

**T.C.**  
**İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



**GES PROJESİ KAPSAMINDA HAFİF ÇELİK BİR YAPININ**  
**STATİK VE DİNAMİK YÜKLER ALTINDA İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Aycan BARAN**

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**  
**İnşaat Mühendisliği Programı**

**MAYIS, 2023**



**T.C.**  
**İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



**GES PROJESİ KAPSAMINDA HAFİF ÇELİK BİR YAPININ**  
**STATİK VE DİNAMİK YÜKLER ALTINDA İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Aycan BARAN**  
**(Y2013.090022)**

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**  
**İnşaat Mühendisliği Programı**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mehmet Fatih ALTAN**

**MAYIS, 2023**

## ONAY FORMU

## ONUR SÖZÜ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “GES Projesi Kapsamında Hafif Çelik Bir Yapının Statik ve Dinamik Yükler Altında İncelenmesi” adlı çalışmanın, tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadarki bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Bibliyografya’ da gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim.  
(.../.../2023)

Aycan BARAN

## ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim boyunca her türlü konuda desteğini esirgemeyen, çalışmalarım ile ilgili konularda gerekli yönlendirmeyi sağlayan; kıymetli hocam Prof. Dr. Mehmet Fatih ALTAN' a teşekkürlerimi sunarım.

Her türlü durumda yanımda olan, maddi manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen sevgili ailem; bu tezin hazırlanma sürecinde en büyük emek sizindir. Emeliniz ve varlığınız için sonsuz teşekkürler.

Mayıs, 2023

Aycan BARAN

# GES PROJESİ KAPSAMINDA HAFİF ÇELİK BİR YAPININ STATİK VE DİNAMİK YÜKLER ALTINDA İNCELENMESİ

## ÖZET

Hafif çelik sistem, sahip olduğu avantajlara rağmen yeterince ülkemizde tanınmamakta ve yerine bulamamaktadır. Amerika' da ve Avrupada yaygın olarak oldukça kullanılan bu yapı sistemi ülkemizde yaygınlaşabilmesi için sunulmuş olunan imkanlar doğrultusunda yeteri kadar bilincin oluşması önem oluşturmaktadır. Bu tez çalışması kapsamında yapılması planlanan bir ges projesi için hafif çelik yapı sistemlerinin günümüzdeki güncel yönetmelikler kapsamında değerlendirilmesi ve araştırmacılara kolaylık sağlaması açısından farklı koşullarda çalışmalarına olanak sağlayan bir sistemin statik, dinamik analizi yapılmıştır.

GES projesi kapsamında yapılacak çelik projelerin ilerleyen dönemlerde yaygınlaşması ve yenilebilir enerji üretiminde katkıda bulunmak için bu çalışma yapılmıştır. Yapılan analizlerde kesitlere (kolon, kiriş, aşıklar, payanda ve çaprazlar) ait kontroller yapılmış ve taşıyıcı sistemin kararlı olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** GES Projesi, TBDY 2018, Hafif Çelik Yapı Sistemi

# **INVESTIGATION OF A LIGHT STEEL STRUCTURE UNDER STATIC AND DYNAMIC LOADS WITHIN THE SCOPE OF THE SPP PROJECT**

## **ABSTRACT**

Despite the advantages it has, the light steel system is not sufficiently known and cannot be found in our country. In order for this building system, which is widely used in America and Europe, to become widespread in our country, it is important to create enough awareness in line with the opportunities offered. For a GES project planned within the scope of this thesis, a static and dynamic analysis of a system that allows light steel construction systems to be evaluated within the scope of current regulations and to provide convenience to researchers has been made.

This study was carried out in order to spread the steel projects to be made within the scope of the GES project in the future and to contribute to the production of renewable energy. In the analyzes made, the controls of the sections (columns, beams, purlins, buttresses and braces) were made and it was seen that the carrier system was stable.

**Keywords:** GES Project, TBDY 2018, Light Steel Construction System



# İÇİNDEKİLER

## Sayfa

ONUR SÖZÜ .....	i
ÖNSÖZ.....	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT .....	iv
İÇİNDEKİLER .....	v
KISALTMALAR LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xii
<b>I. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
A. Tasarımlarda Tasarımcının Rolü .....	2
B. Çevresel Faktörler (Güneş Etkeni) Düşünülmeden Yapılan Bir Binada Olumsuzluklar ve Önleme Çareleri.....	2
C. Yapılarda Güneş Etkisini Optimize Etmede Yönlendirme Binalara güneş etkisinin en uygun koşullarda ve miktarda gelmesini sağlayabilmek için;.....	3
D. Güneş Enerjisinin Diğer Enerji Türlerine Göre Avantajları.....	4
1. Güneş enerjisini kullanmanın dezavantajları .....	5
2. Güneş (tromp) duvarları yöntemiyle güneşten yararlanma .....	6
3. Güneşten soğutma yöntemiyle yararlanma .....	6
4. Güneşten elektrik üreterek yararlanma .....	7
E. Amaç ve Kapsam .....	8
<b>II. HAFİF ÇELİK YAPI SİSTEMLERİ VE GES .....</b>	<b>10</b>
A. Hafif Çelik Yapı sistemleri .....	10

B. Güneş Enerji Santralleri.....	11
<b>III. DEPREME DAYANIKLI YAPISAL TASARIM.....</b>	<b>13</b>
A. Yer Hareketleri ve Sismik Kuvvetler .....	13
B. Tasarım Prosedürleri.....	13
1. Eşdeğer Yanal Kuvvet .....	14
2. Tepki Spektrumu.....	14
3. Deprem Kayıt Analizi .....	15
C. Tasarımın Değerlendirilmesi .....	15
1. Yapı Tepkisi.....	16
2. Taşırılık, Bağlar .....	17
3. Yumuşak Kat, Burulma .....	17
4. Asimetri, Tokuşma.....	18
<b>IV. KAZIKLI TEMEL TASARIMI .....</b>	<b>19</b>
A. Tasarım Felsefesi .....	19
B. Kazıkların Tasarımı .....	19
C. Kazık Türleri.....	20
1. Ahşap Kazıklar.....	20
2. Çelik Kazıklar .....	21
3. Beton Doldurulmuş Çelik Boru Kazıklar .....	22
4. Öngerdirmeli Beton Kazıklar.....	23
<b>V. GES PROJESİ KAPSAMINDA TAŞIYICI SİSTEMİN TASARIMI.....</b>	<b>24</b>
A. Arsa ve Yapı Hakkında Bilgi.....	24
B. Kullanılan Birimler .....	24
C. Malzeme Bilgisi.....	24
D. Yükler ve Kombinasyonlar.....	25
1. Yük Kombinasyonları.....	25

2. Yükleler .....	26
a. Zati Yükleler.....	26
b. Panel Yükle .....	26
c. Kar Yükle .....	26
d. Rüzgar Etkisi .....	27
e. Deprem Etkisi .....	28
E. Yapı Görünümleri ve Etkittirilen Yükleler.....	33
1. Yapı Genel Görünümü.....	33
2. Yapıya Etkittirilen Yükleler.....	35
F. Kesit Yeterlilikleri Kontrolleri .....	36
1. Arka Kolon Kesit Kontrolü.....	36
2. Ön Kolon Kesit Kontrolü.....	37
3. Kiriş Kesit Kontrolü.....	38
4. Aşık Kesit Kontrolü .....	39
5. Payanda Kesit Kontrolü .....	40
6. Çapraz Kesit Kontrolü .....	40
<b>VI. SAP2000 ANALİZ SONRASINDA TASARIM SONUÇLARI .....</b>	<b>42</b>
A. Tasarım Sonucu SAP2000 Kapasite Kontrolü .....	42
B. Arka Kolon Detaylı Tasarım Sonucu .....	43
C. Ön Kolon Detaylı Tasarım Sonucu.....	44
D. Kiriş Detaylı Tasarım Sonucu .....	45
E. Aşık Detaylı Tasarım Sonucu.....	46
F. Payanda Detaylı Tasarım Sonucu.....	47
G. . Çapraz Detaylı Tasarım Sonucu .....	48
<b>VII.BİRLEŞİM HESAPLARI .....</b>	<b>49</b>
A. Kolon-Kiriş Birleşim Hesap ve Kontrolü.....	49

B. Kolon-Arka Çapraz Birleşim Hesap ve Kontrolü.....	50
C. Kolon-Payanda Birleşim Hesap ve Kontrolü .....	51
<b>VIII. KAZIK ÇEKME KAPASİTESİ KONTROLÜ .....</b>	<b>53</b>
<b>IX. SONUÇLAR .....</b>	<b>57</b>
<b>X. KAYNAKÇA .....</b>	<b>62</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>66</b>

## KISALTMALAR LİSTESİ

**F<sub>a</sub>** : Aksenal yük nedeniyle betondaki izin verilebilir basınç gerilmesi

**F'<sub>c</sub>** : Betonun 28 günlük basınç dayanımı

**f<sub>pc</sub>** : Toplam kesitteki efektif öngerdirme gerilmesidir.

**W(-x)** : Rüzgâr basınç yönü

**W(+x)** : Rüzgâr kaldırma yönü

## ÇİZELGELER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 1. Yük Tanımları Çizelgesi.....	25
Çizelge 2. Yük Kombinasyonları.....	25
Çizelge 3. Yük Kombinasyonları.....	26
Çizelge 4. Yapı Ağırlığı Tablosu .....	26
Çizelge 5. Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları.....	29
Çizelge 6. TBDY Bölüm 3 Kapsamında Tespit Edilen Veriler.....	29
Çizelge 7. Deprem Tasarım Sınıfları (DTS).....	30
Çizelge 8. Deprem Etkilerinin Tahkikine Göre Elde Edilen Veriler .....	30
Çizelge 9. Deprem Etkilerinin Tahkikine Göre Elde Edilen Veriler .....	31
Çizelge 10. Sismik Kütle Hesapları .....	32
Çizelge 11. Deprem Etkileri Sonrasında binaya etkiyen deprem yükleri .....	32
Çizelge 12. Birleşimde Oluşan Maksimum Kuvvetler .....	49
Çizelge 13. Birleşimde Oluşan Maksimum Kuvvetler .....	50
Çizelge 14. Birleşimde Oluşan Maksimum Kuvvetler .....	51
Çizelge 15. Çubuk Elemanlara Atanan Yayılı Yükler.....	54
Çizelge 16. Toplam yapı Ağırlığı .....	56
Çizelge 17. Yapıya atanan yükler .....	56
Çizelge 18. Modal yük katılım oranı .....	56
Çizelge 19. Taban kesme kuvvetleri .....	57
Çizelge 20. Düşey Deplasmanlar .....	58

Çizelge 21. . Modal kütle katılım oranı .....	59
Çizelge 22. Modal periyod ve frekans .....	60

## ŞEKİLLER LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 1.	Hadde profili çelik konstrüksiyon üzerine hafif çelik merteklerin uygulanması (Arda, 2001).....	9
Şekil 2.	Tepki spektrumunun oluşturulması (Kayabalı, 1993).....	15
Şekil 3.	Bu öngerdirmeli beton kazık bir kablo yardımıyla kazık tijlerine bağlantısı (Kayabalı, 1993) .....	20
Şekil 4.	. C <sub>e</sub> Değerleri Tablosu (TS EN 1991-1-3).....	27
Şekil 5.	Kar Yüğü Şekil Katsayısı (TS EN 1991-1-3).....	27
Şekil 6.	Maruz kalma katsayısı (TS EN 1991-1-4) .....	27
Şekil 7.	SAP2000 Programına Rüzgar Yüğüleri Etkittirme Kesit Görünüşü.....	28
Şekil 8.	Yatay Elastik Sprektrum Grafiğı.....	31
Şekil 9.	Yapı 3D Görünümü.....	33
Şekil 10.	Yapı Ön Görünüşü .....	33
Şekil 11.	Yapıya ait Kesit Görünüşü .....	34
Şekil 12.	SAP2000' e aktarılan modele ait görünüş.....	34
Şekil 13.	S = 121 kg/m <sup>2</sup> (Kar Yüğü).....	35
Şekil 14.	G <sub>p</sub> = 11 kg/m <sup>2</sup> (Panel Ağırlığı) .....	35
Şekil 15.	Ges Paneline etkittirilen Yüğülere ait grafikler.....	35
Şekil 16.	SAP2000 Deprem Spektrum Verileri Giriş Ekranı .....	36
Şekil 17.	Kesit ve malzeme özellikleri .....	36
Şekil 18.	Geometrik yeterlilik .....	37
Şekil 19.	Kesit ve malzeme özellikleri .....	37



Şekil 20.	Geometrik yeterlilik .....	38
Şekil 21.	Kesit ve malzeme özellikleri .....	38
Şekil 22.	Geometrik yeterlilik .....	39
Şekil 23.	Kesit ve malzeme özellikleri .....	39
Şekil 24.	Geometrik yeterlilik .....	39
Şekil 25.	Kesit ve malzeme özellikleri .....	40
Şekil 26.	Geometrik yeterlilik .....	40
Şekil 27.	Kesit ve malzeme özellikleri .....	40
Şekil 28.	Geometrik yeterlilik .....	41
Şekil 29.	SAP2000 Tasarıma ait Kapasite Oranları .....	42
Şekil 30.	Arka Kolon Tasarım Sonuçları .....	43
Şekil 31.	Ön Kolon Tasarım Sonuçları .....	44
Şekil 32.	Kiriş Tasarım Sonuçları .....	45
Şekil 33.	Aşık Tasarım Sonuçları .....	46
Şekil 34.	Payanda Tasarım Sonuçları .....	47
Şekil 35.	Çapraz Tasarım Sonuçları .....	48
Şekil 36.	Kolon Kiriş Bulon ve bağlantı detayları .....	49
Şekil 37.	Kayma ve birleşim hesabı .....	50
Şekil 38.	Kolon Çapraz Bulon ve bağlantı detayları .....	50
Şekil 39.	Sürtünme Etkili Bulon Karakteristik Kayma Dayanımı (ÇYTHYDY 13.3.11).....	51
Şekil 40.	Kolon Payanda Bulon ve bağlantı detayları .....	51
Şekil 41.	Sürtünme Etkili Bulon Karakteristik Kayma Dayanımı (ÇYTHYDY 13.3.11 .....	52
Şekil 42.	Kolonlarda oluşan reaksiyonlara ait şekil .....	53

## I. GİRİŞ

Yapıların öngörülen niteliklere uygun inşası ve biyoklimatik açıdan yaşanabilir koşulları sağlaması, kullanıcı sağlığı açısından büyük önem taşımaktadır. Yapılardaki iklimlendirmenin olayında en önemli bulunan faktör güneş etkisidir. Bu açıdan güneşin ön planda tutularak yapılan tasarım esaslarının ortaya konulmasında yapının fiziği bakımından önem arz etmektedir.

Yapı tasarımlarındaki birçok unsurun göz önünde bulundurulması ve bu etkenler arasında bulunan dengeyi sağlayacak olan parametreleri en iyi şekilde değerlendirmek gerektiği düşünülmelidir. Bu parametrelerden olmak üzere, dayanıklılık, görünüm, planlama, fiziksel ortam ve dış çevre koşulları göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Özellikle ısınma konularında yönlendirme, pencere tasarımı, biçim, planlama veyapı gereçlerinin seçimine dikkat etmek gerekir. Yapının ısısal tasarım açısından başarısında; mahallerdeki ısıdaki konforun sağlanması açısından ve bu konforlara nüfuz eden eden ısıtma sistemlerindeki minimum ölçülerde kullanmak ile mümkün olacaktır.

1983'te modüler yapım sistemlerine destek sağlamak amacıyla, ticari amaç gütmeyen ve uluslararası bir kuruluş olan The Modular Building Institute (MBI) kurulmuştur. Bu kuruluş, modüler yapım sistemlerini üreticilere ve kullanıcılara tanıtarak yeni uygulamalardan haberdar etmeyi, modüler yapım sistemlerinin gelişmesini ve yaygınlaşmasını sağlamayı amaçlamaktadır (Tuna, 2015).

Hafif çelik modüler kutu sistemli yapıların montajının doğru bir biçimde yapılabilmesi için birleşim detaylarını iyi bilen, kalifiye elemanlar gerekmektedir. Yeterli proje ve uygulama becerisine sahip iş gücü eksikliği, sistemin tercih edilmesini azaltan unsurlardan birisidir. Ayrıca çelik kelimesi ardında çok pahalı olduğu önyargısını taşımaktadır (Balcı, 2003).

Yapının erken tamamlanarak yatırım finansmanlarının geri dönüşümünün hızlanması, kalıp ve iskele giderlerinin en aza indirilmesi, daha az sayıda işçi ile sistemin montajının yapılabilmesi, çelik elemanların fabrikalarda ön üretimli

olarak üretilmesi sayesinde malzeme firelerinin en aza indirilmesi, %100'e yakın geri dönüştürülebilmesi, dünya genelinde bankaların ve sigorta şirketlerinin çelik yapılara daha kolay kredi ve sigorta güvencesi sağlayarak ödeme kolaylıkları sağlaması gibi avantajları da göz önüne alındığı takdirde sistemin geleneksel sistemlerden maliyet olarak bir farkının olmadığı görülecektir (Yıldırım, 2003).

Modüllerin montajı vinçler ile kaldırılarak gerçekleştirildiğinden kaldırma esnasında oluşan ek gerilmeler dikkate alınmalıdır (Ekinci, 2006).

### **A. Tasarımlarda Tasarımcının Rolü**

İklim (yağış, güneş, rüzgâr vs) konusunun önemine rağmen mühendisleri ile şehir planlamacıları ve mimarlar, meteorologlar, coğrafyacılar, ısıtma havalandırma arasında gerçekçi bir iş birliği kurulamaması, bina-iklim ilişkilerini kurmakta olan metotlarda genellikle havalandırma ile ısıtma mühendisleri aracılığıyla geliştirilmesi sebebiyle, iklimle uyumlu olan bina tasarımcısından uzak kalmaktadır. Günümüzdeki tasarımcılardaki ilk aşamanın dikkate aldığı hususlar, etki eden güneşin binadaki çevresel performansına nüfuz eden etkisinin ne kadar derece etkilediği ile yakından ilgilenmektedir.

Geleneksel olarak tasarımlarda uygulanan yöntem, mimarın çevresel kaygısından uzak yer alan binayı yapıp ısıtması, havalandırması gibi tesisattaki plânlarının çizimi için projeyi tesisat işleri ile ilgilenen mühendise teslim etmek ve onların gerekmesi halinde yer yer projelerde düzeltmeler yapılmasını istemektir.

### **B. Çevresel Faktörler (Güneş Etkeni) Düşünülmeden Yapılan Bir Binada Olumsuzluklar ve Önleme Çareleri**

Binalarda açıklık boyutları ile çevresel faktörler arasında ısıtma ve soğutma bakımından ilişki kurulmaması binanın ekonomik performansına olumsuz etki eder. Bunun için tasarımcının çevresel faktörlerin farkına, bilincine vararak tasarım yapması istenir. Yapının yerleşimi ve konumu ayrı bir öneme sahip olup, yapı tasarımında yer seçiminin şansının çok az olması sebebiyle, tasarıma yapı için önceden belirlenen arazi parçası koşullarının özelliklerinden topografik düzeninin, yönü ve eğimi veri olarak değerlendirilmeli, güneş ışığı açısından en

uygun konumun belirlenmesi gerekmektedir. Bu belirlemelerin; kentin çevre dokusuna uyması gerekir. Burada binaların soğuk ve sıcak hava koşullarında ısı kazancı sağlayacak şekilde biçimlendirilmesi ön koşul olarak görülebilir.

Binaların boyları ile iklim arasında ilişki vardır. Soğuk ve kuru iklim bölgelerinde kompakt bir yapı oluşturulmaktadır. Buna benzer yapılarda soğuk çevre etkilerine maruz kalmaması açısından minimum yüzeyin oluşturulması gerekir. Kareye yakın olan kompakt yapıların enleri ile boyları arasındaki fark küçük olmaktadır.

Yapının daha da genel olarak güneşteki ışınların yüklendiği önemli görevlerden birisi de pasif olarak iklimlendirme ve ısıtma işlevselliğidir. Güneş ışınlarına ilâve olarak aktif ısıtma ve iklimlendirme sistemleri gibi diğer enerji kaynaklarının destekleyici yöntemlerle binalarda iç iklimsel koşullar sağlanır.

### **C. Yapılarda Güneş Etkisini Optimize Etmede Yönlendirme Binalara güneş etkisinin en uygun koşullarda ve miktarda gelmesini sağlayabilmek için;**

1. Yapının inşasında amaç ve kullanıcı analizlerinin yapılması,
2. İklimsel konfor koşullarının saptanması,
3. Güneşin ısıtmasına gereksinme ihtiyacı olan yapıların belirlenmesi,
4. Yapının yüzeyinde bulunan günlük güneş ışınının süresinin tespit edilmesi,
5. Güneş ışınlarını optimize edebilecek detay ve malzeme parametrelerinin değerlendirilmesi,
6. Tespit edilen değerlere göre yapının taşıyıcı sistem modelinin belirlenmesi gerekir.

Değişik amaçlı inşa edilen yapılar için batı-doğu doğrultusunda uzanmakta olup, yani uzun bulunan yüzeyleri kuzeye ve güneye, dar yüzleri doğuya ve batıya bakan binalar yönlendiriliş biçimi en uygundur. Bu tarz yapılarda değişik bulunan mekanları karşılıklı olarak her iki bulunan yüzeye yerleştirmekte mümkün olmaktadır. Kare olarak tasarlanan planlı yapılarda ise, her bir mekân için değişik olarak yönlendirme söz konusu olabilmektedir.

Binalarda, yapının iç ısı konforunu sağlayabilmek için güneş yörüngesine bağlı yönlendirmeler önemlidir. Güneş etkenlerine göre yapılan bir yönlendirme vasıtasıyla hacimlerdeki istenen yüksek sıcaklıklar veya düşük sıcaklıklar elde edilebilmektedir. Herhangi bir yapıda yönlendirilmelerindeki ana ilke, kışın güneş ışınları bakımından olabildiğince faydalanmak olup, yaz aylarında ise güneşin aşırı etkisinden muhafaza etmektir. Türkiye'de bulunan yapıların kışın batı ve doğu yüzleri, güney yüzeylerine kıyasla üç kat daha da az güneş ışığı almaktadır. Bu da demek oluyor ki, binaların güney yüzü, doğu ve batı yüzeylerine kıyasla kışın sıcak, yazın daha da soğuktur. Güneybatı ve güneydoğu yüzeyleri kış aylarında yaz aylarına kıyasla daha da fazla güneşe maruz kalmaktadır.

Cam yüzeylerdeki boyutlar yapının bir diğer yüzeylerine kıyasla daha da büyük tutulmalıdır. Bu durumda; kış aylarında güneşin ısıtıcı olan etkisinden olabildiğince yararlanması sağlanır. Tasarımlarda kış aylarında güneşten yararlanılması, yazın da güneşin etkisinden korunmayı sağlayan güneş kiran çözümlerini yapmak da mümkün olmaktadır. Kuzeybatı ve batı yönlerinde bulunan mekanlarda (banyo, wc, erzak deposu, kiler vs.) cam yüzeylerin güneşten korunması amacıyla minimum boyutlarda tutulması gerekmektedir. Güneş ışınlarına göre yapılan tasarımlarda, doğu yönüne bakan yapının dış yüzeylerindeki rengin açıklığı/koyuluğu ve yüzeye yakın olan hava devinimlerinden meydana gelen değişimlerin etkili olduğunu da unutmamak gerekir.

Konutlarda yatak odalarında sabah güneşinin alınması, banyo ve tuvalet gibi hacimlerin güneş ışınlarından uzak kalması istenmektedir. Ana fonksiyonlara ilişkin olarak hacimler de ise, güney batıya ve güneye yönlendirilmesi gerekmektedir.

#### **D. Güneş Enerjisinin Diğer Enerji Türlerine Göre Avantajları**

Türkiye, dünyada bulunduğu konuma göre "güneş kuşağı" olarak adlandırılmakta olan bölgede yer almaktadır. Güneş enerjisi ile su ısıtmak, güneşle havayı ısıtmak veya soğutmak, güneş enerjisinden elektrik üretmek mümkündür. Türkiyedeki güneşli günde ortalama bir metrekareye gelen güneş ışığının miktarı, 1(bir) litre petrolle eş değer olarak enerji temini sağlamaktadır.

Türkiye toprakları üzerinde bulutsuz bir günde düşen güneş enerjisi miktarı, bugün bulunan petrol fiyatlarının esas alındığında (1(bir) “varil petrol” 66 USD-2008) 100 milyar USD doların üzerindedir. Dünyanın genelindeki güneş enerjisi vasıtasıyla su ısıtma sistemlerinin %3'lük bir paya sahip olmasına rağmen, üretimin yarısının ülke içerisinde kullanılan %8'lik AB ülkeleri ve Çin' in ardından 3. (üçüncü) sırada yer almaktadır. Bu veriler güneş enerjisi kullanmanın ne kadar yararlı olacağını göstermektedir.

Türkiyenin büyük olarak çoğunluğu Güneydoğu Anadolu, Ege ve Akdeniz bölgelerinde olmak üzere, yaklaşık olarak üç-üç buçuk (3-3.5) milyon konutta güneş enerjisi yer almaktadır. Bu güneş enerjisi toplayıcıların tümü ise on sekiz (18) milyon m<sup>2</sup> olup, yıllık olarak üretmiş olduğu enerji miktarının bir (1) milyon tona petrole eşdeğer olduğu bilinmektedir.

Güneşle havayı ısıtma ve soğutmada temel prensip, şeffaf bir yüzeyden geçerek cama benzer bir iç yüzeye yani “kolektöre” çarpmış olan güneş ışığının, kısa dalga boyunun, uzun dalga boyuna dönüştürülmesi yani “faz değiştirmesi” aşamasında içeride üretilmekte olan ısı enerjisinin kullanılması sürecidir. Dalga boyunun fizikî olarak büyümesi için girmiş olduğu camdan tekrar olarak çıkamayan ışının, -sera etkisi- olarak tabir edilen iç ısınmayı meydana getirmektedir. Tarımsal amaçlı olarak seralar ve güneş evleri buna bir örnek teşkil etmektedir. Güneş evi uygulamaları göstermiştir ki, yapı alanının yarısı kadar ısı toplar yüzeylere sahip olan, güneş duvarı, sıcak hava kollektörü veya sera mekandaki ısınma ihtiyacının yaklaşık 2/3'ünü karşılayabilmektedir. Isı yalıtımı çok iyi yapılmış binalarda bu yüzey miktarı 1/5'lere kadar düşebilmektedir.

## **1. Güneş enerjisini kullanmanın dezavantajları**

Enerjideki ihtiyacın çok olmasından dolayı kış aylarındaki güneş ışınını az ya da hiç bulunmamaktadır. Söz konusu ışınımın sürekli olmaması depolanmasını gerektirir. Ancak, depolama imkânları sınırlıdır. Öte yandan, birim yüzeye ulaşan güneş ışını az olabileceğinden büyük ölçüde bina yüzeylerine ihtiyaç bulunmaktadır. Geceleri yüzey alanının artırılması için çok girintili çıkıntılı, hareketli bina cephe tasarımlarına yönelmek gerekebilir. Bu husus bir yerde tasarımcıyı zorlayan etmen olarak karşımıza çıkabilir. Güneş ışınımından faydalanan bir binanın, Çevre ve ekolojik denge unsurlarının hâkim olması

gereken bir durumda bina çevresini ağaçlandırmada kısıntıya gidilmesi pek istenen bir durum değildir. Güneş ışınından yararlanılmakta olan birçok tesisat malzemelerinin yatırımdaki ilk maliyetinin fazlalığı ve bazılarının şu anda ekonomik olmaması dikkate alınması gereken hususlardandır.

## **2. Güneş (tromp) duvarları yöntemiyle güneşten yararlanma**

Güneş evlerinde, herhangi bir yapısal yöntemle güneş enerjisinin toplanması esastır. Bunun için en geçerli ve yaygın yöntem tromp duvarlarının teşkil edilmesidir. Güneş duvarlarındaki “tromp” üstte ve altta, iç mekanlara açılmakta bulunan hava menfezleri bulunmaktadır. Altta bulunan iç menfezden tromp duvarına ulaşan serin hava, güneşin etkimesi ile ısınmakta olup, hafiflemesi sebebiyle yükselip üstte yer alan menfezden tekrardan evine dönmektedir. Yaratılmış olan konveksiyon akımı vasıtasıyla iç mekânın hızla ısınmasını sağlamaktadır. Bu tip enerji üretiminde gündüz elde edilen ısının gece kullanılabilmesi için ısının bina duvarında veya kum, çakıl ve su benzeri ısıl kütlelerde depolanması gerekmektedir. Türkiye’de bazı uygulamalarda, duvar üzerinde ısı biriktirme veya doğrudan mekâna verme şeklin- de kurgulanan detaylar, yazın istenmeyen ısı artışlarına sebep olmaktadır. O yüzden bu tür detaylarda uygulamaların, özellikle uzun kış dönemine sahip bölgelerde, daha verimli olacağı düşünülmelidir. Buna karşılık, özellikle çok güneş alan güney illerimizde, kış aylarında nispeten daha düşük değerlerde olan ısınma ihtiyacının güneşin ısıttığı hava ile karşılanabilmesi, bu yörelerde ısınmanın elektrik kullanarak ve çoğunlukla klima ile karşılanmasının getirdiği ağır yükü sıfıra indirebilecektir (Erengözgin, 2008).

## **3. Güneşten soğutma yöntemiyle yararlanma**

Güneş evi seralarda ve duvarlarında, içe açılanlara ilave olarak sadece üstte dış mekâna açılan menfezler mutlaka bulunmalıdır. Üstteki iç menfez kapanıp dışa bakan açılırsa, yine ısınıp yükselen, baca etkisi ile sürüklenen hava, kuzey cephesindeki açıklıklardan (pencere ve menfezlerden) ya da 3 metre toprak altındaki 15 +5°C sabit ortamdan, yer altı kanalları ile gelecek olan serin havayı içeri çekecektir. Bu bir vakum etkisidir. Bu kurgu sayesinde gerçek soğutma sağlandığı gibi, sürüklenen havanın yarattığı esinti, tıpkı bir vantilatörün yaptığı gibi ayrıca serinlik hissi yaratacaktır.

Yaz aylarında, sera ve güneş duvarları yüzeyinde aşırı ısınmayı önlemek için, kışın yaprağını döken sarmaşık ve ağaçlarla bu bölümlerin gölgede kalması sağlanmalıdır. Kendi enerjisini üreten yapılarda, güney cephesinin, yaprağını döken bitkilerle yaz güneşinden korunması enerji verimliliği adına doğru bir yaklaşımdır. İğne yapraklı ağaçlar daima yapının kuzeyinde yer almalı ve yapıları sert rüzgârlardan korumalıdır. Doğru şekilde seçilmiş ağaçlar, rüzgâr engeli ve gölgelik vazifesi görerek bir binanın ısıtma ve soğutma maliyetini %10 azaltabilir. Ağaçlar gölge sağlamakla beraber çevreden ısı emerek suyu buharlaştırır ve yeşillendirilmiş bölgelerde hava sıcaklığının kıraç bölgelere nazaran, 4°C kadar daha düşük olmasına katkı sağlar. Güney ve batı yönlerdeki ağaçlar yaz aylarında soğutma sistemlerine en büyük desteği sağlar (Çengel, 2008)" Yaz gecelerinde, dış hava gündüze göre daha serin olduğundan dışarıya açılan dış menfez kapatılacak, bu kez yukarıdan seraya ve güneş duvarlarına giren sıcak iç hava, dışarıdaki cam yüzeyde soğuyarak aşağı inecektir. Ve aşağıdaki menfezlerden ya da kapılardan mekâna yine geri dönerek iç serinliğe önemli katkı sağlayacaktır.

Zemine oturan veya bodrum katı olan binalarda (zemin altı) doğadan çıkan radon gazının insan sağlığı üzerinde olabilecek olumsuz etkileri görülebilir.

#### **4. Güneşten elektrik üreterek yararlanma**

Güneş enerjisinden elektrik üretimi, temelde iki farklı metotla yapılmaktadır. Birincisi; yarı iletken teknolojinin üretimi olan foto voltaik panellerde gün ışığının doğrudan elektriğe çevrilmesi, ikincisi ise parabolik oluklu, aynalı kolektörler veya güneş kulesine yansıtılan ışığın sistemde dönen akışkanı ısıtarak buhar üretimi ve buhar türbininden elektrik üretimidir. Birbirlerinden farklı özellikler gösterse de her iki teknoloji, elektrik üretim metotları arasında yeni teknolojiler olup, çevresel etkilerinin diğer teknolojilere göre çok az olması, yakıt girdilerinin olmaması ve tamamen sürdürülebilir olmaları nedeniyle birçok ülkede teşvik edilmektedir.

Bir ülkenin teknoloji üreten veya ithal eden "yenilenebilir enerji" teknolojilerine teşvik vermesinin ardında çok basit ve mantıklı bir neden vardır. Bu teknolojiler ilk yatırım bedellerini 5 ilâ 15 yıl arasında geri ödeseler de elektrik üretiminin tamamen doğal yolla olması, yakıt maliyeti olmaması, bakım

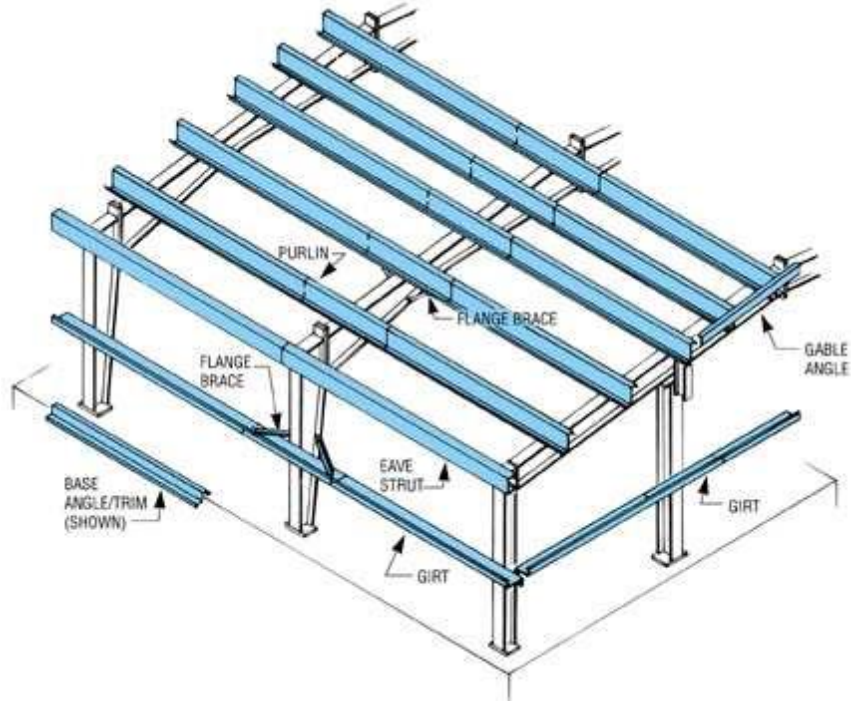


ve söküm maliyetlerinin de konvansiyonel üretim metotlarından çok daha düşük olması anlamına gelir. Bir lke bu enerji kaynaklarından üretilen enerji oranında "bağımsızlığını" ifade edebilir (Aık, 2013).

### **E. Amaç ve Kapsam**

elik yapı ereve sistemlerinde, ticari yapılardan sonraki, sünekliği, dayanıklılığı, temiz ve geniş bir açıklık geçebilmesi, esnekliği, geri dnebilmesi, tesisatın yapıya entegresindeki kolaylık, depremde gösterdiği iyi performansı, fırtına/hortum gibi doğal afetler meydana geldiğinde yukarıdan emilmeye karşı daha iyi dayanım, haere oluşumuna sebep olmaması, çevresel atıkların azlığı gibi özelliklerinden dolayı ABD' de ve Kanada' da konutta kullanımı yaygınlamıtır [*Scharff, R., 1996.*].

Amerika'da yaygın kullanılmakta olan ahşap evlerin yerlerini 1980 yıllarında hafif elik yapılar almaya balamıtır. Ahaptaki fiyat dalgalanmalarının artmakta olan taleple doğru orantılı olarak yükselmeye balaması, taşınmasının kolaylığı bakımından ve %100 oranında geri dönüşümünün mümkün olduğu kadar hafif elik malzemedeki üstünlüğün piyasadaki hafif elik yapılara doğru yönelmesine olanak sağlamıştır. Günümüzde Amerika'da çift ve tek katlı konutların yaklaşık %20 si hafif elik yapı sistemi ile üretilmektedir (SFA, 2007; Terim, B., 2006). Ülkemizdeki üretilen elik profil çeşitliliğinin azlığından dolayı istenilen kesitlere en yakın olarak, büyük kesitlerin kullanılması elik taşıyıcı sistemlerinde ortalama olarak % 15-20 daha fazla malzeme kullanımına sebep oluşturmaktadır. (Arda, 2001). Üretimdeki 0,84 mm – 2,5 mm arasındaki levha kalınlıklarında hafif elik bileşenlerine ait kesitleri ile sisteme ilişkin uygun çözüm gerçekleştirilmekte olup, ince cidarlı olan galvaniz profiller yapısal ağırlık olarak özellikle elik çatı yapı sistemlerinde daha yoğun ve verimli olarak kullanılmaktadır. Ayrıca yapı bileşenlerinin ve yapı sisteminin de hafif olmasından dolayı deprem etkilerine daha az maruz kalmakta ve binaya gelen yükün azalmasını sağlamaktadırlar. Bu sebeplerden ötürü, hadde profil elik konstrüksiyon veya betonarme binaların çatılarında da özellikle hafif elik konstrüksiyon olanatı sistemlerinin kullanılması yaygın olarak tercih edilmektedir (ekil 1).



Şekil 1. Hadde profili çelik konstrüksiyon üzerine hafif çelik merteklerin uygulanması (Arda, 2001).

Bu çalışmada, GES panellerinin taşıyıcı sistemini oluşturan hafif çelik konstrüksiyon sistemleri yerine hafif çelik taşıyıcılı yapıım sisteminde uygulanan konstrüksiyon incelenmektedir.

## II. HAFİF ÇELİK YAPI SİSTEMLERİ VE GES

### A. Hafif Çelik Yapı sistemleri

Hafif çelik sistem, sahip olduğu avantajlara rağmen ülkemizde yerini yeterince bulamamakta ve tanınmamaktadır. Avrupa ve Amerika’ da oldukça yaygın kullanılmakta olan bu yapı sisteminin ülkemizde de yaygınlaşabilmesinin sağlanması amacıyla sunulmuş olunan imkanlar doğrultusunda yeterli bilincin oluşması ülkemiz adına büyük önem arz etmektedir. Hafif çelik sistemli yapıların montajının eksiksiz ve doğru bir şekilde yapılabilmesi için birleşim detaylarını bilen kalifiye, nitelikli elemanlar gerekmektedir. Proje ve uygulama becerisine sahip iş gücü eksikliğinin bulunması hafif çelik sistemin tercih edilme sıklığını azaltan unsurların başında yer almaktadır. Ayrıca, ülkemizde ne yazık ki çelik kelimesi işitildiğinde ardında çok pahalı olabileceği önyargısını taşımakta olduğu aşıkardır (Balcı, 2003). Çelik yapı üretiminin bilinen geleneksel yapı sistemlerindeki kıyasa binaen pahalı algısının olması, yapılarda sadece taşıyıcı sistemlerdeki kullanılan ürünlerin piyasa koşullarında yer alan parasal değerleriyle değerlendirilmesi sonucunda oluşmuştur. (Özdil, S., 2001). Ancak, yapı maliyetinin ilk olarak üretim aşamasından, kullanım ömrünün sonuna kadar yaşam döngüsü boyunca bütünlüğünün düşünülmesi şarttır. Taşıyıcı sistemde yer alan maliyetin, genel toplam maliyete oranını genel anlamda değerlendirildiğinde %5 ile %15 arasında olmakla birlikte; ülkemizde üretilmekte olan yapıların genelinde %15, konut yapılarında ise %30 alınabilmektedir. Çelik malzemesinin diğer ürünlere kıyasla %20 pahalı olduğu varsayıldığında %15’lik kısmının %20 pahalı olması, sistemin aslında tamamına %3-4’lük ek bir yük getirdiği gözlerden kaçmaktadır. Bu oran konut yapılarında %6-%10 arasındadır. Bu ek gider kalemi için aslında can güvenliği ve depreme karşı dayanımının bir bedeli olarak da görülmesi mantıklı olacaktır (Özdil, 2001).

Yapıda erken tamamlama, yatırım finansmandaki geri dönüşümdeki ivme, iskele ve kalıp giderlerinin minimum düşürülmesi, daha az sayıda kalifiye işçi vasıtasıyla sistemdeki montajının tamamlanması, çelik yapı elemanların fabrikada

ön üretimli olarak üretilebilmesi sayesinde malzemedeki kayıpların minimum indirilmesi, %100'e yakın olarak geri dönüşümün sağlanabilmesi, dünya genelinde sigorta ve banka şirketlerinin çelik yapılara olan güvenden dolayı kolay sigorta ve kredi güvencesi sağlaması sebebiyle ödemede kolaylıkların sağlanması gibi avantajlar da göz önüne alındığında sistemi, bilinen geleneksel sistemlerden maliyete kıyasla bir farkının olmadığı gerçekten de görülecektir (Yıldırım, 2003). Ülkemizde yer alan hafif çelik yapılara ait özel olarak bir yönetmeliğin henüz bulunmamasından ve sistem hakkındaki bilinmezliklerin çokça bulunması, aslında kullanımın da yeteri kadar yaygınlaşmasında bir başka nedenler arasında gösterilebilir. Ayrıca, modül sistem sözü duyulduğunda akıllara kısıtlı bir planlama gelmesinden ötürü, mimarlar genellikle bu hafif çelik yapıım sistemine karşı önyargılı olarak yaklaşmaktadırlar. Pek çok farklı olarak alternatifin oluşturulması mümkün olan bu sistemlerde; özellikle de zaman faktörünün ciddi olarak önemsendiği yapılarda bir alternative yapı sistemi olarak düşünülebilmektedir. Demonte edilebilir bir sistem olmasının sunmuş olduğu sürdürülebilirlik ve esneklik imkanları da göz önüne alındığında yaşam döngü sürecinin değerlendirilebilmesi ile bu sistem hakkındaki ön yargıların kaldırılabilmesi düşünülmektedir. Bu çalışmada, örnek bir modül tasarlanmış olmakla birlikte, standart bir modül ile esnek tasarımların mümkün olduğunun aslında ortaya konulması amaçlanmaktadır (Yılmaz., 2017).

## **B. Güneş Enerji Santralleri**

Güneş enerjisi pazarında 2014 yılından sonraki % 25 civarında büyüme oluşmuştur. Güneş enerjisi kapasitesindeki 2015 yılında bulunan 50 GW'lık artış ile küresel ölçekte ise toplamda aslında 227 GW kapasiteye ulaşmıştır. Avrupa, güneş enerjisi gücünde kapasite olarak değerlendirildiğinde Kuzey Amerika ve Asya 'nın önünde yerini almaktadır. Sırasıyla en yüksek bulunan fotovoltaik güneş sistemi kapasitesine bakıldığında sırasıyla Almanya, Japonya, Çin, İtalya ve ABD' ye aittir (Karagöl & Kavaz, 2017).

Doğal çevrenin korunmasının, iklim değişikliğinde meydana gelen zararlardaki azalma, enerji tüketimi ve üretimi kaynaklı olarak çevresel sorunların onarılması dünyadaki tüm bulunan insanların sorumluluğunda yer almaktadır. Bu sebeptendir ki, düşük olarak çevresel etkiye sahip olan yenilenebilir ve

sürdürülebilir enerji kaynakları bulmak ve özellikle bu hususta yeni teknolojilerin geliştirilmesi zorunlu hale gelmektedir. Güneş enerjisi bu bakımdan önem kazanmaktadır (Varınca & Varank, 2005).

İmzacı ülkeler olarak Kyoto Protokolünde fosil yakıtın bağımlılığının azaltılmasını zorlayan bir sürü yaptırım ele alınmaktadır. Ayrıca, çevre dostu ve yenilenebilir enerji teknolojilerindeki kullanımının artırılmasına ve bu yöndeki araştırmaların özellikle teşvik edilmesi desteklenmektedir (Bahnemann, 2004; Güçlüer & Batuk, 2011; Şahin, 2009).

Güneş enerjisinin diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına kıyasla daha da yaygınlaşabilecek özelliklere sahip olmaktadır. Bir diğer enerji kaynaklarına yapılan kıyasla, düşük verimlilik faktörü ve aşırı kurulum maliyetleri gibi ekonomik ve teknolojik zorlukların aşılmasında, güneş enerjisi sistemini gelecek yıllarda daha da çekici hale getirmesi muhtemeldir. Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyelinin uygun olmasına istinaden yeterince yararlanılmadığı düşünülmektedir. (Bahnemann, 2004; Taktak & Mehmet, 2018; Winston & Hinterberger, 1975)

Güneş enerjisi santrallerindeki, birim alandan elde edilmekte olan arazi büyüklüğü ile enerji miktarı arasında aslında sıkı bir ilişki yer almaktadır. Arazinin ne kadar büyük olması, kurulu güçte de o kadar fazla olmaktadır. Bir diğer santrallerle karşılaştırılma yapıldığında, güneş enerji santrallerinin kurulumuna daha geniş imkanlı araziler gerekmektedir (SARSICI, 2020).

Bilgi teknolojilerinden ve uydulardan elde edilen görüntülerinde yaşanmakta olan hızlı gelişmelerin meydana gelmesi, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) gelişmesini doğrudan etkilemektedir (GEYMEN, 2016; Kaya & Toroğlu, 2015). Bu sistemlerdeki güvenilir ve hızlı yapı, ülkemizde ve dünyada Uzaktan Algılama ve CBS tekniklerinin kullanılmasında su havzalarındaki arazi kullanım değişiklikleri hususunda detaylı olarak çalışmaların yapılmasına sebep oluşturmaktadır (AKBULAK, 2008).

### **III. DEPREME DAYANIKLI YAPISAL TASARIM**

#### **A. Yer Hareketleri ve Sismik Kuvvetler**

Yapısal tepkiyi değerlendirmede önemli olan deprem yer hareketi faktörleri; yer ivmelerinin büyüklüğü, sarsıntının frekans içeriği ve sismik olayın süresidir; bunların hepsi de yapının temel seviyesinde ölçülürler. Deprem yer hareketlerinin nedenleri ve özellikleri, deprem kaynağından uzakta oluşan hareketteki değişimler, enerjinin anakayadan itibaren zemin içinden geçerek temel seviyesine geldiği ana kadar meydana gelebilen değişimler ve mühendislik tasarım parametresi geliştirmek için verilerin genelleştirilme prosedürleri bu bölümde ele alınmıştır.

Bir yapı içinde tasarım depremden dolayı gelişecek olan kuvvetlerin büyüklüğü yaklaşık olarak pik yer ivmeleri ile orantılıdır. Geçmiş depremler sırasında kazanılan deneyimlere göre, yapıya nispeten düşük miktarda enerji uyguladıkları için, ivme kaydında oldukça büyük bir iki pikin bulunması yapıda hasar oluşacağı anlamına gelmemektedir. Yapı gerçekte tekrarlı deprem palslarının kaba bir ortalamasına kümülatif olarak tepki verecektir. Uygulanan toplam deprem enerjisi, yapısal elemanların tekrarlı bir şekilde bükülmesinden ileri gelen progresif veya yorulma yenilmesi potansiyelindeki gibi, deprem süresinin bir fonksiyonu olacaktır. Meselâ, San Francisco'da 1989 Loma Prieta depremi sırasında oluşan hasarın büyüklüğü şans eseri olarak sarsıntının kısa sürmesinden dolayı kısıtlı düzeyde kalmıştır (*Kayabalı, 1993*).

#### **B. Tasarım Prosedürleri**

Deprem kuvvetlerine karşı koyacak yapıların tasarımı genellikle şu üç yaklaşımdan birine dayanır:

1. Dinamik deprem etkilerinin yapıya uygulanan yatay statik kuvvetler şeklinde değerlendirildiği eşdeğer yanal kuvvet prosedürü.

2.Yapı üzerindeki etkilerin değişen doğal periyotlardaki basit, tek serbestlik dereceli osilatörlerin deprem sarsıntısına tepkileri ile ilişkili olduğu tepki spektrumu yaklaşımı.

3.Tasarım depremin ivme kaydının bilgisayar analizleri yoluyla yapının matematiksel modeline doğrudan girdi olarak sağlanması.

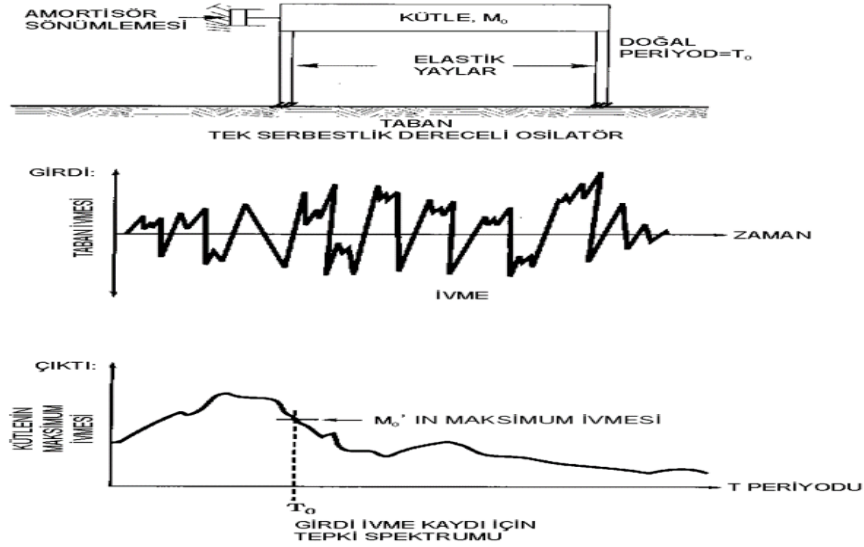
### **1. Eşdeğer Yanal Kuvvet**

Eşdeğer yanal kuvvet prosedüründe bir yapının deprem sarsıntısından gelen dinamik yüklere tepkisi, yapıya uygulanan “eşdeğer” statik yükler vasıtasıyla yaklaşık olarak bulunur. Eşdeğer statik kuvvetler, seçilmiş yatay ve düşey ivme değerlerinin yapının kütlesi ile çarpımına oranı olarak kabul edilmektedir. Uygun statik yüklerin hesaplanmasında yapı tipi, baskın periyodu, yapı önemi ve yapıyı destekleyen yerin özellikleri de dikkate alınır.

Eşdeğer yanal kuvvet prosedürü TBDY 2018 bölüm 9’da ele alınan yapı yönetmeliklerinde yaygın bir biçimde tanımlanmaktadır. Tasarım ivme değerleri bölgesel yönetmeliklerde tanımlanmış olabilir; genelleştirilmiş haritalardan bulunabilir veya belirli bir saha için analitik olarak hesaplanabilir.

### **2. Tepki Spektrumu**

Tepki spektrumu, belirli bir sönümleme ve doğal periyoddaki tek serbestlik dereceli osilatörün (Şekil 2) reaksiyonuna dayalıdır. Osilatör tabanında tasarım deprem girdisi olan ivme kaydına tepki veren osilatör kütlesinin maksimum ivmesi bilgisayar analizleri yoluyla belirlenir. Osilatörün doğal periyodu ile ilişkilendirilen kütlenin maksimum ivmesi tepki spektrumunda bir noktaya karşılık gelir. Aynı ivme kaydını aynı sönümleme derecesinde fakat değişen doğal periyotlardaki osilatörlere uygulamak suretiyle ilave noktalar elde edilir. Pratikte, gerçek veya yapay olarak elde edilmiş birkaç deprem ivme kaydı kullanmak suretiyle tepki spektrumları eğrisi geliştirilir. Tasarım tepki spektrumu, hesaplanan spektrumlar ailesinin düzleştirilmiş zarfı olarak alınır.



Şekil 2. Tepki spektrumunun oluşturulması (Kayabalı, 1993)

### 3. Deprem Kayıt Analizi

Tepki spektrum analizine alternatif dinamik tasarım yaklaşımı, yapının kendi temeline uygulanan seçilmiş gerçek veya yapay deprem yer hareketlerine tepkisinin modellenmesidir. Doğrusal elastik sistemler ile ilgili hesaplamalar COMBAT, SAP ve ANSYS gibi bilgisayar programları ile yapılabilir. Bu analizlerde modellenen yapının modal özelliklerini tanımlayan dinamik hareket denklemleriyle 0,001 saniye gibi küçük zaman artışları uygulanarak iterasyon yapılır. Herbir artıştan elde edilen sonuçlar bir sonraki artış için başlangıç değeri olur ve bu şekilde girdi deprem yer hareketlerinin herbirine ait ivme kayıt setinin tamamı için yapısal tepki belirlenmiş olur. Tasarım için kullanılan yapısal tepki genellikle girdi hareket setlerinden elde edilen tepkilerin bir zarfı şeklinde alınır.

Analizin bu düzeyi için önemli uzunlukta zaman ve çok çaba gereklidir; bu nedenle, genellikle sıradışı veya önemli yapılarda başvurulan bir yöntemdir.

### C. Tasarımın Değerlendirilmesi

Sismik kuvvetler için yapıların analizi ve tasarımı genellikle ekonomik ve politik olarak kabul edilebilir performansın, maksimum potansiyel depremde oluşacak kuvvetlerden önemli ölçüde küçük tasarım deprem kuvvetleri için doğrusal elastik temele dayalı olarak tasarlanmak suretiyle elde edilebileceği varsayımına dayanmaktadır. Yapıların kuvvetli yer hareketine tepkisi gerçekte doğrusal olmayan tarzda olduğundan ve deprem sarsıntısı etkilerini plastik



deformasyonlar geliştirmek suretiyle azaltacağından, bu yaklaşım mantıklı gornmektedir. Bunun anlamı, bir binanın tasarım düzeyi deprem kuvvetlerini az veya sıfır hasarla atlatabilmesi demektir. Ancak, daha büyük bir olası depreme maruz kalınması halinde yapı, plastik deformasyonlar yapının ekonomik olarak tamir edilemez ve terkedilmesi gerektiği düzeyde olsa bile gomediği ve içinde bulunanların hayatlarını tehlikeye sokmadığı sürece, kabul edilebilir düzeyde bir performans gosterecektir.

## 1. Yapı Tepkisi

Yapıların depremlere tepkisi, sistemin goreceli rijitliğine, sistemin deprem hareketinin enerjisini sonmlenme yeteneğine ve sistemin kendine has sünekliğine bağlıdır. Rijit bir yapı bir deprem sırasında yükü cezbederken, daha esnek yapılarda daha kk sismik kuvvetler gelişir. Ancak, kabul edilebilir esneklik derecesi, esnekliğin bir sonucu olan büyük yanal yerdeğiştirmelerin etkileri ile sınırlıdır. Yerdeğiştirmelerden gelen hasar birçok durumda yapısal çerçeveye değil de onun parçaları olan mimari, mekanik ve elektrik sistemlere etkir. Yapısal sistemler ortalama olarak yapı maliyetinin yaklaşık %20'sine karşılık geldiğinden ve diğer sistemler de kalan yüzdeyi oluşturduğundan, kabul edilebilir deformasyonların sınırları alınması gerekli onlemler ile yapı yonetmelikleri belirlenir.

Deprem sarsıntısı sırasında enerjinin dağıtılması veya depolanması sonmlenme ile ilgilidir. Sonmlenme deprem sırasında bir yapının tepkisini azaltır; deprem analizleri için geliştirilmiş doğrusal elastik modellerde bir sonmlenme faktoru kullanılır. Bir yapıda mevcut sonmlenme miktarı; kullanılan malzemeye, izin verilen plastik deformasyon düzeyine ve ereve bünyesinde yapısal olmayan sistemlerin deforme olma şekli ve miktarına bağlıdır. Tipik tasarımların çoğu %5 kritik sonmlenmeye dayalı olarak yapılmaktadır; bu aynı zamanda yapı yonetmeliklerinde sunulan genelleştirilmiş tasarım spektrumlarında kullanılan değerdir.

Bir yapısal sistemdeki süneklik, mümkün maksimum değerden kk deprem kuvveti düzeylerine dayalı doğrusal elastik tasarımın kabul edilebilir olduğu genel varsayımını doğrulamak açısından bir gerekliliktir. Yapısal sistemlerin süneklik faktoru, kullanılan malzemelerin ve bağların ayrıntılarının

bir fonksiyonudur. Genelde bir yapı içinde gelişen sismik faktörler artan süneklik ile azalır. Ancak, sistem sünekliğinde olduğu gibi, izin verilebilir süneklik miktarı kabul edilebilir deformasyon büyüklüklerinin bir fonksiyonu olabilir.

## **2. Taşırılık, Bağlar**

Yenilmeden veya duraysız olmadan önce iki veya daha fazla plastik menteşe oluşumu gerektiren sistem taşıyıcı olarak adlandırılır. Taşırılık, sünen elemanlarda gelişen plastik menteşelerde soğurulan yüksek miktardaki enerjiden dolayı, sismik kuvvetlere direnmek üzere tasarlanmış bir sistemde oldukça önemlidir.

Bir yapısal sistemdeki bağların ve ayrıntıların deprem sarsıntısı sırasında tekrarlanan büyük deformasyonlar esnasında bir arada kalma yeteneği, süneklik ve taşırılığı sağlamak açısından son derece önemlidir. Yapı yönetmelikleri genellikle depreme dayanıklı yapılar için özel ayrıntılandırma içerirler. Buna bir örnek, sünek beton sistemlerde kiriş-kolon eklemlerinde kapalı bağ türü donatıdır. Bir başka örnek, çelik tabliye katmanları ile destek elemanları arasındaki kaynaklardır. Üçüncü örnek, uç bağları yenilmeden önce kuşağın sünmesini temin etmek için, çapraz kuşaklı bir çekme elemanında bağ yerlerinde tam kapasitenin gelişmesidir.

## **3. Yumuşak Kat, Burulma**

Bir yapıdaki yumuşak kat kesme aktarma yeteneği nispeten eksik olan kattır. Bu katlar genellikle lokanta, dans salonu veya garaj gibi geniş açıklıklara gerek duyulan yerlerde bulunmaktadır. Yumuşak kat yapılarında deprem sarsıntısı sırasındaki yanal yerdeğiştirmenin büyük bir kısmı yumuşak seviyeye aktarılmaya zorlanır; deprem sırasında oluşan gerçek yerdeğiştirmeler elastik analizlerde hesaplanan değerlerin en az 3-4 katıdır. Deneyimler, bir yumuşak katta kolonlara gelen eğilme ve eksenel kuvvetlerin bu kolonlarda bükülmeye neden olabileceğini göstermektedir. Ayrıca, devrilme etkilerinden gelen eksenel kolon yüklerindeki artışın tespit edilmesi de önemlidir; bu durum, yumuşak kat içeren ve özellikle eksenel yüklerin büyük eğilme yükleri ile birleştiği uzun ve dar kesitli yapılarda bir problemdir.

Burulma problemleri yapının kütle merkezi sistemin yapısal kuvvetlere karşı koyan direnç merkezi ile çakışmadığı zaman ortaya çıkar. Yapının açık tarafındaki kolonlar burulma kuvvetlerine direnç göstermek üzere eğilmeye zorlanır ve kapasiteleri aşılabılır. Sünme genellikle gerilmeye uğrayan kolon-kiriş eklemlerinde oluşur. Sünme gelişirken kolon-kiriş çerçevesinin rijitliği azalır, peşpeşe yükleme devirleri sırasında burulma kuvvetleri artar ve göçme meydana gelir. Burulma problemleri sadece görünürde düzensiz olan konfigürasyonlar ile sınırlı değildir. Yapısal elemanlardaki dayanım farklılıkları da yenilme ile sonuçlanan benzer bir bükülmeye sebep olabilir. Yaklaşık olarak aynı zamanda sünecek ve direnç simetrisini sağlayacak şekilde anahtar direnç elemanları tasarlamak suretiyle burulmadan kaçınılabılır.

#### **4. Asimetri, Tokuşma**

Plan görünümü L veya T şekilli olan yapılar depremler sırasında özellikle hasara duyarlı olan yapılardır. Herbirinin en rijit olduğu yön uzun yön olduğundan, iki farklı yönde uzanan kesitler deprem sırasında farklı hareket etme eğilimi gösterirler. Hasar tipik olarak genellikle kanatların arakesitinin birbirine giriş köşelerinde meydana gelir. “Kırbaçlanan“kanadın dışarıdaki ucu, kolon-kiriş bağlantılarında daha önce burulma konusunda tanımlanan tarzda büyük yerdeğiştirmeler ve aşırı gelişmeler oluşturma eğilimindedir.

Yanyana duran iki yapı bir deprem sırasında farklı sapmalar gösterirler; bu tür yapılar arasında “tokuşma“yaygın olarak meydana gelir. Yapıların yüksekliğinin birbiri ile benzer ve kat düzeylerinin de aynı olması durumunda hasar sadece kozmetik olabilir. Ancak, kat düzeylerinin farklı olması halinde bir yapının katı bitişikteki diğer yapının kolonlarına çarparak zarar verebilir; yapısal hasar göçme derecesinde olabilir.

İki yapının yüksekliklerinin farklı olması durumunda ise, iki yapı arasındaki çarpışma sonucunda daha alçak olan yapıya önemli derecede yanal yük eklenmesi söz konusu olup, temas noktası daha uzun yapıda ani, yük cezbetme rijitlik değişimi şeklinde bir davranış sergileyebilir.

Tasarımda tokuşma etkilerinin modellenmesi imkânsız olmasa bile son derece zordur; bu nedenle, bu problemten kaçınmak için önlem olarak yapılar arasında yeterli mesafe bırakılması gerekir.

## **IV. KAZIKLI TEMEL TASARIMI**

### **A. Tasarım Felsefesi**

Teknik literatür, derin temel tasarımının yapısal yönleri hakkında çok az bilgi sağlar. Bu, geoteknik yönler üzerindeki dağ gibi bilgi ile tam bir zıtlık teşkil eder. Bina yönetmelikleri tasarım kriterleri sunar. Ancak, genellikle üst yapı kriterleri ile uyumsuzdurlar ve bazan eksik veya şüphelidirler. Birçok şekilde, bu ne yapı mühendislerinin ne de geoteknik mühendislerinin kendilerine ait olarak iddia etmediği sahipsiz bir konudur. Bununla birlikte, derin temeller bu problemlere rağmen yapısal yükleri güvenle taşımak için tasarlanabilir (Kayabalı, 2013).

### **B. Kazıkların Tasarımı**

Kazıkların yapısal tasarımı aşağıdaki yükleme koşullarının herbirini dikkate almalıdır:

- İşlem yükleri, imal edilme zamanı ve şahmerdan iskelesinde bulunma ve çakılmaya hazır zaman arasında kazığa uygulanan yüklerdir. Bu yükler; vinçler, çatallı yükleyiciler ve diğer inşaat teçhizatı ile oluşturulur.
- Çakma yükleri çakma esnasında şahmerdanın neden olduğu yüklerdir.
- Servis yükleri tamamlanmış yapıdan kaynaklanan tasarım yükleridir.

En kritik işlem yükleri, genellikle kazık Şekil 3’de gösterildiği gibi sadece bir veya iki kaldırma noktasından hemen hemen yatay pozisyonda asılı tutulduğu zaman meydana gelir. Bu, servis yüklerinden kaynaklanarlardan daha büyük eğilme gerilmeleri üretebilir. Beton kazıklar özellikle büyük ağırlıkları ve küçük çekme dayanımlarından dolayı, bu yüklerden kaynaklanan hasara eğilimlidir. PCI (1993’a) işlem gerilmesini kazığın ağırlığına artı atalet ve çarpma etkileri için ilave yüzde 50’ye dayandırarak hesaplamayı önermektedir. Kazık tasarımcısı,

Şekil 3’de gösterildiği gibi, kazık uzunluğu boyunca kaldırma noktalarını açıkça belirleyerek bu işlem yüklerine yer vermelidir (Kayabalı, 2013).



Şekil 3. Bu öngerdirmeli beton kazık bir kablo yardımıyla kazık tijlerine bağlantısı (Kayabalı, 1993)

Şekil 3’te çakma yükleri de özellikle müteahhittin büyük bir şahmerdan kullanması durumunda önemlidir. Ahşap ve beton kazıklar özellikle bu gibi hasara eğilimlidir. Çakma gerilmeleri başlıca bası şeklindedir. Ancak, bazı durumlarda önemli çekme gerilmeleri gelişebilir.

## C. Kazık Türleri

### 1. Ahşap Kazıklar

ASTM D25-91’de ahşap kazıkların minimum boyutları açıkça belirtmektedir. Ancak, belirli bir bölgedeki bulunabilir boyutlar, yerel olarak mevcut ağaçların yüksekliğine ve türlerine bağlıdır. Ahşap kazıkların baş kısımlarının çapı tipik olarak 200 ile 450 mm arasında ve ayak çapları da 125 ile 250 mm arasındadır. Ahşap kazıkların uzunluğu ağaçların yüksekliği ile sınırlı olup, tipik olarak 6 ile 20 m’dir. Ahşap, imal edilmiş ürün değil; doğal malzeme olduğundan, izin verilebilir tasarım gerilmelerini belirlemek güçtür. Ahşap kazıklar için tasarım kriterleri aşağıdakiler dahil birçok faktörü dikkate almak zorundadır:

Ağaç türleri:

- Ahşabın kalitesi (yani, budaklar, düzlük vs.)
- Ahşabın su içeriği

- Çakma esnasında maruz kaldığı herhangi bir hasarın büyüklüğü
- İslah etme tip ve yöntemi (normalde dayanımı azaltır)
- Bir kazık grubundaki kazıkların sayısı (eğer bir kazık zayıf ise fazlalık)

Kuzey Amerika’da kullanılan ahşap kazıkların büyük çoğunluğu ya Güney çamı ya da Douglas köknarı olup, çoğu bina yönetmelikleri bu iki tip için servis yükleri altında yaklaşık 8,3 MPa izin verilebilir bir eksenel gerilme ( $F_a$ ) verir. Bu tasarım değeri büyük olasılıkla, çakma gerilmelerini kontrol etmek için bir dalga denklem analizi kullanılması koşulu ile yeterlidir. Ancak, dalga denklemi analizi yokluğunda, mühendislerin çoğu özellikle önemli uç taşıma olduğu zaman, bu izin verilebilir gerilmenin çok yüksek olduğuna inanır (Armstrong,1978; Davisson, 1989; Graham, 1985) ve bazıları 4,8 MPa kadar düşük değerleri savunmuştur. Proje yükleri için bu düşük değer, dolaylı olarak çakma gerilmelerini azaltan daha büyük bir enine kesite neden olur. Egilmenin (bükülme,  $F_b$ ) neden olduğu izin verilebilir en uçtaki lif gerilmesi, tipik olarak yaklaşık  $2F_a$ ’dır. İzin verilebilir kesme gerilmesi ( $F_v$ ) tipik olarak  $0,09F_a$  ile  $0,10F_a$ ’dır. Ahşap kazıklar uca doğru incelendiği için, kaldırma yüklerine karşı koymak için çok uygun değildirler.

Bu nedenle, izin verilebilir kaldırma kapasitesi kazık ağırlığının yüzde 90’ı ile sınırlandırılır. Bu gibi kazıklarda çekme gerilmeleri en küçük düzeydedir. Ahşap kazıklar genellikle işlem esnasında yapısal hasara maruz kalmaz. Ancak, müteahhit, koruyucu işlemi çıkarabilecek ve işlenmemiş ahşabı açığa vurabilecek büyük aşınmalardan kaçınmalıdır. Ancak, bu kazıklar anlatıldığı gibi çakma esnasında kolayca hasar görebilirler. Bu gibi hasardan kaçınmak için, maksimum çakma gerilmeleri 20 MPa’ı aşmamalıdır (PDCA, 1998). Bu, ahşap kazıkların yalnızca hafif ağırlıklı şahmerdanlar ile çakılması gerektiği anlamına gelir ve sert çakma koşullarındaki sahalarda kullanılmamalıdır (Kayabalı, 2013).

## 2. Çelik Kazıklar

Çelik kazıklar genellikle ASTM standardı A36’ya uyan yumuşak çelikten yapılır. Bu malzemenin akma dayanımı ( $F_y$ ) 250 MPa olup, çoğu projeler için yeterlidir.  $F_y$  değeri 450 MPa kadar yüksek kazıklar da vardır. Ancak, sıkça belirtilmezler. Çünkü, çoğu uygulamalar yüksek dayanım gerektirmez ve ayrıca

kaynak yaparak birleştirilmeleri de çok zordur. Ayrıca, bazı bina yönetmelikleri kazıklarda daha yüksek akma dayanımlarının kullanımına izin vermez. Çelik kazıklardaki izin verilebilir eksenel gerilme ( $F_a$ ) ya çekme veya bası için tipik olarak  $0,35F_y$  ile  $0,50F_y$ 'dir (87–124 MPa arası) (Rempe, 1979). AASHTO çok muhafazakâr olup,  $F_a=0,25 F_y$  ile  $0,33 F_y$  kullanır. Bu iki aralıktaki yüksek değerler, genellikle yalnızca çakma koşulları elverişli olduğu zaman uygundur (yani, kazığın düz çakılacağı ve iri taşlar veya diğer engellemeler ile saptırılmayacağı yerlerde) ve çakma gerilmeleri bir dalga denklemi analizi ile kontrol edilir. Karşılaştırma için, mühendisler üstyapıda A36 çeliği için  $0,60 F_y$  ile  $0,66 F_y$ 'lik izin verilebilir bir gerilme kullanır. Üstyapıda kullanılan çelik tasarım yöntemleri bazan eğilme (bükülme) gerilmeleri için farklı izin verilebilir gerilme ( $F_b$ ) kullanır. Ancak, kazıklar için  $F_b=F_a$  kullanınız. Yapı mühendisleri üstyapıda  $F_v=0,40F_y$  izin verilebilir kesme gerilmesi kullanır. Kazıklardaki en büyük kesme gerilmesi tepede oluşur. Böylece, daha önce listelenen kazık ve üstyapı arasındaki farklılıklar o kadar önemli değildir. Bu nedenle, kazıklar için aynı izin verilebilir kesme gerilmesini kullanabiliriz. Ancak, kesme direnci için tüm en kesit alanine kullanmayınız. H kazıkları için sadece gövdeyi; boru kazıklar için toplam en kesit alanının yarısını kullanınız. Boru kazıklar çok çeşitli çaplarda ve et kalınlıklarında bulunabilir. Çelik boru kazıklarda yanal yükün yönü dikkate alınmaksızın sabit bir atalet momenti ( $I$ ) ve kesit modülü ( $S$ ) söz konusudur. Ancak, H kazıkları için  $I$  ve  $S$  cidara kıyasla yükün yönüne bağlıdır. Genellikle tasarımcının, yapılan cidar doğrultusu üzerinde kontrolü yoktur. Bu yüzden, zayıf eksenin ( $Y-Y$ )  $I$  ve  $S$  değerleri kullanılmalıdır. Ancak, bazan doğrultu açıkça belirtilir ve  $X-X$  eksen özellikleri kullanılabilir. Yüksek dayanımı ve uzayabilmesinden dolayı, çelik kazıklar işlem esnasında normalde hasara maruz kalmazlar. Ancak, özellikle müteahhitin büyük bir şahmerdan kullanması durumunda hasara uğrayabilirler. PDCA (1998) çakma gerilmelerini  $0,9F_y$  ile sınırlandırmayı önermiştir.

### **3. Beton Doldurulmuş Çelik Boru Kazıklar**

Boş çelik boru kazıklar yeteri kadar yapısal kapasite sağlamadığı zaman, mühendisler bazan bunları beton ile doldurur. Beton hem eksenel hem de yanal yapısal kapasiteyi artırır ve kazığın içine biraz korozyon koruması sağlar. Ancak, beton dolgu aşağı doğru geoteknik yük kapasitesini geliştirmez (çünkü, açık uçlu

boru kazıklar bile genellikle tümüyle tıkanmış olurlar). İlave beton ağırlığı nedeniyle, geoteknik kaldırma kapasitesi hafifçe artar.

#### 4. Öngerdirmeli Beton Kazıklar

Örnek bina yönetmelikleri ve AASHTO yönetmeliği, öngerdirmeli beton ayrıntısı hakkında özel gereksinimleri ve izin verilebilir basınç gerilmesi için aşağıdaki gereksinimi

Şart koşar:

$$F_a = 0,33f'_c - 0,27f_{pc}$$

Burada:

$F_a$ =eksenel yük nedeniyle betondaki izin verilebilir basınç gerilmesi

$f'_c$  =betonun 28 günlük basınç dayanımı

$f_{pc}$ =toplam kesitteki efektif öngerdirme gerilmesidir.

Bu gereksinim, sadece eksenel basınca maruz kalan kazıklar için uygundur. Ancak, yanal veya kaldırma yüklerine maruz kazıklar için destek sağlamaz.



## V.GES PROJESİ KAPSAMINDA TAŞIYICI SİSTEMİN TASARIMI

### A. Arsa ve Yapı Hakkında Bilgi

Bu rapor Çankırı ilinde yapılması planlanan GES projesi yapısal elemanlarının tasarım prensiplerini açıklamak, konuyla ilgili tüm kabulleri belirtmek ve bu tez kapsamında tasarım sonuçlarının değerlendirilmesi amacıyla hazırlanmıştır. Yapısal modelleme ve hesaplar sadece bir sehpa için yapılmış olup, diğer sehpa için de bu yapı referans alınabilecektir.

### B. Kullanılan Birimler

Tasarımda gerek hesaplarda gerekse çizimlerde metrik ölçü birim sistemi (ton, m) kullanılmıştır. Ayrıca sıcaklık ölçü birimi olarak Celcius ( $^{\circ}\text{C}$ ) kullanılmıştır.

### C. Malzeme Bilgisi

<b><u>Yapısal Çelik</u></b>	S355 JR
Çekme dayanımı	490-630 Mpa
Akma sınırı	355 Mpa (t < 16 mm)
	345 Mpa (16mm <t< 40 mm)
	335 Mpa (40mm < t)
Elastisite Modülü (E)	206182 Mpa
Kayma Modülü (G)	79434 Mpa
Isı Genleşme Katsayısı	0,000012 $^{\circ}\text{C}^{-1}$

**Alüminyum :** EN AW 6060

EN AE 6063

**Civata** Grade 8.8

Minimum Akma Dayanımı (fyb): 640 Mpa

Minimum Kopma Dayanımı (fub): 800 Mpa

#### D. Yükler ve Kombinasyonlar

GES Panelinin Yönetmelikler çerçevesinde tasarım sonuçlarının değerlendirilmesi amacıyla SAP2000 programına tanıtılması için aşağıda çizelge de belirtildiği şekliyle yük tanımları yapılmıştır.

Çizelge 1. Yük Tanımları Çizelgesi

G	Zati Yük
GP	Panel Yükü
Q	Kar Yükü
W(+)	Rüzgar Çekme Yükü
W(-)	Rüzgar Basma Yükü
Ex	X Doğultusunda Deprem Yükü
Ey	Y Doğultusunda Deprem Yükü
T(+)	Pozitif Sıcaklık Değişimi
T(-)	Negatif Sıcaklık Değişimi

#### 1. Yük Kombinasyonları

Kombinasyonlar ASCE 7-16 Bölüm 2.4'ten alınmıştır. İlgili kombinasyonlar ve yük katsayıları aşağıda çizelge 2 ve 3 'te verilmiştir.

Çizelge 2. Yük Kombinasyonları

	COMB1	COMB2	COMB3	COMB4	COMB5	COMB6
DL	1	1	1	1	0,6	1
S	-	1	-	-	-	-
Sw	-	-	-	0,75	-	-
W(+/-)	-	-	0.6 (+/-)	0.45 (+/-)	0.6 (+/-)	-
Ex	-	-	-	-	-	(+/-) 0.7
Ey	-	-	-	-	-	(+/-) 0.21
Ez	-	-	-	-	-	0,7
T(+/-)	1 (+/-)	0.75 (+/-)	0.75 (+/-)	0.75 (+/-)	0.75 (+/-)	0.75 (+/-)

Çizelge 3. Yük Kombinasyonları

	COMB7	COMB8	COMB9	COMB10	COMB11
DL	1	1	1	0,6	0,6
S	-	0,75	0,75	-	-
Sw	-	-	-	-	-
W(+/-)	-	-	-	-	-
Ex	(+/-) 0.21	(+/-) 0.525	(+/-) 0.16	(+/-) 0.7	(+/-) 0.21
Ey	(+/-) 0.7	(+/-) 0.16	(+/-) 0.525	(+/-) 0.21	(+/-) 0.7
Ez	0,7	(+/-) 0.525	(+/-) 0.525	-0,7	-0,7
T(+/-)	0.75 (+/-)	0.75 (+/-)	0.75 (+/-)	0.75 (+/-)	0.75 (+/-)

## 2. Yükler

Analiz ve tasarımda kullanılan yük hesapları aşağıda verilmiştir.

### a. Zati Yükler

Zati yük yapısal elemanların ağırlığını kapsamaktadır. Bu ağırlık kullanılan program tarafından otomatik olarak hesaplanmaktadır. Elemanların ağırlıkları malzemeye göre değişmekte olup, kullanılan malzemelerin birim hacim ağırlıkları aşağıdaki çizelge 4’te verilmiştir.

Çizelge 4. Yapı Ağırlığı Tablosu

Yapısal Çelik Birim Hacim Ağırlığı	7.85 ton/m <sup>3</sup>
Yapısal Alüminyum Birim Hacim Ağırlığı	2.70 ton/m <sup>3</sup>

### b. Panel Yükü

Projede kullanılacak panellerin ağırlığı 25 kg/adettir ve 11,67 kg/m olarak aşıklara etki ettirilmiştir.

### c. Kar Yükü

Projenin yapılacağı lokasyonun kar yükü sınıfı TS EN-1991-1-3 standardına göre III, rakımı ise 1300 metredir. Bu bilgilere göre karakteristik zemin kar yükü,  $S_k = 1.49 \text{ kN/m}^2$  alınmıştır.

Topografik bölge	C <sub>e</sub>
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 kütesinin, 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. . C<sub>e</sub> Değerleri Tablosu (TS EN 1991-1-3)

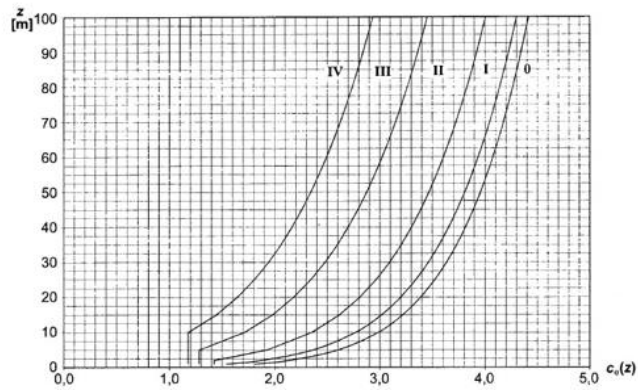
Yapı bölgesi normal topografik alanda olduğu için TS EN 1991-1-3 Çizelge 5'e göre maruz kalma katsayısı C<sub>e</sub>=1 alınmıştır. Isı katsayısı 1, çatı şekil katsayısı 0.8 olup çatıya etkiyen kar yükü 121,3 kg/m<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır.

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

Şekil 5. Kar Yükü Şekil Katsayısı (TS EN 1991-1-3)

#### d. Rüzgâr Etkisi

Projenin yapılacağı lokasyonun esas rüzgâr hızı, V<sub>b</sub> = 28 m/s alınmıştır. Esas hız kaynaklı rüzgâr basıncı q<sub>b</sub>, TS-EN 1991-1-4 standardına göre 50 kg/m<sup>2</sup> hesaplanmıştır.

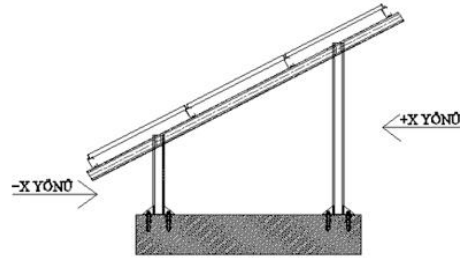


Şekil 6. Maruz kalma katsayısı (TS EN 1991-1-4)

Yapını yapıldığı bölgenin arazi kategorisi 2, yapının yerden yüksekliği ise 2,5 m dir. TS EN 1991-1-4 / Şekil 6'ya göre maruz kalma katsayısı C<sub>e</sub>= 1.4 bulunmuştur.

$W(-x)$  = Rüzgâr basınç yönü

$W(+x)$  = Rüzgâr kaldırma yönü



Şekil 7. SAP2000 Programına Rüzgar Yükleri Etkiltirme Kesit Görünüşü

Yapı tek eğimli sundurma sınıfında ve çatı eğimi 25 derecedir. Bu bilgiler ışığında TS EN 1991-1-4 Çizelge 7.6'ya göre  $C_f$  katsayıları 1 / -1,6 olarak hesaplanmıştır.

Tek eğimli sundurmalar için  $C_{p,net}$  ve  $C_t$  değerleri (TS EN 1991-1-4)

$C_f$  (  $W(-x)$  için) 1.0                       $C_f$  (  $W(+x)$  için)                      -1.6

#### **W(-x) Basınç için**

$$W = qb \times C_e \times C_f = (50 \times 1.4 \times 1) = 70.00 \text{ kg/m}^2$$

#### **W(+x) Emme için**

$$W = qb \times C_e \times C_f = (50 \times 1.4 \times 1.6) = -112.00 \text{ kg/m}^2$$

#### **e. Deprem Etkisi**

Bu tez kapsamında seçilen lokasyon ve zemin bilgileri ile AFAD TDTH İnteraktif Web Arayüzü kullanılarak, ivme katsayıları bulunmuş, bu bilgilerle SAP2000 programında Davranış Spektrumu tanımlanmıştır. Ek olarak, eşdeğer deprem yükü hesabı yapılmış, bulunan taban kesmeleri karşılaştırılmıştır.

TBDY 2018 Tablo 3.3 kapsamında söz konusu ges paneline ait Bina Yükseliğinin  $H_N < 7$  olması ve Deprem Tasarım Sınıfının 2 olması sebebiyle Bina Yükseklik Sınıfı tasarım parametrelerinde kullanılmak üzere aşağıdaki çizelgede görüldüğü üzere 8 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 5. Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları

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	HN>70	HN>91	HN>105
BYS=2	56<HN<70	70<HN<91	91<HN<105
BYS=3	42<HN<56	56<HN<70	56<HN<91
BYS=4	28<HN<42	42<HN<56	
BYS=5	17.5<HN<28	28<HN<42	
BYS=6	10.5<HN<17.5	17.5<HN<28	
BYS=7	7<HN<10.5	10.5<HN<17.5	
BYS=8	HN<7	HN<10.5	

Çizelge 6. TBDY Bölüm 3 Kapsamında Tespit Edilen Veriler

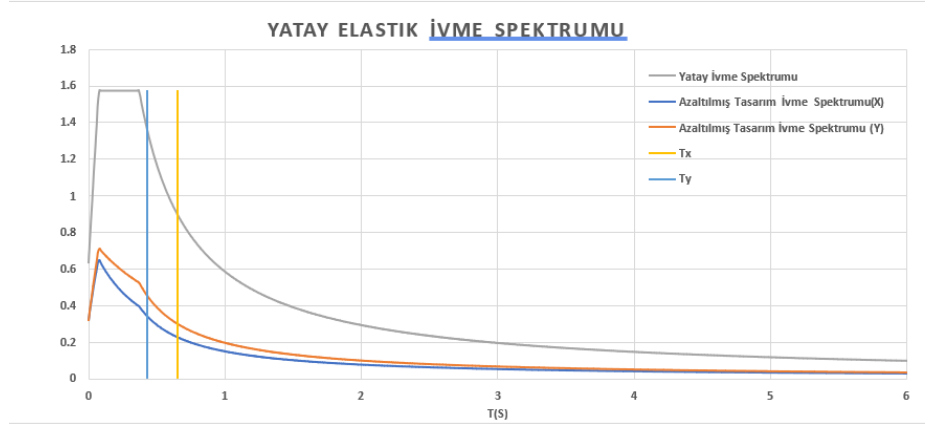
<b>Bina Kullanım Sınıfı</b>	BKS	3	Tablo 3.1
<b>Bina Önem Katsayısı</b>	I	1	
<b>Deprem Tasarım Sınıfı</b>	DTS	1	Tablo 3.2
<b>Bina Yüksekliği</b>	H N	3.00 m	
<b>Bina Yükseklik Sınıfı</b>	BYS	8	Tablo 3.3

Çizelge 7. Deprem Tasarım Sınıfları (DTS)

DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyinde Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı (SDS)	Bina Kullanım Sınıfı	
	BKS=1	BKS=2,3
SDS<0.33	4a	4
0.33<=SDS<0.50	3a	3
0.50<=SDS<0.75	2a	2
0.75<=SDS	1a	1

Çizelge 8. Deprem Etkilerinin Tahkikine Göre Elde Edilen Veriler

Tanım	Sembol	Veriler	Verinin Alındığı Yer
Kısa Periyot Spektral İvme Katsayısı	$S_s$	1.31 s	AFAD
1 Saniye Periyot İçin Spektral İvme Katsayısı	$S_1$	0.39 s	AFAD
Zemin Sınıfı		ZC	-
Kısa periyot Yerel Zemin Etki Katsayısı	$F_s$	1.20	Tablo 2.1
1 Saniye Periyot İçin Yerel Zemin Etki Katsayısı	$F_1$	1.50	Tablo 2.2
Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı	$S_{DS}$	1.57 s	-
1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı	$S_{D1}$	0.59 s	-
Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu	$T_A$	0.07 s	-
Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu	$T_B$	0.37 s	-
Yatay elastik tasarım spektrumunda sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodu	$T_L$	6.00 s	-
(X) Deprem doğrultusunda bina taşıyıcı sistem katsayısı	$R_X$	4	Tablo 4.1
(Y) Deprem doğrultusunda bina taşıyıcı sistem katsayısı	$R_Y$	3	Tablo 4.1
Dayanım Fazlalığı Katsayısı	D	2	Tablo 4.1
(X) deprem doğrultusunda binanın hakim doğal titreşim periyodu	$T_X$	0.653	-
(Y) deprem doğrultusunda binanın hakim doğal titreşim periyodu	$T_Y$	0.43	-



Şekil 8. Yatay Elastik Spektrum Grafiği

Çizelge 9. Deprem Etkilerinin Tahkikine Göre Elde Edilen Veriler

Tanım	Sembol	Veriler	Verinin Alındığı Yer
(X) deprem doğrultusunda binanın hakim doğal titreşim periyodu	$T_X$	0.65 s	-
(Y) deprem doğrultusunda binanın hakim doğal titreşim periyodu	$T_Y$	0.43 s	-
(X) Deprem doğrultusunda bina taşıyıcı sistem katsayısı	$R_X$	4	-
(Y) Deprem doğrultusunda bina taşıyıcı sistem katsayısı	$R_Y$	3	-
Düzensizlik	$\gamma E$	0.8	-
Hareketli yük kütle katılım katsayısı	$n$	0.8	Tablo 4.3
(X) Deprem doğrultusunda yatay elastik tasarım spektral ivmesi	$S_{ae}(T)^X$	0.900	-
(Y) Deprem doğrultusunda yatay elastik tasarım spektral ivmesi	$S_{ae}(T)^Y$	1.360	-
(X) Yönünde süneklik kapasitesi ve periyoda bağlı Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı	$R_a(T)^X$	4.000	-
(Y) Yönünde süneklik kapasitesi ve periyoda bağlı Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı	$R_a(T)^Y$	3.000	-
(X) Deprem doğrultusunda azaltılmış tasarım spektral ivmesi	$S_{aR}(T)^X$	0.225	-
(Y) Deprem doğrultusunda azaltılmış tasarım spektral ivmesi	$S_{aR}(T)^Y$	0.453	-



Çizelge 10. Sismik Kütle Hesapları

Kütller	Veriler
Zati	444 kg
İlave Zati	900 kg
Hareketli	0 kg
Kar	6804 kg
İlave Kütller	0 kg
Toplam Sismik Kütle	3385.2 kg

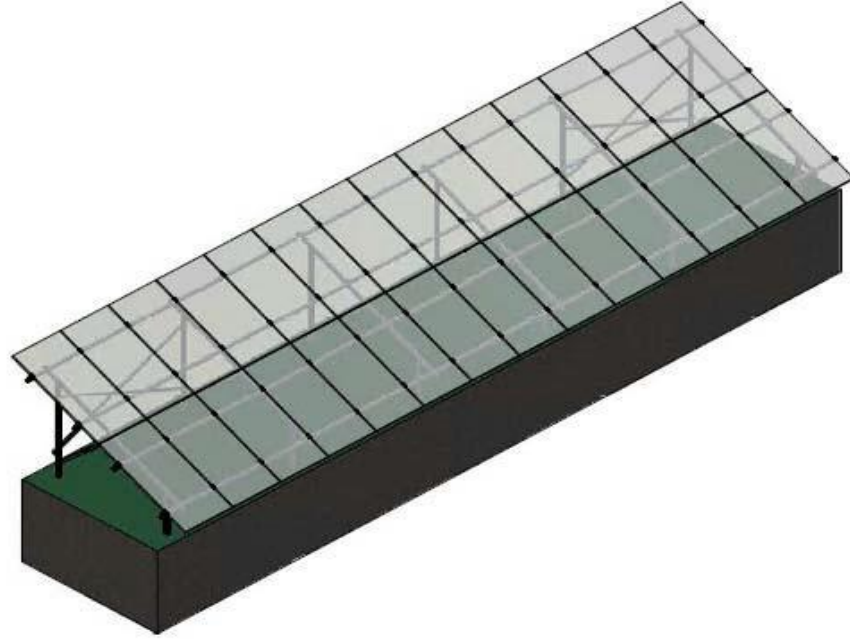
Çizelge 11. Deprem Etkileri Sonrasında binaya etkiyen deprem yükleri

Tanım	Sembol	Veriler
X deprem doğrultusunda binaya etkiyen eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti)	$V_{tE}(X)$	2088.2 kg
Y deprem doğrultusunda binaya etkiyen eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti)	$V_{tE}(Y)$	2088.2 kg
Mod birleştirme yöntemine göre X doğrultusunda binaya etkiyen deprem yükü	$V_{tx}(X)$	1973.0 kg
Mod birleştirme yöntemine göre Y doğrultusunda binaya etkiyen deprem yükü	$V_{tx}(Y)$	1973.0 kg
Eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısı, X doğrultusu	$B_{tE}(X)$	1.0 OK
Eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısı, Y doğrultusu	$B_{tE}(Y)$	1.0 OK
Eşdeğer taban kesme kuvvetine göre büyütülmüş deprem yükü (X)	$V_{tx}(X)^*$	1973.0 kg
Eşdeğer taban kesme kuvvetine göre büyütülmüş deprem yükü (Y)	$V_{tx}(Y)^*$	1973.0 kg

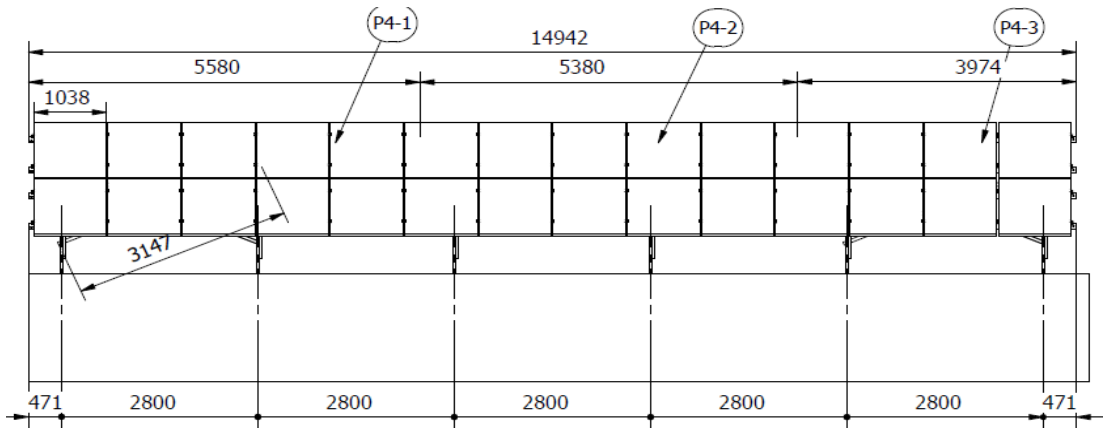
## E. Yapı Görünümleri ve Etkitirilen Yükler

Ges paneline ait yapı kesit ve görünüşleri aşağıdaki Şekil 9-10-11'de yer almaktadır.

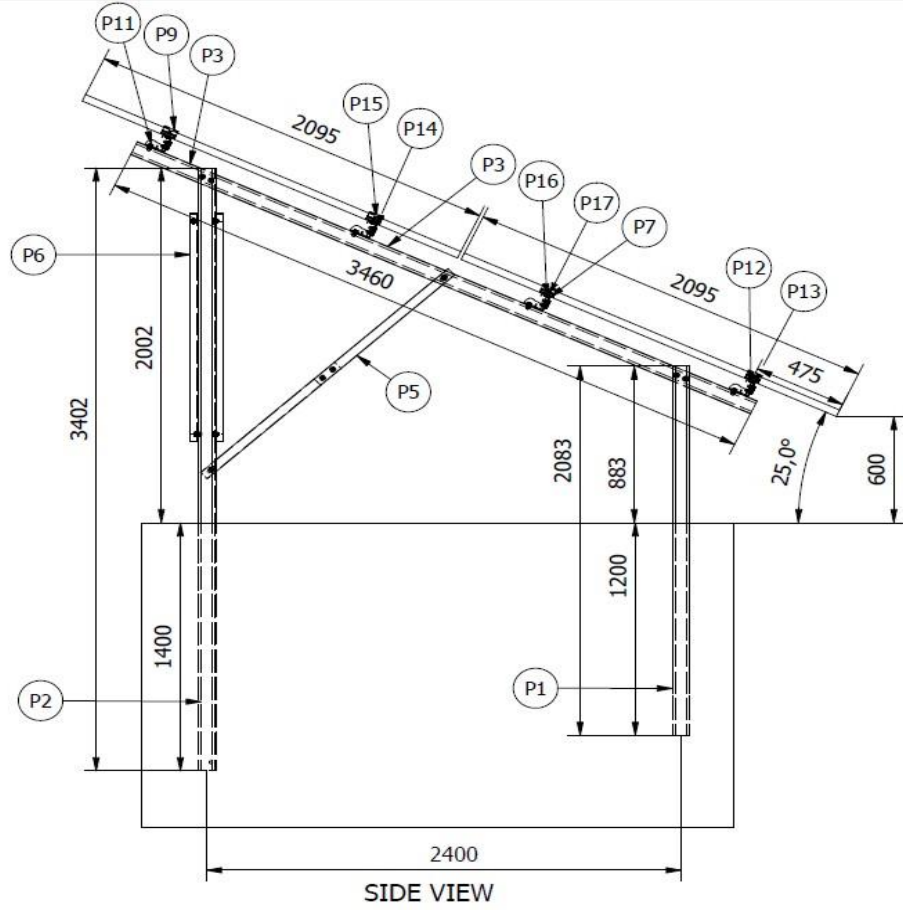
### 1. Yapı Genel Görünümü



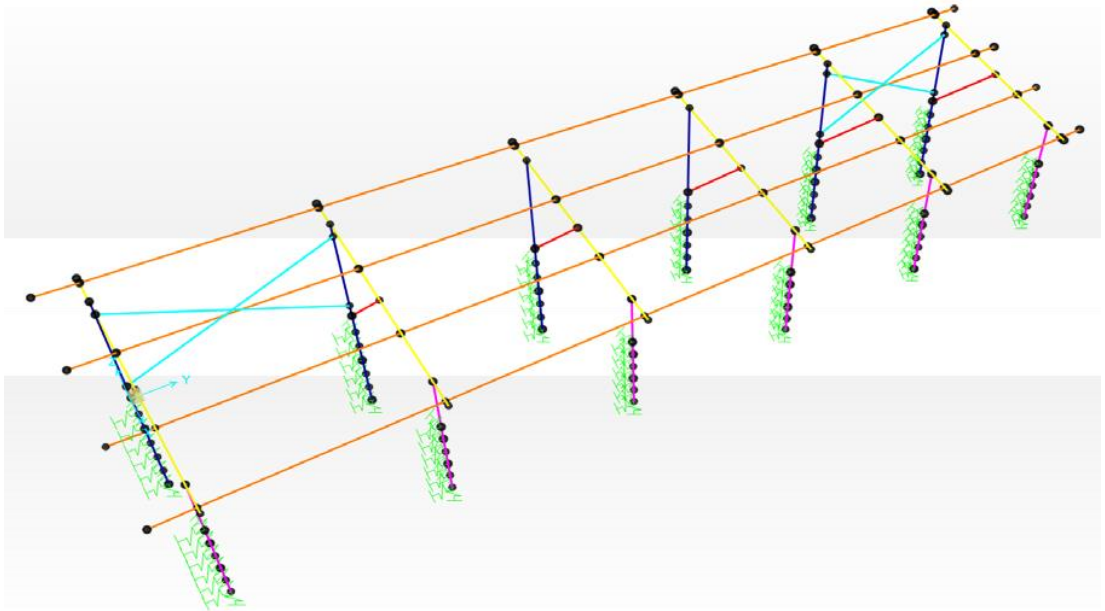
Şekil 9. Yapı 3D Görünümü



Şekil 10. Yapı Ön Görünüşü



Şekil 11. Yapıya ait Kesit Görüntüsü



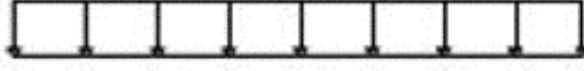
Şekil 12. SAP2000' e aktarılan modele ait görünüş

## 2. Yapıya Etkittirilen Yükleler

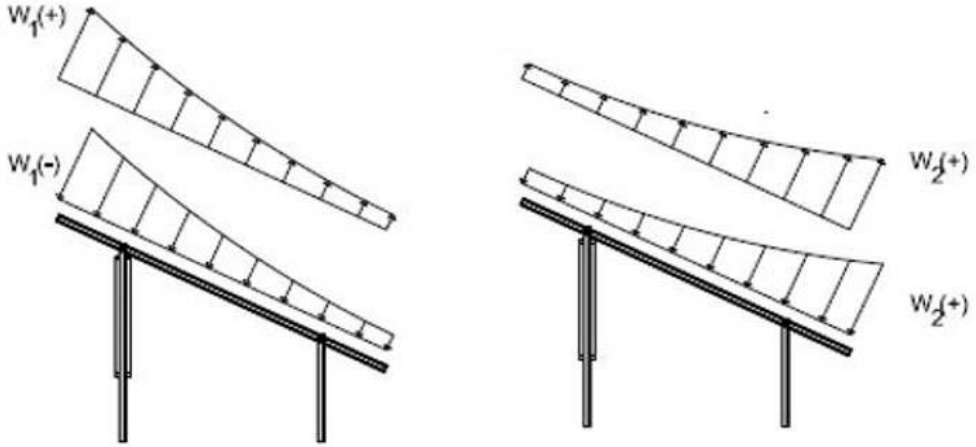
Aşağıdaki şekil 13 ve 14'te verilen alan yüklemeleri aşık arası mesafesi ile çarpılarak aşıklara yayılı yükleme şeklinde etki ettirilmiştir.



Şekil 13.  $S = 121 \text{ kg/m}^2$  (Kar Yüğü)



Şekil 14.  $G_p = 11 \text{ kg/m}^2$  (Panel Ağırlığı)



Şekil 15. Ges Paneline etkittirilen Yüklere ait grafikler

- $T(+/-) = 10 \text{ }^\circ\text{C}$  (Sıcaklık Yüğü)
- $W_x(-) = 70 \text{ kg/m}^2$  (Rüzgar Yüğü)
- $W_x(+) = 112 \text{ kg/m}^2$  (Rüzgar Yüğü)

**TSC-2018 Seismic Load Pattern**

**Load Direction and Diaphragm Eccentricity**

Global X Direction  
 Global Y Direction

Ecc. Ratio (All Diaph.)

Override Diaph. Eccen.

**Time Period**

Approx. Period Ct (m), x =

Program Calc Ct (m), x =

User Defined T =

**Lateral Load Elevation Range**

Program Calculated  
 User Specified

Max Z

Min Z

**Seismic Coefficients**

0.2 Sec Spectral Accel, Ss

1 Sec Spectral Accel, S1

Long-Period Transition Period

Site Class

Site Coefficient, Fs

Site Coefficient, F1

**Calculated Coefficients**

SDS = Fs \* Ss

SD1 = F1 \* S1

**Factors**

Response Modification, R

System Overstrength, D

Occupancy Importance, I

Şekil 16. SAP2000 Deprem Spektrum Verileri Giriş Ekranı

## F. Kesit Yeterlilikleri Kontrolleri

Kullanılan kesitler için kesit yeterlilik kontrollerine ait bilgiler aşağıdaki şekillerde yer almaktadır.

### 1. Arka Kolon Kesit Kontrolü

Ges paneline ait kolonlar 90x50x16x3 ebatlarında S355 çelik malzemeden olacak şekilde tasarlanmış olup, yeterlilik kontrolü aşağıdaki şekil 18’de verilmiştir.

**Kesit ve malzeme özellikleri:**

<b>Kesit özellikleri</b>	
Toplam yükseklik	$h = 90.0 \text{ mm}$
Basınca çalışan flaş genişliği	$b_1 = 50.0 \text{ mm}$
Çekmeye çalışan flaş genişliği	$b_2 = 50.0 \text{ mm}$
Rijitleştirici genişliği	$c = 16.0 \text{ mm}$
	$t_{nom} = 3.00 \text{ mm}$

Şekil 17. Kesit ve malzeme özellikleri

- Aşağıdaki şartlar sağlandığında EN1993-1-3'e göre dizayn yapılabilir.

$b/t < 60$	$b_1/t =$	30.00	<b>OK</b>	EN 1993-1-3; Tb. 5.1
$c/t < 50$	$c/t =$	5.33	<b>OK</b>	EN 1993-1-3; Tb. 5.1
$h/t < 300$	$h/t =$	30.00	<b>OK</b>	EN 1993-1-3; Tb. 5.1

- Yeterli rijitlik ve birincil burkulma kontrolü için aşağıdaki oranlar sağlanmalıdır

$0,2 < c/b < 0,6$	$c/b_1 =$	0.32	<b>OK</b>	EN 1993-1-3; Tb. 5.1
	$c/b_2 =$	0.32	<b>OK</b>	EN 1993-1-3; Tb. 5.1

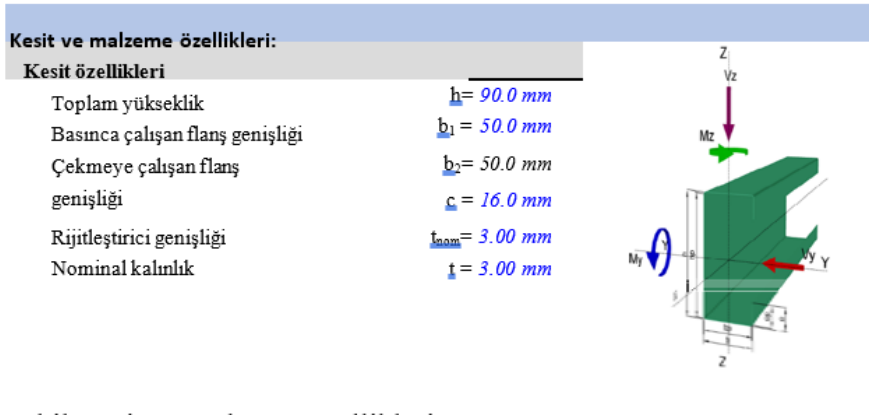
- Aşağıdaki şartlar sağlandığı takdirde köşe büküm etkisi ihmal edilebilir:

$r/t < 5$	$r/t =$	0.67	<b>OK</b>	EN 1993-1-3; (5.1)
$r/b_p \leq 0.10$	$r/b_{p1} =$	0.040	<b>OK</b>	EN 1993-1-3; (5.1)
	$r/b_{p2} =$	0.04	<b>OK</b>	EN 1993-1-3; (5.1)

Şekil 18. Geometrik yeterlilik

## 2. Ön Kolon Kesit Kontrolü

Ges paneline ait kolonlar 90x50x16x3 ebatlarında S355 çelik malzemeden olacak şekilde tasarlanmış olup, yeterlilik kontrolü aşağıdaki şekil 20'de verilmiştir.



Şekil 19. Kesit ve malzeme özellikleri

- Aşağıdaki şartlar sağlandığında EN1993-1-3'e göre dizayn yapılabilir.

$b/t < 60$	$b_1/t =$	16.67	<b>OK</b>	EN 1993-1-3; Tb. 5.1
$c/t < 50$	$c/t =$	5.33	<b>OK</b>	EN 1993-1-3; Tb. 5.1
$h/t < 500$	$h/t =$	30.00	<b>OK</b>	EN 1993-1-3; Tb. 5.1

- Yeterli rijitlik ve birincil burkulma kontrolü için aşağıdaki oranlar sağlanmalıdır

$0,2 < c/b < 0,6$	$c/b_1 =$	0.32	<b>OK</b>	EN 1993-1-3; Tb. 5.1
	$c/b_2 =$	0.32	<b>OK</b>	EN 1993-1-3; Tb. 5.1

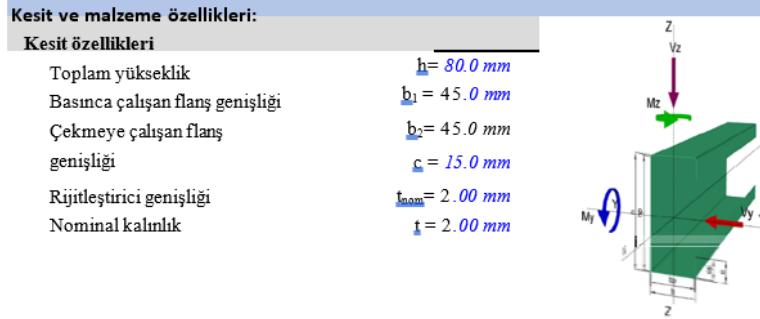
- Aşağıdaki şartlar sağlandığı takdirde köşe büküm etkisi ihmal edilebilir:

$r/t < 5$	$r/t =$	0.67	<b>OK</b>	EN 1993-1-3; (5.1)
$r/b_p \leq 0.10$	$r/b_{p1} =$	0.040	<b>OK</b>	EN 1993-1-3; (5.1)
	$r/b_{p2} =$	0.04	<b>OK</b>	EN 1993-1-3; (5.1)

Şekil 20. Geometrik yeterlilik

### 3. Kiriş Kesit Kontrolü

Ges paneline ait kolonlar 80x45x15x2 ebatlarında S355 çelik malzemeden olacak şekilde tasarlanmış olup, yeterlilik kontrolü aşağıdaki şekil 21’de verilmiştir.



Şekil 21. Kesit ve malzeme özellikleri

- Aşağıdaki şartlar sağlandığında EN1993-1-3'e göre dizayn yapılabilir.

$b/t < 60$	$b_1/t =$	22.50	<b>OK</b>	EN 1993-1-3; Tb. 5.1
$c/t < 50$	$c/t =$	7.50	<b>OK</b>	EN 1993-1-3; Tb. 5.1
$h/t < 500$	$h/t =$	40.00	<b>OK</b>	EN 1993-1-3; Tb. 5.1

- Yeterli rijitlik ve birincil burkulma kontrolü için aşağıdaki oranlar sağlanmalıdır

$0,2 < c/b < 0,6$	$c/b_1 =$	0.33	<b>OK</b>	EN 1993-1-3; Tb. 5.1
	$c/b_2 =$	0.33	<b>OK</b>	EN 1993-1-3; Tb. 5.1

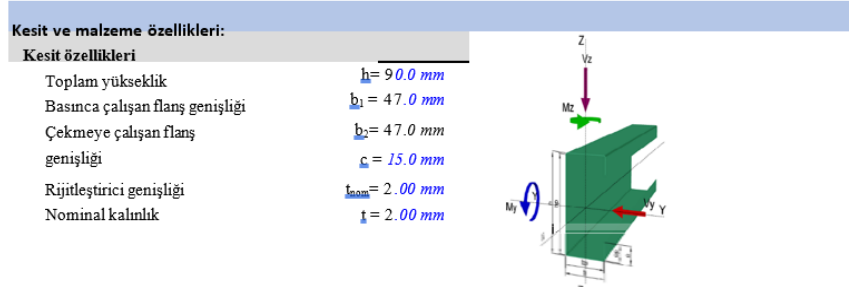
- Aşağıdaki şartlar sağlandığı takdirde köşe büküm etkisi ihmal edilebilir:

$r/t < 5$	$r/t_{\equiv}$	1.00	<b>OK</b>	EN 1993-1-3; (5.1)
$r/b_p \leq 0.10$	$r/b_{p1} =$	0.044	<b>OK</b>	EN 1993-1-3; (5.1)
	$r/b_{p2} =$	0.04	<b>OK</b>	EN 1993-1-3; (5.1)

Şekil 22. Geometrik yeterlilik

#### 4. Aşık Kesit Kontrolü

Ges paneline ait kolonlar 90x47x15x2 ebatlarında S355 çelik malzemenen olacak şekilde tasarlanmış olup, yeterlilik kontrolü aşağıdaki şekil 24'te verilmiştir.



Şekil 23. Kesit ve malzeme özellikleri

- Aşağıdaki şartlar sağlandığında EN1993-1-3'e göre dizayn yapılabilir.

$b/t < 60$	$b_1/t =$	23.50	<b>OK</b>	EN 1993-1-3; Tb. 5.1
$c/t < 50$	$c/t =$	7.50	<b>OK</b>	EN 1993-1-3; Tb. 5.1
$h/t < 500$	$h/t =$	45.00	<b>OK</b>	EN 1993-1-3; Tb. 5.1

- Yeterli rijitlik ve birincil burkulma kontrolü için aşağıdaki oranlar sağlanmalıdır

$0,2 < c/b < 0,6$	$c/b_1 =$	0.32	<b>OK</b>	EN 1993-1-3; Tb. 5.1
	$c/b_2 =$	0.32	<b>OK</b>	EN 1993-1-3; Tb. 5.1

- Aşağıdaki şartlar sağlandığı takdirde köşe büküm etkisi ihmal edilebilir:

$r/t < 5$	$r/t_{\equiv}$	1.00	<b>OK</b>	EN 1993-1-3; (5.1)
$r/b_p \leq 0.10$	$r/b_{p1} =$	0.043	<b>OK</b>	EN 1993-1-3; (5.1)
	$r/b_{p2} =$	0.04	<b>OK</b>	EN 1993-1-3; (5.1)

Şekil 24. Geometrik yeterlilik



## 5. Payanda Kesit Kontrolü

Ges paneline ait kolonlar 50x40x2 ebatlarında S355 çelik malzemeden olacak şekilde tasarlanmış olup, yeterlilik kontrolü aşağıda verilmiştir.

Kesit ve malzeme özellikleri:		
Kesit özellikleri		
Toplam yükseklik	$h =$	<u>50 mm</u>
Basınca çalışan flanş genişliği	$b_1 =$	<u>40 mm</u>
Çekmeye çalışan flanş genişliği	$b_2 =$	<u>40 mm</u>
Nominal kalınlık	$t_{nom} =$	<u>2.00 mm</u>
Gövde kalınlığı	$t =$	<u>2.00 mm</u>
Büküm çapı	$r =$	<u>2.00 mm</u>
Eleman uzunluğu	$L_y =$	<u>1.45 m</u>

Şekil 25. Kesit ve malzeme özellikleri

- Aşağıdaki şartlar sağlandığında EN1993-1-3'e göre dizayn yapılabilir.

$b/t < 50$	$b_1/t =$	20.00	OK	EN 1993-1-3; Tb. 5.1
$h/t < 500$	$h/t =$	25.00	OK	EN 1993-1-3; Tb. 5.1
- Aşağıdaki şartlar sağlandığı takdirde köşe büküm etkisi ihmal edilir

$r/t < 5$	$r/t =$	1.00	OK	EN 1993-1-3; (5.1)
$r/b_p \leq 0.10$	$r/b_{p1} =$	0.05	OK	EN 1993-1-3; (5.1)
	$r/b_{p2} =$	0.05	OK	EN 1993-1-3; (5.1)

Şekil 26. Geometrik yeterlilik

## 6. Çapraz Kesit Kontrolü

Ges paneline ait kolonlar 50x40x2 ebatlarında S355 çelik malzemeden olacak şekilde tasarlanmış olup, yeterlilik kontrolü aşağıdaki şekil 28'de verilmiştir.

Kesit ve malzeme özellikleri:		
Kesit özellikleri		
Toplam yükseklik	$h =$	<u>50 mm</u>
Basınca çalışan flanş genişliği	$b_1 =$	<u>40 mm</u>
Çekmeye çalışan flanş genişliği	$b_2 =$	<u>40 mm</u>
Nominal kalınlık	$t_{nom} =$	<u>2.00 mm</u>
Gövde kalınlığı	$t =$	<u>2.00 mm</u>
Büküm çapı	$r =$	<u>2.00 mm</u>
Eleman uzunluğu	$L_y =$	<u>1.45 m</u>

Şekil 27. Kesit ve malzeme özellikleri

- Aşağıdaki şartlar sağlandığında EN1993-1-3'e göre dizayn yapılabilir.

$b/t < 50$	$b_1/t =$	20.00	OK	EN 1993-1-3; Tb. 5.1
$h/t < 500$	$h/t =$	25.00	OK	EN 1993-1-3; Tb. 5.1

- Aşağıdaki şartlar sağlandığı takdirde köşe büküm etkisi ihmal edilir

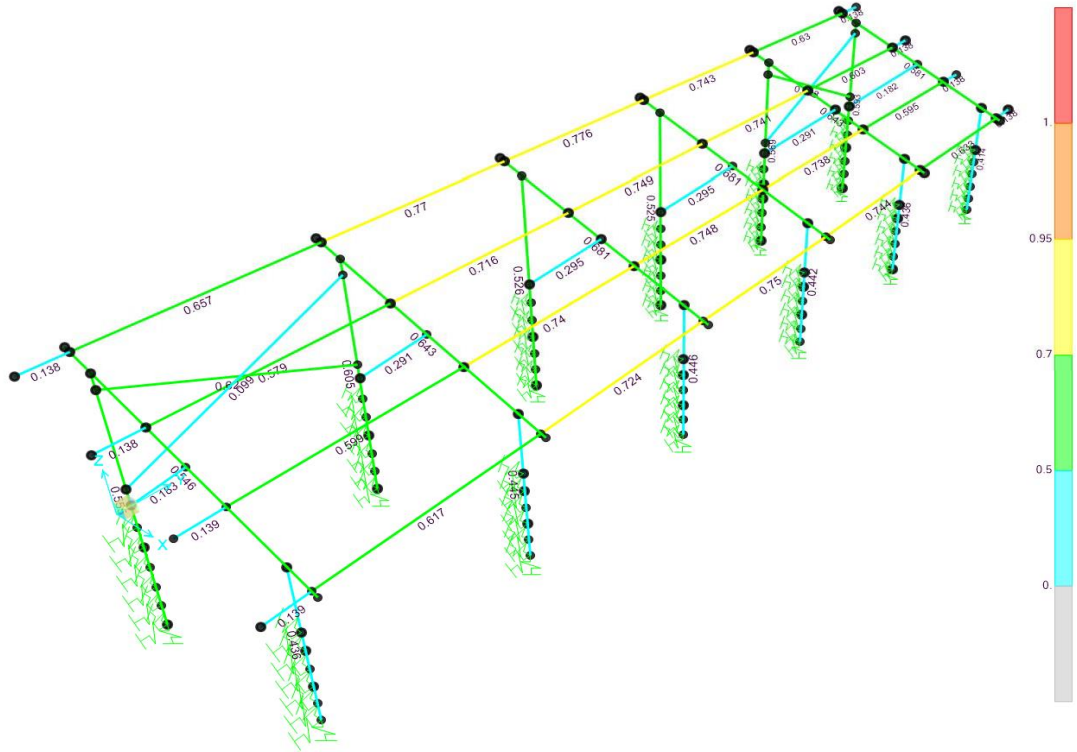
$r/t < 5$	$r/t =$	1.00	OK	EN 1993-1-3; (5.1)
$r/b_p \leq 0.10$	$r/b_{p1} =$	0.05	OK	EN 1993-1-3; (5.1)
	$r/b_{p2} =$	0.05	OK	EN 1993-1-3; (5.1)

## Şekil 28. Geometrik yeterlilik

## VI. SAP2000 ANALİZ SONRASINDA TASARIM SONUÇLARI

Yukarıda bahsi geçen kolon, kiriş, aşıklar, çaprazlar için yapılan kesit seçme işlemleri ve güncel yönetmelikler çerçevesinde yapılan yüklemeler sonucunda SAP2000 programı aracılığı ile elde edilen grafikler aşağıda yer almaktadır.

### A. Tasarım Sonucu SAP2000 Kapasite Kontrolü



Şekil 29. SAP2000 Tasarıma ait Kapasite Oranları

## B. Arka Kolon Detaylı Tasarım Sonucu

AISI-16 COLD-FORMED STEEL SECTION CHECK							
Units : Kgf, m, C							
Frame : 34	Design Sect	: 90x50x16/3 s355		Through-Fastened			
To Deck: No	Design Type	: Column		Fastener			
X Mid : 0.345	Frame Type	: Braced		Fastening R Value			
Eccentricity : N/A	2nd-Order Method	: Amplified 1st-Order		Design Provision			
Y Mid : 2.8	LLRF	: 1.					
: N/A	Major Axis	: 0. degrees					
Z Mid : 0.266							
: ASD							
Length : 3.331							
Loc : 1.9							
MATERIAL PROPERTIES							
E	Fy	Fu	G	U			
21414040036.671	36199925.	52005526.	8.236E+09	0.3			
ELEMENT/SEGMENT INFO							
LhRatio	L	K	Lg	INet	iBraceLoc	jBraceLoc	
0.	Major	1.7	1.	1.7	0.	0.816	2.516
0.	Minor	1.999	1.	1.999	0.	0.666	2.665
0.	LTB	1.999	1.	1.999	0.	0.666	2.665
0.	Distortional	1.999	1.	N/A	N/A	0.666	2.665
N/A	N/A						
SECTION PROPERTIES							
rx	ry	Sxx Top	Sxx Bot	Syy Left	Syy Right		
GROSS 0.036	0.018	1.709E-05	1.709E-05	1.111E-05	6.395E-06		
y0							
Cw	Ax	Ay	Ixx	Iyy	J	x0	
GROSS 0.	6.07E-04	6.068E-04	0.	0.	0.	-0.041	
RESISTANCE FACTORS							
OmegaTy	OmegaTr	OmegaC	OmegaB	OmegaBPipe	OmegaV		
1.67	2.	1.8	1.67	1.67	1.6		
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS							
COMB. RATIO EQUATION - (H1.2-1) - GOVERNS THE DESIGN							
P/Pa + Mx/Max + My/May							
COMB. RATIO	0.605 =	0.061 +	0.044 +	0.499			
COMB. RATIO LIMIT	1.						
DEMAND/CAPACITY							
Combo	P	M33	M22	V2	V3		
DEMAND/SC7.2 /	-393.187	18.656	-83.747	13.566	215.219		
CAPACITIES	6400.339	421.266	167.899	4235.285	4126.688		
DEMAND/CAPACITY	0.061	0.044	0.499	0.003	0.052		
EFFECTIVE WIDTH METHOD Applicability Limits							
All limits are satisfied							
AXIAL - TENSION							
Area Ag	Area An	Yielding Tn/OmegaTy		Rupture Tn/OmegaTr			
Tension Tn/Omega	6.068E-04	6.068E-04	17538.042		21038.24		
17538.042							
AXIAL - COMPRESSION							
GLOBAL BUCKLING	Fcre	LambdaC	Fn Pnc/OmegaC		Buckling Axes		
Hole Effects	Flex 1.8E+07	1.43	15377519.8		6912.		
Not Required	Flex-Tor 1.6E+07	1.493	14239200.1		6400.339		
Not Required							
Sigma_t							
x0	y0	r0	beta	Sigma_ex	Sigma_ey		
-0.041	0.	0.058	0.484	92659413.	17697231.7		
18018857.3							

Şekil 30. Arka Kolon Tasarım Sonuçları

## C. Ön Kolon Detaylı Tasarım Sonucu

AISI-16 COLD-FORMED STEEL SECTION CHECK						
Units : Kgf, m, C						
Frame : 43	Design Sect	: 90x50x16/3 s355			Through-Fastened	
To Deck: No	Design Type	: Column			Fastener	
X Mid : 2.745	Frame Type	: Braced			Fastening R Value	
Eccentricity : N/A	2nd-Order Method	: Amplified 1st-Order			Design Provision	
Y Mid : 5.6	LLRF	: 1.				
: N/A	Major Axis	: 0. degrees				
Z Mid : -0.194						
: ASD						
Length : 2.012						
Loc : 1.2						
<b>MATERIAL PROPERTIES</b>						
E	Fy	Fu	G	U		
21414040036.671	36199925.	52005526.	8.236E+09	0.3		
<b>ELEMENT/SEGMENT INFO</b>						
LhRatio	L	K	Lg	LNet	iBraceLoc	jBraceLoc
0.	Major	2.012	1.	2.012	0.	0.
0.	Minor	1.207	1.	1.207	0.	0.402
0.	LTB	1.207	1.	1.207	0.	0.402
0.	Distortional	1.207	1.	N/A	N/A	0.402
N/A	N/A					
<b>SECTION PROPERTIES</b>						
rx	ry	Sxx Top	Sxx Bot	Syy Left	Syy Right	
GROSS 0.036	0.018	1.709E-05	1.709E-05	1.111E-05	6.395E-06	
y0	Ax	Ay	Ixx	Iyy	J	x0
0.	GROSS 6.07E-04	6.068E-04	0.	0.	0.	-0.041
<b>RESISTANCE FACTORS</b>						
OmegaTy	OmegaTr	OmegaC	OmegaB	OmegaBPipe	OmegaV	
1.67	2.	1.8	1.67	1.67	1.6	
<b>STRESS CHECK FORCES &amp; MOMENTS</b>						
COMB. RATIO EQUATION - (H1.2-1) - GOVERNS THE DESIGN						
	P/Pa	Mx/Max	My/May			
COMB. RATIO	0.446	=	0.014	+	0.082	+
COMB. RATIO LIMIT	1.				0.349	
	Combo	P	M33	M22	V2	V3
DEMAND/SC7.2 /	-129.8	40.256	64.567	-7.574	-21.097	
CAPACITIES	9261.697	489.825	184.823	4235.285	4126.688	
DEMAND/CAPACITY	0.014	0.082	0.349	0.002	0.005	
<b>EFFECTIVE WIDTH METHOD Applicability Limits</b>						
All limits are satisfied						
<b>AXIAL - TENSION</b>						
Area Ag	Area An	Yielding Tn/OmegaTy	Rupture Tn/OmegaTr			
Tension Tn/Omega	6.068E-04	6.068E-04	17538.042	21038.24		
17538.042						
<b>AXIAL - COMPRESSION</b>						
GLOBAL BUCKLING	Fcre	LambdaC	Fn Pnc/OmegaC	Buckling Axes		
Hole Effects	Flex 4.9E+07	0.864	26488113.9	11906.07	Geometric	
Not Required	Flex-Tor 2.7E+07	1.16	20605024.9	9261.697	Geometric	
Not Required						
	x0	y0	r0	beta	Sigma_ex	Sigma_ey
Sigma_t	-0.041	0.	0.058	0.484	66150241.	48506356.
36387140.						

Şekil 31. Ön Kolon Tasarım Sonuçları

## D. Kiriş Detaylı Tasarım Sonucu

AISI-16 COLD-FORMED STEEL SECTION CHECK							
Units : Kgf, m, C							
Frame : 46	Design Sect	: 80x45x15x2 s355			Through-Fastened		
To Deck: No	Design Type	: Brace			Fastener		
X Mid : 1.546	Frame Type	: Braced			Fastening R Value		
Eccentricity : N/A	2nd-Order Method	: Amplified 1st-Order			Design Provision		
Y Mid : 5.6	LLRF	: 1.					
: N/A	Major Axis	: 0. degrees					
Z Mid : 1.372							
: ASD							
Length : 3.41							
Loc : 1.705							
MATERIAL PROPERTIES							
E	Fy	Fu	G	U			
21414040036.671	36199925.	52005526.	8.236E+09	0.3			
ELEMENT/SEGMENT INFO							
LhRatio	L	K	Lg	INet	iBraceLoc	jBraceLoc	
0.	Major	1.324	1.	1.324	0.	1.043	2.367
0.	Minor	1.087	1.	1.087	0.	1.162	2.249
0.	LTB	1.087	1.	1.087	0.	1.162	2.249
0.	Distortional	1.087	1.	N/A	N/A	1.162	2.249
N/A	N/A						
SECTION PROPERTIES							
rx	ry	Sxx Top	Sxx Bot	Syy Left	Syy Right		
GROSS 0.032	0.017	9.574E-06	9.574E-06	6.399E-06	3.793E-06		
y0	Ax	Ay	Ixx	Iyy	J	x0	
0.	Cw GROSS 3.74E-04	3.737E-04	0.	0.	0.	-0.039	
RESISTANCE FACTORS							
OmegaTy	OmegaTr	OmegaC	OmegaB	OmegaBPipe	OmegaV		
1.67	2.	1.8	1.67	1.67	1.6		
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS							
COMB. RATIO EQUATION - (HL.2-1)- GOVERNS THE DESIGN							
P/Pa + Mx/Max + My/May							
COMB. RATIO	0.681 =	0.042 +	0.637 +	0.002			
COMB. RATIO LIMIT	1.						
Combo	P	M33	M22	V2	V3		
DEMANDSC3.lb /	-248.903	176.334	-0.225	248.244	-5.339		
CAPACITIES	5922.259	276.699	107.117	2606.329	2678.727		
DEMAND/CAPACITY	0.042	0.637	0.002	0.095	0.002		
EFFECTIVE WIDTH METHOD Applicability Limits							
All limits are satisfied							
AXIAL - TENSION							
Area Ag	Area An	Yielding Tn/OmegaTy	Rupture Tn/OmegaTr				
Tension Tn/Omega	3.737E-04	3.737E-04	10800.432	12955.955			
10800.432							
AXIAL - COMPRESSION							
GLOBAL BUCKLING	Fcre	LambdaC	Fn Pnc/OmegaC	Buckling Axes			
Hole Effects	Flex 5.1E+07	0.84	26943912.2	7458.27	Geometric		
Not Required	Flex-Tor 2.9E+07	1.121	21394884.3	5922.259**	Geometric		
Not Required							
Sigma_t	x0	y0	r0	beta	Sigma_ex	Sigma_ey	
33477736.	-0.039	0.	0.053	0.468	123462538.	51308867.	

Şekil 32. Kiriş Tasarım Sonuçları

## E. Aşık Detaylı Tasarım Sonucu

AISI-16 COLD-FORMED STEEL SECTION CHECK								
Units : Kgf, m, C								
Frame : 84	Design Sect	: 90x47x15x2 s355		Through-Fastened				
To Deck: No	Design Type	: Beam		Fastener				
X Mid : 0.068	Frame Type	: Braced		Fastening R Value				
Eccentricity : N/A	2nd-Order Method	: Amplified 1st-Order		Design Provision				
Y Mid : 4.2	LLRF	: 1.						
: N/A	Major Axis	: 0. degrees						
Z Mid : 2.06								
: ASD								
Length : 2.8								
Loc : 2.8								
<b>MATERIAL PROPERTIES</b>								
	E	Fy	Fu	G	U			
	21414040036.671	36199925.	52005526.	8.236E+09	0.3			
<b>ELEMENT/SEGMENT INFO</b>								
LhRatio	L	K	Lg	INet	iBraceLoc	jBraceLoc		
0.	0.	Major	2.8	1.	2.8	0.	0.	
		Minor	1.008	1.	1.008	0.	1.792	
0.	0.	LTB	1.008	1.	1.008	0.	1.792	
0.	0.	Distortional	1.008	1.	N/A	N/A	1.792	
N/A	N/A	N/A						
<b>SECTION PROPERTIES</b>								
	rx	ry	Sxx Top	Sxx Bot	Syy Left	Syy Right		
	GROSS	0.036	0.018	1.154E-05	1.154E-05	7.405E-06	4.111E-06	
		Ax	Ay	Ixx	Iyy	J	x0	
y0	Cw	GROSS	4.02E-04	4.017E-04	0.	0.	0.	
0.	0.						-0.039	
<b>RESISTANCE FACTORS</b>								
	OmegaTy	OmegaTr	OmegaC	OmegaB	OmegaBPipe	OmegaV		
	1.67	2.	1.8	1.67	1.67	1.6		
<b>STRESS CHECK FORCES &amp; MOMENTS</b>								
COMB. RATIO EQUATION - (HL.2-1)- GOVERNS THE DESIGN								
		P/Pa	Mx/Max	My/May				
	COMB. RATIO	0.77 =	0.017 +	0.336 +	0.418			
	COMB. RATIO LIMIT	1.						
	Combo	P	M33	M22	V2	V3		
	DEMAND/SC2.a /	-68.605	-83.942	36.523	175.72	-77.941		
	CAPACITIES	4140.989	250.162	87.379	2226.295	2117.696		
	DEMAND/CAPACITY	0.017	0.336	0.418	0.079	0.037		
<b>EFFECTIVE WIDTH METHOD Applicability Limits</b>								
All limits are satisfied								
<b>AXIAL - TENSION</b>								
Area Ag	Area An	Yielding Tn/OmegaTy		Rupture Tn/OmegaTr				
Tension Tn/Omega	4.017E-04	4.017E-04	8707.472		10445.287			
			8707.472					
<b>AXIAL - COMPRESSION</b>								
GLOBAL BUCKLING								
Fcre	LambdaC	Fn	Pne/OmegaC		Buckling Axes			
Hole Effects	Flex	3.5E+07	1.019	23436968.9	5230.339	Geometric		
Not Required	Flex-Tor	2.3E+07	1.264	18555629.4	4140.989	Geometric		
Not Required								
	x0	y0	r0	beta	Sigma_ex	Sigma_ey		
Sigma_t	-0.039	0.	0.056	0.512	34851653.	64333453.		
						43250346.		

Şekil 33. Aşık Tasarım Sonuçları

## F. Payanda Detaylı Tasarım Sonucu

```

AISI-16 COLD-FORMED STEEL SECTION CHECK
Units : KgF, m, C

Frame : 44          Design Sect : 50x40x2          Through-Fastened
To Deck: No
X Mid : 0.945      Design Type : Brace          Fastener
Eccentricity : N/A Frame Type : Braced          Fastening R Value
: N/A
Z Mid : 0.836      2nd-Order Method: Amplified 1st-Order Design Provision
: ASD
Length : 1.609     LLRF : 1.
Loc : 0.805       Major Axis : 0. degrees

MATERIAL PROPERTIES      E      Fy      Fu      G      U
21414040036.671 23963330.5 36709783. 8.050E+09 0.33

ELEMENT/SEGMENT INFO    L      K      Lg      INet  iBraceLoc  jBraceLoc
LhRatio
Lh
Major 1.609 1. 1.609 0. 0. 1.609
0. 0. Minor 1.609 1. 1.609 0. 0. 1.609
0. 0. LTB 1.609 1. 1.609 0. 0. 1.609
0. 0. Distortional 1.609 1. N/A N/A 0. 1.609
N/A N/A

SECTION PROPERTIES      rxx      ryy      Sxx Top  Sxx Bot  Syy Left  Syy Right
GROSS 0.021 0.013 4.208E-06 4.208E-06 3.116E-06 1.558E-06

y0      Cw      Ax      Ay      Ixx      Iyy      J      x0
0. 0. GROSS 2.47E-04 2.468E-04 0. 0. 0. -0.029

RESISTANCE FACTORS  OmegaTy  OmegaTr  OmegaC  OmegaB  OmegaBPipe  OmegaV
1.67 2. 1.8 1.67 1.67 1.6

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
COMB. RATIO EQUATION - (H1.2-1) - GOVERNS THE DESIGN
P/Pa + Mx/Max + My/May
COMB. RATIO 0.295 = 0.287 + 0.008 + 0.
COMB. RATIO LIMIT 1.

Combo      P      M33      M22      V2      V3
DEMANDSC4.2b / -440.605 0.51 0. 0. 0.
CAPACITIES 1534.581 64.922 29.806 1006.435 1725.317
DEMAND/CAPACITY 0.287 0.008 0. 0. 0.

EFFECTIVE WIDTH METHOD Applicability Limits
All limits are satisfied

AXIAL - TENSION      Area Ag  Area An  Yielding Tn/OmegaTy  Rupture Tn/OmegaTr
Tension Tn/Omega 2.468E-04 2.468E-04 4722.706 6041.045
4722.706

AXIAL - COMPRESSION
GLOBAL BUCKLING      Fcre  LambdaC      Fn Pnc/OmegaC      Buckling Axes
Hole Effects Flex 1.4E+07 1.321 11546685.5 2111.276 Geometric
Not Required Flex-Tor 9.6E+06 1.582 8392709.3 1534.581** Geometric
Not Required

Sigma_t      x0      y0      r0      beta  Sigma_ex  Sigma_ey
11667365.2 -0.029 0. 0.038 0.422 34789511. 13737157.1

```

Şekil 34. Payanda Tasarım Sonuçları



## G.. Çapraz Detaylı Tasarım Sonucu

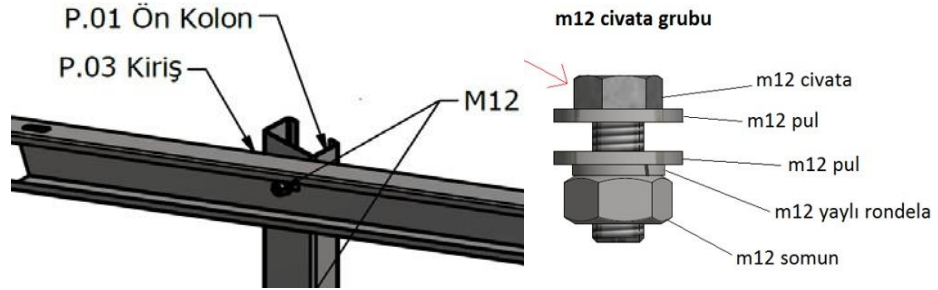
AISI-16 COLD-FORMED STEEL SECTION CHECK							
Units : Kgf, m, C							
Frame : 79	Design Sect	: 50x40x2		Through-Fastened			
To Deck: No	Design Type	: Brace		Fastener			
X Mid : 0.345	Frame Type	: Braced		Fastening R Value			
Eccentricity : N/A	2nd-Order Method	: Amplified 1st-Order		Design Provision			
Y Mid : 1.4	LLRF	: 1.					
: N/A	Major Axis	: 0. degrees					
Z Mid : 1.116							
: ASD							
Length : 3.059							
Loc : 1.529							
MATERIAL PROPERTIES							
	E	Fy	Fu	G	U		
	21414040036.671	23963330.5	36709783.	8.050E+09	0.33		
ELEMENT/SEGMENT INFO							
LhRatio	Lh	K	Lg	INet	iBraceLoc	jBraceLoc	
0.	Major	3.059	1.	3.059	0.	0. 3.059	
0.	Minor	3.059	1.	3.059	0.	0. 3.059	
0.	LTB	3.059	1.	3.059	0.	0. 3.059	
0.	Distortional	3.059	1.	N/A	N/A	0. 3.059	
N/A	N/A						
SECTION PROPERTIES							
	rx	ry	Sxx Top	Sxx Bot	Syy Left	Syy Right	
	GROSS 0.021	0.013	4.208E-06	4.208E-06	3.116E-06	1.558E-06	
	Ax	Ay	Ixx	Iyy	J	x0	
y0	Cw	GROSS 2.47E-04	2.468E-04	0.	0.	0. -0.029	
0.	0.						
RESISTANCE FACTORS							
	OmegaTy	OmegaTr	OmegaC	OmegaB	OmegaBPipe	OmegaV	
	1.67	2.	1.8	1.67	1.67	1.6	
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS							
COMB. RATIO EQUATION - (H1.2-1) - GOVERNS THE DESIGN							
	P/Pa	Mx/Max	My/May				
COMB. RATIO	0.62 =	0.566 +	0.053 +	0.			
COMB. RATIO LIMIT	1.						
	Combo	P	M33	M22	V2	V3	
DEMANDS	7.2 /	-345.327	2.702	0.	0.	0.	
CAPACITIES		609.689	50.873	29.806	1006.435	1725.317	
DEMAND/CAPACITY		0.566	0.053	0.	0.	0.	
EFFECTIVE WIDTH METHOD Applicability Limits							
All limits are satisfied							
AXIAL - TENSION							
Area Ag	Area An	Yielding Tn/OmegaTy		Rupture Tn/OmegaTr			
2.468E-04	2.468E-04	4722.706		6041.045			
4722.706							
AXIAL - COMPRESSION							
GLOBAL BUCKLING							
Fcre	LambdaC	Fn Pnc/OmegaC		Buckling Axes			
3.8E+06	2.511	3334420.6 609.689**		Geometric			
Hole Effects							
Flex	Flex-Tor	5.2E+06 2.146		4565288. 834.749			
Not Required							
Not Required							
	x0	y0	r0	beta	Sigma_ex	Sigma_ey	
Sigma_t	-0.029	0.	0.038	0.422	9628801.6	3802075.9	
8744321.							

Şekil 35. Çapraz Tasarım Sonuçları

## VII. BİRLEŞİM HESAPLARI

Birleşim hesapları Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar yönetmeliği 13.1.1- Tasarım Esasları gereği GKT (Güvenlik Katsayısı) yük kombinasyonlarına göre hesaplanmıştır.

### A. Kolon-Kiriş Birleşim Hesap ve Kontrolü



Şekil 36. Kolon Kiriş Bulon ve bağlantı detayları

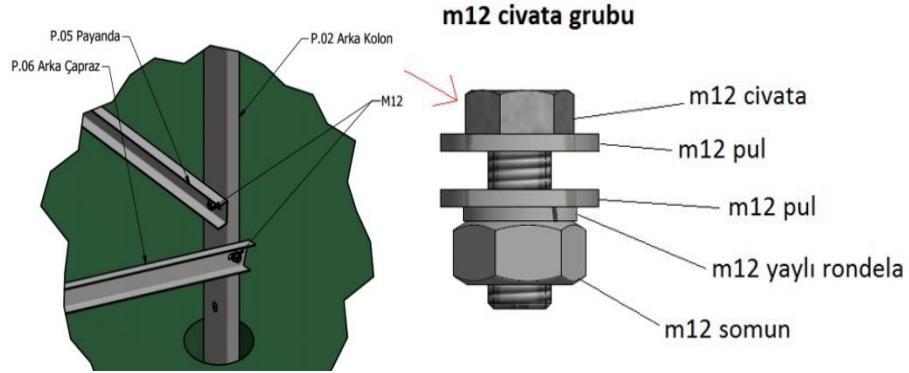
Çizelge 12. Birleşimde Oluşan Maksimum Kuvvetler

TABLE: Element Forces		F1	F2	F3	M1	M2	M3
Frame Text /	OutputCase Text	Kn	kN	kN	kN-	kN-	kN-
114/149	1.0G+0.75Q+0.45W(-x)+0.75T(+)	-	0.05	-	0.38	0.00	-
97/35	0.6G+0.7Ey+0.7(0.3)Ex+0.75T(+)	-	-	0.05	-	-	-
92/138	0.6G+0.6W(	0.53	0.14	0.82	-	0.00	0.20

- Seçilen Bulon tipi 2 M12 8.8 Kalite  
 $F_{nt} = 600$   
 $F_{nv} = 360$   
 $A_b = 113.1 \text{ mm}^2$   
 $T_b = 49.5 \text{ kN}$   
 $d_n = 14$   
 $\min(0.7F_{nt})$
- Gerekli Kuvveti  $H_a = 0.810 \text{ kN}$   $V_a = 1.672 \text{ kN}$
- Sürtünme Etkili Bulon Karakteristik Kayma Dayanımı (ÇYTHYDY 13.3.11)  
 $R_n = \mu \times D_u \times n_f \times T_b \times n_s$   $\mu = 0.4$   $\text{ÇYTHYDY Tablo 13.11}$   
 $T_b = 49.5$   $\min(0.7F_{nt})$   
 $R_n = 19.8$   $n_f = 1$   $\text{ÇYTHYDY 13.3.11}$   
 $D_u = 1$   $\text{ÇYTHYDY 13.3.11}$
- Birleşimin Karakteristik Kayma Dayanımı (ÇYTHYDY 13.3.12)  
 $k_{sc} = 1 - \frac{T_n}{D_u T_b n_b}$  (YDKT) veya  $k_{sc} = 1 - \frac{1.5T_n}{D_u T_b n_b}$  (GKT)  $\text{ÇYTHYDY 13.13}$   
 $K_{sc} = 0.99$   
 $R_{nv} K_{sc} n = 39.11$
- Birleşimin Güvenli Kayma Dayanımı (ÇYTHYDY 13.3.11)  
 $R_g = R_{nv} \times K_{sc} \times n / \Omega$   
 $R_g = 23 \text{ kN}$   
 $V_a / R_g = 0.07 \leq 1 \quad \checkmark \text{OK!}$

Şekil 37. Kayma ve birleşim hesabı

## B. Kolon-Arka Çapraz Birleşim Hesap ve Kontrolü



Şekil 38. Kolon Çapraz Bulon ve bağlantı detayları

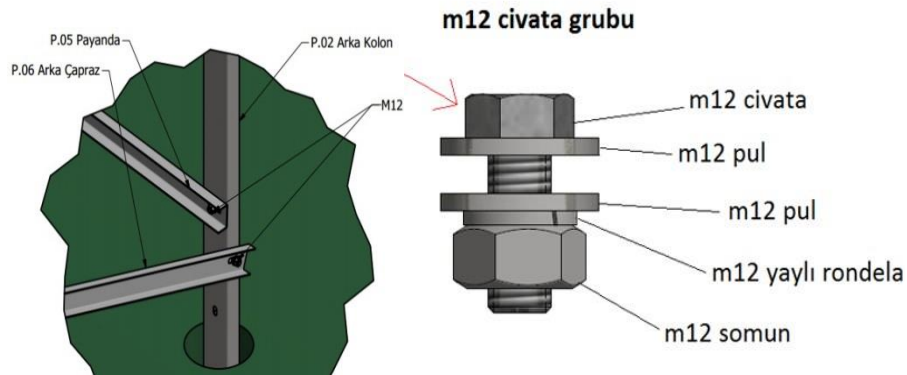
Çizelge 13. Birleşimde Oluşan Maksimum Kuvvetler

TABLE: Element Forces - Frames							
Frame Text	OutputCase Text	P Kn	V2 kN	V3 kN	M2 kN-cm	M3 kN-cm	
26	1.0G+0.75Q+0.45W(-)	-2.73	0.02	0	0	0	
28	0.6G+0.6W(+x)+0.75T(+)	2.83	-0.02	0	0	0	

• Seçilen Bağlantı Profilleri	Kolon Payanda	S355 S235	90x50x16x3 50x40x2	
• Seçilen Bulon tipi	1 M12	8.8 Kalite		Ab = 113.1 mm <sup>2</sup> Tb = 49.5kN db = 14
		Fut = 600 Fuv = 360		min(0.7Fut)
• Gerekli Kuvveti	Pu	= 2.83 kN		
• Sürtünme Etkili Bulon Karakteristik Kayma Dayanımı (ÇYTHYDY 13.3.11)				
Rn = $\mu \times Du \times hf \times Tb \times ns$	$\mu = 0.4$		ÇYTHYDY Tablo 13.11	
	Tb = 49.5		min(0.7Fut)	
Rn = 19.8	hf = 1		ÇYTHYDY 13.3.11	
	Du = 1		ÇYTHYDY 13.3.11	
	Rg = Rn / $\Omega$			
	$\Omega = 1.76$		ÇYTHYDY 13.3.11 (a)	
	Rg = 11 kN			
Pu / Rg = 0.25	≤	1.0		✓ OK

Şekil 39. Sürtünme Etkili Bulon Karakteristik Kayma Dayanımı (ÇYTHYDY 13.3.11)

### C. Kolon-Payanda Birleşim Hesap ve Kontrolü



Şekil 40. Kolon Payanda Bulon ve bağlantı detayları

Çizelge 14. Birleşimde Oluşan Maksimum Kuvvetler

TABLE: Element Forces - Frames						
Frame Text	OutputCase Text	P kN	V2 kN	V3 kN	M2 kN-cm	M3 kN-cm
26	1.0G+0.75Q+0.45W(-)	-2.73	0.02	0	0	0
28	0.6G+0.6W(+x)+0.75T(+)	2.83	-0.02	0	0	0

- **Seçilen Bağlantı Profilleri**

Kolon	S355	90x50x16x3
Payanda	S235	50x40x2
- **Seçilen Bulon tipi** 1 M12 8.8 Kalite

$F_{nt}$	= 600	$A_b$	= 113.1 mm <sup>2</sup>
$F_{nv}$	= 360	$T_b$	= 49.5kN min(0.7F <sub>nt</sub> )
		$d_h$	= 14
- **Gerekli Kuvveti**  $P_u$  = 2.83 kN
- **Sürtünme Etkili Bulon Karakteristik Kayma Dayanımı (ÇYTHYDY 13.3.11)**

$$R_n = \mu \times D_u \times h_f \times T_b \times n_s \quad \mu = 0.4 \quad \text{ÇYTHYDY Tablo 13.11}$$

$$T_b = 49.5 \quad \min(0.7F_{nt})$$

$$R_n = 19.8 \quad h_f = 1 \quad \text{ÇYTHYDY 13.3.11}$$

$$D_u = 1 \quad \text{ÇYTHYDY 13.3.11}$$

$$R_g = R_n / \Omega \quad \Omega = 1.76 \quad \text{ÇYTHYDY 13.3.11 (a)}$$

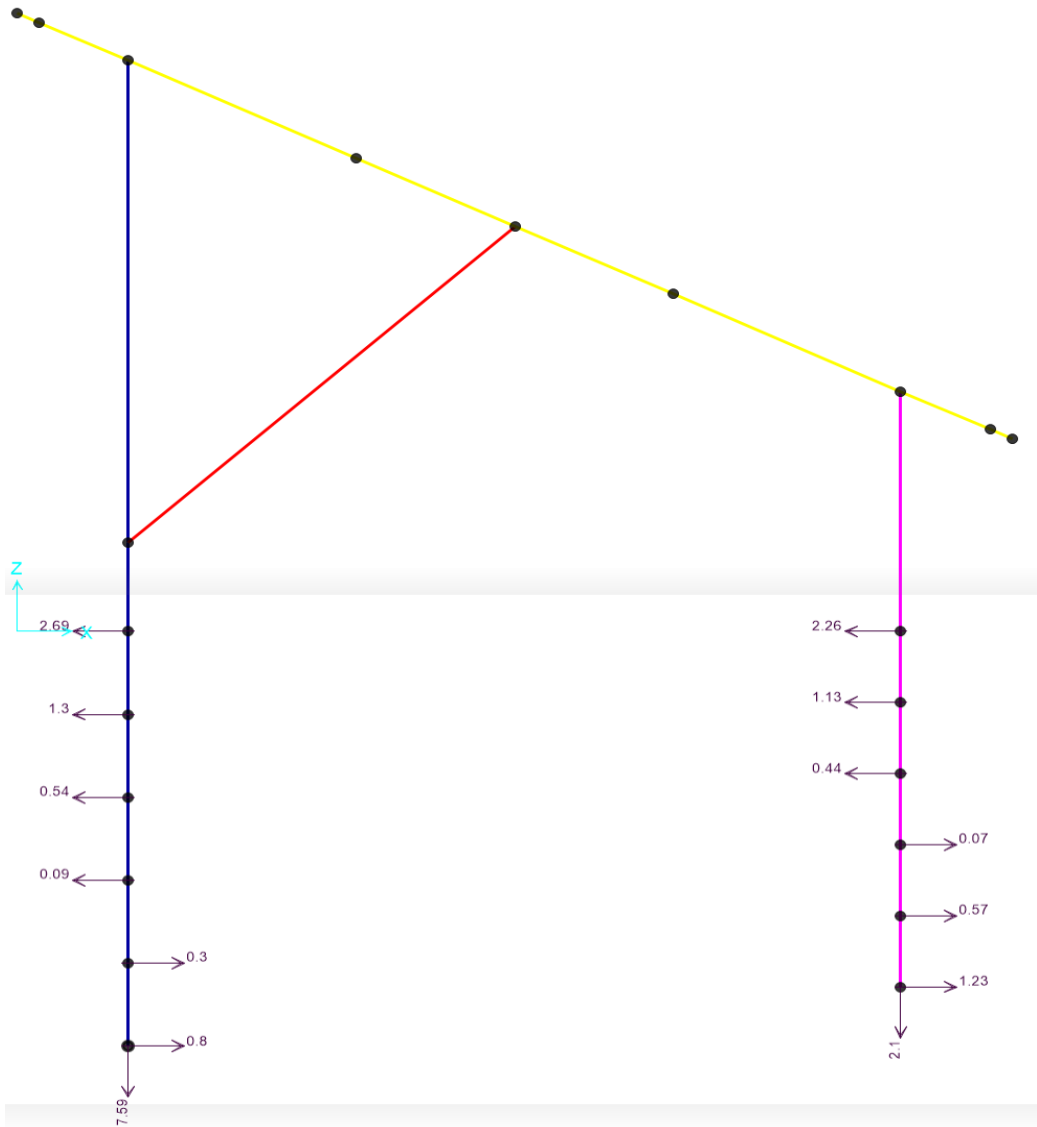
$$R_g = 11 \text{ kN}$$

$$P_u / R_g = 0.25 \leq 1.0 \quad \checkmark \text{ OK}$$

Şekil 41. Sürtünme Etkili Bulon Karakteristik Kayma Dayanımı (ÇYTHYDY 13.3.11)

## VIII. KAZIK ÇEKME KAPASİTESİ KONTROLÜ

Zemin etüdü verilerine göre kazıklı temel yapılması durumu için kolonlara gelen maksimum çekme kuvvetleri verilerine ait şekil aşağıda yer almaktadır. Bu tez kapsamında kazıklı temel ile ilgili önbilgiler verilmiş olup, temel çalışmasının ayrıca değerlendirilmesi uygun olacaktır.



Şekil 42. Kolonlarda oluşan reaksiyonlara ait şekil

Çizelge 15. Çubuk Elemanlara Atanan Yayılı Yükler

Frame Text	LoadPat Text	CoordSys Text	Type Text	Dir Text	DistType Text	AbsDistB m	FOverLA KN/m	FOverLB KN/m
82	W1-	Local	Force	2	RelDist	0.5	-0.64	-0.64
82	W1+	Local	Force	2	RelDist	0.5	1.27	1.27
82	S	GLOBAL	Force	Gravity	RelDist	0.5	1.24	1.24
82	GP	GLOBAL	Force	Gravity	RelDist	0.5	0.15	0.15
83	W1-	Local	Force	2	RelDist	2.8	-0.64	-0.64
83	W1+	Local	Force	2	RelDist	2.8	1.27	1.27
83	S	GLOBAL	Force	Gravity	RelDist	2.8	1.24	1.24
83	GP	GLOBAL	Force	Gravity	RelDist	2.8	0.15	0.15
84	W1-	Local	Force	2	RelDist	2.8	-0.64	-0.64
84	W1+	Local	Force	2	RelDist	2.8	1.27	1.27
84	S	GLOBAL	Force	Gravity	RelDist	2.8	1.24	1.24
84	GP	GLOBAL	Force	Gravity	RelDist	2.8	0.15	0.15
85	W1-	Local	Force	2	RelDist	2.8	-0.64	-0.64
85	W1+	Local	Force	2	RelDist	2.8	1.27	1.27
85	S	GLOBAL	Force	Gravity	RelDist	2.8	1.24	1.24
85	GP	GLOBAL	Force	Gravity	RelDist	2.8	0.15	0.15
86	W1-	Local	Force	2	RelDist	2.8	-0.64	-0.64
86	W1+	Local	Force	2	RelDist	2.8	1.27	1.27
86	S	GLOBAL	Force	Gravity	RelDist	2.8	1.24	1.24
86	GP	GLOBAL	Force	Gravity	RelDist	2.8	0.15	0.15
87	W1-	Local	Force	2	RelDist	2.8	-0.64	-0.64
87	W1+	Local	Force	2	RelDist	2.8	1.27	1.27
87	S	GLOBAL	Force	Gravity	RelDist	2.8	1.24	1.24
87	GP	GLOBAL	Force	Gravity	RelDist	2.8	0.15	0.15
88	W1-	Local	Force	2	RelDist	0.5	-0.64	-0.64
88	W1+	Local	Force	2	RelDist	0.5	1.27	1.27
88	S	GLOBAL	Force	Gravity	RelDist	0.5	1.24	1.24
88	GP	GLOBAL	Force	Gravity	RelDist	0.5	0.15	0.15
89	W1-	Local	Force	2	RelDist	0.5	-0.64	-0.64
89	W1+	Local	Force	2	RelDist	0.5	1.27	1.27
89	S	GLOBAL	Force	Gravity	RelDist	0.5	1.24	1.24
89	GP	GLOBAL	Force	Gravity	RelDist	0.5	0.15	0.15
90	W1-	Local	Force	2	RelDist	2.8	-0.64	-0.64
90	W1+	Local	Force	2	RelDist	2.8	1.27	1.27
90	S	GLOBAL	Force	Gravity	RelDist	2.8	1.24	1.24
90	GP	GLOBAL	Force	Gravity	RelDist	2.8	0.15	0.15
91	W1-	Local	Force	2	RelDist	2.8	-0.64	-0.64
91	W1+	Local	Force	2	RelDist	2.8	1.27	1.27
91	S	GLOBAL	Force	Gravity	RelDist	2.8	1.24	1.24
91	GP	GLOBAL	Force	Gravity	RelDist	2.8	0.15	0.15
92	W1-	Local	Force	2	RelDist	2.8	-0.64	-0.64
92	W1+	Local	Force	2	RelDist	2.8	1.27	1.27
92	S	GLOBAL	Force	Gravity	RelDist	2.8	1.24	1.24
92	GP	GLOBAL	Force	Gravity	RelDist	2.8	0.15	0.15
93	W1-	Local	Force	2	RelDist	2.8	-0.64	-0.64
93	W1+	Local	Force	2	RelDist	2.8	1.27	1.27
93	S	GLOBAL	Force	Gravity	RelDist	2.8	1.24	1.24
93	GP	GLOBAL	Force	Gravity	RelDist	2.8	0.15	0.15
94	W1-	Local	Force	2	RelDist	2.8	-0.64	-0.64
94	W1+	Local	Force	2	RelDist	2.8	1.27	1.27
94	S	GLOBAL	Force	Gravity	RelDist	2.8	1.24	1.24
94	GP	GLOBAL	Force	Gravity	RelDist	2.8	0.15	0.15
95	W1-	Local	Force	2	RelDist	0.5	-0.64	-0.64
95	W1+	Local	Force	2	RelDist	0.5	1.27	1.27
95	S	GLOBAL	Force	Gravity	RelDist	0.5	1.24	1.24
95	GP	GLOBAL	Force	Gravity	RelDist	0.5	0.15	0.15
96	W1-	Local	Force	2	RelDist	0.5	-0.81	-0.81
96	W1+	Local	Force	2	RelDist	0.5	1.04	1.04
96	S	GLOBAL	Force	Gravity	RelDist	0.5	1.24	1.24
96	GP	GLOBAL	Force	Gravity	RelDist	0.5	0.15	0.15
97	W1-	Local	Force	2	RelDist	2.8	-0.81	-0.81
97	W1+	Local	Force	2	RelDist	2.8	1.04	1.04

Çizelge 13. (devamı) Çubuk Elemanlara Atanan Yayılı Yükler

Frame Text	LoadPat Text	CoordSys Text	Type Text	Dir Text	DistType Text	AbsDistB m	FOverLA KN/m	FOverLB KN/m
97	S	GLOBAL	Force	Gravity	RelDist	2.8	1.24	1.24
97	GP	GLOBAL	Force	Gravity	RelDist	2.8	0.15	0.15
98	W1-	Local	Force	2	RelDist	2.8	-0.81	-0.81
98	W1+	Local	Force	2	RelDist	2.8	1.04	1.04
98	S	GLOBAL	Force	Gravity	RelDist	2.8	1.24	1.24
98	GP	GLOBAL	Force	Gravity	RelDist	2.8	0.15	0.15
99	W1-	Local	Force	2	RelDist	2.8	-0.81	-0.81
99	W1+	Local	Force	2	RelDist	2.8	1.04	1.04
99	S	GLOBAL	Force	Gravity	RelDist	2.8	1.24	1.24
99	GP	GLOBAL	Force	Gravity	RelDist	2.8	0.15	0.15
100	W1-	Local	Force	2	RelDist	2.8	-0.81	-0.81
100	W1+	Local	Force	2	RelDist	2.8	1.04	1.04
100	S	GLOBAL	Force	Gravity	RelDist	2.8	1.24	1.24
100	GP	GLOBAL	Force	Gravity	RelDist	2.8	0.15	0.15
101	W1-	Local	Force	2	RelDist	2.8	-0.81	-0.81
101	W1+	Local	Force	2	RelDist	2.8	1.04	1.04
101	S	GLOBAL	Force	Gravity	RelDist	2.8	1.24	1.24
101	GP	GLOBAL	Force	Gravity	RelDist	2.8	0.15	0.15
102	W1-	Local	Force	2	RelDist	0.5	-0.81	-0.81
102	W1+	Local	Force	2	RelDist	0.5	1.04	1.04
102	S	GLOBAL	Force	Gravity	RelDist	0.5	1.24	1.24
102	GP	GLOBAL	Force	Gravity	RelDist	0.5	0.15	0.15
103	W1-	Local	Force	2	RelDist	0.5	-0.81	-0.81
103	W1+	Local	Force	2	RelDist	0.5	1.04	1.04
103	S	GLOBAL	Force	Gravity	RelDist	0.5	1.24	1.24
103	GP	GLOBAL	Force	Gravity	RelDist	0.5	0.15	0.15
104	W1-	Local	Force	2	RelDist	2.8	-0.81	-0.81
104	W1+	Local	Force	2	RelDist	2.8	1.04	1.04
104	S	GLOBAL	Force	Gravity	RelDist	2.8	1.24	1.24
104	GP	GLOBAL	Force	Gravity	RelDist	2.8	0.15	0.15
105	W1-	Local	Force	2	RelDist	2.8	-0.81	-0.81
105	W1+	Local	Force	2	RelDist	2.8	1.04	1.04
105	S	GLOBAL	Force	Gravity	RelDist	2.8	1.24	1.24
105	GP	GLOBAL	Force	Gravity	RelDist	2.8	0.15	0.15
106	W1-	Local	Force	2	RelDist	2.8	-0.81	-0.81
106	W1+	Local	Force	2	RelDist	2.8	1.04	1.04
106	S	GLOBAL	Force	Gravity	RelDist	2.8	1.24	1.24
106	GP	GLOBAL	Force	Gravity	RelDist	2.8	0.15	0.15
107	W1-	Local	Force	2	RelDist	2.8	-0.81	-0.81
107	W1+	Local	Force	2	RelDist	2.8	1.04	1.04
107	S	GLOBAL	Force	Gravity	RelDist	2.8	1.24	1.24
107	GP	GLOBAL	Force	Gravity	RelDist	2.8	0.15	0.15
108	W1-	Local	Force	2	RelDist	2.8	-0.81	-0.81
108	W1+	Local	Force	2	RelDist	2.8	1.04	1.04
108	S	GLOBAL	Force	Gravity	RelDist	2.8	1.24	1.24
108	GP	GLOBAL	Force	Gravity	RelDist	2.8	0.15	0.15
109	W1-	Local	Force	2	RelDist	0.5	-0.81	-0.81
109	W1+	Local	Force	2	RelDist	0.5	1.04	1.04
109	S	GLOBAL	Force	Gravity	RelDist	0.5	1.24	1.24
109	GP	GLOBAL	Force	Gravity	RelDist	0.5	0.15	0.15



Çizelge 16. Toplam yapı Ağırlığı

GroupName Text	SelfMass KN-s2/m	SelfWeight KN	TotalMassX KN-s2/m	TotalMassY KN-s2/m	TotalMassZ KN-s2/m
ALL	0.44	4.357	0.44	0.44	0.44
ASIK	0.19	1.855	0.19	0.19	0.19
KOLON1	0.09519	0.934	0.09519	0.09519	0.09519
KOLON2	0.0575	0.564	0.0575	0.0575	0.0575
KIRIS	0.06002	0.589	0.06002	0.06002	0.06002
CAPRAZ	0.0237	0.232	0.0237	0.0237	0.0237
KENAR ASIK	0	0	0	0	0
ORTA ASIK	0	0	0	0	0
YAN CAPRAZ	0.01871	0.183	0.01871	0.01871	0.01871
MERTEK	0	0	0	0	0

Çizelge 17. Yapıya atanan yükler

LoadPat Text	DesignType Text	SelfWtMult Unitless
G	Dead	1
W1-	Wind	0
W1+	Wind	0
S	Snow	0
GP	Dead	0
T(+)	Temperature	0
T(-)	Temperature	0
Ex	Quake	0
Ey	Quake	0
W2-	Wind	0
W2+	Wind	0
Sw	Snow	0

Çizelge 18. Modal yük katılım oranı

OutputCase Text	ItemType Text	Item Text	Static Percent	Dynamic Percent
MODAL	Acceleration	UX	99.9976	97.716
MODAL	Acceleration	UY	99.9958	97.5824
MODAL	Acceleration	UZ	99.9954	93.8883

## IX. SONUÇLAR

Hafif yapı ihtiyacına karşılık inşaat sektöründe talep edilen hafif çelik konstrüksiyon sistemler, betonarme veya hadde profillerinden oluşturulmuş çelik yapıların üzerinde de çatı konstrüksiyonu olarak uygulanmaktadır. Hafif çelik konstrüksiyonda yapısal ihtiyacı karşılayacak ince cidarlı galvanize çelik profil tipleri sektörde hazır bileşen olarak temin edilebilmekte, bu da daha az malzeme kullanımını getirmekte ve ağır çelik profiller karşısında rekabet gücünü artırmaktadır.

Çizelge 19. Taban kesme kuvvetleri

OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	Global MX	Global MY	Global MZ
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
G	LinStatic	-4.636E-13	-2.672E-14	4.357	30.4997	-5.9003	4.579E-12
S	LinStatic	-1.541E-11	-8.422E-13	74.138	518.9679	-114.5804	1.343E-10
GP	LinStatic	-1.836E-12	-1.003E-13	8.826	61.7819	-13.6405	1.601E-11
Ex	LinStatic	-19.346	-2.906E-13	3.337E-11	2.59E-10	-28.0333	135.4199
Ey	LinStatic	3.368E-13	-19.346	-8.342E-14	28.0333	1.056E-12	-25.5213
C7.1 / 1.0D+0.7Ex+0.21Ey	Combination	-13.542	-4.063	13.183	98.1686	-39.1642	89.4344
C7.2 / 1.0D+0.7Ey+0.21Ex	Combination	-4.063	-13.542	13.183	111.9049	-25.4279	10.5733

Çizelge 20. Düşey Deplasmanlar

Joint Text	OutputCase Text	U3 m
66	C7.1 / 1.0D+0.7Ex+0.21Ey	-0.028587
88	C7.1 / 1.0D+0.7Ex+0.21Ey	-0.028477
44	C7.1 / 1.0D+0.7Ex+0.21Ey	-0.027439
110	C7.1 / 1.0D+0.7Ex+0.21Ey	-0.027093
9	C7.1 / 1.0D+0.7Ex+0.21Ey	-0.023623
132	C7.1 / 1.0D+0.7Ex+0.21Ey	-0.022958
78	C7.1 / 1.0D+0.7Ex+0.21Ey	-0.014627
100	C7.1 / 1.0D+0.7Ex+0.21Ey	-0.014575
56	C7.1 / 1.0D+0.7Ex+0.21Ey	-0.014346
122	C7.1 / 1.0D+0.7Ex+0.21Ey	-0.014263
79	C7.1 / 1.0D+0.7Ex+0.21Ey	-0.013924
101	C7.1 / 1.0D+0.7Ex+0.21Ey	-0.013855
57	C7.1 / 1.0D+0.7Ex+0.21Ey	-0.013714
123	C7.1 / 1.0D+0.7Ex+0.21Ey	-0.013587
66	C7.2 / 1.0D+0.7Ey+0.21Ex	-0.012302
44	C7.2 / 1.0D+0.7Ey+0.21Ex	-0.012271
88	C7.2 / 1.0D+0.7Ey+0.21Ex	-0.011933
22	C7.1 / 1.0D+0.7Ex+0.21Ey	-0.011174
28	C7.1 / 1.0D+0.7Ex+0.21Ey	-0.011112
110	C7.2 / 1.0D+0.7Ey+0.21Ex	-0.011111
29	C7.1 / 1.0D+0.7Ex+0.21Ey	-0.01086
144	C7.1 / 1.0D+0.7Ex+0.21Ey	-0.010849
9	C7.2 / 1.0D+0.7Ey+0.21Ex	-0.010748
34	C7.1 / 1.0D+0.7Ex+0.21Ey	-0.010748
23	C7.1 / 1.0D+0.7Ex+0.21Ey	-0.010681
78	C7.2 / 1.0D+0.7Ey+0.21Ex	-0.010407
145	C7.1 / 1.0D+0.7Ex+0.21Ey	-0.010383
56	C7.2 / 1.0D+0.7Ey+0.21Ex	-0.01033
100	C7.2 / 1.0D+0.7Ey+0.21Ex	-0.010217
79	C7.2 / 1.0D+0.7Ey+0.21Ex	-0.010197
57	C7.2 / 1.0D+0.7Ey+0.21Ex	-0.01018
101	C7.2 / 1.0D+0.7Ey+0.21Ex	-0.009962

Çizelge 21. . Modal kütle katılım oranı

OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0.704393	0.93882	5.646E-08	0.00509
MODAL	Mode	2	0.641808	0.000001923	0.01058	8.211E-08
MODAL	Mode	3	0.507087	0.02252	1.081E-08	0.00042
MODAL	Mode	4	0.437906	5.491E-07	0.27851	0.000003285
MODAL	Mode	5	0.401809	2.056E-09	0.57326	0.00001098
MODAL	Mode	6	0.343436	0.00082	4.682E-08	0.00019
MODAL	Mode	7	0.338311	1.221E-08	0.000003317	0.00011
MODAL	Mode	8	0.315218	3.323E-08	3.874E-08	0.00001515
MODAL	Mode	9	0.306111	0.000005988	0.00539	0.00101
MODAL	Mode	10	0.304891	0.00457	0.0000278	0.69148
MODAL	Mode	11	0.293226	4.449E-07	0.000004517	1.195E-08
MODAL	Mode	12	0.287043	1.623E-08	0.00053	0.000001777
MODAL	Mode	13	0.278438	8.777E-08	0.00001205	0.00000426
MODAL	Mode	14	0.264245	0.00118	3.598E-08	0.23538
MODAL	Mode	15	0.257895	5.228E-08	0.01972	0.000008303
MODAL	Mode	16	0.233738	7.849E-08	0.06841	0.00003259
MODAL	Mode	17	0.228455	0.000002045	0.000001379	0.00038
MODAL	Mode	18	0.218977	0.00001034	6.005E-08	0.00279
MODAL	Mode	19	0.187253	0.00301	8.575E-07	0.0002
MODAL	Mode	20	0.181843	0.00002644	2.958E-08	0.000004397
MODAL	Mode	21	0.173386	0.00098	3.986E-08	0.00009925
MODAL	Mode	22	0.171887	0.000005719	1.311E-09	0.00000065
MODAL	Mode	23	0.168632	0.00075	4.748E-07	0.0000473
MODAL	Mode	24	0.166566	1.357E-08	0.01857	0.000004866
MODAL	Mode	25	0.16629	1.385E-10	0.00058	1.178E-07
MODAL	Mode	26	0.162443	6.209E-07	3.952E-07	8.065E-08
MODAL	Mode	27	0.136479	8.496E-08	2.536E-08	1.991E-08
MODAL	Mode	28	0.126067	4.888E-09	2.116E-09	8.337E-09
MODAL	Mode	29	0.123323	2.924E-09	1.954E-09	8.671E-09
MODAL	Mode	30	0.106424	0.000007321	1.185E-08	0.00035
MODAL	Mode	31	0.106139	0.00003911	4.975E-09	0.00121
MODAL	Mode	32	0.106106	3.366E-08	7.493E-07	0.000001076
MODAL	Mode	33	0.10578	1.285E-09	2.938E-07	4.22E-08
MODAL	Mode	34	0.102081	4.899E-08	0.00002494	2.246E-07
MODAL	Mode	35	0.099886	0.00012	1.247E-09	0.000006061
MODAL	Mode	36	0.099475	0.000001658	1.144E-08	1.197E-07
MODAL	Mode	37	0.071804	5.374E-09	1.536E-10	1.161E-09
MODAL	Mode	38	0.07147	9.147E-11	7.564E-09	9.158E-11
MODAL	Mode	39	0.070171	4.123E-09	2.127E-10	7.682E-10
MODAL	Mode	40	0.067633	1.34E-10	1.869E-09	9.807E-12
MODAL	Mode	41	0.054433	2.664E-08	1.88E-09	5.23E-09
MODAL	Mode	42	0.053337	4.25E-08	3.602E-09	4.304E-09
MODAL	Mode	43	0.050708	0.00224	1.525E-09	0.00001932
MODAL	Mode	44	0.050706	0.00086	3.169E-09	0.000007439
MODAL	Mode	45	0.050592	0.00113	3.757E-08	0.000007417
MODAL	Mode	46	0.050588	0.00005622	1.168E-07	3.924E-07
MODAL	Mode	47	0.049266	6.329E-07	6.669E-10	2.866E-08
MODAL	Mode	48	0.049198	3.038E-09	0.0002	3.151E-07

Çizelge 22. Modal periyod ve frekans

OutputCase Text	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	Frequency Cyc/sec
MODAL	Mode	1	0.704393	1.419662828
MODAL	Mode	2	0.641808	1.558098975
MODAL	Mode	3	0.507087	1.972046268
MODAL	Mode	4	0.437906	2.28359517
MODAL	Mode	5	0.401809	2.488742834
MODAL	Mode	6	0.343436	2.911746978
MODAL	Mode	7	0.338311	2.955859646
MODAL	Mode	8	0.315218	3.172407993
MODAL	Mode	9	0.306111	3.266792056
MODAL	Mode	10	0.304891	3.279861079
MODAL	Mode	11	0.293226	3.410337372
MODAL	Mode	12	0.287043	3.483794884
MODAL	Mode	13	0.278438	3.591464446
MODAL	Mode	14	0.264245	3.784362986
MODAL	Mode	15	0.257895	3.877550749
MODAL	Mode	16	0.233738	4.278299844
MODAL	Mode	17	0.228455	4.37722973
MODAL	Mode	18	0.218977	4.56669573
MODAL	Mode	19	0.187253	5.340363913
MODAL	Mode	20	0.181843	5.499253227
MODAL	Mode	21	0.173386	5.767466514
MODAL	Mode	22	0.171887	5.817761415
MODAL	Mode	23	0.168632	5.930074736
MODAL	Mode	24	0.166566	6.003623351
MODAL	Mode	25	0.16629	6.013594837
MODAL	Mode	26	0.162443	6.155996722
MODAL	Mode	27	0.136479	7.327114171
MODAL	Mode	28	0.126067	7.932305487
MODAL	Mode	29	0.123323	8.108769137
MODAL	Mode	30	0.106424	9.396340754
MODAL	Mode	31	0.106139	9.421624184
MODAL	Mode	32	0.106106	9.424535423
MODAL	Mode	33	0.10578	9.453587035
MODAL	Mode	34	0.102081	9.796171009
MODAL	Mode	35	0.099886	10.01145035
MODAL	Mode	36	0.099475	10.05279874
MODAL	Mode	37	0.071804	13.92674022
MODAL	Mode	38	0.07147	13.99191112
MODAL	Mode	39	0.070171	14.25098215
MODAL	Mode	40	0.067633	14.78568971
MODAL	Mode	41	0.054433	18.37127313
MODAL	Mode	42	0.053337	18.74888304
MODAL	Mode	43	0.050708	19.72084947
MODAL	Mode	44	0.050706	19.7213742
MODAL	Mode	45	0.050592	19.76601333
MODAL	Mode	46	0.050588	19.76756451
MODAL	Mode	47	0.049266	20.29782576
MODAL	Mode	48	0.049198	20.3259754

Sonuç olarak, ele almış olduğumuz Ges Paneli ile ilgili olarak, çelik çerçeve sistemden oluşan yapının Çankırı İlinde yapılacağı düşünüerek tasarım ve birleşim hesapları hesapları SAP2000 programı vasıtasıyla irdelenmiştir.

Yapılan hafif çelik modelde aks genişliği 2.4 m x14.2 m olacak şekilde analiz edilmiştir. Güneş enerji panellerinin oturacağı çelik modele ölü yük, rüzgâr yükü, kar yükü, ısı yükü ve deprem yükleri altında analizi yapılmıştır. Analizler sonucunda yerinde kullanılacak elemanların (kolon, kiriş, aşıklar, payanda ve çaprazlar)'a ait kesit kontrolleri yapılmıştır. Yapılan çelik elemanlarda rijitlik, burkulma ve köşe büküm kontrolleri yapılmıştır. Çelik modelde verilen yükler altında kapasite kontrolü yapılmış ve maksimum 0.77 çıkmıştır. Kesitler maksimum yük altında yeterli eğilme ve kayma rijitliğine sahip olduğu ortaya çıkmıştır. Kolon ve kiriş birleşimine ait kontroller sonucunda çift m12 bulonun etkili kayma dayanımı ile birleşim karakteristik dayanımları güvenli tarafta kalmıştır. Yapının tabanında oluşan maksimum kesme kuvveti 1.93 ton olarak elde edilmiştir. Yapıdaki deplasman uç kısımlarda 2.8cm kadar zorlanmalara maruz kalmıştır. Çelik modelde 1. Modun ait periyod 0.7 sn çıkması sistemin yeterli sünekliliğe sahip olduğu ve modal katılım oranlarını 0.99 olması sisteme atanan modun doğru seçildiği ve sistemin göstermiş olduğu rijitliğin lineer olduğu sonucuna varılmıştır.

Ges paneli mekanizmasına ait, 0.645 MW GES projesi yapısal elemanlarının tasarım prensipleri ve konu ilgili tüm kabulleri belirtilen yapısal modelleme panel boyutları 2095x1038x40 mm, panel gücü 460W ve ağırlığı 24 kg olacak şekilde tasarlanmıştır. Paneller 2li Dikey şekilde konumlandırılmış, panel alt ucunun yerden yüksekliği 60 cm, yatayla 25 derece olacak planlanmıştır. Panelleri taşıyacak konstrüksiyon zemine çakma yöntemi ile mesnetlenmesinin uygun olacağı değerlendirilmekte olup, bu tez kapsamında kazıklı temel ile ilgili bir çalışma ön görülmemiştir.

Bu çalışmanın, farklı zemin koşulları, farklı profiller, farklı deprem parametrelili göz önünde tutularak, yapılacak yeni çalışmalara yardımcı olacağı düşünülmektedir.

## **X.KAYNAKÇA**

### **KİTAPLAR**

KAYABALI, K. (1993). **Depreme Dayanıklı İnşaat İçin Temel İlkeler**, Gazi Kitabevi; 1. Basım.

SCHARFF, R. (1996). **Residential steel framing handbook**, McGraw-Hill, New York.

### **MAKALELER**

TAKTAK, F., ve MEHMET, I. (2018). “**Güneş Enerji Santrali (GES) Geliştirme: Uşak Örneği**”. Geomatik, 3(1), 1 21.

WINSTON, R., ve HİNTBERGER, H. (1975). “**Principles of cylindrical concentrators for solar energy** ”. Solar energy, 17(4), 255 258.

BAHNEMANN, D. (2004). “**Photocatalytic water treatment: solar energy applications** ”. Solar energy, 77(5), 445-459.

KAYA, Ö., ve TOROĞLU, E. (2015). “**Monitoring urban development of Kayseri and change detection analysis** ”. Türk Coğrafya Dergisi, 65, 87 96.

ALGUL, S., ÖZÇELİK, O., YILMAZ, B. (2017). “**Evaluation of relationship between aerobic fitness level and range of isocapnic buffering periods during incremental exercise test** ”, Cellular and Molecular Biology, Vol. 63(3).

AKBULAK, C., ERGİNAL, A. E., ÖZTÜRK, B. (2008). “**Gelibolu Yarımadası'nın kuzeybatı kıyılarında arazi kullanımının uzaktan algılama ile incelenmesi**”. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi (20), 41-50.

GEYMEN, A. (2016). “Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak su havzalarındaki doğal kaynakların izlenmesi: Elmalı Havzası örneği”. KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi, 19(2), 174

MICHELE R. SCHARFF-OLSON & HENRY N. WILLIFORD (1996). “The Energy Cost Associated with Selected Step Training Exercise Techniques”, Research Quarterly for Exercise and Sport, 67:4, 465-468.

## **ANSİKLOPEDİLER**

ERİÇ, M., ERSOY, H.Y. & YENER, N., (1986). “Günümüz Konutunda Rasyonel Donatım”, Teknografik Yayınları, İstanbul.

## **TEZLER**

TUNA S. G. (2015). “Modüler hücre yapım sistemlerinin çok katlı yapılarda incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

YILDIRIM, S. G. (2003). “Hafif çelik taşıyıcılı endüstrileşmiş konutlarda tasarım verileri”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

BALCI, E. (2003). “Betonarme ve çelik hafif taşıyıcılı yapı sistemlerinin kaba yapı aşamasında maliyetlerinin irdelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

EKİNCİ, S. (2006). “Hafif çelik yapım sistemleri – taşıyıcı sistem, yapı fiziği etkileri ve mimari tasarım ilkeleri açısından analizi”, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul (s. 71-74)

## **DİĞER KAYNAKLAR**

KARAGÖL, E. T., & KAVAZ, İ. (2017). “Dünyada ve Türkiye’de yenilenebilir enerji”, Analiz. Seta, 197, 18-28.



- VARINCA, K. B., & VARANK, G. (2005). “Güneş kaynaklı farklı enerji üretim sistemlerinde çevresel etkilerin kıyaslanması ve çözüm önerileri”, Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi, İçel, 24 25.
- SARSICI, N. (2020). “Karabük ilinde Güneş Enerjisi Santrali (GES) Kurulabilecek Alanların Çok Ölçütlü Karar Analizi ile Tespiti”.
- AŞIK, E. (2013). “HES (Hidroelektrik Santrali) Barajının Su Kalitesine Etkileri”, Fisheries and Aquatic Sciences , Turkey.
- ERENGEZGİN, Ç. (2008). “Enerji RAPORU”.
- KAYABALI, K. (2015). “An Alternative Shear Strength Test for Saturated Fine-Grained Soils: Preliminary Results”, 6th International Symposium on Deformation Characteristics of Geomaterials , vol.6, Buenos Aires, Argentina, pp.407-414, 2015
- KAFESÇİOĞLU, R. (1989). “Konut Darboğazından Nasıl Çıkacağız?”, Yapı, 97, 57-60
- KOÇAN, A. (2003). “Sürdürülebilir Toplu Konut Tasarımı”, Yapı, 256, 49-55
- ARDA, T. S. (2001). “Deprem bölgelerinde çelik iskeletli binalar”, Türk Yapısal Çelik Derneği, İstanbul.
- TDY 2018. (2018) “Türk Deprem Yönetmeliği 2018”.
- TS EN 1991-1-3-2007. (2007). “Yapılar Üzerindeki Etkiler- Bölüm 1-3: Kar Yükleri”.
- TS EN 1991-1-3-2007. (2007). “Yapılar Üzerindeki Etkiler- Bölüm 1-4: Rüzgâr Etkileri”.
- ÇYTHY 2016. (2016). “Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar”.
- EUROCODE 3 “Design of Steel Structures, Part 1-3 Design of Cold Formed”.
- TS EN 1993-1-8-2005. (2005). “Birleşim Yerlerinin Tasarımı”.
- ASCE 7-16 “Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures ”.
- AISC 303-10 “Code of Standard Practice for Steel Buildings and Bridges The Aluminum Association - Aluminum Design Manual”.

- AASHTO. (1996). "Standard Specifications for Highway Bridges", 16th ed., American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C.
- PDCA. (1998). "Design Specifications for Driven Bearing Piles", Load and Resistance Factor Design, Pile Driving Contractors Association, St. Louis, MO.
- SFA. (2007). "Steel framing guide, a builder' s guide to steel frame construction", Steel Framing Alliance, Washington.
- TERİM, B. (2006). "Hafif çelik çerçeve sistem", Ege Mimarlık, sayı 1, s. 56, İzmir.

## ÖZGEÇMİŞ