut binalarda göçme durumu

Bina Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi'ni sağlayamıyorsa Göçme Durumu'ndadır. Binanın kullanımı **can güvenliği bakımından sakıncalıdır.**

#### 5.4.7. Mevcut Binanın Düşey Yük Analizi

Yapıyı oluşturan duvar, döşeme, kiriş, kolon gibi elemanların kendi ağırlıkları; örgü elemanları, kaplama malzemeleri, insan, eşya, kar, makine ağırlıkları vb. yükler düşey yük analizinde göz önüne alınan yüklerdir. Yükler yapı elemanlarında şekil ve yer değiştirmelere dolayısıyla iç kuvvetlerin (moment, kesme vb.) oluşmasına neden olur. İç kuvvetlere ve yer değiştirmelere (yatay/düşey, dönme) yük etkileri denir. Yapının güvenli olması için düşey yük etkilerine dayanması gerekir.

Mevcut okul binasında yapılan saha çalışmaları esas alınarak binanın 3 boyutlu modeli STA4CAD programında modellenmiştir. Hazırlanan model düşey yükler altında analiz edilmiştir (Şekil 5.5). Düşey yük analiz raporu Şekil 5.7'de verilmiştir.



Şekil 5.5. Modelleme-Düşey Yük Analiz Sonucu

**Tablo 5.7. Düşey Yük Analiz Raporu**

STA4-CAD		YETERSİZ ELEMAN LISTESİ			Auto Zoom		X
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ S107</li> <li>■ S115</li> <li>■ S209</li> <li>■ S212</li> </ul>							
<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: red;">■</span> KESİTİ YETERSİZ</li> <li><span style="color: green;">■</span> KJSATILMIS KOLON YETERSİZ</li> <li><span style="color: magenta;">■</span> ZEMİN GERİLMESİ YETERSİZ</li> <li><span style="color: gray;">■</span> SEHİM YETERSİZ</li> <li><span style="color: teal;">■</span> PERDE DEPREM YUKU TRANSFERİ</li> </ul>				<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: blue;">■</span> SUNEKLİLİK ALANI YETERSİZ</li> <li><span style="color: yellow;">■</span> KESME GUVENLİĞİ YETERSİZ</li> <li><span style="color: cyan;">■</span> ZİMBALAMA YETERSİZ</li> <li><span style="color: orange;">■</span> GUÇLU KOLON YETERSİZ</li> <li><span style="color: darkblue;">■</span> PLAK YUKSEKLİĞİ YETERSİZ</li> </ul>			

Kolon		N (t)	minor M	major M	fcd	$\rho$	As	Donatı	
SB07 I:35 J:0 A4 ✓	Bx=30	X-( G+Q )	178.265	-5.24	4.28	90.9	0.0025	5.25	2×3ø16+2×3ø16 (govde)
	By=70	X-(G+Q+E)	130.910	-3.77	3.14	90.9	0.0025	5.25	2ø8/9/9 (etriye)
		Y-( G+Q )	178.265	1.10	-8.39	90.9	0.0025	5.25	
	Hk=3.3m	Y-(G+Q+E)	130.634	0.78	-6.36	90.9	0.0025	5.25	
	$\beta_x = 1.000$	X-( G-E )	82.885	-1.87	0.37	90.9	0.0025	5.25	SUNEKLİLİK ALANI KONTRO
	$\beta_y = 1.000$	Y-( G-E )	82.673	0.38	-2.03	90.9	0.0025	5.25	LU YETERSİZ
SB15 I:109 J:0 A4 ✓	Bx=30	X-( G+Q )	174.519	-3.18	-4.19	90.9	0.0025	5.25	2×3ø16+2×3ø16 (govde)
	By=70	X-(G+Q+E)	130.251	-2.42	3.13	90.9	0.0025	5.25	2ø8/9/9 (etriye)
		Y-( G+Q )	174.519	-2.79	-6.28	90.9	0.0025	5.25	
	Hk=3.3m	Y-(G+Q+E)	129.342	-2.13	4.66	90.9	0.0025	5.25	
	$\beta_x = 1.000$	X-( G-E )	79.454	-0.50	-0.53	90.9	0.0025	5.25	SUNEKLİLİK ALANI KONTRO
	$\beta_y = 1.000$	Y-( G-E )	79.971	-0.86	-1.12	90.9	0.0025	5.25	LU YETERSİZ
SZ09 I:6 J:11 A4 ✓	Bx=70	X-( G+Q )	189.246	0.22	-19.05	90.9	0.0032	6.76	2×4ø16+2×4ø16 (govde)
	By=30	X-(G+Q+E)	141.588	0.21	-14.60	90.9	0.0025	5.25	2ø8/9/9 (etriye)
		Y-( G+Q )	189.246	-15.45	4.54	90.9	0.0043	8.96	
	Hk=3.3m	Y-(G+Q+E)	140.065	-11.34	3.36	90.9	0.0025	5.25	
	$\beta_x = 1.000$	X-( G-E )	90.077	0.11	-7.92	90.9	0.0025	5.25	SUNEKLİLİK ALANI KONTRO
	$\beta_y = 1.000$	Y-( G-E )	90.077	-5.47	0.12	90.9	0.0025	5.25	LU YETERSİZ
SZ12 I:111 J:155 A4 ✓	Bx=70	X-( G+Q )	173.264	0.41	13.10	90.9	0.0025	5.25	2×3ø16+2×3ø16 (govde)
	By=30	X-(G+Q+E)	129.758	0.35	9.91	90.9	0.0025	5.25	2ø8/9/9 (etriye)
		Y-( G+Q )	173.264	11.09	4.16	90.9	0.0031	6.58	
	Hk=3.3m	Y-(G+Q+E)	128.093	8.19	3.07	90.9	0.0025	5.25	
	$\beta_x = 1.000$	X-( G-E )	83.511	0.18	5.45	90.9	0.0025	5.25	SUNEKLİLİK ALANI KONTRO
	$\beta_y = 1.000$	Y-( G-E )	83.511	4.23	0.20	90.9	0.0025	5.25	LU YETERSİZ

Süneklilik alanı yetersiz olan elemanların düşey ve/veya yatay yük taşıma kapasiteleri yetersiz olup bu elemanlarda gevrek kırılma gözlemlenmektedir. Bu elemanlarda eksenel ve/veya yanal yük kapasitelerinin artırılması gerekmektedir.

#### 5.4.8. Mevcut Binanın Deprem Performans Analizi

Düşey yük analizine göre mevcut binanın kolon ve kiriş donatıları belirlenmiştir. Belirlenen bu donatılar ile saha çalışmalarından elde edilen donatılar kıyaslanarak donatı gerçekleşme oranı 0.83 olarak kabul edilmiştir. Binanın Deprem Tasarım Sınıfına göre DD-1 ve DD-3 deprem yer hareketi düzeylerine göre deprem performans analizi yapılmıştır. Doğrusal (linear) analiz için girilen parametreler Tablo 5.8’de verilmiştir.

**Tablo 5.8.** Doğrusal (Linear) Analiz İçin Girilen Parametreler

Bina bilgi düzeyi katsayısı	0.90
Hareketli yük azaltma oranı	0.60
Donatı kenetlenme boyu kapasite azaltma oranı	1.00
Etriye kancalarının kapanma açısı	90°
Kolon donatı gerçekleşme oranı	%83
Kiriş donatı gerçekleşme oranı	%83
Deprem yer hareketi düzeyi	DD1
Yapı davranış katsayısı	1.00

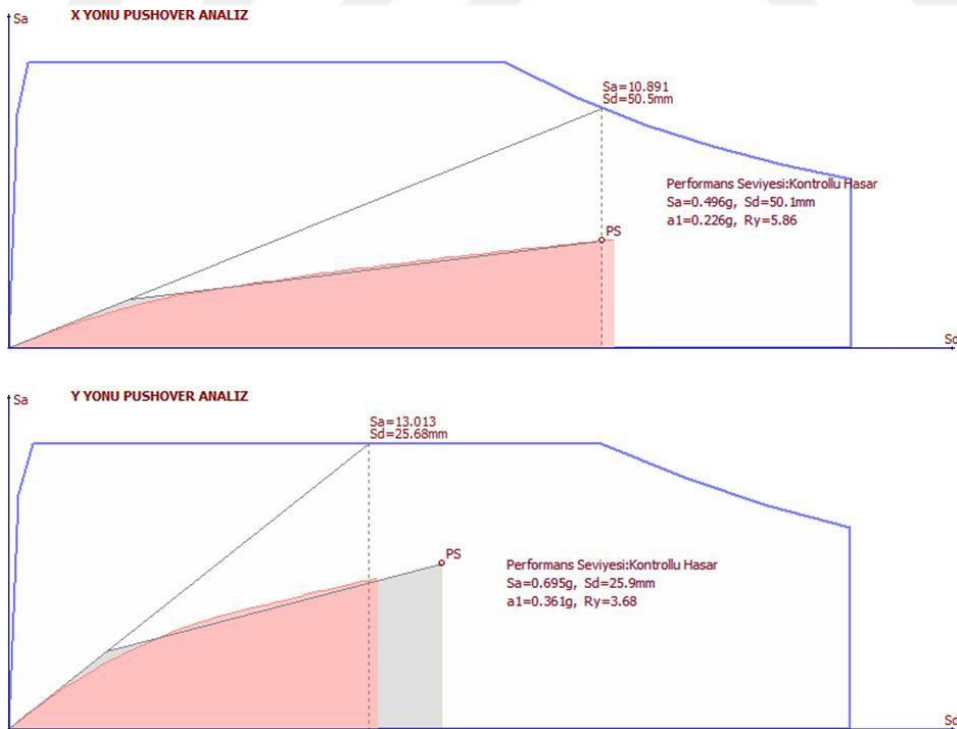
Mevcut binanın deprem performans analizi doğrusal yöntemle yapılmıştır. Doğrusal analiz yönteminin sınır şartları kontrol edilmiştir. Betonarme binalarda, binanın üst katı haricindeki herhangi bir katında, her bir deprem doğrultusu için düşey sünek elemanların (kolon, perde ve güçlendirilmiş bölme duvarlar) kesme kuvveti ile ölçeklendirilmiş etki/kapasite oranı (EKO) değerlerinin ortalamasının deprem yönündeki kirişlerin ortalama EKO değerinden büyük olması halinde yapının doğrusal olmayan deprem analizi yapılmalıdır. Doğrusal analiz sonucunda bu şart sağlanmadığı için doğrusal olmayan yöntemle deprem performans analizi aşamasına geçilmiştir. Doğrusal olmayan (nonlinear) analiz için girilen parametreler Tablo 5.9’da verilmiştir.

**Tablo 5.9.** Doğrusal Olmayan (Nonlinear) Analiz İçin Girilen Parametreler

Bina bilgi düzeyi katsayısı	0.90
Hareketli yük azaltma oranı	0.30
Kiriş düzey yük azaltma oranı	1.00
Donatı kenetlenme boyu kapasite azaltma oranı	1.00
Etriye kancalarının kapanma açısı	90°
Kolon minimum donatı oranı	0.01
Kolon donatı gerçekleşme oranı	%80
Kiriş donatı gerçekleşme oranı	%80
Deprem yer hareketi düzeyi	DD1
Yapı davranış katsayısı	1.00

#### 5.4.9. DD-1 Yer Hareketi Düzeyinde Bina Deprem Performans Analizi

Mevcut okul binası, mevcut yerinde dökme binalar için deprem performans analiz şartlarına göre değerlendirilmiştir. DD-1 deprem yer hareketi düzeyi için performans hedefi Kontrollü Hasar (KH) olmaktadır. DD-1 deprem performans analizi Şekil 5.6'da verilmiştir.



**Şekil 5.6.** DD-1 Deprem Performans Analizi

a. Betonarme binaların herhangi bir katında, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %35'i ve düşey elemanların (kolonlar, perdeler ve güçlendirilmiş bölme duvarlar) aşağıdaki (b) paragrafında tanımlanan kadarı İleri Hasar Bölgesi'ne geçebilir.

- İH:  $\%0,00 \leq \%35,00$  (✓)
- GB:  $\%0,00 \leq \%0,00$  (✓)

Binadaki kirişler İH bölgesine geçmemiş, yönetmeliğin bu **şartı sağlanmaktadır** (Tablo 5.10).

b. İleri Hasar Bölgesi'ndeki düşey elemanların, her bir katta düşey elemanlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olmalıdır. En üst katta İleri Hasar Bölgesi'ndeki düşey elemanların kesme kuvvetleri toplamının, o kattaki tüm düşey elemanların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla %40 olabilir.

- İH:  $\%0,00 \leq \%20,00$  (✓)
- GB:  $\%0,00 > \%0,00$  (✓)

Binadaki düşey taşıyıcılardaki kesme kuvveti dağılımı incelendiğinde, her iki şartında sağlandığı, yönetmeliğin bu **şartı sağlanmaktadır** (Tablo 5.11).

c. Diğer taşıyıcı elemanların tümü Sınırlı Hasar Bölgesi veya Belirgin Hasar Bölgesi'ndedir. Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Belirgin Hasar Sınırı aşılmış olan düşey elemanlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm düşey elemanlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir (Doğrusal yöntemle hesapta, alt ve üst düğüm noktalarının ikisinde birden TBDY 2018'deki Denk. (7.3)'ün sağlandığı kolonlar bu hesaba dahil edilmezler).

- İH + GB:  $\%0,00 \leq \%30,00$  (✓)

Binadaki düşey taşıyıcıların alt ve üst kesitlerde BH bölgesini aşan kolonların kesme kuvveti dağılımı incelendiğinde, İH+GB bölgesine geçen eleman olmadığı için yönetmeliğin bu **şartı sağlanmaktadır** (Tablo 5.12).

DD-1 yer hareketi düzeyi için kiriş hasar yüzdeleri Tablo 5.10'da, kolon kesme kuvveti dağılımı Tablo 5.11'de, alt ve üst kesitlerinde minimum hasar bölgesini aşan kolonların kesme kuvveti dağılımı Tablo 5.12'de verilmiştir. SH: Sınırlı hasar, BH: Belirgin hasar, İH: İleri Hasar ve GB: Göçme bölgesini ifade etmektedir.

**Tablo 5.10.** TBDY-2018'e Göre DD-1 İçin Kiriş Hasar Yüzdeleri

Kat No	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
	SH	BH	İH	GB	SH	BH	İH	GB	SH	BH	İH	GB	SH	BH	İH	GB
5	100	0	0	0	93.3	6.7	0	0	100	13.3	0	0	100	0	0	0
4	100	0	0	0	100	0	0	0	100	20.0	0	0	73.3	26.7	0	0
3	100	0	0	0	100	0	0	0	100	13.3	0	0	100	0	0	0
2	100	0	0	0	94.1	5.9	0	0	100	6.7	0	0	100	0	0	0
1	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0.0	0	0	100	0	0	0
Max.	100					6.7				6.7				26.7		

**Tablo 5.11.** TBDY-2018'e Göre DD-1 İçin Kolon Kesme Kuvveti Dağılımı

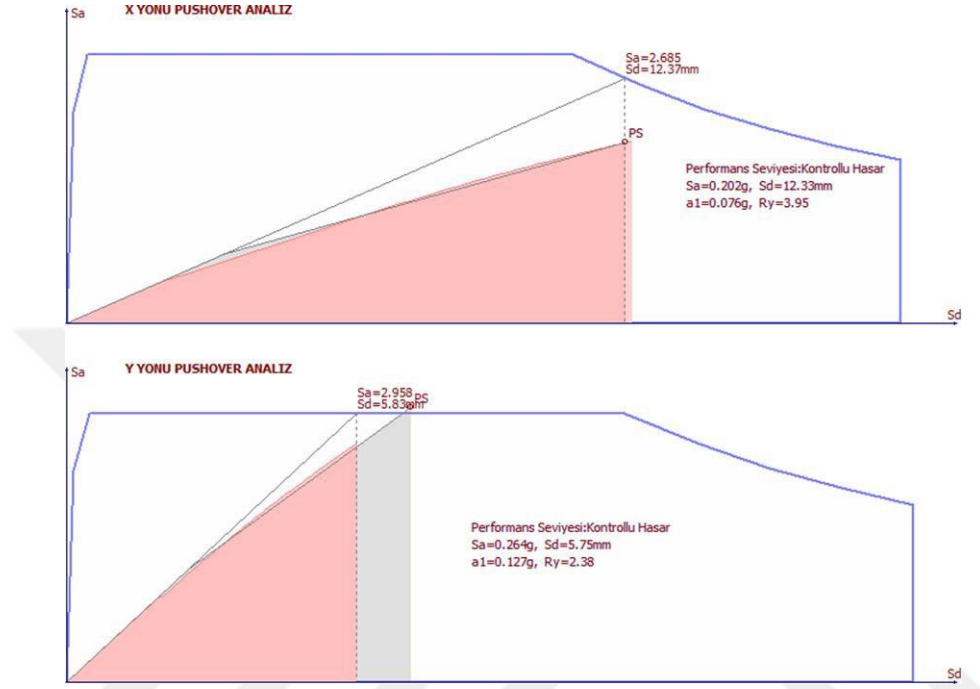
Kat No	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
	SH	BH	İH	GB	SH	BH	İH	GB	SH	BH	İH	GB	SH	BH	İH	GB
5	100	0	0	0	100	0	0	0	100	1.7	0	0	98.4	1.6	0	0
4	100	0	0	0	100	0	0	0	100	1.7	0	0	98.3	1.7	0	0
3	100	0	0	0	100	0	0	0	100	1.6	0	0	98.4	1.6	0	0
2	94.7	5.3	0	0	100	0	0	0	100	0.0	0	0	100	0	0	0
1	100	0	0	0	99.8	0.2	0	0	100	0.0	0	0	99.9	0.1	0	0
Max.	100	5.3								1.7						

**Tablo 5.12.** TBDY-2018'e Göre DD-1 İçin Alt ve Üst Kesitlerde BH Bölgesini Aşan Kolonların Kesme Kuvveti Dağılımı

Kat No	(-X)		(+X)		(-Y)		(+Y)	
	SH+BH	İH+GB	SH+BH	İH+GB	SH+BH	İH+GB	SH+BH	İH+GB
5	100	0	100	0	100	0	100	0
4	100	0	100	0	100	0	100	0
3	100	0	100	0	100	0	100	0
2	100	0	100	0	100	0	100	0
1	100	0	100	0	100	0	100	0
Max.	100							

#### 5.4.10. DD-3 Yer Hareketi Düzeyinde Bina Deprem Performansı Analizi

Mevcut okul binası, mevcut yerinde dökme binalar için deprem performans analiz şartlarına göre değerlendirilmiştir. DD-3 deprem yer hareketi düzeyi için performans hedefi Sınırlı Hasar (SH) olmaktadır. DD-3 deprem performans analizi Şekil 5.7’de verilmiştir.



Şekil 5.7. DD-3 Deprem Performans Analizi

Betonarme binaların herhangi bir katında, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %20'si Belirgin Hasar Bölgesi'ne geçebilir, ancak diğer taşıyıcı elemanlarının tümü Sınırlı Hasar Bölgesi'ndedir. Eğer varsa, gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri kaydı ile bu durumdaki binaların Sınırlı Hasar Performans Düzeyi'nde olduğu kabul edilir.

Binadaki yatay taşıyıcı elemanların tamamı sınırlı hasar bölgesinde kalmıştır. Ancak diğer taşıyıcı elemanlar incelendiğinde, SB07 kolonu BH hasar bölgesine geçmiştir. Bu nedenle DD-3 ileri performans hedefi (Sınırlı Hasar) **sağlanmamaktadır** (Tablo 5.13).

**Tablo 5.13. SB07 İçin DD-3 Performans Analiz Sonucu**

KOLON			Nd	Md	Mr	$\Theta_p \times 10^3$ 1/m	$\Theta_y \times 10^3$ 1/m	$\Phi_t \times 10^3$ 1/m	x cm	$\xi_s \times 10^3$	$\xi_c \times 10^3$
SB07 >s107 E2: C14 S420 Bx=30 cm By=70 cm	-X	X üst	105.457	1.153	16.515	0.000	14.236	14.239	14.41	1.650 SH	2.052 SH
	-X	X alt	105.457	0.258	16.515	0.000	14.236	14.236	14.41	1.649 SH	2.052 SH
	-X	Y üst	0.000	0.000	0.000	0.000	6.069	6.070	33.96	1.945 SH	2.061 SH
	-X	Y alt	0.000	0.000	0.000	0.000	6.069	6.069	33.96	1.945 SH	2.061 SH
$\Sigma A_s: 24.1 \text{ cm}^2$ $A_{sx}: 12.1 \text{ cm}^2$ $A_{sy}: 12.1 \text{ cm}^2$	+X	X üst	124.174	0.738	15.903	0.000	15.618	15.621	16.17	1.535 SH	2.526 BH
	+X	X alt	124.174	0.608	15.903	0.000	15.618	15.618	16.17	1.535 SH	2.526 BH
	+X	Y üst	0.000	0.000	0.000	0.000	6.821	6.822	37.08	1.973 SH	2.529 BH
	+X	Y alt	0.000	0.000	0.000	0.000	6.821	6.821	37.08	1.973 SH	2.529 BH
Aswx:1.01 cm <sup>2</sup> Aswy:1.01 cm <sup>2</sup> s :9 cm Korozyon:%0	-Y	X üst	0.000	0.000	0.000	0.030	14.522	14.720	14.77	1.654 SH	2.173 SH
	-Y	X alt	0.000	0.000	0.000	0.000	14.522	14.720	14.79	1.628 SH	2.148 SH
	-Y	Y üst	109.615	4.160	36.178	0.000	6.224	6.225	34.62	1.954 SH	2.155 SH
	-Y	Y alt	109.615	3.447	36.178	0.000	6.224	6.224	34.62	1.953 SH	2.155 SH
BH x BH BH y BH	+Y	X üst	0.000	0.000	0.000	0.030	15.288	15.486	15.75	1.587 SH	2.439 SH
	+Y	X alt	0.000	0.000	0.000	0.000	15.288	15.289	15.77	1.628 SH	2.412 SH
	+Y	Y üst	120.018	3.396	35.847	0.000	6.654	6.656	36.31	1.976 SH	2.417 SH
	+Y	Y alt	120.018	0.812	35.847	0.000	6.654	6.655	36.31	1.976 SH	2.416 SH

### 5.5. TBDY-2018'e Göre Güçlendirilmiş Durum Performans Analizi

Okul binası DD-1 ve DD-3 deprem yer hareketi düzeyine göre analiz edilmiş olup DD-1 yer hareketi düzeyi için performans hedefini sağladığı, ancak DD-3 yer hareketi düzeyi için performans hedefini sağlamadığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, binada yapılan düşey yük analizinde yetersizlik tespit edilen elemanlar bulunmuştur.

Okul binasının mimari projeleri de göz önünde bulundurularak güçlendirme için;

- A-B/3 aksına tüm katlar için 30 cm kalınlığında perde ilavesine,
- Bodrum kat D4 aksı ile zemin Kat C1 ve C5 kolonlarında çift kat FRP uygulanmasına karar verilmiştir. Güçlendirilmiş durum bodrum ve zemin kat planı EK-8-9'da verilmiştir.

Okul binasının temel sistemi radye temel olduğu için temele ilave güçlendirme düşünülmemiştir. Güçlendirme perdesinin beton dayanımı 30 MPa olarak seçilmiştir.

#### 5.5.1. DD-1 Yer Hareketi Düzeyinde Güçlendirme Performans Analizi

a. Betonarme binaların herhangi bir katında, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %35'i ve düşey elemanların (kolonlar, perdeler ve güçlendirilmiş bölme duvarlar) aşağıdaki (b) paragrafında tanımlanan kadarı İleri Hasar Bölgesi'ne geçebilir.

- İH:  $\%0,00 \leq \%35,00$  (√)
- GB:  $\%0,00 \leq \%0,00$  (√)

Binadaki girişler İH bölgesine geçmemiş, yönetmeliğin bu **sartı sağlanmaktadır** (Tablo 5.14).

b. İleri Hasar Bölgesi'ndeki düşey elemanların, her bir katta düşey elemanlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olmalıdır. En üst katta İleri Hasar Bölgesi'ndeki düşey elemanların kesme kuvvetleri toplamının, o kattaki tüm düşey elemanların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla %40 olabilir.

- İH:  $\%0,00 \leq \%20,00$  (√)
- GB:  $\%0,00 > \%0,00$  (√)

Binadaki düşey taşıyıcılardaki kesme kuvveti dağılımı incelendiğinde, her iki şartında sağlandığı, yönetmeliğin bu **sartı sağlanmaktadır** (Tablo 5.15).

c. Diğer taşıyıcı elemanların tümü Sınırlı Hasar Bölgesi veya Belirgin Hasar Bölgesi'ndedir. Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Belirgin Hasar Sınırı aşılmış olan düşey elemanlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm düşey elemanlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir (Doğrusal yöntemle hesapta, alt ve üst düğüm noktalarının ikisinde birden TBDY 2018'deki Denk. (7.3)'ün sağlandığı kolonlar bu hesaba dahil edilmezler).

- İH + GB:  $\%0,00 \leq \%30,00$  (√)

Binadaki düşey taşıyıcıların alt ve üst kesitlerde BH bölgesini aşan kolonların kesme kuvveti dağılımı incelendiğinde, İH+GB bölgesine geçen eleman olmadığı için yönetmeliğin bu **sartı sağlanmaktadır** (Tablo 5.16).

Güçlendirilmiş durum, DD-1 yer hareketi düzeyi için giriş hasar yüzdeleri Tablo 5.14'de, kolon kesme kuvveti dağılımı Tablo 5.15'de, alt ve üst kesitlerinde minimum hasar bölgesini aşan kolonların kesme kuvveti dağılımı Tablo 5.16'da verilmiştir. SH: Sınırlı hasar, BH: Belirgin hasar, İH: İleri Hasar ve GB: Göçme bölgesini ifade etmektedir.

**Tablo 5.14.** TBDY-2018'e Göre Güçlendirilmiş Durum DD-1 İçin Kiriş Hasar Yüzdeleri

Kat No	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
	SH	BH	İH	GB	SH	BH	İH	GB	SH	BH	İH	GB	SH	BH	İH	GB
5	100	0	0	0	100	6.7	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
4	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
3	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
2	100	0	0	0	100	5.9	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
1	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
Max.	100															

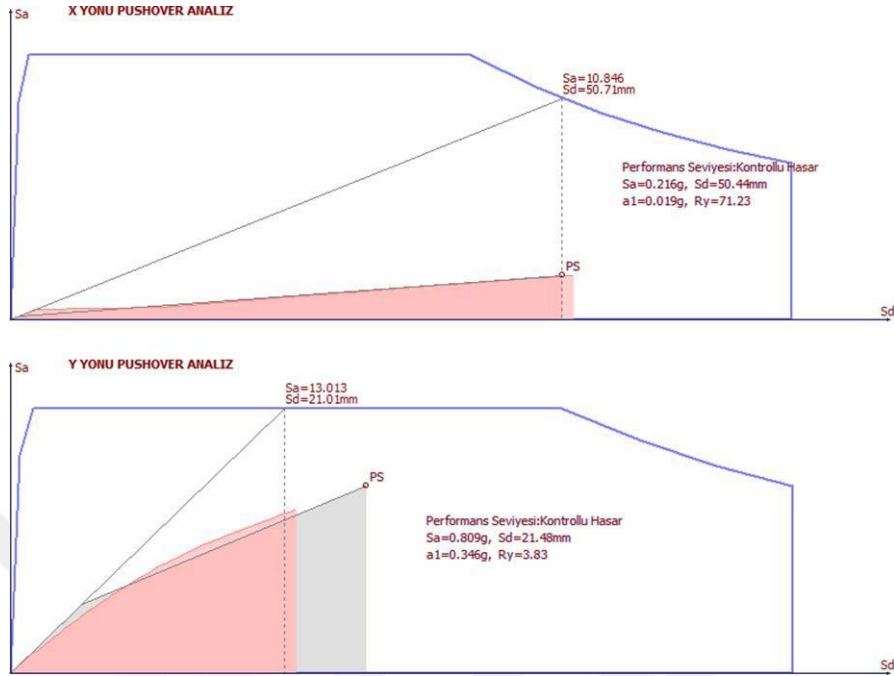
**Tablo 5.15.** TBDY-2018'e Göre Güçlendirilmiş Durum DD-1 İçin Kolon Kesme Kuvveti Dağılımı

Kat No	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
	SH	BH	İH	GB	SH	BH	İH	GB	SH	BH	İH	GB	SH	BH	İH	GB
5	100	0	0	0	100	0	0	0	100	1.7	0	0	100	0	0	0
4	100	0	0	0	100	0	0	0	100	1.7	0	0	100	0	0	0
3	100	0	0	0	100	0	0	0	100	1.6	0	0	100	0	0	0
2	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0.0	0	0	100	0	0	0
1	100	0	0	0	100	0.2	0	0	100	0.0	0	0	100	0	0	0
Max.	100															

**Tablo 5.16.** TBDY-2018'e Göre Güçlendirilmiş Durum DD-1 İçin Alt ve Üst Kesitlerde BH Bölgesini Aşan Kolonların Kesme Kuvveti Dağılımı

Kat No	(-X)		(+X)		(-Y)		(+Y)	
	SH+BH	İH+GB	SH+BH	İH+GB	SH+BH	İH+GB	SH+BH	İH+GB
5	100	0	100	0	100	0	100	0
4	100	0	100	0	100	0	100	0
3	100	0	100	0	100	0	100	0
2	100	0	100	0	100	0	100	0
1	100	0	100	0	100	0	100	0
Max.	100							

Güçlendirilmiş durum DD-1 yer hareketi düzeyinde performans analizi Şekil 5.8’de verilmiştir.



Şekil 5.8. Güçlendirilmiş Durum DD-1 İçin Performans Analizi

### 5.5.2. DD-3 Yer Hareketi Düzeyinde Güçlendirme Performans Analizi

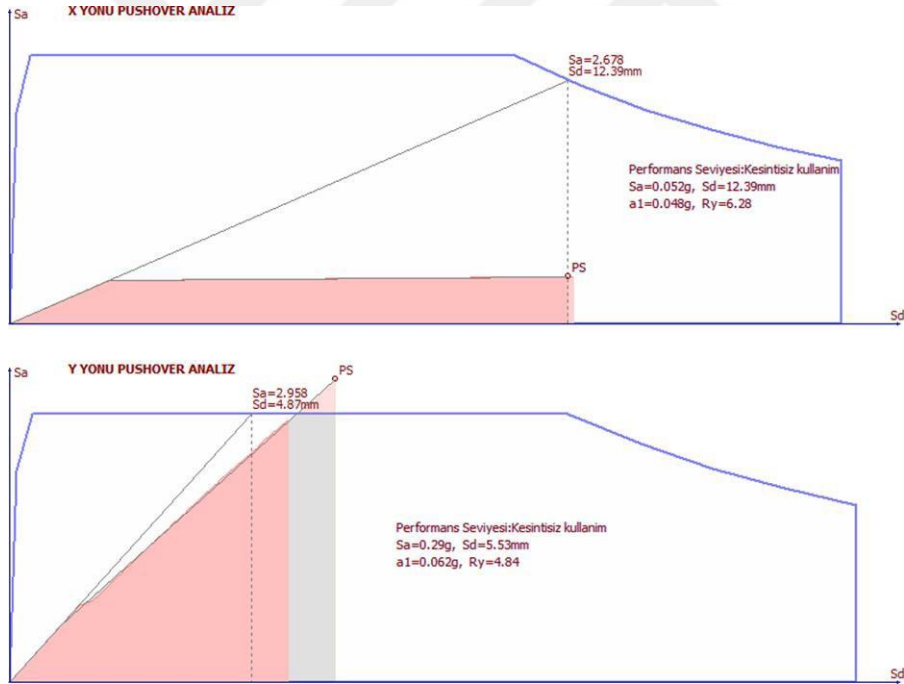
Betonarme binaların herhangi bir katında, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %20’si Belirgin Hasar Bölgesi’ne geçebilir, ancak diğer taşıyıcı elemanlarının tümü Sınırlı Hasar Bölgesi’ndedir. Binadaki yatay taşıyıcı elemanların tamamı sınırlı hasar bölgesinde kalmıştır.

Belirgin Hasar bölgesinde bulunan SB07 kolonu ise Sınırlı Hasar bölgesine geçmiştir. Yapılan güçlendirme uygulamaları neticesinde SB07 kolonun her iki yönde de şekil değiştirme miktarları ortalama olarak %60 oranında azalmıştır. Bu şekilde DD-3 deprem yer hareketi düzeyi için ileri performans hedefi (Sınırlı Hasar) **sağlanmıştır** (Tablo 5.17).

**Tablo 5.17. SB07 Güçlendirilmiş Durum İçin DD-3 Performans Analiz Sonucu**

KOLON			Nd	Md	Mr	$\Theta_p \times 10^3$ 1/m	$\Theta_y \times 10^3$ 1/m	$\Theta_t \times 10^3$ 1/m	x cm	$\xi_s \times 10^3$	$\xi_c \times 10^3$	
SB07 >sl07 E2: C14 S420 Bx=30 cm By=70 cm	-X	X üst	52.266	0.712	14.291	0.000	5.278	5.282	12.45	0.716	SH	0.657
	-X	X alt	52.266	0.257	14.291	0.000	5.278	5.281	12.45	0.716	SH	0.657
	-X	Y üst	0.000	0.000	0.000	0.005	2.330	2.334	28.79	0.869	SH	0.672
	-X	Y alt	0.000	0.000	0.000	0.001	2.330	2.331	28.82	0.867	SH	0.672
$\Sigma As: 24.1 \text{ cm}^2$ Asx:12.1 cm <sup>2</sup> Asy:12.1 cm <sup>2</sup>	+X	X üst	55.703	0.590	14.514	0.000	5.353	5.356	12.75	0.710	SH	0.683
	+X	X alt	55.703	0.392	14.514	0.000	5.353	5.356	12.75	0.710	SH	0.683
	+X	Y üst	0.000	0.000	0.000	0.005	2.366	2.370	29.48	0.866	SH	0.699
	+X	Y alt	0.000	0.000	0.000	0.001	2.366	2.367	29.48	0.864	SH	0.698
Aswx:1.01 cm <sup>2</sup> Aswy:1.01 cm <sup>2</sup> s :9 cm Korozyon:%0	-Y	X üst	0.000	0.000	0.000	0.006	4.403	4.441	5.65	0.904	SH	0.251
	-Y	X alt	0.000	0.000	0.000	0.005	4.403	4.436	5.65	0.903	SH	0.251
	-Y	Y üst	4.328	0.795	24.454	0.004	1.917	1.920	17.83	0.925	SH	0.342
	-Y	Y alt	4.328	4.013	24.454	0.002	1.917	1.919	17.83	0.924	SH	0.342
SH x SH SH y SH	+Y	X üst	0.000	0.000	0.000	0.006	7.018	7.056	16.31	0.684	SH	1.151
	+Y	X alt	0.000	0.000	0.000	0.005	7.018	7.051	16.31	0.683	SH	1.150
	+Y	Y üst	103.634	0.769	36.369	0.004	3.002	3.006	38.12	0.838	SH	1.146
	+Y	Y alt	103.634	3.441	36.369	0.002	3.002	3.004	38.12	0.838	SH	1.145

Güçlendirilmiş durum DD-1 yer hareketi düzeyinde performans analizi Şekil 5.9'da verilmiştir.



**Şekil 5.9. Güçlendirilmiş Durum DD-3 İçin Performans Analizi**

### 5.5.3. TBDY-2018'e Göre Karşılaştırma

İncelenen okul binası yürürlükte bulunan 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nin *Bölüm 15- Deprem Etkisi Altında Mevcut Bina Sistemlerinin Değerlendirilmesi ve Güçlendirme Tasarımı İçin Özel Kurallar* hükümlerine göre incelenmiştir.

Belirgin Hasar bölgesinde bulunan SB07 kolonu ise Sınırlı Hasar bölgesine geçmiştir. Yapılan güçlendirme uygulamaları neticesinde SB07 kolonun her iki yönde de şekil değiştirme miktarları ortalama olarak %60 oranında azalmıştır. SB07 kolonu için mevcut ve güçlendirilmiş durum karşılaştırması Tablo 5.18'de verilmiştir.

**Tablo 5.18.** TBDY-2018'e Göre SB07 Kolonu İçin Mevcut-Güçlendirilmiş Durum Karşılaştırılması

İnceleme Yönleri		Mevcut Durum		Güçlendirilmiş Durum		ξ <sub>c</sub> Oranı (%)	ξ <sub>s</sub> Oranı (%)
		ξ <sub>c</sub> x10 <sup>2</sup>	ξ <sub>s</sub> x10 <sup>2</sup>	ξ <sub>c</sub> x10 <sup>2</sup>	ξ <sub>s</sub> x10 <sup>2</sup>		
-X Yönü	X üst	1.650 SH	2.052 SH	0.716 SH	0.657 SH	56.61	67.98
	X alt	1.649 SH	2.052 SH	0.716 SH	0.657 SH	56.58	67.98
	Y üst	1.945 SH	2.061 SH	0.869 SH	0.672 SH	55.32	67.39
	Y alt	1.945 SH	2.061 SH	0.867 SH	0.672 SH	55.42	67.39
+X Yönü	X üst	1.535 SH	2.526 BH	0.710 SH	0.683 SH	53.75	72.96
	X alt	1.535 SH	2.526 BH	0.710 SH	0.683 SH	53.75	72.96
	Y üst	1.973 SH	2.529 BH	0.866 SH	0.699 SH	56.11	72.36
	Y alt	1.973 SH	2.529 BH	0.864 SH	0.698 SH	56.21	72.40
-Y Yönü	X üst	1.654 SH	2.173 SH	0.904 SH	0.251 SH	45.34	88.45
	X alt	1.628 SH	2.148 SH	0.903 SH	0.251 SH	44.53	88.31
	Y üst	1.954 SH	2.155 SH	0.925 SH	0.342 SH	52.66	84.13
	Y alt	1.953 SH	2.155 SH	0.924 SH	0.342 SH	52.69	84.13
+Y Yönü	X üst	1.587 SH	2.439 SH	0.684 SH	1.151 SH	56.90	52.81
	X alt	1.564 SH	2.412 SH	0.683 SH	1.150 SH	56.33	52.32
	Y üst	1.976 SH	2.417 SH	0.838 SH	1.146 SH	57.59	52.59
	Y alt	1.976 SH	2.416 SH	0.838 SH	1.145 SH	57.59	52.61

DD-1 ve DD-3 yer hareket düzeylerinde mevcut ve güçlendirilmiş durum için performans analizi yapılmıştır. Mevcut ve güçlendirilmiş durum için yapılan karşılaştırma Tablo 5.19'da verilmiştir.

**Tablo 5.19.** Mevcut-Güçlendirilmiş Durum Karşılaştırması

Karşılaştırma Parametreleri	Mevcut Durum		Güçlendirilmiş Durum	
	DD-1	DD-3	DD-1	DD-3
$S_{ax}/S_{ay}$ (g)	0.496 / 0.695	0.202 / 0.264	0.216 / 0.809	0.052 / 0.290
$S_{dx}/S_{dy}$ (mm)	50.10 / 25.90	12.33 / 5.75	50.44 / 21.48	12.39 / 5.53
$a_{1x}/a_{1y}$ (g)	0.226 / 0.361	0,076 / 0.127	0.019 / 0.346	0.048 / 0.062
$R_x/R_y$	5.86 / 3.68	3.95 / 2.38	71.23 / 3.83	6.28 / 4.84
Hedef Performans Seviyesi	<b>KH</b>	<b>SH</b>	<b>KH</b>	<b>SH</b>
Performans Seviyesi	<b>KH</b> (Yeterli)	<b>KH</b> (Yetersiz)	<b>KH</b> (Yeterli)	<b>KK</b> (Yeterli)

## 6. DBYBHY-2007 VE TBDY-2018'İN KARŞILAŞTIRILMASI

İncelenen okul binası; bodrum, zemin, 1.Kat, 2.Kat ve 3.Kat olmak üzere toplam 5 kattan oluşmaktadır. Taşıyıcı sistemi betonarme çerçevelerden oluşmuştur. Okul binası DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 hükümlerine göre incelenmiş, gerekli analiz ve güçlendirme önerileri sunulmuş ve farklılıklar ortaya konulmuştur.

İncelenen okul binasının projeleri temin edilemediği için yerinde gözlem ve inceleme yapılarak rölöveleri çıkartılmıştır. Binadaki malzemelerin tespiti için karot, beton testleri ve zemin sondajı yapılmıştır. Elde edilen bilgiler doğrultusunda binanın 3 boyutlu modellenmesi ile deprem performans analizi yapılmıştır.

Okul binası; DBYBHY-2007'nin "7-Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi" hükümlerine göre, TBDY-2018'in "15 -Deprem Etkisi Altında Mevcut Bina Sistemlerinin Değerlendirilmesi ve Güçlendirme Tasarımı İçin Özel Kurallar" hükümlerine göre incelenmiştir.

DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 hükümlerine göre incelenmiş okul binası için inceleme, değerlendirme ve güçlendirme ilkeleri açısından birçok farklılık olduğu görülmüştür.

## 6.1. DBYBHY-2007'ye Göre Değerlendirme

DBYBHY-2007 orta bilgi düzeyi için öngörülen katsayılar kullanılarak, Yönetmeliğin “7.5 Depremde Bina Performansının Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleri ile Belirlenmesi” maddesine göre binanın deprem performansı belirlenmiştir.

Mevcut bina, öncelikli olarak servis yükleri (düşey yükler) etkisine göre ( $A_0=0$  alınarak) analiz yapılmıştır. Bu analizde taşıyıcı sistem elemanlarına ait kesitlerin yeterliliği kontrol edilmiştir. Yerinde yapılan örseleme ve röntgen işlemleri sonucunda tespit edilen donatılar sisteme tanımlanmıştır. Bu bilgiler ışığında deprem etkisine göre ( $A_0=0.40$  alınarak) analiz yapılmış ve deprem performansı belirlenmiştir.

Yapılan analizlerde Deprem Yönetmeliğinin 7.7. maddesinde "Farklı Deprem Düzeylerinde Binalar İçin Öngörülen Minimum Performans Hedefleri" için istenilen asgari şartlar incelenmiştir. Bina önem katsayısı,  $I=1.00$  alınarak 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan en büyük depreme karşı binanın “Hemen Kullanım Performans Seviyesi”,  $I=1.50$  alınarak 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan en büyük depreme karşı binanın “Can Güvenliği Performans Seviyesi” kriterlerine uygunluğu kontrol edilmiştir. Yapılan bu kontroller sonucunda her iki durum için de Göçmenin önlenmesi durumu performans seviyesinde olduğu tespit edilmiş olup mevcut binanın güçlendirilmesi gereği ortaya çıkmıştır.

Belirlenen yetersizliklerin önlenmesi amacı ile taşıyıcı sisteme; Y-Y doğrultusunda 3 adet, X-X doğrultusunda 2 adet perde eklenmiştir. Perde elemanlar eklendikten sonra tekrar analiz yapılmıştır. Bu analizler sonucunda  $I=1.0$  alındığında hemen kullanım performans seviyesi,  $I=1.5$  alındığında ise can güvenliği performans seviyesi kriterlerinin sağlandığı belirlenmiştir. Eklenecek olan elemanların beton sınıfı C30 ve S420 donatı çeliği olarak seçilmiştir.

## 6.2. TBDY-2018'e Göre Değerlendirme

Okul binası yürürlükte bulunan 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nin “Deprem Etkisi Altında Mevcut Bina Sistemlerinin Değerlendirilmesi ve Güçlendirme Tasarımı İçin Özel Kurallar” hükümlerine göre incelenmiştir.

Yapılan analiz sonucunda SB07, SB15, SZ09 ve SZ12 kolonlarında süneklik alanı yetersizliği olduğu tespit edilmiştir. Süneklik alanı yetersiz olan elemanların düşey ve/veya yatay yük taşıma kapasiteleri yetersiz olup bu elemanlarda gevrek kırılma beklenmektedir. Bu elemanlarda aksenal ve/veya yanal yük kapasitelerinin artırılması gerekmektedir.

Düşey yük analizine göre mevcut binanın kolon ve kiriş donatıları belirlenmiştir. Belirlenen bu donatılar ile saha çalışmalarından elde edilen donatılar kıyaslanarak donatı gerçekleşme oranı 0.83 olarak belirlenmiştir. Binanın Deprem Tasarım Sınıfına göre DD-1 ve DD-3 deprem yer hareketi düzeylerine göre deprem performans analizi yapılmıştır.

Mevcut binanın deprem performans analizi öncelikle doğrusal yöntemle yapılmıştır. Doğrusal analiz sonucunda, binanın düşey sünek elemanların kesme kuvveti ile ölçeklendirilmiş EKO değerlerinin ortalamasının deprem yönündeki kirişlerin ortalama EKO değerinden büyük olması nedeniyle doğrusal olmayan yöntemle deprem performans analizi yapılmıştır.

Mevcut yerinde dökme binalar için deprem performans analiz şartlarına göre DD-1 deprem yer hareketi düzeyi için performans hedefi Kontrollü Hasar (KH), DD-3 deprem yer hareketi düzeyi için performans hedefi ise Sınırlı Hasar (SH) olmaktadır. Yapılan analizler sonucunda DD-1 yer hareketi düzeyi için performans hedefinin sağlandığı, ancak DD-1 yer hareketi düzeyi için performans hedefinin sağlanmadığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, binada yapılan düşey yük analizinde yetersizlik tespit edilen elemanlar bulunmuştur.

Okul binasının mimari projeleri de göz önünde bulundurularak; A-B/3 aksına tüm katlar için 30 cm kalınlığında perde ilavesine, bodrum kat D4 aksı ile zemin Kat C1 ve C5 kolonlarında çift kat FRP uygulanmasına karar verilmiştir. Okul binasının temel sistemi radye temel olduğu için temele ilave güçlendirme önlemine gerek duyulmamıştır. Güçlendirme perdesinin beton dayanımı 30 MPa, donatı sınıfı da B420C olarak seçilmiştir.

Belirgin hasar bölgesinde bulunan SB07 kolonu ise Sınırlı Hasar bölgesine geçmiştir. Yapılan güçlendirme uygulamaları neticesinde SB07 kolonun her iki yönde de şekil değiştirme miktarları ortalama olarak %60 oranında azalmış olup DD3 deprem yer hareketi düzeyi için ileri performans hedefi (Sınırlı Hasar) sağlanmıştır.

Sonuç olarak, TBDY-2018'in 15. Bölümünde yer alan kriterlere göre DD-1 ve DD-3 deprem yer hareketi düzeyleri için ileri performans hedeflerini sağlamayan okul binası, taşıyıcı sistemi gözönüne alınarak önerilen güçlendirme ile ileri performans hedeflerini sağlamıştır.

## 7. SONUÇLAR

DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 hükümlerine göre incelenmiş okul binası için inceleme, değerlendirme ve güçlendirme ilkeleri açısından birçok farklılık olduğu görülmüştür. Yapılan analizler ve incelemeler sonucunda farklılıklar şu şekildedir:

- DBYBHY-2007'ye göre deprem bölgesi tanımı geçerli iken TBDY-2018'de deprem tehlike haritası kavramı gelmiştir. AFAD'ın resmi internet sayfasına enlem ve boylam değerleri girilip değerlere ulaşılabilmektedir. TBDY-2018'de her nokta deprem bölgesi olarak kabul edilmiştir.
- DBYBHY-2007'de bölgesel spektral ivme katsayısı ( $A_0$ ), 4 bölgeye göre  $T_a$  ve  $T_b$  zemin karakteristik periyotlarına göre belirlenirken, TBDY-2018'de  $S_s$  ve  $S_1$  yerel koordinat üzerinden, o noktaya ait haritadan doğrudan ivme spektrumun elde edilmesiyle belirlenir.
- DBYBHY-2007'de Davranış katsayısı ( $R$ ), yapı türüne göre tablodan belirlenirken TBDY-2018'de  $R$  ve dayanım fazlalığı katsayısı ( $D$ ), yapı türüne göre tablodan belirlenir.
- DBYBHY-2007'de bina önem katsayısı ( $I$ ), binanın kullanım amacı veya türüne göre tablodan belirlenirken, TBDY-2018'de bina kullanım sınıfı (BKS) ile birlikte 3 tip olarak tablodan belirlenir.
- DBYBHY-2007'de bina yükseklik sınıfı (BYS) tanımı yokken, TBDY-2018'de deprem tasarım sınıflarına (DTS) ve bina yüksekliğine ( $H_N$ ) göre belirlenir.
- DBYBHY-2007'de bilgi düzeyleri sınırlı, orta ve kapsamlı diye tanımlı iken, TBDY-2018'de sınırlı ve kapsamlı bilgi düzeyi tanımlıdır.
- DBYBHY-2007'de kesit hasar bölgeleri minimum, belirgin, ileri ve göçme bölgesi ile tanımlı iken, TBDY-2018'de sınırlı, belirgin, ileri ve göçme bölgesi ile tanımlanmıştır.
- DBYBHY-2007'de bina performans düzeyleri hemen kullanım, can güvenliği ve göçme öncesi performans düzeyi tanımlı iken, TBDY-2018'de kesintisiz kullanım (KK), sınırlı hasar (SH), kontrollü hasar (KH) ve göçmenin önlenmesi (GÖ) performans düzeyleri tanımlıdır.
- DBYBHY-2007'de C20- C50 arası beton sınıfına izin verilirken, TBDY-2018'de C25- C80 arası dayanımlara izin verilir.
- DBYBHY-2007'de S220 ve S420 donatı çeliği kullanımına izin verilirken TBDY-2018'de B420C ve B500C donatı çeliklerinin kullanımına izin verilmektedir. Bunların dışında daha birçok konuda farklılıklar bulunmaktadır.

İncelenen okul binası ile ilgili analiz sonuçları değerlendirildiğinde;

- DBYBHY-2007'ye göre  $I=1$  ve  $I=1.5$  alındığında göçmenin önlenmesi durumu performans seviyesinde olduğu tespit edilmiştir. Yetersizliklerin giderilmesi için Y-Y doğrultusuna 3 adet, X-X doğrultusuna da 2 adet betonarme perde ilave edilmiştir. Güçlendirilmiş durumda  $I=1$  alındığında hemen kullanım performans seviyesi ve  $I=1.5$  alındığında ise can güvenliği performans seviyesi kriterlerinin sağlandığı belirlenmiştir. İlave edilecek betonarme perdelerde C30 beton sınıfı ve S420 donatı çeliği seçilmiştir.

- TBDY-2018'e göre deprem yer hareketi düzeyi DD-1 ve DD-3 için analiz yapılmıştır. Yönetmeliğe göre DD-1 için kontrollü hasar (KH), DD-3 için de sınırlı hasar (SH) olmaktadır. Yapılan analizler sonucunda mevcut okul binası için DD-1 yer hareketi düzeyi için performans hedefinin sağlandığı ancak DD-3 yer hareketi düzeyi için performans hedefinin sağlanmadığı tespit edilmiştir. Yetersizliklerin giderilmesi için A-B/3 aksına tüm katlar için 30 cm kalınlığında betonarme perde ve bodrum kat D4 aksı ile zemin kat C1 ve C5 kolonlarında çift kat FRP uygulanmasına karar verilmiştir. Yapılan güçlendirme sonrası tekrar analiz yapıldığında DD-3 için kontrolsüz hasar (KH) olan performans seviyesi kesintisiz kullanım (KK) performans seviyesine dönüşmüştür.

Yapılan analizler sonucunda DBYBHY-2007'ye göre 5 adet güçlendirme perdesi, TBDY-2018'e göre ise 1 adet güçlendirme perdesi 3 adet ise FRP uygulaması yapılması tercih edilmiştir. Karşılaştırma için maliyet analizi yapılmamıştır ancak TBDY-2018'e göre yapılacak olan güçlendirmenin daha az maliyetli olduğu düşünülmektedir. Mimari konfor açısından bir değerlendirme yapılacak olursa da TBDY-2018'e göre yapılacak güçlendirmenin mimari planlarda ve binanın kullanım konforunda olumsuz bir etki oluşturmayacağı görülmektedir.

## KAYNAKÇA

**Adar, K. (2019)**, *2007 Deprem Yönetmeliği'nin 2018 Deprem Yönetmeliği ile Karşılaştırılması ve Deprem Yükü Hesabındaki Farklar*, (Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi), Bitlis Eren Üniversitesi ve Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitlis.

**Adar, K., Büyüksaraç, A., Işık, E. Ve Ulu, A. E. (2021)**, “2007 ve 2018 Deprem Yönetmeliklerinin Yapısal Analizler Işığında Karşılaştırılması”, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 25, 306-317.

**Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) Türkiye Deprem Tehlike Haritası İndeksi (2018)**. *Türkiye Deprem Tehlike Haritası*. [Erişim tarihi: 5.10.2018] <https://deprem.afad.gov.tr/deprem-tehlike-haritasi>

**T.C. Resmî Gazete**, *Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği*, 18 Mart 2018, Sayı:30364, AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı, Ankara

**Akın, D. Ve Yerli, H. R. (2019)**, Betonarme Binaların Depreme Karşı Güçlendirilmesi, *Ç.Ü Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 38-3, 128-139.

**Aksoylu, C. ve Arslan, M. H. (2021)**, 2007 ve 2019 Deprem Yönetmeliklerinde Betonarme Binalar İçin Yer Alan Farklı Deprem Kuvveti Hesaplama Yöntemlerinin Karşılaştırılmalı Olarak İrdelenmesi, *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi* 13(2), 359-374.

**Altun, N. (2019)**, *2007 ve 2018 Deprem Yönetmelikleri Işığında Betonarme Minarelerin Zemin-Yapı Etkileşimi Göz Önünde Bulundurularak Projelendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.

**Alyamaç, K. E. Ve Erdoğan A. S. (2005)**, Geçmişten Günümüze Afet Yönetmelikleri ve Uygulamada Karşılaşılan Tasarım Hataları, *Deprem Sempozyumu*, Kocaeli, 707-715.

**Asığçel, Z. (2019)**, *Betonarme Binalarda Deprem Etkisinin DBYBHY 2007 ve TBDY 2018 Deprem Yönetmeliklerine Göre Karşılaştırılması*, (Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi), Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır.

**Aslay, S. E. Ve Dede, T. (2020)**, 2007-2018 Türk Deprem Yönetmeliklerinde Yapı Elemanları Çıkarma Senaryoları ve Bina Periyotlarının Karşılaştırılması, *Politeknik Dergisi*, 23(4), 1297-1309.

**Ayaz, U. (2020)**, *Mevcut Bir Betonarme Binanın 2007 ve 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliklerine Göre Deprem Performansının Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi*, (Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi), Gebze Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze.

**Balıkçı, İ. (2019),** *Mevcut Binaların Deprem Performanslarının 2007 ve 2018 Deprem Yönetmeliklerine Göre Değerlendirilmesi*, (Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi), Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.

**Başaran, V. (2018),** Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine (TBDY2019) Göre Afyonkarahisar İçin Deprem Yüklerinin Değerlendirilmesi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 18, 1028-1035.

**T.C. Resmi Gazete (2007),** *Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik*, 6 Mart 2007, Sayı:26454, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.

**Bozkurt, M. B. ve Serin, B. (2021),** DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 Esas Alınarak Boyutlandırılan MÇÇÇ'lerin Deprem Performanslarının Karşılaştırılması, *Teknik Dergi*, 10441-10476, Yazı 598.

**Döndüren, M. S. ve Nakipoğlu, A. (2016),** Farklı Ülkelerin Deprem Yönetmeliklerine Göre Taşıyıcı Sistem Düzensizliklerinin Karşılaştırılması, *Selçuk Teknik Dergisi*, 15(3), 284-298.

**Erdoğan, H., Çavdar, E. Ve Özdemir, G. (2021),** Türk Deprem Yönetmelikleri (DBYBHY ve TBDY) Sprektrum Tanımlarının Deprem Yalıtım Sistemi Tasarımı Özelinde Karşılaştırılması, *Teknik Dergi*, 11127-11152, Yazı 628.

**Genç, Y. (2019),** *Türk ve Bazı Yabancı Deprem Yönetmeliklerine Göre Betonarme Binaların Analizinde Düşey Deprem Yük Etkilerinin Araştırılması*, (Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi), Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale.

**İbiş, T. ve Ulutaş, H. (2021),** Yeni Yapılacak Betonarme Bir Binanın TBDY 2018'e göre Deprem Performansının Belirlenmesi, *BEÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 10(3), 1104-1124.

**Kap, T., Özgan, E. Ve Uzunoğlu, M. M. (2019),** Betonarme Bir Okul Binasının 2018 Deprem Yönetmeliğine Göre İncelenmesi, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7, 1140-1150.

**Kara, E. (2011),** *Deprem Yönetmeliklerinin Taban Kesme Kuvveti Hesap Yöntemleri Bakımından İncelenmesi ve Karşılaştırılması*, (Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi), Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.

**Karabulut, E. Z. (2019),** *Farklı Zemin Parametreleri Kullanılarak Oluşturulmuş Betonarme Binaların 2007 ve 2018 Deprem Yönetmeliklerine Göre Statik Analizi ve Maliyet Hesabı*, (Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi), Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.

**Karaca, H., Oral, S. M. ve Erbil, M. (2020),** Yapısal Tasarım Bağlamında 2007 ve 2019 Deprem Yönetmeliklerinin Karşılaştırılması, Niğde Örneği, *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 9(2), 898-903.

**Karaca, H. (2021)**, 2007 ve 2018 Deprem Yönetmelikleri Kullanılarak Farklı Zeminlere Göre Farklı Kentler İçin Elde Edilen Tasarım İvmelerinin Karşılaştırılması, *Kapadokya Örneği, Afet ve Risk Dergisi* 4(1), 42-52.

**Karadağ, D. (2019)**, *Betonarme Binaların Tasarımı Açısından 2007 ve 2018 Türkiye Deprem Yönetmelikleri'nin Karşılaştırılması*, (Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi), Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.

**Kazancı, S. (2018)**, *Türkiye Deprem Yönetmeliği 2007 ve Eurocode 8'e Göre Tasarlanan Betonarme Binalarda Doğrusal Analiz Yöntemlerinin Karşılaştırılması*, (Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Gelişim Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

**Keskin, E. Ve Bozdoğan, K. B. (2018)**, 2007 ve 2018 Deprem Yönetmeliklerinin Kırklareli İli Özelinde Değerlendirilmesi, *Kırklareli University Journal of Engineering and Science*, 4-1, 74-90.

**Keyik, T. Z. (2019)**, *ASCE 41-17 ve Türk Deprem Yönetmelikleri Kapsamında Mevcut Betonarme Bir Binanın Performans Analizi ve Sonuçlarının Karşılaştırılması*, (Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi), Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

**Koçer, M., Nakipoğlu, A., Öztürk, B., Al-Hagri, M., G. Ve Arslan, M. H. (2018)**, Deprem Kuvvetine Esas Spektral İvme Değerlerinin TBDY 2018 ve TDY 2007'ye Göre Karşılaştırılması, *Selçuk-Teknik Dergisi*, 17-2, 43-58.

**Küçük, M. M. (2020)**, *Çok Katlı Betonarme Bir Binanın 2007 ve 2018 Türk Deprem Yönetmelikleri Hükümlerine Göre Tasarım ve Analizinin Karşılaştırılması*, (Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi), Bursa Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

**Küçükaslan, N. Ve Altan, M. F. (2021)**, Güçlendirilen Mevcut Bir Yapının TDY 2007 ile 2018 Yeni Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine Göre Performansının Tekrar İncelenmesi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Uluslararası Mühendislik Teknolojileri ve Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 4(1), 18-36.

**Naimi, A. (2010)**, *Türkiye ve İran Deprem Yönetmeliklerinin Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi Açısından Karşılaştırılması*, (Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi), Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

**Nemutlu, Ö. F. (2019)**, *2007-2018 Türk Deprem Yönetmeliklerinin ve Amerikan Deprem Yönetmeliğinin Deprem Hesapları Açısından Karşılaştırılması*, (Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

**Nemutlu, Ö. F., Balun, B., Benli, A. ve Sarı, A. (2020)**, Bingöl ve Elazığ İlleri Özelinde 2007 ve 2018 Türk Deprem Yönetmeliklerine Göre İvme Spektrumlarının Değişiminin İncelenmesi, *DÜMF Mühendislik Dergisi*, 11:3, 1341-1356.

- Nemutlu, Ö. F. Ve Sarı, A. (2019)**, 2018 Yeni Deprem Yönetmeliği ile Amerikan Deprem Yönetmeliklerinin Deprem Hesapları Açısından Karşılaştırılması, 5. *Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı (ICEES)*, 8-11 Ekim, ODTÜ, Ankara,
- Öztürk, M. T. (2009)**, *Eski Deprem Yönetmeliklerine Göre Boyutlandırılan Betonarme Binaların Güncel Yönetmeliğe Göre Deprem Performansının Belirlenmesi*, (Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Sarı, H. B. (2010)**, *Çok Katlı Binalarda Taban Kesme Kuvvetinin 1975 ve 2007 Deprem Yönetmeliklerine Göre Karşılaştırılması*, (Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi), Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Severcan, M. H. Ve Sinani, B. (2019)**, Mevcut Betonarme Yapıların Deprem Performansının Analizi, *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 8(2), 936-947.
- Soycan, C. (2019)**, *Depremde Betonarme Bina Performansının Türk Deprem Yönetmelikleri 2007 ve 2018'e Göre Değerlendirilmesi*, (Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Sümer, Y. Ve Hamsici, M. (2020)**, Çok Katlı Betonarme Binalarda 2018 Deprem Yönetmeliği İle Tanımlanan Spektrum Eğrilerinin Etkisi, *Academic Platform Journal of Engineering and Science* 8-2, 349-354.
- Sümeli, O. H. (2017)**, *Mevcut Betonarme Bir Bina Üzerinde 2007 ve 2017 Deprem Yönetmeliklerinin Karşılaştırılması*, (Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 139.
- Şahan, M. F. Ve Tanrıku, A. H. (2005)**, Çeşitli Deprem Yönetmeliklerinin Türk Deprem Yönetmeliği (TDY-1998) İle Karşılaştırılması, *Ç.Ü. Müh. Mim. Fak. Dergisi*, 20-2, 169-183.
- Tekdemir, H. (2020)**, *Betonarme Binaların Deprem Performanslarının Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018'e Göre Değerlendirilmesi*, (Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi), Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır.
- Turan, G. E. (2020)**, *2007 ve 2018 Türkiye Deprem Yönetmeliklerine Göre Farklı Döşeme Sistemlerine Sahip Betonarme Bir Yapının Deprem Davranışlarının Karşılaştırılması*, (Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi), Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Rize.
- Ulutaş, H. (2019)**, DBYBHY (2007) ve TBDY (2018) Deprem Yönetmeliklerinin Kesit Hasar Sınırları Açısından Kıyaslanması, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 17, 351-359.
- Ünsal, İ., Öncel, F. A. ve Şahan, M. F. (2020)**, TDY 2007 ve TBDY 2018 Yönetmeliklerine Göre Yapı Yüksekliğinin Taban Kesme Kuvveti ve Tepe Deplasmanı Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi, *Konya Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 8(4), 930-942.

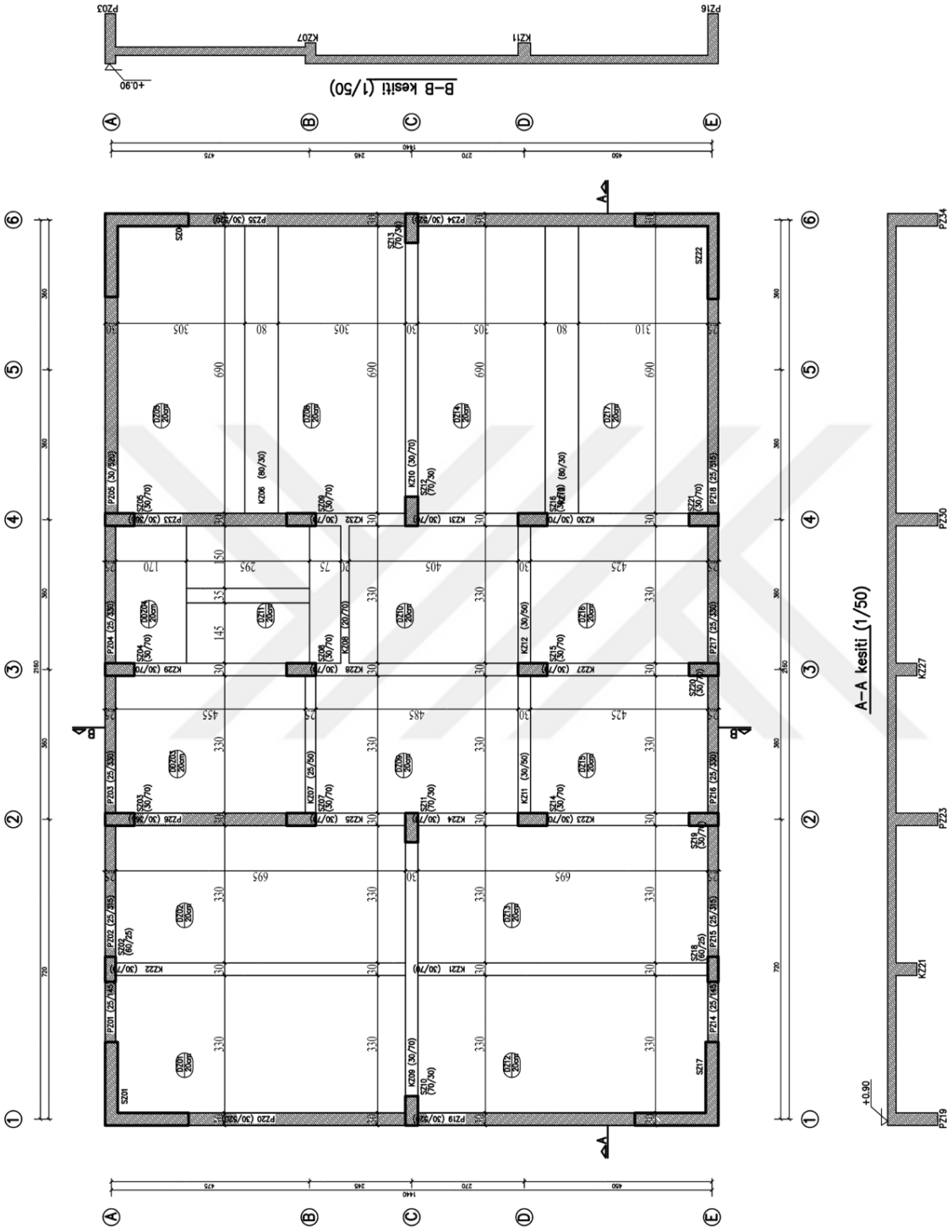
**Yalın, M. ve Ulutaş, H. (2021),** Mevcut Okul Türü Bir Binanın Deprem Performansının 2007 ve 2018 Deprem Yönetmeliklerine Göre Değerlendirilmesi, *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 10(2), 648-661.

**Yavuzarslan, T. (2007),** *2007 Deprem Yönetmeliği'nin 1998 Deprem Yönetmeliği İle Karşılaştırılması ve Sayısal İrdelemesi*, (Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul)



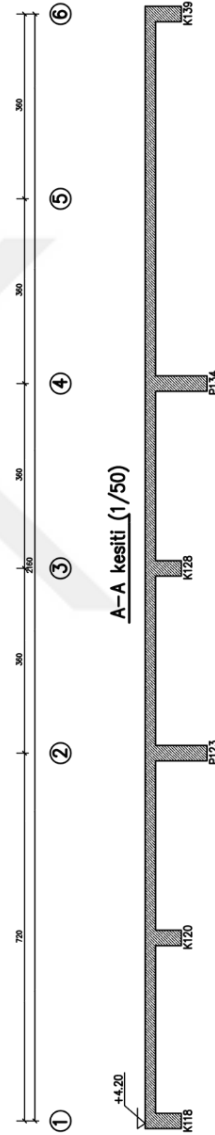
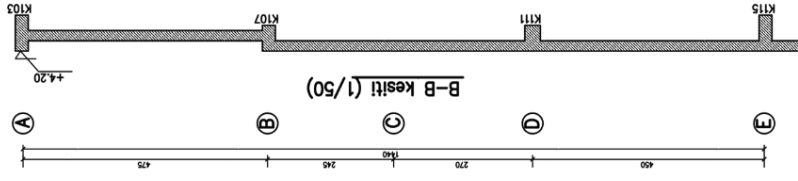
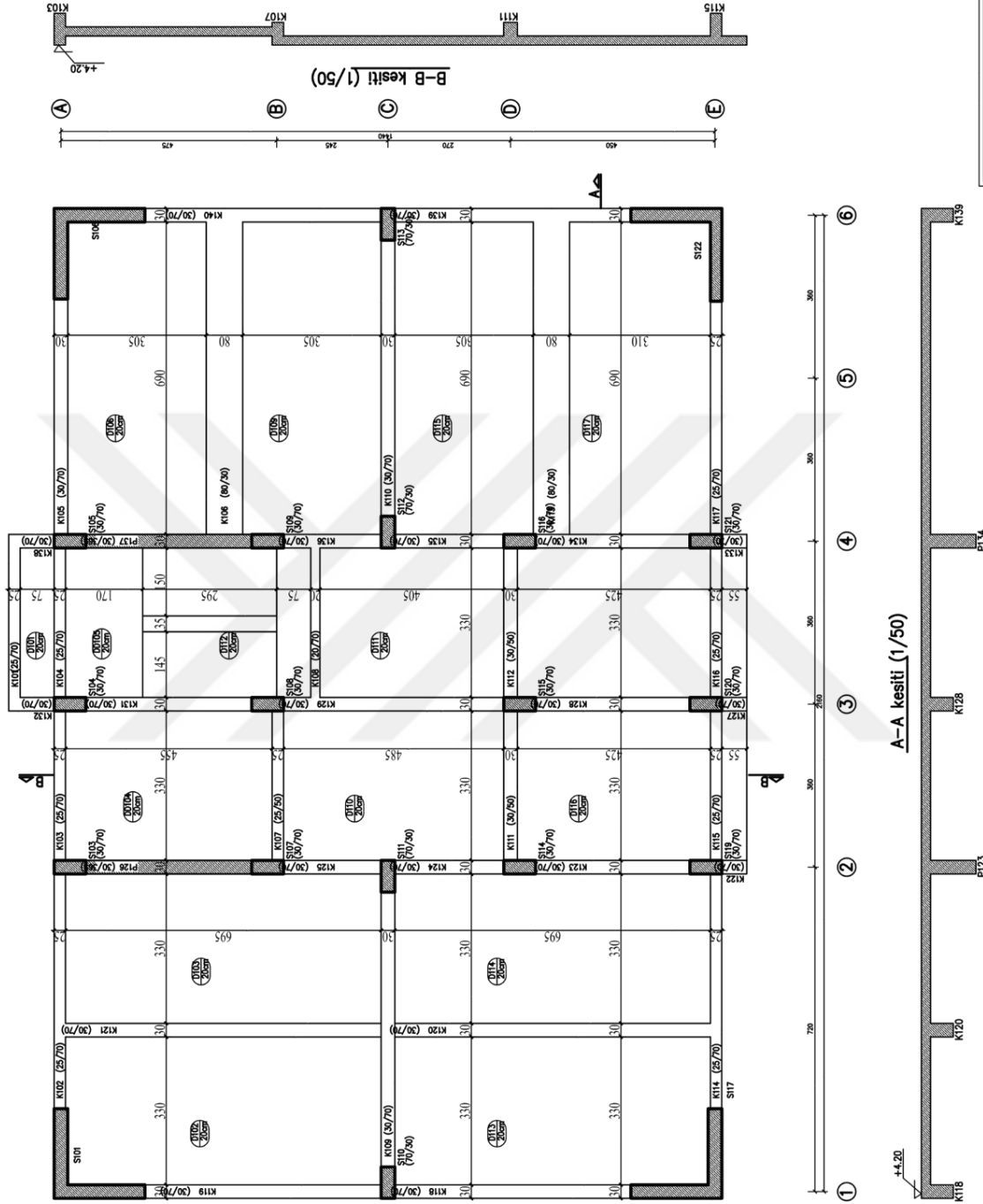


## EK-2: Bodrum Kat Statik Planı



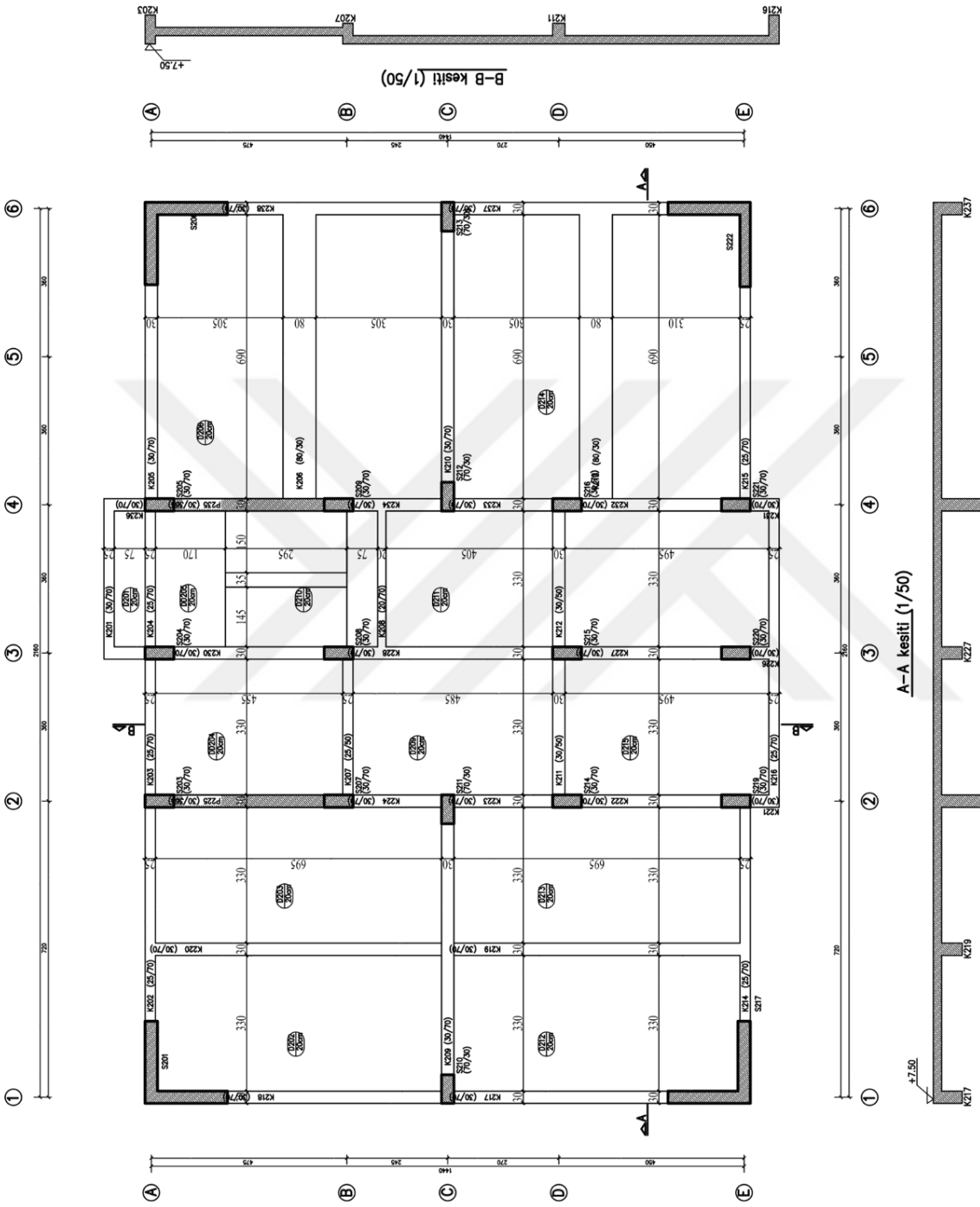
MEVCUT MALZEME					
BETON SINIFI : C8.10 (fck=8.10MPa)					
CELİK SINIFI : S420 (fyk=420MPa)					
Ab	B	Tb	Zemin	Paşapazı	
0.4	1.5	0.0	0.0	0.6	2.5

# EK-3: Zemin Kat Statik Planı

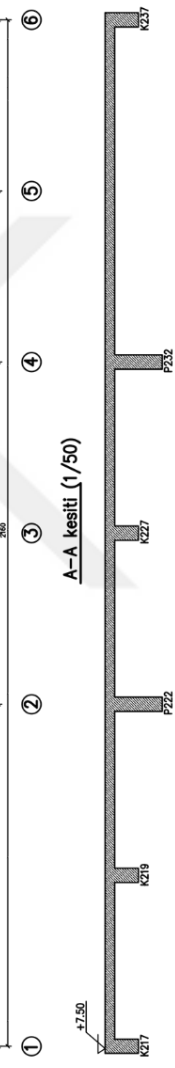


MEVCUT MALZEME				
BETON SINIFI : C8.10 (fck:8.10MPa)				
ÇELİK SINIFI : S420 (fyk:420MPa)				
Ab	l	B	Th	Fa
0.8	1.5	4.0	0.25	1.25

# EK-4: Normal Kat Statik Planı



MEVCUT MALZEME						
BETON SINIFI : C8.10 (fck=8.10MPa)						
ÇELİK SINIFI : S420 (fyk=420MPa)						
Boy	1	6	12	18	24	30
Ortalama	0.4	1.5	4.0	0.15	0.6	2.3
Minimum						2.5mm





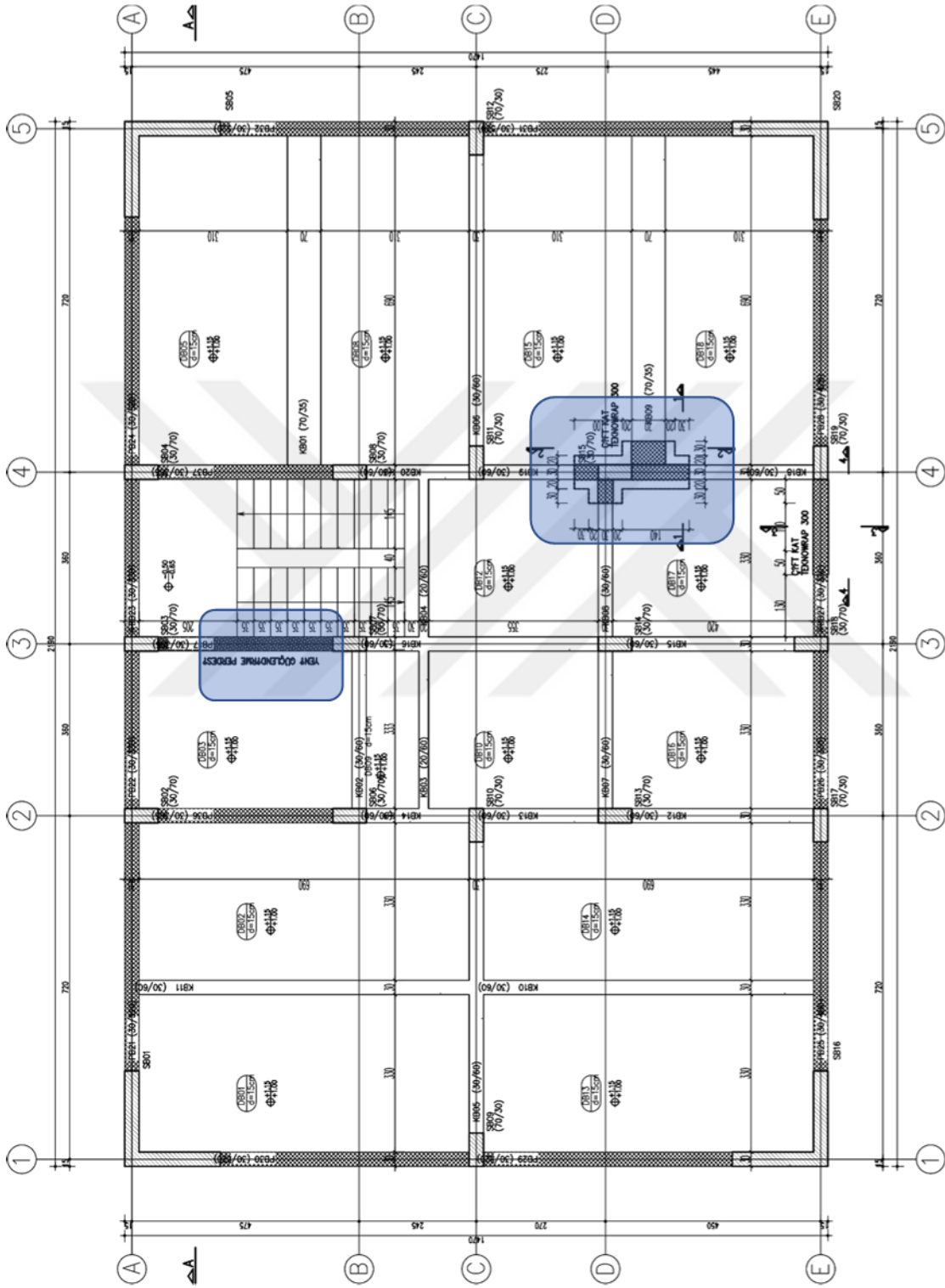
## EK-6: Donatı Gerçekleşme Katsayısının Tespiti

İncelenen Yapı Elemanı		Mevcut Yapı Elemanı		Düşey Yük Analiz Sonucu		Donatı Gerçekleşme Oranı (%)
Kat	Aks	Donatı adedi ve çap	Donatı alanı (mm <sup>2</sup> )	Donatı adedi ve çap	Donatı alanı (mm <sup>2</sup> )	
Bodrum Kat	D/2	10 Ø 16	2010.62	12 Ø 16	2412.74	83.3
	D/3	10 Ø 16	2010.62	12 Ø 16	2412.74	83.3
	C/2	12 Ø 16	2412.74	16 Ø 16	3216.99	75.0
	B/3	10 Ø 16	2010.62	12 Ø 16	2412.74	83.3
	C/4	12 Ø 16	2412.74	12 Ø 16	2412.74	100.0
	B/4	10 Ø 16	2010.62	12 Ø 16	2412.74	83.3
Zemin Kat	C/6	10 Ø 16	2010.62	12 Ø 16	2412.74	83.3
	C/4	12 Ø 16	2412.74	12 Ø 16	2412.74	100.0
	D/3	12 Ø 16	2412.74	12 Ø 16	2412.74	100.0
	C/2	12 Ø 16	2412.74	16 Ø 16	3216.99	75.0
	E/3	10 Ø 16	2010.62	12 Ø 16	2412.74	83.3
	E/2	10 Ø 16	2010.62	12 Ø 16	2412.74	83.3
1. Kat	B/3	10 Ø 16	2010.62	12 Ø 16	2412.74	83.3
	D/3	10 Ø 16	2010.62	12 Ø 16	2412.74	83.3
	D/2	10 Ø 16	2010.62	12 Ø 16	2412.74	83.3
	C/2	12 Ø 16	2412.74	16 Ø 16	3216.99	75.0
	C/4	10 Ø 16	2412.74	12 Ø 16	2412.74	83.3
2. Kat	D/4	12 Ø 16	2412.74	12 Ø 16	2412.74	100.0
	D/3	12 Ø 16	2412.74	12 Ø 16	2412.74	100.0
	A-B/2	36 Ø 16	4071.50	34 Ø 16	3845.31	100.0
	C/6	10 Ø 16	2010.62	12 Ø 16	2412.74	83.3
	A/6	28 Ø 16	8796.46	21 Ø 16 22 Ø 12	4222.30 2488.14	100.0
3. Kat	D/2	10 Ø 16	2010.62	12 Ø 16	2412.74	83.3
	E/3	10 Ø 16	2010.62	12 Ø 16	2412.74	83.3
	E/4	10 Ø 16	2010.62	12 Ø 16	2412.74	83.3
	D/3	10 Ø 16	2010.62	12 Ø 16	2412.74	83.3
	C/2	12 Ø 16	2412.74	16 Ø 16	3216.99	75.0

## EK-7: Mevcut Beton Dayanımının Tespiti

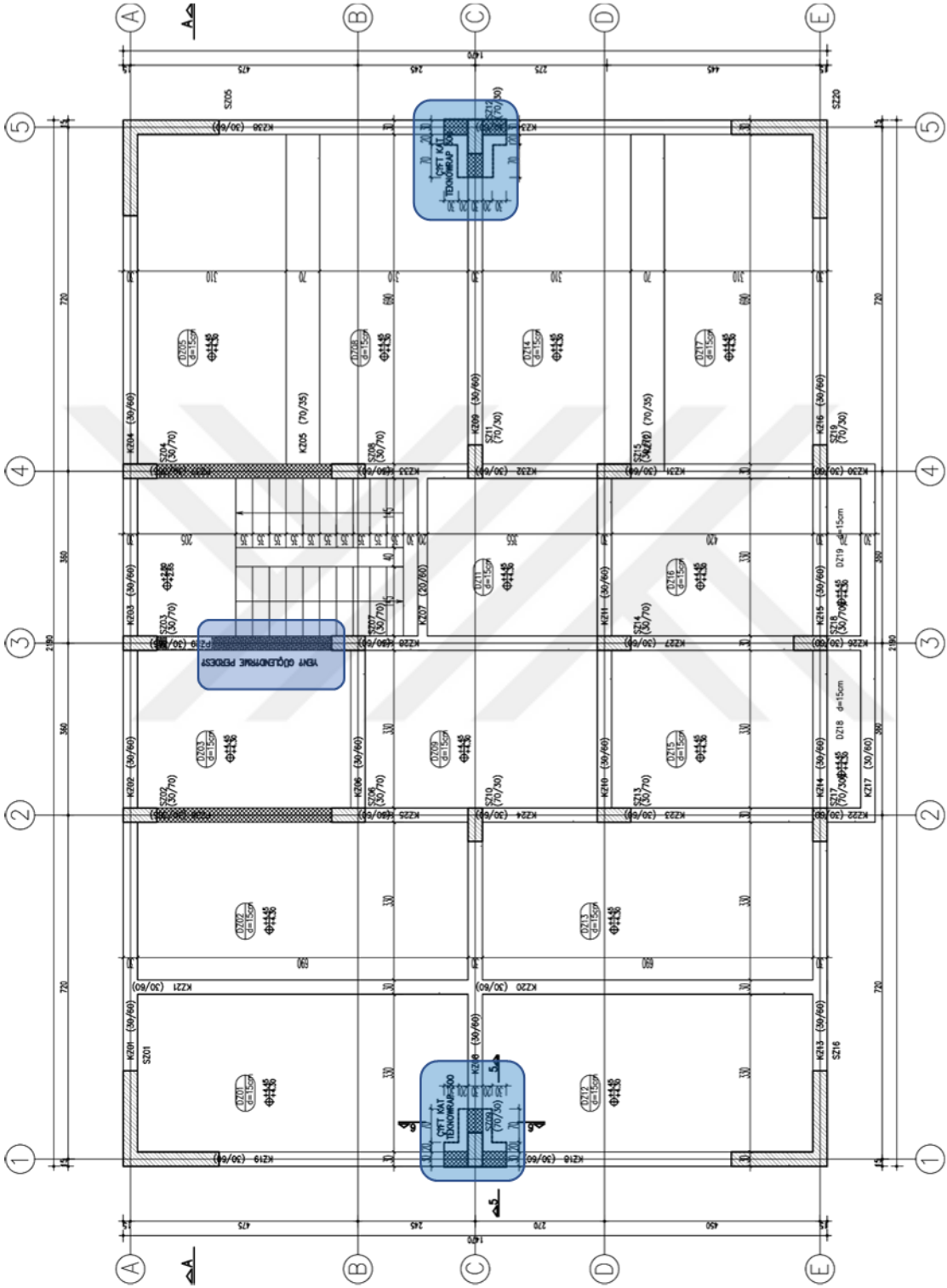
Karot No	Karot Numunesinin Alındığı Yapı Elemanı Adı	Basınç Dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Değerlendirmeye Alınan Numune (N/mm <sup>2</sup> )	Ort. Basınç Dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Standart Sapma (N/mm <sup>2</sup> )
1	Bodrum Kat - C/2	18.20	18.20	16.03	4.17
2	Bodrum Kat - D/2	14.80	14.80		
3	Bodrum Kat - D/3	5.70	-		
4	Zemin Kat - C/6	9.80	-		
5	Zemin Kat - A-B/4	14.20	14.20		
6	Zemin Kat - A/6	12.10	12.10		
7	1. Kat - D/4	11.70	11.70		
8	1. Kat - C/2	22.20	22.20		
9	1. Kat - D/2	11.80	11.80		
10	2. Kat - A-B/4	22.20	22.20		
11	2. Kat - C/6	9.50	-		
12	2. Kat - A/6	20.10	20.10		
13	3. Kat - E/1	19.80	19.80		
14	3. Kat - E/3	12.30	12.30		
15	3. Kat - A-B/2	13.00	13.00		
Ortalama Basınç Dayanımı – Standart Sapma (Bölüm 15.2.5.3) (N/mm <sup>2</sup> )					11.86
Ortalama Basınç Dayanımı (Bölüm 15.2.5.3) (N/mm <sup>2</sup> )					13.63
<b>Mevcut Beton Basınç Dayanımı (Bölüm 15.2.5.3) (N/mm<sup>2</sup>)</b>					<b>13.63</b>

# EK-8: TBDY-2018'e Göre Güçlendirme Projesi Bodrum Kat Planı



BODRUM KAT KALIP PLANI (1/50)  
Ç11B

# EK-9: TBDY-2018'e Göre Güçlendirme Projesi Zemin Kat Planı



ZEMİN KAT KALIP PLANI (1/50)