

**T.C.  
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
YAPI BİLİM DALI**

**ÇELİK-BETON KOMPOZİT KOLONLU YÜKSEK YAPILARIN  
OPTİMİZASYONU**

**Selen Miray IŞIK**

**Danışman  
Doç. Dr. Erkan DOĞAN**



**MANİSA-2019**

**T.C.  
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
YAPI BİLİM DALI**

**ÇELİK-BETON KOMPOZİT KOLONLU YÜKSEK YAPILARIN  
OPTİMİZASYONU**

**Selen Miray IŞIK**

**Danışman  
Doç. Dr. Erkan DOĞAN**



**MANİSA-2019**

**Selen  
Miray  
IŞIK**

**ÇELİK-BETON KOMPOZİT KOLONLU YÜKSEK  
YAPILARIN OPTİMİZASYONU**

**2019**

## TEZ ONAYI

Selen Miray IŞIK tarafından hazırlanan "**Çelik-Beton Kompozit Kolonlu Yüksek Yapıların Optimizasyonu**" adlı tez çalışması ..../..../.... tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri önünde Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak savunulmuş ve **oyçokluğu / oybirliği** ile başarılı olarak kabul edilmiştir

Danışman

Jüri Üyesi

Jüri Üyesi

## **TAAHHÜTNAME**

Bu tezin Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde, akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

**SELEN MİRAY IŞIK**



## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER .....	I
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	III
KISALTMALAR DİZİNİ.....	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	V
TABLO DİZİNİ .....	VI
TEŞEKKÜR.....	VII
ÖZET.....	VIII
ABSTRACT.....	X
1. GİRİŞ .....	1
1.1. Kompozit Kolonlar.....	2
1.1.1. Kompozit Kolon Türleri .....	2
1.2. Kompozit Kirişler.....	3
1.2.1. Kompozit Kiriş Türleri .....	3
1.3. Kompozit Döşemeler.....	4
1.4. Kompozit Kesitler .....	5
1.4.1. Yerel Burulmalar İçin Sınıflandırma .....	5
1.4.2. Yerel Burkulmalar İçin Sınıflandırma .....	5
1.4.2.1. Nominal Çekme Dayanımı .....	6
1.4.2.2. Nominal Basınç Dayanımı.....	6
1.4.2.3. Nominal Eğilme Dayanımı .....	8
1.4.3. Çevresi Kaplanmış Dikdörtgen Kesitler .....	9
1.4.4. Çevresi Kaplanmış Dairesel Kesitler.....	11
1.4.5. Nominal Kayma Dayanımı .....	12
1.4.5.1. Kuvvetli Eksende Kesme.....	12
1.4.5.2. Haddelenmiş I Profili.....	13
1.4.5.3. Zayıf Eksen Etrafında Kayma .....	14
1.4.5.4. Haddelenmiş I Profili.....	14
1.5. Birleşik Kuvvetler İçin Elemanların Tasarımı .....	15
1.5.1. Eğilme ve Eksenel Sıkıştırmaya Maruz Kalan Elemanlar.....	16
1.5.2. Eğilme ve Eksenel Çekmeye Maruz Kalan Elemanlar.....	18
1.5.3. Burulma, Eğilme, Kesme ve Eksenel Kuvvet Etkisindeki Elemanlar .....	20
2. OPTİMİZASYON .....	22
2.1. Genetik Algoritmalar.....	22
2.1.1. Av Arama Optimizasyon Yöntemi. ....	23
2.1.2. Parçacık Sürü Optimizasyon Yöntemi.....	23
2.1.3. Armoni Arama Optimizasyon Yöntemi.....	24
2.1.4. Karınca Kolonisi Optimizasyon Yöntemi. ....	25
2.1.5. Yapay Arı Kolonisi Optimizasyon Yöntemi. ....	26
2.1.6. Ateş Böceği Optimizasyon Yöntemi. ....	27
2.1.7. Kandil Böceği Optimizasyon Yöntemi.....	27
2.1.8. Yarasa Algoritması. ....	28
2.2. Literatür Araştırması .....	28
2.3. Tezin Amacı .....	30
3. BİYOCOĞRAFYA ALGORİTMASI .....	31
4. ÇOK KATLI KOMPOZİT VE ÇELİK YAPILARIN OPTİMUM TASARIMI .....	35
4.1. Optimizasyon Kavramı.....	35

4.1.1.Tasarım Değişkenleri .....	35
4.1.2.Amaç Fonksiyonu .....	35
4.1.3.Sınırlayıcılar .....	35
4.2.Yapı Modelleri .....	35
4.2.1.Düzensiz Form Yapı Modelleri .....	36
4.2.2.Düzenli Form Yapı Modelleri .....	38
4.2.3.Düzensiz Form Tasarım Örneği Gruplandırma Yöntemi .....	39
4.2.4. Düzenli Form Tasarım Örneği Gruplandırma Yöntemi .....	41
4.3.Yük ve Yük Kombinasyonları .....	41
4.3.1. Yük ve Dayanım Katsayılarıyla Tasarım (LRFD) Yük Kombinasyonları .....	41
4.4. Tasarım Örnekleri.....	43
4.4.1.Düzensiz Kompozit Kolonlu Yapı Tasarım Örneği .....	43
4.4.1.1. Düzensiz Kompozit Kolonlu Yapı Tasarım Örneğinin Gruplandırması .....	43
4.4.1.2. Düzensiz Kompozit Kolonlu Yapı Tasarım Örneğinin Analiz Sonuçları.....	43
4.4.2. Düzenli Kompozit Kolonlu Yapı Tasarım Örneği.....	45
4.4.2.1. Düzenli Kompozit Kolonlu Yapı Tasarım Örneğinin Gruplandırması .....	45
4.4.2.2. Düzenli Kompozit Kolonlu Yapı Tasarım Örneğinin Analiz Sonuçları.....	46
4.4.3.Düzensiz Çelik Kolonlu Yapı Tasarım Örneği.....	48
4.4.3.1. Düzensiz Çelik Kolonlu Yapı Tasarım Örneğinin Gruplandırması .....	48
4.4.3.2. Düzensiz Çelik Kolonlu Yapı Tasarım Örneğinin Analiz Sonuçları .....	49
4.4.4. Düzenli Çelik Kolonlu Yapı Tasarım Örneği.....	50
4.4.4.1. Düzenli Çelik Kolonlu Yapı Tasarım Örneğinin Gruplandırması .....	50
4.4.4.2. Düzenli Çelik Kolonlu Yapı Tasarım Örneğinin Analiz Sonuçları .....	51
4.5. Düzenli Ve Düzensiz Yapı Tasarımına Sahip Kompozit Yapının Çelik Yapı İle Karşılaştırılması .....	53
4.5.1.Düzenli Yapı Karşılaştırması.....	54
4.5.2.Düzensiz Yapı Karşılaştırması .....	54
5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....	56
KAYNAKLAR .....	57
ÖZGEÇMİŞ .....	63

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### SİMGELER DİZİNİ

- $\lambda$  : Plaka incelik oranı veya en narin tabakanın genişlik-kalınlık oranı
- $\lambda_p$  : Kompakt ve kompakt olmayan kesitler arasındaki plaka genişlik / kalınlık oranı sınırı
- $\lambda_r$  : Kompakt olmayan ve narin kesitler arasındaki plaka genişliği-kalınlık oranı sınırı
- $P_e$  : Elastik kritik burkulma yükü
- $A_c$  : Beton alanı
- $A_s$  : Çelik kesitin alanı
- $E_c$  : Betonun elastisite modülü
- $EI_{eff}$  : Kompozit bölümün etkili rijitliği
- $C_3$  : Dolgulu kompozit basınç elemanlarının etkin rijitliğinin hesaplanması için katsayı
- $E_s$  : Çelik elastisite modülü
- $F_y$  : Çelik kesitin belirtilen minimum akma gerilmesi
- $F_{ysr}$  : Donatı çubuklarının belirtilen minimum akma gerilmesi
- $I_c$  : Kompozit kesitin elastik nötr ekseninde beton kısmının atalet momenti
- $I_s$  : Kompozit kesitin elastik nötr ekseninde çelik şeklin atalet momenti
- $I_{sr}$  : Kompozit kesitin elastik nötr ekseninde takviye çubuklarının atalet momenti
- $K$  : Etkili uzunluk faktörü
- $L$  : Elemanın desteklenmeyen yatay boyu
- $f'_c$  : Betonun belirtilen basınç dayanımı



## KISALTMALAR DİZİNİ

<b>AISC-ASD</b>	Amerikan Çelik Konstrüksiyon Enstitüsü - Emniyet Gerilmesi Tasarımı
<b>AA</b>	Av Arama
<b>ABC</b>	Yapay Arı Kolonisi
<b>BBO</b>	Biyocoğrafya Tabanlı Optimizasyon
<b>FFO</b>	Ateş Böceği Algoritması
<b>GA</b>	Genetik Algoritma
<b>HSI</b>	Yaşam Alanı Yoğunluk Endeksi
<b>KS</b>	Karınca Sistemi
<b>KKA</b>	Karınca Kolonisi Algoritması
<b>LRFD-AISC</b>	Yük ve Direnç Faktörü Tasarımı- Amerikan Çelik Konstrüksiyon Enstitüsü
<b>PSO</b>	Parçacık Sürü Optimizasyonu
<b>PNE</b>	Plastik Nötr Eksen
<b>SIV</b>	Uygunluk İndeksi Değişkenleri

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 1.1. Beton içerisine kısmen ve tamamen gömülü tipik kolon kesitler .....	2
Şekil 1.2. Tipik beton dolgulu tübüler kolon kesitler .....	3
Şekil 1.3. Kompozit kirişlerde doğrudan dökülen ve hazır betonarme plaklar...	4
Şekil 1.4. Kompozit döşeme sistemi .....	5
Şekil 1.5. Uzun yöndeki çevresi kaplanmış dikdörtgen kesitler nominal gerilme dayanımının hesabında gerilme blokları .....	9
Şekil 1.6. Kısa yöndeki çevresi kaplanmış dikdörtgen kesitler nominal gerilme dayanımının hesabında gerilme blokları .....	11
Şekil 2.1. Kurtların avını çember içine alıp yakalaması .....	23
Şekil 2.2. Balık sürüsü .....	24
Şekil 2.3. Orkestra.....	25
Şekil 2.4. Karıncaların izlediği yol .....	26
Şekil 2.5. Karıncaların bir engelle karşılaşması .....	26
Şekil 2.6. Engelle karşılaşan karıncaların seçimi .....	26
Şekil 2.7. Karıncaların kısa yolu bulmaları.....	26
Şekil 3.1. Bir habitatın tür modeli .....	32
Şekil 3.2. Bir habitatın tür modeli.....	34
Şekil 4.1. 17 Katlı 869 elemanlı düzensiz form tasarım örneği 3 boyutlu model görüntüsü.....	36
Şekil 4.2. 17 Katlı 869 elemanlı düzensiz form tasarım örneği model görüntüsü 1-8 kat arası .....	37
Şekil 4.3. 17 Katlı 869 elemanlı düzensiz form tasarım örneği model görüntüsü 9-17 kat arası .....	37
Şekil 4.4. 17 Katlı 680 elemanlı düzenli form tasarım örneği 3 boyutlu model görüntüsü.....	38
Şekil 4.5. 17 Katlı 680 elemanlı düzenli form tasarım örneği model görüntüsü .....	39
Şekil 4.6. Düzensiz form tasarım örneği gruplandırma yöntemi 1-8 kat .....	40
.....	40
Şekil 4.7. Düzensiz form tasarım örneği gruplandırma yöntemi 9-17 kat .....	40
Şekil 4.8. Düzenli form tasarım örneği gruplandırma yöntemi .....	41
Şekil 4.9. 17 Katlı düzensiz kompozit kolonlu çerçeve için iterasyon ağırlık grafiği .....	45
.....	45
Şekil 4.10. 17 Katlı düzenli kompozit kolonlu çerçeve için iterasyon ağırlık grafiği .....	47
.....	47
Şekil 4.11. 17 Katlı düzensiz çelik kolonlu çerçeve için iterasyon ağırlık grafiği .....	50
.....	50
Şekil 4.12. 17 Katlı düzenli çelik kolonlu çerçeve için iterasyon ağırlık grafiği .....	52
Şekil 4.13. Düzenli yapı tasarımına sahip kompozit ve çelik yapıların en iyi ağırlık bakımından karşılaştırılması .....	54
Şekil 4.14. Düzensiz yapı tasarımına sahip kompozit ve çelik yapıların en iyi ağırlık bakımından karşılaştırılması .....	55

## TABLO DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Tablo 4.1. Tasarım örneklerine yapılan yüklemeler .....	42
Tablo 4.2. 17 Katlı 869 elemanlı kompozit kolonlu tasarımın gruplandırılması	43
Tablo 4.3. 17 Katlı 869 elemanlı kompozit kolonlu tasarım örneği analiz sonuçları .....	44
Tablo 4.4. Optimum kesit isimleri .....	44
Tablo 4.5. 17 Katlı 680 elemanlı kompozit kolonlu tasarımın gruplandırılması	46
Tablo 4.6. 17 Katlı 680 elemanlı kompozit kolonlu tasarım örneği analiz sonuçları .....	46
Tablo 4.7. Optimum kesit isimleri .....	47
Tablo 4.8. 17 Katlı 869 elemanlı çelik kolonlu tasarımın gruplandırılması .....	48
Tablo 4.9. 17 Katlı 869 elemanlı çelik kolonlu tasarım örneği analiz sonuçları	49
Tablo 4.10. Optimum kesit isimleri .....	49
Tablo 4.11. 17 Katlı 680 elemanlı çelik kolonlu tasarımın gruplandırılması .....	51
Tablo 4.12. 17 Katlı 680 elemanlı çelik kolonlu tasarım örneği analiz sonuçları .....	51
Tablo 4.13. Optimum kesit isimleri .....	52
Tablo 4.14. Tüm yapıların karşılaştırmalı tablosu .....	53

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleőtirilmesinde, değerli bilgilerini benimle paylaőan, kendisine ne zaman danıősam bana kıymetli zamanını ayırıp sabırla ve büyük bir ilgiyle bana faydalı olabilmek adına elinden geleni fazlasıyla sunan, güler yüzünü ve samimiyetini benden esirgemeyen saygıdeğer danışman hocam Doç. Dr. Erkan DOğAN'a teőekkürü bir borç bilirim. Yine çalıőmamda konu, kaynak ve yöntem açısından bana sürekli yardımda bulunarak yol gösteren çok kıymetli hocam Doç. Dr. İbrahim AYDOğDU'ya Őukranlarımı sunuyorum.

Teőekkürün az kalacağı beni her an ve her alanda destekleyen hayatım boyunca maddi, manevi tüm konularda yanımda olan babam Enver ÇETİNKAYA'ya ve eőim Hasan IŞIK'a teşekkür ediyorum ve bu tezi çok sevdiğim annem Türkan ÇETİNKAYA'ya ithaf ediyorum.

Selen Miray IŞık  
Manisa, 2019

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### ÇELİK-BETON KOMPOZİT KOLONLU YÜKSEK YAPILARIN OPTİMİZASYONU

Selen Miray IŞIK

Manisa Celal Bayar Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Erkan DOĞAN

Bu çalışmada çelik-beton kompozit yüksek katlı yapıların ağırlık optimizasyonu yapılmıştır. Tarih boyunca artan konut, iş yeri ve sosyal alana talep sebebiyle tek katlı yapılardan çok katlı yüksek binalara geçildiği gözlemlenmiştir. Bina yüksekliği arttıkça yapının ağırlığı, maliyeti, dayanımı gibi sorunlar gün yüzüne çıkmıştır ve bu sorunları karşılayabilecek en iyi cevap kompozit yapı sistemleri olmuştur.

Kompozit yapı sistemleri, yapı ağırlığını önemli derecede azaltır ve deprem esnasında oluşan sismik yüklere karşı koymak için gerekli olan sürekliliğin karşılanmasında iyi performans gösterir. Kompozit yapıların etkinliğiyle ilgili çalışmalar yapılmış ve optimum yapı tasarımındaki önemi incelenmiştir.

Optimum yapı sistemi tasarımı, LRFD-AISC [1] (Amerikan Çelik Konstrüksiyon Enstitüsü)'de öngörülen hükümler doğrultusunda gerçekleştirilmiş ve burkulmayı da hesaba katan dayanım sınırlayıcıları göz önünde bulundurulmuş ve algoritmanın kolon ve kirişler için Amerikan Şartnamesindeki 272 kesit içerisinden seçim yapması sağlanmıştır. Her bir grup içindeki elemanlara aynı kesitin tayin edilebilmesi için eleman gruplandırılması yapılmıştır. Şartnamedeki sınırlayıcıları dikkate alarak minimum çerçeve ağırlığını hesaplayan bu algoritmanın etkinliği örnek problemlerle gösterilmiştir.

Biyocoğrafya optimizasyon tekniği, biyolojik organizmaların coğrafi dağılımının incelenmesidir. Bu çalışmada geliştirilen optimum tasarım algoritmasında biyocoğrafya optimizasyon tekniği kullanılmıştır. Biyocoğrafya, türlerin doğadaki dağılımını inceler. Her bir çözüm, bir adadır ve yaşamı nitelendiren

özelliklere sahiptir: bu çözümler uygunluk indeksi değişkenleri (SIV) olarak adlandırılır. Her çözülmeye yaşam alanı uygunluk endeksi (HIS) denir. BBO'da, H yaşam alanı, rasgele başlatılan N (SIV) vektörüdür ve daha sonra, hedef için minimum göç ve mutasyon adımını izler. BBO da, mutasyon popülasyonunun çeşitliliğini artırarak daha iyi sonuçların elde edilmesinde kullanılmıştır. Bu tekniğin bu yapılarda kullanılması uygundur, iyi sonuçlar vermiştir. [2]

**Anahtar Kelimeler:( biyocoğrafya optimizasyon yöntemi, yüksek katlı yapılar, çelik-beton kompozit yapı)**

**2019, 77 sayfa**



## **ABSTRACT**

### **Graduate Thesis**

## **OPTIMIZATION OF HIGH RISE BUILDINGS WITH STEEL-CONCRETE COMPOSITE COLUMNS**

**Selen Miray IŞIK**

**Manisa Celal Bayar University  
Graduate School of Applied and Natural Sciences  
Department of Civil Engineering**

**Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Erkan DOĞAN**

In this study, weight optimization of steel-concrete composite high-rise structures is conducted. Because of the increasing demand for residential, business and social areas, we observe the transition from single-storey buildings to high-rise buildings throughout the history. As height of building increased, problems of the buildings that the weight, cost, and strength had emerged and the best response to these problems was the composite building systems.

Composite building systems significantly reduce the weight of the structure and perform well in meeting the continuity required to resist the seismic loads during the earthquake. Studies on the efficiency of composite structures were made and the importance of optimum structure design was examined.

Optimum structure system design was carried out in accordance with the provisions of LRFD-AISC [1] (American Steel Construction Institute) and the strength limiters which take account of buckling were taken into consideration and the algorithm was selected for the columns and beams in 272 terms in the American Specification. Member grouping is implemented in order to assign the same section to the members in a design group. Efficiency of the algorithm which determines the minimum frame weight by considering the limitations in the code is illustrated with example problems.

Biogeography optimization technique is the investigation of the geographical distribution of biological organisms. In the optimum design algorithm developed in this study, biogeography optimization technique was used. Biogeography analyzes the distribution of species in nature. Each solution is an island and has characteristics that characterize life: these solutions are called conformity index variables (SIV). Each dissociation is called the habitat appropriateness index (HIS). In the BBO, the H habitat is the randomly initiated N (SIV) vector and then follows the minimum migration and mutation step for the target. In the BBO, the mutation was used to increase the diversity of the population and to achieve better results. This technique is suitable for use in these structures. [2]

**Keywords: (optimum sizing, hunting search optimization method, minimum weight, steel-concrete composite structure)**

**2019, 77 pages**



## 1. GİRİŞ

19. yüzyılın sonlarına doğru sanayi ve teknoloji alanlarındaki gelişmelerle birlikte; konutlar, işyerleri, hastaneler, okullar vb. gibi yapılar yatayda hacim kaplamaktansa, dikey yönde gelişme imkanı bulmuşlardır.

Sanayi imkanlarının ve nüfus yoğunluğunun fazla olduğu kentlerde arsanın değerinin artması, teknolojik ve ekonomik gelişmelerin faydaları ile yüksek katlı binalara talep giderek artmıştır. Artan taleplere cevap verebilmek için inşaat sektöründe betonarme yapılara alternatif aranmıştır.

Yapı ağırlığını betonarme binalara göre önemli derecede azalttığı deprem esnasında oluşan sismik yüklere karşı koymak için gerekli olan sürekliliğin sağlanmasında oldukça iyi performans sağladığı için kompozit yapı alanına yönelmişlerdir.[3]

Kompozit yapılar; yapı taşıyıcı sisteminde ideal farklı yapı malzemelerinin bir arada kullanıldığı yapılardır. Kompozit yapılarda kullanılan malzemelerin pozitif özellikleri birleştirilmektedir. Oluşturulan kompozit yapılarda çelik taşıyıcılar çekme gerilmesini, beton ise basınç gerilmesini karşılamaktadır.

Kompozit yapıların pek çok avantajı vardır. Betonarme binaya göre bina ağırlığının %40-%50 daha hafif olması sebebiyle binaya maksimum kat olanağı sağlar. Ayrıca bina yükünün azalması sebebiyle binaya etkiyen deprem yükü de azalmaktadır.

Çelik taşıyıcı yapılar kolonsuz, duvarsız ve kesintisiz kullanım alanı sağlar ve çelik yapıların tesisat montajı ve tesisat yenilenmesi daha kolay olmaktadır.

Yapı taşıyıcı elemanlarının sanayi ortamında üretilmesi, binada kullanılan malzemelerin kalitesi ve kontrolü açısından emin olma imkanı vermektedir.

Kompozit yapılarda farklı yapı elemanları, aynı taşıyıcı eleman üzerinde aynı anda birlikte kullanılabilirdiği gibi, aynı yapıda olmak üzere farklı elemanlar olarak da kullanılabilir. Örneğin, binanın bir kolonu çelik yapı elemanı ile teşkil edildiği halde diğer kolonu betonarme olabilmektedir. Aynı zamanda bir diğer kolonu da çelik yapı elemanı ile betonarme birlikte tasarlanarak oluşturulabilmektedir.

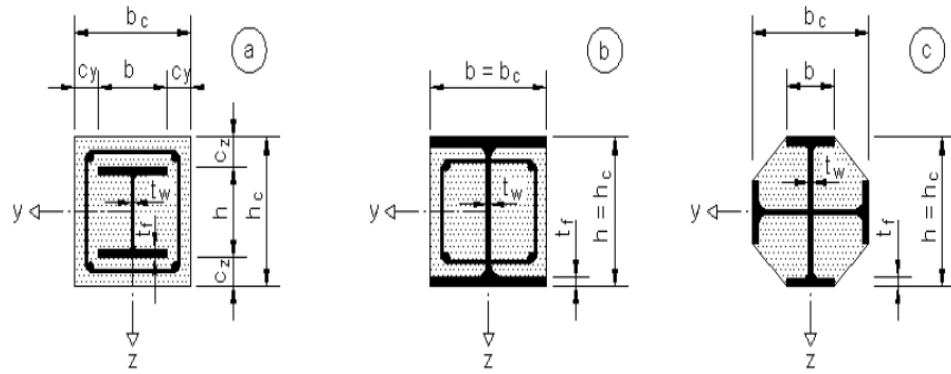
Kompozit yapılarda kolon, kiriş, döşeme gibi taşıyıcı elemanlar kompozit olarak tasarlandığında “kompozit kolon”, “kompozit kiriş”, “kompozit döşeme” olarak adlandırılırlar.

## 1.1.Kompozit Kolonlar

Kompozit kolonlar; beton, çelik ve donatı elemanlarından oluşur. Yapı çeliği ve betonun bir arada kullanılmasıyla yapının ağırlığı azalır. Yüksek yapılarda kullanılan kompozit kolonlarda büyük problem olan yangına karşı dayanımı arttırmaktadır.

### 1.1.1 Kompozit Kolon Türleri

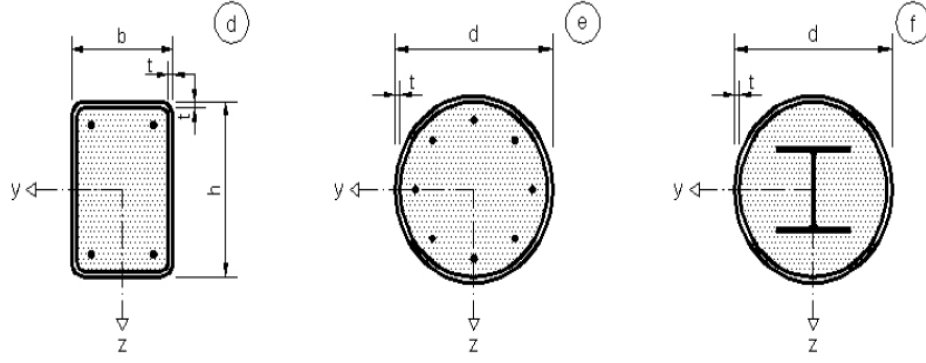
Kompozit kolonlar yapı içerisinde üç farklı şekilde teşkil edilmektedir; Beton içerisine gömülü çelik elemanlar, içine beton doldurulan kapalı kutu çelik kesitler ve gövde boşlukları betonla doldurulan yapısal çelik kesitler şeklinde olmaktadır.



**Şekil 1.1.** Beton içerisine kısmen ve tamamen gömülü tipik kolon kesitleri [4]

Şekil 1.1(a)'da tamamen betona gömülü bir kesit örneği verilmiştir. Bu kesitler çelik profili dış ortamdaki yangına ve korozyona karşı korumaları sebebiyle tercih edilmektedir.

Şekil 1.1(b) ve (c)'de görülen kısmen betona gömülü kesitler çelik profilin gövdesini yangından korumakta ve kısmen kalıp görevi görmektedir.



**Şekil 1.2.** Tipik beton dolgulı tübüler kolon kesitleri [4]

Şekil 1.1(d), (e) ve (f)'de görülen boş çelik kesit içine beton doldurulmuş kompozit kolonda çelik kesit kalıp görevi de üstlenir. Beton dolu çelik tüp kolonlar, depreme dayanıklı yapılarda, trafik etkisine maruz köprü ayaklarında, depolama tanklarına destek olan kolonlarda, demiryolu döşemelerinde, çok yüksek binaların kolonlarında ve kazıklarda kullanılmaktadır. Ancak, bu tip kolonlarda eğer binanın yangına karşı korunması gerekliyse ek olarak yangın yalıtımı gerekmektedir. (Shanmugam ve Lakshmi, 2001).

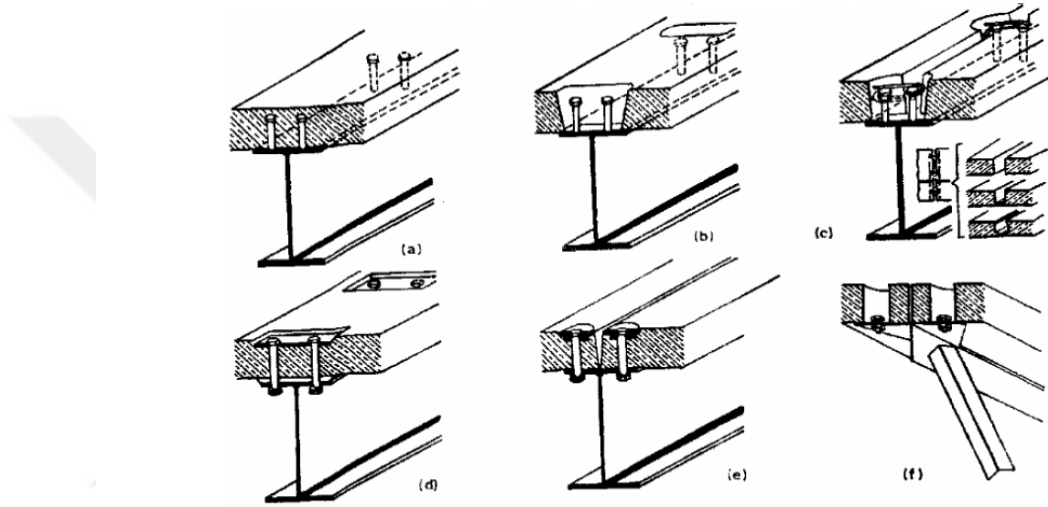
## 1.2.Kompozit Kirişler

Taşıdıkları betonarme döşeme ile birlikte çalışan yapısal çelik elemanlarının oluşturduğu karma kirişlere kompozit kirişler denilir. Kompozit kirişler, genel olarak betonarme bir plak ve yapısal çelik profilden oluşmaktadır. Kompozit kirişler, normal çelik kirişlere göre oldukça yüksek moment taşıma kapasitesine ve rijitliğe sahiptir. Başka bir anlatımla, daha küçük kesitlerle eşdeğer moment kapasitesine erişebilir. Malzemede tasarrufun yanı sıra, çok katlı yapılarda döşemelerin derinliği de azalır. Kompozit kirişler özellikle yurt dışında binalarda ve köprülerde sık sık kullanılmaktadır. Hatta bu kirişler öngermeli olarak daha büyük açıklıkların karşılanmasında çok faydalı olmaktadır.

### 1.2.1.Kompozit Kiriş Türleri

Kompozit kirişlerin basınç başlığını oluşturan betonarme plak, çelik kirişin üzerine betonu doğrudan dökülerek bağlanabileceği gibi (Şekil 1.2-a), önceden dökülmüş hazır bir plak olarak çelik enkesite sonradan da bağlanabilir. Hız ve daha büyük bir ön yapımla sağlanan hazır plak durumunda, betonarme plakla çelik

profilin bağlantısı, ya küçük mertebede bir yerinde döküm betonla (Sekil 1.2-b,c),ya da yerinde döküm beton kullanmadan, yüksek mukavemetli ve ön gerilmeli bulonlarla doğrudan bulonlama ile (Sekil 1.2-d,f) yapılabilir. Hazır plak durumunda, çelik profile oturan tek plak (Sekil 1.2 b,d) , ya da bir kirişten diğerine uzanarak çelik elemana iki yandan oturan çift plak (Sekil 1.2-c,e,f) söz konusu olabilir. Bazı kafes gövdeli kompozit kirişlerde basınç başlığı yalnız betonarme plaktan oluşturulabilir (Sekil 1.2-f) (Arda ve Yardımcı, 2000).

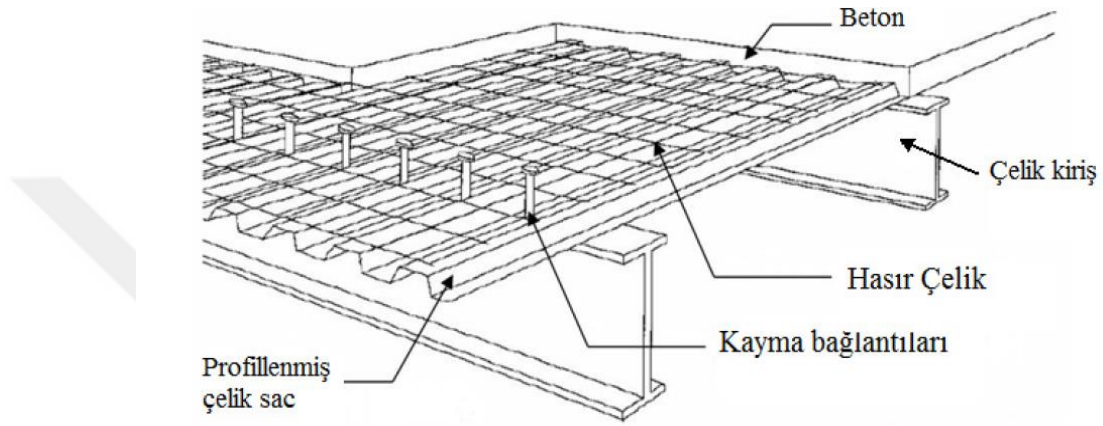


**Şekil 1.3.** Kompozit kirişlerde doğrudan dökülen ve hazır betonarme plaklar [5]

### 1.3.Kompozit Döşemeler

Çelik yapılarda trapez sac üzerine donatılı beton dökülmesi ile teşkil edilen bir döşeme sistemidir. Kompozit döşemenin oluşturulabilmesi için kompozit panel olarak adlandırılabilen özel bir geometriye sahip bir trapez sac kullanılması gerekmektedir. Günümüzde, kompozit döşemeler değişik uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Yönetim binaları ve ofisler için geniş hacimler sağlayan kompozit döşemeli büyük açıklıklı çelik yapılar modern inşaatlarda tercih edilmektedir. Yangın dayanımı ve ısı izolasyonu gibi özelliklerinden dolayı okul, ev ve hastane inşaatlarında da kompozit döşemeler tercih edilmektedirler. Büyük açıklıklarda büyük dayanım kapasitesi elde edilebilmesi ile yapım hızı ve kolaylığı, otoparklarda da kompozit döşemelerin kullanımını yaygınlaştırmıştır(Nethercot, 2004).

Kompozit döşemeler; çelik profil kiriş, kayma bağlantısı, profillemiş çelik sac ve beton bileşenlerinden oluşur (Şekil 1.3.1). Bazı uygulamalarda hasır çelik de kullanılmaktadır. Genellikle çelik döşeme kirişleri üzerine mesnetlenen profillemiş çelik sac, inşaat sürecinde işçiler ve malzeme için platform, ıslak beton için kalıp görevlerini üstlenir. Daha sonra beton sertleşip yeterli dayanımı kazandığında eğilmenin çekme bileşeninin tamamını veya bir kısmını taşır. Kompozit döşemeyi oluşturan diğer eleman olan beton ise, eğilmenin basınç bileşenini taşır, ilave olarak yangın dayanımı ve ses izolasyonu sağlar.



Şekil 1.4 Kompozit döşeme sistemi [5]

## 1.4. Kompozit Kesitler

### 1.4.1 Yerel Burulmalar için Sınıflandırma

Eğilme ve aksenal sıkıştırma için nominal kuvvetler, Kompakt, Kompakt olmayan, Narin ve Çok Narin gibi bölümlerin sınıflandırılmasına bağlıdır. Kompakt bölümler lokal burkulma meydana gelmeden önce tam plastik mukavemeti geliştirebilmektedirler. Kompakt Olmayan bölümler basınç sırasında kısmi akma gerçekleştirebilir ve tamamen plastik bir gerilime ulaşmadan önce esnek olmayan bir şekilde bükülebilirler. İnce bölümler herhangi bir elemanın basınç altında akmasından önce elastik olarak bükülürler.

Kaplanmış I profiller her zaman kompakt olarak kabul edilirler. (AISC I1.2).

### 1.4.2 Yerel Burkulmalar için Sınıflandırma

Basınç, bükülme ve kaymadaki nominal kuvvetler, aşağıdaki bölümlere uygun olarak Kompakt, Kompakt Olmayan ve İnce elemanlar için hesaplanır. Tüm

kesit şekilleri için nominal eğilme dayanımları, asal eğilme eksenleri baz alınarak hesaplanır. Kutu ve boru enkesitli elemanlar için asal eksenler geometrik eksenleriyle örtüşür.

Bütün bölümler için, nominal kesme kuvvetleri, tipik olarak asal eksenlerle örtüşen geometrik eksenlerle aynı hizalı yönler için hesaplanır.

Kullanıcı kompozit kolon yenilenmiş şekil elemanlarından bir veya daha fazlası için sıfır olmayan nominal kapasiteler belirlerse, bu değerler belirlenen elemanlar için hesaplanan değerleri geçersiz kılar. Belirlenen kapasiteler, eğilme için bükülmenin asal eksenleri ve kesme için geometrik eksenleri baz almalıdır.

#### 1.4.2.1. Nominal Çekme Dayanımı

Bu bölüm aksenal çekmeye tabi elemanlar için geçerlidir.

Gerilme kuvvetlerine dayanacak şekilde tasarlanan elemanlar için bir maksimum narinlik sınırı bulunmamasına rağmen, narinlik oranı tercihen 300'ü geçmemelidir (AISC D1). Gerilme altındaki narin elemanlar için bu etkiye yönelik bir uyarı mesajı yazdırılır.

Tasarım gerilme mukavemeti,  $\phi t P_n$ , ve gergi elemanlarının izin verilen gerilme mukavemeti,  $P_n/\Omega_t$ , gerilme altındaki dolu kesitin limit akma durumuna göre aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$P_n = F_y A_s + F_{ysr} A_{sr} \text{ (AISC I2-8)}$$

$$\phi t = 0.90 \text{ (LRFD) (AISC I2.1c)}$$

$$\Omega t = 1.67 \text{ (ASD) (AISC I2.1c)}$$

#### 1.4.2.2 Nominal Basınç Dayanımı

Tasarım basınç dayanımı,  $\phi_c P_n$ , ve aksenal basınca tabi elemanların izin verilen basınç dayanımı bu bölümde yer almaktadır. Tasarım ve izin verilen basınç dayanımlarının hesabında kullanılan direnç ve güvenlik faktörleri:

$$\phi_c = 0.75 \text{ (LRFD)(AISC I2.1b, 2.2b)}$$

$$\Omega_c = 2.00 \text{ (ASD) (AISC I2.1b, 2.2b)}$$

Basınç kuvvetlerine dayanacak şekilde tasarlanan elemanlar için bir maksimum narinlik sınırı bulunmamasına rağmen, narinlik oranı tercihen 200'ü geçmemelidir (AISC E2). Basınç altındaki narin elemanlar için bu etkiye yönelik bir uyarı mesajı yazdırılır.

Çift simetri aksenal olarak yüklenen kaplanmış kompozit kesit elemanlarının nominal basınç dayanımı,  $P_n$ , eğilme flambajının sınır durumuna uygun olarak elde edilen değeridir. Burulmalı ve eğilmeli burulmalı burkulma sınır durumlarının dikkate alınması gerekmez.

$$P_n = \begin{cases} \left(0.658 \frac{P_{no}}{P_e}\right) P_{no}, & \text{if } \frac{P_{no}}{P_e} \leq 2.25 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ 0.877 P_e, & \text{if } \frac{P_{no}}{P_e} > 2.25 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \end{cases} \quad (\text{AISC I2.2, I2.3})$$

$$P_n = \begin{cases} P_{no} \left[0.658 \frac{P_{no}}{P_e}\right] & \text{if } \frac{P_{no}}{P_e} \leq 2.25 \\ 0.877 P_e, & \text{if } \frac{P_{no}}{P_e} > 2.25 \end{cases} \quad (\text{AISC I2.2, I2.3})$$

$$P_{no} = F_y A_s + F_{ysr} A_{sr} + 0.85 f'_c A_c \quad (\text{AISC I2-4})$$

$$P_e = \text{elastik kritik burkulma yükü} \\ = \pi^2 (EI_{\text{eff}}) / (KL)^2 \quad (\text{AISC I2-5})$$

$$A_c = \text{beton alanı, in}^2$$

$$A_s = \text{yapısal çelik çekirdek enkesit alanı, in}^2$$

$$E_c = \text{kullanıcı tarafından girilen beton elastisite modülü, ksi}$$

$$E_{\text{eff}} = \text{kompozit kesitin etkin eğilme rijitliği, kip-in}^2 \quad (\text{AISC I2-6}) \\ = EsIs + 0.5EsIsr + C1EcIc$$

$$C1 = \text{kaplanmış kompozit basınç elemanının etkin rijitlik hesaplama katsayısı}$$

$$= 0.1 + 2 \left( \frac{A_s}{A_c + A_s} \right) \leq 0.3 \quad (\text{AISC I2-7})$$

$$Es = \text{yapısal çelik elastisite modülü} \\ = 29,000 \text{ ksi}$$

$F_y$  = yapısal çelik karakteristik akma gerilmesi, ksi

$F_{ysr}$  = beton çeliğinin karakteristik akma gerilmesi, ksi

$I_c$  = Kompozit enkesit elastik tarafsız eksenine göre beton enkesitin atalet momenti, in<sup>4</sup>

$I_s$  = Kompozit enkesitin elastik tarafsız eksenine göre yapısal çelik enkesitin atalet momenti, in<sup>4</sup>

$I_{sr}$  = Kompozit enkesitin elastik tarafsız eksenine göre donatı çubuklarının atalet momenti, in<sup>4</sup>

$K$  = etkin uzunluk katsayısı =  $K_2$

$L$  = elemanın yatay yöndeki çaprazlanmamış boyu, in.

$f'_c$  = beton karakteristik basınç dayanımı, ksi

Tanımlamalarda, etkin uzunluk katsayısı  $K_2$ ,  $K$  faktörü olarak kullanılmaktadır. Tercihlerden seçilen analiz yöntemi İkinci Mertebe Elastik Analiz, Genişletilmiş birinci derece analizi ile kullanılan Birinci Mertebe Analiz veya Sınırlandırılmış Birinci Mertebe Analiz ise, hesaplanan  $K_2$  faktörleri kullanılır. Kullanıcı  $K_2$  faktörlerinin üzerine yazarsa, üzerine yazılan değerler kullanılır. Seçilen analiz yöntemi Doğrudan Analiz Yöntemlerinden herhangi biriye, etkin uzunluk katsayısı,  $K$ ,  $P_n$  hesabında bir olarak alınır (AISC C3).  $K_2$  üzerine yazılan değerlerin sonraki durum için bir etkisi olmayacaktır.

### 1.4.2.3. Nominal Eğilme Dayanımı

Bu bölüm, bir asal eksen etrafında basit etkisindeki elemanlar için geçerlidir. Elemanların kayma merkezinden geçen asal eksene paralel bir düzlemde yüklendiği veya burulmaya karşı desteklendiği varsayılmaktadır.

Tasarım eğilme momenti dayanımı,  $\phi_b M_n$ , veya izin verilen eğilme momenti dayanımı,  $M_n / \Omega_b$ , aşağıdaki katsayılar kullanılarak belirlenir:

$$\phi_b = 0.90 \text{ (LRFD) (AISC I3.3, I3.4b)}$$

$$\Omega_b = 1.67 \text{ (ASD) (AISC I3.3, I3.4b)}$$



### 1.4.3 Çevresi Kaplanmış Dikdörtgen Kesitler

Bu bölüm, her iki eksen etrafında bükülen çevresi kaplanmış dikdörtgen bölümler için geçerlidir. Çevresi kaplanmış dikdörtgen kesitler için nominal eğilme dayanımı aşağıdaki gibi hesaplanır (AISC I3.4b):

Ana ekseninde plastik moment kapasitesi,  $M_p$ , aşağıdaki gibi hesaplanır (AISC I3.3c, C-I3.3):

$$M_{p,major} = M_D - Z_{sn} F_y - \frac{1}{2} Z_{cn} (0.85 f_c')$$

$$Z_{cn} = h_1 h_n^2 - Z_s - Z_{sn}$$

$$M_D = Z_s F_y + Z_r F_{yr} + \frac{1}{2} Z_c (0.85 f_c')$$

$Z_s$  = Çelik I kesitin x eksenindeki plastik mukavemet momenti

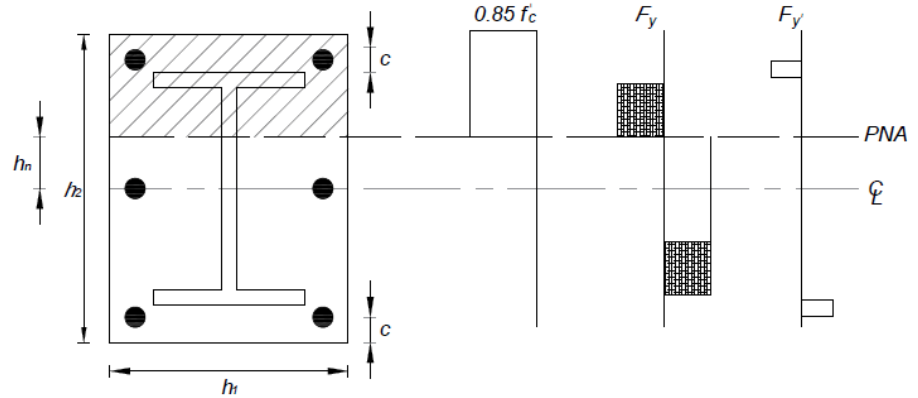
$Z_r$  = Donatıların x eksenindeki plastik mukavemet momenti

$A_{sr}$  = boyuna donatı alanı

$$Z_r = (A_{sr} - A_{srs}) \left( \frac{h_2}{2} - c \right)$$

$$Z_c = \left( \frac{h_1 h_2^2}{4} - Z_s - Z_r \right)$$

$Z_{sn}$  ve  $h_n$ 'in hesabı plastik nötr eksenin (PNE) konumuna bağlıdır ve aşağıdaki gibi hesaplanır:



Şekil 1.5. Uzun Yöndeki Çevresi Kaplanmış Dikdörtgen Kesitler Nominal Gerilme Dayanımının Hesabında Gerilme Blokları[12]

Flanşların altındaki  $h_n$  için ( $h_n \leq \frac{d}{2} - t_f$ )

$$h_n = \frac{0.85f'_c(A_c + A_{srs}) - 2F_y A_{srs}}{2[0.85f'_c(h_1 - t_w) + 2F_y t_w]}$$

$$Z_{sn} = t_w h_n^2$$

For  $h_n$  within the flange ( $\frac{d}{2} - t_f < h_n \leq \frac{d}{2}$ )

$$h_n = \frac{0.85f'_c(A_c + A_s - db_f + A_{srs}) - 2F_y(A_s - db_f) - 2F_{yr}A_{srs}}{2[0.85f'_c(h_1 - b_f) + 2F_y t_f]}$$

$$Z_{sn} = Z_s - b_f \left(\frac{d}{2} - h_n\right) \left(\frac{d}{2} + h_n\right)$$

For  $h_n$  within the flange ( $h_n > \frac{d}{2}$ )

$$h_n = \frac{0.85f'_c(A_c + A_s + A_{srs}) - 2F_y A_s - 2F_{yr}A_{srs}}{2(0.85f'_c h_1)}$$

$$Z_{sn} = Z_{sx}$$

Kısa yöndeki plastik moment kapasitesi,  $M_p$ , aşağıdaki gibi hesaplanır (AISC I3.3c, C-I3.3):

$$M_{p,major} = M_D - Z_{sn}F_y - \frac{1}{2}Z_{cn}(0.85f'_c)$$

$$Z_{cn} = h_1 h_n^2 - Z_s - Z_{sn}$$

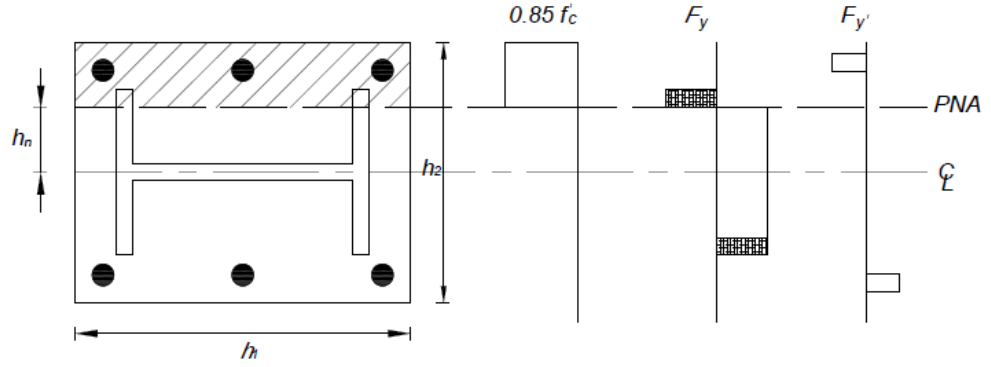
$$M_D = Z_s F_y + Z_r F_{sr} + \frac{1}{2}Z_c(0.85f'_c)$$

$Z_r$  = donatı kesit modülü

$A_{sr}$  = boyuna donatı alanı

$$Z_r = A_{sr} \left(\frac{h_2}{2} - c\right)$$

$$Z_c = \frac{h_1 h_2^2}{4} - Z_s - Z_r$$



**Şekil 1.6.** Kısa Yöndeki Çevresi Kaplanmış Dikdörtgen Kesitler Nominal Gerilme Dayanımının Hesabında Gerilme Blokları[12]

$Z_{sn}$  ve  $h_n$ 'in hesabı plastik nötr eksenin (PNE) konumuna bağlıdır ve aşağıdaki gibi hesaplanır:

Flanş  $\left(\frac{t_w}{2} < h_n \leq \frac{b_f}{2}\right)$  altındaki  $h_n$  için,

$$h_n = \frac{0.85f'_c(A_c + A_s - 2t_f b_f) - 2F_y(A_s - 2t_f b_f)}{2[4t_f F_y + 0.85f'_c(h_1 - 2t_f)]}$$

$$Z_{sn} = Z_s - 2t_f \left(\frac{b_f}{2} + h_n\right) \left(\frac{b_f}{2} - h_n\right)$$

Flanş  $\left(h_n > \frac{b_f}{2}\right)$  içindeki  $h_n$  için,

$$h_n = \frac{0.85f'_c(A_c + A_s) - 2F_y A_s}{2(0.85f'_c h_1)}$$

#### 1.4.4 Çevresi Kaplanmış Dairesel Kesitler

Çevresi kaplanmış dairesel kesitler için nominal eğilme dayanımları, beton ve donatı özelliklerinin dairesel şekle göre hesaplanmasının dışında bir önceki bölümde açıklanan çevresi kaplanmış dikdörtgen kesitlerin nominal eğilme dayanımlarıyla özdeştir.

### 1.4.5. Nominal Kayma Dayanımı

Nominal kayma dayanımları tüm kesitler için geometrik eksenlerdeki kaymalar için hesaplanır.

Kompozit kesitin mevcut mukavemeti, sadece çelik kesitin mevcut kayma mukavemeti olarak alınır (AISC I4.1(a)) ve AISC G. Bölümü'ne göre belirlenir. Nominal kayma dayanımı hesabında,  $V_n$ , kesitin kayma dayanımını artırmak için ara rijitlik levhaları kullanılmadığı varsayılmaktadır (AISC G2-2). Kod aşağıdaki yöntemlerden birinin kullanılmasına izin verir: (a) gerilme-alan-hareketi kullanılmadan kayma akması ve kayma burkulması sınır durumu ve (b) elemanın burkulma sonrası dayanımı veya gerilim-alan-hareketi (AISC G3). Program kayma dayanımlarının hesabında birinci yöntemi uygular.

Tasarım kesme kuvveti dayanımı,  $\phi_v V_n$ , ve izin verilen kesme kuvveti dayanımı,  $V_n/\Omega_v$ , aşağıdaki katsayılar kullanılarak belirlenir.

$h / t_w \leq 2.24 \sqrt{E/F_y}$  Olan I kesitli hadde profillerin gövdeleri hariç uzun ve kısa yönlerdeki tüm kesitler için,

$$\phi_v = 0.9 \text{ (LRFD)} \quad \text{(AISC G1, I4.1(a))}$$

$$\Omega_v = 1.67 \text{ (LRFD)} \quad \text{(AISC G1, I4.1(a))}$$

$h / t_w \leq 2.24 \sqrt{E/F_y}$  Olan I kesitli hadde profillerin gövdeleri için,

$$\phi_v = 1.0 \text{ (LRFD)} \quad \text{(AISC G2.1a, I4.1(a))}$$

$$\Omega_v = 1.50 \text{ (ASD)} \quad \text{(AISC G2.1a, I4.1(a))}$$

#### 1.4.5.1 Kuvvetli Eksende Kesme

Kuvvetli eksende nominal kesme dayanımı,  $V_n$ , kayma akması ve kayma burkulması sınır durumlarına göre değerlendirilir.

$$V_n = 0.6F_y A_w C_v, \quad \text{(AISC G2-1, I4.1(a))}$$

$A_w$  : gövde alanı (gövde genişliği ile tüm en kesit yüksekliğinin çarpımı,  $d_{tw}$ )

$C_v$  : gövde kesme dayanımı katsayısı

$A_w$  ve  $C_v$  tanımları aşağıdaki bölümlerde açıklandığı gibi kesitten kesite göre değişmektedir.

#### 1.4.5.2. Haddelenmiş I Profil

Tüm kesiti I şeklindeki elemanlar için  $A_w$ , tüm enkesit yüksekliğiyle gövde genişliğinin çarpımı olarak alınır.

$$A_w = dt_w \quad (\text{AISC G2.1(b) , I4.1(a)})$$

$h / t_w \leq 2.24 \sqrt{E/F_y}$  Olan I kesitli hadde profillerin gövdeleri için  $C_v$  1 olarak alınır,

$$C_v = 1. \quad (\text{AISC G2-2, I4.1(a)})$$

Tek ve çift simetri eksenli hem haddelenmiş hem kaynaklı kesitler dahil diğer tüm I profil elemanlar için,  $C_v$  aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$C_v = \begin{cases} 1.0, & \frac{h}{t_w} \leq 1.10\sqrt{k_v E/F_y} \\ \frac{1.10\sqrt{k_v E/F_y}}{h/t_w}, & 1.10\sqrt{k_v E/F_y} < \frac{h}{t_w} \leq 1.37\sqrt{k_v E/F_y} \\ \frac{1.51Ek_v}{(\frac{h}{t_w})^2 F_y}, & \frac{h}{t_w} > 1.37\sqrt{k_v E/F_y} \end{cases}$$

AISC G2-3, G2-4, G2-5, I4.1(a)

$k_w$  gövde levhası burkulması katsayısıdır ve

$$k_v = 5 \text{ olarak alınır.} \quad (\text{AISC G2.1(b)(i) , I4.1(a)})$$

Yukarıdaki ifadede  $h$ , haddelenmiş şekiller için köşe yarıçapı daha az flanşlar arasındaki açıklık mesafesi olarak alınmakta, kaynaklı birleşik kesitler için flanşlar arası açıklık mesafesi olarak alınmaktadır (AISC G2.1(b), B4.2).

$h / t_w \leq 2.24 \sqrt{E/F_y}$  durumuna sahip I profilli elemanlar için kullanılan  $\phi_v$  ve  $\Omega_v$  katsayılarının diğer I profilli elemanlara göre farklılık gösterdiği gözlenmeli.

#### 1.4.5.3. Zayıf Eksen Etrafında Kayma

Zayıf eksen etrafında nominal kayma dayanımı,  $V_{n3}$ , kayma akması ve kayma burulması sınır durumlarına göre değerlendirilir:

$$V_n = 0.6F_y A_w C_v, \quad (\text{AISC G2-1, I4.1(a)})$$

$A_w$  :zayıf eksen için kesme alanı

$C_v$  :gövde kesme dayanımı katsayısı

$A_w$  ve  $C_v$  tanımları aşağıdaki bölümlerde açıklandığı gibi kesitten kesite göre değişmektedir.

#### 1.4.5.4. Haddelenmiş I Profil

$A_w$  flanş alanlarının toplamı olarak alınır,

$$A_w = 2b_f t_f \quad (\text{AISC G7, I4.1(a)})$$

$C_v$  aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$C_v = \begin{cases} 1.0, & \frac{h}{t_w} \leq 1.10 \sqrt{k_v E / F_y} \\ \frac{1.10 \sqrt{k_v E / F_y}}{h / t_w}, & 1.10 \sqrt{k_v E / F_y} < \frac{h}{t_w} \leq 1.37 \sqrt{k_v E / F_y} \\ \frac{1.51 E k_v}{(\frac{h}{t_w})^2 F_y}, & \frac{h}{t_w} > 1.37 \sqrt{k_v E / F_y} \end{cases}$$

AISC G2-3, G2-4, G2-5, I4.1(a))

$h/t_w$  başlık elemanları için geçerlidir ve aşağıdaki gibi hesaplanır,

$$\frac{h}{t_w} = \frac{b_f}{2t_f} \quad (\text{AISC G7, I4.1(a)})$$

ve  $k_v$  1.2 olarak alınır.

$$k_v = 1.2$$

(AISC G7, I4.1(a))

Önceki denklemlerde kullanılan tüm boyutlar Şekil 3-1’de açıklanmıştır. Tek simetri eksenli I enkesitli elemanlar için her flanşın kendi özellikleri vardır, kesme kapasitesi katkısı her flanş için kendi boyutlarına göre ayrı ayrı hesaplanır ve ardından birleşimler toplanır.

### **1.5. Birleşik Kuvvetler İçin Elemanların Tasarımı**

Bu tasarım kılavuzunun önceki bölümleri, aksenal çekme, aksenal basınç, bükülme veya kayma olarak adlandırılan tek tip kuvvete maruz kalan elemanlara değinmektedir. Bu bölüm iki veya daha fazla kuvvet birleşimlerine maruz kalan elemanların tasarımına değinmektedir.

Etki/kapasite (D/C) oranlarının hesaplanmasında, ilk olarak elemanın uzunluğu boyunca her bir istasyon için, gerçek tasarım kuvveti/moment bileşenleri, her bir tasarım birleşimi için hesaplanır. Ardından, karşılık gelen kapasiteler hesaplanır. Sonra, D/C oranları her bir tasarım kombinasyonu etkisi altındaki her bir eleman için her bir istasyonda hesaplanır. Kontrol için kullanılacak D/C oranı daha sonra ilgili istasyon ve tasarım birleşimiyle birlikte elde edilir. D/C oranı sınırından (varsayılan değeri 0.95’tir) daha büyük bir D/C oranı sınır durumunu aştığını gösterir.

Şu anda program Boru ve Kutu enkesitli elemanlar için AISC Bölüm H1.1’in etkileşim denklemlerini kullanmaktadır. Denklemlerin kullanımı, kompakt olmayan ve doldurulmuş narin kesitler için zorunludur (AISC 15). Herhangi bir doldurulmuş narin kesitler için, kapsamlı bir PMM etkileşim yüzeyi kullanılarak daha doğru D/C oranı hesaplamasına izin verilir (AISC 15).

**Tasarım boyunca, civata ve kaynak varlığının etkisi göz önünde bulundurulmaz.**

### 1.5.1. Eğilme ve Eksenel Sıkıştırmaya Maruz Kalan Elemanlar

Kutu ve boru enkesitli elemanlarda eğilme ve eksenel sıkıştırma etkileşimi aşağıdaki gibidir:

$$\frac{P_r}{P_c} \geq 0.2 \text{ için}$$

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{r33}}{M_{c33}} + \frac{M_{r22}}{M_{c22}} \right) \leq 1.0 \quad (AISC, H1 - 1a)$$

$$\frac{P_r}{P_c} < 0.2 \text{ için}$$

$$\frac{P_r}{2P_c} + \left( \frac{M_{r33}}{M_{c33}} + \frac{M_{r22}}{M_{c22}} \right) \leq 1.0 \quad (AISC I5, H1 - 1b)$$

$P_r$  ve  $P_c$  gerekli ve mevcut eksenel kuvvet dayanımı,

$M_r$  ve  $M_c$  gerekli ve mevcut eğilme momenti dayanımı,

3 ve 2 sırasıyla kuvvetli ve zayıf eksenleri temsil ederler.

Seçilen tasarım hükümlerine (LRFD veya ASD) bağlı olarak, yukarıda belirtilen terimler aşağıdaki gibi tanımlanır:

LRFD hükümlerine uygun tasarım için:

$$P_t = \text{LRFD yük birleşimleri için gerekli eksenel basınç dayanımı}$$

$$P_c = \text{tasarım eksenel basınç dayanımı} = \Phi_c P_n$$

$$M_r = \text{LRFD yük birleşimleri için gerekli eğilme dayanımı}$$

$$M_c = \text{tasarım eğilme dayanımı} = \Phi_b M_n$$

$$\Phi_c = \text{basınç kuvveti için dayanım katsayısı} = 0.75 \text{ (AISC I2.1b)}$$

$$\Phi_b = \text{eğilme etkisi için dayanım katsayısı} = 0.90 \text{ (AISC I2.1b, I3.3b)}$$

ASD hükümlerine uygun tasarım için:

$$P_t = \text{ASD yük birleşimleri için gerekli eksenel basınç dayanımı}$$

$$P_c = \text{izin verilen eksenel basınç dayanımı} = P_n / \Omega_c$$



$M_r$  = ASD yük birleşimleri için gerekli eğilme dayanımı

$M_c$  = izin verilen eğilme dayanımı =  $M_n/\Omega_b$

$\Omega_c$  = basınç kuvveti için güvenlik katsayısı = 2.0 (AISC I2.1b)

$\Omega_b$  = eğilme etkisi için güvenlik katsayısı = 1.67 (AISC I3.2b, I3.3b)

İstisna olarak, boru enkesitli elemanlar için, AISC H1-1a ve AISC H1-1b tarafından verilen etkileşim denklemlerinin işaret ettiği tek cebirsel toplama yerine, aksenal yük bileşenini eklemeyen önce ilk iki bükme bileşeninde SRSS kombinasyonu (Karelerinin Toplamının Karekökü) yapılır. Sonuç olarak ortaya çıkan etkileşim denklemi aşağıdaki şekilde verilmiştir.

$\frac{P_r}{P_c} \geq 0.2$  için

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left( \sqrt{\left(\frac{M_{r33}}{M_{c33}}\right)^2 + \left(\frac{M_{r22}}{M_{c22}}\right)^2} \right) \leq 1.0$$

$\frac{P_r}{P_c} < 0.2$  için

$$\frac{P_r}{2P_c} + \left( \sqrt{\left(\frac{M_{r33}}{M_{c33}}\right)^2 + \left(\frac{M_{r22}}{M_{c22}}\right)^2} \right) \leq 1.0$$

Yukarıdaki değişikliğin arkasındaki felsefe, mühendisin ana eksenini seçme özgürlüğüne sahip olmasıdır. Mühendis, ortaya çıkan moment ile eşleşecek ana eksenini kolayca seçebilir, böylece tasarım daima aksenal kuvvetli tek aksenal eğilmeye dayanır. Bu durumda moment, iki bileşenden meydana gelen bileşke (SRSS) momenti olacaktır. Yukarıdaki denklemler kullanılarak hesaplanan D/C oranı, boru kesiti için kuvvet çifti momentinden hesaplanan D/C oranıyla eşleşecektir. Bunun nedeni, boru kesiti için  $M_n$  değeri  $K$  ve  $L$  faktörlerinden bağımsız olmasıdır. Bununla birlikte, katı dairesel (yuvarlak) bölümler için, önceki denklemler kullanılarak hesaplanan gerilme oranı, kuvvet çifti momentinden hesaplanan D/C oranıyla tam olarak eşleşmeyecektir, çünkü bu kesit için  $M_n$   $K$  ve  $L$  faktörlerine bağlıdır ki bunlar verilen iki esas yönle bilinirler.

Program D/C oranını hesaplamak için sol el kuralını dikkate alır. D/C oranı fiilen 1 yerine D/C oranı sınır değeriyle karşılaştırılır. Varsayılan olarak, D/C oranı sınır 0.95'tir. Bu sınır Tercihlerden değiştirilebilir

### 1.5.2. Eğilme ve Eksenel Çekmeye Maruz Kalan Elemanlar

Boru ve kutu enkesitli tüm elemanlarındaki eğilme ve eksenel çekme etkileşimi bazı istisnai durumlar ile birlikte şu şekilde verilmiştir:

$$\frac{P_r}{P_c} \geq 0.2 \text{ için}$$

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{r33}}{M_{c33}} + \frac{M_{r22}}{M_{c22}} \right) \leq 1.0 \quad (AISC, H1 - 1a)$$

$$\frac{P_r}{P_c} < 0.2 \text{ için}$$

$$\frac{P_r}{2P_c} + \left( \frac{M_{r33}}{M_{c33}} + \frac{M_{r22}}{M_{c22}} \right) \leq 1.0 \quad (AISC I5, H1 - 1b)$$

Sırasıyla;  $P_r$  ve  $P_c$  gerekli ve mevcut eksenel kuvvet dayanımları,  $M_r$  ve  $M_c$  gerekli ve mevcut eğilme momenti dayanımları, 3 ve 2 kuvvetli ve zayıf eksenleri temsil eder.

Seçilen tasarım hükümlerine (LRFD veya ASD) bağlı olarak, yukarıda belirtilen terimler aşağıdaki gibi tanımlanır:

LRFD hükümlerine uygun tasarım için:

$$P_t = \text{LRFD yük birleşimleri için gerekli eksenel basınç dayanımı}$$

$$P_c = \text{tasarım eksenel basınç dayanımı} = \Phi_c P_n$$

$$M_r = \text{LRFD yük birleşimleri için gerekli eğilme dayanımı}$$

$$M_c = \text{tasarım eğilme dayanımı} = \Phi_b M_n$$

$$\Phi_t = \text{basınç kuvveti için dayanım katsayısı} = 0.90 \text{ (AISC I2.1c, 2.2c)}$$

$$\Phi_b = \text{eğilme etkisi için dayanım katsayısı} = 0.90$$

ASD hükümlerine uygun tasarım için:

$P_t$  = ASD yük birleşimleri için gerekli aksenal basınç dayanımı

$P_c$  = izin verilen aksenal basınç dayanımı =  $P_n/\Omega_c$

$M_r$  = ASD yük birleşimleri için elde edilen gerekli eğilme dayanımı

$M_c$  = izin verilen eğilme dayanımı =  $M_n/\Omega_b$

$\Omega_t$  = basınç kuvveti için güvenlik katsayısı = 1.67(AISC I2.1c, I2.2c)

$\Omega_b$  = eğilme etkisi için güvenlik katsayısı = 1.67

İstisna olarak, boru enkesitli elemanlar için, AISC H1-1a ve AISC H1-1b tarafından verilen etkileşim denklemlerinin işaret ettiği tek cebirsel toplama yerine, aksenal yük bileşenini eklemeyen önce ilk iki bükme bileşeninde SRSS kombinasyonu (Karelerinin Toplamının Karekökü) yapılır. Sonuç olarak ortaya çıkan etkileşim denklemi aşağıdaki şekilde verilmiştir:

$\frac{P_r}{P_c} \geq 0.2$  için

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left( \sqrt{\left(\frac{M_{r33}}{M_{c33}}\right)^2 + \left(\frac{M_{r22}}{M_{c22}}\right)^2} \right) \leq 1.0$$

$\frac{P_r}{P_c} < 0.2$  için

$$\frac{P_r}{2P_c} + \left( \sqrt{\left(\frac{M_{r33}}{M_{c33}}\right)^2 + \left(\frac{M_{r22}}{M_{c22}}\right)^2} \right) \leq 1.0$$

Program D/C oranını hesaplamak için sol el kuralını dikkate alır. D/C oranı fiilen 1 yerine D/C oranı sınır değeriyle karşılaştırılır. Varsayılan olarak, D/C oranı sınır 0.95'tir. Bu sınır Tercihlerden değiştirilebilir.

### 1.5.3 Burulma, Eğilme, Kesme ve Eksenel Kuvvete Etkisindeki Elemanlar

Burulma, eğilme, kesme ve eksenel kuvvet etkileşimi, sadece burulmanın kayda değer bir büyüklüğe sahip olduğu boru ve kutu enkesitli elemanlar için dikkate alınır. Gerekli burulma dayanımı  $T_r$ 'nin izin verilen burulma dayanımının,  $T_c$  (AISC H3 2), %20'sinden fazla olduğu durumlarda burulma dayanımı dikkate alınır. Burulma dayanımının diğer kuvvetlerle etkileşimi,

$$T_r \leq 0.2T_c, \quad (\text{AISC H3.2})$$

olduğu durumlarda dikkate alınmaz ve kutu kesitli elemanlar için burulma, kesme, eğilme ve eksenel kuvvetlerin etkileşimi,

$$\frac{P_r}{P_c} + \left( \frac{M_{r33}}{M_{c33}} + \frac{M_{r22}}{M_{c22}} \right) + \left( \frac{V_r^3}{V_c^3} + \frac{V_r^2}{V_c^2} + \frac{T_r}{T_c} \right)^2 \leq 1.0, \quad (\text{AISC H3 - 6})$$

ile verilir. Boru kesitli elemanlar için burulma, kesme, eğilme ve eksenel kuvvetlerin etkileşimi ise,

$$\frac{P_r}{P_c} + \left( \sqrt{\left( \frac{M_{r33}}{M_{c33}} \right)^2 + \left( \frac{M_{r22}}{M_{c22}} \right)^2} \right) + \left( \frac{V_r^3}{V_c^3} + \frac{V_r^2}{V_c^2} + \frac{T_r}{T_c} \right)^2 \leq 1.0, \quad (\text{AISC H3 - 6})$$

ile verilir. Sırasıyla;  $P_r$  ve  $P_c$  gerekli ve mevcut eksenel kuvvet dayanımları,  $M_r$  ve  $M_c$  gerekli ve mevcut eğilme momenti dayanımları,  $V_r$  ve  $V_c$  gerekli ve mevcut kesme kuvveti dayanımları ve  $T_r$  ve  $T_c$  ise gerekli ve mevcut burulma dayanımlarını temsil eder.

LRFD hükümlerine uygun tasarım için:

$$P_r = \text{LRFD yük birleşimleri için gerekli eksenel kuvvet dayanımı}$$

$$P_c = \text{tasarım eksenel basınç/çekme dayanımı} = \Phi_c P_n \text{ veya } \Phi_t P_n$$

$$M_r = \text{LRFD yük birleşimleri için gerekli eğilme dayanımı}$$

$$M_c = \text{tasarım eğilme dayanımı} = \Phi_b M_n$$

$$V_r = \text{LRFD yük birleşimleri için gerekli kesme kuvveti dayanımı}$$

$$\begin{aligned}
V_c &= \text{mevcut kesme dayanımı} = \Phi_b M_n \\
T_r &= \text{LRFD yük birleşimleri için gerekli burulma momenti dayanımı} \\
T_c &= \text{tasarım burulma dayanımı} = \Phi_t T_n \\
\Phi_c &= \text{basınç kuvveti için dayanım katsayısı} = 0.75 \\
\Phi_t &= \text{çekme kuvveti etkisi için dayanım katsayısı} = 0.90 \\
\Phi_b &= \text{eğilme etkisi için dayanım katsayısı} = 0.90 \\
\Phi_v &= \text{kesme kuvveti için dayanım katsayısı} = 0.90 \\
\Phi_T &= \text{burulma etkisi için dayanım katsayısı} = 0.90
\end{aligned}$$

ASD hükümlerine uygun tasarım için:

$$\begin{aligned}
P_r &= \text{ASD yük birleşimleri için gerekli aksenal kuvvet dayanımı} \\
P_c &= \text{izin verilen basınç/çekme dayanımı} = P_n / \Omega_c \text{ veya } P_n / \Omega_t \\
M_r &= \text{ASD yük birleşimleri için gerekli eğilme dayanımı} \\
M_c &= \text{izin verilen eğilme dayanımı} = M_n / \Omega_b \\
V_r &= \text{ASD yük birleşimleri için gerekli kesme kuvveti dayanımı} \\
V_c &= \text{izin verilen eğilme dayanımı} = V_n / \Omega_v \\
T_r &= \text{ASD yük birleşimleri için gerekli burulma momenti dayanımı} \\
T_c &= \text{izin verilen burulma dayanımı} = T_n / \Omega_r \\
\Omega_c &= \text{basınç kuvveti için güvenlik katsayısı} = 2.00 \\
\Omega_t &= \text{çekme kuvveti etkisi için güvenlik katsayısı} = 1.67 \\
\Omega_b &= \text{eğilme momenti için güvenlik katsayısı} = 0.90 \\
\Omega_v &= \text{kesme kuvveti için güvenlik katsayısı} = 0.90 \\
\Omega_r &= \text{çekme kuvveti etkisi için güvenlik katsayısı} = 0.90
\end{aligned}$$

## 2. OPTİMİZASYON

Optimizasyon, en iyileme anlamına gelmektedir. Bir problem için, verilen şartlar altında tüm çözümler arasından en iyi çözümü elde etme işidir. Belirli sınırlamaları sağlayacak şekilde, bilinmeyen parametre değerlerinin bulunmasını içeren herhangi bir problem, optimizasyon problemi olarak adlandırılabilir (Murty, 2003).

Mühendislikte optimizasyon, bir sistemde var olan kaynakların en verimli şekilde kullanılarak belirli amaçlara ulaşmayı sağlayan bir teknoloji olarak tanımlanmaktadır.

Yapıların en düşük ağırlıklı olarak tasarımı, malzemelerden tasarruf edilmesi, zemine etkileyen toplam yükün azaltılması vb. gibi avantajlarından dolayı, ekonomik tasarım açısından önemlidir. Minimum ağırlıklı olarak tasarlanan yapı davranışının güvenli sınırlar içinde kalması gerekmektedir. Böylece, yapıya etkileyen yüklere karşı gösterdiği davranışı güvenli sınırlar içerisinde kalan ve maliyeti en az olan bir yapının belirlenmesi problemi, optimum tasarım problemi olarak adlandırılabilir.

Optimizasyon problemlerinin temelinde sabit değer olarak verilmeyen birçok parametre vardır. Bu parametreler, rastgele değişkenlerin farklı olasılıklarını gösteren fonksiyonlarla modellenmelidir. Bu belirsizliklerin üstesinden gelebilmek için stokastik (değişken, rastlantısal (rastsal)) optimizasyon yöntemleri kullanılır. Bu stokastik optimizasyon yöntemlerinin mantığı ise sürü zekası, en iyinin hayatta kalması gibi prensiplerin sayısal algoritmalar içinde taklit edilmesidir. Bu metodlar ilham aldıkları doğasal fenomene bağlı olarak adlandırılırlar. Örneğin karınca kolonisi optimizasyon yöntemi karıncaların yuvaları ve yiyecekleri arasındaki en kısa yolu bulma çabalarını ayine eder.

### 2.1. Genetik Algoritmalar(GA)

Genetik Algoritma yöntemi, Darwin'in en iyi olan yaşar ilkesinin matematiksel olarak modellenmesiyle elde edilir. Bireyler performanslarına göre değerlendirilir ve performans yüksekliğine göre seçilirler.

Seçilen yani hayatta kalan her birey çaprazlama topluluğundaki diğer bir birey ile rastgele bir şekilde eşleştirilmektedir. Buradaki amaç ise yüksek uygunluk değerine sahip bireylerde bulunduğu kabul edilen iyi özelliklerin çaprazlama

sonucunda ebeveynlerden sonraki nesillere daha fazla sayıda geçirilmesi yoluyla daha yüksek uygunluk değerine sahip bireylerin oluşturulmasını sağlamaktır.

### 2.1.1. Av Arama Optimizasyon Yöntemi(AA)

Av arama optimizasyon yöntemi, grup olarak avlanan bazı hayvanların (aslan, kurt, yunus) avlanmalarından örnek alınarak geliştirilmiştir. Gurup içinde yer alan avcılar bazı stratejileri kullanarak avlarını çevreler ve yakalarlar. Guruptaki seçtikleri avı çevreleyerek, ava doğru adım adım yaklaşır çemberi daraltır avlanırlar. Eğer kurban çemberden kaçmayı başarsa, onu çembere yeniden almak için gurup yeniden organize olur.

Burada guruptaki her bir üye yapısal optimizasyon problemi için bir çözüm oluşturur. Çalışmadaki optimum çözüm ise av olarak düşünülür.



Şekil 2.1. Kurtların avını çember içine alıp yakalaması[6]

### 2.1.2. Parçacık Sürü Optimizasyon Yöntemi

Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO), sürü halinde hareket eden balıklar ve böceklerden esinlenerek Kenedy ve Eberhart (1995) tarafından geliştirilmiş bir optimizasyon yöntemidir. Temel olarak sürü zekasına dayanan bir algoritmadır.

Parçacık Sürü Optimizasyon yöntemi, sürünün besin kaynağı ararken veya bir tehlikeden kaçarken ortaya koyduğu sosyal bilgi paylaşımını esas alır. Her birey parçacıktır ve parçacıklar da sürüyü oluşturur. Her parçacık kendi pozisyonunu en iyi konuma getirmek için uğraşır. Bu konum değiştirme hızı rastgele gelişen bir durumdur ve bu süreç hedefe ulaşıncaya kadar devam eder.

Algoritma kısaca aşağıdaki basamaklardan oluşur:

- 1- Rastgele seçilen başlangıç pozisyonları ve hızları ile başlangıç sürüsü oluşturulur.
- 2- Sürüdeki bütün parçacıkların uygunluk değeri hesaplanır.
- 3- Her jenerasyonda tüm parçacıklar önceki jenerasyonun en iyisi ile karşılaştırılır, daha iyi ise yer değiştirilir.
- 4- En iyi yerel değerler kendi arasında karşılaştırılır ve en iyi olan küresel iyi olarak atanır.



Şekil 2.2. Balık sürüsü [7]

### 2.1.3. Armoni Arama Optimizasyon Yöntemi

İki veya daha fazla sesin aynı anda kulağa hoş gelecek biçimde uyumlu olması armoni( uyum, ahenk) olarak adlandırılır.

Armoni arama algoritması 2001 yılında Geem tarafından önerilmiştir. Müzisyenlerin çaldıkları notaları simule eden sezgisel bir algoritmadır. Bir orkestradaki müzisyenlerin çaldıkları notalar ile armonik açıdan en iyi melodiye ulaşması prensibine dayanmaktadır.

Müzisyenler notaları kullanarak enstrümanlardan armoni oluştururlar. Bu armonilerde beğenmedikleri notaları değiştirerek daha uyumlu bir armoni yakalamaya çalışırlar.

Bir müzisyen armoni oluştururken, hafızasındaki bir melodiyi çalar. Veya hafızasındaki melodiye yakın bir komşu melodiyi kullanır. Ya da mevcut olan ses aralıkları arasından rastgele bir seçim yapar. Armoni arama optimizasyon



yönteminde de bu sıralama aynı şekilde uygulanmıştır. Armoni hafızasından hafızada bulunan herhangi bir değeri seçilebilir. Veya mümkün olan seçenekler aralığındaki bir değerın yakınındaki komşu değeri seçilebilir. (Akort ayarı olarak da adlandırılır.) Ya da mümkün olan rastgele bir seçim yapılabilir.

Bu yöntemde armoni değişkenlerinden rastgele bir biçimde başlangıç popülasyonu oluşturulur ve armoni hafızasında depolanır. Armoni hafızasındaki çözümlerden hafıza çözümleri, rastgele seçim veya ayar düzeltmesi gibi yöntemlerle yeni armoni üretilir. Ardından armoni hafızasındaki aday vektör ile armonideki en kötü vektör kıyaslanır. Aday vektör kıyaslamalarla güncelleştirilir. Ve optimizasyon süreci önceden belirlenmiş bitirme kriteri sağlanana kadar tekrar ettirilir. Bitirme kriteri sağlanmadı ise yeni armoni geliştirilip armoni hafızasının güncellenmesi işlemleri tekrar edilir.



Şekil 2.3. Orkestra [8]

#### 2.1.4. Karınca Kolonisi Optimizasyon Yöntemi

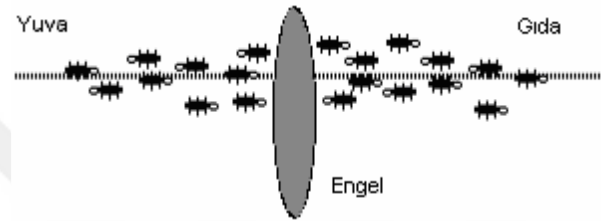
Karıncalar, yuvalarından bir gıda kaynağına giden en kısa yolu, herhangi görsel ipucu kullanmadan bulma yetisine sahiptirler. Ayrıca, çevrelerindeki değişikliklere çok iyi uyum sağlama özellikleri vardır. Örneğin, bir gıdaya giden yolda herhangi bir problem meydana gelmesi ve yolun kullanılamaz olması durumunda, yeniden en kısa yolu bulurlar.

Vücutlarının salgıladığı bir kimyasal madde olan feromon ile haberleşirler. Bir yiyecek kaynağına doğru yola çıkan ilk karıncaların bıraktıkları feromon izleri, koloninin geri kalanının seçimini etkilemektedir. Eğer varılacak hedefe giden yolda feromon izi yoksa karıncalar rastsal olarak hareket ederler. Aksi takdirde, karıncalar

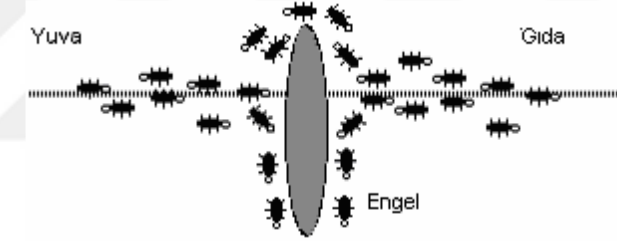
feromon izini fark ederler ve tercih ederler ki böylece yol yeniden işaretlenir ve bu izi izleyecek daha fazla karıncayı çeker. Karınca kolonilerinden esinlenerek geliştirildiğinden sisteme, karınca sistemi (KS), algoritma ise karınca kolonileri algoritması (KKA) olarak adlandırılır



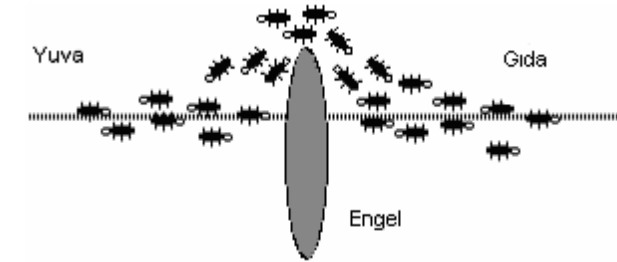
**Şekil 2.4.** Karıncaların izlediği yol [9]



**Şekil 2.5.** Karıncaların bir engelle karşılaşması[9]



**Şekil 2.6.** Engelle karşılaşan karıncaların seçimi[9]



**Şekil 2.7.** Karıncaların kısa yolu bulmaları[9]

### 2.1.5. Yapay Arı Kolonisi Optimizasyon Yöntemi

Yapay Arı Kolonisi ilk olarak 2005 yılında Derviş Karaboğa tarafından tasarlanmıştır. Yapay Arı Kolonisi (ABC) , arı kolonisinin besin bulma organizasyonu ve kovadaki kusursuz işbölümlerinden esinlenilmiştir.

Kolonide 3 tür arı vardır:

İşçi arılar: Çevredeki besin kaynaklarını araştırırlar. Her bir besin kaynağında bir işçi arı vardır.

Gözcü arılar: Gözcü arılar kovanda dururlar ve işçi arıların kovanda yaptıkları danstan besin kaynağının yerini bulurlar. İşçi arıların yaptığı dans ne kadar uzun sürerse besin kaynağı o kadar uzakta demektir.

Kaşif arılar: Kaşif arılar rastgele dağılarak besin ararlar.

### **2.1.6. Ateş Böceği Optimizasyon Yöntemi(FFO)**

2008 Yılında Xin-She Yang tarafından geliştirilmiş sürü tabanlı Sezgisel Optimizasyon algoritmasıdır. Ateş böceği algoritması doğadaki ateş böceklerinin yaydıkları ışık şiddetine göre daha az parlak olanın parlak olana doğru yönelme prensibini esas alır.

Daha parlak olan ateş böcekleri daha çekicidir. Daha az parlak olan ateş böcekleri çekici olan ateş böceklerine doğru yönelir. Parlaklık etkisi uzaklık arttıkça azalacağı için daha uzaktaki ateş böcekleri uzaktaki parlak ateş böceklerinden daha az etkilenir. Ayrıca bir ateş böceği eğer kendinden daha parlak bir ateş böceği bulamazsa rastgele hareket gerçekleştirir.

### **2.1.7. Kandil Böceği Algoritması**

Kandil böceğinin davranışlarından etkilenecek geliştirilmiş bir optimizasyon tekniğidir. Kandil böceklerinin ışık miktarı farklıdır. Birbirleriyle ışıdayarak etkileşime girerler. Işık miktarı ne kadar fazlaysa eşlerini ve avlarını etkileme oranları da o kadar fazla olur.

Optimizasyonu oluşturmak için:

1. İlk olarak başlangıç parametreleri alınır.
2. Adımda m tane kandil böceği optimizasyon probleminin arama alanına rastgele dağılır.
3. Adımda her kandil böceğinin ışığının oranı değiştirilir.
4. Adımda yakın çevrede kendi ışığından daha yüksek ışıklı olan kandil böceklerinin sayısı seçilir.
5. Adımda her kandil böceğinin olasılığı hesaplanır.

6. Adımda ışığı az olan her kandil böceği fazla olana doğru hareket eder.
7. Adımda komşuluk aralığı ile güncellenir.
8. Adımda durdurma kriteri sağlayıncaya kadar 3' ten 7'ye kadar olan her adım tekrarlanır.

### **2.1.8. Yarasa Algoritması**

2010 yılında Yang tarafından önerilmiş olan bu algoritma, yarasaların çıkarttıkları sesin yankılanmasından faydalanılarak bir cismin bulunduğu yön ve uzaklık saptama davranışından esinlenilmiştir.

Yarasalar avlarının konumlarını belirlemek, aralarındaki iletişimi sağlamak, tamamen karanlık ortamda dahi her türlü nesneyi algılayıp onlara çarpmadan hareket edebilmek için ses sinyali çıkartırlar. Ve sesi çıkarttıkları süre ile cisme çarpan sesin gelen yankısı arasındaki fark cismin mesafesini verir. Ve yarasa hedefine yaklaşmak için tekrar konum değiştirir.

## **2.2. Literatür Araştırması**

Literatürde bir çok konuda çerçevelerin optimum tasarım konusu vardır. Ancak çalışmaların büyük çoğunluğunda iki boyutlu rijit bağlantılı çelik çerçevelerin optimum tasarımı konu edilmiştir, üç boyutlu, soğuk haddeli çelik, betonarme ve yarı rijit bağlantılı çerçeve sistemler gibi farklı tip çerçeve sistemlerin optimum tasarımı ile alakalı çalışmalar da literatürde bulunmaktadır. İlgili çalışmalardan bazılarında aşağıda kısaca değinilmiştir.

Çelik çerçevelerin optimum tasarımı ile ilgili başlıca çalışmalar şu şekilde özetlenebilir. S. K. Azad vd. [10] üst limit stratejili meta-sezgisel (Büyük patlama büyük küçülme), Kaveh ve Bakhshpoori [11] Levy uçuş teorili guguk kuşu, Shahrouzi ve Pashaei [12] stokastik yön, Doğan [13] Levy uçuş teorili avlanma arama, Hasançebi ve Çarbaş [14] yarasa, Murren ve Khandelwal [15] tasarım güdümlü harmoni arama, Mosquera ve Gargoum [16] sırasal algoritma, Gholizadeh ve Poorhoseini [17] dönüştürülmüş yunus arama, Talatahari vd. [18] diferansiyel değerlendirmeli kartal konularında çalışmalar yapmışlardır.

M. Artar ve A. Daloğlu [19] ; genetik algoritma yöntemlerini kullanarak çelik çerçeveleri boyut optimizasyonu konusunu çalışmışlardır. Ayrıca, Phan vd.[20] genetik algoritma yöntemi ile soğuk haddeli çelik çerçevelerin, Zacharenaki vd. [21] güvenilirlik tabanlı, Ghasemi ve Farshchin [22] pareto tabanlı Kaveh vd. [23] guguk kuşu yöntemleri ile sismik yükler altında çelik çerçevelerin optimum tasarımını yapmıştır.

Çelik ve beton kompozit yapı elemanlarının optimum tasarımı ile ilgili başlıca çalışmalar şu şekilde özetlenmiştir. Li ve Chen [24] Langrange çarpan yöntemi ile kompozit yapıların deplasman sınırlayıcısı altında optimum tasarımı, Morton ve Webber [25] kompozit I kirişin minimum alanı, Adeli ve Kim [26]; kompozit döşemelerin maliyet optimizasyonu, Valido ve Cardoso [27] ikincil mertebe teorisini dikkate alarak kompozit kirişlerin optimum tasarımı, Klansek ve Kravanja [28] değişik kompozit döşeme sistemlerin maliyet tahmini ve optimum tasarımı, Suresh vd. [29] parçacık küme optimizasyonu yöntemini uygulayarak kompozit kutu kirişlerin optimum tasarımı, Cheng ve Chan [30] iki boyutlu yüksek çerçevelerde yatay öteleme optimizasyonu, Luo vd. [31] çelik beton kompozit yapıların şekil optimizasyonunu, Kaveh vd. [32] çok açıklıklı kutu kesitli köprü tabliye kirişlerin optimum tasarımı, Nguyen vd. [33] ince cidarlı kesitlerde eğilme burulma tahkikini yaparak genetik algoritması ile kompozit kirişlerin optimum tasarımı, M. Artar ve A. T. Daloğlu [34]; kompozit döşeme sistemli çelik çerçevelerin optimum tasarımı konuları ile ilgili çalışmalar yapmıştır. A. Paksoy [35] beton dolgulu çelik tüp kompozit kolonlu yüksek katlı yapıların sosyal örümcek optimizasyonu ile maliyet araştırmasını yapmıştır.

Bu çalışmalar göz önünde bulundurulduğunda kompozit kolonlu yapının biyocoğrafya algoritması ile optimum boyutlandırılması konusu daha önce yapılmadığı görüşmüştür. Ve bu çalışma literatüre yeni bir optimizasyon problemi sunacaktır.

### 2.3. Tezin Amacı

Bu tezin amacı, biyocoğrafya optimizasyon tekniğinin çok katlı yapıların kompozit çerçeve ile optimum yapı tasarımında kullanımının araştırılması, bu tekniğin daha etkin kullanılması yönünde formülüzasyonunun yeniden yapılması ve elde edilen optimum yapı sisteminin çelik ve kompozit çerçeveli yapılarda davranışının araştırılması ve kıyaslanmasıdır.

Geliştirilecek olan optimum tasarım algoritması yardımıyla kompozit çerçevelerin çok katlı yapılarda kullanımına teşvik edilmesi hedeflenmektedir. Ülkemizde oldukça maliyetli olarak bilinen çelik yapıların kullanımının yerine çok katlı yapılarda, kompozite teşvik edilmesiyle ülke ekonomisine katkı sağlanması hedeflenmekte, bu sistemlerin uygulama alanlarının yaygınlaştırılması ile yapı optimizasyonunun pratik mühendislik uygulamalarına kazandırılması planlanmaktadır.

Tezi içeriğinin konuları: İlk bölümde, kompozit yapılar, kompozitin kolon, giriş ve döşemede kullanım şekli anlatılmıştır. 2. bölümde optimizasyon tekniklerinin mantığına dair bilgiler yer almaktadır. 3. bölümde biyocoğrafya algoritmasının işleyiş şekli, bu düşüncenin ilk çıkış noktası ve matematik ile birleştirilmesi anlatılmıştır. 4. bölümde tasarlanan binalar şekil olarak gösterilmiş, gruplandırması tablolandırılmış ve optimize edildikten sonraki sonuçlar grafikleştirilmiştir. Son bölümde çıkan sonuçlar tartışılıp önerilerde bulunulmuştur.

### 3. BİYOCOĞRAFYA ALGORİTMASI

Biyocoğrafya, canlıların (bitkilerin ve hayvanların) dünya üzerindeki dağılışı sebeplerini ve bunların değişmelerini, başka bir deyişle Biyoloji'nin Coğrafi görünümünü araştırır. Biyocoğrafya bilimi, Alfred Wallace ve Charles Darwin gibi 19. Yüzyıla ait natüralistlerin çalışmalarına kadar uzanabilir.

BBO algoritması, doğadaki türlerin dağılımından ilham alarak Simon tarafından 2008 yılında geliştirilen, biyolojik çeşitlilik ve popülasyon tabanlı yeni bir sezgisel optimizasyon yöntemidir.[36]

Biyocoğrafyanın matematiksel modelleri, türlerin bir habitattan diğerine nasıl göç ettikleri, türlerin soylarının nasıl tükendiği ve yeni türlerin nasıl ortaya çıktıklarını anlatır.

Ada terimi, diğer habitatlardan coğrafi olarak izole edilmiş herhangi bir yaşam alanıdır. Habitat uygunluk indeksi (HSI), aday çözümün uygunluğunu belirten habitatları değerlendirmek için kullanılır.[37]

Biyolojik türler için yaşam alanı olarak uygun coğrafi alanların, yüksek yaşam alanı uygunluk endeksine(HSI) sahip olduğu söylenmektedir. HSI ile ilişkilendirilen özellikler, yağış, bitki örtüsü çeşitliliği, topoğrafik özelliklerin çeşitliliği, arazi alanı ve sıcaklık gibi faktörler içerir.

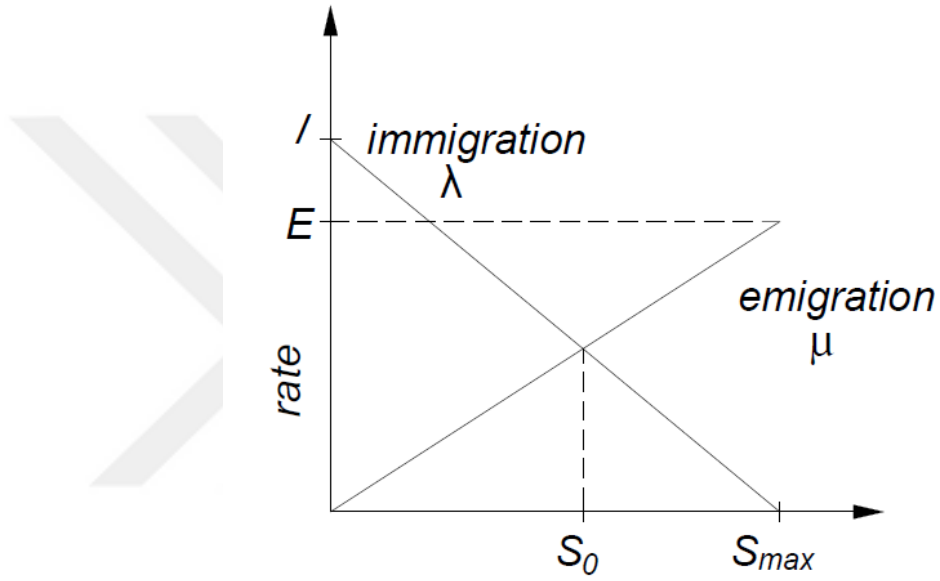
$$\text{Habitat} \rightarrow (\text{özellik}_1, \dots, \text{özellik}_n) \rightarrow (SIV_1, \dots, SIV_n) \rightarrow \text{HSI}$$

Yaşanabilirliği karakterize eden değişkenlere uygunluk indeksi değişkenleri(SIV'ler) denir. SIV'ler, habitatın bağımsız değişkenleriyken, HSI bağımlı değişken olarak kabul edilebilir.

Yüksek HSI içeren habitatlar çok sayıda türe sahip olma eğilimindedir, düşük HSI içeren habitatlar ise az sayıda tür içerir. Yüksek HSI'ya sahip habitatlar düşük göç oranına sahiplerdir, çünkü bunlar zaten türlere doymuşlardır. Bu nedenle yüksek HSI habitatları düşük HSI habitatlarına göre tür dağılımında daha statiktir.

Yüksek HSI adalarındaki çok sayıda türün, komşu habitatlara göç etme konusunda birçok fırsatı vardır. Bu göç eden bir türün ev habitatından tamamen yok olduğu anlamına gelmez, sadece birkaç temsilcisi göç eder, bu yüzden göç alan bir tür ev yaşam alanlarında varlığını sürdürürken aynı zamanda komşu yaşam alanlarına göç eder.

Biyocoğrafya, doğanın tür dağıtma şeklidir ve genel problem çözümlerine benzer. Problem yaşamdan herhangi bir alandan olabilir. İyi bir çözüm, yüksek bir HSI ile bir adaya benzer ve zayıf bir çözüm, düşük HSI ile bir ada temsil eder. Yüksek HSI çözümleri, düşük HSI çözümlerinden daha fazla değişime direnir. Aynı şekilde yüksek HSI çözümleri özelliklerini düşük ile paylaşma eğilimindedir. Kötü çözümler iyi çözümlerden birçok yeni özelliği kabul eder. Düşük HSI çözümlerine yeni özelliklerin eklenmesi bu çözümlerin kalitesini artırabilir.



**Şekil 3.1.** Bir habitatın tür modeli [36]

Şekil 3.1. de, tek bir habitatın tür bolluğunun modeli resmedilmiş. İç göç oranı  $\lambda$  ve dış göç oranı  $\mu$ .

İç göçün eğrisini inceleyelim. Mümkün olabilen en yüksek iç göç oranı,  $I$ , bu oranda tür çeşitliliğinin sıfır olduğu yer olmaktadır. Tür çeşitliliği arttıkça, habitat daha kalabalıklaşacak ve iç göç oranı düşecektir. İç göçün sıfır olduğu noktada tür çeşitliliği maksimum seviyede olacaktır,  $S_{max}$ .

Dış göç dikkate alınırsa, tür çeşitliliğinin olmadığı noktada, dış göçte sıfır olmak zorundadır ve tür çeşitliliği arttıkça, habitat kalabalıklaşır ve dış göçte artar.

Şekil 3.1. de iç ve dış göç eğrileri doğrusal olarak gösterilmiş olmasına rağmen gerçekte bu çizgiler daha karmaşık eğriler şeklinde yer alabilmektedir.



S tür içeren habitat olasılığı  $P_s$  'dir.  $P_s$  , t zamandan  $(t+\Delta t)$  zamana kadar değişmektedir.

$$P_s(t+\Delta t) = P_s(t)(1-\lambda_s \Delta t - \mu_s \Delta t) + P_{s-1} \lambda_{s-1} \Delta t + P_{s+1} \mu_{s+1} \Delta t \quad (1)$$

Habitatta S tür varken iç ve dış göç oranları  $\lambda_s, \mu_s$  'dir. Bu formülü karşılayan 3 koşul vardır.

- t zamanında, habitatta S tane tür var ve  $\Delta t$  zaman periyodunda iç ve dış göç yok.
- t zamanında, habitatta S+1 tane tür var ve  $\Delta t$  periyodunda bir tür iç göç yapmış.
- t zamanında, habitatta S-1 tane tür var ve  $\Delta t$  periyodunda bir tür dış göç yapmış.

$\Delta t$ 'nin yeterince küçük olduğunu varsayarsak, iç göç ve dış göç ihmal edilebilir.

$$n = S_{max} \text{ ve } P = [P_0 \dots \dots P_n]^T$$

$$\dot{P} = A.P$$

$$A = \begin{bmatrix} -(\lambda_0 + \mu_0) & \mu_1 & 0 & \dots & 0 \\ \lambda_0 & -(\lambda_1 + \mu_1) & \mu_2 & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \lambda_{n-2} & -(\lambda_{n-1} + \mu_{n-1}) & \mu_n \\ 0 & \dots & 0 & \lambda_{n-1} & -(\lambda_n + \mu_n) \end{bmatrix}$$

Şekil 3.1. de iç ve dış göç oranlarının lineer ilişkili olduğu görülüyor, iç ve dış göç oranı hesaplama yöntemi sırasıyla (2). ve (3). formüllerle elde edilebilir.

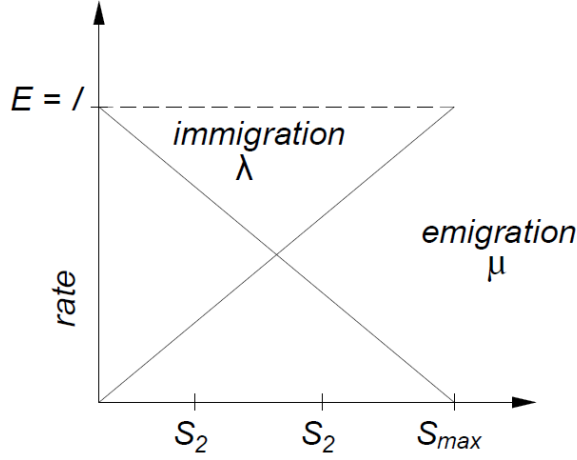
$$\lambda_k = I \left(1 - \frac{k}{n}\right) \quad (2)$$

$$\mu_k = E \left(\frac{k}{n}\right) \quad (3)$$

k= Habitattaki tür sayısıdır

n=Bir habitattaki maximum tür sayısıdır

I ve E sırasıyla maximum iç ve dış göç oranlarıdır.



Şekil 3.2. Bir habitatın tür modeli [36]

E=I olduğu kabul edilirse,

$E = \lambda_k + \mu_k$  elde edilir.

A matrisi;

$$A = E \begin{bmatrix} -1 & \frac{1}{n} & 0 & \dots & 0 \\ \frac{n}{n} & -1 & \frac{2}{n} & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \frac{2}{n} & -1 & \frac{n}{n} \\ 0 & \dots & 0 & \frac{1}{n} & -1 \end{bmatrix}$$

$$= E.A'$$

1-Gözlem: Sıfır karşılık gelen bir özvektörle birlikte, A'nın bir özdeğeri.

$$V = [V_1 \dots \dots \dots V_{n+1}]^T$$

$$V_i = \begin{cases} \frac{n!}{(n-1-i)!(i-1)!} & i = 1, \dots, i' \\ V_{n+2-i} & i = i' + 1, \dots, n \end{cases}$$

$i', \frac{n+1}{2}$ , den büyük veya ona eşit en küçük tam sayıdır.

2-Varsayım: A'nın özdeğeri

$$k = \left\{ 0, \frac{-2}{n}, \frac{-4}{n}, \dots, -2 \right\}$$

Bu varsayım henüz kanıtlanmamış ama bu ana kadarki her n değeri için doğruluğu gözlemlenmiştir.

## **4. ÇOK KATLI KOMPOZİT VE ÇELİK YAPILARIN OPTİMUM TASARIMI**

### **4.1. Optimizasyon Kavramı**

Optimizasyon, bir amaca ulaşmak için(en düşük maliyet, minimum süre, düşük iş gücü, maksimum gelir) gerekli şartları sağlayarak problemin çözümlerinin en uygun olanını belirleme işlemidir. Sonuç olarak optimizasyon; belirli değişkenlerin, amaç ve sınırlayıcı fonksiyonlarından oluşmaktadır.

#### **4.1.1.Tasarım değişkenleri**

Tasarımı yapılması istenen bir işin, bileşenin, ürünün veya sistemin fiziksel ve işlevsel özelliklerine ilişkin nitel ve nicel değişkenler.

#### **4.1.2.Amaç fonksiyonu**

Amaç fonksiyonunun en iyilenmesi demek, problemin türüne göre en küçüklenmesi (minimizasyon) veya en büyüklenmesi (maksimizasyon) olabilir. Problemin çözümünde elde edilmek istenen optimum değerler için amaç fonksiyonları oluşturulmaktadır. Mühendislikte ise minimum ağırlık, minimum hacim, minimum maliyet veya maksimum fayda amaç fonksiyonunu oluşturmaktadır.

#### **4.1.3.Sınırlayıcılar**

Tasarım değişkenleriyle oluşturulan amaç fonksiyonları sınırlayıcılar ile sınırlandırılmaktadır. Mühendislik problemlerinde sınırlayıcılar, çoğunlukla problem çözümünde uyulması gereken şartnameler ve standartlar tarafından kısıtlanmaktadır.

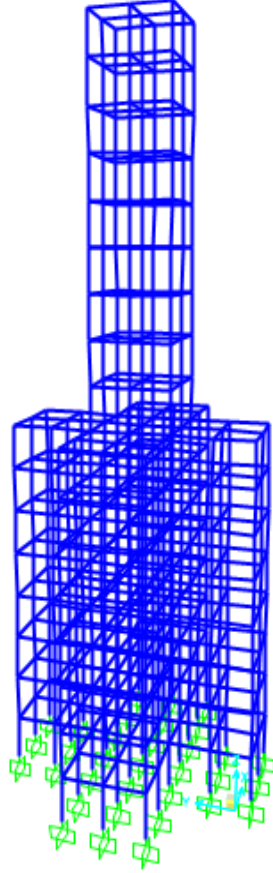
### **4.2. Yapı Modelleri**

Tez çalışmasında düzenli formda çelik, düzenli formda kompozit ve düzensiz formda çelik, düzensiz formda kompozit olmak üzere dört farklı model kullanılmıştır.

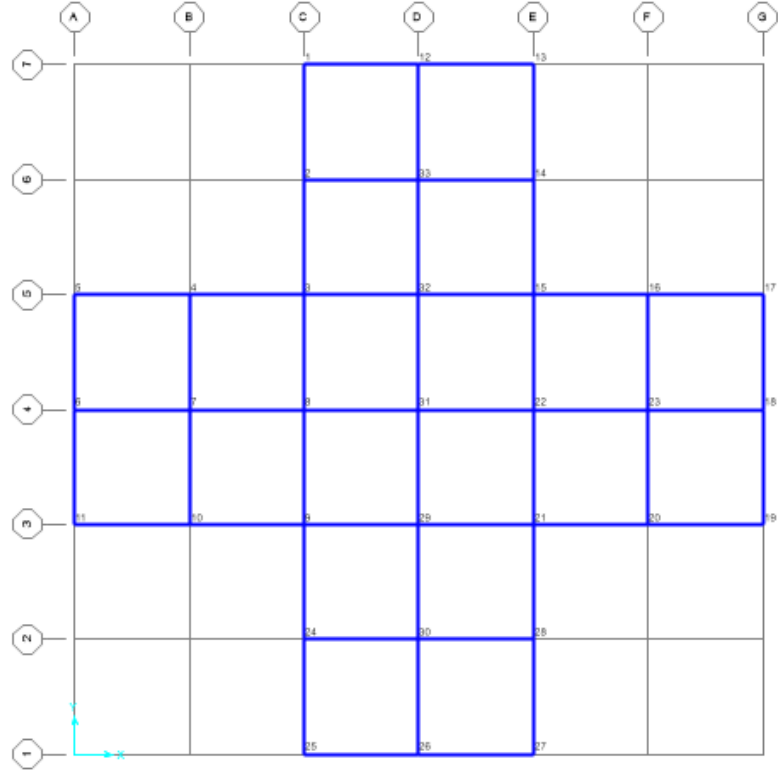
#### 4.2.1. Düzensiz Form Yapı Modelleri

Düzensiz form yapı modelinde 2 farklı yapının tasarımı yapılmıştır. Modellerden birinde kirişler çelik, kolonlar kompozit olarak tanımlanmıştır. Modellerden diğerinde yapının tamamı çelik olarak tanımlanmıştır. Modelde ilk sekiz kat için X ve Y yönünde eşit mesafede(3 m) yedi adet aks tanımlanmıştır. Her bir katta 52 adet kiriş, 33 adet kolon vardır. Sonraki dokuz ve on yedinci kat arası X ve Y yönünde eşit mesafede(3 m) üç adet aks tanımlanmıştır. Her katta 12 adet kiriş, 9 adet kolon vardır. Düzensiz formdaki yapı toplam 17 kattan oluşmaktadır.

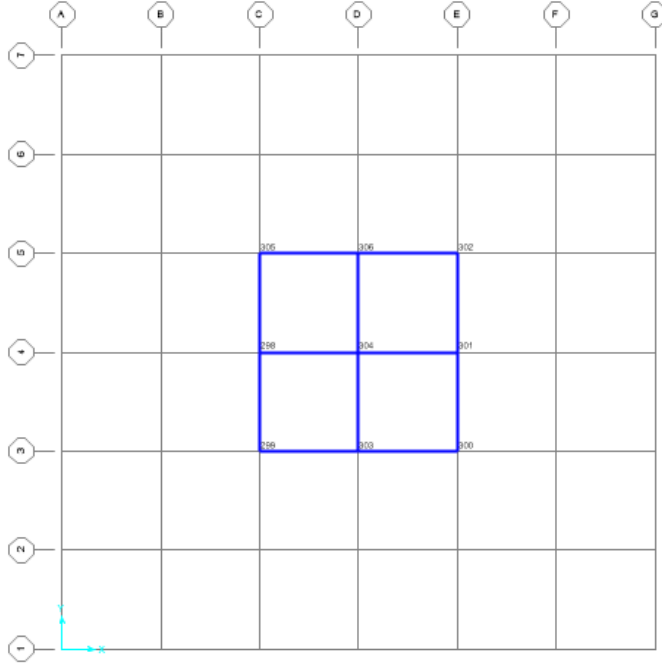
Şekil 4.1.'de düzensiz form yapı modelinin, SAP2000'de modellenen 3 boyutlu görüntüsü ve plan görüntüsü görülmektedir



**Şekil 4.1.** 17 katlı 869 elemanlı düzensiz form tasarım örneği 3 boyutlu model görüntüsü



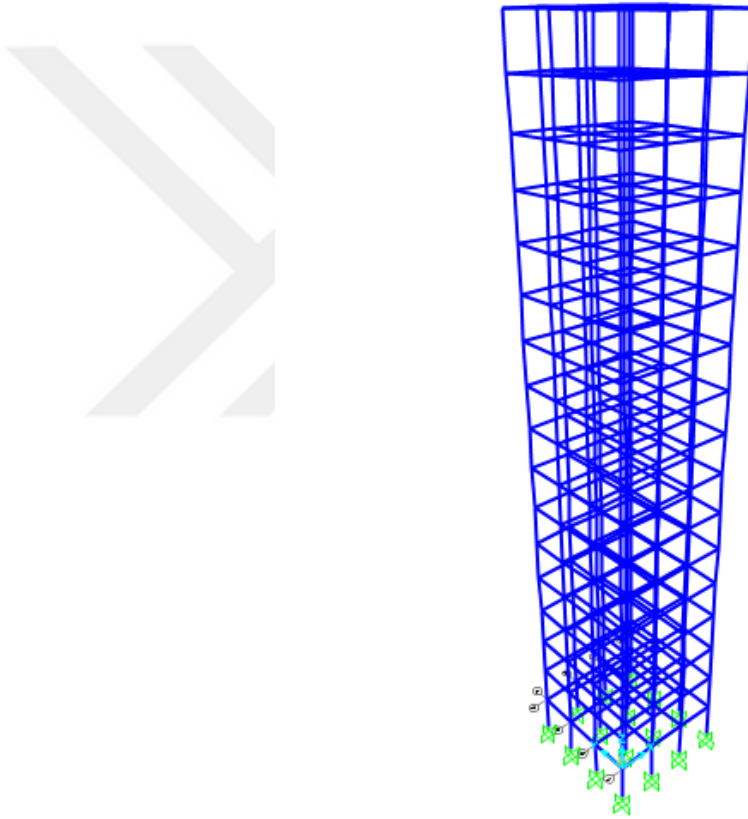
**Şekil 4.2.** 17 katlı 869 elemanlı düzensiz form tasarım örneği model görüntüsü 1-8 kat arası



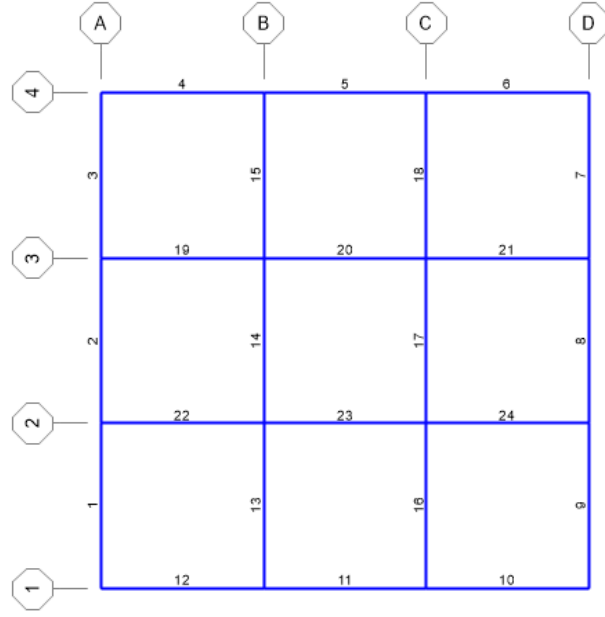
**Şekil 4.3.** 17 katlı 869 elemanlı düzensiz form tasarım örneği model görüntüsü 9-17 kat arası

#### 4.2.2. Düzenli form yapı modeli

Düzenli form yapı modelinde 2 farklı yapının tasarımı yapılmıştır. Modellerden birinde kirişler çelik, kolonlar kompozit olarak tanımlanmıştır. Modellerden diğerinde yapının tamamı çelik olarak tanımlanmıştır. X ve Y yönünde 4 adet(3 m) aks tanımlanmıştır. Toplamda 17 katlı olan yapının her katında 16 kolon ve 24 kiriş bulunmaktadır. Yapının tamamında 680 eleman vardır. Her bir kolon kompozit, her bir kiriş ise çelik olarak tanımlıdır. Şekil 4.4.'de SAP2000' de çizilen 3 boyutlu model görüntüsü ve plan görüntüsü vardır.



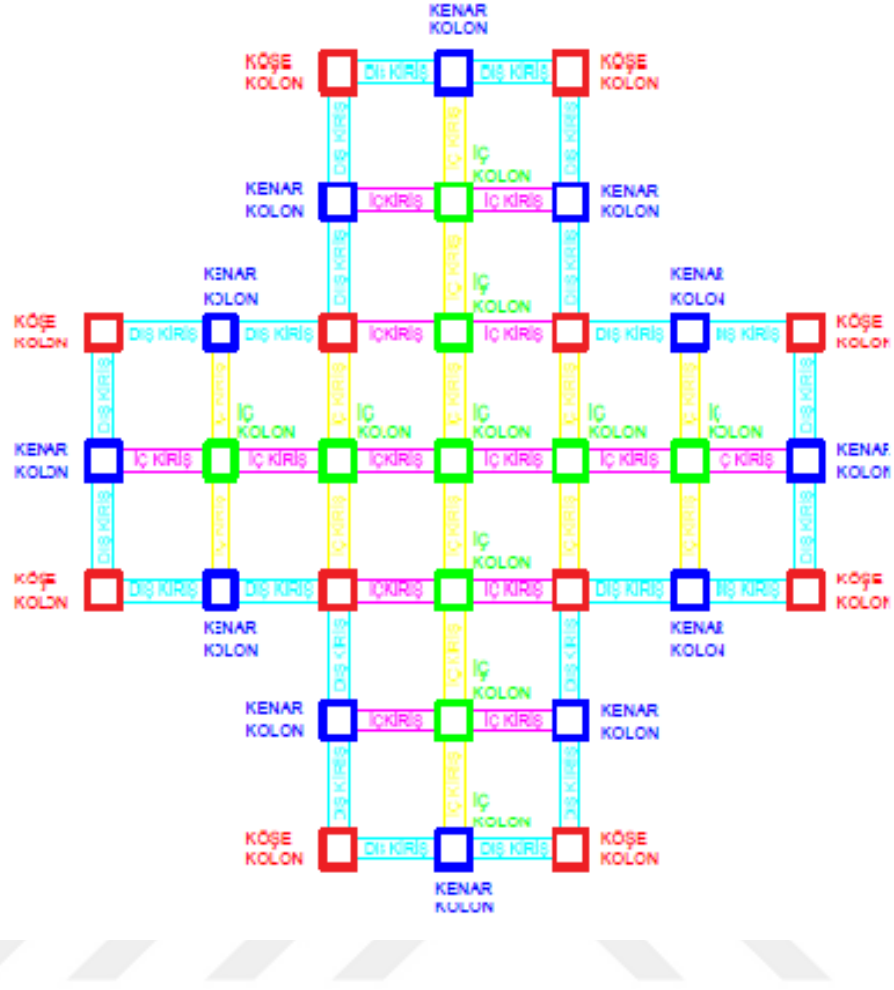
**Şekil 4.4.** 17 katlı 680 elemanlı düzenli form tasarım örneği 3 boyutlu model görüntüsü



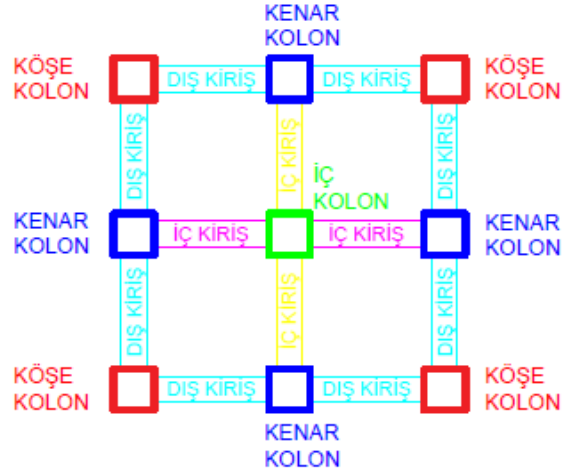
**Şekil 4.5.** 17 katlı 680 elemanlı düzenli form tasarım örneği model görüntüsü

#### 4.2.3. Düzensiz Form Tasarım Örneği Gruplandırma Yöntemi

Düzensiz formdaki tasarım örneklerine gruplandırma yapılırken her 4 katta bir gruplandırma numaraları değiştirilmiştir. Kiriş grup numaralandırma aralığı 1-15, kolon gruplandırma numara aralığı 16-30'dur. Kirişler ve kolonlar da kendi içlerinde farklı gruplara ayrılmıştır. Kolonlar, köşe kolon, kenar kolon ve iç kolon olarak 3 gruba ayrılmıştır. Kirişler de dış kirişler, X yönündeki kirişler ve Y yönündeki kirişler olmak üzere 3 gruba ayrılmıştır. Gruplandırma biçimi Şekil 4.2.1.a'da daha ayrıntılı olarak gösterilmektedir.



Şekil 4.6. Düzensiz form tasarım örneği gruplandırma yöntemi, 1-8 kat

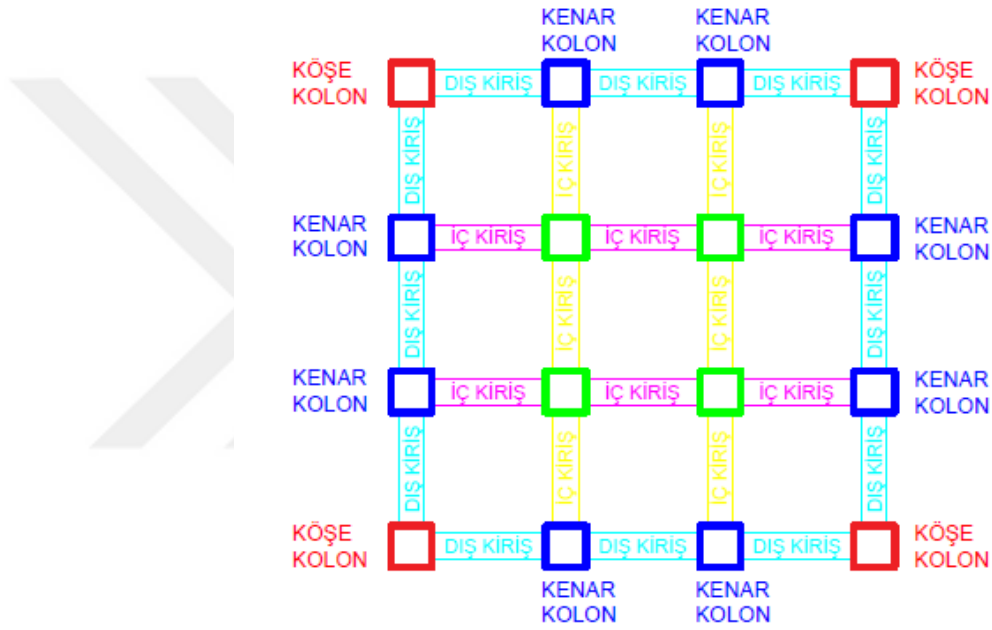


Şekil 4.7. Düzensiz form tasarım örneği gruplandırma yöntemi, 9-17 kat



#### 4.2.4. Düzenli Form Tasarım Örneği Gruplandırma Yöntemi

Düzenli formdaki tasarım örneklerine gruplandırma yapılırken her 4 katta bir gruplandırma numaraları değiştirilmiştir. Kiriş grup numaralandırma aralığı 1-15, kolon gruplandırma numara aralığı 16-30'dur. Kirişler ve kolonlar da kendi içlerinde farklı gruplara ayrılmıştır. Kolonlar, köşe kolon, kenar kolon ve iç kolon olarak 3 gruba ayrılmıştır. Kirişler de dış kirişler, X yönündeki kirişler ve Y yönündeki kirişler olmak üzere 3 gruba ayrılmıştır. Gruplandırma biçimi Şekil 4.2.2.a'da daha ayrıntılı olarak gösterilmektedir.



Şekil 4.8. Düzenli form tasarım örneği gruplandırma yöntemi

### 4.3. Yük ve Yük Kombinasyonları

Tez çalışmasında tasarlanan yapıların yüklemeleri LRFD (Load and Resistance Factor Design) yani taşıma gücü yöntemine göre tasarım yapılmıştır. Tasarım örneklerine ölü yük, hareketli yük, kar yükü ve rüzgar yükü yüklemeleri yapılmıştır.

#### 4.3.1. Yük ve Dayanım Katsayılarıyla Tasarım (LRFD) yük kombinasyonları

##### 1. 1.4 (D + F)

2.  $1.2 (D + F + T) + 1.6 (L + H) + 0.5 (L_r \text{ ya da } S \text{ ya da } R)$
3.  $1.2 D + 1.6 (L_r \text{ ya da } S \text{ ya da } R) + ((0.5 \text{ ya da } 1.0) \times L \text{ ya da } 0.8 W)$
4.  $1.2 D + 1.6 W + (0.5 \text{ ya da } 1.0) \times L + 0.5 (L_r \text{ ya da } S \text{ ya da } R)$
5.  $1.2 D + 1.0 E + (0.5 \text{ ya da } 1.0) \times L + 0.2 S$
6.  $0.9 D + 1.6 W + 1.6 H$
7.  $0.9 D + 1.0 E + 1.6 H$

Tez çalışmasında LRFD yük kombinasyonlarından 2, 3 ve 4 numaralı kombinasyonlar kullanılmıştır. Kullanılan yük kombinasyonları aşağıda gösterilmiştir.

- ☆  $1.2D+1.6L+0.5S$
- ☆  $1.2D+0.5L+1.6S$
- ☆  $1.2D+1.6W+L+0.5S$

**Tablo 4.1.** Tasarım örneklerine yapılan yüklemeler

			NORMAL KAT YÜKLERİ	ÇATI YÜKLERİ
Tasarım Ölü Yük (D)	60.30 <i>lb/ft<sup>2</sup></i>	0.000419 <i>kips/in<sup>2</sup></i>	2.89 <i>kN/m<sup>2</sup></i>	2.89 <i>kN/m<sup>2</sup></i>
Tasarım Hareketli Yük (L)	50.00 <i>lb/ft<sup>2</sup></i>	0.000347 <i>kips/in<sup>2</sup></i>	2.39 <i>kN/m<sup>2</sup></i>	0
Tasarım Kar Yüğü (S)	15.75 <i>lb/ft<sup>2</sup></i>	0.000109 <i>kips/in<sup>2</sup></i>	0	0.754384 <i>kN/m<sup>2</sup></i>

Yukarıdaki çizelgede tasarım örneklerine uygulanan yükler İ. Aydoğdu'nun Mechomp3 3rd International Conference on Mechanics of Composites Dergisi'nde yayınlanan Optimum Design of a Space Frame Structure with Concrete Filled Steel Tube Composite Columns Using Social Spider Optimization isimli eserinden alınmıştır (İ. AYDOĞDU, 2017).

## 4.4. Tasarım Örnekleri

### 4.4.1. Düzensiz Kompozit Kolonlu Yapı Tasarım Örneği

Tez çalışmasında 17 katlı 869 elemanlı kolonları kompozit, kirişleri çelik düzensiz forma sahip tasarım örneği Biocoğrafya Optimizasyon Algoritması ile analizi yapılmış ve sonuçlar elde edilmiştir.

#### 4.4.1.1 Düzensiz Kompozit Kolonlu Yapı Tasarım Örneğinin Gruplandırması

Düzensiz yapının gruplandırması; 17 katlı olan yapı iki ana bölümden oluşmaktadır. İlk 8 katta her 4 kat aynı olmak şartıyla iki gruba ayrılmaktadır. Sonraki kısım(9-17 kat arası) her 4 kat aynı ve son bir kat olarak toplamda 3 gruba ayrılmaktadır. Grupların kendi içerisinde, kolon ve kiriş gruplandırması farklı olarak yapılmaktadır. Kirişler dış kiriş, X ve Y yönündeki kiriş şeklinde olmaktadır. Kolonlarda köşe kolon, kenar kolon ve iç kolon olarak gruplandırması yapılmaktadır. Aşağıdaki tabloda yapılan gruplandırma detaylı olarak görülebilmektedir.

**Tablo 4.2.** 17 Kat-869 Elemanlı kompozit kolonlu tasarımın gruplandırılması

		1. KAT- 4.KAT	5. KAT- 8.KAT	9. KAT- 12.KAT	13. KAT- 16.KAT	17. KAT
<b>KİRİŞLER</b>	<b>DIŞ KİRİŞLER</b>	1. GRUP	4. GRUP	7. GRUP	10. GRUP	13. GRUP
	<b>X YÖNÜNDEKİ KİRİŞLER</b>	2. GRUP	5. GRUP	8. GRUP	11. GRUP	14. GRUP
	<b>Y YÖNÜNDEKİ KİRİŞLER</b>	3. GRUP	6. GRUP	9. GRUP	12. GRUP	15. GRUP
<b>KOLONLAR</b>	<b>KÖŞE KOLONLAR</b>	16. GRUP	19. GRUP	22. GRUP	25. GRUP	28. GRUP
	<b>KENAR KOLONLAR</b>	17. GRUP	20. GRUP	23. GRUP	26. GRUP	29. GRUP
	<b>İÇ KOLONLAR</b>	18. GRUP	21. GRUP	24. GRUP	27. GRUP	30. GRUP

#### 4.4.1.2 Düzensiz Kompozit Kolonlu Yapı Tasarım Örneğinin Analiz Sonuçları

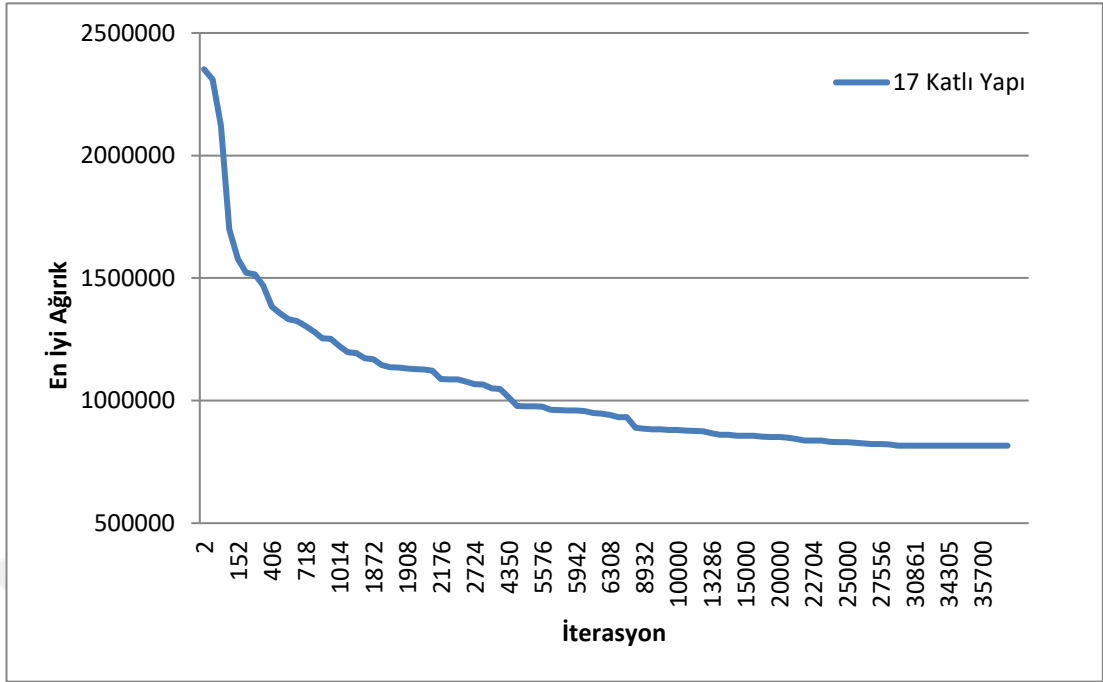
Analiz sonucu elde edilen maksimum mukavemet oranı, katlar arası maksimum öteleme ve en üst kat maksimum öteleme aşağıdaki çizelgelerde görülmektedir.

**Tablo 4.3.** 17 Kat-869 Elemanlı kompozit kolonlu tasarım örneği analiz sonuçları

MAKSİMUM MUKAVEMET ORANI	0,878
KATLARARASI MAKSİMUM ÖTELEME (m)	0,0074136
KATLARARASI ÖTELEME LİMİTİ (m)	0,0075
EN ÜST KAT MAKSİMUM ÖTELEME (m)	0,05316
EN ÜST KAT ÖTELEME LİMİTİ (m)	0.12750

**Tablo 4.4.** Optimum Kesit İsimleri

GRUP NO	KESİT	GRUP NO2	KESİT2	KOMPOZİT KOLON ÖLÇÜLERİ
1	W360X196	16	W150X22.5	0.3x0.3
2	W360X216	17	W150X29.8	0.3x0.3
3	W150X13.5	18	W250X44.8	0.3x0.4
4	W460X177	19	W250X32.7	0.3x0.4
5	W200X15	20	W760X147	0.4x0.95
6	W150X13.5	21	W250X80	0.4x0.4
7	W200X26.6	22	W410X46.1	0.3x0.55
8	W130X23.8	23	W760X196	0.4x0.95
9	W200X15	24	W360X162	0.55x0.55
10	W310X32.7	25	W760X134	0.4x0.95
11	W460X97	26	W530X85	0.3x0.7
12	W310X129	27	W760X284	0.55x1
13	W250X17.9	28	W760X134	0.4x0.95
14	W460X68	29	W530X123	0.35x0.7
15	W200X35.9	30	W760X284	0.55x1



**Şekil 4.9.** 17 Katlı Düzensiz Kompozit Kolonlu Çerçeve İçin İterasyon Ağırlık Grafiği

Yukarıda ki grafikte de görüldüğü üzere 36000 iterasyon sonunda 17 katlı düzensiz formda kompozit kolonla tasarlanan yapının en iyi ağırlığı 816200 kg'dır. Yapının sahip olduğu maksimum mukavemet oranı 0,878'dir. Katlar arası maksimum öteleme 0,0074136 metredir. En üst kat maksimum öteleme ise 0,05316 metredir.

#### 4.4.2. Düzenli Kompozit Kolonlu Yapı Tasarım Örneği

Tez çalışmasında 17 katlı 680 elemanlı kolonları kompozit, kirişleri çelik düzenli forma sahip tasarım örneği Biocoğrafya Optimizasyon Algoritması ile analizi yapılmış ve sonuçlar elde edilmiştir.

##### 4.4.2.1 Düzenli Kompozit Kolonlu Yapı Tasarım Örneğinin Gruplandırması

Düzenli yapının gruplandırması; yapı 17 kattan oluşmaktadır. Gruplandırma kolonlar ve kirişler olarak ayrılır. Gruplandırma yapılırken her 4 katta bir farklı bir gruplandırma yapılmıştır. Kirişler kendi içerisinde dış kiriş, X ve Y yönündeki kiriş şeklinde ayrılmaktadır. Kolonlarda köşe kolon, kenar kolon ve iç kolon olarak gruplandırması yapılmaktadır. Aşağıdaki tabloda yapılan gruplandırma detaylı olarak görülebilmektedir.

**Tablo 4.5.** 17 Kat-680 Elemanlı kompozit kolonlu tasarımın gruplandırılması

		<b>1. KAT- 4.KAT</b>	<b>5. KAT- 8.KAT</b>	<b>9. KAT- 12.KAT</b>	<b>13. KAT- 16.KAT</b>	<b>17. KAT</b>
<b>KİRİŞLER</b>	<b>DIŞ KİRİŞLER</b>	1. GRUP	4. GRUP	7. GRUP	10. GRUP	13. GRUP
	<b>X YÖNÜNDEKİ KİRİŞLER</b>	2. GRUP	5. GRUP	8. GRUP	11. GRUP	14. GRUP
	<b>Y YÖNÜNDEKİ KİRİŞLER</b>	3. GRUP	6. GRUP	9. GRUP	12. GRUP	15. GRUP
<b>KOLONLAR</b>	<b>KÖŞE KOLONLAR</b>	16. GRUP	19. GRUP	22. GRUP	25. GRUP	28. GRUP
	<b>KENAR KOLONLAR</b>	17. GRUP	20. GRUP	23. GRUP	26. GRUP	29. GRUP
	<b>İÇ KOLONLAR</b>	18. GRUP	21. GRUP	24. GRUP	27. GRUP	30. GRUP

#### 4.4.2.2 Düzenli Kompozit Kolonlu Yapı Tasarım Örneğinin Analiz Sonuçları

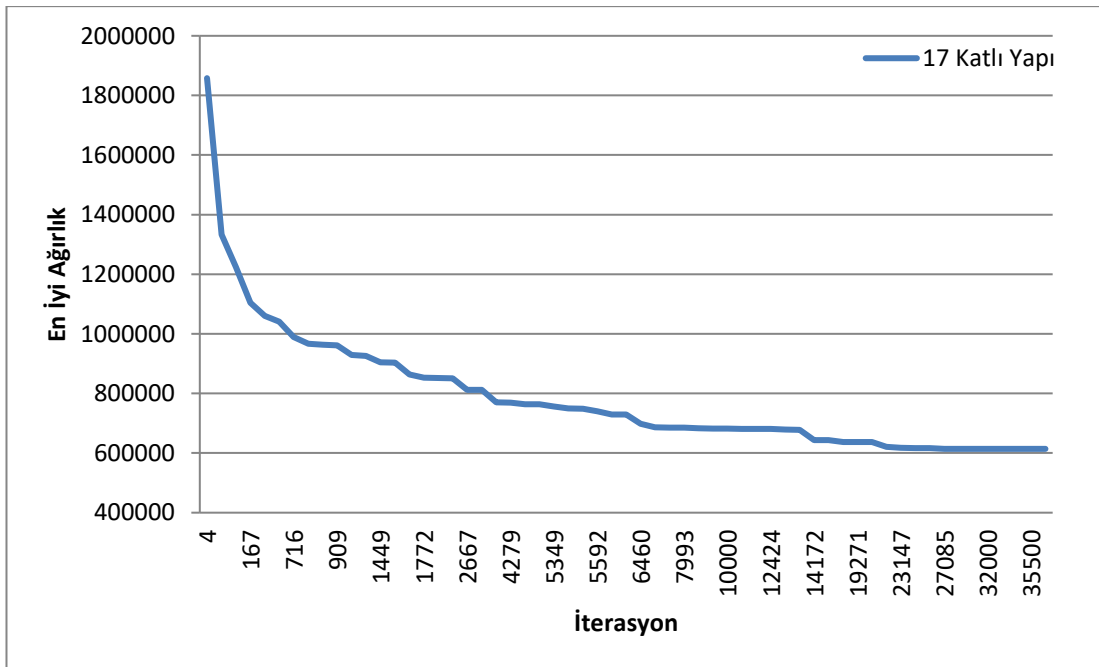
Analiz sonucu elde edilen maksimum mukavemet oranı, katlar arası maksimum öteleme ve en üst kat maksimum öteleme aşağıdaki çizelgede görülmektedir.

**Tablo 4.6.** 17 Kat-680 Elemanlı kompozit kolonlu tasarım örneği analiz sonuçları

MAKSİMUM MUKAVEMET ORANI	0,833
KATLARARASI MAKSİMUM ÖTELEME (m)	0,007377
KATLARARASI ÖTELEME LİMİTİ (m)	0,0075
EN ÜST KAT MAKSİMUM ÖTELEME (m)	0,09184
EN ÜST KAT ÖTELEME LİMİTİ (m)	0.12750

**Tablo 4.7.** Optimum Kesit İsimleri

GRUP NO	KESİT	GRUP NO2	KESİT2	KOMPOZİT KOLON ÖLÇÜLERİ2
1	W460X74	16	W150X22.5	0.3x0.3
2	W460X60	17	W250X32.7	0.3x0.4
3	W360X32.9	18	W410X38.8	0.3x0.55
4	W760X147	19	W410X46.1	0.3x0.55
5	W610X153	20	W410X46.1	0.3x0.55
6	W200X22.5	21	W610X140	0.4x0.8
7	W360X147	22	W760X284	0.55x1
8	W1000X249	23	W530X109	0.35x0.7
9	W200X86	24	W760X220	0.4x1
10	W310X107	25	W760X257	0.55x1
11	W1000X222	26	W610X195	0.5x0.8
12	W360X44	27	W760X284	0.55x1
13	W200X52	28	W760X257	0.55x1
14	W690X140	29	W690X217	0.5x0.9
15	W200X19.3	30	W760X284	0.55x1



**Şekil 4.10.** 17 Katlı Düzenli Kompozit Kolonlu Çerçeve İçin İterasyon Ağırlık Grafiği

Yukarıda ki grafikte 36000 iterasyon sonunda 17 katlı düzenli formda kompozit kolonla tasarlanan yapının en iyi ağırlığı 614100 kg'dır. Yapının sahip olduğu maksimum mukavemet oranı 0,833'dür. Katlar arası maksimum öteleme 0,007377 metredir. En üst kat maksimum öteleme ise 0,09184 metredir.

#### 4.4.3. Düzensiz Çelik Kolonlu Yapı Tasarım Örneği

Tez çalışmasında 17 katlı 869 elemanlı tüm elemanları çelik düzensiz forma sahip tasarım örneği Biocoğrafya Optimizasyon Algoritması ile analizi yapılmış ve sonuçlar elde edilmiştir.

##### 4.4.3.1 Düzensiz Çelik Kolonlu Yapı Tasarım Örneğinin Gruplandırması

Düzensiz yapının gruplandırması; 17 katlı olan yapı iki ana bölümden oluşmaktadır. İlk 8 katta her 4 kat aynı olmak şartıyla iki gruba ayrılmaktadır. Sonraki kısım(9-17 kat arası) her 4 kat aynı ve son bir kat olarak toplamda 3 gruba ayrılmaktadır. Grupların kendi içerisinde, kolon ve kiriş gruplandırması farklı olarak yapılmaktadır. Kirişler dış kiriş, X ve Y yönündeki kiriş şeklinde olmaktadır. Kolonlarda köşe kolon, kenar kolon ve iç kolon olarak gruplandırması yapılmaktadır. Aşağıdaki tabloda yapılan gruplandırma detaylı olarak görülebilmektedir.

**Tablo 4.8.** 17 Kat-869 Elemanlı çelik kolonlu tasarımın gruplandırılması

		1. KAT- 4.KAT	5. KAT- 8.KAT	9. KAT- 12.KAT	13. KAT- 16.KAT	17. KAT
<b>KİRİŞLER</b>	<b>DIŞ KİRİŞLER</b>	1. GRUP	4. GRUP	7. GRUP	10. GRUP	13. GRUP
	<b>X YÖNÜNDEKİ KİRİŞLER</b>	2. GRUP	5. GRUP	8. GRUP	11. GRUP	14. GRUP
	<b>Y YÖNÜNDEKİ KİRİŞLER</b>	3. GRUP	6. GRUP	9. GRUP	12. GRUP	15. GRUP
<b>KOLONLAR</b>	<b>KÖŞE KOLONLAR</b>	16. GRUP	19. GRUP	22. GRUP	25. GRUP	28. GRUP
	<b>KENAR KOLONLAR</b>	17. GRUP	20. GRUP	23. GRUP	26. GRUP	29. GRUP
	<b>İÇ KOLONLAR</b>	18. GRUP	21. GRUP	24. GRUP	27. GRUP	30. GRUP



#### 4.4.3.2 Düzensiz Çelik Kolonlu Yapı Tasarım Örneğinin Analiz Sonuçları

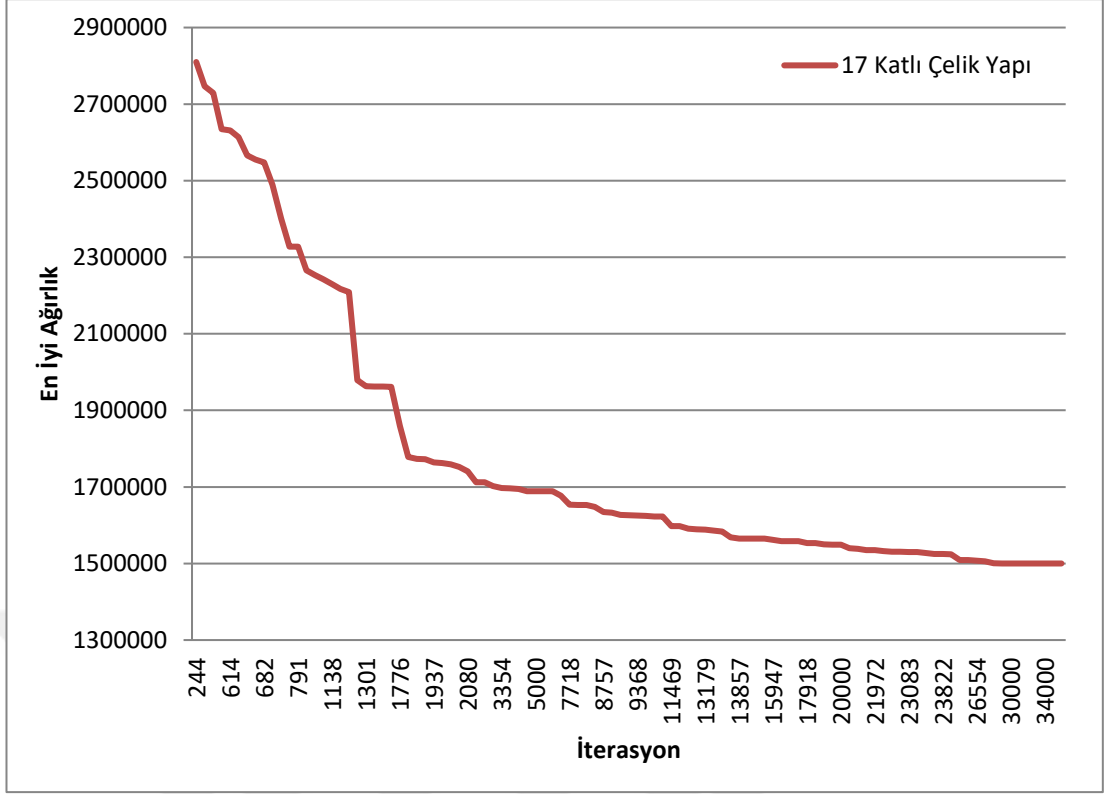
Analiz sonucu elde edilen maksimum mukavemet oranı, katlar arası maksimum öteleme ve en üst kat maksimum öteleme aşağıdaki çizelgelerde görülmektedir.

**Tablo 4.9.** 17 Kat-869 Elemanlı çelik kolonlu tasarım örneği analiz sonuçları

MAKSİMUM MUKAVEMET ORANI	0,72
KATLARARASI MAKSİMUM ÖTELEME (m)	0,0073974
KATLARARASI ÖTELEME LİMİTİ (m)	0,0075
EN ÜST KAT MAKSİMUM ÖTELEME (m)	0,04537
EN ÜST KAT ÖTELEME LİMİTİ (m)	0.12750

**Tablo 4.10.** Optimum Kesit İsimleri

GRUP NO	KESİT	GRUP NO2	KESİT2
1	W360X91	16	W200X46.1
2	W1000X748	17	W460X82
3	W360X122	18	W250X17.9
4	W610X113	19	W200X46.1
5	W460X349	20	W530X219
6	W150X13.5	21	W920X342
7	W310X21	22	W410X46.1
8	W530X196	23	W1000X412
9	W150X13.5	24	W920X342
10	W250X17.9	25	W460X113
11	W310X117	26	W840X359
12	W360X110	27	W1000X412
13	W130X23.8	28	W840X359
14	W150X13.5	29	W920X387
15	W250X17.9	30	W1000X883



**Şekil 4.11.** 17 Katlı Düzensiz Çelik Kolonlu Çerçeve İçin İterasyon Ağırlık Grafiği

Yukarıda ki grafikte 36000 iterasyon sonunda 17 katlı düzensiz formda çelik kolonla tasarlanan yapının en iyi ağırlığı 1500000 kg'dır. Yapının sahip olduğu maksimum mukavemet oranı 0,72'dir. Katlar arası maksimum öteleme 0,0073974 metredir. En üst kat maksimum öteleme ise 0,04537 metredir.

#### 4.4.4. Düzenli Çelik Kolonlu Yapı Tasarım Örneği

Tez çalışmasında 17 katlı 680 elemanlı kolonları ve kirişleri çelik düzenli forma sahip tasarım örneği Biocoğrafya Optimizasyon Algoritması ile analizi yapılmış ve sonuçlar elde edilmiştir.

##### 4.4.4.1 Düzenli Çelik Kolonlu Yapı Tasarım Örneğinin Gruplandırması

Düzenli yapının gruplandırması; yapı 17 kattan oluşmaktadır. Gruplandırma kolonlar ve kirişler olarak ayrılır. Gruplandırma yapılırken her 4 katta bir farklı bir gruplandırma yapılmıştır. Kirişler kendi içerisinde dış kiriş, X ve Y yönündeki kiriş şeklinde ayrılmaktadır. Kolonlarda köşe kolon, kenar kolon ve iç kolon olarak gruplandırması yapılmaktadır. Aşağıdaki tabloda yapılan gruplandırma detaylı olarak görülebilmektedir.

**Tablo 4.11.** 17 Kat-680 Elemanlı çelik kolonlu tasarımın gruplandırılması

		<b>1. KAT- 4.KAT</b>	<b>5. KAT- 8.KAT</b>	<b>9. KAT- 12.KAT</b>	<b>13. KAT- 16.KAT</b>	<b>17. KAT</b>
<b>KİRİŞLER</b>	<b>DIŞ KİRİŞLER</b>	1. GRUP	4. GRUP	7. GRUP	10. GRUP	13. GRUP
	<b>X YÖNÜNDEKİ KİRİŞLER</b>	2. GRUP	5. GRUP	8. GRUP	11. GRUP	14. GRUP
	<b>Y YÖNÜNDEKİ KİRİŞLER</b>	3. GRUP	6. GRUP	9. GRUP	12. GRUP	15. GRUP
<b>KOLONLAR</b>	<b>KÖŞE KOLONLAR</b>	16. GRUP	19. GRUP	22. GRUP	25. GRUP	28. GRUP
	<b>KENAR KOLONLAR</b>	17. GRUP	20. GRUP	23. GRUP	26. GRUP	29. GRUP
	<b>İÇ KOLONLAR</b>	18. GRUP	21. GRUP	24. GRUP	27. GRUP	30. GRUP

#### 4.4.4.2 Düzenli Çelik Kolonlu Yapı Tasarım Örneğinin Analiz Sonuçları

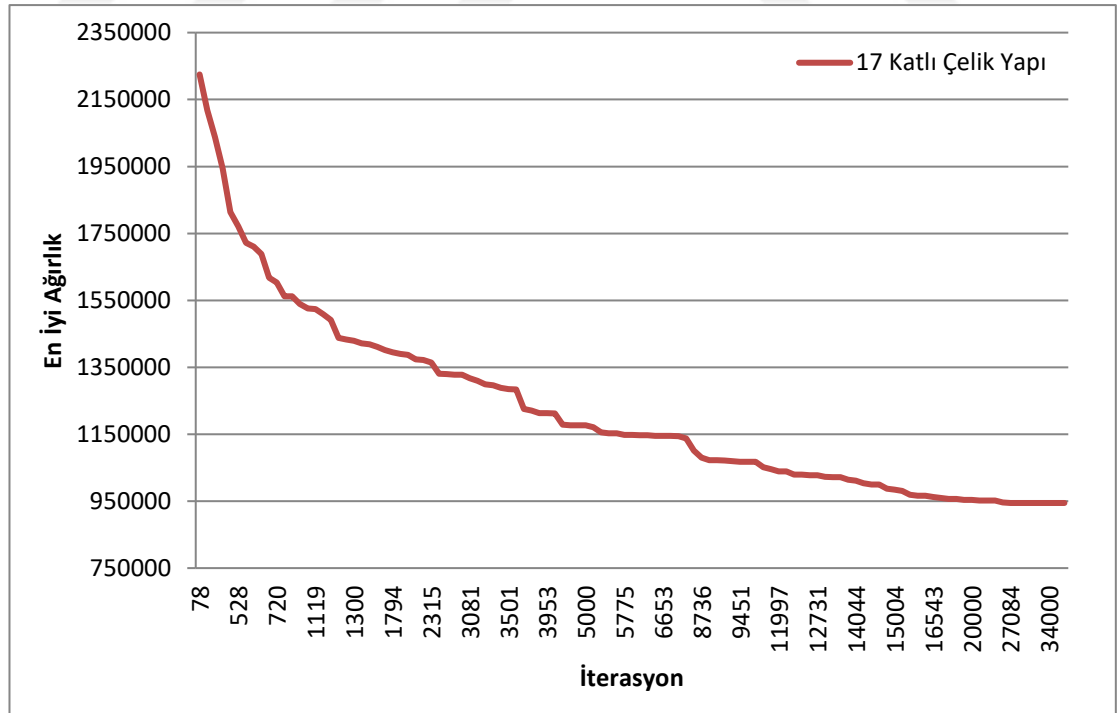
Analiz sonucu elde edilen maksimum mukavemet oranı, katlar arası maksimum öteleme ve en üst kat maksimum öteleme aşağıdaki çizelgelere görülmektedir.

**Tablo 4.12.** 17 Kat-680 Elemanlı çelik kolonlu tasarım örneği analiz sonuçları

MAKSİMUM MUKAVEMET ORANI	0,685
KATLARARASI MAKSİMUM ÖTELEME (m)	0,0074225
KATLARARASI ÖTELEME LİMİTİ (m)	0,0075
EN ÜST KAT MAKSİMUM ÖTELEME (m)	0,09169
EN ÜST KAT ÖTELEME LİMİTİ (m)	0.12750

**Tablo 4.13.** Optimum Kesit İsimleri

GRUP NO	KESİT	GRUP NO2	KESİT2
1	W530X92	16	W360X147
2	W360X64	17	W690X240
3	W310X107	18	W530X150
4	W760X147	19	W360X314
5	W690X125	20	W690X240
6	W250X32.7	21	W690X152
7	W840X176	22	W920X387
8	W1000X222	23	W1000X371
9	W200X59	24	W1100X343
10	W610X125	25	W920X534
11	W760X220	26	W1100X499
12	W250X17.9	27	W1100X343
13	W150X13.5	28	W920X534
14	W920X201	29	W1100X499
15	W150X13.5	30	W1100X499



**Şekil 4.12.** 17 Katlı Düzenli Çelik Kolonlu Çerçeve İçin İterasyon Ağırlık Grafiği

Yukarıda ki grafikte 36000 iterasyon sonunda 17 katlı düzenli formda çelik kolonla tasarlanan yapının en iyi ağırlığı 944600 kg'dır. Yapının sahip olduğu maksimum mukavemet oranı 0,685'dir. Katlar arası maksimum öteleme 0,0074225 metredir. En üst kat maksimum öteleme ise 0,09169 metredir.

#### 4.5. Düzenli Ve Düzensiz Yapı Tasarımına Sahip Kompozit Yapının Çelik Yapı İle Karşılaştırılması

Yapılan çalışmanın bu bölümü iki kısımda incelenecektir. Düzenli form ve düzensiz formdaki yapılar ayrı ayrı değerlendirilecektir.

Kompozit kesitli düzensiz formdaki yapı optimizasyon problemi optimum sonuca 36000 iterasyon sonucuna minimum 816200 kg değerle varmıştır. Çelik kesitli düzensiz formdaki yapı optimizasyon problemi optimum sonuca 36000 iterasyon sonucunda 1500000 kg değerle varmıştır.

Kompozit kesitli düzenli formdaki yapı optimizasyon problemi optimum sonuca 36000 iterasyon sonucunda 614100 kg değerle varmıştır. Çelik kesitli düzenli formdaki yapı optimizasyon problemi optimum sonuca 36000 iterasyon sonucunda 944600 kg değerle varmıştır.

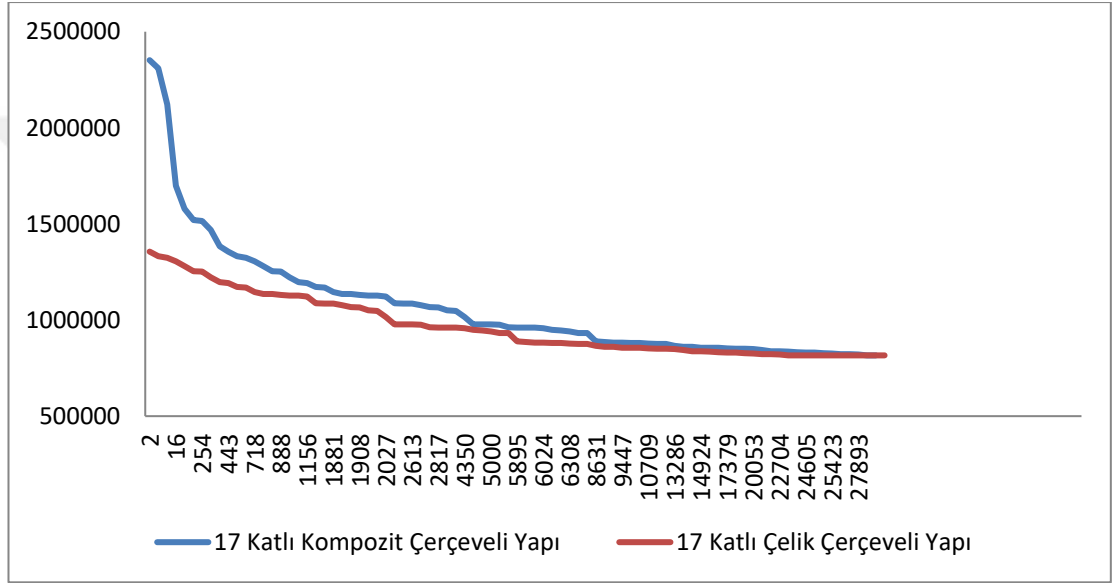
Çelik çerçeve ve kompozit çerçeve şeklindeki çözümlere bakıldığında yakınsama grafikleri kompozit kesitli yapı örneğinin daha iyi bir yakınsama yaptığını göstermektedir.

**Tablo 4.14.** Tüm Yapıların Karşılaştırmalı Tablosu

	DÜZENSİZ		DÜZENLİ	
	KOMPOZİT	ÇELİK	KOMPOZİT	ÇELİK
MİN. AĞIRLIK	816200	1500000	614100	944600
MAX. MUKAVEMET ORANI	0,878	0,72	0,833	0,685
KATLARARASI MAX. ÖTELEME	0,0074136	0,0073974	0,007377	0,0074225
EN ÜST KAT MAX. ÖTELEME	0,05316	0,04537	0,09184	0,09169

#### 4.5.1. Düzenli Yapı Karşılaştırması

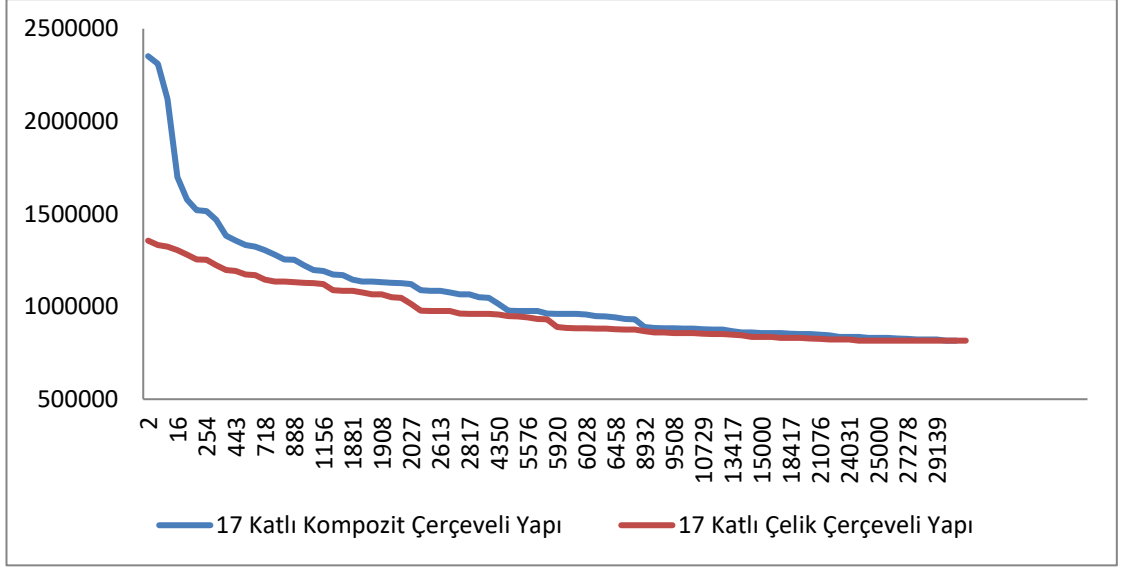
Şekil 4.13. de düzenli yapı tasarımına sahip 17 katlı kompozit ve çelik yapıların en iyi ağırlık bakımından karşılaştırılması yapılmıştır. Yakınsama grafiğinden de görüldüğü üzere kompozit kolon elemanlara sahip yapı türü bu optimizasyon metodu için çelik kolon elemanlarına sahip yapı türüne göre daha iyi bir yakınsama göstermiştir.



Şekil 4.13. Düzenli yapı tasarımına sahip kompozit ve çelik yapıların en iyi ağırlık bakımından karşılaştırılması

#### 4.5.2. Düzensiz Yapı Karşılaştırması

Şekil 4.14. de düzensiz yapı tasarımına sahip 17 katlı kompozit ve çelik yapıların en iyi ağırlık bakımından karşılaştırılması yapılmıştır. Yakınsama grafiğinden de görüldüğü üzere kompozit kolon elemanlara sahip yapı türü bu optimizasyon metodu için çelik kolon elemanlarına sahip yapı türüne göre daha iyi bir yakınsama göstermiştir



**Şekil 4.14.** Düzensiz yapı tasarımına sahip kompozit ve çelik yapıların en iyi ağırlık bakımından karşılaştırılması

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tez çalışmasında kompozit kolonlu yüksek yapılar için optimum boyutlandırma yapan bir algoritma geliştirmesi, literatüre özgün ve yenilikçi çalışmalar sunulması, optimizasyon işleminin kompozit yapıların tasarımında kullanımına teşvik edilmesi ve araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda düzenli ve düzensiz formda aynı yapı yüksekliklerine sahip kolon çerçeveleri kompozit ve çelik olan toplamda 4 adet tasarım örneği, geliştirilen program ile modellenip analiz edilmiştir. Yapılan analizlerden elde edilen verilerle, başlangıçta hedeflenen sonuçlara ulaşılmıştır. Biocoğrafya optimizasyonu (BBO) optimizasyon problemlerini çözmeye çok etkili bir yöntemdir. Biocoğrafya optimizasyonu yönteminin kompozit kolonlu yapılara uygulanabilir olduğu görülmüştür ve bu çalışmada kanıtlanmıştır.

Tez çalışmasının birinci bölümünde kompozit yapılar hakkında bilgi verilmiştir. Kompozit kesitler detaylı bir şekilde anlatılmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde optimizasyona giriş yapılmış, optimizasyon yöntemleri (av arama, parçacık sürü, armoni arama, karınca koloni, genetik algoritmalar, biyocoğrafya, yapay arı kolonisi, ateş böceği algoritması) incelenmiştir. Üçüncü bölümde biyocoğrafya optimizasyonu bilgisi detaylandırılmıştır.

Tez çalışmasının dördüncü bölümünde aynı yapı yüksekliğine sahip 4 yapı biçimi üzerinde çalışmalar gösterilmiştir. Yapı grupları temelde iki bölüme ayrılmıştır bunlar düzenli formdaki yapı modeli ve düzensiz formdaki yapı modelidir. Hem düzenli hem de düzensiz form biçimli yapılar, kolonları kompozit ve çelik olarak ayrı ayrı optimizasyonu yapılmış ve sonuçlar gösterilmiştir.

Yapının aynı tasarım formuna sahip olması durumunda kompozit kolonla tasarlanan yapının çelik kolonla tasarlanan yapıya göre daha avantajlı olduğu görülmüştür.

Sonuç olarak, bu tez çalışması BBO tekniğinin meta-sezgisel optimizasyon teknikleri içinde güçlü bir teknik olduğunu göstermiş. Bu tezin doğrultusunda, gelecekte kompozit kolonların BBO yöntemiyle optimizasyonu ile ilgili çalışmalar yapılabileceği, literatürde belirtilen konuda bir çalışma bulunmadığı için faydalı bir çalışma olacağı önerilmektedir.



## KAYNAKLAR

1. LRFD-AISC. Load and Resistance Factor Design. American Institute of Steel Construction. 1999, IL, USA, 62-564.
2. Korkmaz, R., Bora, Ş., "Modelleme ve Benzetim Ortamında Parametre Optimizasyonu ve Kullanılan Teknikler" , Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi 2017, 5(3), 685 – 697.
3. İnce, G., İnce, H., H., Kaya, F., "Kompozit Yapı Sistemlerin İncelenmesi" , Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 2015. 6(1): 43-47
4. Bal, C., "Yüksek Bina Yapım Sistemlerinin Tasarım Kısıtlamaları Üzerine Bir Araştırma". İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul, 2003, 184 s. (Yüksek Lisans Tezi).
5. Hazım, M., Göğüş, M., T., 2013 "Betonarme Yapılarda Taşıyıcı Sistem ve Yapı Yüksekliğinin Davranışa Etkisinin İncelenmesi" , XVIII. Ulusal Mekanik Kongresi 26 - 30 Ağustos ,2013, Manisa (Bildiri Özetleri Kitabı, 6 s.)
- 6.URL,<https://www.google.com.tr/search?q=kurtlar%C4%B1n+avlanmas%C4%B1&source>
7. URL, <http://www.puzmo.com/puzzle/balik-surusu.972.html>
- 8.URL,[http://www.istanabudaya.gov.my/?page\\_id=10515&lang=en](http://www.istanabudaya.gov.my/?page_id=10515&lang=en)
9. Dalkılıç, G., Türkmen, F. "Karınca Kolonisi Optimizasyonu". Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, 2018, 6 s..
10. Azad, S. K., vd., "Upper bound strategy for metaheuristic based design optimization of steel frames". Advances in Engineering Software. 2013, 57, 19-32.
11. Kaveh, A., ve Bakhshpoori, T. "Optimum design of steel frames using Cuckoo Search algorithm with Levy flights". Structural Design of Tall and Special Buildings. 2013, 22(13), 1023-1036.
12. Shahrouzi, M., ve Pashaei, M. "Stochastic directional search: An efficient heuristic for structural optimization of building frames". Scientia Iranica. 2013, 20(4), 1124-1132.
13. Doğan, E. "Solving design optimization problems via hunting search algorithm with Levy flights". Structural Engineering and Mechanics. 2014, 52(2), 351-368.

14. Hasançebi, O., ve Çarbaş, S. "Bat inspired algorithm for discrete size optimization of steel frames". *Advances in Engineering Software*. 2014, 67, 173-185.
15. Murren, P., ve Khandelwal, K. "Design-driven harmony search (DDHS) in steel frame optimization". *Engineering Structures*. 2014, 59, 798-808.
16. Mosquera, J. C., ve Gargoum, L. A. "A sequential algorithm for minimum weight design of 2-D steel portal frames using Eurocode 3". *International Journal of Steel Structures*. 2014, 14(1), 141-149.
17. Gholizadeh, S., ve Poorhoseini, H. "Optimum design of steel frame structures by a modified dolphin echolocation algorithm". *Structural Engineering and Mechanics*. 2015, 55(3), 535-554.
18. Talatahari, S., vd. "Optimum design of frame structures using the Eagle Strategy with Differential Evolution". *Engineering Structures*. 2015, 91, 16-25.
19. Artar, M. ve Daloğlu, A. "The Optimization of Multi-Storey Composite Steel Frames with Genetic Algorithm Including Dynamic Constraints". *Teknik Dergi*. 2015, 26(2), 7077-7098.
20. Phan, D. T., vd. "An efficient genetic algorithm for the design optimization of cold-formed steel portal frame buildings". *Steel and Composite Structures*. 2013, 15(5), 519-538.
21. Zacharenaki, A. E., vd. "Reliability-based optimum seismic design of structures using simplified performance estimation methods". *Engineering Structures*. 2013, 52, 707-717.
22. Ghasemi, M. R., ve Farshchin, M. "Pareto-based optimum seismic design of steel frames". *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Structures and Buildings*, 2014, 167(1), 66-74.
23. Kaveh, A., vd. "Seismic optimal design of 3D steel frames using cuckoo search algorithm". *Structural Design of Tall and Special Buildings*, 2015, 24(3), 210-227.
24. Li, W. J., ve Chen, J. Y. "Optimum Design of Composite Structures Subjected to Multiple Displacement Constraints". *Journal of Strain Analysis for Engineering Design*, 1993, 28(2), 135-141.

25. Morton, S. K., ve Webber, J. P. H. "Optimal-Design of a Composite I-Beam". *Composite Structures*, 1994, 28(2), 149-168.
26. Adeli, H. ve Kim, H. "Cost optimization of composite floors using neural dynamic Adeli, H., ve Kim, H. 2001 "Cost optimization of composite floors using neural dynamics model". *Communications in Numerical Methods in Engineering*, 2001, 17(11), 771-787.
27. Valido, A. J., ve Cardoso, J. B. "Geometrically Nonlinear Composite Beam Structures: Optimal Design". *Engineering Optimization*, 2003, 35(5), 553-560.
28. Klansek, U., ve Kravanja, S. "Cost estimation, optimization and competitiveness of different composite floor systems - Part 1: Self-manufacturing cost estimation of composite and steel structures". *Journal of Constructional Steel Research*, 2006, 62(5), 434-448.
29. Suresh, S., vd. "Particle swarm optimization approach for multi-objective composite box-beam design". *Composite Structures*, 2007, 81(4), 598-605.
30. Cheng, L. J., ve Chan, C. M. "Optimal lateral stiffness design of composite steel and concrete tall frameworks". *Engineering Structures*, 2009, 31(2), 523-533.
31. Luo, Y. J., vd. "Optimal topology design of steel-concrete composite structures under stiffness and strength constraints". *Computers & Structures*, 2012, 112, 433-444.
32. Kaveh, A., vd. "Optimum design of multi-span composite box girder bridges using Cuckoo Search algorithm". *Steel and Composite Structures*, 2014, 17(5), 703-717.
33. Nguyen, X. H., vd. "Optimum design of thin-walled composite beams for flexural-torsional buckling problem". *Composite Structures*, 2015, 132, 1065-1074.
34. Artar, M. ve Daloğlu, A. T. "Optimum design of steel frames with semi-rigid connections and composite beams". *Structural Engineering and Mechanics*, 2015, 55(2), 299-313.
35. Paksoy, A., " Beton Dolgulu Çelik Tüp Kompozit Kolonlu Yüksek Katlı Yapıların Sosyal Örümcek Optimizasyonu Algoritması İle Optimum

Boyutlandırılması" Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya, 2018, 101 s. (Yüksek Lisans Tezi).

36. Simon, D. "Biogeography Based Optimization". IEEE Transactions On Evolutionary Computation, 2008, 12(6), 702-713.

37. Chai, W., Dong, H., He, J., Shang, W., "A Biogeography Based Optimization Algorithm with Multiple Migration". Chine, 2016, 8 s.

38. Karakuzu, C., İnaç, T., "BBO Algoritmasının Optimizasyon Başarımının İncelenmesi" , Eleco Elektrik – Elektronik – Bilgisayar ve Biyomedikal Mühendisliği Sempozyumu, 27 – 29 Kasım 2014, Bursa, 5 s.

39. Structural and Earthquake Engineering Software, Composite Column Design Manual AISC 360-10, ETABS,2016



## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Selen Miray IŞIK

Doğum Yeri ve Yılı : Sarıyer/İstanbul, 1993

Medeni Hali : Evli

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : selenmirayisik@gmail.com

### Eğitim Durumu

Lise : Aydın Atatürk Anadolu Lisesi, 2007-2011

Lisans : İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 2011-2016

Yüksek Lisans : Celal Bayar Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 2016-2019

### Mesleki Deneyim

Özgrup Mimarlık Mühendislik Ofisi 2017-2018

Lokhas Yapı Mimarlık Mühendislik Ofisi 2018-2019