



**T.C.**  
**KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



**TEK KATLI ENDÜSTRİYEL YAPILARIN ÇATI**  
**SİSTEMLERİNİN EKONOMİK TASARIMI**

**SIAMAK AGHAEI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Nisan-2022**  
**KONYA**  
**Her Hakkı Saklıdır**

## TEZ KABUL VE ONAYI

Siamak AGHAEI tarafından hazırlanan “Tek Katlı Endüstriyel Yapıların Çatı Sistemlerinin Ekonomik Tasarımı” adlı tez çalışması 20/04/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

#### Danışman

Prof.Dr. ALİ KÖKEN

#### İmza

.....

#### Üye

Doç. Dr. GÜNNUR YAVUZ

.....

#### Üye

DR. ÖĞR. ÜYESİ SERDAR ECEMİŞ

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Saadettin Erhan KESEN  
Enstitü Müdürü

## TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

## DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Siamak AGHAEI

Tarih:

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

#### TEK KATLI ENDÜSTRİYEL YAPILARIN ÇATI SİSTEMLERİNİN EKONOMİK TASARIMI

**Siamak AGHAEI**

**Konya Teknik Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Prof. Dr. Ali KÖKEN**

**Yıl, 2022 Sayfa 104**

**Jüri  
Prof. Dr. ALİ KÖKEN  
Doç. Dr. GÜNNUR YAVUZ  
DR. ÖĞR. ÜYESİ SERDAR ECEMİŞ**

Bu tez çalışmasında çatı sistemlerine yürürlükteki; TS 498-Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri Yönetmeliği, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018 (TBDY 2018) ve diğer yönetmelik esaslarına göre gerekli yükler etki ettirilmiştir.

Modellenen çatı sistemleri Sap2000 bilgisayar programı kullanılarak analiz ve Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esasları- 2016 (ÇYTHYE 2016) esaslarına göre tasarlanmıştır. Analiz sonuçlarında elde edilen iç kuvvet değerleri ve yer değiştirme sonuçları karşılaştırmıştır. Tasarım sonucu elde edilen çelik eleman ağırlıkları karşılaştırılarak ekonomik yapım sisteminin ortaya konulmasına çalışılmıştır.

Bu çalışmada, 6 farklı sistem modeli ve toplam 48 adet çelik çatı sistemi 2 farklı iklim bölgesi, 2 farklı depremsellik özelliklerine ve 2 farklı Zemin özelliğine sahip olması durumlarına, yürürlükteki yönetmelik esasları göre ve gerekli minimum koşullar sağlanarak ( örneğin kirişlerin süneklik düzeylerine göre, yanal tutulma mesafeleri, sismik kesit kontrolleri, vs. ) analiz ve tasarımı gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen sonuçlar tablolar ve grafikler yardımıyla sunulmuş ve karşılaştırılarak sonuçlar yorumlanmıştır.

Daha sonra yapılacak çalışmalarda; bu çalışmada ele alınamayan farklı yapı sistemleri ile farklı iklim, depremsellik ve zemin özelliklerinin dikkate alındığı çalışmalar yapılabilir.

Anahtar Kelimeler: Çelik yapılar, çelik çatı, düzlem kafes sistemler, endüstriyel yapılar, uzay kafes sistemleri, sap2000, optimum tasarım

## **ABSTRACT**

### **MS THESIS**

# **ECONOMIC DESIGN OF ROOF SYSTEM FOR SINGLE STOREY INDUSTRIAL BUILDINGS**

**Siamak AGHAEI**

**Konya Technical University  
Institute of Graduate Studies  
Department of Civil Engineering**

**Advisor: Prof. Dr. Ali KÖKEN  
Year, 2022 Pages 104**

**Jury  
Prof. Dr. ALİ KÖKEN  
Doç. Dr. GÜNNUR YAVUZ  
Dr. Öğr. Üyesi SERDAR ECEMİŞ**

In this thesis study, the roof systems in force; Required loads were applied according to Calculation Values of Loads to be Taken in Design of Structural Elements Regulation (TS-498), Turkey Building Earthquake Code (TBEC-2018) and other regulation principles.

The modeled roof systems were analyzed using the Sap2000 computer program and designed according to the Principles of Design, Calculation and Construction of Steel Structure-2016 (PDCCSS). Internal force values and displacement results obtained in the analysis results were compared. It has been tried to reveal the economic construction system by comparing the steel element weights obtained with the most optimum solutions of the design result.

In this study, 6 different system models and a total of 48 steel roof systems have 2 different climate zones, 2 different seismic properties, and 2 different soil properties, according to the current regulations and by providing the necessary minimum conditions (for example, according to the ductility level of the beams, lateral retention distances, seismic section controls, etc.) analysis and design were carried out.

The results obtained were presented with the help of tables and graphs, and the results were interpreted by comparing them.

In future studies; Studies can be carried out in which different climate, seismicity and soil characteristics are taken into account with different building systems, which cannot be considered in this study.

**Keywords:** Steel structures, steel roof, plane trusses systems, industrial structures, space truss systems, sap2000, optimum design

## ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim süresince, tez çalışmamda planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren danışmanım sayın hocam Prof. Dr. Ali KÖKEN' sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım boyunca yardımını hiç esirgemeyen ve hep yanımda olan değerli eşim Hamideh KARIMI ve bana çok yardımcı olan Mühendis Salim TÜRK ve Mühendis Amir RAHMANI'ye teşekkürü bir borç bilirim.

Hayatım boyunca, her zaman ve her koşulda, her türlü maddi ve manevi destekleri ile yanımda bulunan, gösterdikleri anlayış ve hoşgörü ile beni destekleyen, bana olan inançlarını her zaman hissettiğim aileme minnettarlığımı belirtir, saygılarımı sunarım.

Siamak AGHAEI  
KONYA-2022

# İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZET .....	iv
ABSTRACT .....	v
ÖNSÖZ.....	vi
İÇİNDEKİLER .....	vii
SİMGELER.....	ix
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....</b>	<b>3</b>
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>	<b>6</b>
3.1. Genel Esaslar .....	6
3.1.1. Kapsam .....	6
3.1.2. İlkeler .....	6
3.1.3. Kullanılan İlgili standart ve yönetmelikler .....	7
3.2. Malzeme .....	7
3.3. Tasarımda Temel İlkeler.....	10
3.3.1. Yük ve dayanım katsayıları ile tasarım (YDKT).....	10
3.3.2. Güvenlik katsayıları ile tasarım (GKT).....	11
3.3.3. Stabilite analizi.....	12
3.3.4. Birleşimlerin tasarımı.....	12
3.3.5. Kullanılabilirlik sınır durumları için tasarım .....	12
3.3.6. Yerel burkulma sınır durumu için enkesitlerin sınıflandırılması.....	12
3.4. Stabilite Tasarımı.....	13
3.5. Düzensizliklerin Kontrolü .....	13
3.5.1. A1 burulma düzensizliği.....	13
3.5.2. A2 döşeme düzensizliği .....	13
3.5.3. A3 planda çıkıntılar bulunması,.....	13
3.5.4. B1 komşu katlar arası dayanım düzensizliği (zayıf kat).....	14
3.5.5. B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat) .....	14
3.5.6. B3 taşıyıcı sistem düşey elemanlarının süreksizliği .....	14
3.6. Enkesit Koşullarının Kontrolü.....	14
3.7. SAP2000 Programı .....	16
3.8. Çalışma Yöntemi .....	16
3.9. Taşıyıcı Sistem Bilgileri .....	18
3.9.1. Tek eğimli düzlem (üçgen –v şekilli) kafes sistem (A yapısı): .....	18
3.9.2. Tek eğimli düzlem (üçgen- ters v şekilli) kafes sistem (B yapısı):.....	18
3.9.3. Dolu gövdeli/profil kiriş sistemi (C yapısı): .....	19
3.9.4. Çift eğimli düzlem (trapez) kafes sitem (D yapısı):.....	19
3.9.5. Tek eğrilikli (tonoz) uzay kafes sistem (E yapısı): .....	20
3.9.6. Düzlem yüzeyli uzay kafes sistem ( F yapısı): .....	20
<b>4. SİSTEMLERİN YÜK KABULLERİ .....</b>	<b>25</b>
4.1. Sabit Yükler.....	25
4.1.1. Yapı elemanlarının zati ağırlıkları .....	25
4.1.2. Diğer kalıcı yükler .....	25
4.1.3. Hareketli yükler .....	26
4.2. Kar Yükleme.....	26
4.3. Rüzgar Yükleme .....	30
4.3.1. Rüzgar kabulleri ve rüzgar basıncı .....	30

4.3.2. Düşey duvarlara rüzgar yüklemesi.....	33
4.3.3. Çift eğimli çatılar için rüzgar yüklemesi Y - doğrultusu .....	35
4.3.4. Tonoz çatılar için rüzgar yüklemesi.....	37
4.3.5. Düz çatılar için rüzgar yüklemesi .....	38
4.3.6. Model rüzgar yüklemeleri.....	40
4.4. Sıcaklık Yüklemesi.....	43
4.5. Sismik Yüklemesi.....	44
4.5.1. Bina kullanım sınıfı (BKS) ve bina önem katsayısı (I).....	44
4.5.2. Bina yükseklik sınıfı (BYS).....	45
4.5.3. Bina taşıyıcı sistem parametreleri .....	46
4.5.4. Deprem tasarım sınıfı (DTS) .....	48
4.5.5. Tasarım spektrumları değerleri .....	50
4.5.6. Dayanıma göre tasarım için hesap esasları .....	52
4.6. İlgili Yük Şartnamesi ve Yükleme Halleri .....	54
4.6.1. Kullanılabilirlik sınır durumları için tasarım .....	54
4.6.2. Yük kombinasyonları.....	56
4.7. Analiz Sonuçları .....	58
4.7.1. Analiz sonucu kütle katılım oranları .....	58
4.7.2. Yapı deplasmanı değerlendirilmesi.....	59
4.7.3. Düşey çaprazlarda yer değiştirme kontrolü .....	60
4.7.4. Düşey çaprazlarda yer değiştirme kontrolü .....	60
4.7.5. Düşey çaprazlar ve yatay çaprazlarda gerilme kontrolü .....	61
4.7.6. Yatay çaprazlarda yer değiştirme kontrolü .....	62
4.7.7. Kolonlarda görelî kat ötelenmesi kontrolleri .....	63
4.7.8. Sehim kontrolü.....	65
4.7.9. Rüzgar ve deprem deplasman kontrolü.....	67
4.8. Yapıların Zemin Sınıfı ve Deprem Etkisine Göre Karşılaştırması.....	78
4.9. Yapıların Arazi Kategorisi Etkisine Göre Karşılaştırması .....	81
4.10. Yapıların Yapı Modeline Göre Karşılaştırması .....	84
4.11. Modellerin Ağırlık Karşılaştırılması .....	85
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>90</b>
5.1. Sonuçlar .....	90
5.2. Öneriler.....	91
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>92</b>



## SİMGELER

<b>BKS</b>	Bina Kullanım Sınıfı
<b>BYS</b>	Bina Yükseklik Sınıfı
<b>D</b>	Dayanım Fazlalığı Katsayısı
<b>DTS</b>	Deprem Tasarım Sınıfı
<b>DD – 1</b>	50 Yılda Aşılma Olasılığı %2 (Tekrarlanma Periyodu 2475 Yıl) Olan Deprem Yer Hareketi Düzeyi, gözönüne alınan en büyük deprem yer hareketi
<b>DD – 2</b>	50 Yılda Aşılma Olasılığı %10 (Tekrarlanma Periyodu 475 Yıl) Olan Deprem Yer Hareketi Düzeyi, standart tasarım deprem yer hareketi
<b>DD – 3</b>	50 Yılda Aşılma Olasılığı %50 (Tekrarlanma Periyodu 72 Yıl) Olan Deprem Yer Hareketi Düzeyi, sık deprem yer hareketi
<b>DD – 4</b>	50 Yılda Aşılma Olasılığı %68 (Tekrarlanma Periyodu 43 Yıl) Olan Deprem Yer Hareketi Düzeyi, servis deprem yer hareketi
<b>F<sub>S</sub></b>	Kısa Periyot Bölgesi İçin Yerel Zemin Etki Katsayısı
<b>F<sub>1</sub></b>	1.0 Saniye Periyot İçin Yerel Zemin Etki Katsayısı
<b>g</b>	Yerçekimi İvmesi [ $g = 9.81 \text{ m/sn}^2$ ]
<b>H<sub>N</sub></b>	Bina Toplam Yüksekliği [m]
<b>h<sub>i</sub></b>	Binanın i'inci Katının Kat Yüksekliği [m]
<b>KH</b>	Kontrollü Hasar Performans Düzeyi
<b>KK</b>	Kesintisiz Kullanım Performans Düzeyi
<b>mm</b>	Milimetre
<b>m/s</b>	Metre/saniye
<b>I</b>	Bina Önem Katsayısı
<b>I<sub>b</sub></b>	Kiriş Kesit Eylemsizlik Momenti [m <sup>4</sup> ]
<b>I<sub>k</sub></b>	Kolon Kesit Eylemsizlik Momenti [m <sup>4</sup> ]
<b>n</b>	Hareketli Yük Katılım Katsayısı
<b>R</b>	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
<b>mm</b>	
<b>R<sub>a</sub>(T)</b>	Öngörülen Süneklik Kapasitesi ve Periyoda Bağlı Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı
<b>SH</b>	Sınırlı Hasar Performans Düzeyi
<b>S<sub>ae</sub>(T)</b>	Yatay Elastik Tasarım Spektral İvmesi [g]
<b>S<sub>aR</sub>(T)</b>	Azaltılmış Tasarım Spektral İvmesi [g]
<b>S<sub>aeD</sub>(T)</b>	Düşey Elastik Tasarım Spektral İvmesi [g]
<b>S<sub>de</sub>(T)</b>	Yatay Elastik Tasarım Spektral Yerdeğiştirmesi [m]
<b>S<sub>DS</sub></b>	Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı [boyutsuz]

<b><math>S_{D1}</math></b>	1.0 Saniye Periyot İçin Tasarım Spektral İvme Katsayısı [boyutsuz]
<b><math>S_S</math></b>	Kısa Periyot Harita Spektral İvme Katsayısı [boyutsuz]
<b><math>S_1</math></b>	1.0 Saniye Periyot İçin Harita Spektral İvme Katsayısı [boyutsuz]
<b><math>T</math></b>	Doğal titreşim periyodu [sn]
<b><math>T_A</math></b>	Yatay Elastik Tasarım İvme Spektrumu Köşe Periyodu [sn]
<b><math>T_{AD}</math></b>	Düşey Elastik Tasarım İvme Spektrumu Köşe Periyodu [sn]
<b><math>T_B</math></b>	Yatay Elastik Tasarım İvme Spektrumu Köşe Periyodu [sn]
<b><math>T_{BD}</math></b>	Düşey Elastik Tasarım İvme Spektrumu Köşe Periyodu [sn]
<b><math>T_L</math></b>	Yatay Elastik Tasarım Spektrumunda Sabit Yerdeğiştirme Bölgesine Geçiş Periyodu [sn]
<b><math>T_{LD}</math></b>	Düşey Elastik Tasarım Spektrumunda Sabit Yerdeğiştirme Bölgesine Geçiş Periyodu [sn]
<b><math>T_p</math></b>	Binanın Hakim Doğal Titreşim Periyodu [sn]
<b><math>A_{ref}</math></b>	Referans Alan
<b><math>I_v</math></b>	Türbülans şiddeti
<b><math>b</math></b>	Yapının Geniliği (Aksi Belirtilmediyse, Rüzgâr Yönüne Dik Doğrultudaki Yüzey Uzunluğu)
<b><math>c_{dir}</math></b>	Yön Katsayısı
<b><math>c_e(z)</math></b>	Maruz Kalma Katsayısı
<b><math>c_r</math></b>	Engebelilik Katsayısı
<b><math>c_o</math></b>	Orografi Katsayısı
<b><math>c_{season}</math></b>	Mevsim Katsayısı
<b><math>d</math></b>	Yapının Derinliği (Aksi Belirtilmediyse, Rüzgâr Yönüne Paralel Doğrultudaki Yüzey Uzunluğu)
<b><math>e</math></b>	Bir Kuvvetin Dış Merkezliği veya Kenar Mesafesi
<b><math>k</math></b>	Eşdeğer Engebelilik
<b><math>q_b</math></b>	Referans Ortalama (Esas) Hız Kaynaklı Rüzgâr Basıncı
<b><math>q_p</math></b>	Tepe hız kaynaklı rüzgâr Basıncı
<b><math>v_m</math></b>	Ortalama Rüzgâr Hızı
<b><math>v_{b,0}</math></b>	Esas Rüzgâr Hızının Temel Değeri
<b><math>v_b</math></b>	Esas Rüzgâr Hızı
<b><math>z_o</math></b>	Engebelilik Uzunluğu
<b><math>z_e</math></b>	Dış Basınç için Referans Yükseklik
<b><math>s</math></b>	Esas Rüzgâr Hızının Temel Değeri
<b><math>s_k</math></b>	Çatı Kar Yüğü [kN/m <sup>2</sup> ]
<b><math>z_o</math></b>	Dikkate Alınan Mahaldeki Karakteristik Zemin Kar Yüğü [kN/m <sup>2</sup> ]

$\alpha$	Yatay Düzleme Göre Ölçülen Çatı Eğimi [°]
$\mu$	Kar Yükü Şekil Katsayısı
$C_e$	Maruz Kalma Katsayısı
$C_t$	Isı Katsayısı

## KISALTMALAR

SAP.	Structural Analysis Program
Ç.D.	Çatı düzlemi
Y.D.	Yatay Düzlemi
TS	Türk Standardı
TS 498	Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri Yönetmeliği
TBDY	Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018
ÇYTHYE	Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esasları - 2016
YDKT	Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım
GKT	Güvenlik Katsayıları ile Tasarım
TS EN 1991-1-3	Yapılar üzerindeki etkiler - Bölüm 1-3: Genel etkiler, kar yükleri
TS EN 1991-1-4	Yapılar üzerindeki etkiler- Bölüm 1-4: Genel etkiler, rüzgar etkileri

## 1. GİRİŞ

Uluslararası standartlara uygun olarak üretilen çeliğin kalitesi, imalat sırasında sürekli kontrol edilir. Böylece üretim ve montaj aşamalarında malzemenin mekanik özelliklerine müdahale edilememekte, bu da teorik hesap değerlerine en iyi seviyede yaklaşabilmeyi sağlamaktadır.

Çelik, yüksek dayanımı, hafifliği ve sinekliğinin yanında maliyeti göz önüne alındığında depreme dayanıklı yapılar yapmak için en uygun yapı malzemesi olarak düşünülebilir. Yapıların depreme dayanacak şekilde tasarlanarak, standartlara uygun, kaliteli yapı malzemeleriyle inşa edilmesi her şeyden önce insanlarımızın can güvenliği için zorunludur.

İnşaat sektörü, bir ülkenin üretim kapasitesi ve gerçek büyüme hızı açısından ekonominin lokomotif sektörüdür. Bu nedenle inşaat sektörü, gelişmekte olan ülkelerin kalkınmasında büyük görevler üstlenmektedir. Bu açıdan bakıldığında ülkemizin kalkınmasında ve ekonomisinin büyümesinde en büyük görev, amacına en uygun, en ekonomik ve en güvenli olan yapıları inşa etmekle sorumlu olan inşaat mühendislerine düşmektedir.

Her mühendislik tasarım probleminin birden fazla kabul edilebilir ve geçerli çözümü vardır. Ancak asıl önemli olan bir çok mevcut çözümler arasında en iyi (optimum) çözümün bulunabilmesidir. Yapı Mühendisliği alanında ise yapı tasarımı genelde çeşitli pratik ve teorik değerlere dayanan bir kararlar dizisi olduğundan tasarımcının tecrübe, sezgi ve benzer tasarımlardan elde ettiği bilgilere dayanır. Bu açıdan bakıldığında uygulamada yapı tasarımının henüz bir deneme-yanılma metodu çemberinin dışına çıkamadığı görülmektedir.

Ülkemizde inşaat yatırımlarının önemli bir bölümünü endüstriyel yapılar oluşturmaktadır. Endüstri yapıları büyük hacimlerin örtülmesinde kullanılan bir yapı türüdür. Bu yapılar genellikle tek katlı ve bir doğrultuda büyük açıklıktan oluşan sistemleri içerir. Endüstriyel yapının statik sistemini uygun bir şekilde seçmenin yapının ekonomik çözümüne yardımcı olacağı açıktır.

Bu tez çalışmasında Sap 2000 programı kullanılarak çatı sistemlerine yürürlükteki; Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri Yönetmeliği (TS 498), Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018 (TBDY 2018) ve diğer yönetmelik esaslarına göre modellenmiş toplam 48 adet çelik çatı sisteminin analiz ve tasarımı gerçekleştirilmiştir. Ele alınan çatı sistemleri;

- İki boyutlu/düzlem kafes sistemler
- Üç boyutlu/uzay kafes sistemler
- Dolu gövdeli/profil çelik kiriş sistemi olarak belirlenmiştir.

Analiz ve tasarımı gerçekleştirilen toplam 48 adet çatı sisteminin elde edilen sonuçları karşılaştırılarak sonuçlar yorumlanmıştır.



## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Çelik çatı sistemlerinin çözüm ve boyutlandırması ile ilgili çok sayıda akademik çalışma bulunmaktadır (Deren ve ark., 2004; Salmon ve ark., 2007) Daha önce çelik çatı sistemlerinin üzerine yapılan çalışmalardan bazıları şunlardır:

Makowski (1966), tarafından yazılan “steel space structures” adlı kitap, çelik uzay sistemler hakkında yayınlanmış en geniş kapsamlı kitaptır. Bu eserde çelik uzay taşıyıcı sistemlerin tarihi gelişimi anlatılmıştır.

Uman (1989), çalışmasında, iki katlı düzlem ve uzay kafes sistemlerinin karşılaştırmasını yapmıştır ve hem matris deplasman metodu kullanılarak bir bilgisayar programı yapılmıştır ve sistemlerin ağırlık açısından kıyaslamıştır.

Saka (1998), optimum’ luk kriteri yöntemini kullanarak, çelik uzay kafes sistemlerin optimizasyonu problemini incelemiştir. Geometri değişimlerinin ve malzeme davranışının lineer olmayan etkilerinin göz önüne alındığı çalışmada yer değiştirmelerle ilgili kısıtlamalar da göz önüne alınmıştır.

Argalı (1999), bir sanayi yapısı için ülkemiz koşullarına göre en ekonomik olan çelik taşıyıcı sistem tipini araştırmıştır.

Turan (1999), araştırmasında, mühendislikte kullanılan taşıyıcı sistemler kafes giriş sistemlerinin optimal boyutlandırılmasında geometrik ve malzeme nonlineerliğinin etkisini incelemiştir.

Aydın (2000), genetik algoritma kullanılarak uzay kafes sistemlerin optimum tasarımını gerçekleştirilmektedir. Tasarımda gerilme, yer değiştirme ve stabilite sınırlayıcıları dikkate alınmış, FORTRAN programlama dilinde bir bilgisayar programı kodlanmış ve bu program yardımıyla çeşitli kafes sistemlerin optimum tasarımı yapılmıştır.

Seçer ve Bozdağ (2005), uzaysal ve dolu gövdeli aşıkların çelik çatı ağırlığına etkisini incelemişler ve dört farklı makas tipi ve farklı makaslar arası mesafe uzunluğu dikkate alarak analizler yapmışlardır.

Yakut (2007), Düzlem Kafes Sistem Analiz Programı (DKSAP) isimli bir program geliştirilerek, istenilen her açıklık ve yük durumundaki kafes kirişlerin boyutlandırılmasını, bilgi teknolojileri esaslarına uygun olarak yapmıştır.

Süleyman(2010), tez çalışmasında, beş farklı açıklıklı düzlemsel çelik kafes sistemlerinin SAP2000, ÇELİKPRO IV, ÇATICAD ve STA4CAD bilgisayar programları kullanılarak analizleri yapılmıştır. Bu programları kullanılarak yapılan analizlerde, çubuk kesitleri, çubuk kuvvetleri, düğüm noktaları ve deplasmanları incelenerek birbirleri ile karşılaştırılmışlardır.

Vural (2012), Çalışmasında, Doğu Karadeniz Bölgesinde uygulanmış uzay kafes çatı sistemini mevcut projesine uyararak analizini yapmış ve düşey yükler altında kesit yeterliliklerini araştırmıştır.

Aydın ve Günaydın (2017), çalışmalarında ÇYTHYE 2016 ve 2018 deprem yönetmeliğine dair tasarım esasları hususunda bilgilendirme yapmıştır.

Sultan (2019), tez çalışmasında, örnek olarak seçilen bir sanayi yapısının farklı deprem yönetmeliklerine ve farklı tasarım yöntemlerine göre statik analizi ve tasarımı yapılarak 4 ayrı sonuç elde edilmiştir. Oluşturulan modelin yönetmeliklere uygunluk bakımından gerekli geometrik kontrolleri IdeCAD Statik (2019) programında kontrol edildikten sonra statik analiz ve tasarım sonuçları SAP2000 (2008) programı ile hesaplanmıştır. Yapının statik analiz hesapları, 2018 deprem yönetmeliğine göre iki farklı konumda ve 2007 deprem yönetmeliğine göre 2. derece deprem bölgesinde olacağı öngörülerek yapılmıştır. Yapı elemanlarının tasarımı ise, 2018 deprem yönetmeliği uyarınca “Güvenlik Katsayılarına göre Tasarım” yaklaşımıyla ve 2007 deprem yönetmeliği uyarınca “Emniyet Gerilmeleri Yöntemine” göre iki ayrı yöntem kullanılarak yapılmıştır. Elde edilen analiz ve tasarım sonuçları, çalışmanın üçüncü bölümünde irdelenmiş, hesap sonuçlarında ortaya çıkan benzerlikler ve farklılıklar karşılaştırmalı olarak belirtilmiştir.

El Aj Ahmad (2018), yüksek lisans tezinde yaptığı iki farklı çalışma da çelik konstrüksiyon olarak tasarladığı yapıları TBDY2018, Eurocode8, ASCE 7/16 ve TDY 2018'e göre analiz edip, yapıları taban kesme kuvvetleri, yapı hâkim doğal titreşim periyodları, maksimum yatay yer değiştirmeler, görelî kat açısından karşılaştırmıştır.

Bu tez çalışmasında toplam 48 adet çelik çatı sisteminin yürürlükteki yönetmelik esaslarına göre analiz ve tasarımı gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak sonuçlar yorumlanmıştır.





### **3. MATERYAL VE YÖNTEM**

Bu tez çalışmasında Sap 2000 programı kullanılarak, ilgili standart ve yönetmeliklere uygun olarak modellenmiş toplam 48 adet çelik çatı sisteminin yürürlükteki yönetmelik esaslarına göre analiz ve tasarımı gerçekleştirilmiştir. Ele alınan çatı sistemleri;

- İki boyutlu/düzlem kafes sistemler
- Üç boyutlu/uzay kafes sistemler
- Dolu gövdeli/profil çelik kiriş sistemi olarak belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında modellenen toplam 48 adet farklı özellikteki çatı sisteminin Sap2000 programı ile analizden sonra ÇYTHYE 2016 yönetmeliğine göre tasarımı gerçekleştirilmiştir. Tasarımda esas alınan Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esasları - 2016 (ÇYTHYE 2016) yönetmeliği aşağıda ayrıntılı olarak kısaca ele alınmıştır.

#### **3.1. Genel Esaslar**

ÇYTHYE 2016 Yönetmeliği Bölüm 1'de kapsam ve genel ilkelere yer verilmiş olup, belirtilmeyen durumlarda referans alınabilecek ulusal ve uluslararası standartlar sıralanmıştır.

##### **3.1.1. Kapsam**

ÇYTHYE 2016'da kabul edilen bu İlkeler, çelik yapıların ve çelik-betonarme kompozit yapı elemanlarının kullanım amacına uygun olarak yeterli güvenlik çerçevesinde projelendirilmesi ve yapımına ilişkin yöntem ve koşulları içermektedir.

Deprem bölgelerinde yapılacak binalarda depreme dayanıklı yapı sistemleri tasarlanırken bu ilkelerle birlikte TBDY 2018 “Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği” uygulanmalıdır.

##### **3.1.2. İlkeler**

Çelik yapılar ve betonarme-çelik kompozit yapı elemanlarının tasarımına ilişkin Esaslarda yer almayan tasarım kuralları, uluslararası geçerliliği olan diğer standartlar ve yönetmelikler maksimum güvenliği sağlamak için kullanılmalıdır.

### 3.1.3. Kullanılan İlgili standart ve yönetmelikler

Bu tez çalışmasında kullanılan yönetmelikler şunlardır:

ÇYTHYE 2016 TS498	Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esasları 2016 Yapı Elemanlarının Boyutlandırmasında Alınacak
Yüklerin Hesap Değerleri	
TBDY2018	Deprem Etkisi Altında Binaların Tasarımı İçin Esaslar
TS EN 1991-1-3	Yapılar üzerindeki etkiler Kar Yükleri
TS EN 1991-1-4	Yapılar üzerindeki etkiler Rüzgar Etkileri

### 3.2. Malzeme

ÇYTHYE 2016 Yönetmeliği Bölüm 2'de çelik yapı malzeme özellikleri ve birleştirme takımları ile ilgili uyulması gereken düzenlemeler yer almaktadır. Bu bölümde belirtilen malzeme özellikleri, üretim standartlarında verilen minimum gereklilik değerleridir.

Yönetmelik, sıcak haddelenmiş çelik profil ve levhalar ile boru ve kutu kesit elemanlarının tasarım esaslarını içermektedir. Bu kurallar Yönetmelikte **Çizelge 3.1** ve **Çizelge 3.2**'de verilen çelik sınıfları için geçerlidir. Sıcak haddelenmiş yapı çelikleri için karakteristik akma gerilmesi ( $F_y$ ) ve çekme mukavemeti ( $F_u$ ) değerleri Çizelge'de verilmiştir. Bu değerler tasarım hesaplarında kullanılacak karakteristik değerlerdir.

Çizelge 3.1. ÇYTHYE 2016 Tablo 2.1A- Sıcak Haddelenmiş Yapısal Çeliklerde Karakteristik Akma Gerilmesi, Fy Ve Çekme Dayanımı, Fu

Standart ve Çelik Sınıfı	Karakteristik Kalınlık, $t$ (mm)			
	$t \leq 40mm$		$40mm < t \leq 80mm$	
	Fy (N/mm <sup>2</sup> )	Fu (N/mm <sup>2</sup> )	Fy (N/mm <sup>2</sup> )	Fu (N/mm <sup>2</sup> )
<b>EN 10025-2</b>				
S235	235	360	215	360
S275	275	430	255	410
S355	355	510	335	470
S450	440	550	410	550
<b>EN 10025-3</b>				
S275 N/NL	275	390	255	370
S355 N/NL	355	490	335	470
S420N/NL	420	520	390	520
S460N/NL	460	540	430	540
<b>EN 10025-4</b>				
S275 M/ML	275	370	255	360
S355 M/ML	355	470	335	450
S420 M/ML	420	520	390	500
S460 M/ML	460	540	430	530
<b>EN 10025-5</b>				
S235 W	235	360	215	340
S355 W	355	510	335	490
<b>EN 10025-6</b>				
S460 Q/QL/QL1	460	570	440	550

Çizelge 3.2. ÇYTHYE 2016 Tablo 2.1B- Yapısal Boru Ve Kutu Profillerde Karakteristik Akma Gerilmesi, Fy Ve Çekme Dayanımı, Fu

Standart ve Çelik Sınıfı	Karakteristik Kalınlık, $t$ (mm)			
	$t \leq 40mm$		$40mm < t \leq 80mm$	
	Fy (N/mm <sup>2</sup> )	Fu (N/mm <sup>2</sup> )	Fy (N/mm <sup>2</sup> )	Fu (N/mm <sup>2</sup> )
<b>EN 10210-1</b>				
S235 H	235	360	215	340
S275H	275	430	255	410
S355 H	355	510	335	490
S275 NH/NLH	275	390	255	370
S355 NH/NLH	355	490	335	470
S420 NH/NLH	420	540	390	520
S460 NH/NLH	460	560	430	550
<b>EN 10219-1</b>				
S235 H	235	360		
S275 H	275	430		
S355 H	355	510		
S275 NH/NLH	275	370		
S355 NH/NLH	355	470		
S460 NH/NLH	460	550		
S275 MH/MLH	275	360		
S355 MH/MLH	355	470		
S420 MH/MLH	420	500		
S460 MH/MLH	460	530		

Bulonlar, somunlar ve pullar, **ÇYTHYE 2016, 1.3.5'** te ve Kaynak malzemesi özellikleri, **Bölüm 1.3.6** ve çelik – betonarme kompozit yapı elemanlarında **Bölüm 1.3.7'** de verilen standartlara uygun olacaktır.

Bu kurallar **ÇYTHYE 2016 Tablo 2.2** (Bkz Çizelge 3.3) 'aşağıdaki tabloda verilen bulon sınıfları için geçerlidir. **ÇYTHYE 2016 Tablo 2.2** (Bkz Çizelge 3.3) 'deki değerler, tasarım hesaplarına kullanılacak karakteristik değerlerdir.

Çizelge 3.3. ÇYTHYE 2016 Tablo 2.2- Bulonların karakteristik akma gerilmeleri, fyb ve çekme dayanımları, Fub (MPa)

Bulon sınıfı	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	10.9
$F_{yb}$	240	320	300	400	480	640	900
$F_{ub}$	400	400	500	500	600	800	1000

### 3.3. Tasarımda Temel İlkeler

ÇYTHYE 2016 Yönetmeliği Bölüm 5'te Çelik yapıların analiz ve boyutlandırılmasına ilişkin kurallar ve genel esaslar detaylı olarak anlatılmıştır.

Çelik yapı elemanlarının tasarımında ÇYTHYE 2016 Yönetmeliği Bölüm 5'te belirtilen “Güvenlik Katsayıları ile Tasarım (GKT)” veya “Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım (YDKT)” ilkelerinden biri uygulanmalıdır. Bu bölümünde, seçilen yaklaşımlara göre yük kombinasyonlarından bahsedilmiştir.

Bu Tez çalışmada Yük ve dayanım katsayıları ile tasarım (YDKT) kullanılmıştır.

#### 3.3.1. Yük ve dayanım katsayıları ile tasarım (YDKT)

YDKT yönteminde tüm yapı elemanları yük birleşimleri altında hesaplanan gerekli dayanım  $R_u$ , elemanların tasarım dayanımından  $R_d$  eşit veya daha küçük olması prensibine dayanır. Buna göre YDKT yönteminde verilen koşul Denk.(3.1) dekinde uygun olarak gerçekleştirilecektir. Bu kurallar hakkında detaylı bilgiler ÇYTHYE 2016 Bölüm 5.2.2 'de bahsedilmiştir.

YDKT yönteminde yük birleşimleri altında tüm yapı elemanları için hesaplanan gerekli dayanım  $R_u$ , elemanların tasarım dayanımına  $R_d$  eşit veya daha az olması esasına dayanmaktadır. Buna göre YDKT yönteminde verilen koşul Denk.(3.1)'e göre yerine getirilecektir. ÇYTHYE 2016 Bölüm 5.2.2'de bu kurallar hakkında detaylı bilgi belirtilmiştir.

$$R_u \leq R_d = \phi R_n \quad (3.1)$$

Bu terimler aşağıda anlamı verilmiştir.

$R_u$  : YDKT yük birleşimleri altında hesaplanan gerekli dayanım.

$R_n$ : Karakteristik dayanım.

$\phi$  : Belirlenmiş dayanım katsayısı.

$R_n$  : Tasarım dayanımı

Bu tasarım yönteminde gerekli dayanım,  $R_u$ , aşağıdaki yük birleşimleri ile belirlenecektir.

$$\begin{aligned} 1.4G & (1) \\ 1.2 \cdot G + 1.6 \cdot (S \text{ veya } R \text{ veya } Q_r) & (2a) \\ 1.2 \cdot G + 1.6 \cdot Q + 0.5(S \text{ veya } R \text{ veya } Q_r) & (2b) \\ 1.2 \cdot G + 1.6 \cdot (S \text{ veya } R \text{ veya } Q_r) + (Q \text{ veya } 0.8W) & (3) \\ 1.2 \cdot G + 1.0 \cdot Q + 0.5 \cdot (S \text{ veya } R \text{ veya } Q_r) + 1.6 \cdot W & (4) \\ 1.2 \cdot G + 1.0 \cdot Q + 0.2 \cdot S + 1.0 \cdot E & (5) \\ 0.9 \cdot G + 1.6 \cdot W & (6) \\ 0.9 \cdot G + 1.0 \cdot E & (7) \end{aligned}$$

### 3.3.2. Güvenlik katsayıları ile tasarım (GKT)

GKT yönteminde tüm yapı elemanları yük birleşimleri altında hesaplanan gerekli dayanım  $R_a$ , Güvenli dayanım  $R_g$  eşit veya daha küçük olması prensibine dayanır. Buna göre GKT yönteminde verilen koşul **Denk.(3.2)** dekine uygun olarak gerçekleştirilecektir. **ÇYTHYE 2016 Bölüm 5.3.2** 'de bu kurallar hakkında bilgi verilmiştir.

$$R_a \leq R_n / \Omega = R_g \quad (3.2)$$

Bu terimler aşağıda anlamı verilmiştir.

- $R_a$  : GKT yük birleşimleri altında hesaplanan gerekli dayanım.  
 $R_n$  : Karakteristik dayanım.  
 $\Omega$  : Belirlenen güvenlik katsayısı.  
 $R_n / \Omega$  : Güvenli dayanım

Bu yük birleşimlerinde aşağıdaki gibi oluşturulmuştur.

$$\begin{aligned} G & (1) \\ G + Q & (2) \\ G + (S \text{ veya } R \text{ veya } Q_r) & (3) \\ G + 0.75 \cdot Q + 0.75 \cdot (S \text{ veya } R \text{ veya } Q_r) & (4) \end{aligned}$$

$$G + 1.0 \cdot W \quad (5a)$$

$$G + 0.7 \cdot E \quad (5b)$$

$$G + 0.75 \cdot Q + 0.75 \cdot (S \text{ veya } R \text{ veya } Q_r) + 0.75W \quad (6a)$$

$$G + 0.75 \cdot Q + 0.75 \cdot S + 0.75 \cdot (0.7E) \quad (6b)$$

$$0.6 \cdot G + W \quad (7)$$

$$0.6 \cdot G + 0.7 \cdot E \quad (8)$$

### 3.3.3. Stabilite analizi

Yapı sistemlerin stabilite tasarımı, eleman bazlı ve sistem çapındaki geometri değişikliklerinin denge denklemleri üzerindeki etkisini dikkate alan ikinci mertebeden teoriye göre hesaplamalar öngörmektedir. Stabilite analiz yöntemleri için **ÇYTHYE 2016** Bölüm 6'da açıklanmıştır.

### 3.3.4. Birleşimlerin tasarımı

Yapı sistemlerinin bağlantı detaylarına ilişkin bilgiler **ÇYTHYE 2016** Yönetmeliğin 13 ve 14. Bölümlerinde verilmiştir ve esaslar dikkate alınarak güvenli bir şekilde yapıya etki eden iç kuvvetler ve şekil değiştirmeler bu bölümdeki gerçekleştirilecektir.

### 3.3.5. Kullanılabilirlik sınır durumları için tasarım

Yapı sistemi yük kombinasyonlarına maruz kaldığında, kullanılabilirlik sınır durumlarını karşılaması gerekir. Şartlar **ÇYTHYE 2016 Yönetmeliği** Bölüm 15'te verilmiştir.

### 3.3.6. Yerel burkulma sınır durumu için enkesitlerin sınıflandırılması

**ÇYTHYE 2016 Bölüm 5.4** ' te sınıflandırmalar verilmiştir. Bu kısımda enkesitlerin aksenal kuvvet etkisi altında davranışlarını incellemiş ve belli bir şart getirmiştir. **ÇYTHYE 2016 Tablo 5.1A** ve **Tablo 5.1B** de olması gereken aksenal kuvvet etkisi altında enkesit parçaların genişlik/kalınlık oranlarını ve sınır değerlerini vermiş.

### **3.4. Stabilite Tasarımı**

Bu tasarım yöntemi, sistem genelindeki geometrik değişiklikleri eleman bazında analiz eden ve hesaplanan iç kuvvetleri elemanların mevcut dayanımları ile karşılaştıran ikinci mertbe teorisine dayanmaktadır.

Yapı sistemlerinin sürdürülebilirliğinin tasarımı için temel koşullar ve analiz yöntemleri **ÇYTHYE 2016 Bölüm 6**'da detaylı olarak anlatılmaktadır.

### **3.5. Düzensizliklerin Kontrolü**

Depreme karşı davranışlarındaki olumsuzluklar nedeni ile tasarımından ve yapımından kaçınılması gereken düzensiz binaların tanımlanması ile ilgili olarak, planda ve düşey doğrultuda düzensizlik meydana getiren durumlar TBDY 2018 Tablo 3.6'da, bunlarla ilgili koşullar ise TBDY 2018 Bölüm 3.6.2'de verilmiştir. TBDY 2018 Bölüm 3.6 uyarınca düzensizlik kontrolleri yapılacaktır. Plandaki ve düşeydeki düzensizlik kontrolleri aşağıda maddeler halinde açıklanmıştır.

#### **3.5.1. A1 burulma düzensizliği**

Bina taşıyıcı sistemi her iki yönde simetrik olduğu için ve bina planı dikdörtgen olduğu için bu kontrolün yapılmasına gerek görülmemiştir.

#### **3.5.2. A2 döşeme düzensizliği**

Bina tek katlı olduğu için ve binada ara kat döşemesi olmadığı için bu kontrole gerek yoktur.

#### **3.5.3. A3 planda çıkıntılar bulunması,**

Bina tek katlı olduğu için bu kontrol yapılmamıştır. Bina kat planında çıkıntıların olmaması, döşeme süreksizliklerinin ve döşemelerde büyük boşlukların olmaması yatay yük taşıyıcı sistemlerin planda düzenli olarak yerleşmesi nedeniyle *planda düzensizlik durumları* söz konusu değildir.



#### **3.5.4. B1 komşu katlar arası dayanım düzensizliği (zayıf kat)**

Bina tek katlı olduğu için bu kontrol yapılmamıştır.

#### **3.5.5. B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat)**

Bina tek katlı olduğu için bu kontrol yapılmamıştır.




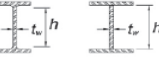
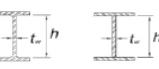



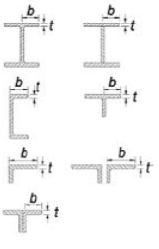


#### **3.5.6. B3 taşıyıcı sistem düşey elemanlarının süreksizliği**

Bina tek katlı olduğu için bu kontrol yapılmamıştır. Benzer şekilde, taşıyıcı sistemin düşey elemanlarında süreksizliklerin ve ani rijitlik değişimleri kat kütlelerinin yapı yüksekliği boyunca değişiklik göstermemesi nedeniyle, *düşeyde düzensizlik durumu* söz konusu değildir.

#### **3.6. Enkesit Koşullarının Kontrolü**

Enkesit koşulları TBDY 2018 Bölüm 9.2.7 uyarınca kontrol edilecektir. Süneklik düzeyi yüksek olarak tasarlanan sistem elemanları enkesitinin başlık genişliği/kalınlığı, gövde yüksekliği/kalınlığı ve çap/et kalınlığı oranları TBDY 2018 Tablo 9.3'te (Bknz. Çizelge 3.3) verilen ilgili sınır değerleri aşmamıştır.

Çizelge 3.3. Enkesit Koşullar

Eleman Tanımı	Narinlik Oranı	Sınır değerler		Açıklama	
		Süneklik Düzeyi Yüksek Elemanlar, $\lambda_{hd}$	Süneklik Düzeyi Sınırlı Elemanlar, $\lambda_{md}$		
Rijitleştirilmiş Elemanlar	Dikdörtgen kutu kesitler	$b/t$			
	Yapma dikdörtgen kutu kesitler ve I kesitinden kutu şeklinde teşkil edilmiş kesitlerin başlıkları	$b/t$	$0.55 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0.64 \sqrt{\frac{E}{F_y}}^{[a]}$	
	I kesitinden kutu şeklinde teşkil edilmiş kesitlerin yan levhaları ve çapraz eleman olarak kullanılacak yapma kutu kesitler	$h/t$			
	Çapraz eleman olarak kullanılacak I veya yapma I kesitlerin gövdeleri	$h/t_w$	$1.49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	Kiriş veya kolon olarak kullanılacak I veya yapma I kesitlerin gövdeleri <sup>[b]</sup>	$h/t_w$	$C_a \leq 0.125$ ise $2.45 \sqrt{\frac{E}{F_y}} (1 - 0.93 C_a)$	$C_a \leq 0.125$ ise $3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} (1 - 2.75 C_a)$	
	Kiriş veya kolon olarak kullanılacak I profilinden kutu şeklinde teşkil edilen enkesitlerin yan levhaları	$h/t$	$C_a > 0.125$ ise $0.77 \sqrt{\frac{E}{F_y}} (2.93 - C_a) \geq 1.49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$C_a > 0.125$ ise $1.12 \sqrt{\frac{E}{F_y}} (2.33 - C_a) \geq 1.49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
Kiriş veya kolon olarak kullanılacak yapma kutu enkesitlerin gövdeleri	$h/t$	$C_a = \frac{\Omega_c P_a}{F_y A}$ , $\Omega_c = 1.67$ (GKT) $C_a = \frac{P_u}{\phi_c (F_y A)}$ , $\phi_c = 0.90$ (YDKT)			
Boru enkesitli elemanlar	$D/t$	$0.038 \frac{E}{F_y}$	$0.044 \frac{E}{F_y}^{[c]}$		
Rijitleştirilmemiş Elemanlar	I veya yapma I kesitlerin başlıkları, U veya T kesitler, korniyer (L) veya ayrıntı çift korniyerlerin kolları, sürekli birleşik çift korniyerlerin kolları	$b/t$	$0.30 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	Kutu enkesitli kompozit elemanların cidarları	$b/t$	$1.4 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$2.26 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
Kompozit Elemanlar	Boru enkesitli kompozit elemanların cidarı	$D/t$	$0.076 \frac{E}{F_y}$	$0.15 \frac{E}{F_y}$	

### 3.7. SAP2000 Programı

SAP2000, üç boyutlu doğrusal olmayan statik ve dinamik yapıların analizi ve tasarımı için yazılmış genel amaçlı bir sonlu elemanlar programıdır. Bu program Windows ortamında çalışmakta ve SAP2000 ekranındaki tüm işlemler özel bir grafik kullanıcı arayüzü yardımıyla gerçekleştirilmektedir.

SAP2000, SAP serisi bilgisayar programlarında kullanım ve üretim kolaylığı açısından önemli olan çok güçlü bir grafiksel özellik sunmaktadır. Model oluşturma, analiz, inceleme ve tasarım optimizasyonu bu tek özellik aşamasında gerçekleştirilir.

SAP2000, analiz ve tasarımı modelleme, değiştirme ve yönetmede bir adım daha ileri gitmiştir.

Sayısal tekniklerdeki son araştırmalar ve çözüm algoritmaları gibi analitik özellikleri çok güçlüdür. Her bir yapı sisteminin SAP2000 yardımıyla analizinde ve boyutlandırmasında genel olarak şu yol izlenir:

- A-) Sistem modelinin oluşturulması.
- B-) Malzeme özelliklerinin tanımlanması.
- C-) Kesit özelliklerinin tanımlanması.
- D-) Yüklerin tanımlanması.
- E-) Çözüm (Analiz).
- F-) Boyutlandırma

Bazı durumlarda, sistemin küçük bir bölümü oluşturulur. Ardından SAP2000'in Kopyala, Yapıştır, Çoğalt, Mesh Alanları gibi imkanlarından yararlanılarak sistem tamamlanır.

### 3.8. Çalışma Yöntemi

Bu tez çalışmasında 20 m açıklığa ve 42 m uzunluğa ve 8 metre yüksekliğe sahip bir sanayi yapısının üzeri altı farklı yapı sistemini ile kapatılmıştır. Çatı sistemi olarak;

- İki boyutlu/düzlem kafes sistemler
- Üç boyutlu/uzay kafes sistemler
- Dolu gövdeli/profil çelik kiriş sistemi kullanılacaktır.

Bu tez çalışmasında çatı sistemlerine yürürlükteki; Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri Yönetmeliği (TS 498), Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018 (TBDY 2018) ve diğer yönetmelik esaslarına göre gerekli yükler etki ettirilmiştir. Modellenen çatı sistemleri Sap2000 bilgisayar programı kullanılarak analiz ve Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esasları - 2016 (ÇYTHYE 2016) esaslarına göre tasarlanmıştır. Analiz sonuçlarında elde edilen iç kuvvet değerleri ve yer değiştirme sonuçları karşılaştırmıştır. Tasarım sonucu elde edilen çelik eleman ağırlıkları karşılaştırılarak ekonomik yapım sisteminin ortaya konulmasına çalışılmıştır..

Çalışmada ele alınacak parametreler aşağıdaki, şekilde belirlenmiştir.

Yapı iklim bölgesi

- a. II. İklim bölgesi
- b. IV. İklim bölgesi

Deprem etkisi (Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı SDS)

- a.  $SDS > 0,75$  olan yapı yeri
- b.  $SDS = 0,40$  olan yapı yeri

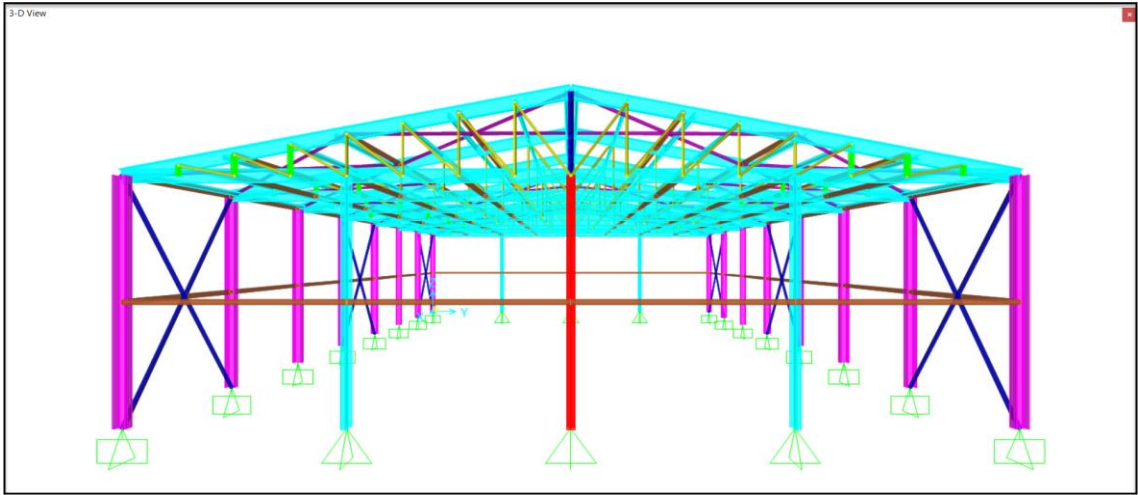
Yerel Zemin Sınıfı

- a. ZB olan yapı alanı
- b. ZC olan yapı alanı

### 3.9. Taşıyıcı Sistem Bilgileri

#### 3.9.1. Tek eğimli düzlem (üçgen –v şekilli) kafes sistem (A yapısı):

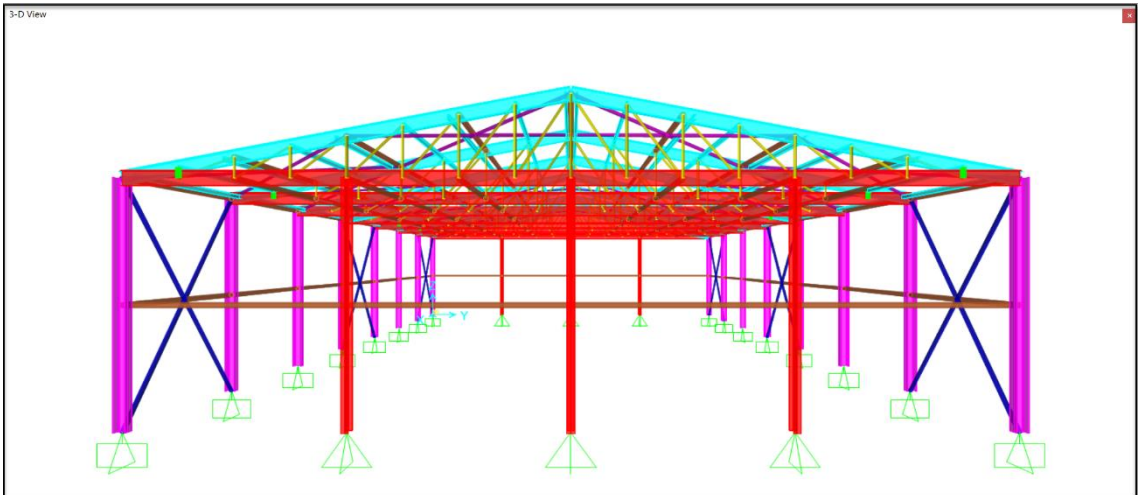
V şekilli diyagonal elemanlar kullanılarak oluşturulan üçgen şeklindeki düzlem kafes sistem eşit aralıklı kolon sistemine mesnetlendirilerek taşıyıcı sistem teşkil edilmiştir (Şekil 3.1). Kolon Aralıkları 6,00 metre dir.



Şekil 3.1. Tek eğimli Düzlem (Üçgen –V Şekilli) Kafes Sistem

#### 3.9.2. Tek eğimli düzlem (üçgen- ters v şekilli) kafes sistem (B yapısı):

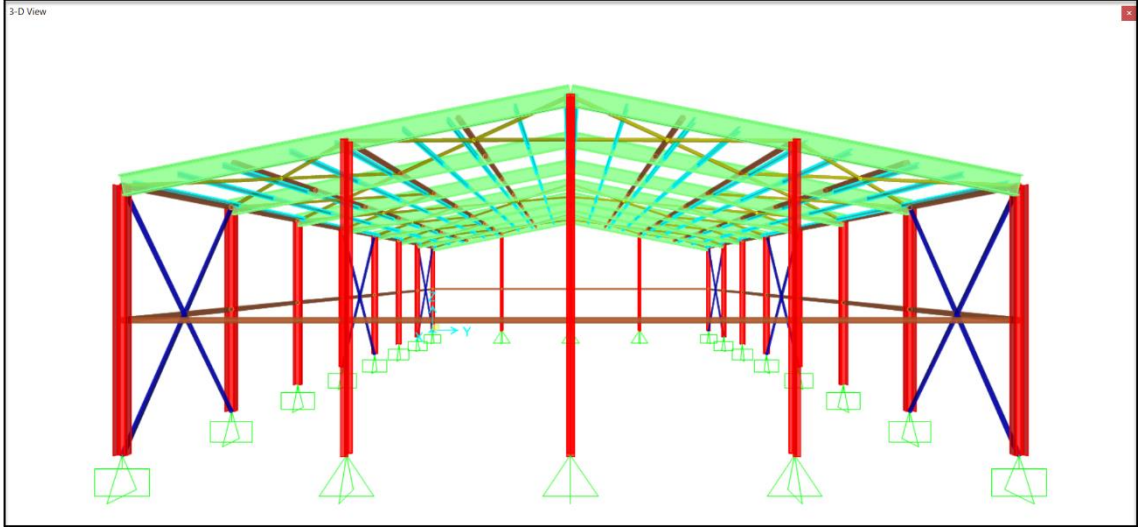
Ters V şekilli diyagonal elemanlar kullanılarak oluşturulan üçgen şeklindeki düzlem kafes sistem eşit aralıklı kolon sistemine mesnetlendirilerek taşıyıcı sistem teşkil edilmiştir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Tek eğimli Düzlem (Üçgen- Ters V Şekilli) Kafes Sistem

### 3.9.3. Dolu gövdeli/profil kiriş sistemi (C yapısı):

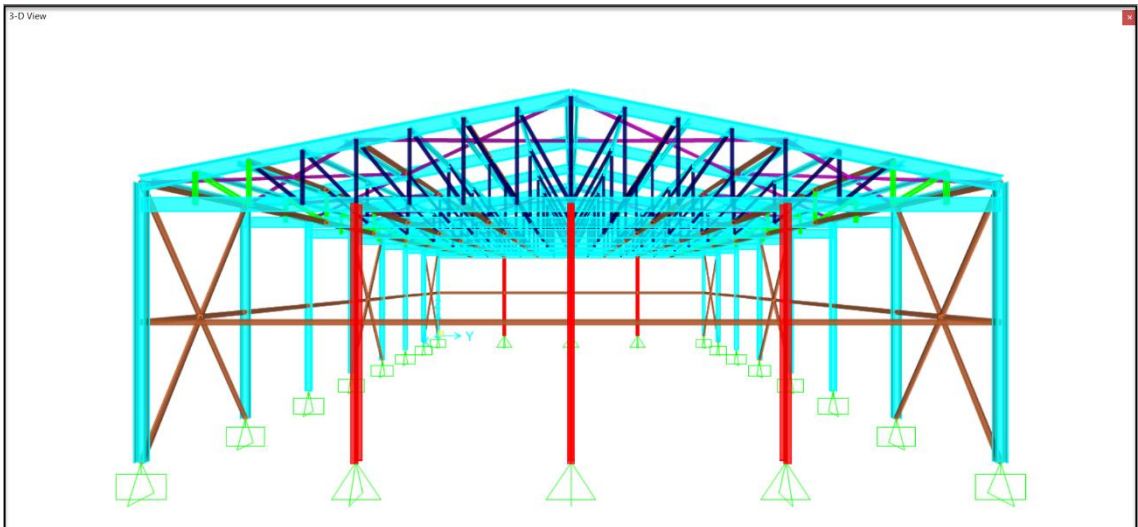
Eşit aralıklı taşıyıcı kolon sistemin üzerine uygun şekilde mesnetlendirilecek dolu gövdeli/profil kirişler kullanılarak taşıyıcı sistem teşkil edilecektir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Dolu Gövdeli/Profil Kiriş Sistemi

### 3.9.4. Çift eğimli düzlem (trapez) kafes sistem (D yapısı):

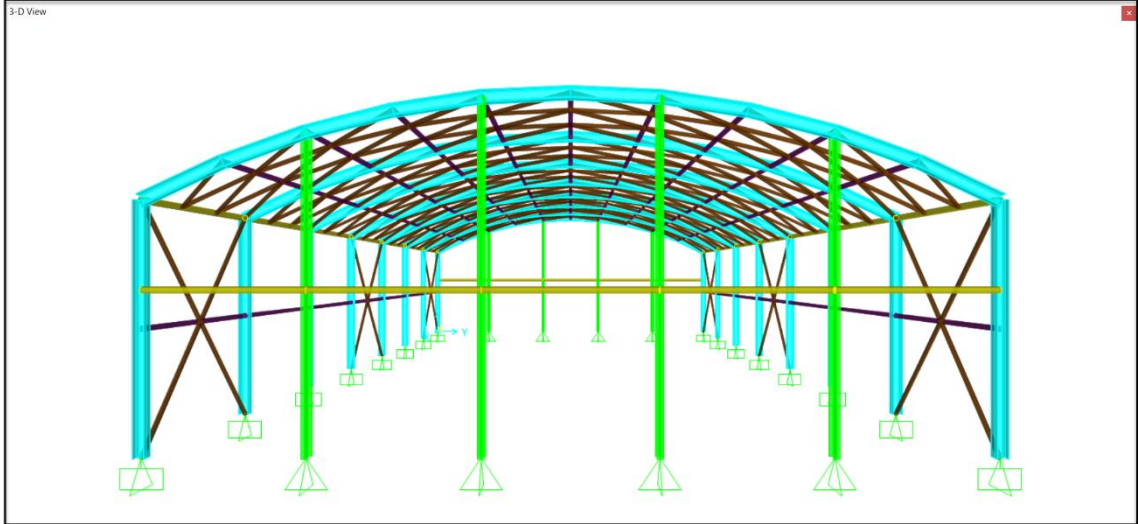
Trapez şeklindeki düzlem kafes sistem eşit aralıklı kolon sistemine mesnetlendirilerek taşıyıcı sistem teşkil edilmiştir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Çift Eğimli Düzlem (Trapez) Kafes Sistem

### 3.9.5. Tek eğrilikli (tonoz) uzay kafes sistem (E yapısı):

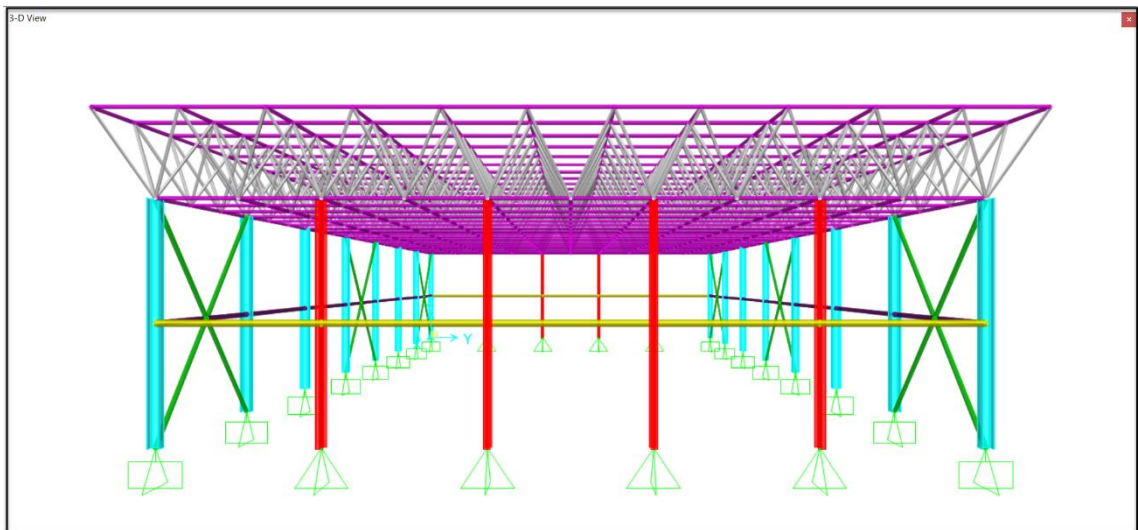
Tek eğrilikli ve tek katmanlı tonoz sistem uygun şekilde tasarlandıktan sonra yine eşit aralıklı kolon sistemine mesnetlendirilerek taşıyıcı sistem teşkil edilmiştir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Tek Eğrilikli (Tonoz) Uzay Kafes Sistem

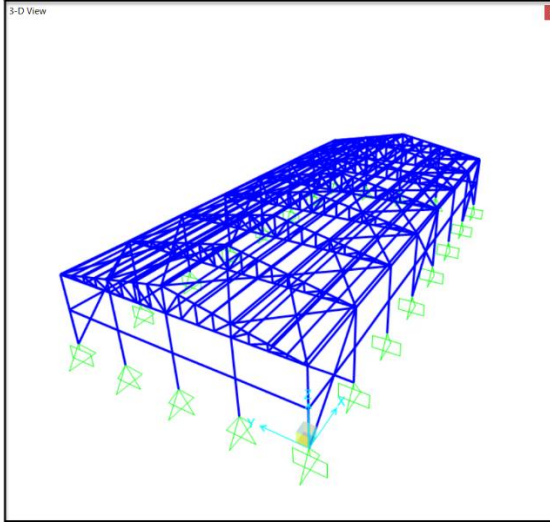
### 3.9.6. Düzlem yüzeyli uzay kafes sistem ( F yapısı):

Ters piramit şekilli birim elemanlardan oluşan düzlem yüzeyli uzay kafes sistem eşit aralıklı kolon sistemine mesnetlendirilerek taşıyıcı sistem teşkil edilmiştir (Şekil 3.6).

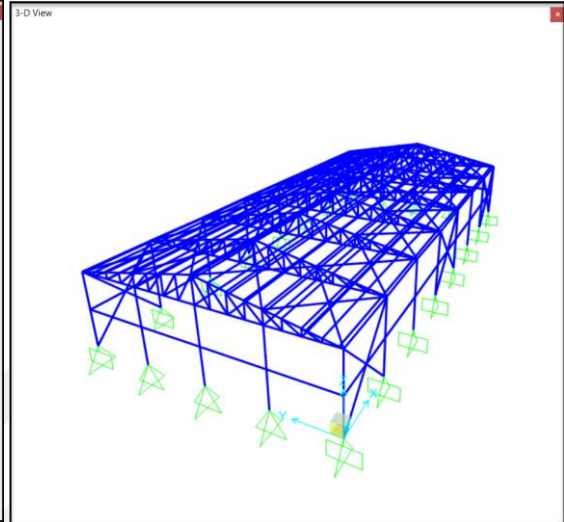


Şekil 3.6. Düzlem Yüzeyli Uzay Kafes Sistem

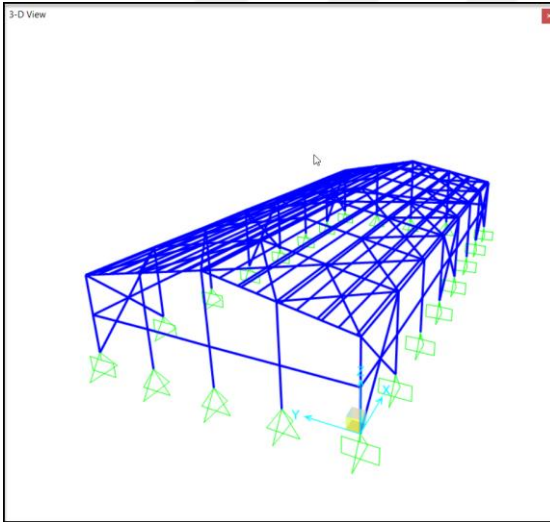
Yukarıdaki parametrelere göre toplam 48 adet çelik çatı sisteminin yürürlükteki yönetmelik esaslarına göre analiz ve tasarımı gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak sonuçlar yorumlanmıştır. Her sistem için kullanılan parametreler aşağıda verilmiştir. Modeller sırasıyla A, B, C, D, E ve F olarak adlandırılmıştır/



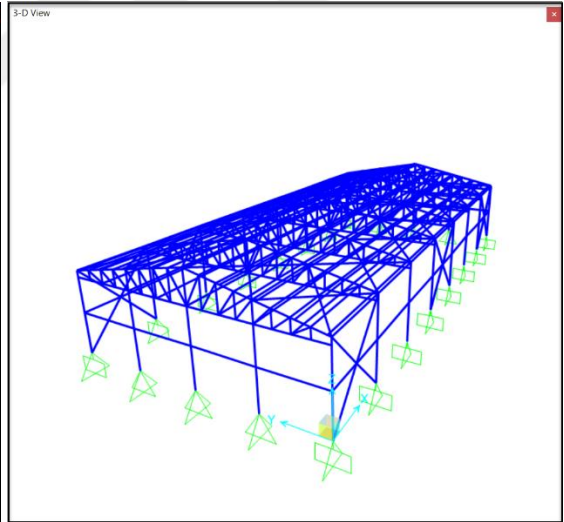
Şekil 3.7. A yapısı



Şekil 3.8. B yapısı

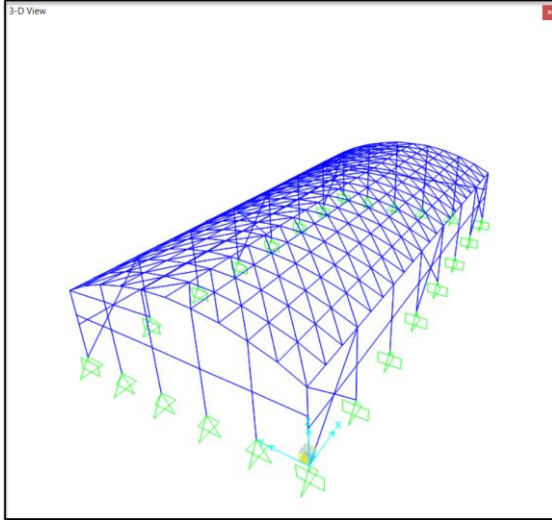


Şekil 3.9. C yapısı

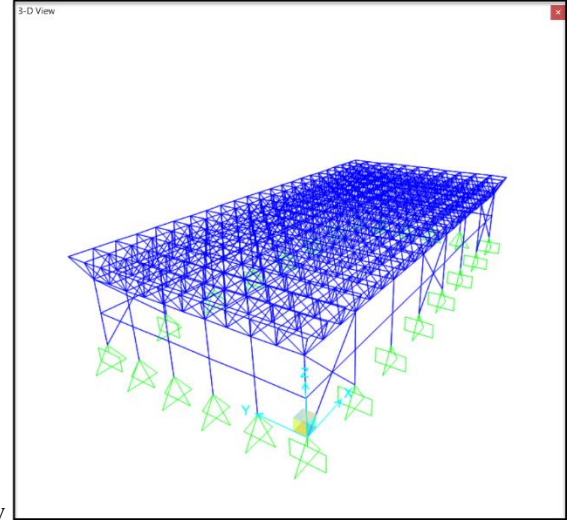


Şekil 3.10. D yapısı





Şekil 3.11. E yapısı



Şekil 3.12. F yapısı

Bu 6 model 8 kere farklı bilgiler ve verilere göre tasarlanmış ve yükleme ve analizleri yapılmıştır ve **Çizelge 3.4**'de A modeli için 8 farklı yapıda kullanılan değerler ve bilgiler verilmiştir. Diğer 5 model için de bu adımlar uygulanmıştır ve Şekil 3.13 ve Şekil 3.14'de A-1 yapıya ait ölçüleri içeren şekiller açıklanmıştır.

**Çizelge 3. 4.** Tek Eğimli Düzlem (Üçgen –V Şekilli) Kafes Sistem özellikleri (a), (b), (c)

	Model A-1	Model A-2	Model A-3
Yapı bölgesi	Tekirdağ › Çorlu	Tekirdağ › Çorlu	Bursa
Enlem	41.114962°	41.114962°	41.114962°
Boylam	27.764471°	27.764471°	27.764471°
Arazi kategorisi	II	II	IV
Yerel Zemin Sınıfı	ZB	ZC	ZB
Deprem Etkisi	SDS>0,75	SDS>0,75	SDS>0,75
Rakım	193	193	100
Makas açıklığı (d)	20	20	20
Makaslar arası mesafe	6	6	6
Yapı uzunluğu	42	42	42
Yapı yüksekliği	8	8	8
Kolon yüksekliği ( $h_{kolon}$ )	6	6	6
Çatı eğimi ( $\alpha$ )	11.31°	11.31°	11.31°

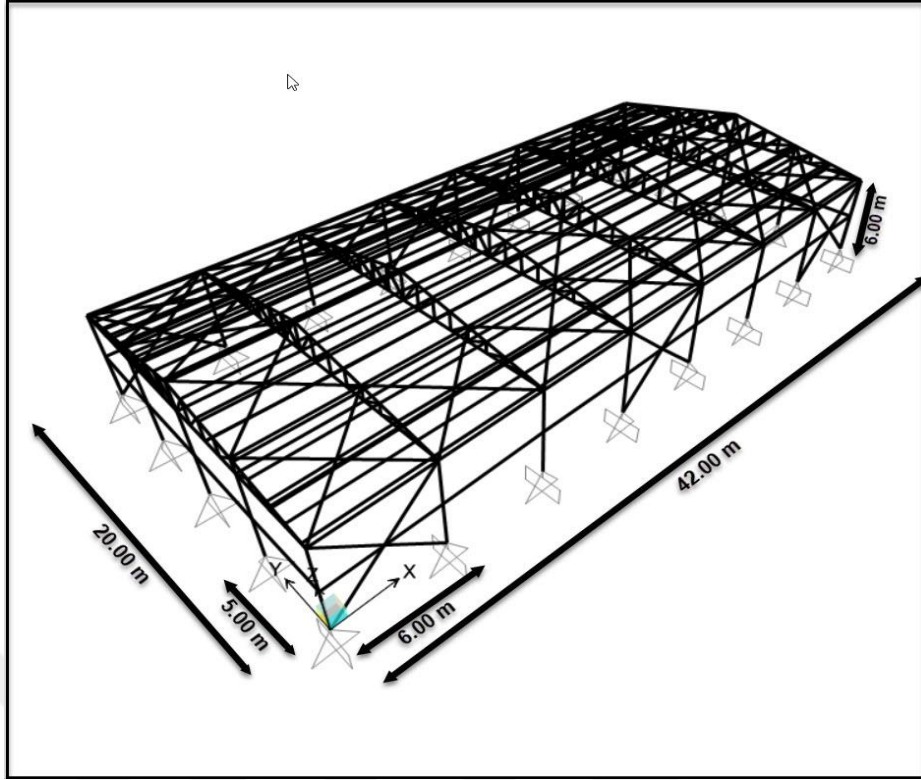
(a)

	Model A-4	Model A-5	Model A-6
Yapı bölgesi	Bursa	Ankara > Çubuk	Ankara > Çubuk
Enlem	40.891075°	40.381	40.381
Boylam	26.919006°	32.934	32.934
Arazi kategorisi	IV	II	II
Yerel Zemin Sınıfı	ZC	ZB	ZC
Deprem Etkisi	SDS>0,75	SDS=0,40	SDS=0,40
Rakım	100	1100	1100
Makas açıklığı (d)	20	20	20
Makaslar arası mesafe	6	6	6
Yapı uzunluğu	42	42	42
Yapı yüksekliği	8	8	8
Kolon yüksekliği ( $h_{kolon}$ )	6	6	6
Çatı eğimi ( $\alpha$ )	11.31°	11.31°	11.31°

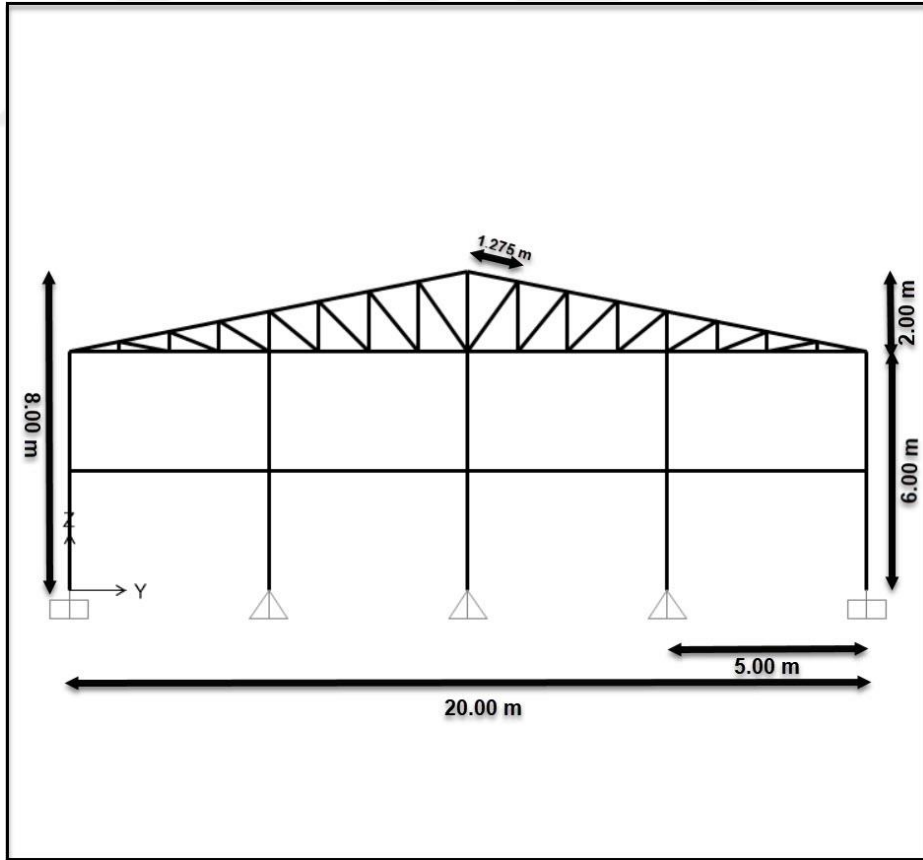
(b)

	Model A-7	Model A-8
Yapı bölgesi	Artvin > Ardanuç	Artvin > Ardanuç
Enlem	41.164811°	41.164811°
Boylam	42.081122°	42.081122°
Arazi kategorisi	IV	IV
Yerel Zemin Sınıfı	ZB	ZC
Deprem Etkisi	SDS=0,40	SDS=0,40
Rakım	345	345
Makas açıklığı (d)	20	20
Makaslar arası mesafe	6	6
Yapı uzunluğu	42	42
Yapı yüksekliği	8	8
Kolon yüksekliği ( $h_{kolon}$ )	6	6
Çatı eğimi ( $\alpha$ )	11.31°	11.31°

(c)



Şekil 3.13. A-1 Yapı yapıya ait ölçüler 1



Şekil 3.14. Şekil 3.11. A-1 Yapı yapıya ait ölçüler 2

## 4. SİSTEMLERİN YÜK KABULLERİ

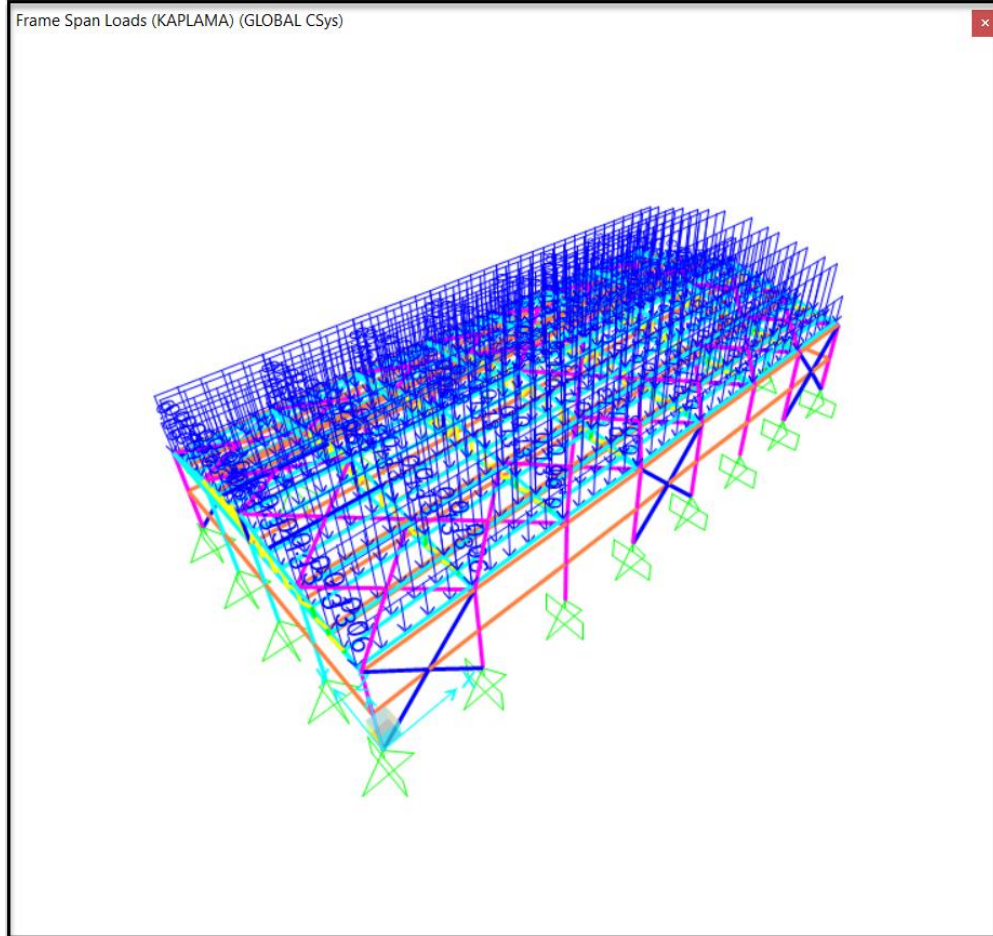
### 4.1. Sabit Yükler

#### 4.1.1. Yapı elemanlarının zati ağırlıkları

Taşıyıcı sistem elemanlarının kendi ağırlığı olup, analiz modelinde tanımlanan eleman boyutları ve birim ağırlıklar kullanılarak program tarafından otomatik olarak hesaplanmıştır.

#### 4.1.2. Diğer kalıcı yükler

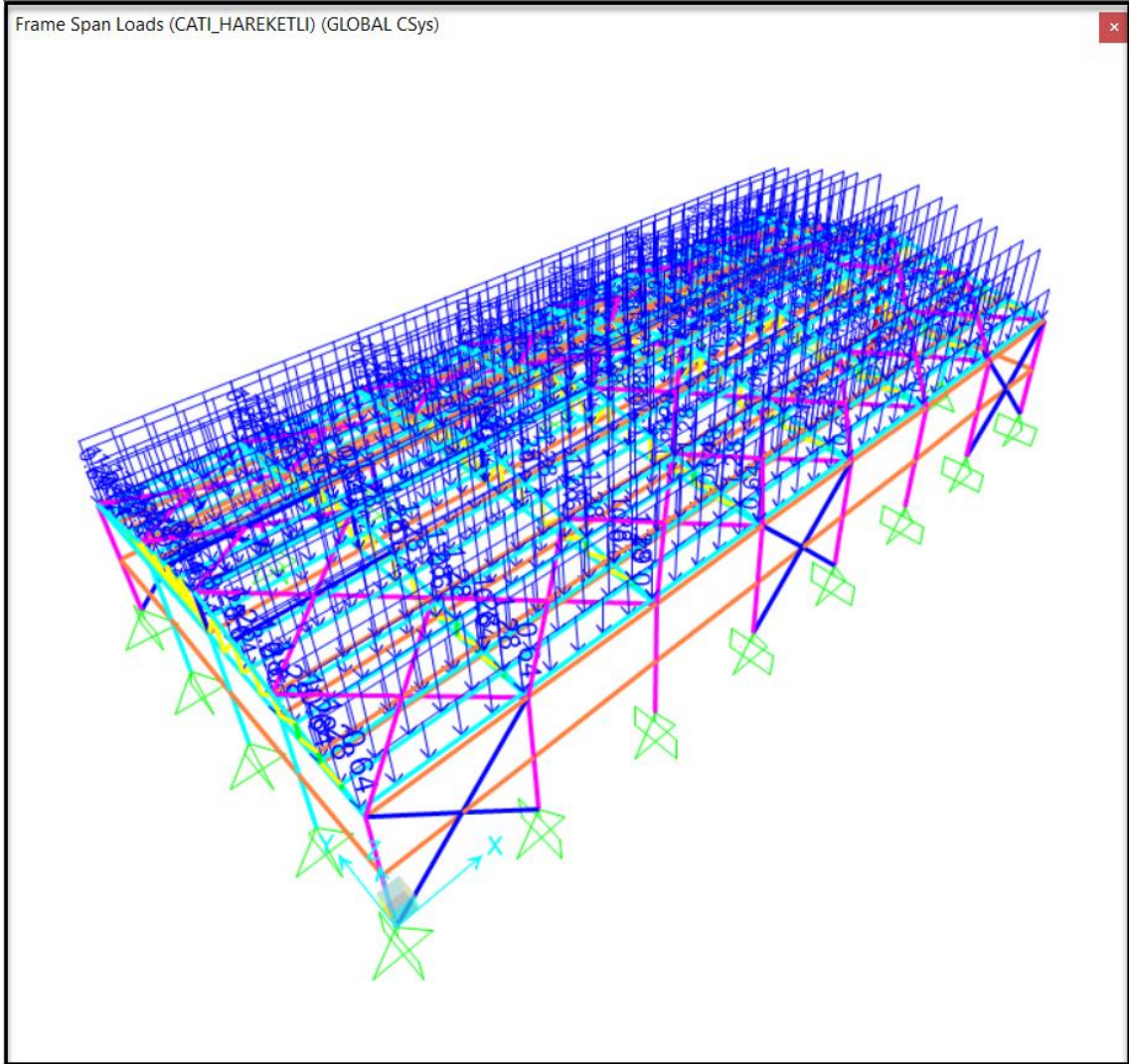
Aşıklar yapıda modellendiği için aşık yükü alınmamıştır ve çatıya kaplama yükü 0,10 kN/m<sup>2</sup> olarak ve cephe kolonları kalıcı yük olarak, Kuşak yükü ve kaplama yükü 0,30 kN/m<sup>2</sup> uygulanmıştır. Kaplama yüklemesi Şekil 4.1' de gösterilmiştir.



Şekil 4.1 (Modell A-1) “KAPLAMA” yüklemesi [kN/m]

### 4.1.3. Hareketli yükler

Yapının bölümlerinin kullanım amacına uygun olarak ilgili standartlar esas alınarak belirlenen hareketli yüklerdir. Montaj esnasında yapı üzerinde ek olarak 1.00 kN/m<sup>2</sup> çatı hareketli yük uygulanmıştır. Çatı hareketi yüklemesi Şekil 4.2’ de gösterilmiştir.

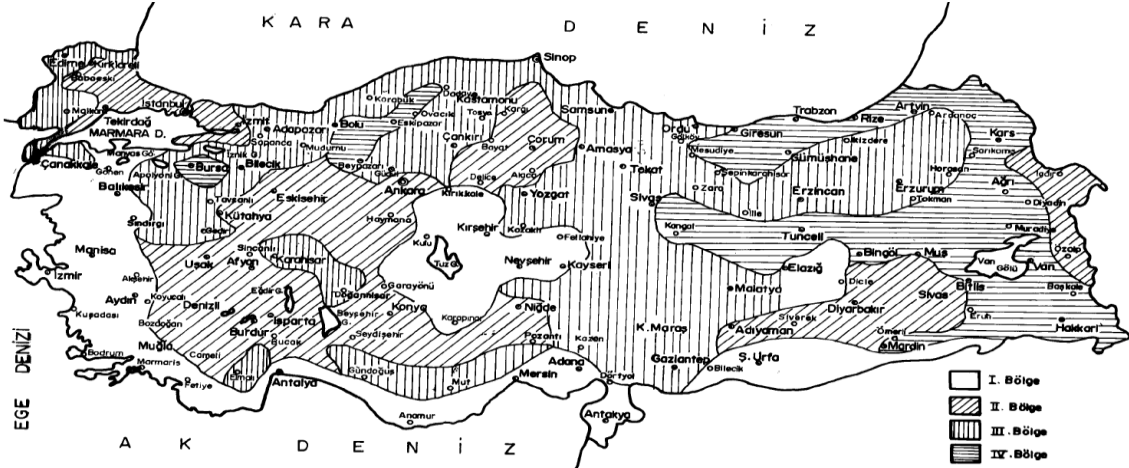


Şekil 4.2 Modell A-1 “ÇATI HAREKETİ” yüklemesi [kN/m]

### 4.2. Kar Yüklemesi

Zemin kar yükü daha güvenilir veriye ihtiyaç duyulan özel durumlarda, karakteristik zemin kar yükü değeri ( $S_k$ ), ilgili mahallin yakınındaki istenmeyen diğer etkilerden uygun şekilde korunmuş bir alandan uzun sürede toplanan verilerin uygun bir

istatistiksel analiz metodu kullanılması suretiyle daha kesin olarak belirlenir. • Kar yüklemesindeki yük değerleri TS498'den alınmıştır.



Şekil 4.3 Türkiye Kar Haritası

Çatı eğimi ( $\alpha$ )  $11.31^\circ$  olduğundan Çizelge 4.1'den  $\mu_1$  değeri 0,80 ve konum Tekirdağ, Çorlu rakım 193 dır ve ona göre Çizelge 4.2'den  $S_k$  değeri 0,75 kN/m<sup>2</sup> alınmıştır.

Çizelge 4.1. Kar Yüğü Şekil Katsayıları

Çatı eğim açısı, $\alpha$	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
$\mu_1$	0,80	$0,8 (60-\alpha)/30$	0,0
$\mu_2$	$0,8+0,8 \alpha/30$	1,6	--

Çizelge 4.2. Karakteristik Zemin Kar Yüğü ( $s_k$ ) Değerleri [kN/m<sup>2</sup>]

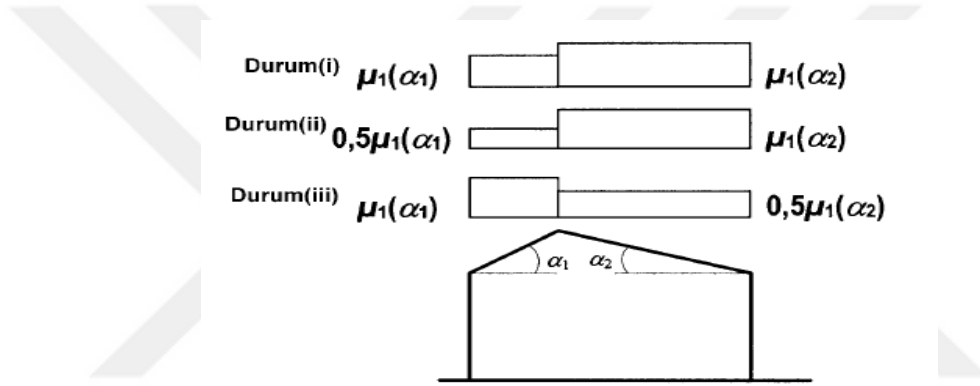
	1	2	3	4	5
1	Yapı yerinin denizden yüksekliği	BÖLGELER			
	m	I	II	III	IV
	$\leq 200$	0,75	0,75	0,75	0,75
2	300	0,75	0,75	0,75	0,80
	400	0,75	0,75	0,75	0,80
	500	0,75	0,75	0,75	0,85
3	600	0,75	0,75	0,80	0,90
	700	0,75	0,75	0,85	0,95
	800	0,80	0,85	1,25	1,40
4	900	0,80	0,95	1,30	1,50
	1000	0,80	1,05	1,35	1,60
5	> 1000	1000 m'ye tekabül eden değerler, 1500 m'ye kadar % 10, 1500 m'den yukarı yüksekliklerde % 15 artırılır.			

TS EN 1991-1-3' den Isı katsayısı  $C_t$ , 1,00 değeri **Çizelge 4.3**'den alınmıştır ve sisteme ait kar yükü şekil katsayılarını **Şekil 4.4**'de gösterilmiştir ve yapı simetrik olduğu için sadece S1 yüklemesi yapılmıştır.

Çizelge 4.3.  $C_e$  değerleri (TS EN 1991-1-3)

Topografik bölge	$C_e$
Rüzgara açık <sup>a</sup>	0,8
Normal <sup>b</sup>	1,0
Korunmuş <sup>c</sup>	1,2

<sup>a</sup> Rüzgara açık topografik alanlar: her coğrafi yönden etkiye maruz kalan, arazi tarafından korunma imkanının olmadığı veya az olduğu daha yüksek yapıların veya ağaçların bulunmadığı engelsiz düz alanlar  
<sup>b</sup> Normal topografik alanlar: rüzgarın yapı üzerine etkisiyle kar kütlelerinin, arazi, diğer yapılar ve ağaçlar sebebiyle önemli bir değişime uğramadığı alanlar  
<sup>c</sup> Korunmuş topografik alanlar: dikkate alınan yapının yüksekliğinin önemli ölçüde çevre arazisinden veya çevresindeki yüksek ağaçlardan ve/veya çevresindeki daha yüksek yapılardan düşük olduğu alanlar



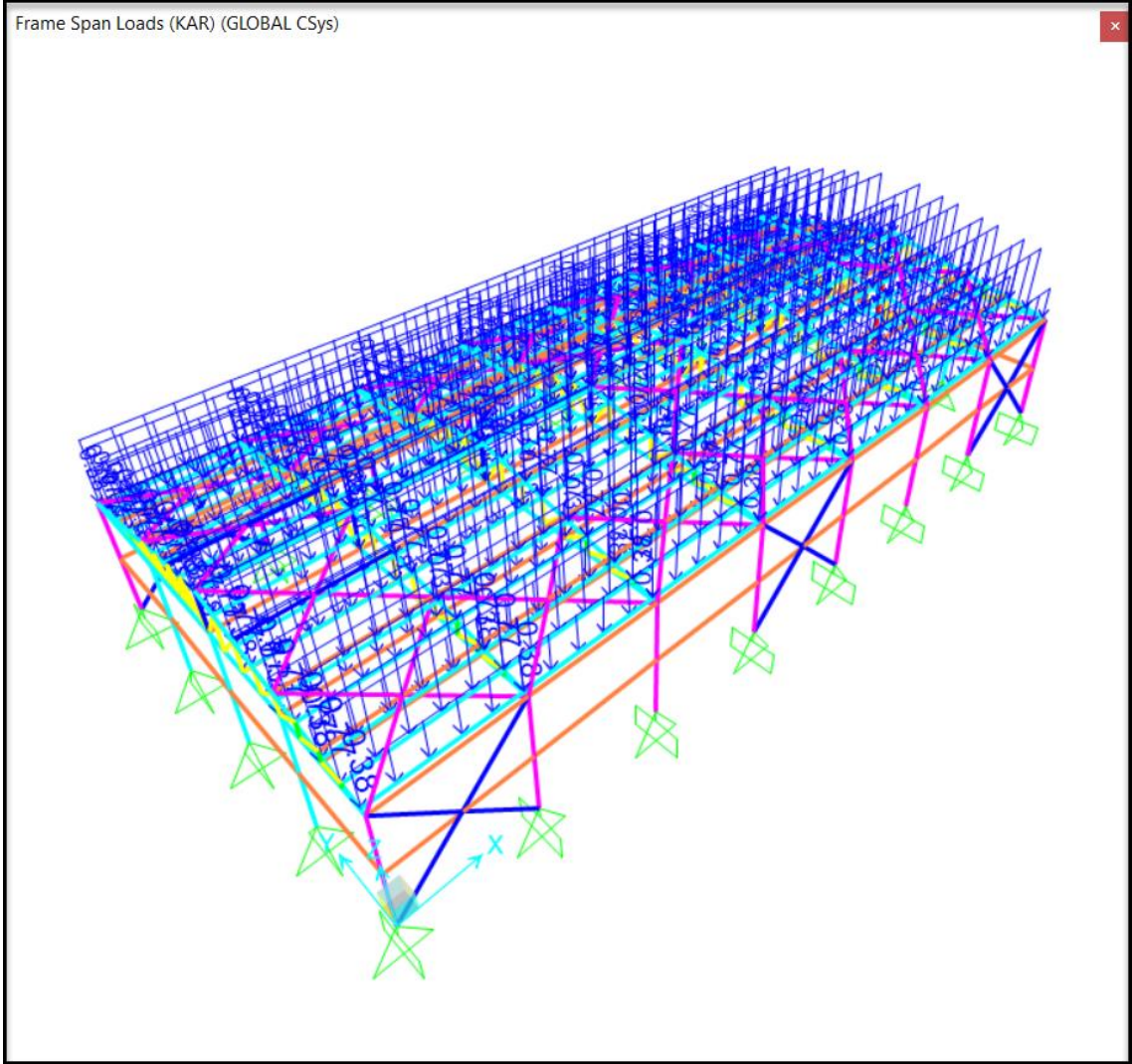
Şekil 4.4. sisteme ait kar yükü şekil katsayıları

Kar yükü hesabı Denk. (4.1) formülden hesaplanmıştır.

$$S = \mu_i * C_e * C_t * S_k \quad (4.1)$$

Ve  $S = 0,60 \text{ kN/m}^2$

bulunmuştur ve kar yüklemesi **Şekil 4.5**' de gösterilmiştir.



Şekil 4.5. (Modell A-1) “KAR” Yükleme [kN/m]

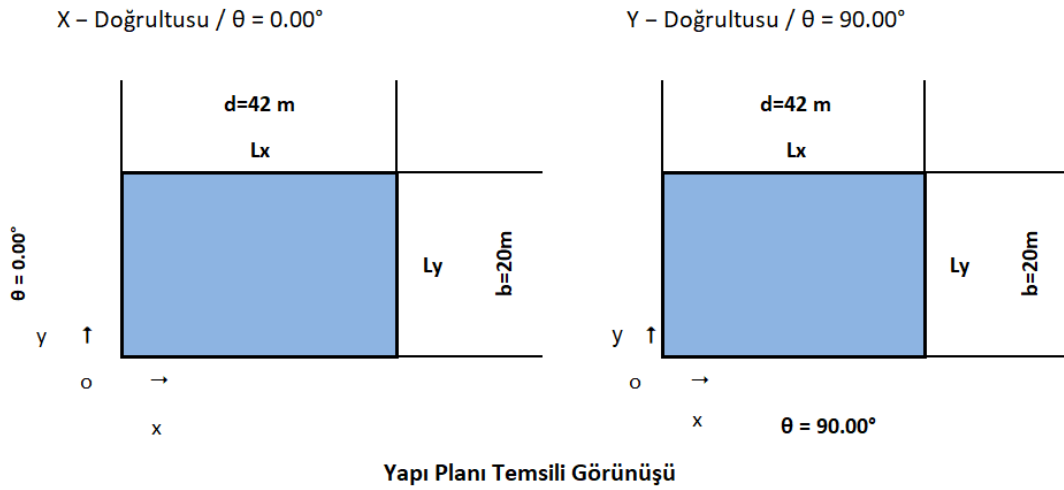


### 4.3. Rüzgar Yüklemesi

#### 4.3.1. Rüzgar kabulleri ve rüzgar basıncı

Rüzgar yükü için yapı bilgileri ve yapı planı temsili görüntüsü aşağıda Şekil 4.6'da verilmiştir.

Arazi Kategorisi	II	Hız
$V_{b,0}$	= 100.0 km/saat = 27.78 m/s	100.00 km/saat
$\alpha$	= 11.31° (Çatı eğimi)	Negatif iç basınç = 0.00 kN/m <sup>2</sup>
$L_x$	= 42.00 m (Kısa doğrultu uzunluğu)	Pozitif iç basınç = 0.00 kN/m <sup>2</sup>
$L_y$	= 20.00 m (Uzun doğrultu uzunluğu)	
$h$	= 8.00 m (Yapı yüksekliği)	
$h_{alt}$	= 0.00 m (Yapı altının zeminden yüksekliği)	
$Z$	= 8.00 m 11(Yapı + Yapı altı yükseklik)	Negatif iç basınç (TS-EN-1-4, Bölüm 7.2.9, Not 2) = -0.30 kN/m <sup>2</sup>
$C_{o(z)}$	= 1.00 22(Orografi katsayısı)	Pozitif iç basınç (TS-EN-1-4, Bölüm 7.2.9, Not 2) = 0.20 kN/m <sup>2</sup>
$K_1$	= 1.00 33(Türbülans katsayısı)	



Şekil 4.6. (Modell A-1) Rüzgar yükü için yapı bilgileri

$$V_b = C_{dir} * C_{season} * V_{b0} \quad (4.2)$$

$$C_{dir} = 1,00$$

$$C_{season} = 1,00$$

$$V_{b,0} = 28,00$$

$$V_b = 1 * 1 * 28 = 28,00 \text{ m/s}$$

Esas rüzgar hızı ( $V_b$ ) , 28,00 m/s olarak hesaplanır. Temel hiz basıncı ( $q_b$ ) ise aşağıdaki formülden 0,49 kN/m<sup>2</sup> olarak alınmıştır.

$$q_b = (1/2) \cdot \rho \cdot v_b^2 \quad (4.3)$$

$$q_b = (1/2) * 1.25 * 28^2 = 490.0 \text{ N/m}^2 = 490,0 \text{ N/m}^2$$

$$q_b = 490 / 1000 = 0.49 \text{ kN/m}^2$$

Ortalama rüzgâr hızı için yapılan işlemler aşağıda verilmiştir.

$$z_0 = 0,050 \text{ m}$$

Engebelilik Uzunluğu

$$z_{0,II} = 0,050 \text{ m}$$

$$z = 8,00 \text{ m}$$

Maksimum Yapı Yüksekliği

$$z_{min} = 2,00 \text{ m}$$

$$z_{max} = 200 \text{ m}$$

Engebelilik uzunluğu

$$K_r = 0.19 \cdot (z_0 / z_{0,II}) \cdot 0.07 \quad (4.6)$$

dir. Arazi katsayısı Denk. (4.6)'dan,

$$k_r = 0.19(0.05/0.05)0.07 = 0.19$$

ve engebelilik Katsayısı Denk. (4.7)'den, 0.96 olarak hesaplanmıştır ve ortalama rüzgâr hızı Denk. (4.8)'den 32,64 m/s olarak elde edilmiştir.

$$C_r(z) = k_r \cdot \ln( z / z_0 ) \quad z_{min} \leq z \leq z_{max} \quad (4.7)$$

$$C_r(z) = 0.19 * \ln * ( 8.00 / 0.050 ) = 0.96$$

$$V_m(z) = C_r(z) * C_o(z) * V_b \quad (4.8)$$

$$V_m(z) = 0,96 * 1 * 34 = 32,64 \text{ m/s}$$

TS EN 1991-1-4' den türbülans katsayısı  $k_t$ , 1,00 olarak alınmıştır. Türbülans şiddeti,  $Z_{min} \leq Z \leq Z_{max}$  olduğundan dolayı Denk. (4.9)'dan,  $I_v(z) = 0.20$  bulunmuştur. Tepe hızı kaynaklı rüzgâr basıncı, Denk. (4.11) 'den,  $1,08 \text{ kN/m}^2$  ve maruz kalma katsayısı Denk. (4.12)'den 2,21 hesaplanmıştır.

$$I_v(z) = \sigma_v/v_m(z) = k_t/(c_o(z) \cdot \ln ( z/z_0 )) \quad z_{min} \leq z \leq z_{max} \quad (4.9)$$

$$I_v(z) = I_v(z_{min}) \quad z \leq z_{max} \quad (4.10)$$

$$q_p(z) = [ 1+7 \cdot I_v(z) ] \cdot (1/2) \cdot \rho \cdot [ v_m(z) ]^2 \quad (4.11)$$

$$q_p(z) = [ 1 + 7 \cdot 0.20 ] \cdot (1/2) \cdot 1.25 \cdot (28)^2 = 1084.05 \text{ N m}^2 = 1.08 \text{ kN/m}^2$$

$$c_e(z) = q_p(z) / q_b \quad (4.12)$$

$$c_e(z) = 1.08 / 0.49 = 2,21$$

#### 4.3.2. Düşey duvarlara rüzgar yüklemesi

Rüzgârın düşey duvarlara etkisi aşağıda gösterilmiştir.

**Düşey Duvarlar (X - Doğrultusu /  $\theta = 0.00^\circ$ ) ( $h < b$ )**

$$w_e = q_p(z) \cdot c_{pnet}$$

$c_{pnet}$  = Net Basınç için Verilen Basınç Katsayısı

$$b = 20.00$$

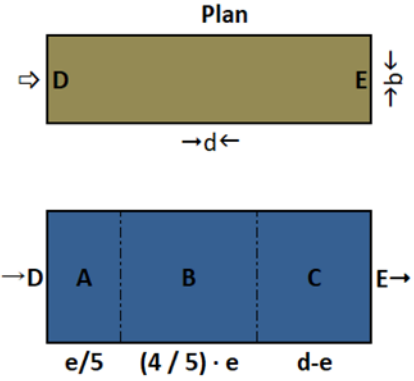
$$d = 42.00$$

$$h = 8.00$$

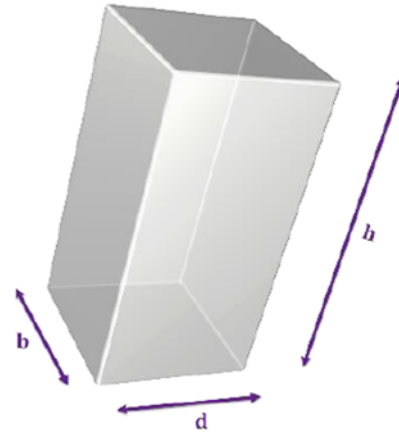
$$e = 16.00 \text{ m} \quad \min(b, 2 \cdot h)$$

( $b < d$ )

( $e < d$ )



Çizelge 7.1 - Dikdörtgen Planlı Binaların Düşey Duvarları için Tavsiye Edilen Dış Basınç Katsayısı Değerleri					
Bölge	A	B	C	D	E
$h/d$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,10}$
5.00	-1.20	-0.80	-0.50	0.80	-0.70
1.00	-1.20	-0.80	-0.50	0.80	-0.50
$\leq 0.25$	-1.20	-0.80	-0.50	0.70	-0.30



$$h/d = 0.19$$

WL(X) / $\theta = 0.00$					
Bölge	A	B	C	D	E
$c_{pe,10}$	-1.20	-0.80	-0.50	0.70	-0.30
$c_{pnet}$	-1.20	-0.80	-0.50	0.70	-0.30

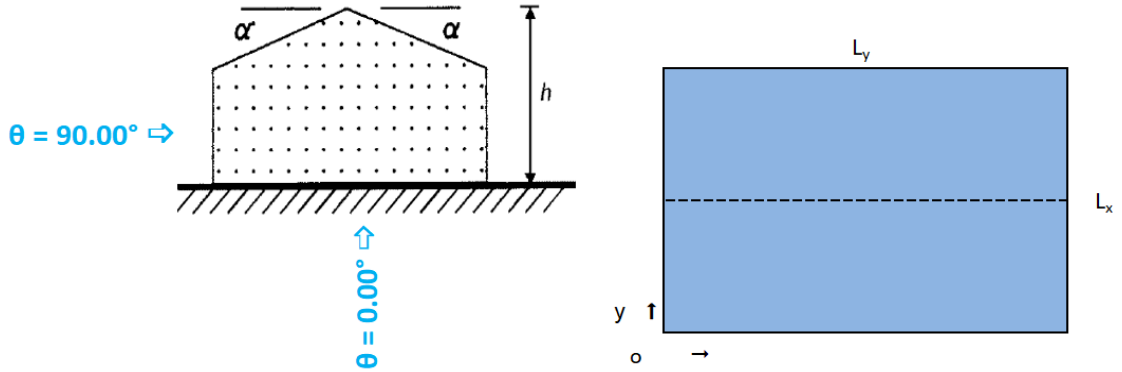
WL(X) / $\theta = 0.00$					
Bölge	A	B	C	D	E
$q_p(z)$	1.08 kN/m <sup>2</sup>				

$q \cdot c_{pnet}$	-1.30	-0.87	-0.54	0.76	-0.33
Mesafeler	A	3.20			
	B	12.80			
	C	26.00			

Şekil 4.7. Düşey duvarlara X doğrultusunda gelmesi durumunda basınç katsayıları

Bu kısımda çift eğimli çatılarda rüzgâr yönü  $\theta = 0,00^\circ$  için açıklamalar yapılmıştır.

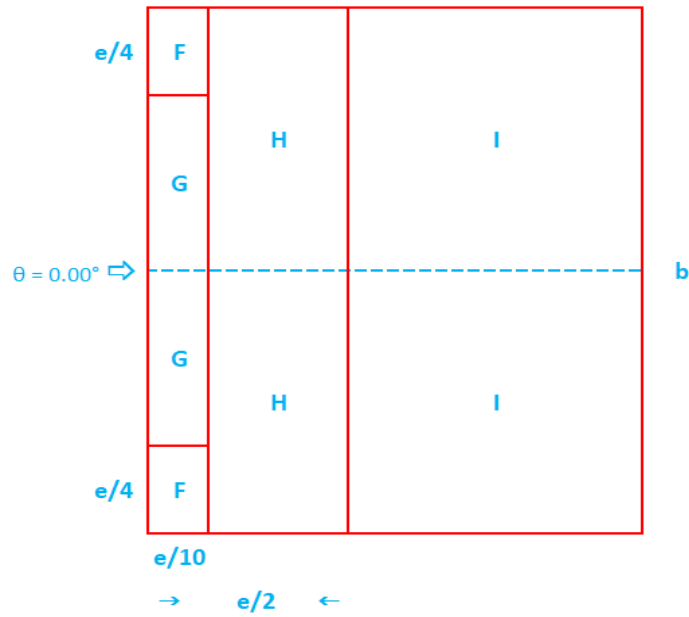
$\alpha = 11.31^\circ$  (Çatı eğimi)



Çift Eğimli Çatılar (X - Doğrultusu /  $\theta = 0.00^\circ$ )

b = 20.00 m Rüzgar Yönüne Dik Uzunluk h = 8.00 m  
d = 42.00 m Rüzgar Yönüne Paralel Uzunluk e = 16.00 m **min (b, 2 · h)**

Şekil 4.8. Çift eğimli çatılar için genel bilgiler



Şekil 4.9. TS EN 1991-1-4' e ait çift eğimli çatılarda  $\theta = 0,00^\circ$  için açıklamalar

Çift eğimli çatılar için rüzgâr kuvveti hesabında kullanılacak basınç değerleri  $\alpha=11.31^\circ$  değerine bağlı olarak ve rüzgâr yönü  $\theta =0,00^\circ$  olması halinde elde edilmiştir ve **Çizelge 4.4**'de gösterilmiştir ve **Çizelge 4.5**' de  $\theta =0,00^\circ$  için çatı yüzeyine etkiyen basınç katsayıları hesaplanmıştır.

Çizelge 4.4. Çift eğimli çatılar dış basınç değerleri  $\theta =0,00^\circ$

WL(X) / $\theta = 0.00^\circ$				
Bölge	F	G	H	I
$C_{pe} (\alpha = 5.00^\circ)$	-1.60	-1.30	-0.70	-0.60
$C_{pe} (\alpha = 11.31^\circ)$	-1.41	-1.30	-0.64	-0.54
$C_{pe} (\alpha = 15.00^\circ)$	-1.30	-1.30	-0.60	-0.50

Çizelge 4.5. Çift eğimli çatılarda çatılar dış basınç değerleri  $\theta =0,00^\circ$

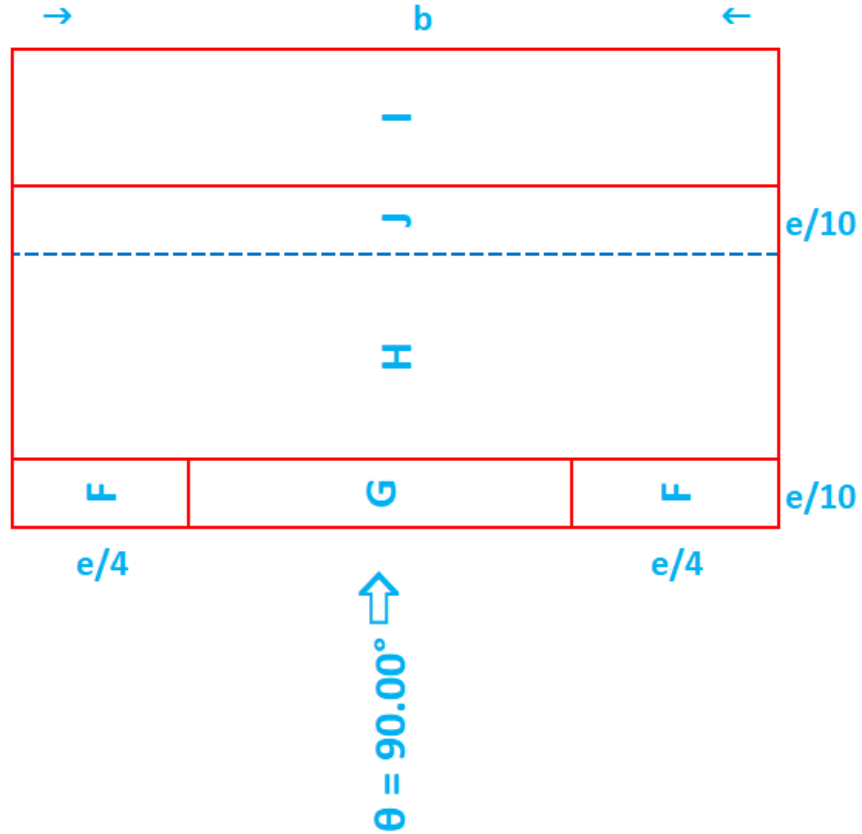
$C_{pnet}$	-1.41	-1.30	-0.64	-0.54
$qp(z)$	1.08 kN/m <sup>2</sup>			
$q \cdot C_{pnet}$	-1.53	-1.41	-0.69	-0.59
Mesafeler	$e / 4$	=	4.00 m	
	$e / 2$	=	8.00 m	
	$e / 10$	=	1.60 m	

#### 4.3.3. Çift eğimli çatılar için rüzgar yüklemesi Y - doğrultusu

Çift eğimli çatılar için  $\alpha=11.31^\circ$  değerine bağlı olarak ve rüzgâr yönü  $\theta =90,00^\circ$  olması halinde rüzgâr kuvveti hesabında kullanılacak basınç değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu değerler **Çizelge 4.6**'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Çift eğimli çatılarda çatılar dış basınç değerleri  $\theta = 90,00^\circ$

WL(X) / $\theta = 90,00^\circ$					
Bölge	F	G	H	I	J
$C_{pe} (\alpha 5,00^\circ)$	-1.70	-1.20	-0.60	-0.60	0.20
$C_{pe} (\alpha 11,31^\circ)$	-1.20	-0.95	-0.41	-0.47	-0.56
$C_{pe} (\alpha 15,00^\circ)$	-0.90	-0.80	-0.30	-0.40	-1.00



Şekil 4.10. TS EN 1991-1-4' e göre  $\theta = 0,00^\circ$  için açıklamalar

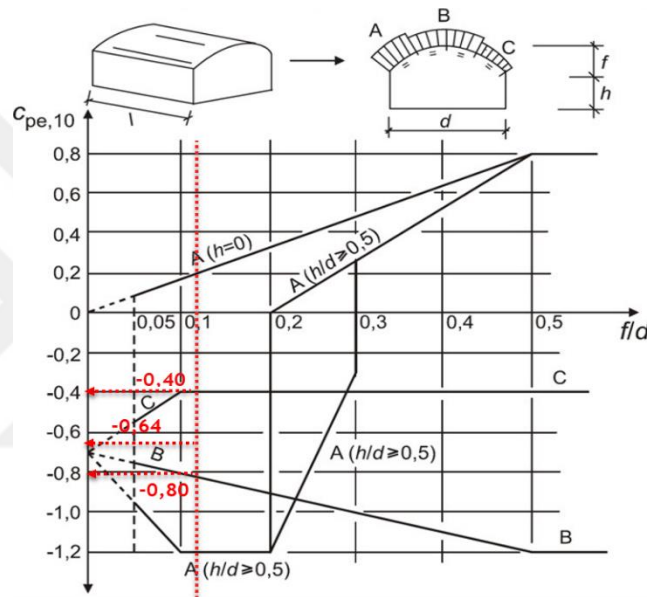
Çizelge 4.7. Çift eğimli çatılarda rüzgâr yönü  $\theta = 90,00^\circ$  için çatı yüzeyine etkiyen basınç katsayıları,

$C_{pnet}$	-1.20	-0.95	-0.41	-0.47	-0.56
$qp(z)$	1.08 kN/m <sup>2</sup>				
$q \cdot C_{pnet}$	-1.30	-1.03	-0.44	-0.51	-0.61
Mesafeler	$e / 4$	=	4.00 m		
	$e / 10$	=	1.60 m		

#### 4.3.4. Tonoz çatılar için rüzgar yüklemesi

Aşağıdaki bilgilerden  $h/d$  ve  $f/d$  değerleri elde edilir ve  $0 < h/d < 0,5$  aralığında olduğundan  $C_{pe,10}$  doğrusal interpolasyon ile elde edilmiştir.

$$\begin{aligned} h &= 6,00 \text{ m} & d &= 20,00 \text{ m} \\ b &= 42,00 \text{ m} & f &= 2,50 \text{ m} \\ h/d &= 0,30 & f/d &= 0,13 \end{aligned}$$



Şekil 4.11. TS EN 1991-1-4' e göre  $C_{pe,10}$  dış basınç katsayıları

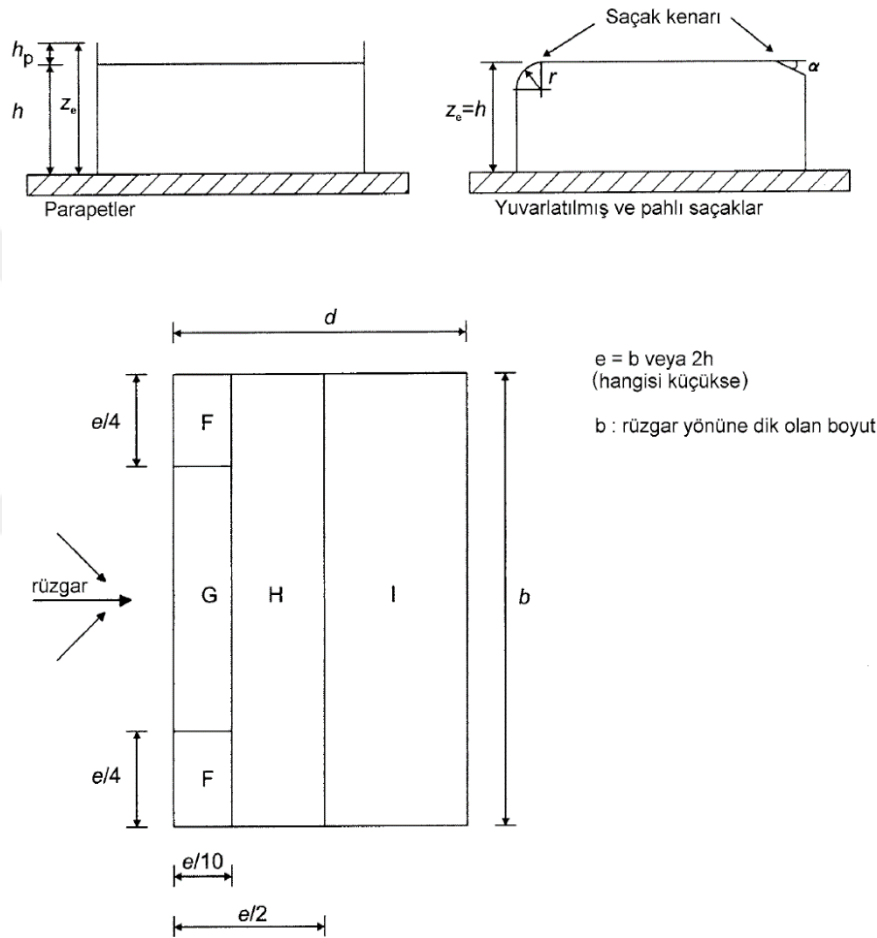
Çizelge 4.8. Tonoz çatılarda rüzgâr çatı yüzeyine etkiyen basınç katsayıları,

Bölge	A	B	C
$C_{pe,10}$	-0.64	-0.80	-0.40
Bölge	A	B	C
$q_p(z)$	1.08 kN/m <sup>2</sup>		
$q \cdot C_{pnet}$	-0.69	-0.87	-0.43



#### 4.3.5. Düz çatılar için rüzgar yüklemesi

Çatı tipi keskin kenarlı saçaklar seçilmiştir. Düz çatılar için çatı tipi keskin kenarlı saçaklar olarak rüzgâr kuvveti hesabında kullanılacak basınç değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu değerler **Çizelge 4.9**'da verilmiştir ve  $\theta = 00,00^\circ$  için çatı yüzeyine etkiyen basınç katsayıları hesaplanmıştır ve **Şekil 4.13**'de düz çatılarda  $\theta = 00,00^\circ$  için açıklamalar verilmiştir.



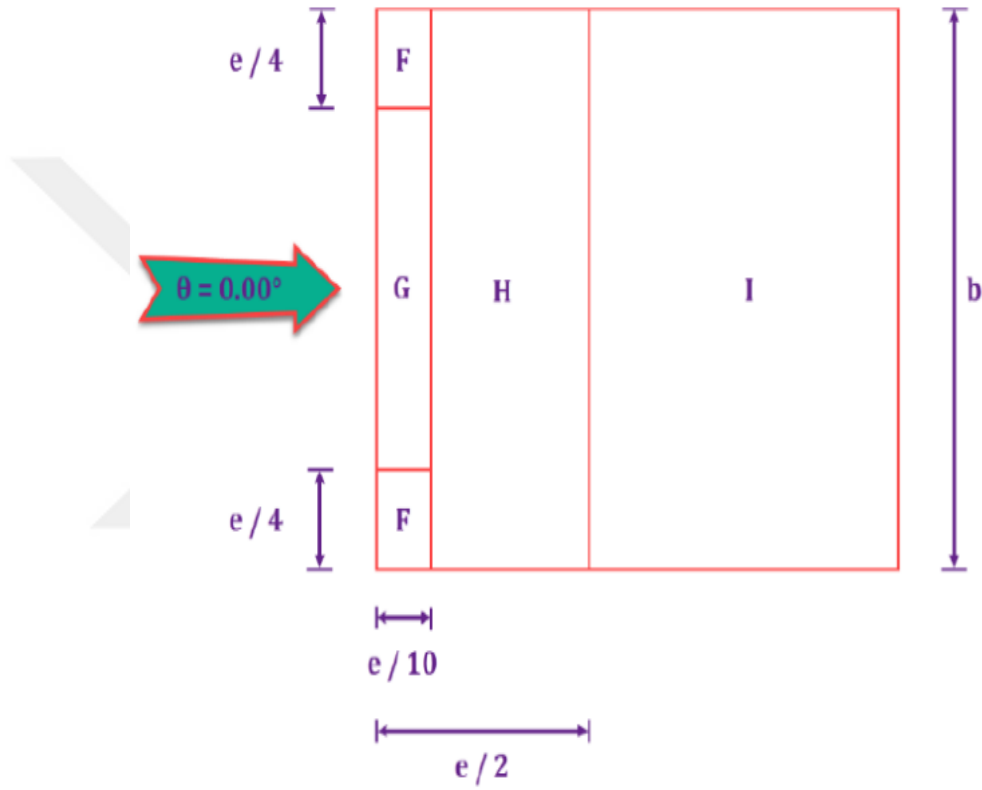
Şekil 4.12. Düz çatılar için açıklamalar

$$a = 20,00 \text{ m Rüzgar Yönüne Dik Uzunluk} \quad h = 8,00 \text{ m}$$

$$b = 42,00 \text{ m Rüzgar Yönüne Paralel Uzunluk} \quad e = 16,00 \text{ m} \quad \min(b, 2 \cdot h)$$

Çizelge 4.9. Düz çatılar için rüzgâr çatı yüzeyine etkiyen basınç katsayıları,

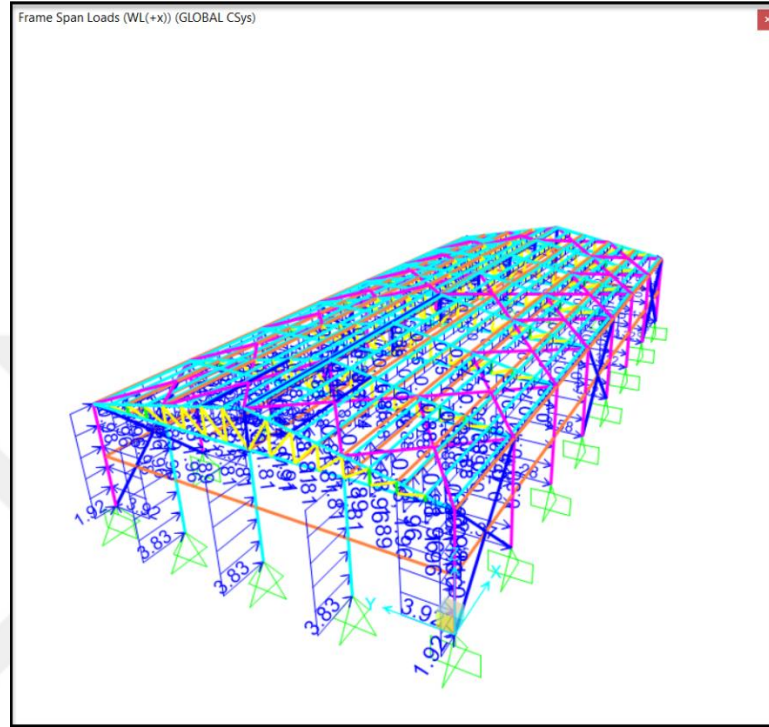
Bölge	F	G	H	I
$C_{pnet}$	-1.80	-1.20	-0.70	-0.20
$qp(z)$	1.08 kN/m <sup>2</sup>			
$q \cdot C_{pnet}$	-1.95	-1.30	-0.76	-0.22
Mesafeler	$e / 4$	=	4.00 m	
	$e / 2$	=	8.00 m	
	$e / 10$	=	1.60 m	



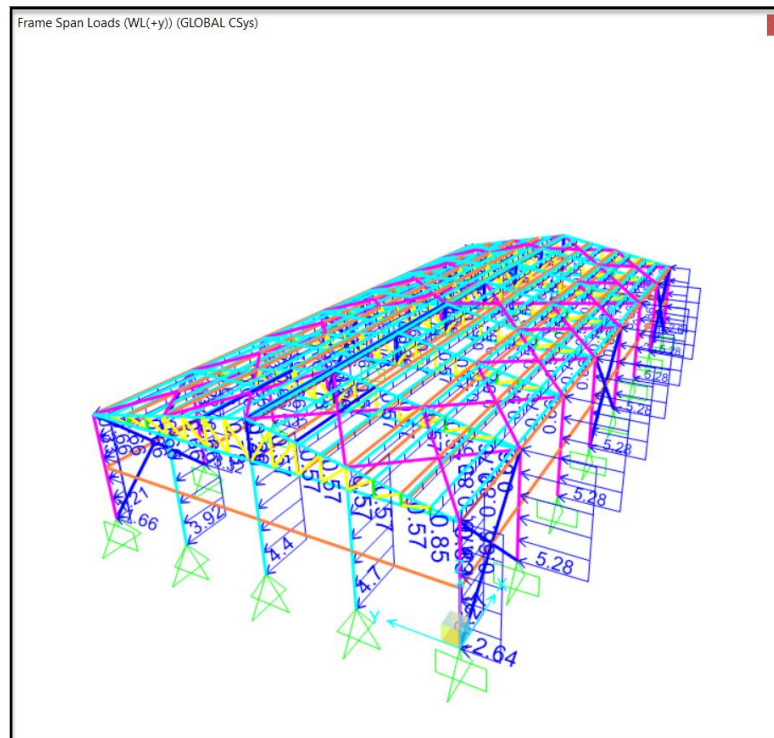
Şekil 4.13. TS EN 1991-1-4' e ait düz çatılarda  $\theta = 0,00^\circ$  için açıklamalar

#### 4.3.6. Model rüzgar yüklemeleri

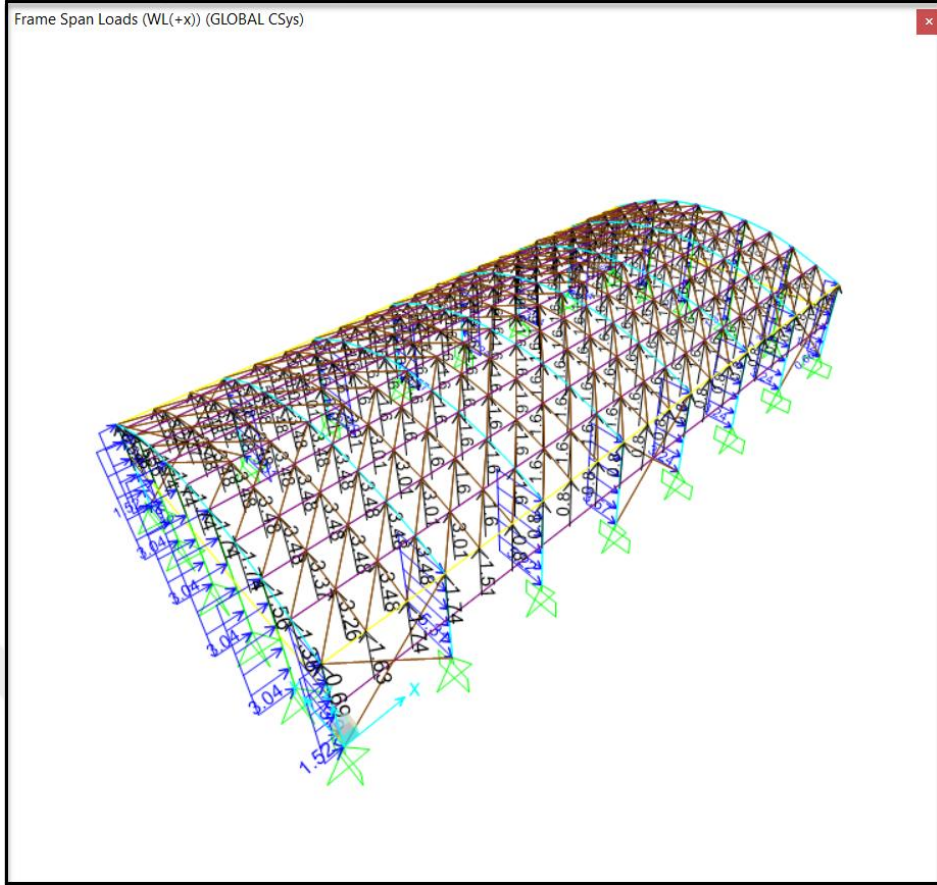
Bu bölümünde Şekil 4.14, Şekil 4.15, Şekil 4.16, Şekil 4.17, Şekil 4.18 ve Şekil 4.19’de rüzgar yüklemeleri gösterilmiştir.



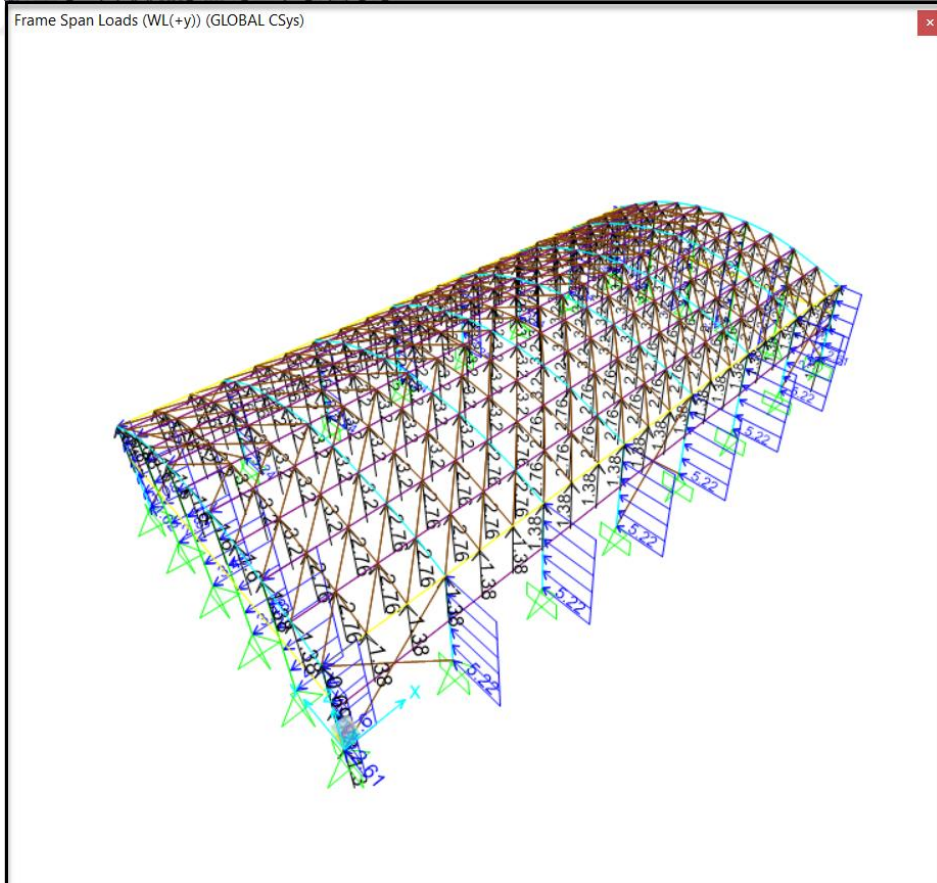
Şekil 4.14. (Modell A-1) “W<sub>x</sub>(+)” Yüklemesi [kN/m]



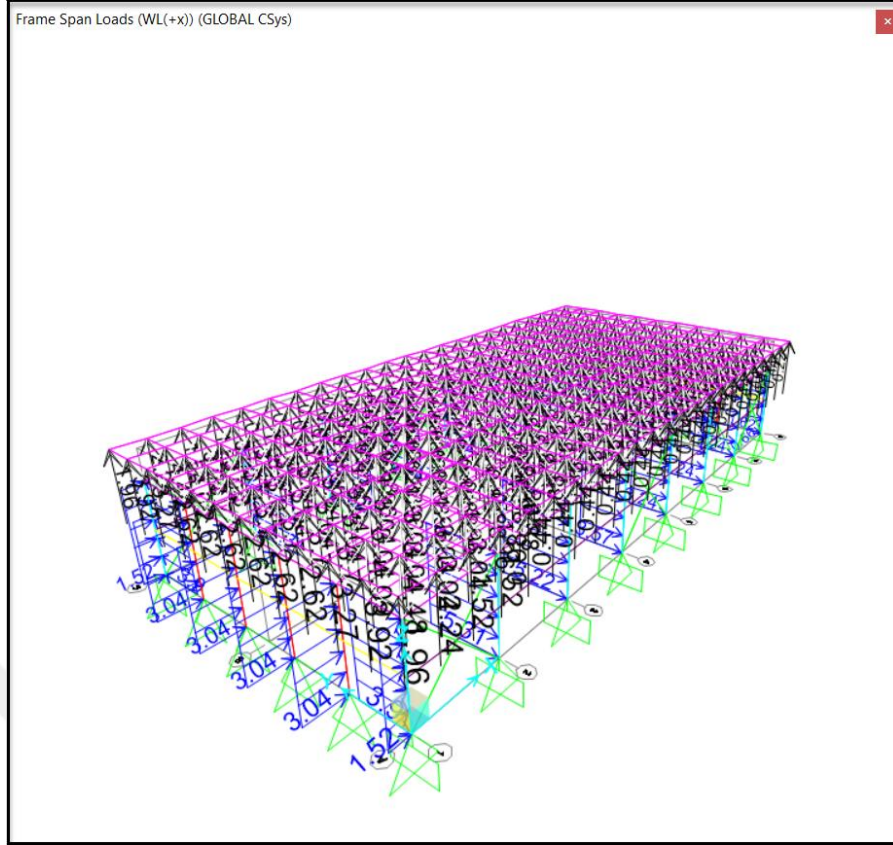
Şekil 4.15. (Modell A-1) “W<sub>y</sub>(+)” Yüklemesi [kN/m]



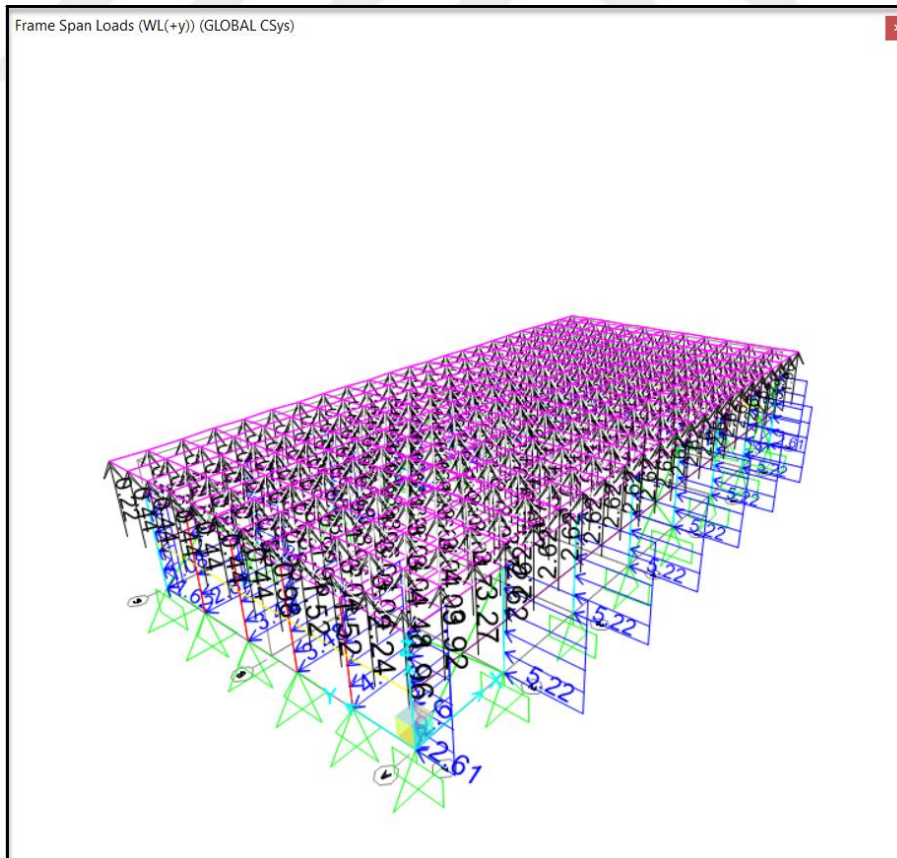
Şekil 4.16. (Modell E-1) “W<sub>x</sub>(+)” Yüklemesi [kN/m]



Şekil 4.17. (Modell E-1) “W<sub>y</sub>(+)” Yüklemesi [kN/m]



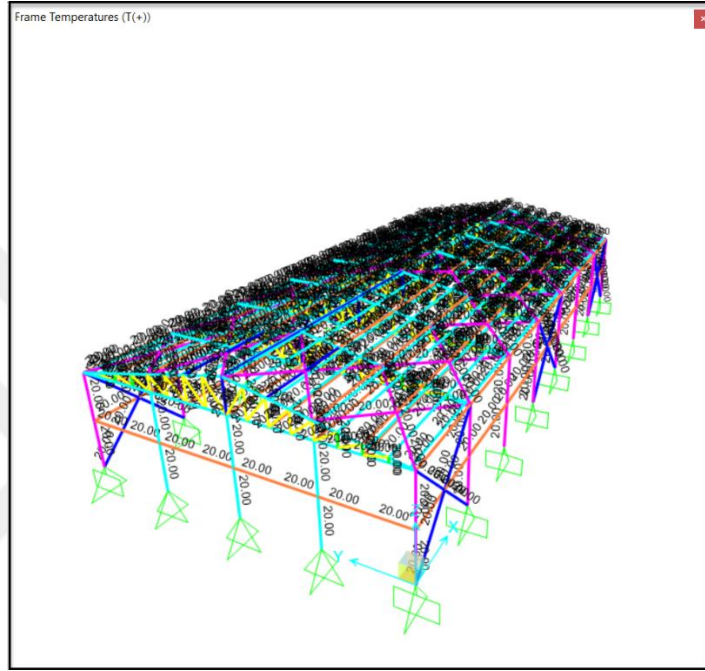
Şekil 4.18. (Modell F-1) “Wx(+)” Yükleme [kN/m]



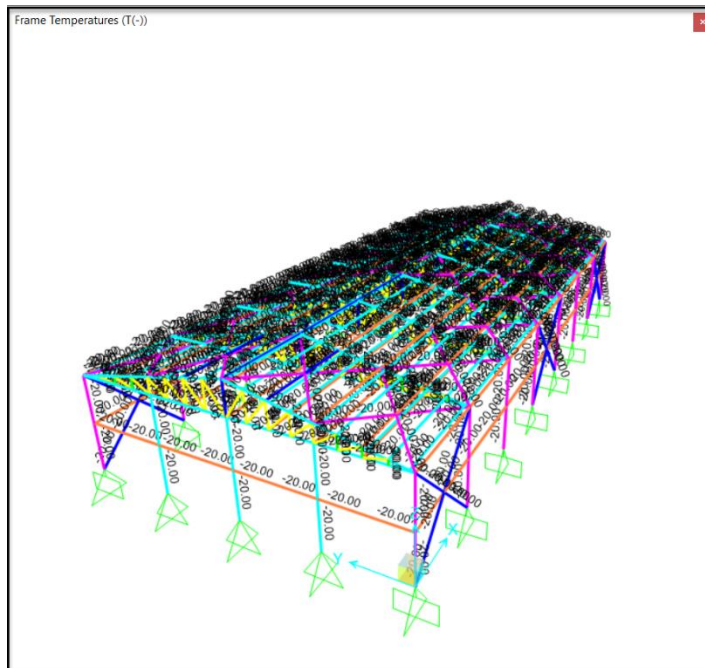
Şekil 4.19. (Modell F-1) “Wy(+)” Yükleme [kN/m]

#### 4.4. Sıcaklık Yüklemesi

Sıcaklık yükleri çevre ısısının değişmesinin neden olduğu dış kuvvet olarak tanımlanır. Çevresel şartlar ve yapının kullanım şekline göre yapısal elemanlara sıcaklık yüklemesi yapılarak dizayn edilir. Yapıya +20,00 °C ve -20,00 °C sıcaklık yüklemeleri uygulanmıştır.



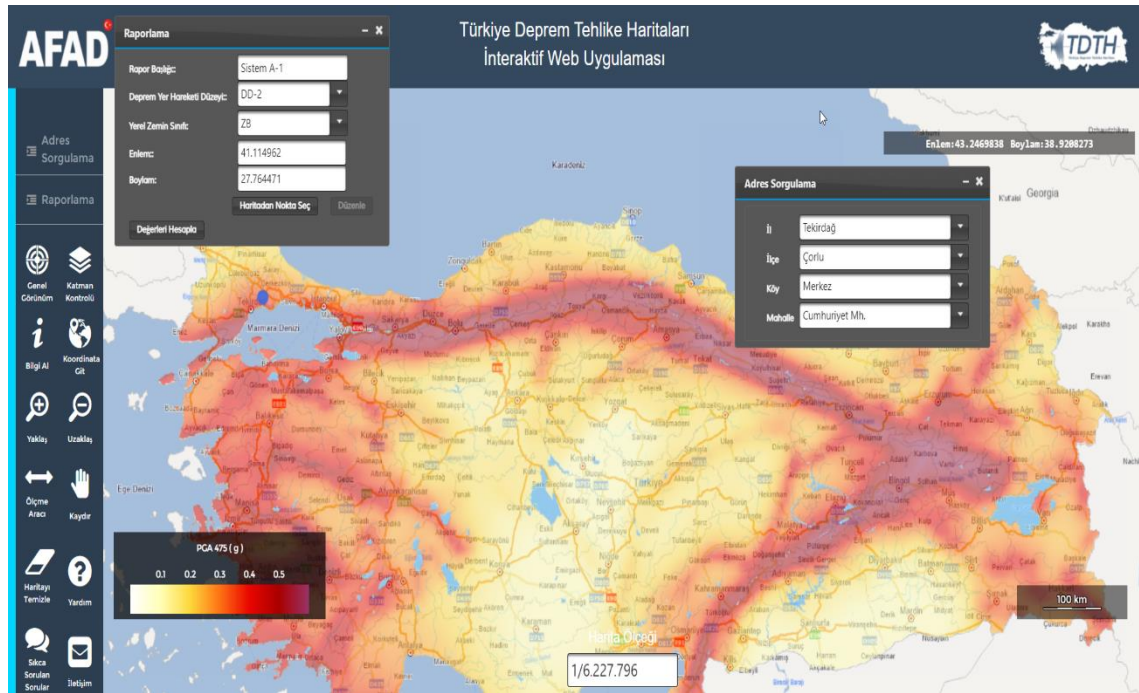
Şekil 4.20. (Modell A-1) “T(+)” Yüklemesi [°C]



Şekil 4.21. (Modell A-1) “T(-)” Yüklemesi [°C]

#### 4.5. Sismik Yüklemesi

Yapının coğrafi konumuna göre, Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması girdileri/sonuçları ve değerlendirmeleri ilgili bölümlerde belirtilmiştir. Yapının Türkiye Deprem Tehlike Haritası Üzerindeki Konumu Şekil 4.22’de gösterilmiştir. Mod birleştirme yöntemi kullanıldı ve elde edilen yapı kesme kuvvetleri eşdeğer ile kontrol edilmiştir. Tüm yapılar için aşağıdaki adımlar uygulanmıştır.



Şekil 4.22. (Modell A-1) Yapının Türkiye Deprem Tehlike Haritası Üzerindeki Konumu

Deprem Yer Hareketi Düzeyi: DD-2 (Standart tasarım deprem yer hareketi)  
Yerel Zemin Sınıfı : ZB (Geoteknik rapora göre belirlenmiştir.)

##### 4.5.1. Bina kullanım sınıfı (BKS) ve bina önem katsayısı (I)

Yapının hangar olarak hizmet vermesi amaçlanmaktadır. TBDY Tablo 3.1’den Çizelge 4.10’a göre aşağıdaki değerler alınmıştır.

Bina Kullanım Sınıfı : BKS = 3  
Bina Önem Katsayısı : I = 1.0

Çizelge 4.10. Bina Kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayısı

Bina Kullanım Sınıfı	Binanın Kullanım Amacı	Bina Önem Katsayısı (I)
BKS = 1	<p><b>Deprem sonrası kullanımı gereken binalar, insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar, değerli eşyanın saklandığı binalar ve tehlikeli madde içeren binalar</b></p> <p>a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları)</p> <p>b) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb.</p> <p>c) Müzeler</p> <p>d) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar</p>	1.5
BKS = 2	<p><b>İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar</b></p> <p>Alışveriş merkezleri, spor tesisleri, sinema, tiyatro, konser salonları, ibadethaneler, vb.</p>	1.2
BKS = 3	<p><b>Diğer binalar</b></p> <p>BKS=1 ve BKS=2 için verilen tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb.)</p>	1.0

#### 4.5.2. Bina yükseklik sınıfı (BYS)

Binanın, bina tabanından itibaren ölçülen yüksekliği,  $H_N=8.00$  m olarak hesaplanmaktadır. TBDY Tablo 3.3'e göre deprem tasarım sınıfı, DTS=1 için,  $7,00 \leq H_N=8,00 < 10,50$  olduğundan, Bina Yükseklik Sınıfı, BYS=7 olmaktadır ve **Çizelge 4.11**'de gösterilmiştir.



Çizelge 4.11. Bina Kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayısı

Bina Yükseklik Sınıfı	Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına 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	$56 < H_N \leq 70$	$70 < H_N \leq 91$	$91 < H_N \leq 105$
BYS = 3	$42 < H_N \leq 56$	$56 < H_N \leq 70$	$56 < H_N \leq 91$
BYS = 4	$28 < H_N \leq 42$	$42 < H_N \leq 56$	
BYS = 5	$17.5 < H_N \leq 28$	$28 < H_N \leq 42$	
BYS = 6	$10.5 < H_N \leq 17.5$	$17.5 < H_N \leq 28$	
BYS = 7	$7 < H_N \leq 10.5$	$10.5 < H_N \leq 17.5$	
BYS = 8	$H_N \leq 7$	$H_N \leq 10.5$	

#### 4.5.3. Bina taşıyıcı sistem parametreleri

X – Doğrultusundaki bina taşıyıcı sistem parametreleri Çizelge 4.12'den alınmıştır ve C13. Deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek merkezi çaprazlı çelik çerçeveler tarafından karşılandığı binalar kabul edilmiştir.

$$\begin{aligned}
 \text{Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı} & : R = 5 \\
 \text{Dayanım Fazlalığı Katsayısı} & : D = 2 \\
 \text{İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları} & : \text{BYS} = 7 \geq 4
 \end{aligned}$$

Y– Doğrultusundaki için C11. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran süneklik düzeyi yüksek çelik çerçevelerle karşılandığı binalar seçilmiştir.

$$\begin{aligned}
 \text{Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı} & : R = 8 \\
 \text{Dayanım Fazlalığı Katsayısı} & : D = 3 \\
 \text{İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları} & : \text{BYS} = 7 \geq 3
 \end{aligned}$$

Çizelge 4.12. Bina Taşıyıcı Sistemleri için Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, Dayanım Fazlalığı Katsayısı ve İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları (C)

Bina Taşıyıcı Sistemi	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı $R$	Dayanım Fazlalığı Katsayısı $D$	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları $BYS$
<b>C. ÇELİK BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ</b>			
<b>C1. Sıneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler</b>			
<b>C11.</b> Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran <i>sıneklik düzeyi yüksek</i> çelik çerçevelerle karşılandığı binalar	8	3	$BYS \geq 3$
<b>C12.</b> Deprem etkilerinin tamamının <i>sıneklik düzeyi yüksek</i> dışmerkez veya burkulması önlenmiş merkezi çaprazlı çelik çerçeveler tarafından karşılandığı binalar	8	2.5	$BYS \geq 2$
<b>C13.</b> Deprem etkilerinin tamamının <i>sıneklik düzeyi yüksek</i> merkezi çaprazlı çelik çerçeveler tarafından karşılandığı binalar	5	2	$BYS \geq 4$
<b>C14.</b> Deprem etkilerinin moment aktaran <i>sıneklik düzeyi yüksek</i> çelik çerçeveler ile <i>sıneklik düzeyi yüksek</i> dışmerkez veya burkulması önlenmiş merkezi çaprazlı çelik çerçeveler veya <i>sıneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.4.5)	8	3	$BYS \geq 2$
<b>C15.</b> Deprem etkilerinin moment aktaran <i>sıneklik düzeyi yüksek</i> çelik çerçeveler ile <i>sıneklik düzeyi yüksek</i> merkezi çaprazlı çelik çerçeveler veya <i>sıneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.4.5)	6	2.5	$BYS \geq 2$
<b>C16.</b> Deprem etkilerinin tamamının çatı düzeyindeki bağlantıları mafsalı olan ve yüksekliği 12 m'yi geçmeyen <i>sıneklik düzeyi yüksek</i> çelik kolonlar tarafından karşılandığı tek katlı binalar	4	2	–
<b>C2. Sıneklik Düzeyi Karma Taşıyıcı Sistemler (Bkz. 4.3.4.1, 4.3.4.6)</b>			
<b>C21.</b> Deprem etkilerinin moment aktaran <i>sıneklik düzeyi sınırlı</i> çelik çerçeveler ile <i>sıneklik düzeyi yüksek</i> dışmerkez veya burkulması önlenmiş merkezi çaprazlı çelik çerçeveler veya <i>sıneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.1.2)	6	2.5	$BYS \geq 4$
<b>C22.</b> Deprem etkilerinin moment aktaran <i>sıneklik düzeyi sınırlı</i> çelik çerçeveler ile <i>sıneklik düzeyi yüksek</i> merkezi çaprazlı çelik çerçeveler veya <i>sıneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.1.2)	5	2	$BYS \geq 4$
<b>C3. Sıneklik Düzeyi Sınırlı Taşıyıcı Sistemler (Bkz. 4.3.4.1, 4.3.4.7)</b>			
<b>C31.</b> Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran <i>sıneklik düzeyi sınırlı</i> çelik çerçevelerle karşılandığı binalar	4	2.5	$BYS \geq 7$
<b>C32.</b> Deprem etkilerinin tamamının <i>sıneklik düzeyi sınırlı</i> merkezi çaprazlı çelik çerçevelerle karşılandığı binalar	3	2	$BYS = 8$
<b>C33.</b> Deprem etkilerinin moment aktaran <i>sıneklik düzeyi sınırlı</i> çelik çerçeveler ile <i>sıneklik düzeyi sınırlı</i> merkezi çaprazlı çelik çerçeveler tarafından birlikte karşılandığı binalar	4	2	$BYS \geq 7$

#### 4.5.4. Deprem tasarım sınıfı (DTS)

Türkiye Deprem Tehlike Haritaları (<https://tdth.afad.gov.tr/>) kapsamında, Deprem Tasarım Sınıfı (DTS)'nin belirlenebilmesi amacıyla DD-2 deprem yer hareketi düzeyinde elde edilen parametreler aşağıda sıralanmıştır. Yerel Zemin Sınıfı ZB olarak tanımlanmıştır.

Harita spektral ivme katsayıları:

$$\text{Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı, } S_s = 0,836$$

$$1.0 \text{ saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı, } S_1 = 0,228$$

Yerel zemin etki katsayıları,

$$\text{Kısa Periyot Bölgesi için, } F_s = 0,900$$

$$1.0 \text{ Saniye Periyot için, } F_1 = 0,800$$

Tasarım spektral ivme katsayıları, TBDY Bölüm 2.3.2.2'ye göre, tasarım spektral ivme katsayıları aşağıdaki denklemlerden bulunmuştur.

$$S_{DS} = S_s \cdot F_s \quad (4.13)$$

$$S_{DS} = 0,836 \times 0,900 = 0,752$$

$$S_{D1} = S_1 \cdot F_1 \quad (4.14)$$

$$S_{D1} = 0,228 \times 0,800 = 0,182$$

TBDY Tablo 3.2'ye göre (Bknz. **Çizelge 4.13**)  $0,75 \leq S_{DS} = 0,752$  koşulunu sağlaması nedeniyle, DTS=1 olarak elde edilmiştir.

Çizelge 4.13. 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
$0.50 \leq S_{DS} < 0.75$	DTS = 2a	DTS = 2
$0.75 \leq S_{DS}$	DTS = 1a	DTS = 1

# Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması

## Kullanıcı Girdileri

[Özet Raporu Göster](#) [Yazdır](#)

Rapor Başlığı:	Model A-1	
Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DD-2	50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
Yerel Zemin Sınıfı	ZB	Az ayrılmış, orta sağlam kayalar
Enlem:	41.114962°	
Boylam	27.764471°	

## Çıktılar

$S_s = 0.836$	$S_1 = 0.228$	$PGA = 0.345$	$PGV = 21.451$
---------------	---------------	---------------	----------------

$S_s$  : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

$S_1$  : 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

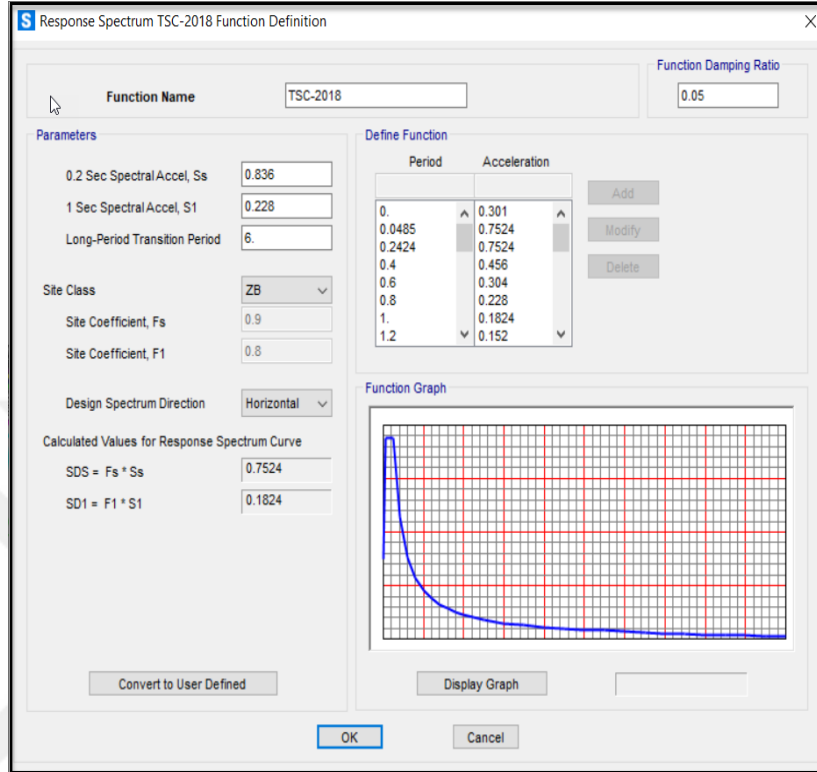
$PGA$  : En büyük yer ivmesi [g]

$PGV$  : En büyük yer hızı [cm/sn]

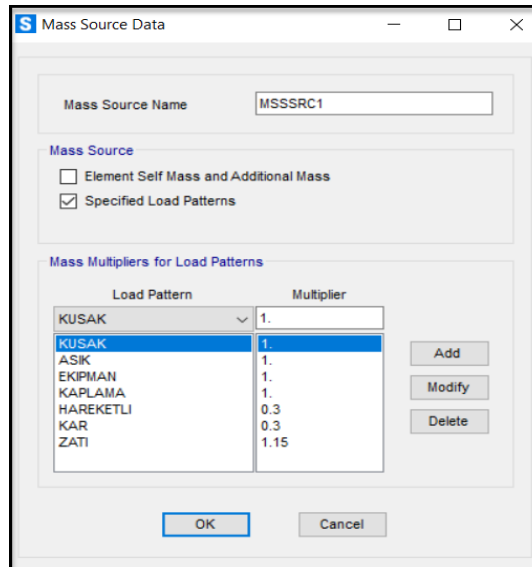
Şekil 4.23. (Modell A-1) Sismik verilerin model girdileri

#### 4.5.5. Tasarım spektrumları değerleri

Aşağıdaki Şekillerde sismik verilerin model girdileri verilmiştir.



Şekil 4.24. (Modell A-1) Sismik verilerin model girdileri 1



Şekil 4.25. (Modell A-1) Sismik verilerin model girdileri 2

**S** Load Case Data - Response Spectrum

Load Case Name:

Notes:

Load Case Type:

Modal Combination:

- CQC
- SRSS
- Absolute
- GMC
- NRC 10 Percent
- Double Sum

GMC f1:  GMC f2:

Periodic + Rigid Type:

Directional Combination:

- SRSS
- CQC3
- Absolute

Scale Factor:

Mass Source:

Diaphragm Eccentricity:

Eccentricity Ratio:

Override Eccentricities:

Modal Load Case:

Use Modes from this Modal Load Case:

- Standard - Acceleration Loading
- Advanced - Displacement Inertia Loading

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	TSC-2018	1.962
Accel	U1	TSC-2018	1.962

Show Advanced Load Parameters

Other Parameters:

Modal Damping:

Şekil 4.26. (Modell A-1) Sismik verilerin model girdileri 3

**S** Load Case Data - Response Spectrum

Load Case Name:

Notes:

Load Case Type:

Modal Combination:

- CQC
- SRSS
- Absolute
- GMC
- NRC 10 Percent
- Double Sum

GMC f1:  GMC f2:

Periodic + Rigid Type:

Directional Combination:

- SRSS
- CQC3
- Absolute

Scale Factor:

Mass Source:

Diaphragm Eccentricity:

Eccentricity Ratio:

Override Eccentricities:

Modal Load Case:

Use Modes from this Modal Load Case:

- Standard - Acceleration Loading
- Advanced - Displacement Inertia Loading

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U2	TSC-2018	1.2263
Accel	U2	TSC-2018	1.2263

Show Advanced Load Parameters

Other Parameters:

Modal Damping:

Şekil 4.27. (Modell A-1) Sismik verilerin model girdileri 4

#### 4.5.6. Dayanıma göre tasarım için hesap esasları

Doğrusal elastik deprem yüklerinin azaltılmasında esas alınacak Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı  $R_a(T)$  aşğıdaki şekilde tanımlanmıştır :

$$R_a(T) = \frac{R}{I} \quad T > T_B$$

$$R_a(T) = D + \left(\frac{R}{I} - D\right) \cdot \frac{T}{T_B} \quad T \leq T_B$$

Yatay doğrultuda azaltılmış deprem yüklerinin belirlenmesi için kullanılacak azaltılmış tasarım ivme spektrumunun belirli bir T doğal titreşim periyodu için ordinatı olan azaltılmış tasarım spektral ivmesi  $S_{aR}(T)$  ;

$$S_{aR}(T) = \frac{S_{ae}(T)}{R_a(T)}$$

ile tanımlanmıştır.

TBDY Bölüm 4.4.3.1’de belirtilen elemanların dışındaki taşıyıcı sistem kısımlarında ve TBDY Bölüm 4.4.3.1’deki tanımın dışında kalan binalarda düşey deprem etkisi, özel bir hesap yapılmaksızın, Denk. (4.15) ile yaklaşık olarak hesaplanmıştır.

$$E_d^{(Z)} \approx (2/3) S^{DS} \cdot G \quad (4.15)$$

Kombinasyonlarda, düşey deprem etkisi ( $E_d^{(Z)}$ ) yük katsayısı 0.30 alındığından ;

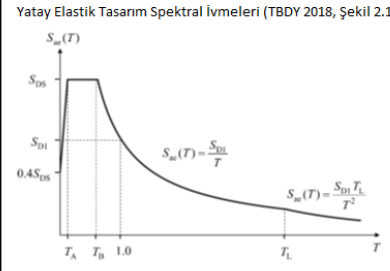
$$1.20 \cdot G \Rightarrow \{1.20 + 0.3 \cdot (2/3) \cdot SDS\} \cdot G \Rightarrow 1.35 \cdot G$$

$$0.90 \cdot G \Rightarrow \{0.90 - 0.3 \cdot (2/3) \cdot SDS\} \cdot G \Rightarrow 0.75 \cdot G$$

Kombinasyonlarda yerine koyulmuştur.

Cizelge 4.14. Azaltılmış iç kuvvetlerin eşdeğer taban kesme kuvvetine göre büyütülmesi

<b>DD - 2</b> Spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %10 olduğu seyrek deprem yer hareketi (tekrarlanma periyodu 475 yıl).				
<b>Zemin Grubu : ZB</b> (Az ayrılmış, orta sağlam kayalar) : $(V_s)_{30} = 760 - 1500$ m/s				
$S_s = 0.836$	$F_s = 0.900$ $S_{DS} = F_s \cdot S_s$			
$S_1 = 0.200$	$F_1 = 0.800$ $S_{D1} = F_1 \cdot S_1$			
$S_{DS} = 0.752$ g	$T_A = 0.20 \cdot S_{D1} / S_{DS}$ $T_A = 0.043$ s			
$S_{D1} = 0.160$ g	$T_B = S_{D1} / S_{DS}$ $T_B = 0.213$ s			
$T_L = 6.000$ s				
Düzensizlik Kontrolü	GT Güvenli Taraf $\gamma_E = 1.000$ (Bölüm 4.8.4.1)			
X Doğrultusunda Taşıyıcı Sistem	C13. Deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek merkezi çaprazlı çelik çerçeveler tarafından karşılandığı binalar			
Y Doğrultusunda Taşıyıcı Sistem	C11. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran süneklik düzeyi yüksek çelik çerçevelerle karşılandığı binalar			
Bina Yüksekliği	$H_N = 8.00$ m Bina Yükseklik Sınıfı (BYS) = 7			
Bina Önem Katsayısı,	$I = 1.00 \Rightarrow$ BKS-3 Deprem Tasarım Sınıfı (DTS) = 1			
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı	$R^{(X)} = 5.00$ $R^{(Y)} = 8.00$			
Dayanım Fazlalığı Katsayısı	$D^{(X)} = 2.00$ $D^{(Y)} = 3.00$			
Azaltılmış tasarım spektral ivmesi ( $S^{*R}$ ) kullanılmıştır.				
<b>MOD BİRLEŞTİRME İÇİN SCALE FAKTOR HESABI</b> g/R				
X Doğr. İçin 'Scale Factor' g : 9.81	$\Rightarrow$ 1.962			
Y Doğr. İçin 'Scale Factor' g : 9.81	1.226			
Düşey deprem etkisi				
(Denklem 4.10) $0.3 \cdot (2/3) \cdot G$	$= 0.150 \cdot G$			
Aşağı ve Yukarı doğrultuda etkileyen deprem durumunda :	$\Rightarrow$ $1.20 \cdot G$ $1.35 \cdot G$			
	$0.90 \cdot G$ $0.75 \cdot G$			
<b>Taban Reaksiyonları MODELDEN</b>				
<b>Yük Tipi</b>	<b>Yükleme Şekli</b>	<b>Global FZ KN</b>	<b>Global FZ KN</b>	<b>Global FZ KN</b>
G	LinStatic	-	-	<b>1,225.00</b>
Q	LinStatic	-	-	<b>0.00</b>
S	LinStatic	-	-	<b>562.00</b>
Sx	LinRespSpec	<b>112.50</b>	-	-
Sy	LinRespSpec	-	<b>32.00</b>	-
Kar yükü azaltma katsayısı = 0.30				
Hareketli yük azaltma katsayısı, n = 0.30				
Depremde etkin kütle (W) = 1,393.60 KN		$V_{TE}^{(X)} = 112.50$ KN	Konut, işyeri, otel, hastane, otopark, vb.	
		$V_{TE}^{(Y)} = 32.00$ KN		
X Doğrultusu için : Taşıyıcı sistemi çelik çerçevelerden veya çaprazlı çelik çerçevelerden oluşan binalar				$C_t^{(X)} = 0.08$
Y Doğrultusu için : Taşıyıcı sistemi çelik çerçevelerden veya çaprazlı çelik çerçevelerden oluşan binalar				$C_t^{(Y)} = 0.08$
Önemli : Periyotlar nominal rijitlikler dikkate alınarak hesaplanacaktır (EI&EA = 1.00).				
$T_p(X) = 0.127$ s	<b>Modelden</b>			
$T_p(Y) = 0.533$ s				
$T_{PA}^{(X)} = 0.381$ s	$T_{PA} = T \cdot C_T \cdot H_N^{3/4}$			
$T_{PA}^{(Y)} = 0.381$ s	$T^{(X)} = 0.127$ s	Hakim periyot esastır...		
	$T^{(Y)} = 0.533$ s	$1.4 \cdot T_p^A$ dikkate alınır...		
$R_a(T)^{(X)} = D + (R / I - D) \cdot (T / T^0)$	$R_a(T)^{(X)} = 3.79$			
$R_a(T)^{(Y)} = R / I$	$R_a(T)^{(Y)} = 8.00$			
$S_{ae}^{(X)} T = S_{DS}^0$	$S_{ae}^{(X)} T = 0.752$ .g			
$S_{ae}^{(Y)} T = S_{D1} / T$	$S_{ae}^{(Y)} T = 0.300$ .g			
$S_{aR,x} T = S_{ae}^{(X)} / R_a(T)^{(X)}$	$S_{aR,x} T = 0.198$ g			
$S_{aR,y} T = S_{ae}^{(Y)} / R_a(T)^{(Y)}$	$S_{aR,y} T = 0.038$ g			
$V_{TE}^{(X)} = m_t \cdot S_{aR} (T_p^{(X)}) \geq 0.04 \cdot m_t \cdot I \cdot S_{DS} \cdot g$	$V_{TE}^{(X)} = 276.54$ KN	$\Rightarrow$ <b>41.94 KN</b>		
$V_{TE}^{(Y)} = m_t \cdot S_{aR} (T_p^{(Y)}) \geq 0.04 \cdot m_t \cdot I \cdot S_{DS} \cdot g$	$V_{TE}^{(Y)} = 52.32$ KN			
$\gamma_E \cdot V_{TE}^{(X)} = 276.54$	$\beta_{TE}^{(X)} = \gamma_E \cdot V_{TE}^{(X)} / V_{tx}^{(X)} = 2.46$	Seçilen $\beta_{TE}^{(X)} = 2.90$		
$\gamma_E \cdot V_{TE}^{(Y)} = 52.32$	$\beta_{TE}^{(Y)} = \gamma_E \cdot V_{TE}^{(Y)} / V_{ty}^{(Y)} = 1.63$	Seçilen $\beta_{TE}^{(Y)} = 2.05$		
$F_{IE}^{(X)} = 0.210 \cdot G$	$F_{IE}^{(Y)} = 0.043 \cdot G$	Uygulanan Deprem Yatay Kuvvetleri		



(Tablo 4.3. Hareketli Yük Kütle Katılım Katsayısı, n)



#### 4.6. İlgili Yük Şartnamesi ve Yükleme Halleri

Bina taşıyıcı sisteminin sabit ve hareketli yükler ile deprem ve rüzgar kuvvetleri altında analizleri sonucunda elde edilen iç kuvvetler, ÇYTHYE (2016) 5.3.1, TBDY 4.4 ve TBDY 9.2.5'e uygun olarak, aşağıdaki şekilde birleştirileceklerdir. Yatay doğrultuda etkiyen ve stabilite analizinde başlangıç kusurlarının etkisini hesaba katmak amacıyla tanımlanan fiktif yükler, ÇYTHYE (2016) 6.2 uyarınca, sadece düşey yükleri içeren yük birleşimlerinde dikkate alınacaktır. Sıcaklık etkisi tüm kombinasyonlara uygulanmıştır.

$$1.4 \cdot (G + N_G) \quad (1)$$

$$1.2 \cdot (G + N_G) + 1.6 \cdot \{(Q_r + N_{Q_r}) \text{ veya } (S + N_S)\} \quad (2a)$$

$$1.2 \cdot (G + N_G) + 1.6 \cdot (Q_r + N_{Q_r}) + 0.5 \cdot \{(Q_r + N_{Q_r}) \text{ veya } (S + N_S)\} \quad (2b)$$

$$1.2G + 1.6 \cdot (Q_r \text{ veya } S) + 1.0 \cdot (Q \text{ veya } 0.8W) \quad (3)$$

$$1.2 \cdot G + 1.0 \cdot Q + 0.5 \cdot (Q_r \text{ veya } S) + 1.6 \cdot W \quad (4)$$

$$1.2 \cdot G + 1.0 \cdot Q + 0.2 \cdot S + 1.0 \cdot E \quad (5)$$

$$0.9 \cdot G + 1.6 \cdot W \quad (6)$$

$$0.9 \cdot G + 1.0 \cdot E \quad (7)$$

Yapı sistemlerinin tasarımında kar yükleri için TS EN 1991-1-3'te ve rüzgar yükleri için TS EN 1991-1-4 ile verilen koşullar gözönüne alınmıştır. Deprem etkisi, E'nin ayrıntılı tanımı için TBDY 2018 koşulları esas alınmıştır. TBDY Bölüm 4.6.2.1 ile açıklanan paragrafa göre hesaplarda Mod Birleştirme Yöntemi kullanılmıştır.

##### 4.6.1. Kullanılabilirlik sınır durumları için tasarım

Yapı sistemi, yapısal elemanlar ve birleşimler kullanılabilirlik sınır durumları için kontrol edilecektir. Kullanılabilirlik sınır durumları için tasarıma ilişkin kurallar ve koşullar ÇYTHYE 2016 Bölüm 15'te verilmiştir.



#### 4.6.2. Yük kombinasyonları

Yapılarda kullanılan kombinasyonlar aşağıda Çizelge 4.15’de verilmiştir.

Çizelge 4.15. (Model A-1) Yük Kombinasyonları

TABLE : Combination Definitions			
ComboName	ComboType	AutoDesign	CaseType
Text	Text	Yes/No	Text
(01)1.4G	Linear Add	No	Linear Static
(01)1.4G+1.0T(+)	Linear Add	No	Linear Static
(01)1.4G+1.0T(-)	Linear Add	No	Linear Static
(01)_1.4G+1.4NG(x)+1.0T(+)	Linear Add	No	Linear Static
(01)_1.4G+1.4NGx+1.0T(-)	Linear Add	No	Linear Static
(01)_1.4G+1.4NGy+1.0T(+)	Linear Add	No	Linear Static
(01)_1.4G+1.4N(G_y)+1.0T(-)	Linear Add	No	Linear Static
(02a)_1.2G+1.6Qr	Linear Add	No	Linear Static
(02a)_1.2.G+1.6.Qr+1.0.T(+)	Linear Add	No	Linear Static
(02a)_1.2.G+1.6.Qr+1.0.T(-)	Linear Add	No	Linear Static
(02a)_1.2.G+1.2.N_G_x+1.6.Qr+1.6.N_Qr_x+1.0.T(+)	Linear Add	No	Linear Static
(02a)_1.2.G+1.2.N_G_x+1.6.Qr+1.6.N_Qr_x+1.0.T(-)	Linear Add	No	Linear Static
(02a)_1.2.G+1.2.N_G_y+1.6.Qr+1.6.N_Qr_y+1.0.T(+)	Linear Add	No	Linear Static
(02a)_1.2.G+1.2.N_G_y+1.6.Qr+1.6.N_Qr_y+1.0.T(-)	Linear Add	No	Linear Static
(02a)_1.2.G+1.2.N_G_x+1.6.S+1.6.N_S_x+1.0.T(+)	Linear Add	No	Linear Static
(02a)_1.2.G+1.2.N_G_x+1.6.S+1.6.N_S_x+1.0.T(-)	Linear Add	No	Linear Static
(02a)_1.2.G+1.2.N_G_y+1.6.S+1.6.N_S_y+1.0.T(+)	Linear Add	No	Linear Static
(02a)_1.2.G+1.2.N_G_y+1.6.S+1.6.N_S_y+1.0.T(-)	Linear Add	No	Linear Static
(02b)_1.2.G+1.6.Q+0.5.Qr	Linear Add	No	Linear Static
(02b)_1.2.G+1.6.Q+0.5.Qr+1.0.T(+)	Linear Add	No	Linear Static
(02b)_1.2.G+1.6.Q+0.5.Qr+1.0.T(-)	Linear Add	No	Linear Static
(02b)_1.2.G+1.2.N_G_x+1.6.Q+1.6.N_Q_x+0.5.Qr+0.5.N_Qr_x+1.0.T(+)	Linear Add	No	Linear Static
(02b)_1.2.G+1.2.N_G_x+1.6.Q+1.6.N_Q_x+0.5.Qr+0.5.N_Qr_x+1.0.T(-)	Linear Add	No	Linear Static
(02b)_1.2.G+1.2.N_G_y+1.6.Q+1.6.N_Q_y+0.5.Qr+0.5.N_Qr_y+1.0.T(+)	Linear Add	No	Linear Static
(02b)_1.2.G+1.2.N_G_y+1.6.Q+1.6.N_Q_y+0.5.Qr+0.5.N_Qr_y+1.0.T(-)	Linear Add	No	Linear Static
(02b)_1.2.G+1.2.N_G_x+1.6.Q+1.6.N_Q_x+0.5.Sx+0.5.N_S_x+1.0.T(+)	Linear Add	No	Linear Static
(02b)_1.2.G+1.2.N_G_x+1.6.Q+1.6.N_Q_x+0.5.Sx+0.5.N_S_x+1.0.T(-)	Linear Add	No	Linear Static
(02b)_1.2.G+1.2.N_G_y+1.6.Q+1.6.N_Q_y+0.5.Sy+0.5.N_S_y+1.0.T(+)	Linear Add	No	Linear Static
(02b)_1.2.G+1.2.N_G_y+1.6.Q+1.6.N_Q_y+0.5.Sy+0.5.N_S_y+1.0.T(-)	Linear Add	No	Linear Static
(03)_1.2.G+1.6.Qr+1.0.Q	Linear Add	No	Linear Static
(03)_1.2.G+1.6.Qr+1.0.Q+1.0T(+)	Linear Add	No	Linear Static
(03)_1.2.G+1.6.Qr+1.0.Q+1.0T(-)	Linear Add	No	Linear Static
(03)_1.2.G+1.6.Sx+0.8.WL(+x)+1.0T(+)	Linear Add	No	Linear Static
(03)_1.2.G+1.6.Sx+0.8.WL(+x)+1.0T(-)	Linear Add	No	Linear Static
(03)_1.2.G+1.6.Sy+0.8.WL(+y)+1.0T(+)	Linear Add	No	Linear Static
(03)_1.2.G+1.6.Sy+0.8.WL(+y)+1.0T(-)	Linear Add	No	Linear Static
(03)_1.2.G+1.6.Sx+0.8.WL(-x)+1.0T(+)	Linear Add	No	Linear Static

TABLE : Combination Definitions			
ComboName	ComboType	AutoDesign	CaseType
Text	Text	Yes/No	Text
(03)_1.2.G+1.6.Sx+0.8.WL(-x)+1.0T(-)	Linear Add	No	Linear Static
(03)_1.2.G+1.6.Sy+0.8.WL(-y)+1.0T(+)	Linear Add	No	Linear Static
(03)_1.2.G+1.6.Sy+0.8.WL(-y)+1.0T(-)	Linear Add	No	Linear Static
(04)_1.2.G+1.0.Q+0.5.Qr+1.6.WL(+x)	Linear Add	No	Linear Static
(04)_1.2.G+1.0.Q+0.5.Qr+1.6.WL(+y)	Linear Add	No	Linear Static
(04)_1.2.G+1.0.Q+0.5.Qr+1.6.WL(-x)	Linear Add	No	Linear Static
(04)_1.2.G+1.0.Q+0.5.Qr+1.6.WL(-y)	Linear Add	No	Linear Static
(04)_1.2.G+1.0.Q+0.5.S(x)+1.6.WL(+x)	Linear Add	No	Linear Static
(04)_1.2.G+1.0.Q+0.5.S(x)+1.6.WL(-x)	Linear Add	No	Linear Static
(04)_1.2.G+1.0.Q+0.5.S(y)+1.6.WL(+y)	Linear Add	No	Linear Static
(04)_1.2.G+1.0.Q+0.5.S(y)+1.6.WL(-y)	Linear Add	No	Linear Static
(05)_1.2.G+1.0.Q+0.2.S+1.0.β.Sx+0.3.β.Sy	Linear Add	No	Linear Static
(05)_1.2.G+1.0.Q+0.2.S+1.0.β.Sy+0.3.β.Sx	Linear Add	No	Linear Static
(06)_0.9.G+1.6.WL(+x)	Linear Add	No	Linear Static
(06)_0.9.G+1.6.WL(-x)	Linear Add	No	Linear Static
(06)_0.9.G+1.6.WL(+y)	Linear Add	No	Linear Static
(06)_0.9.G+1.6.WL(-y)	Linear Add	No	Linear Static
(07)_0.9.G+1.0.β.Sx+0.3.β.Sy	Linear Add	No	Linear Static
(07)_0.9.G+1.0.β.Sy+0.3.β.Sx	Linear Add	No	Linear Static
a. G+Q	Linear Add	No	Linear Static
b. G+0.5S	Linear Add	No	Linear Static
c. G+0.5Q	Linear Add	No	Linear Static
d1. G + 0.5.Q + WL(+x)	Linear Add	No	Linear Static
d2. G + 0.5.Q + WL(-x)	Linear Add	No	Linear Static
d3. G + 0.5.Q + WL(+y)	Linear Add	No	Linear Static
d4. G + 0.5.Q + WL(-y)	Linear Add	No	Linear Static

#### 4.7. Analiz Sonuçları

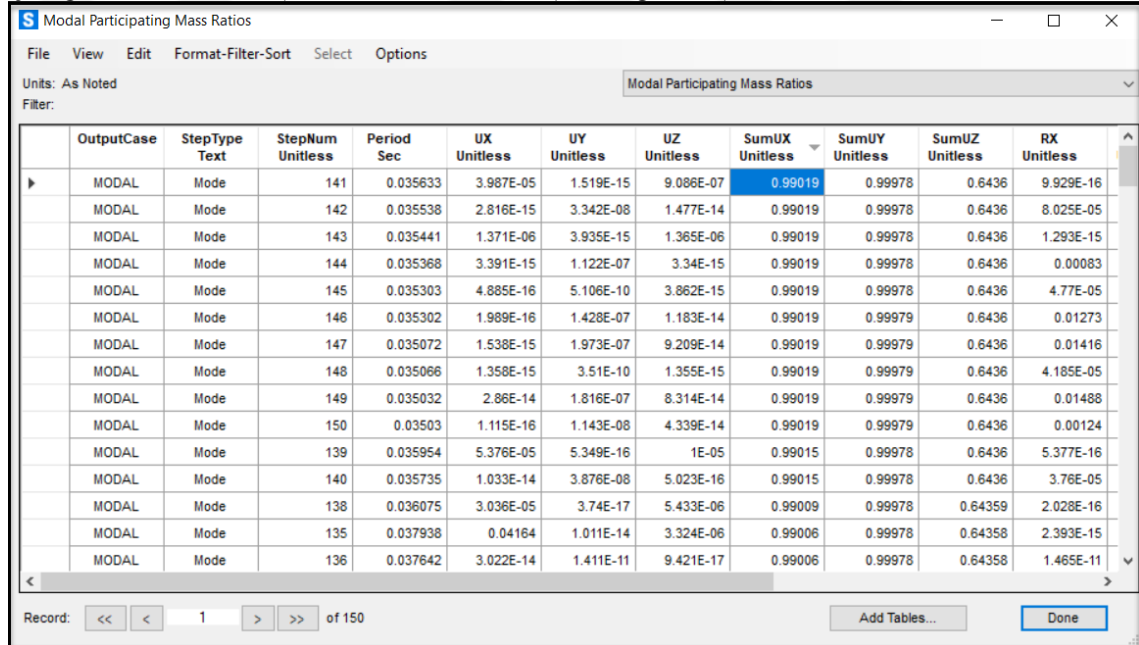
Sap2000 programı ile gerçekleştirilen analiz ve tasarım işlemi sonunda çatı sisteminin tasarımı tamamlanmıştır. Analiz sonucunda tasarım ile birlikte çatı sisteminin yönetmeliğe göre kullanım şartları, taban kesme kuvveti, yapı ağırlıkları elde edilmiştir.

Aşağıda çatı sistemine ait elde edilen analiz ve tasarım sonuçları verilmiştir.

##### 4.7.1. Analiz sonucu kütle katılım oranları

Analiz Sonucu Kütle Katılım Oranları aşağıda Çizelge 4.16 ve Çizelge 4.17’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.16. (Model A-1) Kütle Katılım Oranları (X – Doğrultusu)



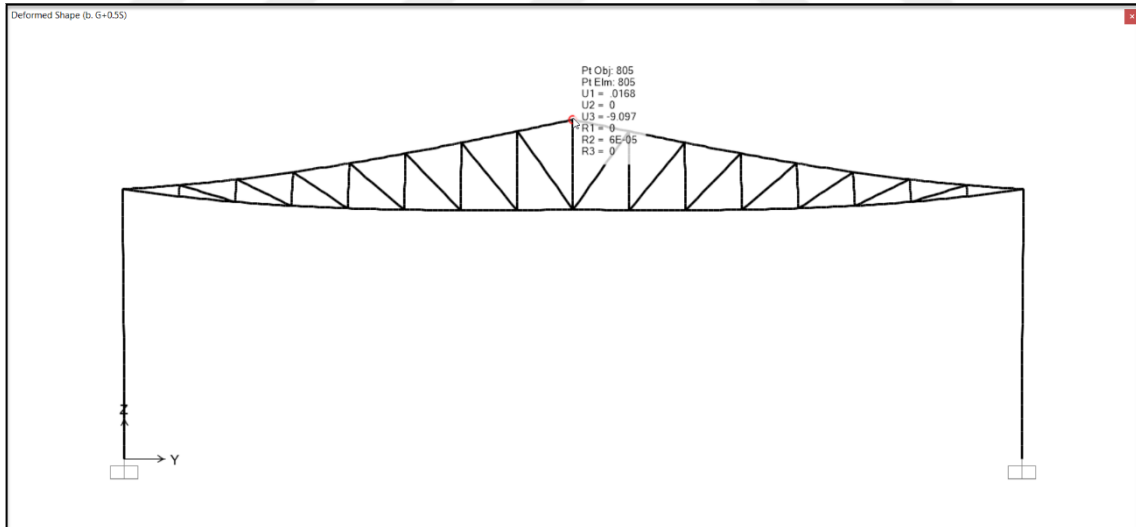
	OutputCase	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	UX Unitless	UY Unitless	UZ Unitless	SumUX Unitless	SumUY Unitless	SumUZ Unitless	RX Unitless
▶	MODAL	Mode	141	0.035633	3.987E-05	1.519E-15	9.086E-07	0.99019	0.99978	0.6436	9.929E-16
	MODAL	Mode	142	0.035538	2.816E-15	3.342E-08	1.477E-14	0.99019	0.99978	0.6436	8.025E-05
	MODAL	Mode	143	0.035441	1.371E-06	3.935E-15	1.365E-06	0.99019	0.99978	0.6436	1.293E-15
	MODAL	Mode	144	0.035368	3.391E-15	1.122E-07	3.34E-15	0.99019	0.99978	0.6436	0.00083
	MODAL	Mode	145	0.035303	4.885E-16	5.106E-10	3.862E-15	0.99019	0.99978	0.6436	4.77E-05
	MODAL	Mode	146	0.035302	1.989E-16	1.428E-07	1.183E-14	0.99019	0.99979	0.6436	0.01273
	MODAL	Mode	147	0.035072	1.538E-15	1.973E-07	9.209E-14	0.99019	0.99979	0.6436	0.01416
	MODAL	Mode	148	0.035066	1.358E-15	3.51E-10	1.355E-15	0.99019	0.99979	0.6436	4.185E-05
	MODAL	Mode	149	0.035032	2.86E-14	1.816E-07	8.314E-14	0.99019	0.99979	0.6436	0.01488
	MODAL	Mode	150	0.03503	1.115E-16	1.143E-08	4.339E-14	0.99019	0.99979	0.6436	0.00124
	MODAL	Mode	139	0.035954	5.376E-05	5.349E-16	1E-05	0.99015	0.99978	0.6436	5.377E-16
	MODAL	Mode	140	0.035735	1.033E-14	3.876E-08	5.023E-16	0.99015	0.99978	0.6436	3.76E-05
	MODAL	Mode	138	0.036075	3.036E-05	3.74E-17	5.433E-06	0.99009	0.99978	0.64359	2.028E-16
	MODAL	Mode	135	0.037938	0.04164	1.011E-14	3.324E-06	0.99006	0.99978	0.64358	2.393E-15
	MODAL	Mode	136	0.037642	3.022E-14	1.411E-11	9.421E-17	0.99006	0.99978	0.64358	1.465E-11

Çizelge 4.17. (Model A-1) Kütle Katılım Oranları (Y – Doğrultusu)

OutputCase	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	UX Unitless	UY Unitless	UZ Unitless	SumUX Unitless	SumUY Unitless	SumUZ Unitless	RX Unitless
MODAL	Mode	146	0.035302	1.989E-16	1.428E-07	1.183E-14	0.99019	0.99979	0.6436	0.01273
MODAL	Mode	147	0.035072	1.538E-15	1.973E-07	9.209E-14	0.99019	0.99979	0.6436	0.01416
MODAL	Mode	148	0.035066	1.358E-15	3.51E-10	1.355E-15	0.99019	0.99979	0.6436	4.185E-05
MODAL	Mode	149	0.035032	2.86E-14	1.816E-07	8.314E-14	0.99019	0.99979	0.6436	0.01488
MODAL	Mode	150	0.03503	1.115E-16	1.143E-08	4.339E-14	0.99019	0.99979	0.6436	0.00124
MODAL	Mode	120	0.043468	2.621E-14	0.00021	6.995E-16	0.94467	0.99978	0.63838	5.653E-05
MODAL	Mode	121	0.04298	3.575E-14	1.093E-07	5.755E-15	0.94467	0.99978	0.63838	3.405E-08
MODAL	Mode	122	0.042714	0.0007	1.712E-14	1.665E-07	0.94537	0.99978	0.63838	2.682E-13
MODAL	Mode	123	0.04249	1.57E-07	1.808E-15	1.788E-06	0.94537	0.99978	0.63839	7.614E-13
MODAL	Mode	124	0.042264	9.862E-15	4.652E-07	1.413E-15	0.94537	0.99978	0.63839	1.436E-06
MODAL	Mode	125	0.042216	4.017E-06	1.847E-15	1.194E-05	0.94537	0.99978	0.6384	2.539E-13
MODAL	Mode	126	0.042182	3.288E-14	2.711E-09	8.434E-15	0.94537	0.99978	0.6384	5.115E-09
MODAL	Mode	127	0.042052	1.237E-14	7.588E-08	2.934E-16	0.94537	0.99978	0.6384	6.421E-07
MODAL	Mode	128	0.04197	0.00018	3.124E-15	3.113E-09	0.94555	0.99978	0.6384	1.93E-14
MODAL	Mode	129	0.04184	7.169E-14	5.17E-10	3.317E-14	0.94555	0.99978	0.6384	2.98E-10

#### 4.7.2. Yapı deplasmanı değerlendirilmesi

Bu kısımda düşey yer değiştirme (mahya), S+0,5 yüklemesi için yapılmıştır.



Şekil 4.28. (Model A-1) Düşey Yer Değiştirme (Mahya)

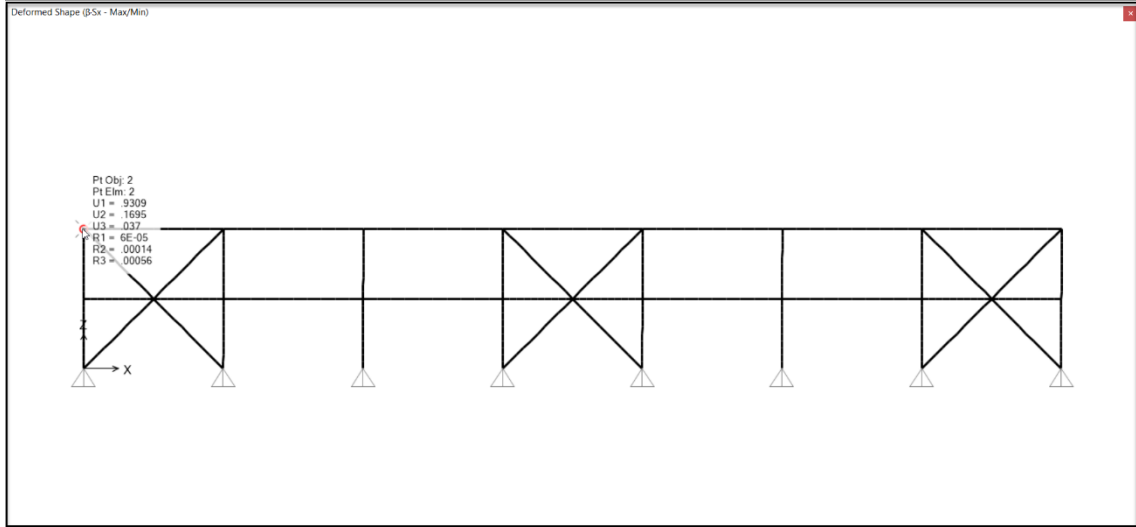
$$Def_{sınır} = L/300 \quad L=20,000\text{mm}$$

$$20,000 \text{ mm} / 300 = 66,66 \text{ mm} > Def_{maks} = 9,10 \text{ mm}$$

YETERLİ

#### 4.7.3. Düşey çaprazlarda yer değiştirme kontrolü

Bu kısımda düşey çaprazlarda yer değiştirme kontrolü  $\beta \cdot S_x$  ve  $\beta \cdot S_y$  yüklemesi için yapılmıştır.



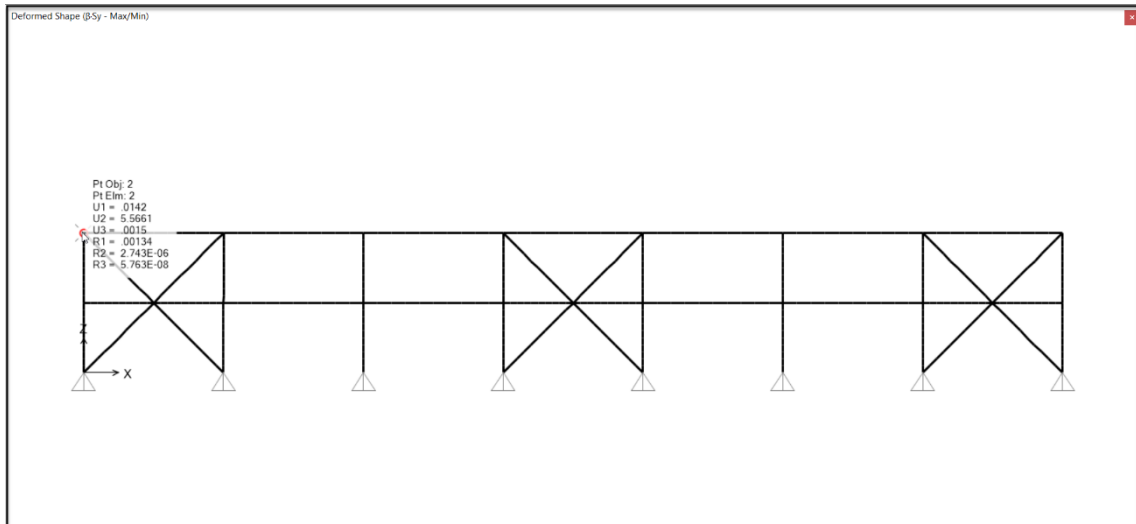
Şekil 4.29. (Model A-1) Düşey çaprazlarda yer değiştirme kontrolü X yönü,  $\beta \cdot S_x$  yüklemesi için.

$$Def_{sınır} \leq 0,02 \cdot h / R \quad h = 4,242 \text{ mm} \quad R^{(x)} = 5$$

$$Def_{maks} = 0,93 \text{ mm} \leq 17,00 \text{ mm}$$

YETERLİ

#### 4.7.4. Düşey çaprazlarda yer değiştirme kontrolü



Şekil 4.30. (Model A-1) Düşey Çaprazlarda Yer Değiştirme Kontrolü Y yönü,  $\beta \cdot S_y$  yüklemesi için.

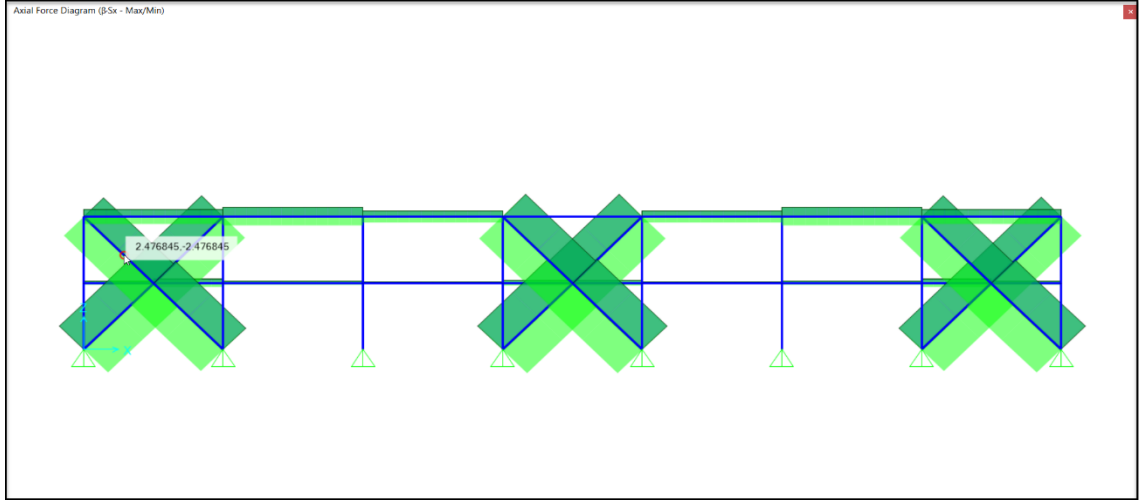
$$Def_{sınır} \leq 0,02 \cdot h / R \quad h = 4,242 \text{ mm} \quad R^{(y)} = 8$$

$$Def_{maks} = 5,57 \text{ mm} \leq 10,60 \text{ mm}$$

YETERLİ

#### 4.7.5. Düşey çaprazlar ve yatay çaprazlarda gerilme kontrolü

Bu kısımda düşey çaprazlarda gerilme kontrolü yapılmıştır ve yeterli olduğu sonuçlandırılmıştır.



Şekil 4.31. (Model A-1) Düşey çaprazlarda gerilme kontrolü X yönü

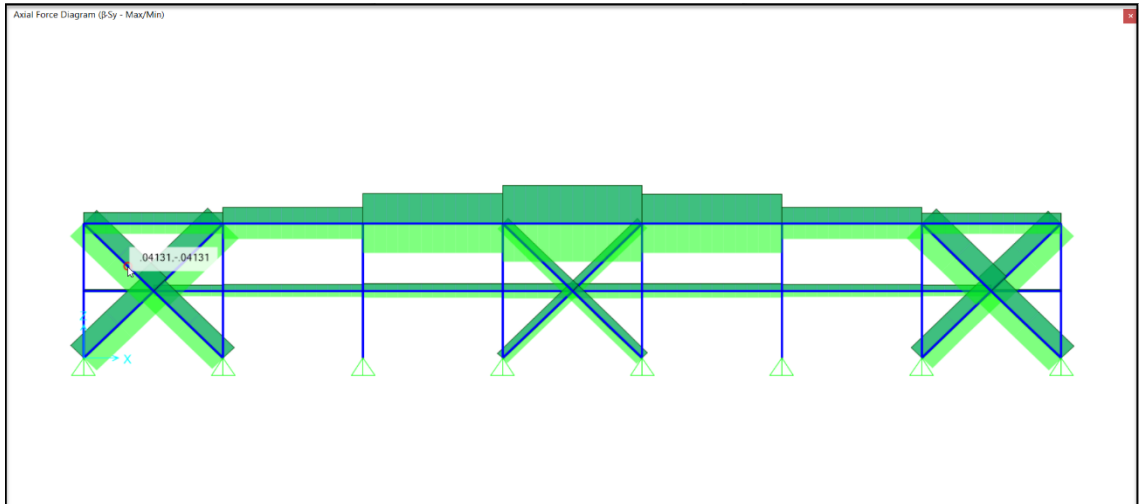
$$\text{Axial} = 2,48 \text{ tonf/cm}^2$$

$$A = 17,20 \text{ cm}$$

$$\delta_{em} = 0.6 \cdot 2,35 = 1,41 \text{ tonf/cm}^2$$

$$\delta_{maks} = 2,48 \cdot 2 / 17,20 = 0,29 \text{ tonf/cm}^2 < \delta_{em} = 1,41 \text{ tonf/cm}^2$$

YETERLİ



Şekil 4.32. (Model A-1) Düşey çaprazlarda gerilme kontrolü Y yönü

$$\text{Axial} = 0,04 \text{ tonf/cm}^2 \quad A = 17,20 \text{ cm}$$

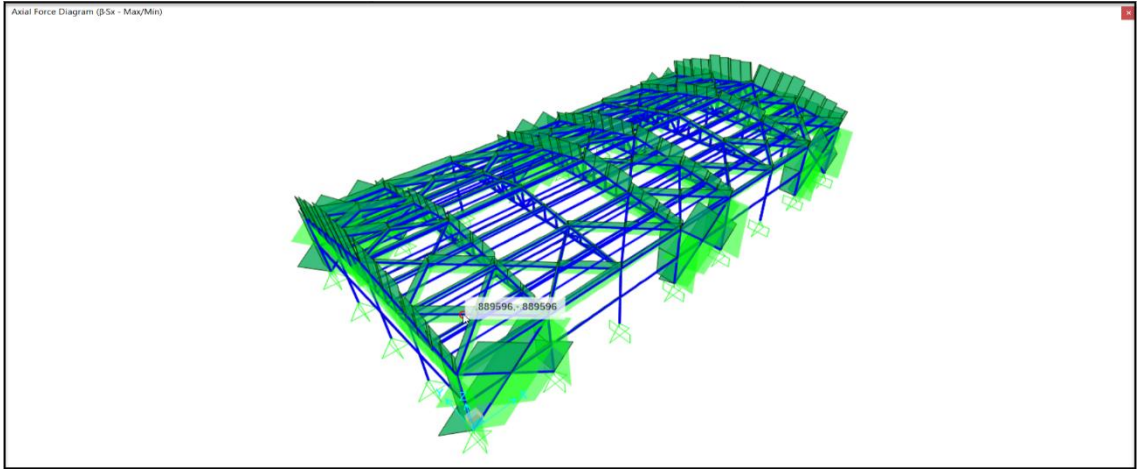
$$\delta_{em} = 0.6 \cdot 2,35 = 1,41 \text{ tonf/cm}^2$$

$$\delta_{maks} = 0,04 \cdot 2 / 17,20 = 0,0047 \text{ tonf/cm}^2 < \delta_{em} = 1,41 \text{ tonf/cm}^2$$

YETERLİ



Bu kısımda yatay çaprazlarda gerilme kontrolü yapılmıştır ve yeterli olduğu sonuçlandırılmıştır.



Şekil 4.33. (Model A-1) Yatay çaprazlarda gerilme kontrolü

$$\text{Axial} = 0,89 \text{ tonf/cm}^2$$

$$A = 13,20 \text{ cm}$$

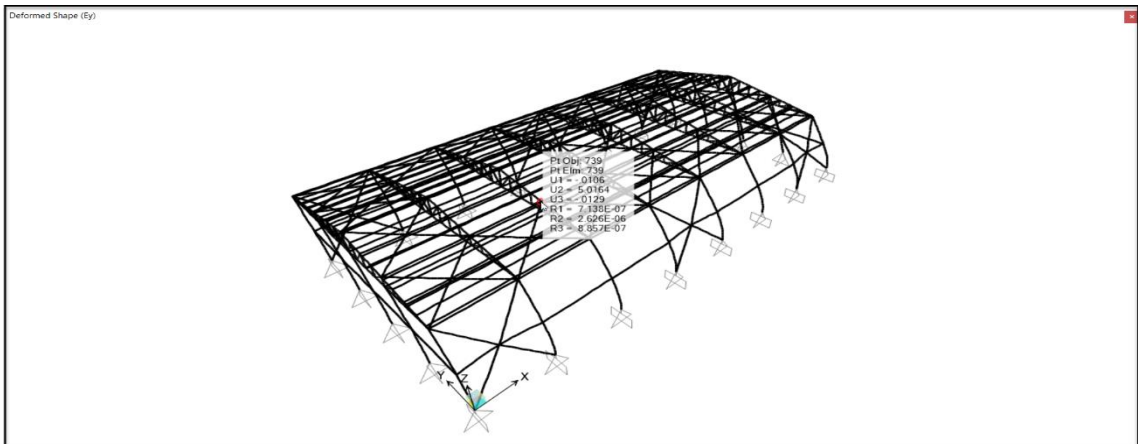
$$\delta_{em} = 0,6 \cdot 2,35 = 1,41 \text{ tonf/cm}^2$$

$$\delta_{maks} = 0,89 \cdot 2 / 13,20 = 0,134 \text{ tonf/cm}^2 < \delta_{em} = 1,41 \text{ tonf/cm}^2$$

YETERLİ

#### 4.7.6. Yatay çaprazlarda yer değiştirme kontrolü

Bu kısımda yatay çaprazlarda deplasman kontrolü yapılmıştır ve yeterli olduğu sonuçlandırılmıştır.



Şekil 4.34. (Model A-1) Yatay çaprazlarda yer değiştirme kontrolü

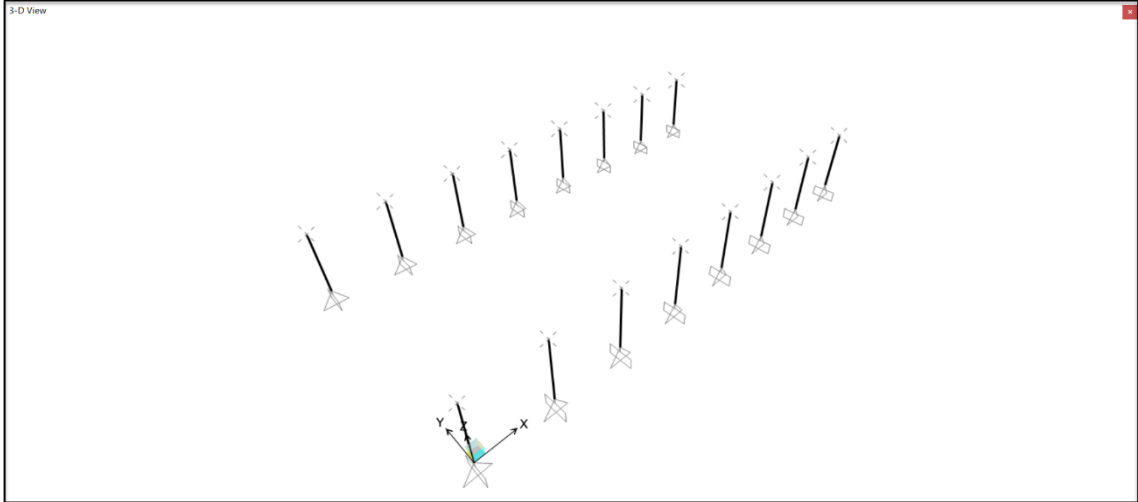
$$\text{Def}_{\text{sınır}} \leq 0,02 \cdot h / R \quad h = 4,242 \text{ mm} \quad R^{(y)} = 5$$

$$\text{Def}_{\text{maks}} = 8,94 \text{ mm} \leq 10,60 \text{ mm}$$

YETERLİ

#### 4.7.7. Kolonlarda görel kat ötelenmesi kontrolleri

Bu kısımda kolonlarda görel kat ötelenmesi kontrolü  $\beta \cdot S_x$  ve  $\beta \cdot S_y$  yüklemesi için yapılmıştır ve yeterli olduğu sonuçlandırılmıştır.



Şekil 4.35. (Model A-1) Kolonlarda görel kat ötelenmesi kontrolleri

X yönü için yapılan kontrol sonucu Çizelge 4.19’da gösterilmiştir. ÇYTHYE 2016 BÖLÜM 4.9.1.4’den k değeri 0,50 alınmıştır.

Çizelge 4.18. (Model A-1) Kolonlarda görel kat ötelenmesi kontrolleri X yönü

Joint Text	OutputCase	CaseType Text	StepType Text	U1 mm	U2 mm	U3 mm	R1 Radians	R2 Radians	R3 Radians
734	$\beta \cdot S_x$	Combination	Max	1.134299	0.011402	0.001119	2.667E-06	0.00021	0.000571
736	$\beta \cdot S_x$	Combination	Max	1.134299	0.011402	0.001119	2.667E-06	0.00021	0.000571
836	$\beta \cdot S_x$	Combination	Max	1.134299	0.011402	0.001119	2.667E-06	0.00021	0.000571
838	$\beta \cdot S_x$	Combination	Max	1.134299	0.011402	0.001119	2.667E-06	0.00021	0.000571
804	$\beta \cdot S_x$	Combination	Max	1.048502	0.084837	0.044142	2E-05	0.000173	0.000571
768	$\beta \cdot S_x$	Combination	Max	1.048501	0.084837	0.044142	2E-05	0.000173	0.000571
770	$\beta \cdot S_x$	Combination	Max	1.048501	0.084838	0.044142	2E-05	0.000173	0.000571
802	$\beta \cdot S_x$	Combination	Max	1.048501	0.084838	0.044142	2E-05	0.000173	0.000571
698	$\beta \cdot S_x$	Combination	Max	1.00661	0.061401	0.04156	1.5E-05	0.000168	0.000571
700	$\beta \cdot S_x$	Combination	Max	1.00661	0.061401	0.04156	1.5E-05	0.000168	0.000571
870	$\beta \cdot S_x$	Combination	Max	1.00661	0.061401	0.04156	1.5E-05	0.000168	0.000571
872	$\beta \cdot S_x$	Combination	Max	1.00661	0.061401	0.04156	1.5E-05	0.000168	0.000571
2	$\beta \cdot S_x$	Combination	Max	0.904511	0.174853	0.036144	6.1E-05	0.000131	0.000571
664	$\beta \cdot S_x$	Combination	Max	0.904511	0.174853	0.036144	6.1E-05	0.000131	0.000571
904	$\beta \cdot S_x$	Combination	Max	0.904511	0.174853	0.036144	6.1E-05	0.000131	0.000571
906	$\beta \cdot S_x$	Combination	Max	0.904511	0.174852	0.036144	6.1E-05	0.000131	0.000571

Çizelge 4.19. (Model A-1) Kolonlarda görel kat ötelenmesi kontrolleri sonucu, X yönü

kat	h(mm)	$\Delta_{xmax}$	$R_{\text{ç}}$	l	$\delta_{xmax} = (R/l) \Delta_{ixmax}$	$\delta_{xmax} / h_i$	Sae(DD3)	Sae(DD2)
1	6000	1.13	5	1	5.65	0.000941667	0.269	0.752
$\lambda = \text{Sae(DD3/DD2)}$		k	$\lambda \cdot \delta_{imax} / h_i$		0.016	.k	$\lambda \cdot \delta_{imax} / h_i \leq 0.016 \cdot K$	
0.36		0.5	0.000337		0.008	0.0003368	$\leq$	0.008 ✓

Y yönü için yapılan kontrol sonucu Çizelge 4.21’de gösterilmiştir. ÇYTHYE 2016 BÖLÜM 4.9.1.4’den k değeri 0,50 alınmıştır.

Çizelge 4.20. (Model A-1) Kolonlarda görel kat ötelenmesi kontrolleri Y yönü

Joint Text	OutputCase	CaseType Text	StepType Text	U1 mm	U2 mm	U3 mm	R1 Radians	R2 Radians	R3 Radians
802	β-Sy	Combination	Max	0.009855	5.51504	0.000671	0.001354	3.379E-06	4.006E-08
768	β-Sy	Combination	Max	0.009856	5.515039	0.000671	0.001354	3.379E-06	4.011E-08
770	β-Sy	Combination	Max	0.009855	5.515039	0.000671	0.001354	3.379E-06	4.002E-08
804	β-Sy	Combination	Max	0.009855	5.515039	0.000671	0.001354	3.379E-06	4.007E-08
736	β-Sy	Combination	Max	0.025031	5.466652	0.000386	0.001342	8.007E-06	1.017E-07
836	β-Sy	Combination	Max	0.025031	5.466652	0.000386	0.001342	8.007E-06	1.017E-07
838	β-Sy	Combination	Max	0.025031	5.466652	0.000386	0.001342	8.007E-06	1.017E-07
734	β-Sy	Combination	Max	0.025032	5.466651	0.000386	0.001342	8.007E-06	1.016E-07
698	β-Sy	Combination	Max	0.024148	5.392467	0.000977	0.001323	5.907E-06	1.299E-07
700	β-Sy	Combination	Max	0.024148	5.392467	0.000977	0.001323	5.907E-06	1.298E-07
870	β-Sy	Combination	Max	0.024148	5.392467	0.000977	0.001323	5.907E-06	1.298E-07
872	β-Sy	Combination	Max	0.024148	5.392467	0.000977	0.001323	5.907E-06	1.298E-07
904	β-Sy	Combination	Max	0.020773	5.347408	0.002041	0.001184	3.796E-06	7.169E-08
906	β-Sy	Combination	Max	0.020773	5.347408	0.002041	0.001184	3.796E-06	7.17E-08
2	β-Sy	Combination	Max	0.020773	5.347407	0.002041	0.001184	3.796E-06	7.17E-08
664	β-Sy	Combination	Max	0.020773	5.347407	0.002041	0.001184	3.796E-06	7.17E-08

Çizelge 4.21. (Model A-1) Kolonlarda görel kat ötelenmesi kontrolleri sonucu, Y yönü

kat	h(mm)	$\Delta_{xmax}$	R	l	$\delta_{xmax} = R_x \Delta_{iymax}$	$\delta_{xmax} / h_i$	Sae(DD3)	Sae(DD2)
1	6000	5.51	8	1	44.08	0.007346667	0.269	0.752
$\lambda = Sae(DD3/DD2)$		k	$\lambda \cdot \delta_{imax} / h_i$		0.016 .k	$\lambda \cdot \delta_{imax} / h_i \leq 0.016 \cdot K$		
0.357712766		0.5	0.002628		0.008	0.002628 ≤ 0.008 ✓		

#### 4.7.8. Şehim kontrolü

ÇYTHYE 2016 bölüm 15'den aşağıdaki hesaplar yapılmıştır ve düşey deplasman ve yatay deplasmanlara göre kontrol edilmiştir. Düşey deplasman değerleri Çizelge 4.22 ve Çizelge 4.23'de gösterilmiştir ve yapılan işlemler hesabı Çizelge 4.24'de verilmiştir.

Çizelge 4.22. (Model A-1) G+0,5S kombinasyonuna göre düşey deplasman değeri

Joint Text	OutputCase	CaseType Text	U1 mm	U2 mm	U3 mm	R1 Radians	R2 Radians	R3 Radians
961	b. G+0.5S	Combination	-0.024263	0.010655	-8.704253	3.2E-05	-7.6E-05	4.9E-07
962	b. G+0.5S	Combination	-0.024263	-0.010655	-8.704253	-3.2E-05	-7.6E-05	-4.9E-07
967	b. G+0.5S	Combination	0.024263	0.010655	-8.704253	3.2E-05	7.6E-05	-4.9E-07
968	b. G+0.5S	Combination	0.024263	-0.010655	-8.704253	-3.2E-05	7.6E-05	4.9E-07
771	b. G+0.5S	Combination	-0.026224	1.747E-12	-8.698895	2.345E-17	-7.8E-05	1.223E-17
805	b. G+0.5S	Combination	0.026224	1.559E-12	-8.698895	-3.773E-17	7.8E-05	1.546E-17
955	b. G+0.5S	Combination	0.054694	0.010697	-8.590405	3.1E-05	0.000139	-6.753E-07
956	b. G+0.5S	Combination	0.054694	-0.010697	-8.590405	-3.1E-05	0.000139	6.753E-07
973	b. G+0.5S	Combination	-0.054694	0.010697	-8.590405	3.1E-05	-0.000139	6.753E-07
974	b. G+0.5S	Combination	-0.054694	-0.010697	-8.590405	-3.1E-05	-0.000139	-6.753E-07
737	b. G+0.5S	Combination	0.058244	2.234E-12	-8.585201	1.125E-17	0.000141	5.684E-18
839	b. G+0.5S	Combination	-0.058244	1.186E-12	-8.585201	-1.658E-17	-0.000141	9.47E-18
716	b. G+0.5S	Combination	0.1338	0.01063	-8.438008	3.2E-05	0.000354	-1.838E-06
717	b. G+0.5S	Combination	0.1338	-0.01063	-8.438008	-3.2E-05	0.000354	1.838E-06
979	b. G+0.5S	Combination	-0.1338	0.01063	-8.438008	3.2E-05	-0.000354	1.838E-06
980	b. G+0.5S	Combination	-0.1338	-0.01063	-8.438008	-3.2E-05	-0.000354	-1.838E-06

Çizelge 4.23. (Model A-1) S yüklemesine göre düşey deplasman değeri

Joint Text	OutputCase	CaseType Text	U1 mm	U2 mm	U3 mm	R1 Radians	R2 Radians	R3 Radians
955	S	LinStatic	0.156351	0.013977	-11.150501	4.2E-05	0.000298	-1.43E-06
956	S	LinStatic	0.156351	-0.013977	-11.150501	-4.2E-05	0.000298	1.43E-06
973	S	LinStatic	-0.156351	0.013977	-11.150501	4.2E-05	-0.000298	1.43E-06
974	S	LinStatic	-0.156351	-0.013977	-11.150501	-4.2E-05	-0.000298	-1.43E-06
737	S	LinStatic	0.163966	2.755E-12	-11.143278	1.43E-17	0.000303	8.033E-18
839	S	LinStatic	-0.163966	1.309E-12	-11.143278	-2.009E-17	-0.000303	1.215E-17
961	S	LinStatic	-0.005951	0.013531	-11.087323	4.2E-05	-6.9E-05	5.142E-07
962	S	LinStatic	-0.005951	-0.013531	-11.087323	-4.2E-05	-6.9E-05	-5.142E-07
967	S	LinStatic	0.005951	0.013531	-11.087323	4.2E-05	6.9E-05	-5.142E-07
968	S	LinStatic	0.005951	-0.013531	-11.087323	-4.2E-05	6.9E-05	5.142E-07
771	S	LinStatic	-0.007738	2.094E-12	-11.079987	2.989E-17	-7.1E-05	1.904E-17
805	S	LinStatic	0.007738	1.838E-12	-11.079987	-4.124E-17	7.1E-05	1.991E-17
716	S	LinStatic	0.31889	0.013469	-10.520898	4.3E-05	0.000669	-3.405E-06
717	S	LinStatic	0.31889	-0.013469	-10.520898	-4.3E-05	0.000669	3.405E-06
979	S	LinStatic	-0.31889	0.013469	-10.520898	4.3E-05	-0.000669	3.405E-06
980	S	LinStatic	-0.31889	-0.013469	-10.520898	-4.3E-05	-0.000669	-3.405E-06

Çizelge 4.24. (Model A-1) Düşey deplasman işlemler hesabı

FRAME NO	YAPISI	KOMB.	ln(mm)	$\Delta_{xmax}$ (mm)	SINIR ŞARTI	SINIR ŞARTI	Kontrol
961	NORMAL	G + 0.5S	20000	8.70	l/300	66.6667	OK
955	NORMAL	S	20000	11.15	l/240	83.3333	OK

Yatay deplasman değerleri Çizelge 4.25 ve Çizelge 4.26'da gösterilmiştir ve yapılan işlemler hesabı Çizelge 4.27'de verilmiştir.

Çizelge 4.25. (Model A-1) G+0,5Q + Wx kombinasyonuna göre yatay deplasman değeri

Joint Text	OutputCase	CaseType Text	U1 mm	U2 mm	U3 mm	R1 Radians	R2 Radians	R3 Radians
985	d1. G + 0.5...	Combination	0.609276	0.001977	-1.701861	5.949E-06	-0.005686	-0.000509
986	d1. G + 0.5...	Combination	0.609276	-0.001977	-1.701861	-5.949E-06	-0.005686	0.000509
979	d1. G + 0.5...	Combination	0.58475	8.9E-05	-0.355377	-1.391E-06	-0.005779	-0.000508
980	d1. G + 0.5...	Combination	0.58475	-8.9E-05	-0.355377	1.391E-06	-0.005779	0.000508
680	d1. G + 0.5...	Combination	0.551519	-0.001974	1.51827	-7.148E-06	-0.005822	-0.000509
681	d1. G + 0.5...	Combination	0.551519	0.001974	1.51827	7.148E-06	-0.005822	0.000509
973	d1. G + 0.5...	Combination	0.540923	-0.000312	-0.076856	-1.904E-06	-0.005938	-0.000507
974	d1. G + 0.5...	Combination	0.540923	0.000312	-0.076856	1.904E-06	-0.005938	0.000507
907	d1. G + 0.5...	Combination	0.523057	1.363E-13	-1.701221	2.443E-18	-0.0038	3.044E-16
716	d1. G + 0.5...	Combination	0.522964	-0.002047	1.121436	-7.351E-06	-0.00592	-0.000508
717	d1. G + 0.5...	Combination	0.522964	0.002047	1.121436	7.351E-06	-0.00592	0.000508
967	d1. G + 0.5...	Combination	0.520707	-7.7E-05	-0.30513	-1.242E-06	-0.005912	-0.000508
968	d1. G + 0.5...	Combination	0.520707	7.7E-05	-0.30513	1.242E-06	-0.005912	0.000508
961	d1. G + 0.5...	Combination	0.509897	3.1E-05	-0.202897	-1.26E-06	-0.005934	-0.000508
962	d1. G + 0.5...	Combination	0.509897	-3.1E-05	-0.202897	1.26E-06	-0.005934	0.000508
955	d1. G + 0.5...	Combination	0.504474	-0.000417	-0.016089	-2.26E-06	-0.006013	-0.000507

Çizelge 4.26. (Model A-1) G+0,5Q + Wy kombinasyonuna göre yatay deplasman değeri

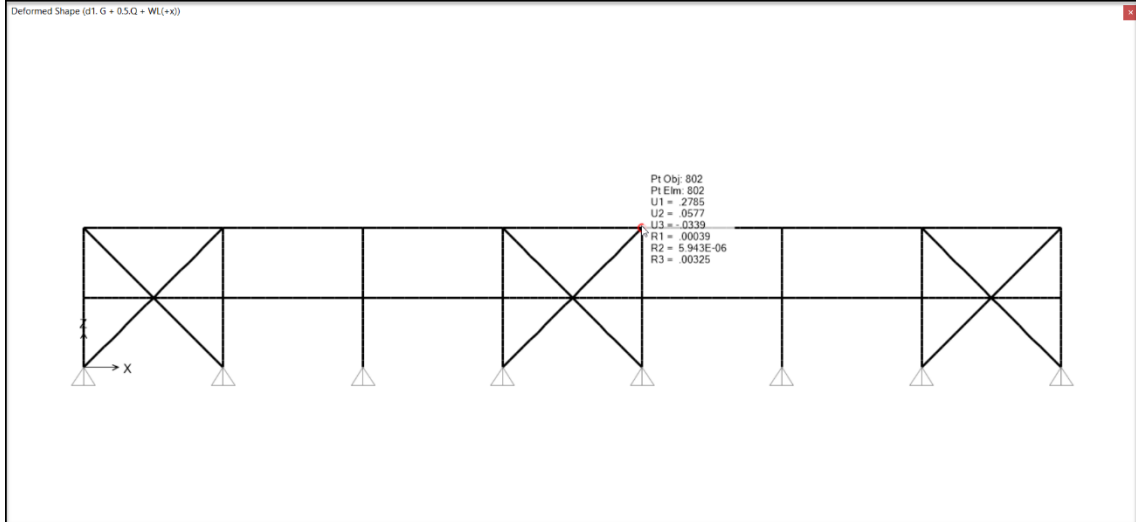
Joint Text	OutputCase	CaseType Text	U1 mm	U2 mm	U3 mm	R1 Radians	R2 Radians	R3 Radians
961	d3. G + 0.5...	Combination	-0.020241	15.597428	-1.232826	3.5E-05	-2.6E-05	1.617E-06
967	d3. G + 0.5...	Combination	0.021361	15.597422	-1.233416	3.5E-05	2.7E-05	-1.627E-06
771	d3. G + 0.5...	Combination	-0.021101	15.595011	-1.228595	3.1E-05	-2.7E-05	1.445E-06
805	d3. G + 0.5...	Combination	0.022235	15.595005	-1.229185	3.1E-05	2.7E-05	-1.453E-06
962	d3. G + 0.5...	Combination	-0.020605	15.594273	-1.224591	2.7E-05	-2.6E-05	1.247E-06
968	d3. G + 0.5...	Combination	0.021728	15.594267	-1.225181	2.7E-05	2.7E-05	-1.254E-06
973	d3. G + 0.5...	Combination	0.054733	15.425911	-1.082604	3.5E-05	5.7E-05	-3.307E-06
955	d3. G + 0.5...	Combination	-0.0534	15.425901	-1.082614	3.5E-05	-5.6E-05	3.295E-06
839	d3. G + 0.5...	Combination	0.056569	15.423783	-1.078468	3.1E-05	5.8E-05	-2.922E-06
737	d3. G + 0.5...	Combination	-0.055213	15.423773	-1.078478	3.1E-05	-5.7E-05	2.913E-06
974	d3. G + 0.5...	Combination	0.055471	15.423281	-1.074403	2.7E-05	5.7E-05	-2.445E-06
956	d3. G + 0.5...	Combination	-0.054135	15.423271	-1.074413	2.7E-05	-5.6E-05	2.438E-06
979	d3. G + 0.5...	Combination	0.089076	15.135485	-1.360737	4E-05	8.6E-05	1.901E-06
716	d3. G + 0.5...	Combination	-0.087532	15.135377	-1.361034	4E-05	-8.5E-05	-1.918E-06
873	d3. G + 0.5...	Combination	0.090991	15.132815	-1.355958	3.6E-05	8.8E-05	2.452E-06
701	d3. G + 0.5...	Combination	-0.089414	15.132704	-1.356241	3.6E-05	-8.7E-05	-2.463E-06

Çizelge 4.27. (Model A-1) Yatay deplasman işlemler hesabı

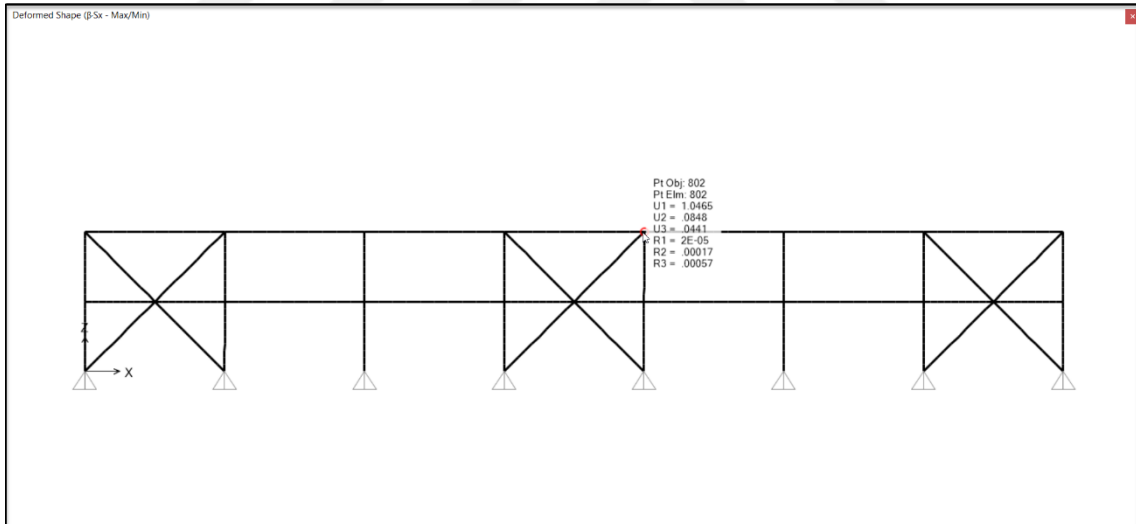
FRAME NO	YAPISI	KOMB.	ln(mm)	$\Delta_{xmax}(mm)$	SINIR ŞARTI	SINIR ŞARTI	Kontrol
985	X	G + 0.5.Q+Wx	8000	0.61	1/400	20	OK
961	Y	G + 0.5.Q+Wy	8000	15.60	1/400	20	OK

#### 4.7.9. Rüzgar ve deprem deplasman kontrolü

Bu kısım'da X doğrultusunda, rüzgar ve deprem için yapı deplasmanları kontrol edilmiştir.



Şekil 4.36. (Model A-1) X Doğrultusunda Rüzgar Deplasmanı, G+ 0,5Q+WL(+y) Yüklemesi için.



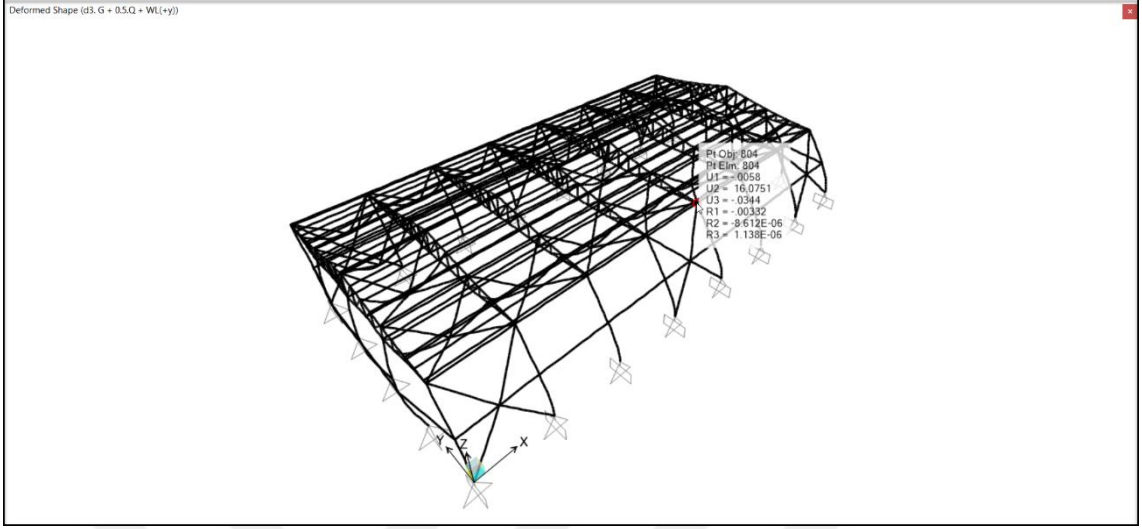
Şekil 4.37. (Model A-1) X Doğrultusunda Deprem Deplasmanı, β·Sx Yüklemesi için.

Şekil 4.36 ve Şekil 4.37'den X Doğrultusunda maximum deplasman deprem için olduğunu görüyoruz ve L/300 sınır durumu aşağıda kontrol edilmiştir.

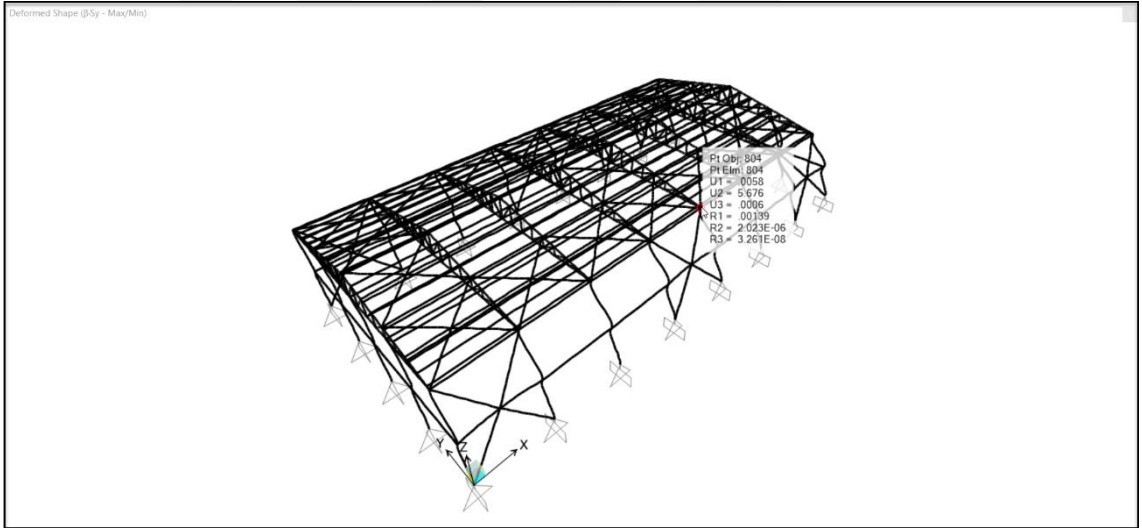
$$\delta_{\text{sınır}} = h/300 \quad h=6,000\text{mm}$$
$$6,000 \text{ mm} / 300 = 20,00 \text{ mm} > \delta_{\text{maks}} = 1,27 \text{ mm}$$

YETERLİ

Bu kısım'da ise Y doğrultusunda, rüzgar ve deprem için yapı deplasmanları kontrol edilmiştir.



Şekil 4.38. (Model A-1) Y Doğrultusunda Rüzgar Deplasmanı, G+ 0,5Q+WL(+y) Yüklemesi için.



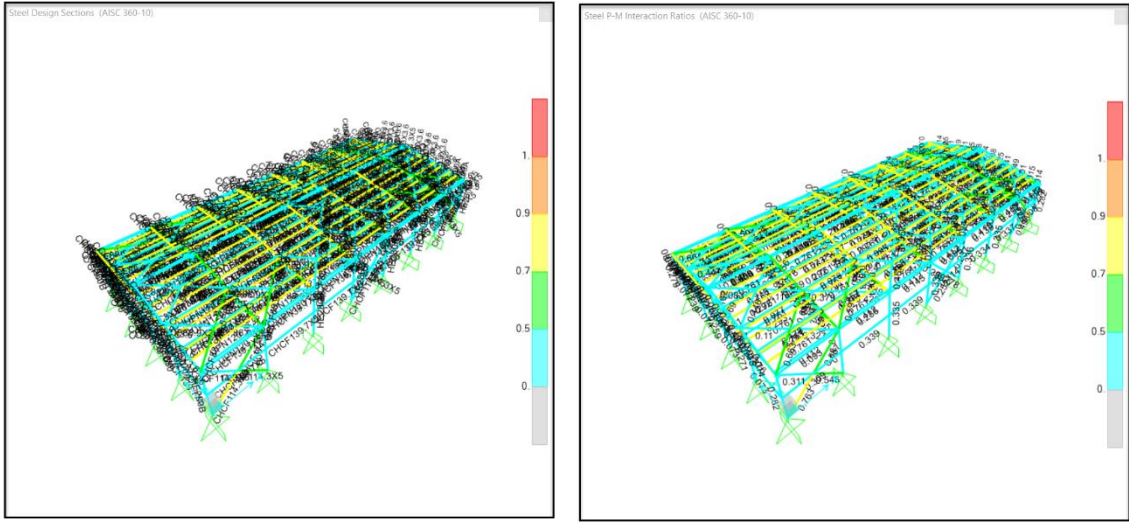
Şekil 4.39. (Model A-1) Y Doğrultusunda Deprem Deplasmanı,  $\beta$ -Sy Yüklemesi için.

Şekil 4.38 ve Şekil 4.39'dan Y Doğrultusunda maximum deplasman rüzgar için olduğunu görüyoruz ve L/300 sınır durumu aşağıda kontrol edilmiştir.

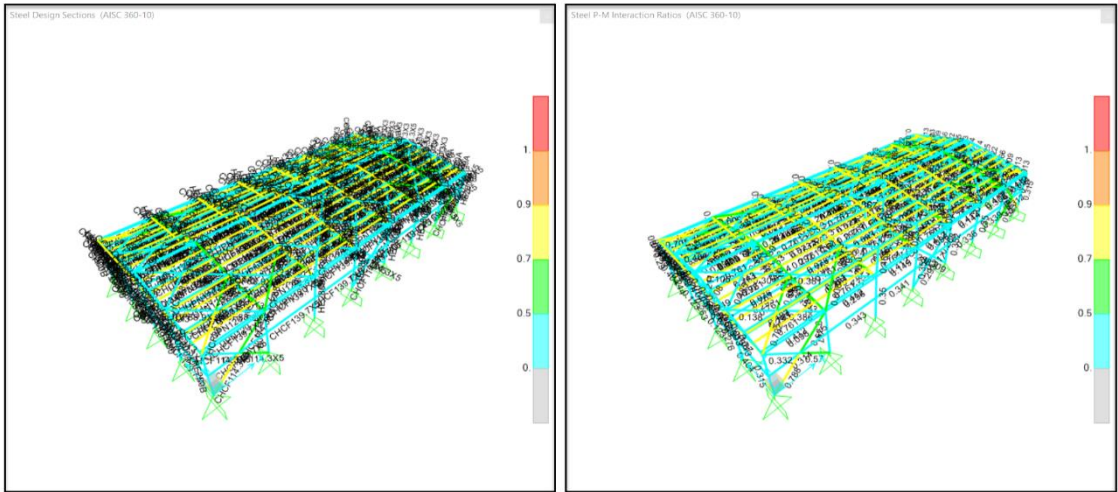
$$\delta_{\text{sınır}} = h/300 \quad h = 6,000 \text{ mm}$$
$$6,000 \text{ mm} / 300 = 20,00 \text{ mm} > \delta_{\text{maks}} = 16,10 \text{ mm}$$

YETERLİ

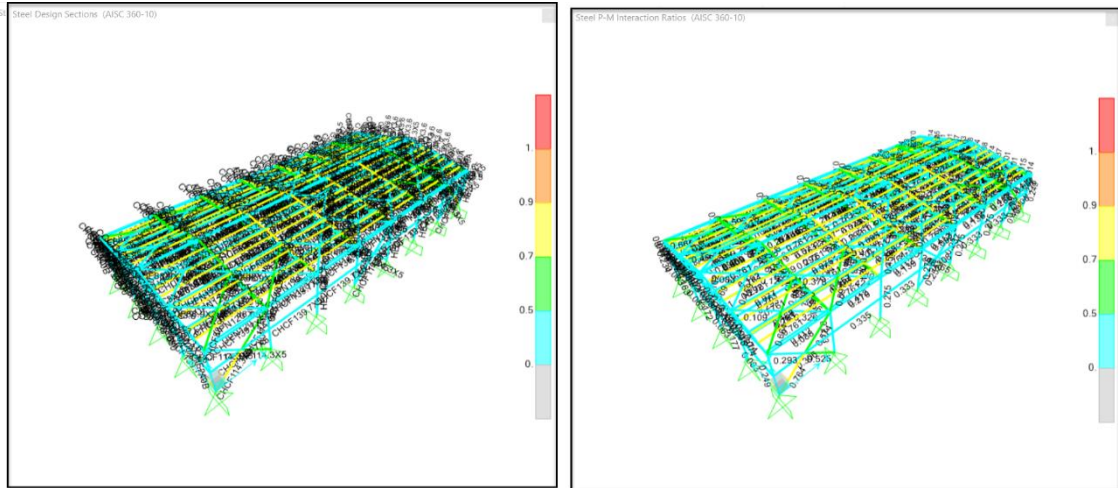
Yapı elemanlarının kapasite kullanım oranları üç boyut görünüşleri aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir.



Şekil 4. 40 Model A-1 AISC360-10 YDKT için kesit ve etkileşim oranları

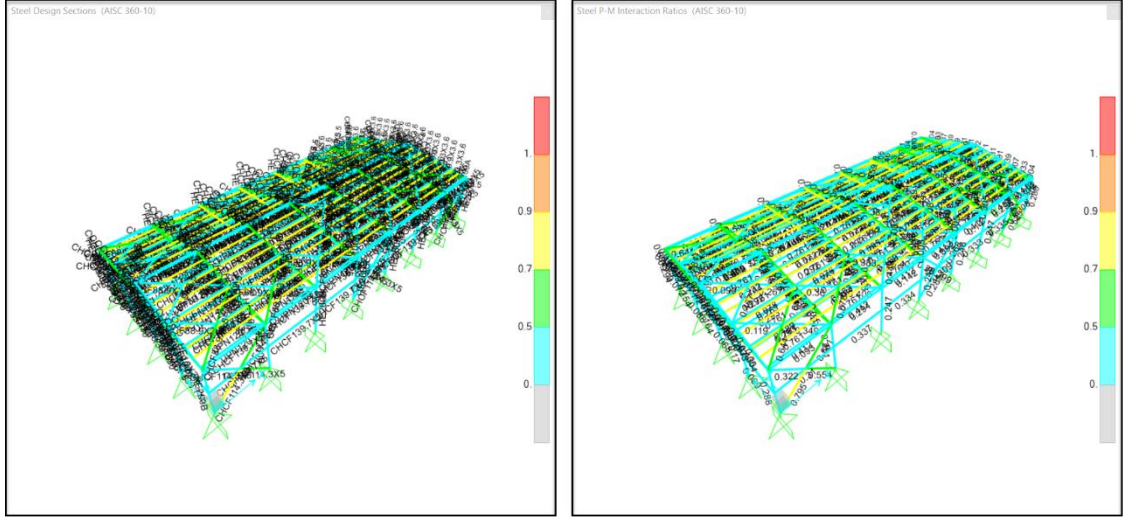


Şekil 4. 41 Model A-2 AISC360-10 YDKT için kesit ve etkileşim oranları

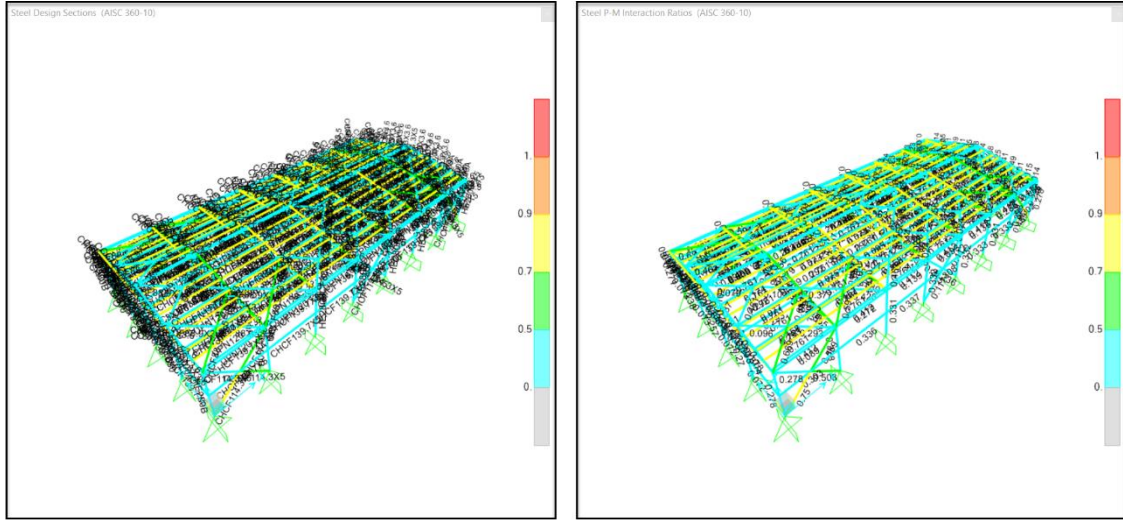


Şekil 4. 42 Model A-3 AISC360-10 YDKT için kesit ve etkileşim oranları

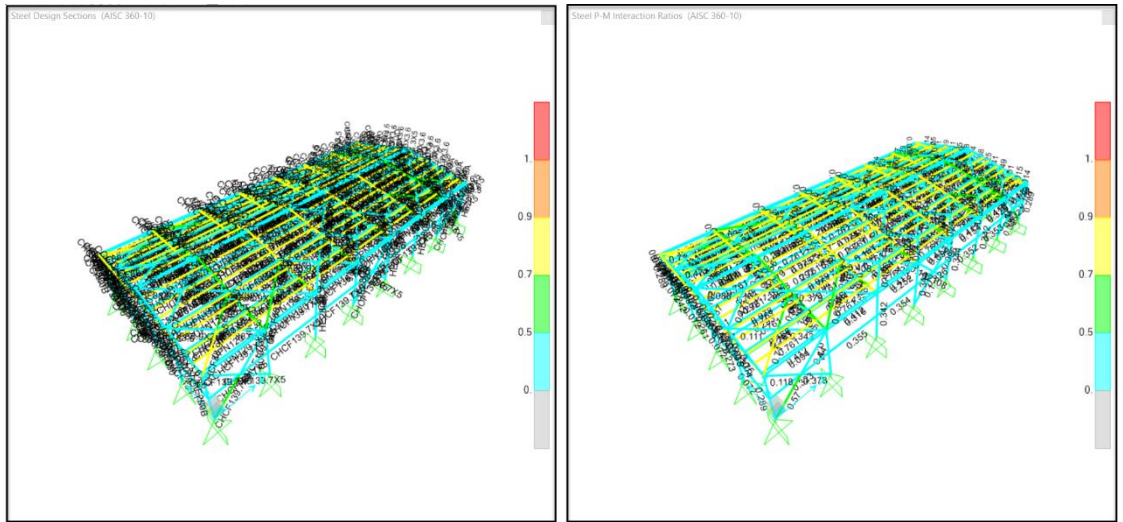




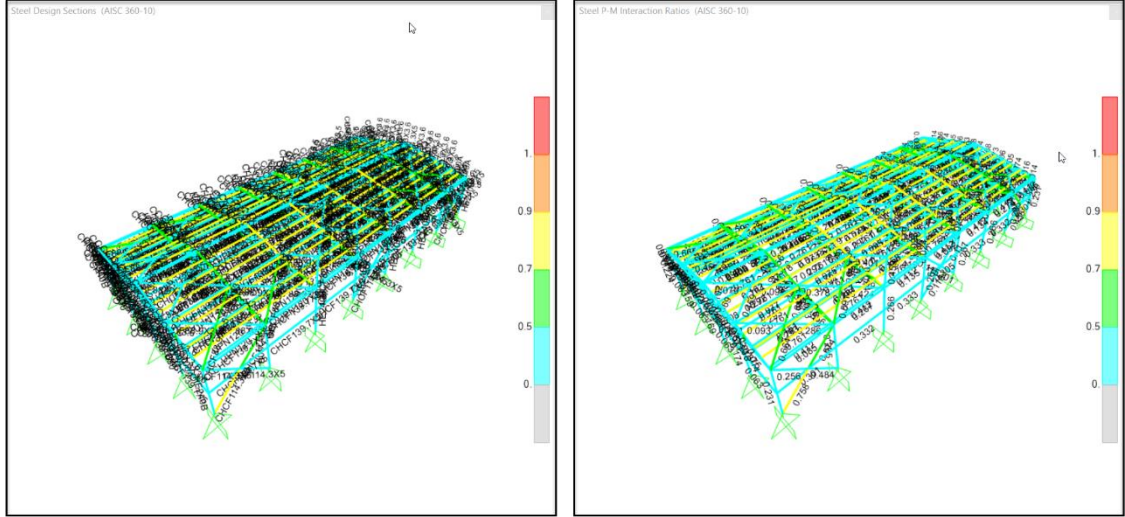
Şekil 4. 43 Model A-4 AISC360-10 YDKT için kesit ve etkileşim oranları



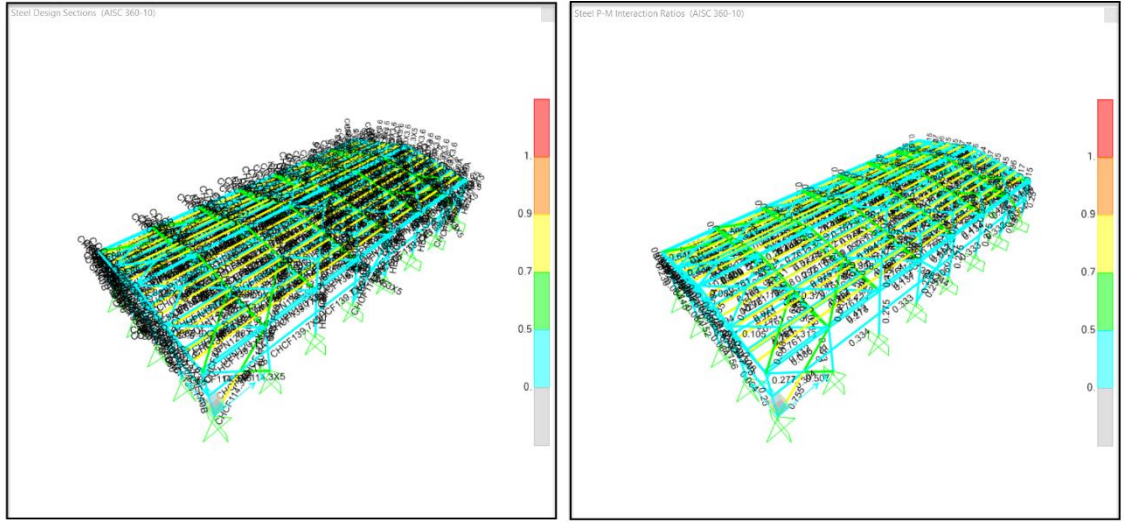
Şekil 4. 44 Model A-5 AISC360-10 YDKT için kesit ve etkileşim oranları



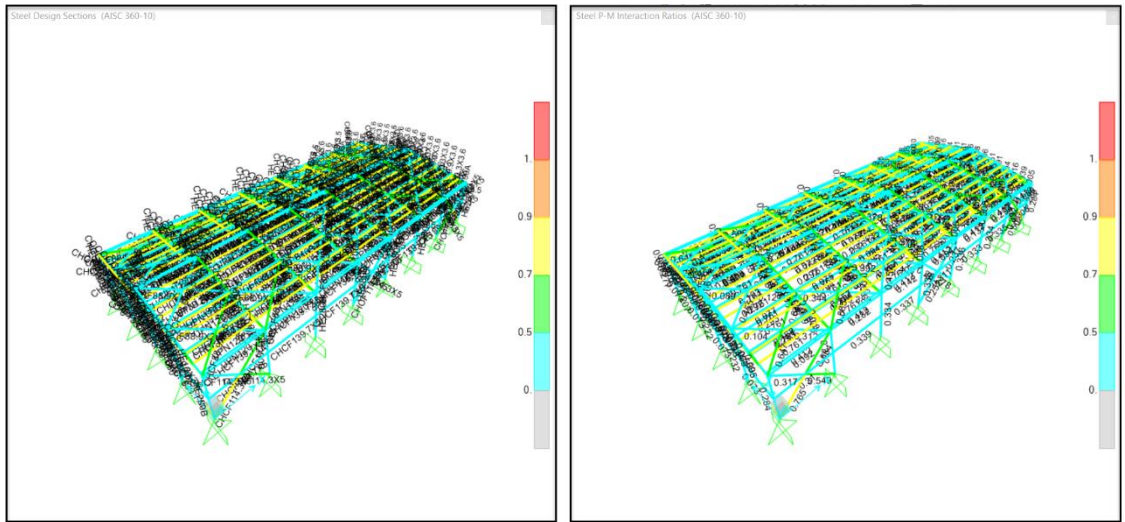
Şekil 4. 45 Model A-6 AISC360-10 YDKT için kesit ve etkileşim oranları



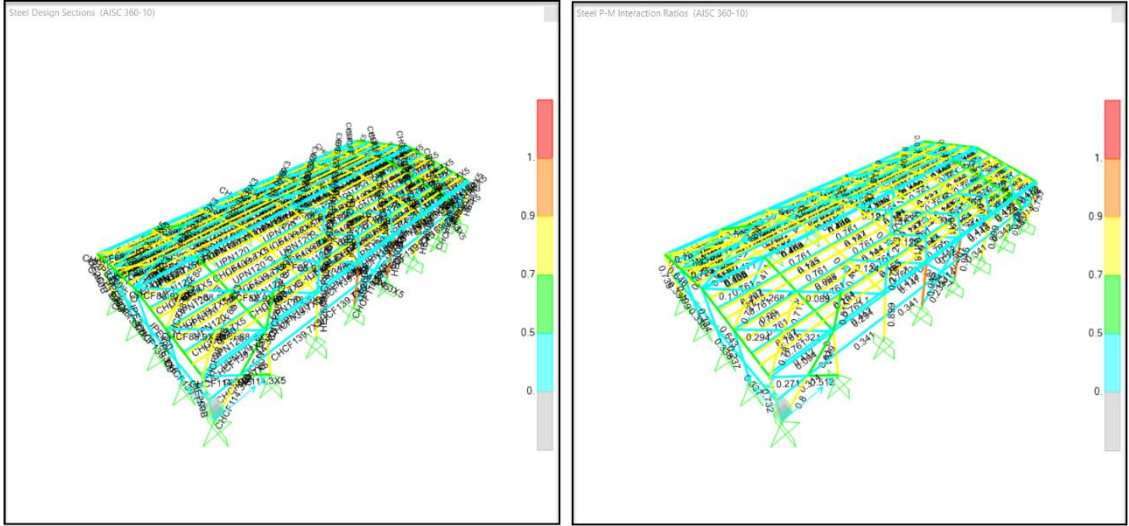
Şekil 4. 46 Model A-7 AISC360-10 YDKT için kesit ve etkileşim oranları



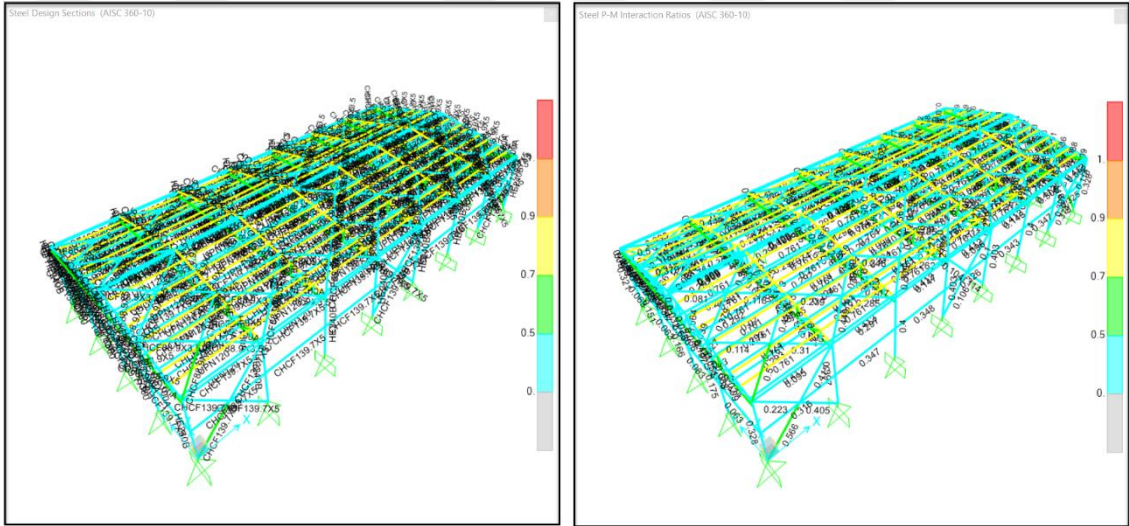
Şekil 4. 47 Model A-8 AISC360-10 YDKT için kesit ve etkileşim oranları



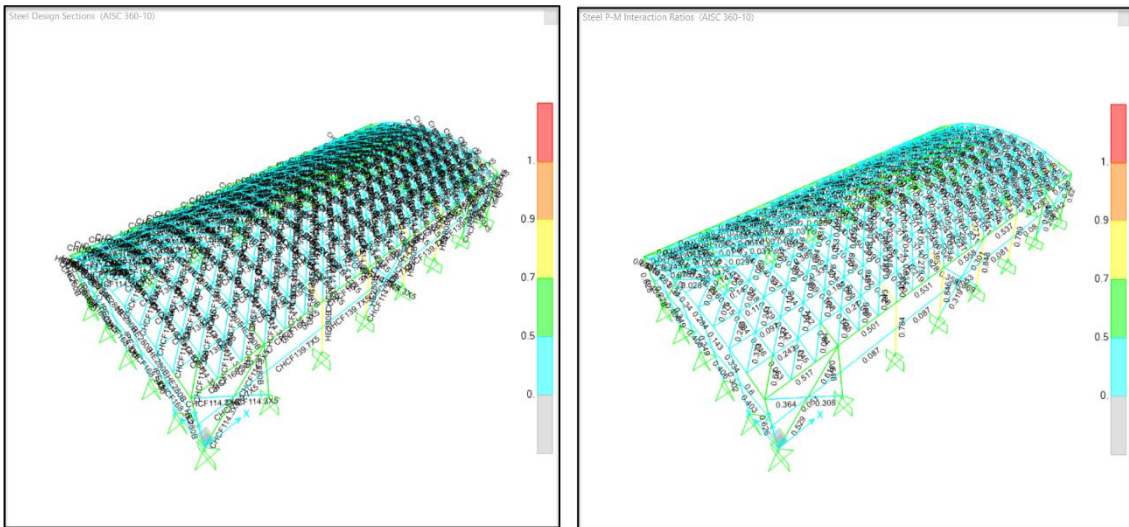
Şekil 4. 48 Model B-1 AISC360-10 YDKT için kesit ve etkileşim oranları



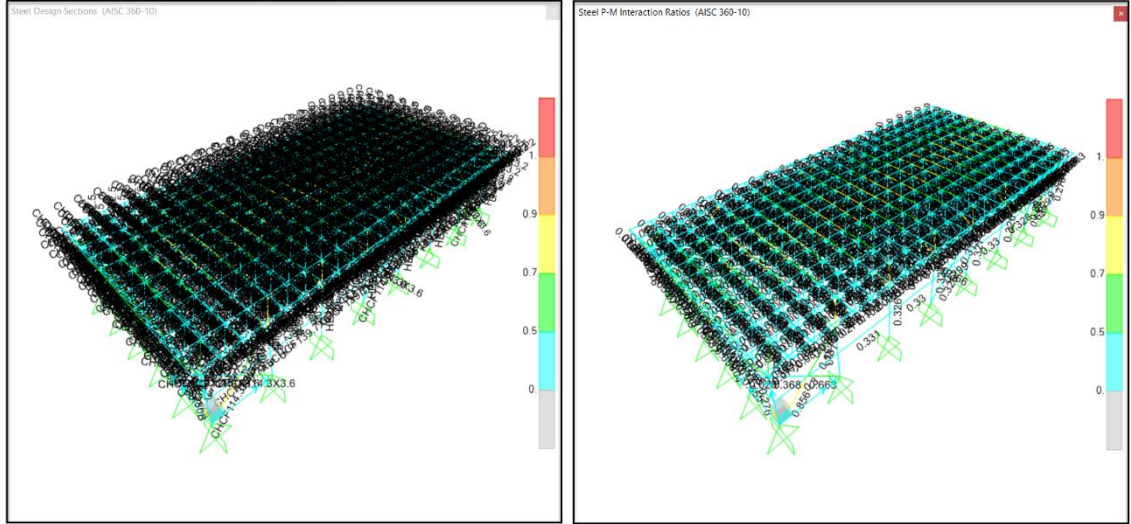
Şekil 4. 49 Model C-1 AISC360-10 YDKT için kesit ve etkileşim oranları



Şekil 4. 50 Model D-1 AISC360-10 YDKT için kesit ve etkileşim oranları



Şekil 4. 51 Model E-1 AISC360-10 YDKT için kesit ve etkileşim oranları



Şekil 4. 52 Model F-1 AISC360-10 YDKT için kesit ve etkileşim oranları

Aşağıdaki Çizelgelerde kullanılan kesitler verilmiştir.

Çizelge 4. 28 Model A-1 ve Model B-1 seçilen kesitler

Model A-1	Kullanılan Kesitler	Model B-1	Kullanılan Kesitler
Yapı Elemanları		Yapı Elemanları	
Basınç Borusu	CHCF139.7X5	Basınç Borusu	CHCF139.7X5
Çatı Çapraz	CHCF88.9X3.5	Çatı Çapraz	CHCF88.9X3.5
Cephe Çapraz	CHCF114.3X5	Cephe Çapraz	CHCF114.3X5
Kolon	HE280B	Kolon	HE280B
Rüzgar kolonları	IPE360	Rüzgar kolonları	IPE360
Alın Dikmesi	HE100A	Alın Dikmesi	HE100A
Makas	CHCF60.3X3.6	Makas	CHCF60.3X3.6
Catı Aşık	UPN120	Catı Aşık	UPN120
Alt Başlık Kiriş	IPE330	Alt Başlık Kiriş	IPE330
Üst Başlık Kiriş	IPE330	Üst Başlık Kiriş	IPE330
Toplam Ağırlık	56.48 ton	Toplam Ağırlık	57.80 ton

Çizelge 4. 29 Model C-1 ve Model D-1 seçilen kesitler

Model C-1	Kullanılan Kesitler	Model D-1	Kullanılan Kesitler
Yapı Elemanları		Yapı Elemanları	
Basınç Borusu	CHCF139.7X5	Basınç Borusu	CHCF139.7X5
Çatı Çapraz	CHCF88.9X3.5	Çatı Çapraz	CHCF88.9X3.5
Cephe Çapraz	CHCF114.3X5	Cephe Çapraz	CHCF114.3X5
Kolon	HE260B	Kolon	HE240B
Rüzgar kolonları	IPE360	Rüzgar kolonları	IPE360
Alın Dikmesi	-	Alın Dikmesi	HE100A
Makas	-	Makas	CHCF60.3X3.6
Catı Aşık	UPN120	Catı Aşık	UPN120
Alt Başlık Kiriş	-	Alt Başlık Kiriş	IPE330
Üst Başlık Kiriş	IPE450	Üst Başlık Kiriş	IPE330
Toplam Ağırlık	45.86 ton	Toplam Ağırlık	58.56 ton

Çizelge 4. 30 Model E-1 ve Model F-1 seçilen kesitler

Model E-1	Kullanılan Kesitler	Model F-1	Kullanılan Kesitler
Yapı Elemanları		Yapı Elemanları	
Basınç Borusu	CHCF139.7X5	Basınç Borusu Y Yönü	CHCF139.7X5
Çatı Çapraz	CHCF114.3X5	Basınç Borusu X Yönü	CHCF168.3X5
Cephe Çapraz	CHCF114.3X5	Cephe Çapraz	CHCF114.3X3.6
Kolon	HE300B	Kolon	HE280B
Rüzgar kolonları	IPE360	Rüzgar kolonları	IPE360
Alın Dikmesi	-	Alın Dikmesi	-
Makas	CHCF114.3X5	Makas	CHCF76.1X2.5
Catı Aşık	UPN120	Catı Aşık	-
Alt Başlık Kiriş	-	Alt Başlık	CHCF88.9X3.2
Üst Başlık Kiriş	HE280B	Üst Başlık	CHCF88.9X3.2
Toplam Ağırlık	54.88 ton	Toplam Ağırlık	39.67 ton

Çizelge.4.31. Model A yapıları için sonuçlar

Yapı	Doğrultu	Periyod	Kütle Katılım	Max	Deprem Görelî Kat Ötelenmesi	Deplasman Sınırı	Rüzgar Deplasmanı	Deplasman Sınırı	Toplam Ağırlık	Alan	Metrekare Ağırlık
A1	X – Doğr.	0.132 sn	% 99.00	1.13 mm	0.0003	0.008	0.45 mm	20.00 mm	65.00 t	840.00 m <sup>2</sup>	77.38 kg/m <sup>2</sup>
	Y – Doğr.	0.533 sn	% 100.00	5.68 mm	0.0027	0.008	16.97 mm	20.00 mm			
A2	X – Doğr.	0.122 sn	% 99.00	1.50 mm	0.0004	0.008	0.31 mm	20.00 mm	64.40 t	840.00 m <sup>2</sup>	76.67 kg/m <sup>2</sup>
	Y – Doğr.	0.533 sn	% 100.00	11.14 mm	0.0053	0.008	15.97 mm	20.00 mm			
A3	X – Doğr.	0.132 sn	% 98.00	1.09 mm	0.0003	0.008	0.22 mm	20.00 mm	62.80 t	840.00 m <sup>2</sup>	74.76 kg/m <sup>2</sup>
	Y – Doğr.	0.533 sn	% 99.00	9.09 mm	0.0043	0.008	15.53 mm	20.00 mm			
A4	X – Doğr.	0.134 sn	% 99.00	1.75 mm	0.0005	0.008	0.21 mm	20.00 mm	62.50 t	840.00 m <sup>2</sup>	74.40 kg/m <sup>2</sup>
	Y – Doğr.	0.533 sn	% 100.00	18.42 mm	0.0069	0.008	15.10 mm	20.00 mm			
A5	X – Doğr.	0.140 sn	% 97.00	0.72 mm	0.0002	0.008	0.30 mm	20.00 mm	65.00 t	840.00 m <sup>2</sup>	77.38 kg/m <sup>2</sup>
	Y – Doğr.	0.533 sn	% 98.00	4.77 mm	0.0023	0.008	16.37 mm	20.00 mm			
A6	X – Doğr.	0.133 sn	% 96.00	0.98 mm	0.0003	0.008	0.19 mm	20.00 mm	65.40 t	840.00 m <sup>2</sup>	77.86 kg/m <sup>2</sup>
	Y – Doğr.	0.533 sn	% 99.00	8.10 mm	0.0042	0.008	16.38 mm	20.00 mm			
A7	X – Doğr.	0.133 sn	% 98.00	0.59 mm	0.0002	0.008	0.22 mm	20.00 mm	62.50 t	840.00 m <sup>2</sup>	74.40 kg/m <sup>2</sup>
	Y – Doğr.	0.533 sn	% 99.00	4.80 mm	0.0023	0.008	15.52 mm	20.00 mm			
A8	X – Doğr.	0.133 sn	% 98.00	0.98 mm	0.0003	0.008	0.22 mm	20.00 mm	62.50 t	840.00 m <sup>2</sup>	74.40 kg/m <sup>2</sup>
	Y – Doğr.	0.533 sn	% 99.00	9.10 mm	0.0043	0.008	15.43 mm	20.00 mm			

Çizelge 4.32. Model B yapıları için sonuçlar

Yapı	Doğrultu	Periyod	Kütle Katılım	Max	Deprem Görelî Kat Ötelenmesi	Deplasman Sınırı	Rüzgar Deplasmanı	Deplasman Sınırı	Toplam Ağırlık	Alan	Metrekare Ağırlık
B1	X – Doğr.	0.132 sn	% 99.00	1.14 mm	0.0003	0.008	0.30 mm	20.00 mm	66.50 t	840.00 m <sup>2</sup>	79.17 kg/m <sup>2</sup>
	Y – Doğr.	0.533 sn	% 99.00	5.70 mm	0.0027	0.008	16.34 mm	20.00 mm			
B2	X – Doğr.	0.135 sn	% 99.00	1.50 mm	0.0004	0.008	0.31 mm	20.00 mm	65.80 t	840.00 m <sup>2</sup>	78.33 kg/m <sup>2</sup>
	Y – Doğr.	0.533 sn	% 99.00	11.21 mm	0.0053	0.008	15.91 mm	20.00 mm			
B3	X – Doğr.	0.134 sn	% 98.00	1.11 mm	0.0003	0.008	0.22 mm	20.00 mm	63.40 t	840.00 m <sup>2</sup>	75.48 kg/m <sup>2</sup>
	Y – Doğr.	0.533 sn	% 99.00	9.12 mm	0.0043	0.008	15.45 mm	20.00 mm			
B4	X – Doğr.	0.130 sn	% 99.00	1.60 mm	0.0005	0.008	0.20 mm	20.00 mm	63.40 t	840.00 m <sup>2</sup>	75.48 kg/m <sup>2</sup>
	Y – Doğr.	0.533 sn	% 99.00	15.80 mm	0.0075	0.008	14.40 mm	20.00 mm			
B5	X – Doğr.	0.141 sn	% 97.00	0.71 mm	0.0002	0.008	0.30 mm	20.00 mm	66.10 t	840.00 m <sup>2</sup>	78.69 kg/m <sup>2</sup>
	Y – Doğr.	0.533 sn	% 99.00	4.50 mm	0.0021	0.008	16.37 mm	20.00 mm			
B6	X – Doğr.	0.133 sn	% 95.00	0.98 mm	0.0003	0.008	0.26 mm	20.00 mm	66.50 t	840.00 m <sup>2</sup>	79.17 kg/m <sup>2</sup>
	Y – Doğr.	0.533 sn	% 99.00	8.14 mm	0.0039	0.008	16.37 mm	20.00 mm			
B7	X – Doğr.	0.135 sn	% 98.00	0.60 mm	0.0002	0.008	0.22 mm	20.00 mm	62.70 t	840.00 m <sup>2</sup>	74.64 kg/m <sup>2</sup>
	Y – Doğr.	0.533 sn	% 99.00	4.80 mm	0.0023	0.008	15.52 mm	20.00 mm			
B8	X – Doğr.	0.135 sn	% 99.00	0.98 mm	0.0003	0.008	0.22 mm	20.00 mm	63.00 t	840.00 m <sup>2</sup>	75.00 kg/m <sup>2</sup>
	Y – Doğr.	0.533 sn	% 100.00	9.00 mm	0.0043	0.008	15.53 mm	20.00 mm			

Çizelge 4.33. Model C yapıları için sonuçlar

Yapı	Doğrultu	Periyod	Kütle Katılım	Max	Deprem Göreli Kat Ötelenmesi	Deplasman Sınırı	Rüzgar Deplasmanı	Deplasman Sınırı	Toplam Ağırlık	Alan	Metrekare Ağırlık
C1	X – Doğr.	0.134 sn	% 99.00	1.00 mm	0.0003	0.008	0.40 mm	20.00 mm	53.00 t	840.00 m <sup>2</sup>	63.10 kg/m <sup>2</sup>
	Y – Doğr.	0.456 sn	% 99.00	3.00 mm	0.0014	0.008	10.91 mm	20.00 mm			
C2	X – Doğr.	0.134 sn	% 99.00	1.23 mm	0.0004	0.008	1.13 mm	20.00 mm	52.90 t	840.00 m <sup>2</sup>	62.98 kg/m <sup>2</sup>
	Y – Doğr.	0.453 sn	% 99.00	6.30 mm	0.0030	0.008	10.00 mm	20.00 mm			
C3	X – Doğr.	0.138 sn	% 99.00	0.92 mm	0.0003	0.008	0.30 mm	20.00 mm	52.70 t	840.00 m <sup>2</sup>	62.74 kg/m <sup>2</sup>
	Y – Doğr.	0.457 sn	% 99.00	3.00 mm	0.0014	0.008	7.55 mm	20.00 mm			
C4	X – Doğr.	0.137 sn	% 99.00	1.50 mm	0.0005	0.008	0.30 mm	20.00 mm	52.70 t	840.00 m <sup>2</sup>	62.74 kg/m <sup>2</sup>
	Y – Doğr.	0.457 sn	% 99.00	7.00 mm	0.0030	0.008	7.60 mm	20.00 mm			
C5	X – Doğr.	0.138 sn	% 99.00	0.60 mm	0.0002	0.008	0.40 mm	20.00 mm	52.70 t	840.00 m <sup>2</sup>	62.74 kg/m <sup>2</sup>
	Y – Doğr.	0.478 sn	% 99.00	2.32 mm	0.0011	0.008	10.87 mm	20.00 mm			
C6	X – Doğr.	0.138 sn	% 99.00	0.83 mm	0.0002	0.008	0.33 mm	20.00 mm	53.00 t	840.00 m <sup>2</sup>	63.10 kg/m <sup>2</sup>
	Y – Doğr.	0.482 sn	% 99.00	4.30 mm	0.0020	0.008	11.00 mm	20.00 mm			
C7	X – Doğr.	0.138 sn	% 99.00	0.52 mm	0.0002	0.008	0.29 mm	20.00 mm	52.70 t	840.00 m <sup>2</sup>	62.74 kg/m <sup>2</sup>
	Y – Doğr.	0.460 sn	% 99.00	1.60 mm	0.0008	0.008	7.55 mm	20.00 mm			
C8	X – Doğr.	0.132 sn	% 99.00	0.75 mm	0.0002	0.008	0.35 mm	20.00 mm	53.00 t	840.00 m <sup>2</sup>	63.10 kg/m <sup>2</sup>
	Y – Doğr.	0.457 sn	% 99.00	3.00 mm	0.0014	0.008	9.47 mm	20.00 mm			

Çizelge 4.34. Model D yapıları için sonuçlar

Yapı	Doğrultu	Periyod	Kütle Katılım	Max	Deprem Göreli Kat Ötelenmesi	Deplasman Sınırı	Rüzgar Deplasmanı	Deplasman Sınırı	Toplam Ağırlık	Alan	Metrekare Ağırlık
D1	X – Doğr.	0.128 sn	% 99.00	1.10 mm	0.0003	0.008	0.26 mm	20.00 mm	65.00 t	840.00 m <sup>2</sup>	77.38 kg/m <sup>2</sup>
	Y – Doğr.	0.555 sn	% 99.00	3.72 mm	0.0018	0.008	15.57 mm	20.00 mm			
D2	X – Doğr.	0.149 sn	% 99.00	1.70 mm	0.0005	0.008	0.33 mm	20.00 mm	64.70 t	840.00 m <sup>2</sup>	77.02 kg/m <sup>2</sup>
	Y – Doğr.	0.558 sn	% 99.00	7.60 mm	0.0036	0.008	15.60 mm	20.00 mm			
D3	X – Doğr.	0.136 sn	% 99.00	1.22 mm	0.0004	0.008	0.22 mm	20.00 mm	62.00 t	840.00 m <sup>2</sup>	73.81 kg/m <sup>2</sup>
	Y – Doğr.	0.558 sn	% 99.00	6.50 mm	0.0031	0.008	15.99 mm	20.00 mm			
D4	X – Doğr.	0.149 sn	% 98.00	1.91 mm	0.0006	0.008	0.20 mm	20.00 mm	61.80 t	840.00 m <sup>2</sup>	73.57 kg/m <sup>2</sup>
	Y – Doğr.	0.558 sn	% 99.00	13.42 mm	0.0064	0.008	14.90 mm	20.00 mm			
D5	X – Doğr.	0.155 sn	% 0.99	0.78 mm	0.0002	0.008	0.33 mm	20.00 mm	65.00 t	840.00 m <sup>2</sup>	77.38 kg/m <sup>2</sup>
	Y – Doğr.	0.558 sn	% 0.99	2.92 mm	0.0014	0.008	15.50 mm	20.00 mm			
D6	X – Doğr.	0.180 sn	% 0.99	0.95 mm	0.0003	0.008	0.29 mm	20.00 mm	65.70 t	840.00 m <sup>2</sup>	78.21 kg/m <sup>2</sup>
	Y – Doğr.	0.558 sn	% 0.99	5.66 mm	0.0027	0.008	15.51 mm	20.00 mm			
D7	X – Doğr.	0.148 sn	% 98.00	0.65 mm	0.0002	0.008	0.22 mm	20.00 mm	62.40 t	840.00 m <sup>2</sup>	74.29 kg/m <sup>2</sup>
	Y – Doğr.	0.558 sn	% 99.00	3.30 mm	0.0016	0.008	15.17 mm	20.00 mm			
D8	X – Doğr.	0.148 sn	% 98.00	1.06 mm	0.0003	0.008	0.26 mm	20.00 mm	62.00 t	840.00 m <sup>2</sup>	73.81 kg/m <sup>2</sup>
	Y – Doğr.	0.558 sn	% 99.00	6.34 mm	0.0030	0.008	15.22 mm	20.00 mm			

Çizelge 4.35. Model E yapıları için sonuçlar

Yapı	Doğrultu	Periyod	Kütle Katılım	Max	Deprem Görelî Kat Ötelenmesi	Deplasman Sınırı	Rüzgar Deplasmanı	Deplasman Sınırı	Toplam Ağırlık	Alan	Metrekare Ağırlık
E1	X – Doğr.	0.146 sn	% 95.00	1.10 mm	0.0003	0.008	6.58 mm	20.00 mm	63.45 t	840.00 m <sup>2</sup>	75.54 kg/m <sup>2</sup>
	Y – Doğr.	0.552 sn	% 96.00	3.36 mm	0.0016	0.008	7.50 mm	20.00 mm			
E2	X – Doğr.	0.146 sn	% 95.00	1.71 mm	0.0005	0.008	6.59 mm	20.00 mm	63.45 t	840.00 m <sup>2</sup>	75.54 kg/m <sup>2</sup>
	Y – Doğr.	0.552 sn	% 96.00	6.90 mm	0.0033	0.008	7.49 mm	20.00 mm			
E3	X – Doğr.	0.149 sn	% 99.00	1.06 mm	0.0003	0.008	8.75 mm	20.00 mm	58.00 t	840.00 m <sup>2</sup>	69.05 kg/m <sup>2</sup>
	Y – Doğr.	0.558 sn	% 99.00	4.00 mm	0.0019	0.008	7.15 mm	20.00 mm			
E4	X – Doğr.	0.149 sn	% 95.00	1.68 mm	0.0005	0.008	8.91 mm	20.00 mm	59.40 t	840.00 m <sup>2</sup>	70.71 kg/m <sup>2</sup>
	Y – Doğr.	0.558 sn	% 96.00	7.32 mm	0.0035	0.008	7.27 mm	20.00 mm			
E5	X – Doğr.	0.151 sn	% 95.00	0.71 mm	0.0002	0.008	7.34 mm	20.00 mm	61.50 t	840.00 m <sup>2</sup>	73.21 kg/m <sup>2</sup>
	Y – Doğr.	0.558 sn	% 96.00	2.60 mm	0.0012	0.008	9.10 mm	20.00 mm			
E6	X – Doğr.	0.151 sn	% 95.00	1.10 mm	0.0003	0.008	6.60 mm	20.00 mm	63.00 t	840.00 m <sup>2</sup>	75.00 kg/m <sup>2</sup>
	Y – Doğr.	0.558 sn	% 96.00	4.63 mm	0.0022	0.008	7.40 mm	20.00 mm			
E7	X – Doğr.	0.149 sn	% 99.00	0.55 mm	0.0002	0.008	9.67 mm	20.00 mm	55.70 t	841.00 m <sup>2</sup>	66.23 kg/m <sup>2</sup>
	Y – Doğr.	0.558 sn	% 99.00	2.10 mm	0.0010	0.008	7.70 mm	20.00 mm			
E8	X – Doğr.	0.149 sn	% 99.00	0.90 mm	0.0003	0.008	9.65 mm	20.00 mm	56.00 t	842.00 m <sup>2</sup>	66.51 kg/m <sup>2</sup>
	Y – Doğr.	0.558 sn	% 99.00	4.10 mm	0.0020	0.008	7.71 mm	20.00 mm			

Çizelge 4.36. Model F yapıları için sonuçlar

Yapı	Doğrultu	Periyod	Kütle Katılım	Max	Deprem Görelî Kat Ötelenmesi	Deplasman Sınırı	Rüzgar Deplasmanı	Deplasman Sınırı	Toplam Ağırlık	Alan	Metrekare Ağırlık
F1	X – Doğr.	0.199 sn	% 96.00	1.01 mm	0.0003	0.008	0.92 mm	20.00 mm	45.60 t	843.00 m <sup>2</sup>	54.09 kg/m <sup>2</sup>
	Y – Doğr.	0.533 sn	% 99.00	5.77 mm	0.0027	0.008	15.34 mm	20.00 mm			
F2	X – Doğr.	0.178 sn	% 96.00	1.20 mm	0.0004	0.008	0.94 mm	20.00 mm	46.10 t	844.00 m <sup>2</sup>	54.62 kg/m <sup>2</sup>
	Y – Doğr.	0.533 sn	% 99.00	10.47 mm	0.0050	0.008	15.48 mm	20.00 mm			
F3	X – Doğr.	0.200 sn	% 100.00	1.00 mm	0.0003	0.008	0.99 mm	20.00 mm	43.00 t	845.00 m <sup>2</sup>	50.89 kg/m <sup>2</sup>
	Y – Doğr.	0.533 sn	% 100.00	8.96 mm	0.0043	0.008	14.15 mm	20.00 mm			
F4	X – Doğr.	0.199 sn	% 98.00	1.60 mm	0.0005	0.008	0.98 mm	20.00 mm	44.00 t	846.00 m <sup>2</sup>	52.01 kg/m <sup>2</sup>
	Y – Doğr.	0.533 sn	% 99.00	13.15 mm	0.0063	0.008	10.87 mm	20.00 mm			
F5	X – Doğr.	0.205 sn	% 99.00	0.65 mm	0.0002	0.008	0.92 mm	20.00 mm	45.00 t	847.00 m <sup>2</sup>	53.13 kg/m <sup>2</sup>
	Y – Doğr.	0.533 sn	% 99.00	5.75 mm	0.0027	0.008	14.95 mm	20.00 mm			
F6	X – Doğr.	0.205 sn	% 99.00	1.05 mm	0.0003	0.008	0.96 mm	20.00 mm	45.20 t	848.00 m <sup>2</sup>	53.30 kg/m <sup>2</sup>
	Y – Doğr.	0.533 sn	% 99.00	10.79 mm	0.0051	0.008	14.94 mm	20.00 mm			
F7	X – Doğr.	0.195 sn	% 100.00	0.52 mm	0.0003	0.008	0.99 mm	20.00 mm	43.00 t	849.00 m <sup>2</sup>	50.65 kg/m <sup>2</sup>
	Y – Doğr.	0.533 sn	% 100.00	4.63 mm	0.0022	0.008	14.16 mm	20.00 mm			
F8	X – Doğr.	0.195 sn	% 99.00	0.87 mm	0.0003	0.008	0.99 mm	20.00 mm	43.50 t	850.00 m <sup>2</sup>	51.18 kg/m <sup>2</sup>
	Y – Doğr.	0.533 sn	% 99.00	8.67 mm	0.0041	0.008	14.10 mm	20.00 mm			

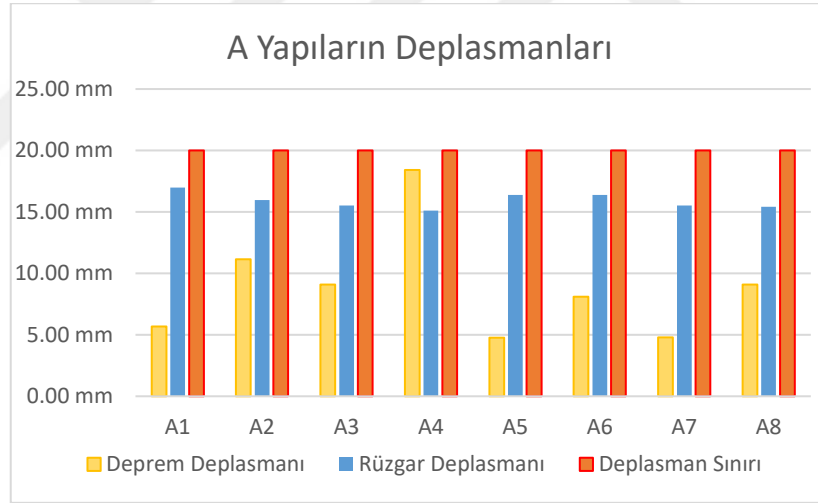


#### 4.8. Yapıların Zemin Sınıfı ve Deprem Etkisine Göre Karşılaştırması

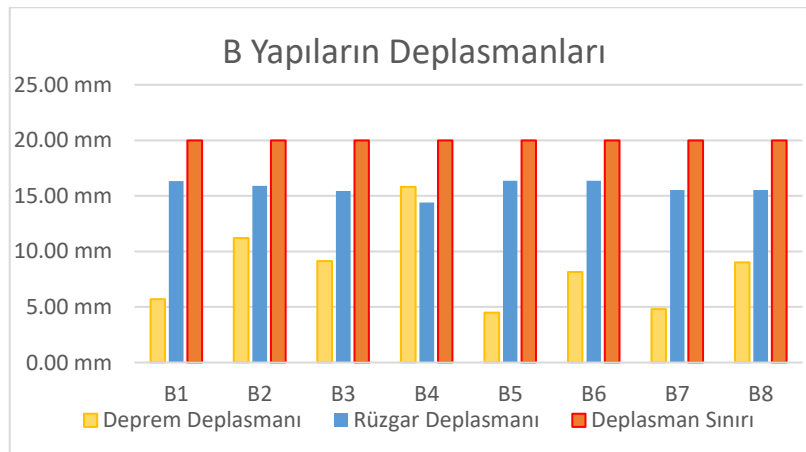
A modellerinde A-5 yapısında en az yer değiştirme depremde ve A4 yapısında en az yer değiştirme rüzgardan kaynaklanmaktadır. Aynı parametreler ile çözülen yani rüzgar, deprem ve kar etkisi aynı olan A-1 ve A-2 modellerin karşılaştırıldığında, A-1 zemin sınıfı ZB olan yapıda, A-2 yapısı zemin sınıfı ZC'ye göre deprem etkisi daha az ve rüzgar etkisi daha çok bulunmuştur.

Sds, 0,75 Sds, 0.40'a eşit olan A-1 ve A-5 yapısını karşılaştırdığımızda, A-5 yapısı daha az depreme maruz kaldığı için daha az deprem etkisi almıştır.

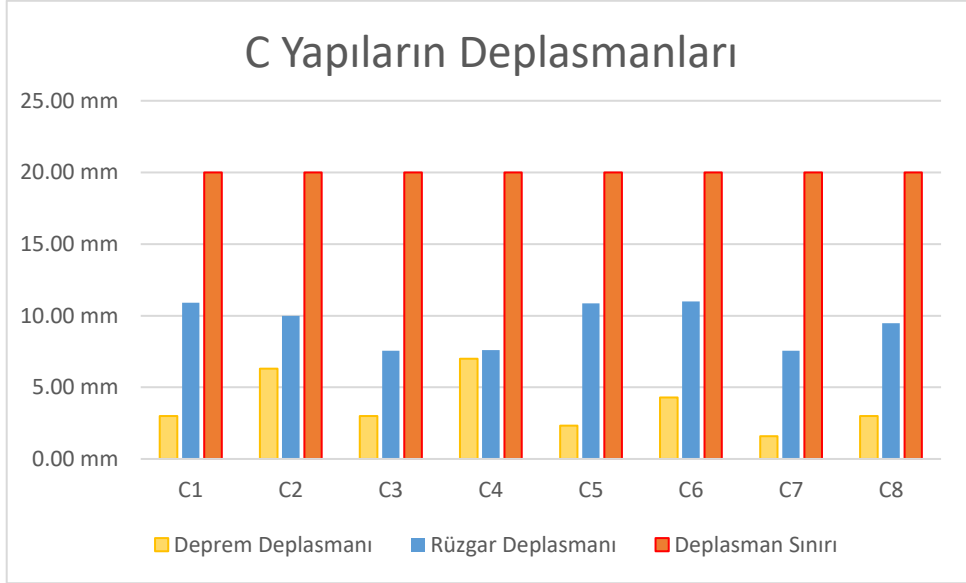
Aşağıdaki şekillerde tüm yapılar için deprem ve rüzgar deplasman değerleri gösterilmiştir.



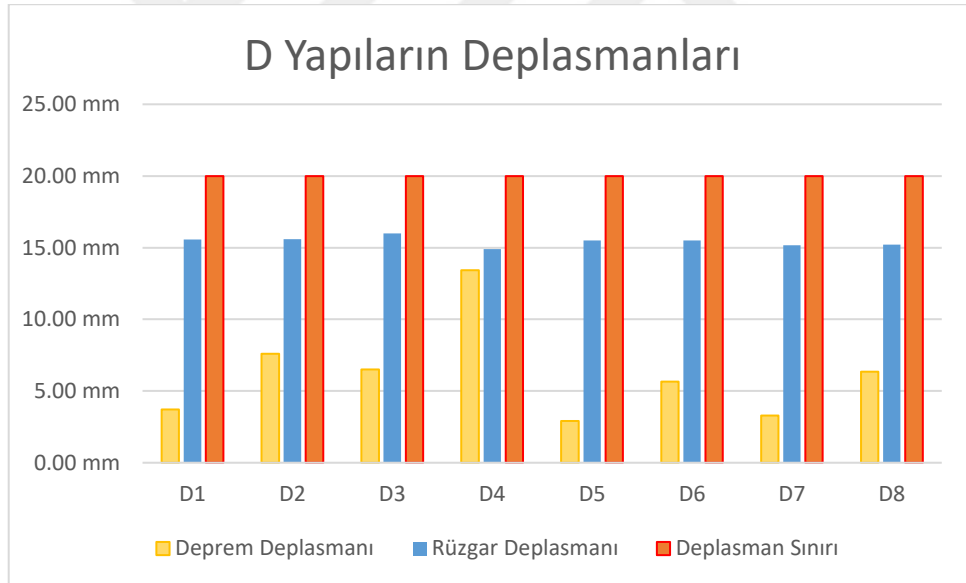
Şekil 4. 53 Model A Yapılarının deprem ve rüzgar deplasmanları



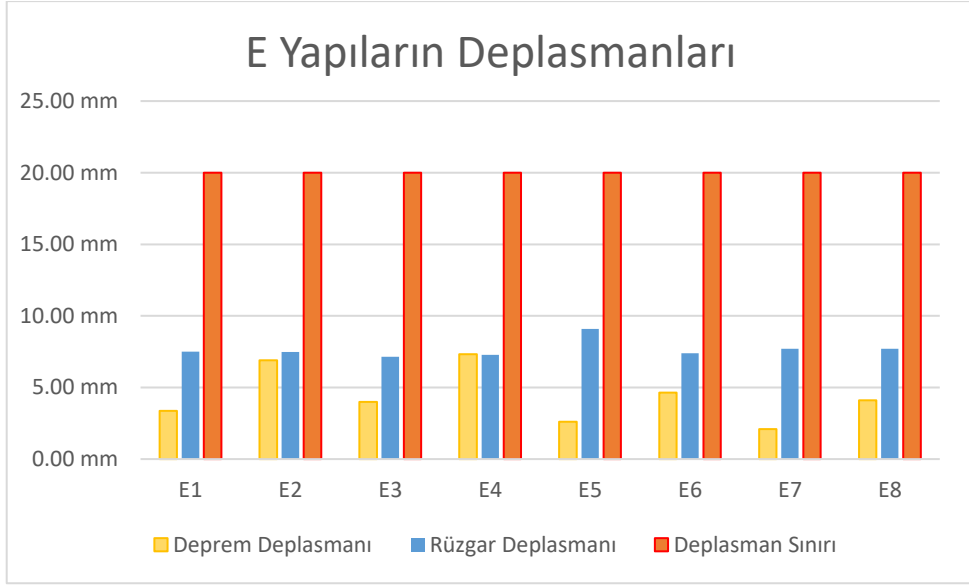
Şekil 4. 54 Model B Yapılarının deprem ve rüzgar deplasmanları



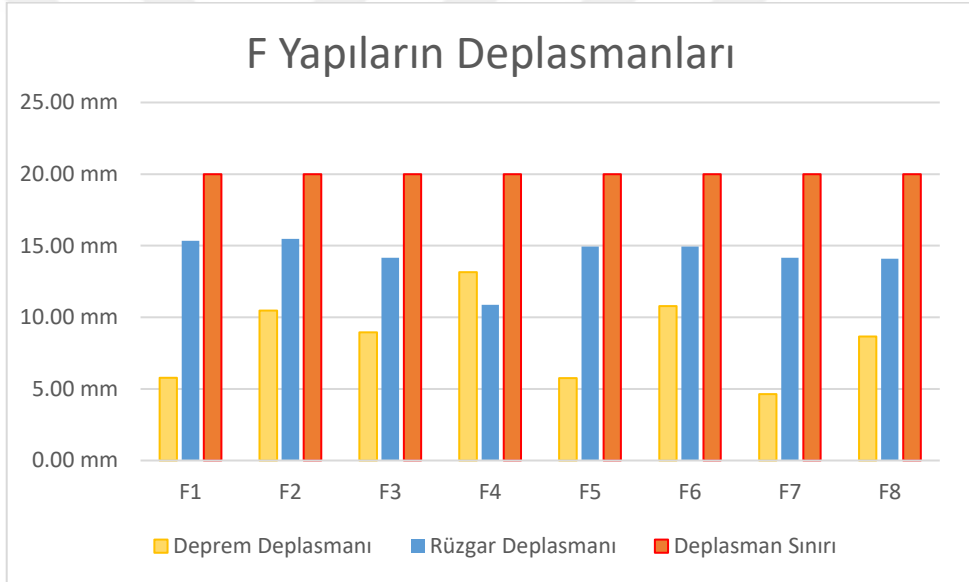
Şekil 4. 55 Model C Yapılarının deprem ve rüzgar deplasmanları



Şekil 4. 56 Model D Yapılarının deprem ve rüzgar deplasmanları



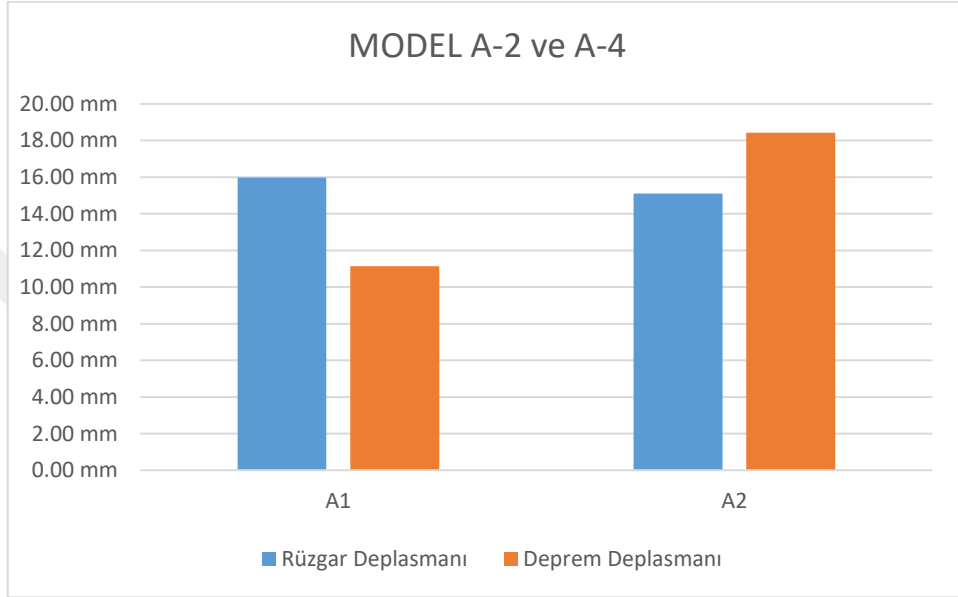
Şekil 4. 57 Model E Yapılarının deprem ve rüzgar deplasmanları



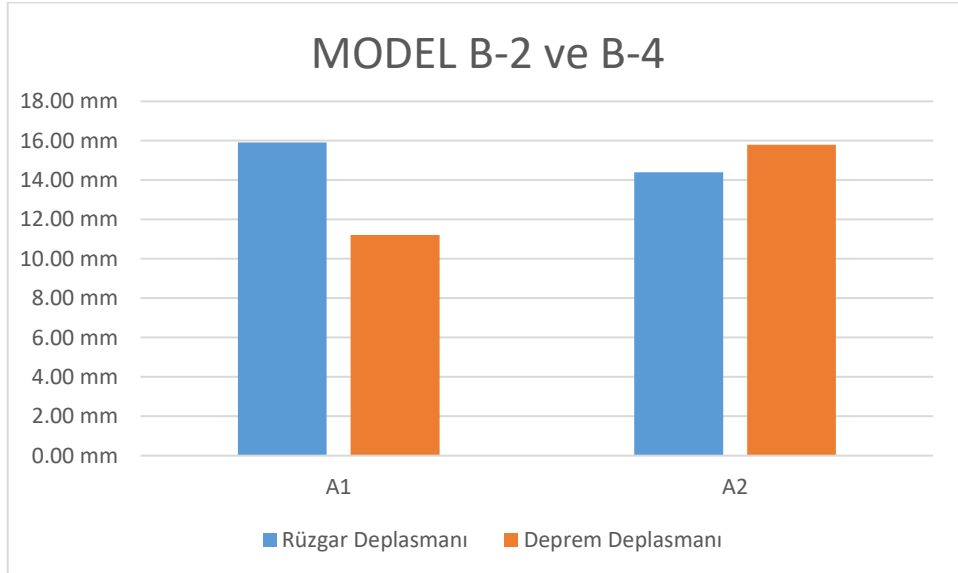
Şekil 4. 58 Model F Yapılarının deprem ve rüzgar deplasmanları

#### 4.9. Yapıların Arazi Kategorisi Etkisine Göre Karşılaştırması

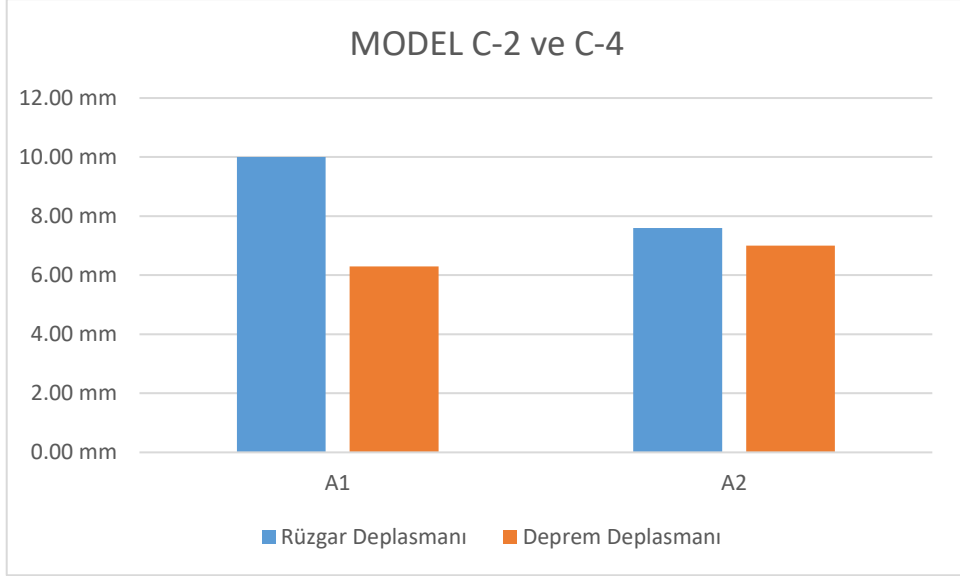
Arazi kategorisi farklı olan ve deprem ve kar yükünün aynı olduğu A-2 ve A-4 yapısı için karşılaştırma sonucu arazi kategorisi II ve zemin sınıfı ZC olan A-2 yapısı, arazi kategorisi IV ve zemin sınıfı ZC olan A-4 yapısına göre daha çok rüzgar deplasmanı ve daha az deprem deplasmanı etkisi aldığı görülmektedir.



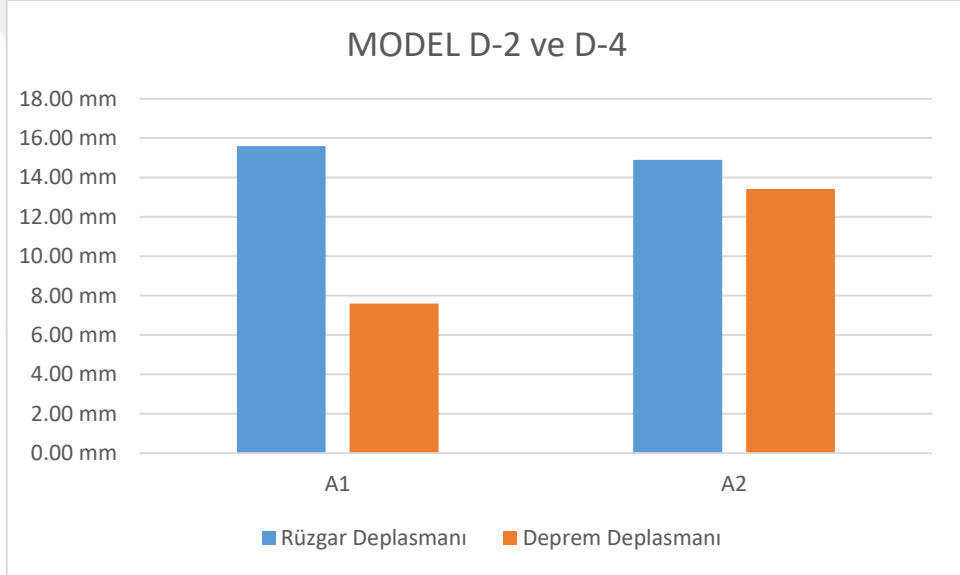
Şekil 4. 58. (Model A) A-2 ve A-4 Yapılarının karşılaştırılması



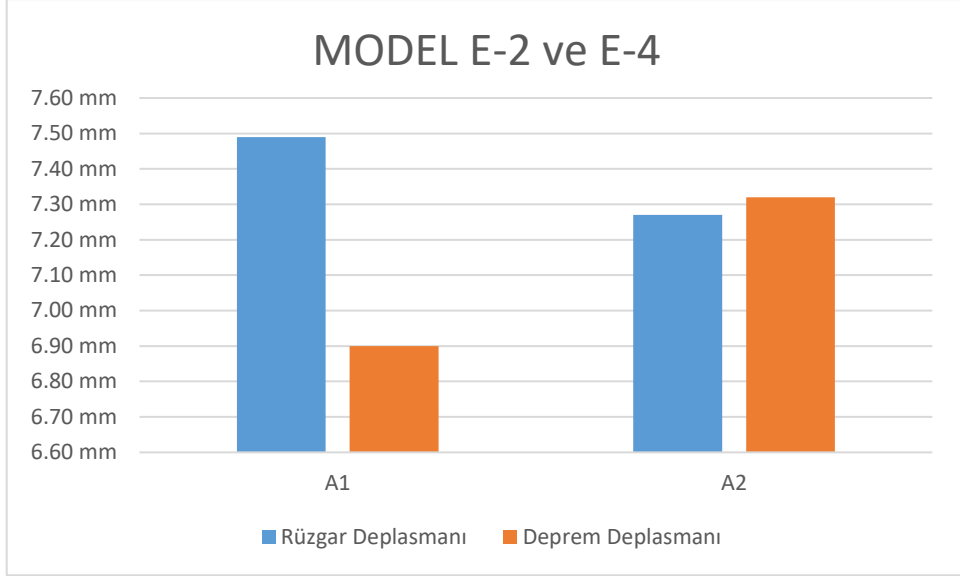
Şekil 4. 59. (Model B) B-2 ve B-4 Yapılarının karşılaştırılması



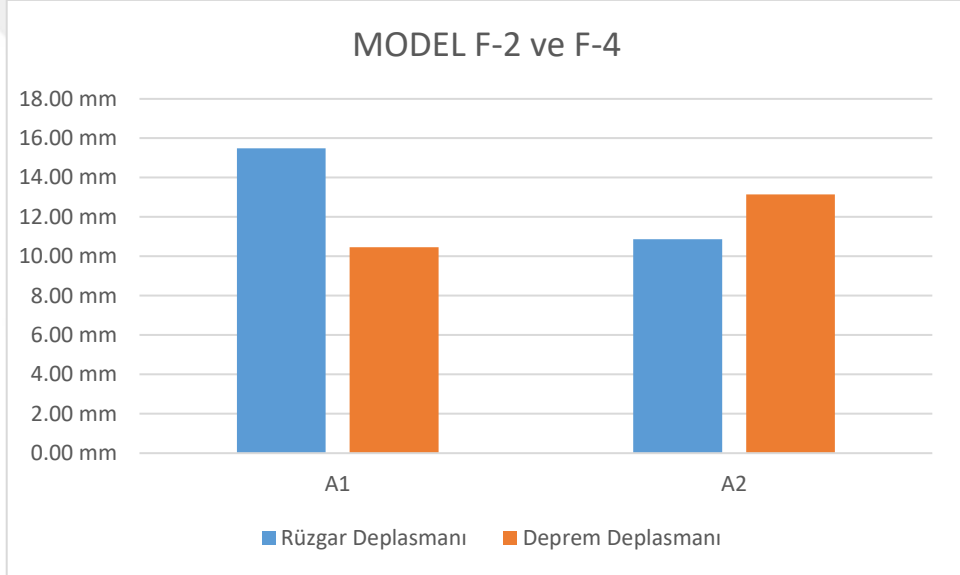
**Şekil 4. 60.** (Model C) C-2 ve C-4 Yapılarının karşılaştırılması



**Şekil 4. 61.** (Model D) D-2 ve D-4 Yapılarının karşılaştırılması



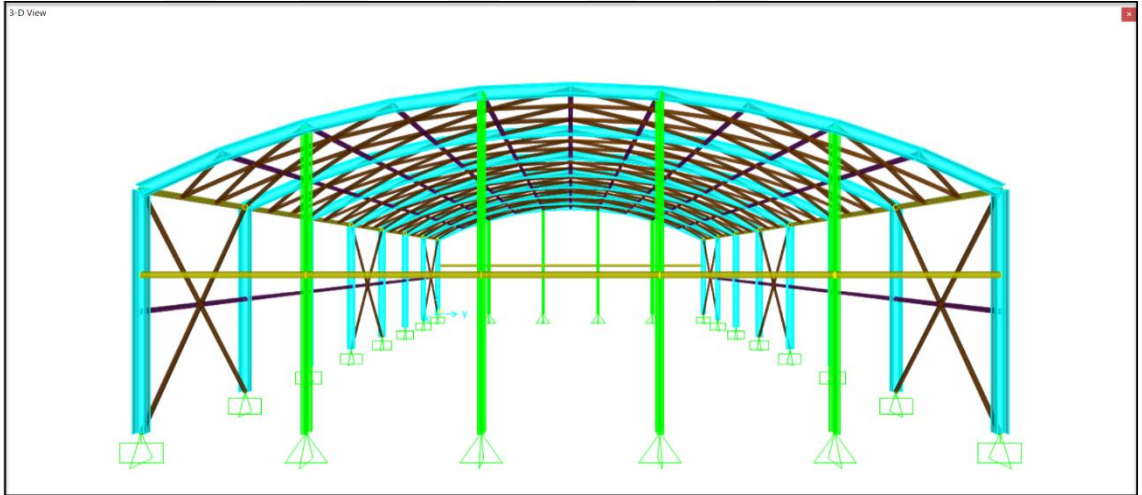
**Şekil 4. 62.** (Model E) E-2 ve E-4 Yapılarının karşılaştırılması



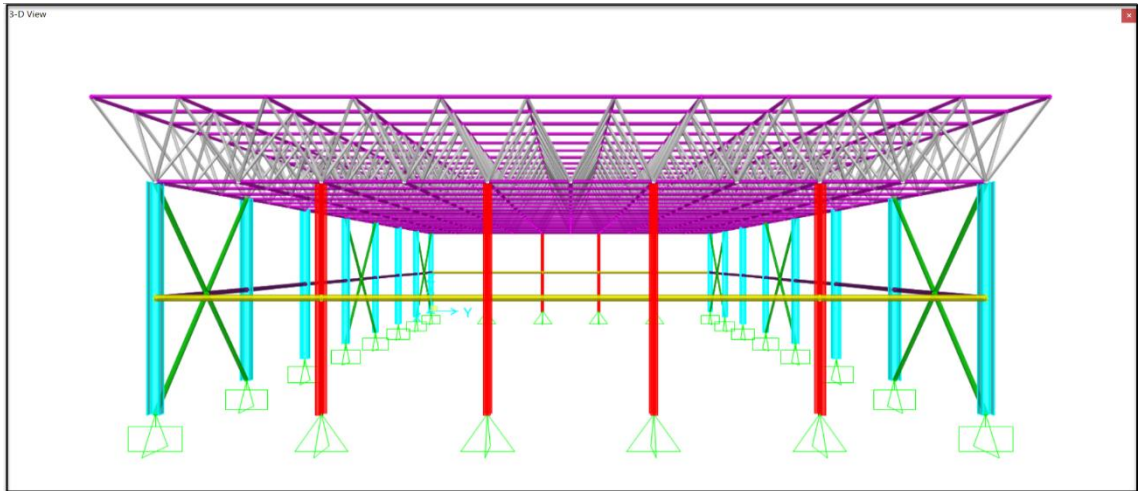
**Şekil 4. 63.** (Model F) F-2 ve F-4 Yapılarının karşılaştırılması

#### 4.10. Yapıların Yapı Modeline Göre Karşılaştırması

E modeli (Tek eğrilikli (tonoz) uzay kafes sistem) çok dayanıklı bir yapıya sahiptir. Yağmura, rüzgâra karşı kendini korur. Dayanıklı olması ile en çok tercih edilen çatı sistemleri arasında yıllardır yer almaktadır. Tonoz çatının altında oldukça açık ve geniş bir alan elde edilmektedir ve F modeli (Düzlem yüzeyli uzay kafes sistem) Kafes çatı, iki doğrultuda üç boyutlu olarak çalışabildiği için geniş açıklıkları son derece ekonomik bir şekilde kaplamaya yardımcı olmaktadır. Kafes çatı, belirlenen proje için hızlı imalat gerçekleştirilmektedir. Yani kafes çatıyı üretmek oldukça hızlıdır. Kafes çatı ile ek havalandırma, ısıtma ya da aydınlatma borularına gerek kalma yani borular bu çatılardan geçirilebilir. Özellikle deprem bölgelerinde hafif ve esnek olduğu için tercih edilmektedir.



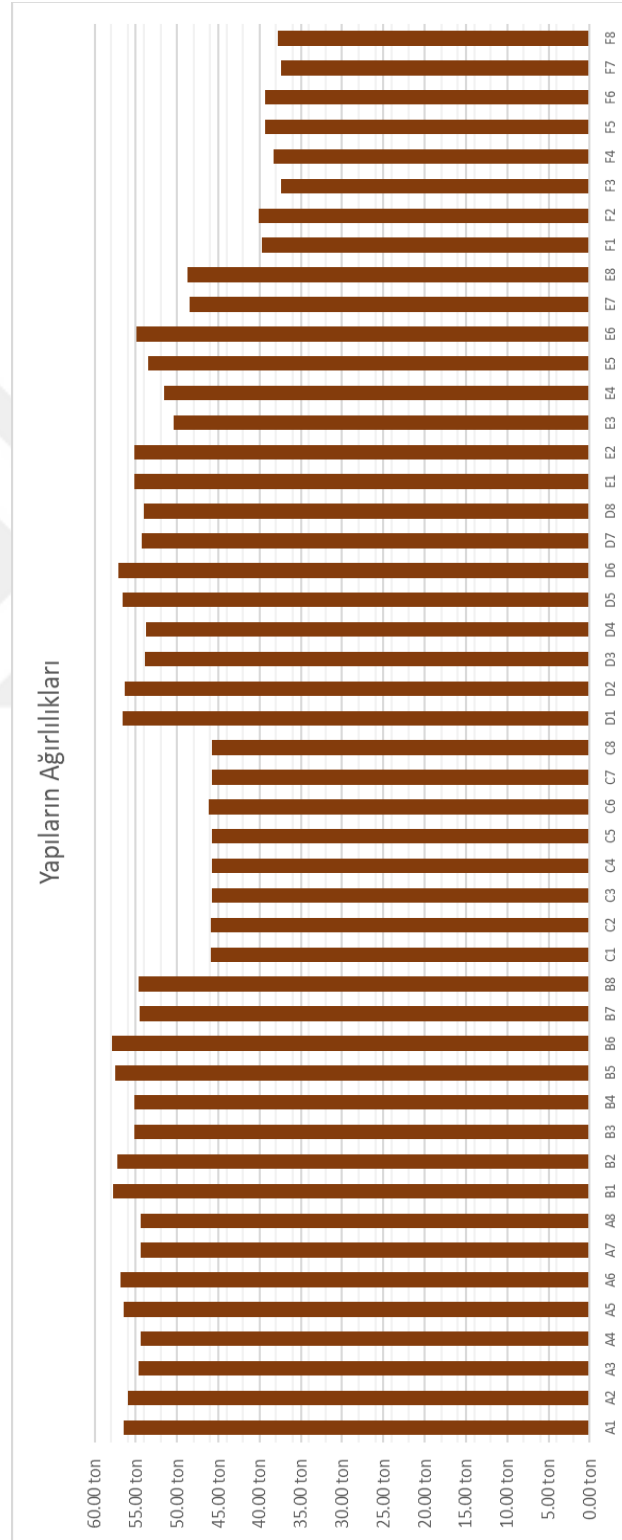
Şekil 4.64. Model E (Tek Eğrilikli (Tono) Uzay Kafes Sistem)



Şekil 4.65. Model F (Düzlem Yüzeyli Uzay Kafes Sistem)

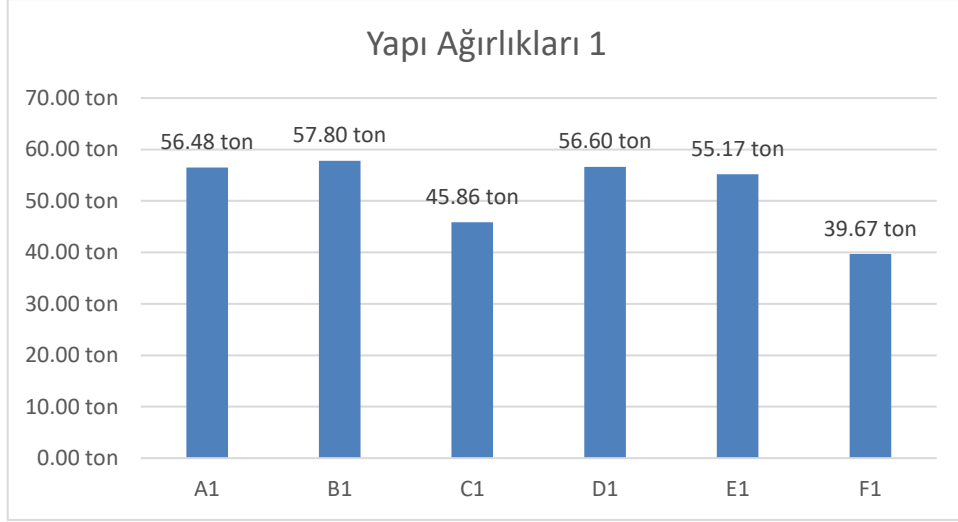
#### 4.11. Modellerin Ağırlık Karşılaştırılması

Yapı ağırlıkları Şekil 4.62’de gösterilmiştir ve F yapısı (Uzay kafes sistem) diğer sistemlere göre daha ekonomik olduğu sonuçlanmıştır.



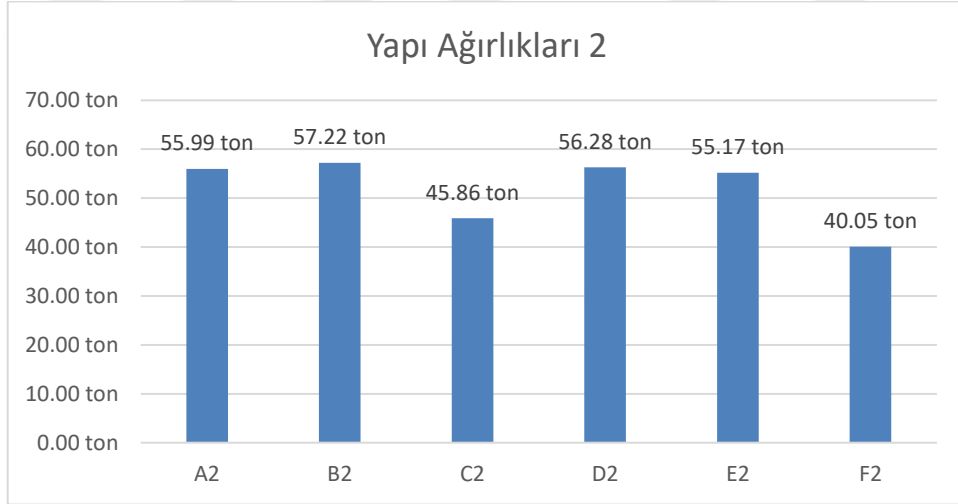
Şekil 4.66. Yapıların ağırlıkları





Şekil 4.67. Model 1 yapıların ağırlıkları

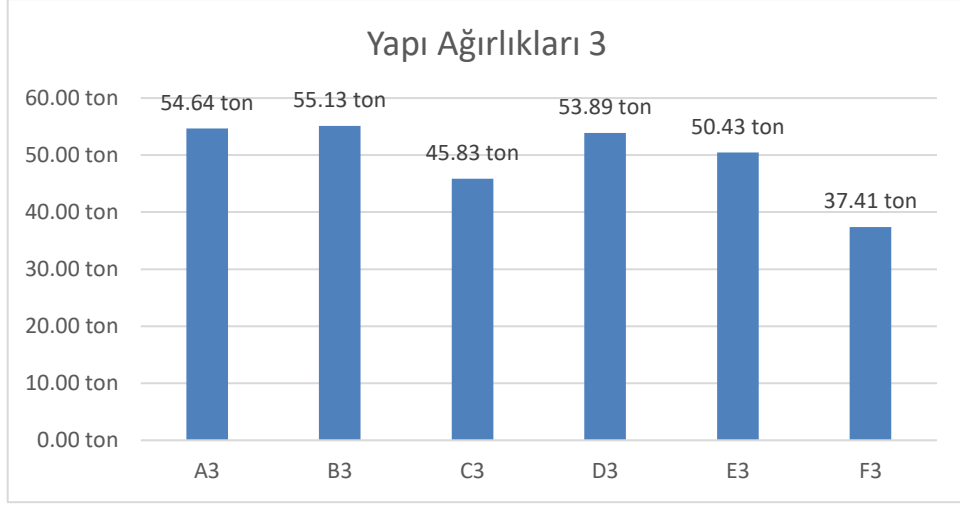
Yapı iklim bölgesi II, Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı  $SDS > 0,75$  olan ve Yerel Zemin Sınıfı ZB olan yapı türlerinin yapı ağırlıkları Şekil 4.67’de verilmiştir. Grafikten görüleceği gibi; en küçük yağı ağırlığı F Grubu yapı sistemi için 39,67 ton olarak elde edilirken, en büyük yapı ağırlığı B Grubu yapı sistemi için 57,80 ton olarak elde edilmiştir. F Grubu yapı ağırlığı B grubuna göre %31 daha az olarak elde edilmiştir.



Şekil 4.68. Model 2 yapıların ağırlıkları

Yapı iklim bölgesi II, Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı  $SDS > 0,75$  olan ve Yerel Zemin Sınıfı ZC olan yapı türlerinin yapı ağırlıkları Şekil 4.68’de verilmiştir.

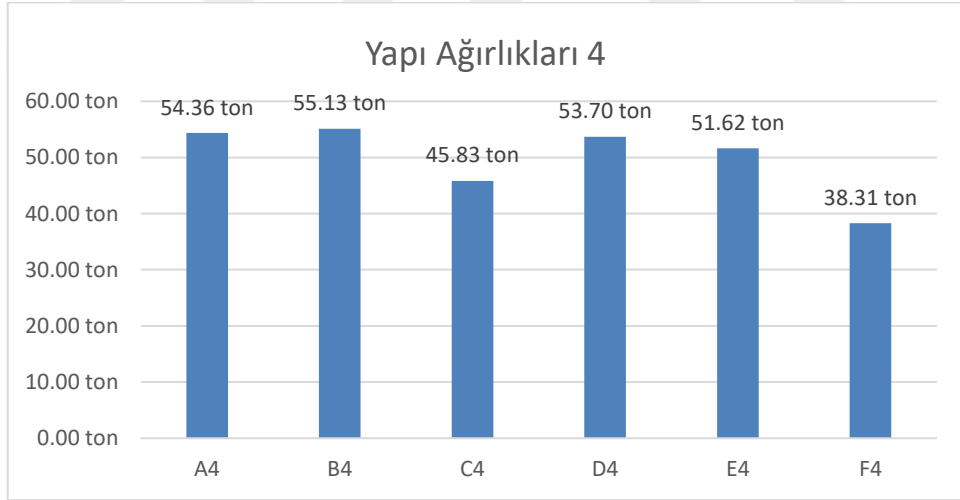
Grafikten görüleceği gibi; en küçük yağı ağırlığı F Grubu yapı sistemi için 40,05 ton olarak elde edilirken, en büyük yapı ağırlığı B Grubu yapı sistemi için 57,22 ton olarak elde edilmiştir. F Grubu yapı ağırlığı B grubuna göre %30 daha az olarak elde edilmiştir.



Şekil 4.69. Model 3 yapıların ağırlıkları

Yapı iklim bölgesi IV, Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı  $SDS > 0,75$  olan ve Yerel Zemin Sınıfı ZB olan yapı türlerinin yapı ağırlıkları Şekil 4.69’da verilmiştir.

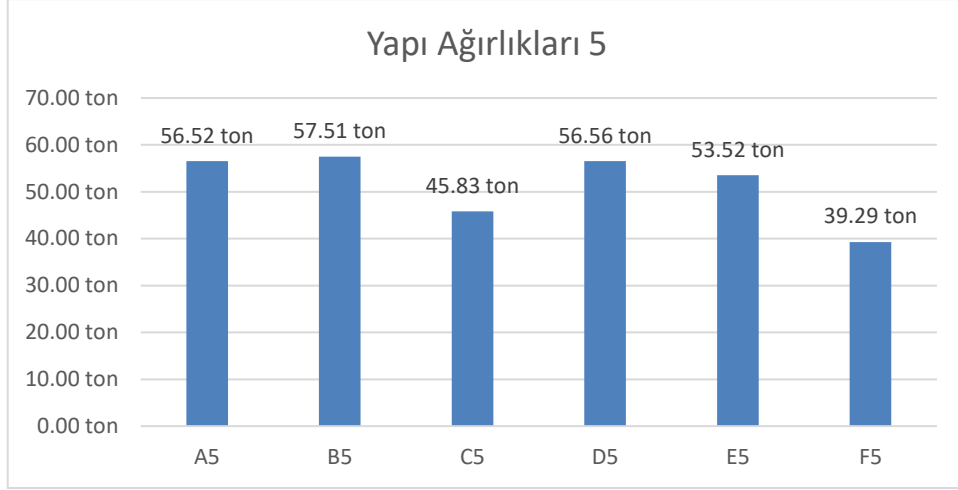
Grafikten görüleceği gibi; en küçük yağı ağırlığı F Grubu yapı sistemi için 37,41 ton olarak elde edilirken, en büyük yapı ağırlığı B Grubu yapı sistemi için 55,13 ton olarak elde edilmiştir. F Grubu yapı ağırlığı B grubuna göre %32 daha az olarak elde edilmiştir.



Şekil 4.70. Model 4 yapıların ağırlıkları

Yapı iklim bölgesi IV, Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı  $SDS > 0,75$  olan ve Yerel Zemin Sınıfı ZC olan yapı türlerinin yapı ağırlıkları Şekil 4.70’de verilmiştir.

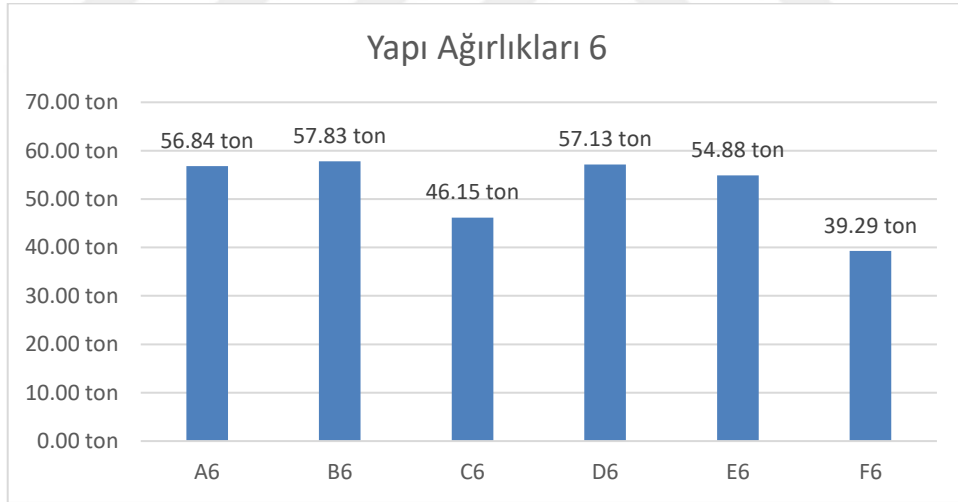
Grafikten görüleceği gibi; en küçük yağı ağırlığı F Grubu yapı sistemi için 38,31 ton olarak elde edilirken, en büyük yapı ağırlığı B Grubu yapı sistemi için 55,13 ton olarak elde edilmiştir. F Grubu yapı ağırlığı B grubuna göre %31 daha az olarak elde edilmiştir.



Şekil 4.71. Model 5 yapıların ağırlıkları

Yapı iklim bölgesi II, Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı  $SDS=0,40$  olan ve Yerel Zemin Sınıfı ZB olan yapı türlerinin yapı ağırlıkları Şekil 4.71’de verilmiştir.

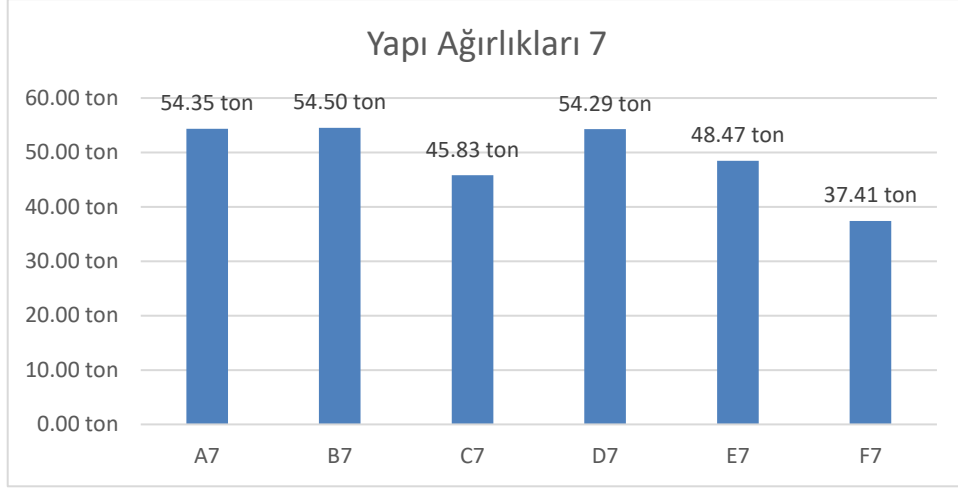
Grafikten görüleceği gibi; en küçük yağı ağırlığı F Grubu yapı sistemi için 39,29 ton olarak elde edilirken, en büyük yapı ağırlığı B Grubu yapı sistemi için 57,51 ton olarak elde edilmiştir. F Grubu yapı ağırlığı B grubuna göre %32 daha az olarak elde edilmiştir.



Şekil 4.72. Model 6 yapıların ağırlıkları

Yapı iklim bölgesi II, Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı  $SDS=0,40$  olan ve Yerel Zemin Sınıfı ZC olan yapı türlerinin yapı ağırlıkları Şekil 4.72’de verilmiştir.

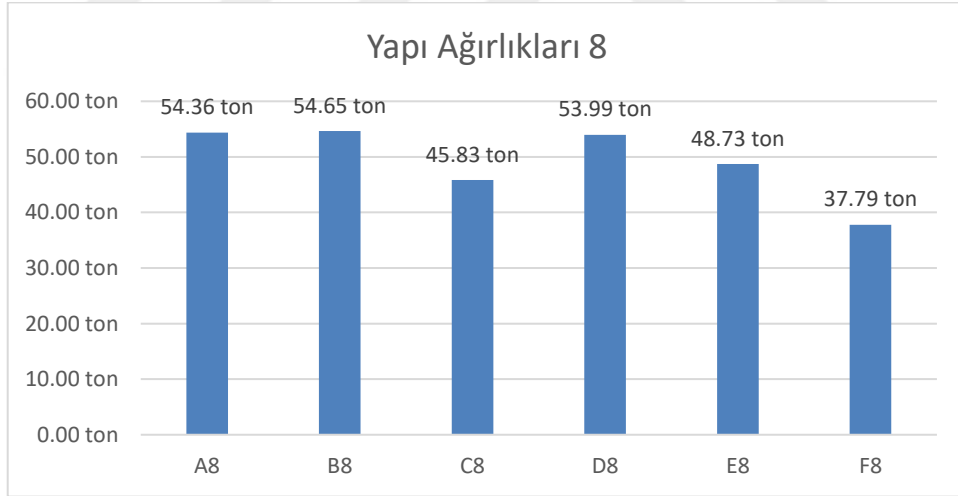
Grafikten görüleceği gibi; en küçük yağı ağırlığı F Grubu yapı sistemi için 39,29 ton olarak elde edilirken, en büyük yapı ağırlığı B Grubu yapı sistemi için 57,83 ton olarak elde edilmiştir. F Grubu yapı ağırlığı B grubuna göre %32 daha az olarak elde edilmiştir.



Şekil 4.73. Model 7 yapıların ağırlıkları

Yapı iklim bölgesi IV, Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı  $SDS=0,40$  olan ve Yerel Zemin Sınıfı ZB olan yapı türlerinin yapı ağırlıkları Şekil 4.73’de verilmiştir.

Grafikten görüleceği gibi; en küçük yağı ağırlığı F Grubu yapı sistemi için 37,41 ton olarak elde edilirken, en büyük yapı ağırlığı B Grubu yapı sistemi için 54,50 ton olarak elde edilmiştir. F Grubu yapı ağırlığı B grubuna göre %31 daha az olarak elde edilmiştir.



Şekil 4.74. Model 8 yapıların ağırlıkları

Yapı iklim bölgesi IV, Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı  $SDS=0,40$  olan ve Yerel Zemin Sınıfı ZC olan yapı türlerinin yapı ağırlıkları Şekil 4.74’de verilmiştir.

Grafikten görüleceği gibi; en küçük yağı ağırlığı F Grubu yapı sistemi için 37,79 ton olarak elde edilirken, en büyük yapı ağırlığı B Grubu yapı sistemi için 54,65 ton olarak elde edilmiştir. F Grubu yapı ağırlığı B grubuna göre %31 daha az olarak elde edilmiştir.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

### 5.1. Sonuçlar

Bu çalışmada kırk sekiz adet çelik çatı sistem analiz edilmiştir. Her bir sistemin çelik ağırlığı hesaplanarak, her sistemin ağırlıkları Çizelgeler halinde verilmiştir. Çelik endüstriyel sistemlerin çözümlerinden belirlenen kesitlere göre her bir sistemin ağırlıkları hesaplandıktan sonra ağırlıkları için grafikler elde edilmiştir. Bu grafiklerden incelenmesinden çalışmaya konu olan bu tip sistemler için aşağıdaki sonuçlar varılmıştır.

Çift eğimli düzlem (Trapez) kafes sistemler (D yapıları) alan ağırlıkları, Tek eğimli düzlem (üçgen- V şekilli) kafes sistemler (A yapıları) ve Tek eğimli düzlem (üçgen- ters V şekilli) kafes sistemlere (B yapıları) göre metre kareye düşen kg miktarı daha düşüktür. Burada sistem ağırlığının alana bölünmesiyle bulunmaktadır.

A-2, A-4, B-2, B-4, C-2, C-4, D-2, D-4, E-2, E-4, F-2 VE F-4, sistemlerde deprem deplasmanı diğer Tüm sistemlere göre yüksek çıkmıştır ve buda kesit boyutlarının büyütülmesine neden olmuştur. Zemin sınıfı ZC olan yapılarda deprem deplasmanı, ZB olan zemin sınıflarına göre daha yüksektir.

Tüm modellerde rüzgar deplasman sınırı 20,00mm'dir. A, B, D, F yapılarında 14-17 mm arasında iken Model C ve E yapılarında 6-10 mm arasındadır. Model C, Dolu gövdeli kafes kiriş sistem ve Model E Tonoz çatı sistemlerde rüzgar deplasmanları daha küçük olmaktadır.

A, B, C, D ve F sistemlerde X yönü rüzgar için 0,50- 1,5 mm arasında deplasman yapmakta ama Y yönünde daha fazla deplasman yapmaktadır ama E yapılar yani Tonoz çatı sistemleri hem X ve hem Y yönünde eşit ve yakın değerler ile yani 6,50-9,50 mm oranlarında deplasman yapmamaktadırlar ve C yapıları diğer sistemlere göre daha büyük kesitli kolon ve kirişler ile tasarımı gerçekleştirilmiştir.

Modellere göre ağırlık karşılaştırması yapılırsa, B yapıları yani Tek eğimli düzlem (üçgen- ters V şekilli) kafes sistemleri incelendiğinde diğer tüm yapılara göre ağırlık

maksimum değer almaktadır ve F yapıları yani düzlem yüzeyli uzay kafes sistemler incelendiğinde diğer tüm sistemlere göre ağırlık minimum değer almaktadır.

## 5.2. Öneriler

Bu tez çalışmasında kısıtlı sayıda 6 farklı modeldeki yapı sisteminin Sap2000 programı ile analiz ve tasarımı gerçekleştirilmiştir. Çalışmada bahsedilen yapı sistemlerinin 2 farklı iklim bölgesi, 2 farklı depremsellik özelliklerine ve 2 farklı Zemin özelliğine sahip olması durumlarına göre analizler yapılmıştır.

Yapı sistemlerin en optimum çözümler ile en ekonomik sonuçlar elde edilerek değişik şartlardaki diğer sistemlerle karşılaştırma yapılmıştır.

Daha sonra yapılacak çalışmalarda; bu çalışmada ele alınamayan farklı yapı sistemleri ile farklı iklim, depremsellik ve zemin özelliklerinin dikkate alındığı çalışmalar yapılabilir.

Yapılan çalışmalarda TBDY 2018 ve ÇYTHYE 2016 esas alınmıştır. Gerekli minimum koşullar sağlanarak ( örneğin kirişlerin süneklik düzeylerine göre yanal tutulma mesafeleri, sismik kesit kontrolleri, vs. ) çözümler sunulmuştur.

## KAYNAKLAR

- Ağrı M., 2017, Çelik Endüstri Binalarının Depreme Dayanıklı Tasarımı Ve Deprem Performansları, Yüksek Lisans Tezi T.C. Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze.
- Akgün, Ö.R., (1984), “Betonarme Yapı Sistemlerinin Optimum Boyutlandırılması”, Anadolu Üniversitesi Yayınları, No:58.
- Argalı, S., (1999), “Bir sanayi Yapısı İçin Ülkemiz Koşullarına Göre En Ekonomik Taşıyıcı Sistemin Araştırılması” , Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Atasaral, H. (2009) “Soğuk Şekillendirilmiş Çok Parçalı Hafif Çelik Kolonların Merkezi Yükleme Altında Davranışı”, Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon,5-18.
- Aydın, Z., (2000), “Uzay Kafes Sistemlerin Genetik Algoritma İle Optimum Tasarımı”, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Bahadır, Ş.S. (1997) “Büyük Açıklıklı Yapılarda Taşıyıcı Sistemler”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1997.
- Bozaci E., 2019, Çelik Endüstri Yapılarında Maliye Modeli Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi T.C. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Çebi K., 2020, Atık Polimerlerden Üretilmiş I Profillerin Eğilme Davranışının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi T.C. Erzincan Binalı Yıldırım Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzincan.
- Çöne, A., Prefabrikte düzlem çelik uzay sistemlerde yapı geometrisindeki değişim çelik malzeme giderine etkisi, Yüksek Lisan Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, ISPARTA, 2001.
- El Aj Ahmad, M., (2018), “Çelik Çerçeveli Binalarda Doğrusal Hesap Yöntemlerinin Tdy- 2007, Ec8, Asce 7/16 ve TBDY2018 Deprem Yönetmeliklerine Göre Karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Kadriye, S., (2007), “Çelik Uzay Kubbe Sistemlerin Ağırlıkça Optimum Dizaynı”, Yüksek Lisans Tezi Konya Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Makowski, Z .S., (1966), “Steel Space Structures”, London.
- Odabaşı., Y. 2000. Ahşap ve Çelik Yapı Elemanları, Beta Basım Yayın Dağıtım.
- Saka, M.P., (1988) “Optimum Design of Nonlinear Space Trusses”, Computers and Structures Vol. 30, No. 3, PP. 545-551.
- Saka, M.P., Kameshki, E., (1998), “Optimum Design Of Nonlinear Elastic Framed Domes”, Journal Of Advancesn Engineering Software, Vol. 29, No. 7-9, pp. 519- 528.
- Salmon, C. G., Johnson, J. E., Mahlas, F., (2007), Steel Structures: Design and Behavior.
- Seçer, M., Bozdağ, Ö., (2005), “Uzaysal Ve Dolu Gövdeli Aşıkların Çelik Çatı Ağırlığına Etkisinin İncelenmesi” , Antalya Yöresinin İnşaat Mühendisliği Sorunları Kongresi, Antalya.

Süleyman, U., (2010), “Tek Katlı Çelik Endüstri Yapılarının Farklı Bilgisayar Programları İle Yapılan Analizlerinin Karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Sultan, V., (2019), “Çelik Konstrüksiyon Sanayi Yapılarının Eski Ve Yeni Yönetmeliklere Göre Karşılaştırmalı Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

T.C. Resmi Gazete, Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik, Başbakanlık Basımevi (29614), 04.02.2016.

TUCSA (Türk Yapısal Çelik Derneği), “Yapısal Çelik Kullanımı, Üretim Kapasiteleri, Çeliğin Avrupa ve Türkiye İnşaat Sektöründeki Yeri” Türk Yapısal Çelik Derneği, 2005

Turan, M., (1999), “Uzay Kafes Sistemlerin Lineer Olmayan Davranışının Optimum Boyutlandırılmasına Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Turan, M., (1999), “Uzay Kafes Sistemlerin Lineer Olmayan Davranışının Optimum Boyutlandırılmasına Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Uman, O., (1989), “Boyu Enine Oranla  $n$  Kat Olan  $n$  Ç Kolonsuz Çelik Yapıda Değişik Düzlem Ve Uzay Sistemlerde Ağırlık Kıyaslamaları”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Uğur, S., Tek katlı celik endustri yapılarının farklı bilgisayar programları ile yapılan analizlerinin karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde, s.1-2, 2010.

Ülker, F., Çift Katmanlı Uzay Kafes Sistemlerin Statik ve Dinamik Analizi Yüksek Lisans Tezi F. Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 2007.

Vural, M., Uzay Kafes Sistemlerinin Kar Yükleri Yönünden İncelenmesi: Stadyum Çatısı Örneği Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2012