



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

DÜZLEM ÇELİK ÇATILARIN AĞIRLIK HESABINDA
PRATİK BİR REHBER ÖNERİSİ

Abdullah AKYÜZ

YÜKSEK LİSANS

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Temmuz, 2019
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Abdullah AKYÜZ tarafından hazırlanan “Düzlem Çelik Çatıların Ağırlık Hesabında Pratik Bir Rehber Önerisi” adlı tez çalışması 25/07/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan (Danışman)

Prof. Dr. Musa Hakan ARSLAN

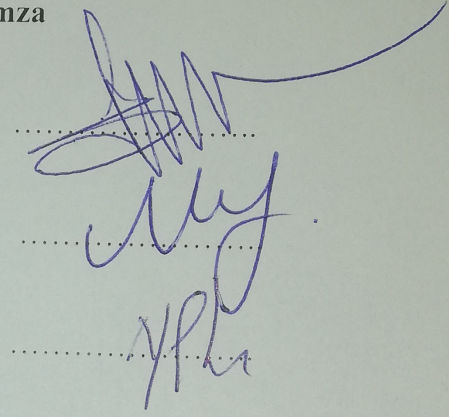
Üye

Doç. Dr. Murat ÖZTÜRK

Üye

Dr. Öğretim Üyesi Nebi ÖZDÖNER

İmza



Yukarıdaki sonucu onaylarım.

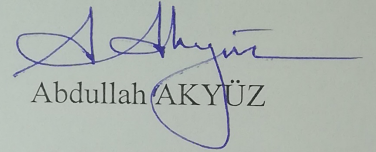
Prof. Dr. Hakan KARABÖRK
LEE Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

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

DECLARATION PAGE

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



Abdullah AKYÜZ

Tarih: 25/07/2019

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DÜZLEM ÇELİK ÇATILARIN AĞIRLIK HESABINDA PRATİK BİR REHBER ÖNERİSİ

Abdullah AKYÜZ

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

Danışman : Prof. Dr. Musa Hakan ARSLAN

2019, 70 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Musa Hakan ARSLAN

Doç. Dr. Murat ÖZTÜRK

Dr. Öğr. Üyesi Nebi ÖZDÖNER

Bu çalışmada düzlem çelik çatıların ağırlık hesabı, ağırlığına etki eden parametreler ve ağırlığın akıllı bir sistem aracılığı ile tahmini üzerine çalışmalar yapılmıştır. Yapılan literatür araştırması ve tecrübelerle dayanarak sonuca tesir etmesi beklenen 6 ana parametre belirlenmiştir. Bu parametreler kar yükü bölgesi, çatı tipi, çatı eğimi, çelik cinsi, aşık açıklığı ve makas açıklığıdır. Bu parametrelere bağlı 192 farklı hesap modeli oluşturulmuştur. Bu modellerin her biri bir diğerinden en az bir parametre ölçüsü olarak farklılık arz etmektedir. Bu hesap modellerinin analizleri SAP2000 programı aracılığı ile yapılmış ve AISC-ASD 360-10 yönetmeliği esas alınarak tasarım yapılmıştır. Bütün hesap modellerinin ağırlıkları tablolar halinde not edilmiş ve parametrelerin düzlem çelik çatıların ağırlığına ne ölçüde etki ettiği belirlenmiştir. Son olarak ise çatı ağırlığının hızlı ve gerçek sonuca yakın bir şekilde tespit edilip edilemeyeceğini irdelemek amacıyla literatürde sıklıkla kullanılan akıllı sistemlerden faydalanılmıştır. Elde edilen 192 adet ağırlık değerleri ile eğitilen 5 farklı akıllı sistemin yeni bir konfigürasyonda ne ölçüde doğru sonuç verdikleri tespit edilmiştir. Sonuç olarak seçilen parametreler arasında sonuca en çok etki eden parametreler sırasıyla kar yükü bölgesi, çatı tipi, aşık açıklığı, makas açıklığı, çelik dayanımı ve çatı eğimi olarak belirlenmiştir. Ayrıca akıllı sistemler aracılığı ile elde edilen sonuçlar gerçek değerlerle kıyaslanmış ve en yakın sonuca Yapay Sinir Ağları (YSA) sistemi ile ulaşılmıştır.

Anahtar kelimeler: AISC-ASD 360-10, akıllı sistemler, düzlem çelik çatılar, yapay sinir ağları

ABSTRACT

MS THESIS

A PRACTICAL GUIDE PROPOSAL FOR WEIGHT CALCULATION OF PLANAR STEEL ROOFS

Abdullah AKYÜZ

**The Graduate Education Institute of Konya Technical University
The Degree of Master of Science
in Civil Engineering**

Advisor : Prof. Dr. Musa Hakan ARSLAN

2019, 70 Pages

Jury

**Prof. Dr. Musa Hakan ARSLAN
Assoc. Prof. Dr. Murat ÖZTÜRK
Dr. Nebi ÖZDÖNER**

In this study, it is aimed to assess the weight calculation of the planar steel roofs, the parameters affecting the weight and the prediction of the weight by means of intelligent systems. Based on the previous research reports and several expert opinions, 6 main parameters that are expected to influence the results were evaluated. These are; snow load area, roof type, roof slope, steel type, purlin opening and truss opening. Based on these parameters we established 192 different calculation models. Each of these models differs from the other as at least one parameter size. SAP2000 program was used to perform the analysis of these calculation models and the design was created based on AISC-ASD 360-10 regulation. Weights of all calculation models are noted in tables and to what extent the parameters affect the weight of the planar steel roofs were determined. Then, intelligent systems that are commonly used in the literature were used to investigate whether the roof weight can be determined quickly and precisely to the actual result. The relationship between 5 different intelligent systems and 192 calculated weight values analyzed in this new configuration. As a result, the most influential parameters among the selected parameters were found as snow load area, roof type, purlin opening, truss opening, steel strength and roof slope respectively. In addition, the results obtained through intelligent systems were compared with the actual values and significant correlation found for artificial neural network (ANN) system.

Keywords: AISC-ASD 360-10, intelligent systems, artificial neural network, planar steel roofs

ÖNSÖZ

En başından beri gereğinden fazlasını yaparak bilgisini, emeğini ve tecrübesini benden esirgemeyen ve tez çalışmasının bu noktalara gelmesinde şüphesiz çok büyük paya sahip olan danışman hocam Sn. Prof. Dr. Musa Hakan ARSLAN'a ve bu çalışmaya yapay zeka ve akıllı sistem modellemeleri konusunda destek veren Sn. Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ÖZKİŞ'a teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca uzun süren bu çalışma süresince sabrıyla ve ilgisiyle bana destek olan Anneme, Babama, Eşime ve biricik oğlum Ali Yasir'e sonsuz sevgilerimle.

Abdullah AKYÜZ
KONYA-2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	ix
ÇİZELGELER LİSTESİ	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. Çelik Yapıların Tarihçesi	1
1.2. Yapı Malzemesi Olarak Çelik.....	2
1.2.1. Yapısal Çelik Cinsleri	3
1.3. Hadde Ürünleri	4
1.4. Çelik Yapıların Avantajları ve Dezavantajları.....	5
1.4.1 Çelik Yapıların Avantajları.....	5
1.4.2 Çelik Yapıların Dezavantajları	5
1.5. Tasarım Esasları.....	6
1.6. Amaç ve Kapsam	7
1.7. Önem.....	7
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	9
2.1. Çelik Yapılar ile İlgili Yapılmış Çalışmalar	9
2.2. Mühendislikte Akıllı Sistemlerin Kullanımı ile İlgili Yapılmış Çalışmalar	11
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	14
3.1. Seçilen Parametreler	14
3.1.1. Kar Yüğü (S).....	14
3.1.2. Aşık Açıklığı (A)	16
3.1.3. Makas Açıklığı (L).....	17
3.1.4. Çatı Eğimi (α)	17
3.1.5. Çelik Dayanımı (S275, S355).....	17
3.1.6. Çatı Tipi (Ç ₁ , Ç ₂ , Ç ₃)	17
3.2. Analiz Programı	19
3.3. Analiz Yapılan Çatı Türleri	20

3.3. Mühendislikte Akıllı Sistem Kullanımı.....	22
3.4.Yapay Zeka	23
3.4.1. Yapay Sinir Ağları (YSA)	24
3.4.2. Karar Ağaçları ve Rastgele Orman (Random Forest).....	26
3.4.3 Genetik Algoritma	27
3.4.4. Bulanık Mantık (Fuzzy Logic)	28
3.4.5. Uyarlamalı Ağ Tabanlı Bulanık Çıkarım Sistemi (ANFIS)	29
3.4.6. Destek Vektör Makineleri (SVM-Support Vector Machine)	29
3.4.7. Olasılıksal Dereceli Azalma (SGD- Stochastic Gradient Descent)	30
3.5. Akıllı Sistemlerde Hata Türleri ve Determinasyon Katsayısı	30
4. ÖRNEK BİR ÇATININ ANALİZİ	32
4.1. Yapı Bilgileri	32
4.2. Yükler	33
4.2.1 Sabit Yük (G).....	33
4.2.2 Kar Yükü (S).....	34
4.2.3. Rüzgar Yükü (W).....	34
4.3. Yük Birleşimleri	35
4.4. Analiz Sonuçları	36
4.5. Çatı Ağırlığının Hesaplanması.....	37
5. BELİRLENEN PARAMETRELERİN ÇATI AĞIRLIĞINA ETKİSİ.....	39
5.1. Kar Yükünün Çatı Ağırlığına Etkisi	45
5.2. Aşık Açıklığının Çatı Ağırlığına Etkisi	47
5.3. Makas Açıklığının Çatı Ağırlığına Etkisi	48
5.4. Çatı Eğiminin Çatı Ağırlığına Etkisi	50
5.5. Çelik Dayanımının Çatı Ağırlığına Etkisi	52
5.6. Çatı Tipinin Çatı Ağırlığına Etkisi.....	53
6. ÇATI AĞIRLIĞININ AKILLI BİR YAZILIM İLE TAHMİNİ.....	56
6.1. Akıllı Sistemlerden Elde Edilen Sonuçlar	56
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	63
7.1. Ağırlık Analizi ile Alakalı Sonuçlar	63
7.2. Akıllı Sistemler ile Alakalı Sonuçlar	65
7.3. Öneriler	65

SİMGELER ve KISALTMALAR

A	: Aşık açıklığı (m)
A_a	: Aşık ağırlığı (kg/m ²)
AISC	: American Institute of Steel Construction
ASCE	: American Society of Civil Engineers
ASD	: Allowable Stress Design
C_e	: Maruz kalma katsayısı
CPM	: Critical Path Method
C_t	: Isı katsayısı
Ç₁	: Çerçeve sistem çelik çatı
Ç₂	: Gergili sistem çelik çatı
Ç₃	: Kafes sistem çelik çatı
ÇYTHYE-2016	: Çelik yapıların tasarım, hesap ve yapımına dair esaslar
E	: Elastisite modülü
F_ç	: Çatı alanı (m ²)
G	: Sabit yük
GKT	: Güvenlik katsayıları ile tasarım
K_a	: Kaplama ağırlığı (kg/m ²)
L	: Makas açıklığı (m)
N	: Newton
n_A	: Aşık adedi
n_M	: Makas adedi
q	: TS-498'e göre emme basıncı
q_ç	: Çatı birim ağırlığı (kg/m ²)
r	: Kesit zorlanma oranı
S	: Kar yükü
SAP2000	: Structural Analysis Program
SGD	: Stochastic gradient descent
S_k	: Karakteristik zemin kar yükü
SVM	: Support vector machine
T_A	: Aşık ağırlığı (kg)
T_ç	: Çatı ağırlığı (kg)
TDY-2007	: Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik

T_M	: Makas ağırlığı (kg)
TS EN-1991-1-3	: Yapılar üzerindeki etkileri-Bölüm 1-3: Genel etkiler-kar yükleri (Eurocode 1)
TS EN-1991-1-4	: Yapılar üzerindeki etkileri-Bölüm 1-3: Genel etkiler-rüzgar yükleri (Eurocode 1)
TS-498	: Yapı elemanlarının boyutlandırılmasında alınacak yüklerin hesap değeri
W	: Rüzgar yükü
YDKT	: Yük ve dayanım katsayıları ile tasarım
YSA	: Yapay sinir ağları
α	: Çatı eğimi
μ	: Çatı şekil katsayısı
σ_{em}	: Emniyetli taşıma gücü
σ_p	: Profilde meydana gelen gerilme

Not: Burada yer almayan bazı simgeler metin içinde ilgili yerlerinde açıklanmıştır.

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 1.1.	ÇYTHYE-2016 uyarınca yapı çeliklerinin mukavemet değerleri
Çizelge 3.1.	ÇYTHYE-2016'ya göre karakteristik zemin kar yükü (Sk) değerleri
Çizelge 3.2.	Parametrelere ait bilgiler
Çizelge 3.3.	Tip tablosu
Çizelge 3.4.	A tipi hesap modellerine ait bilgiler
Çizelge 5.1.	A tipi modeller için ağırlık değerleri
Çizelge 5.2.	B tipi modeller için ağırlık değerleri
Çizelge 5.3.	C tipi modeller için ağırlık değerleri
Çizelge 5.4.	D tipi modeller için ağırlık değerleri
Çizelge 5.5.	E tipi modeller için ağırlık değerleri
Çizelge 5.6.	F tipi modeller için ağırlık değerleri
Çizelge 5.7.	G tipi modeller için ağırlık değerleri
Çizelge 5.8.	H tipi modeller için ağırlık değerleri
Çizelge 5.9.	I tipi modeller için ağırlık değerleri
Çizelge 5.10.	J tipi modeller için ağırlık değerleri
Çizelge 5.11.	K tipi modeller için ağırlık değerleri
Çizelge 5.12.	L tipi modeller için ağırlık değerleri
Çizelge 5.13.	Kar yükü bölgesi ve çatı tipine göre çatı ağırlıkları
Çizelge 5.14.	Aşık açıklığı ve çatı tipine göre çatı ağırlıkları
Çizelge 5.15.	Makas açıklığı ve çatı tipine göre çatı ağırlıkları
Çizelge 5.16.	Çatı eğimi ve çatı tipine göre çatı ağırlıkları
Çizelge 5.17.	Çelik dayanımı ve çatı tipine göre çatı ağırlıkları
Çizelge 5.18.	Çatı tiplerine göre çatı ağırlıkları
Çizelge 6.1.	Akıllı sistemlerin hata oranları ve determinasyon katsayısı
Çizelge 6.2.	Parametrelere ait adım sayıları ve etki oranları

ŞEKİLLER LİSTESİ

- Şekil 1.1. Çeliğin gerilme şekil değiştirme grafiği
- Şekil 1.2. Çeşitli hadde ürünlerine ait görseller
- Şekil 3.1. Parametre bilgileri şematik gösterimi
- Şekil 3.2. Çatı tiplerine ait görseller
- Şekil 3.3. SAP2000 Hesap Modelleri
- Şekil 3.4. Şematik tip tablosu
- Şekil 3.5. İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağı örneği
- Şekil 3.6. Geri Beslemeli Yapay Sinir Ağı örneği
- Şekil 3.7. Örnek Bir Karar Ağacı Yapısı
- Şekil 4.1. A-1 tipi çerçeve geometrisi
- Şekil 4.2. G, sabit yük
- Şekil 4.3. S, kar yükü
- Şekil 4.4. W, rüzgar yükü
- Şekil 4.5. G+S yük birleşimi için moment diyagramı
- Şekil 4.6. G+S yük birleşimi için kesme kuvveti diyagramı
- Şekil 4.7. AISC-ASD 360-10'a göre çerçeve tasarımı ve kesit zorlanma oranları
- Şekil 4.8. Ç₃ tipi çatılarda kullanılan örnek bir plaka modeli
- Şekil 5.1. Farklı Çatı Tiplerinde Kar Yükünün Etkisi
- Şekil 5.2. Kar Yükünün Genel Metraja Etkisi
- Şekil 5.3. Farklı Çatı Tiplerinde Aşık Açıklığının Etkisi
- Şekil 5.4. Aşık Açıklığının Genel Metraja Etkisi
- Şekil 5.5. Farklı Çatı Tiplerinde Makas Açıklığının Etkisi
- Şekil 5.6. Makas Açıklığının Genel Metraja Etkisi
- Şekil 5.7. Farklı Çatı Tiplerinde Çatı Eğiminin Etkisi
- Şekil 5.8. Çatı Eğiminin Genel Metraja Etkisi
- Şekil 5.9. Farklı Çatı Tiplerinde Çelik Dayanımının Etkisi
- Şekil 5.10. Çelik Dayanımının Genel Metraja Etkisi
- Şekil 5.11. Çatı Tipinin Genel Metraja Etkisi
- Şekil 5.12. Parametrelerin Çatı Ağırlığına Etki Oranları
- Şekil 6.1. Akıllı sistem modellemelerine ait sistem şeması
- Şekil 6.2. Verilerin değerlendirilmesiyle alakalı yapılan tercihler
- Şekil 6.3. Çatı tiplerine ait lineer regresyon analizleri

1. GİRİŞ

İnsanlığın en temel ihtiyaçlarından olan barınma ihtiyacı ilk yıllardan itibaren imkanlar ölçüsünde farklı şekillerde karşılanmıştır. Bu ihtiyaçlar ahşap, kerpiç gibi malzemelerle karşılanırken artık günümüzde betonarme ve çelik gibi yüksek dayanımlı yapı malzemeleri kullanılabilirlerdir.

Giderek artan dünya nüfusu ve gelişen teknoloji ihtiyaçları da beraberinde getirmiştir. Bu ihtiyaçlara cevap verebilmek ise mühendisliğin temel hedeflerinden bir tanesidir. Bu doğrultuda ihtiyaçlara cevap verebilecek bir yapı, aynı zamanda kendisine etkiyecek çeşitli yüklere karşı da güvenilir olmalıdır.

Ülkemiz coğrafya olarak özellikle kar, rüzgar ve deprem gibi doğa olayları başta olmak üzere sel, heyelan gibi olaylarında sıklıkla yaşandığı bir bölgedir. Ülkemizde ve dünyada her yıl yüzlerce yapı bu tarz yükler altında hasar görmektedir ve bu hasarların önemli bir kısmı da can kaybına yol açmaktadır.

Tasarlanacak bir yapı, doğa olaylarının meydana getirdiği yükler dışında toplantı salonu, sinema salonu, pazar yeri, sanayi yapısı, gökdelen gibi çok çeşitli yapı türlerinde ihtiyaç duyulan geniş açıklıklara ve aşırı yüksekliklere de cevap verebilmelidir. Bu bağlamda teknolojik imkanlar, mühendislik bilgisi ve tecrübesi büyük önem arz etmektedir.

Bu çalışmada günümüz yapı malzemelerinden çelik kullanılarak yapılan sanayi tipi düzlem çelik çatıların ağırlık hesabına etki eden parametreler üzerine bir rehber oluşturabilecek hesaplamalar yapılmıştır. Yapılan hesaplamalar, akıllı bir sistem yardımı ile değerlendirilip çatı ağırlığının daha hızlı bir şekilde tahmin edilmesine yardımcı olacak şekilde düzenlenmiştir.

1.1. Çelik Yapıların Tarihçesi

Demir ve çelik insanlık tarihinde çok eski devirlerden beri bilinmekle beraber, geniş ölçüde üretilmediğinden, iki yüzyıl öncesine kadar sadece silah ve eşya yapımında kullanılabilmiştir. 18. Yüzyılda İngiltere’de, yüksek fırın yöntemiyle geniş ölçüde ham demir ve font (pik) üretiminin başlamasından sonra, demirin yapı malzemesi olarak kullanılabilmesi olanağı ortaya çıkmıştır. Demir malzeme kullanılarak inşa edilen ilk mühendislik yapıları köprülerdir. (Deren ve diğ., 2012)

Font kullanılarak inşa edilen ilk köprü 1778'de İngiltere'de Coalbrookdale Kasabası civarında, Severn nehri üzerindeki yol köprüsüdür. 31 m açıklığında olan bu köprü bugün hala kullanılmaktadır. Font'un basınç mukavemetinin yüksek olmasına karşın çekme mukavemeti az olduğundan, font kullanılarak inşa edilen köprüler, kemer tarzında yapılmıştır. Font kemer köprülerin dönemi yaklaşık olarak 1875 yılında kapanmıştır. Bunun da sebebi, çekme mukavemeti büyük olan ve mühendislere yeni olanaklar sağlayan dövme çeliğin, daha sonra da dökme çeliğin yapı malzemesi piyasasına çıkmış olmasıdır. (Deren ve diğ., 2012)

Ülkemizde çelik yapının kullanımı ise yakın zamanda başlamıştır. Nitelikli ilk çelik yapı 1974 yılında İstanbul Boğazı'nda karayolu geçişini sağlamak amacıyla inşa edilen 1. Boğaziçi köprüsüdür. 1. Boğaziçi köprüsü 1074 m açıklığa sahiptir. (Deren ve diğ., 2012)

Kullanımı her geçen gün artmakta olan çelik yapılar ile alakalı, ülkemizde güncel bilgi ve teknolojik verilere göre düzenlenen "Çelik Yapıların Tasarım Hesap ve Yapım Esasları" (ÇYTHYE-2016) 01.09.2016 tarihinde yürürlüğe girmiştir.

1.2. Yapı Malzemesi Olarak Çelik

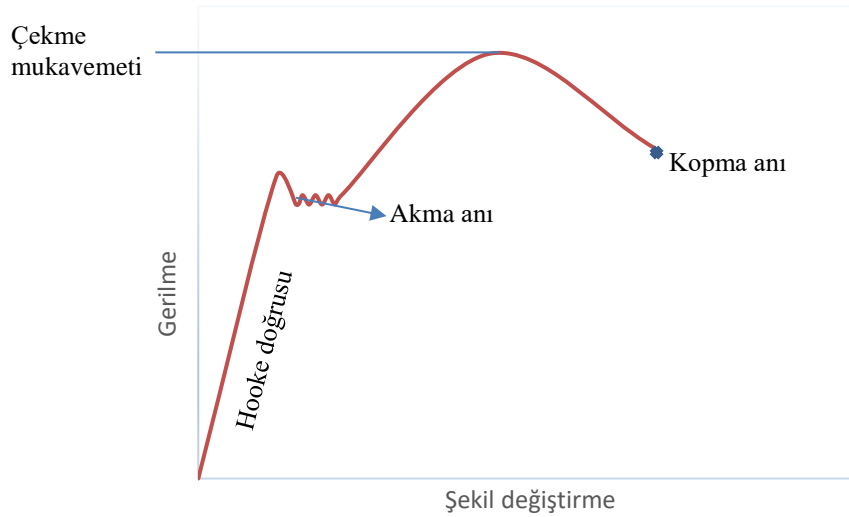
Çelik, dövülerek, preslenerek, haddeden geçirilerek mekanik olarak işlenebilen demir alaşımıdır. Başka bir deyişle, az miktarda karbonla birleşmiş demirdir. Çelik, demirden çok daha sert ve daha hafif olup işlenebilir. (Odabaşı, 2000)

Çelik yapılarda kullanılan yapısal çeliklerin statik yükler ve çekme kuvvetleri altındaki dayanımını tanımlamak için malzemenin akma sınırı, çekme mukavemeti ve sertlik özelliklerinden yararlanır. Akma sınırı ve çekme mukavemetine karşı gelen karakteristik değerler çekme deneyi ile saptanır.

Çekme deneyinde çubuk şeklindeki numune yavaş yavaş ve giderek artan çekme kuvvetine (F) maruz bırakılır ve bu sırada oluşan ΔL boy değişimi (ΔL) ölçülür. Toplam boy değişiminin kuvvetle olan ilişkisi bir diyagram olarak verildiğinde, kuvvet – uzama diyagramı elde edilir ki, bundan da gerilme – genleşme diyagramına geçilebilir. (Deren ve diğ., 2012)

Çekme deneyinde genellikle akma sınırı ve çekme mukavemeti karakteristik mukavemet özellikleri olarak saptanmaktadır. İlave olarak çekme deneyi ile kopma uzaması, kopma aşamasında enkesitte meydana gelen büzülme ve kopmada meydana gelen büzülme ve kopmada oluşan kalıcı birim uzama gibi üç önemli şekil değiştirme

özellikleri de belirlenmektedir. Hooke cismine ait (doğrusal bölgedeki) gerilme – şekil değiştirme ilişkisini veren doğrunun eğimi ise elastisite modülüne (E) karşı gelmektedir. Çeliğin gerilme şekil değiştirme grafiği Şekil 1.1’de verilmiştir.



Şekil 1.1: Çeliğin gerilme şekil değiştirme grafiği

1.2.1. Yapısal Çelik Cinsleri

Yapılarda kullanılacak çelikler ve mukavemet değerleri ÇYTHYE-2016 Bölüm 2’de farklı standartlara göre detaylı olarak belirtilmiştir. ÇYTHYE-2016 uyarınca çeliklerin Karakteristik akma gerilmesi, F_y ve Çekme dayanımı, F_u değerleri Çizelge 1.1’de verilmiştir.

Çizelge 1.1: ÇYTHYE-2016 uyarınca yapı çeliklerinin mukavemet değerleri

Çelik Cinsi	Karakteristik kalınlık, t(mm)			
	$t \leq 40\text{mm}$		$40\text{mm} < t \leq 80\text{mm}$	
	F_y (N/mm ²)	F_u (N/mm ²)	F_y (N/mm ²)	F_u (N/mm ²)
S235	235	360	215	360
S275	275	430	255	410
S355	355	510	335	470

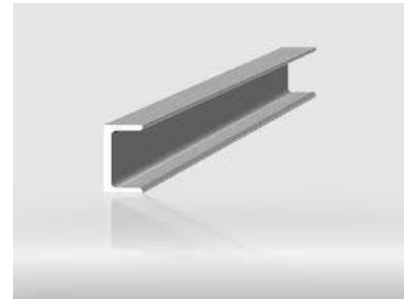
Bu çalışmada mukavemet değerleri arasındaki farkın büyük olması ve kullanım sıklığı göz önüne alınarak S275 ve S355 sınıfı çelikler kullanılmıştır.

1.3. Hadde Ürünleri

Yapılarda kullanılan çelikler kullanım amacına göre çok farklı şekillerde üretilmektedir. Bunlar kısaca I, U, T, L, boru ve kutu profiller, ray profilleri ve lamalar olarak sınıflandırılabilir. Bunların haricinde özel amaca hizmet edecek şekilde farklı profiller de fabrikalarda üretilmektedir. Çeşitli hadde ürünlerine ait görseller Şekil 1.2'de verilmiştir.



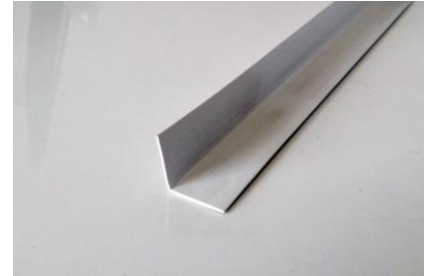
Şekil 1.2 a : I profil



Şekil 1.2 b : U profil



Şekil 1.2 c : T profil



Şekil 1.2 d : L profil



Şekil 1.2 e : Kutu profil



Şekil 1.2 f : Boru profil

Bu çalışmada, I profil sınıfına giren IPE profiller ve L profiller kullanılmıştır.

1.4. Çelik Yapıların Avantajları ve Dezavantajları

Kullanılan bütün yapı malzemelerinin birbirinden farklı teknik özellikleri mevcuttur. Bu nedenle kullanacağımız malzemenin bütün özelliklerini bilerek, amaca hizmet edecek en uygun yapı malzemesini seçmek büyük önem arz etmektedir. Her yapı malzemesinin olduğu gibi çelik yapı malzemesinin de avantajlı ve dezavantajlı yönleri mevcuttur. Bunlar aşağıdaki gibi sıralanabilir,

1.4.1 Çelik Yapıların Avantajları

- Hafif olması nedeniyle daha az deprem yüküne maruz kalır. Ülkemizin büyük kısmının deprem kuşağında olduğu göz önüne alındığında binalara etki eden deprem kuvveti tasarıma önemli ölçüde etki etmektedir.
- Homojen ve izotrop bir malzemedir. Dayanımı basınç ve çekme durumlarında farklılık göstermez.
- Çeliğin elastisite modülü (E) ahşaptan ortalama 20, betondan ortalama 10 kat daha büyüktür.
- Çelik yapılar diğer sistemlere göre daha sünektir.
- İmalatı tamamlanan malzemelerin şantiyede montajı hızlı bir şekilde gerçekleştirilebilir. Hava şartlarından minimum derecede etkilenir.
- Güçlendirme ve tadilat işlemleri kolaylıkla yapılabilir.
- Kullanım ömrü dolan malzemelerin geri dönüşümü yüksektir.
- Eğrisel formlarda şekil verilebildiği için estetikdir.

1.4.2 Çelik Yapıların Dezavantajları

- Çeliğin en büyük dezavantajı yüksek ısıda dayanımının düşmesidir. Yanıcı özelliği yoktur fakat iyi bir ısı iletkenidir. Bu nedenle ısı nedeniyle dayanımı düşen bölgeler hızla ilerleyebilir.
- Ses ve ısı açısından iyi bir iletkenidir. Bu nedenle yapıya harici yalıtım uygulanması gerekir, bu da maliyeti yükseltecektir.

- Su veya kimyasal madde ile teması durumunda korozyona uğrar. Bu nedenle malzemelerin yüzeyi kaplanmalıdır.

1.5. Tasarım Esasları

Türkiye ve dünyada taşıyıcı sistem hesaplarına ilişkin kurallar ve yönetmelikler belirli sıklıklarda değişmektedir. 2016 yılına kadar kullanılan TS648 (Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları - 1980) 2016 yılında yürürlüğe giren ve AISC360-10 (Specification for Structural Steel Buildings-2010) yönetmeliğine oldukça benzeyen ÇYTHYE-2016 ile beraber iptal olmuştur. Benzer durum rüzgar ve kar hesaplarının kullanıldığı yük yönetmelikleri içinde geçerlidir. 2019 yılında yürürlüğe giren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde (TBDY-2019) ise çelik yapılar dahil tüm yapı türleri için depreme dayanıklı yapı kuralları yer almaktadır. Bu deprem yönetmeliği ile beraber 2007 yılından beri kullanılan deprem yönetmeliği yürürlükten kalkmıştır. Bu çalışmada sadece düzlem makasların düşey yükler etkisi altında analizleri yapılacağı için ÇYTHYE-2016 esas alınmıştır.

ÇYTHYE-2016'ya göre çelik yapıların tasarımında kullanılacak 2 farklı yöntem vardır. Bunlardan birincisi “Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım” (YDKT) dır. Bu yöntem tüm yapısal elemanlar için hesaplanan tasarım dayanımının, bu tasarım yöntemi için öngörülen yük birleşimleri altında hesaplanan gerekli dayanıma eşit veya daha büyük olması esasına dayanan bir yöntemdir.

Bu yöntem ülkemizde ve dünyada kullanımı düşük olan fakat son yıllarda yaşanan teknolojik ilerleme ve bilgisayar programlarının gelişmesi ile birlikte yaygınlaşan bir yöntemdir.

Diğer yöntem ise. “Güvenlik Katsayıları ile Tasarım” (GKT) dır. Bu yöntem tüm yapısal elemanlar için güvenli dayanım değerinin, bu tasarım yöntemi için öngörülen yük birleşimleri altında hesaplanan gerekli dayanım değerine eşit veya daha büyük olması esasına dayanmaktadır.

Bu çalışmada boyutlandırma yapılırken GKT yöntemi esas alınmıştır. GKT yönteminin işlem adımları Bölüm 4'de detaylı olarak verilmiştir.

1.6. Amaç ve Kapsam

Dünyada her yıl binlerce yapı inşa edilmektedir. Bu binaların etkin bir mühendislik hizmeti olarak, doğru bilgi ve yöntemlerle inşa edilmesi o yapının uzun yıllar boyunca güvenli bir şekilde amacına hizmet etmesini sağlayacaktır.

Ülkemiz coğrafya olarak çok farklı özelliklere sahip bir ülkedir. Örneğin sahil kesimlerinde yıl boyunca hiç kar yağışı olmazken, doğu kesimlerinde yılın büyük kısmı kar yağışlı geçmektedir. Kar ve rüzgar gibi doğal etkenlerde görülebilecek farklılıklarla beraber, yapının mimari özellikleri gereği yapıdan yapıya değişkenlik gösteren bir çok özellik mevcuttur. Bu durum da maliyet analizinde zorluklar çıkarmaktadır.

Bu çalışmada sanayi tipi düzlem çelik çatıların ağırlık hesabına etki eden parametreler üzerine hesaplamalar yapılmıştır. Farklı yük ve geometri özelliklerine sahip çatıların ayrı ayrı analizleri yapılarak değişkenlik gösteren parametrelerin çatı ağırlığına ne ölçüde etki ettiği belirlenmeye çalışılmıştır.

Bu çalışmada 3 farklı çatı tipine ait 192 adet farklı model esas alınmıştır. Bu çatı tipleri çift eğimli çerçeve sistem (Ç₁), çift eğimli gergili sistem (Ç₂) ve çift eğimli kafes sistemdir (Ç₃).

Tüm çatıların betonarme kolonlar üzerine mesnetlendiği varsayılarak bir ucu mafsallı, bir ucu sabit mesnet olacak şekilde modelleme yapılmıştır. Ekonomik ve fiziki nedenlerden dolayı bu tip çatılara ülkemizde sıkça rastlanılmaktadır.

Henüz tasarım aşamasında olan bir yapı için çok fazla hesaplama yapmadan, akıllı bir yazılım aracılığı ile yaklaşık maliyet belirlenmesi hedeflenmektedir. Yapıya ait parametreleri seçerek ağırlık elde edilebilmesi, tasarımcı mühendisin yanında, mimarlar ve yapı sahipleri için de büyük bir kolaylık sağlayacaktır.

1.7. Önem

Gelişen teknoloji ve sanayileşmenin artması, nüfusun giderek çoğalması ihtiyaçları da beraberinde getirmektedir. Doğru bilgi ve yöntemlerle inşa edilmeyen yapılar ise can ve mal kaybına neden olabilecek önemli bir tehlikedir.

Çelik yapılar kaynaklanabilme özelliği ve üretim aşamasında sağlanan gelişmelerle birlikte çok farklı formlarda inşa edilebilmektedir. Yapı statik bilgileri ışığında farklı şartlar için farklı hesap yöntemleri ve sistemler seçilebilir.

Yapı sisteminin seçiminde bazen mimari özellikler, bazen bölgede bulunan malzeme çeşitliliği etkili olabilmektedir. Herhangi bir malzemenin tedarik edilememesi durumunda alternatif sistemler tercih edilebilmelidir. Bu durum yapılarda oluşacak farklılıklara bir sebeptir. Bu farklılıkların yapıya neler kazandırdığı ve neler kaybettiği analiz edilmelidir. Bu analizin en önemli unsurlarından bir tanesi ise hiç şüphesiz yapının ağırlığı ve dolayısıyla maliyetidir.

Maliyeti belirlerken statik hesaplamaların tamamını yapmak çoğu zaman mümkün olmayabilir. Birçok çalışmacı hızlı ve güvenilir bir şekilde çelik yapı maliyetini belirlemek için çalışmalar yapmıştır. Bu çalışmaların temel hedefi ise basit verileri kullanarak bilgisayar yazılımları aracılığı ile doğru sonuca hızlı bir şekilde ulaşmaktır. Bu bağlamda, makinelerin eğitilmesi ve problemlerin çözümünde kullanılmasını hedefleyen akıllı sistemlerin kullanımını her geçen gün artmaktadır.

Akıllı sistemler, günümüzde hemen hemen bütün bilim dallarında sıklıkla kullanılmaktadır. Problemlerin her geçen gün farklılık göstermesi, klasik mantığa uyarlanmış matematiksel modellemelerin bazı durumlarda yetersiz kalması insanları akıllı sistemlere yönlendirmiştir.

Son yıllarda akıllı sistemlerde meydana gelen değişimlerle beraber hayatımızda büyük kolaylıklar sağlanmıştır. Bu gelişmelere paralel olarak İnşaat Mühendisliği'nde de problemlere akıllı sistemler sayesinde çözümler aranmaktadır.

Yapıya ait temel bilgiler doğrultusunda akıllı bir yazılım ile yaklaşık maliyet elde edilecek olması tasarımcıya büyük bir kolaylık sağlayacaktır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bu bölümde daha önce yapılmış çalışmalar iki ana başlık altında incelenmiştir. Çelik yapıların tasarımı, maliyet analizi, taşıyıcı sistem çeşitliliği gibi konularla alakalı yapılan çalışmalar birinci kısımda, mühendislikte akıllı sistemlerin kullanımı ile ilgili çalışmalar ikinci kısımda özetlenmiştir.

2.1. Çelik Yapılar ile İlgili Yapılmış Çalışmalar

Çelik yapıların ülkemizde ve dünyada yeterince kullanılmamasının en büyük nedenlerinden bir tanesi çelik yapı sistemlerinin diğer sistemlere oranla maliyetinin yüksek olmasıdır. Çelik yapılarda ise ağırlık hesabı maliyete doğrudan etki eden bir faktördür. Bu nedenle araştırmacılar bu konuya büyük önem göstermiş ve detaylı araştırmalar yapmışlardır. Bu araştırmalardan bir kısmı aşağıda özetlenmiştir.

Aydın ve Işık (2013), yazmış oldukları “Kar Yüğü Etkin Bölgelerde Çelik Kafes Sistem Güçlendirilmesi” adlı makalede, çeşitli sebeplerle güçlendirme ihtiyacı doğan çelik kafes sistemler için güçlendirme önerileri sunmuştur. Proje ve yerinde yapılan ölçümler neticesinde yapıdaki eksikleri tespit ederek uygun güçlendirme yöntemleri önermişlerdir.

Bozkurt (2009), yazmış olduğu “Büyük Açıklığa Sahip Bir Uçak Hangarının Tasarımı” adlı yüksek lisans tezinde, yapı sisteminin ekonomikliğini proje tasarımı yapan mühendis tarafından doğru bir şekilde yapılması gerektiği görüşünden yola çıkarak doğru taşıyıcı sistem ve doğru kesitlerin seçilmesi ile alakalı bilgiler vermiştir. Dış ölçüleri ve fonksiyonu belli olan bir uçak hangarının taşıyıcı sisteminin tasarımı ekonomik ve emniyetli şekilde DBYBHY 2007’ye bağlı kalarak yapmıştır.

Haberdar (2015), “Şed Tipi Çelik Çatıların Kar Yüğü Değerlerinin TS498, EUROCODE 1-3, ASCE 07-10 Kapsamında Analizi, Karşılaştırılması ve Değerlendirilmesi” adlı yüksek lisans tezinde kar yükünün farklı yönetmeliklerde nasıl belirlendiği ile alakalı bilgiler vermiş, örnek bir yapının 3 farklı yönetmeliğe göre analizini yaparak yönetmeliklerin eksik yönleri, yeterli yönleri ve ekonomiklikleri ile ilgili bilgiler vermiştir.

Kocabaş (2005), yazmış olduğu “Çelik Yapıların SAP2000 Programı Aracılığı ile Analiz ve Tasarımı” adlı yüksek lisans tezinde, ülkemizde kullanımı yaygınlaşan gerek hal gerekse karkas yapılara örnek üç farklı projenin SAP2000 programı aracılığı ile

çözümünü yapmıştır. İrdemeler sonucunda analiz ve tasarıma ait tespitlerde bulunmuştur.

Koç (1998), yazmış olduğu “Yapılarda Kar Yükünün Belirlenmesi” adlı yüksek lisans tezinde kar ile ilgili teknik bilgiler vermiş, kar yükünün belirlenmesinde kullanılan yöntemleri açıklayarak özellikle çatı tipinin kar yüküne etkisini detaylı olarak açıklamıştır.

Terzi (2011), yazmış olduğu “Doğu Anadolu Bölgesinin Zemin Kar Yükü Haritasının Oluşturulması ve Çatı Kar Yüklerinin Belirlenmesi” adlı yüksek lisans tezinde kar yükünün belirlenmesinde kullanılan yöntemler ve olasılık teorileriyle alakalı bilgiler vermiş yönetmelikteki değerlerin doğruluğunu irdemiştir. TS498 standardının yetersiz olduğunu ve yenilenmesi gerektiğini belirtmiştir.

Terzi ve ark. (2015), yapmış oldukları “Kar Yükünün Tetikleme Sonucu Çöken Örnek Bir Çelik Çatının İncelenmesi” adlı çalışmada, Rize’de 2015 yılında yağan kardan sonra çatısı çöken yapılardan biri olan kapalı spor salonu çelik çatısını incelemişlerdir. Yağan karın, yönetmeliğe göre alınacak hesap değeri ile kıyaslamasını ve yapıya ait proje, imalat uygunluğu gibi durumları inceleyerek çatının çökme sebebini araştırmıştır.

Toğan ve ark. (2014), yazmış oldukları “Çatı Makaslarının Türk Standardı ve GIS-tabanlı Kar Yükü Haritasında Verilen Kar Yükleri Altında Optimizasyonu” adlı makalede, 2 ve 3 boyutlu çatı makaslarının, TS498’ de ve zemin kar yüklerini Doğu Karadeniz Bölgesi için daha gerçekçi veren GIS-tabanlı Kar Yükü Haritasında belirtilen kar yükleri altında optimize ederek, optimum tasarımlar arasındaki farklılıkları göstermişlerdir.

Topçu (2012), yazmış olduğu “Kar Yükü ve Çöken Çatılar” adlı makalesinde ülkemizde ve dünyada kar yükü değerlerinin nasıl elde edildiği ile alakalı bilgiler vermiş. TS498’de verilen rakamların meteorolojik verilerle kıyasını yaparak doğruluğunu irdemiştir ve çöken çatıların hasar sebeplerini açıklayarak bu tür olayların tekrar yaşanmaması için öneriler sunmuştur.

Tunaboyu (2007), yazmış olduğu “Bilgisayar Destekli Çelik Yapı Tasarımı” adlı yüksek lisans tezinde, çelik yapı tasarımının zor ve uzun yöntem olması görüşünden yola çıkarak farklı bilgisayar programlarından faydalanarak tasarımı gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada hesap programı olarak Microsoft Excell, Microsoft Visual Basic ve SAP2000 programları kullanılmıştır. Sonuç olarak bilgisayar programlarının çelik yapıların tasarımına ne gibi kolaylıklar getirdiğini açıklamış ve nasıl kullanılması gerektiği ile alakalı bilgiler vermiştir.

Ülker (2014), yazmış olduğu “AISC 360-10 ve Türk Deprem Yönetmeliğine Göre Çelik yapıların Tasarımı” adlı yüksek lisans tezinde, Amerikan AISC (American Institute of Steel Construction) 360-10 ve DBYBHY-2007’ye göre çelik yapıların tasarım kurallarını araştırmıştır. Bu çalışmada, altı katlı çelik bir yapının tasarımını “bir doğrultuda süneklik düzeyi yüksek çerçevesi, diğer doğrultuda süneklik düzeyi yüksek dışmerkez çapraz perdeli” olarak yapmıştır. Analizleri SAP2000 programı ile gerçekleştirmiştir. Sonuç olarak AISC 360-10 ve DBYBHY-2007 yönetmeliklerinin özelliklerini irdelemiş, değerlendirmiş ve çözülen çelik yapının sonuçlarını karşılaştırmıştır.

Vural (2012), yapmış olduğu “Uzay Kafes Sistemlerinin Kar Yükleri Yönünden İncelenmesi: Stadyum Çatısı Örneği” adlı yüksek lisans tezinde Doğu Karadeniz Bölgesinde uygulaması yapılan bir uzay kafes sistem çelik çatının mevcut projesine göre statik analizlerini yapmış ve kesit yeterliliklerini araştırmıştır. TS498’e göre hesaplanan kar yükü değerleri için bazı elemanlarda gerilmelerin yüksek olduğu, kesitlerin yetersiz kaldığını tespit etmiş ve sisteme yapılan güçlendirmenin amaca hizmet etmediğini belirtmiştir.

2.2. Mühendislikte Akıllı Sistemlerin Kullanımı ile İlgili Yapılmış Çalışmalar

Akıllı sistemler birçok mühendislik dalında olduğu gibi İnşaat Mühendisliği alanında da başarı ile kullanılmaktadır. Gerek tasarım aşamasında bazı sonuçların tahmini üzerine gerekse mevcut binalarla alakalı hasar tespiti, maliyet analizi, veri tahmini gibi alanlarda bir çok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalardan bir kısmı aşağıda özetlenmiştir.

Ayyıldız (2018), yapmış olduğu “Çelik Lifli Betonların Malzeme Karışım Oranlarını Ve Beton Basınç Dayanımlarını Bulanık Mantık Kullanarak Modelleme” adlı yüksek lisans tezinde betonun kıvamı, betonun basınç dayanımı, maksimum agrega ve minimum agrega boyutu, çelik lif hacim kesri, çelik lif uzunluğu ve çelik lif çapı değerlerini deney kümesinin giriş verileri olarak kullanarak betonun basınç dayanımını tahmin etmiştir. Belirtilen girdilerin her bir çıktı üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Sonuç olarak bulanık mantığın tahmin ettiği sonuçların gerçek sonuçlara yakın değerler olduğunu gözlemlemiştir.

Çevik (2006), yapmış olduğu “Yapıların Elastoplastik Analizi İçin Yeni Bir Yaklaşım: Yapay Sinir Ağları” adlı doktora tezinde YSA’nın geniş aralıklı örnekler

kullanılarak yapıların elastoplastik analizi için kullanılabilirliğini incelemiştir. YSA için kullanacağı eğitim setlerini ANSYS kullanarak ve kapsamlı bir literatür taraması yaparak elde etmiştir. YSA sonuçlarını Sonlu Elemanlar ve deneysel sonuçlarla karşılaştırmış ve doğruluk oranını çok yüksek bulmuştur. Sonuç olarak YSA'ların yapıların elastoplastik analizinde etkili bir şekilde kullanılabileceğini belirtmiştir.

Doğan (2018), yapmış olduğu “Betonarme Kolonların Deprem Sonrası Hasar Seviyelerinin Akıllı Sistem Tabanlı Bir Yöntemle Belirlenmesi” adlı doktora tezinde depremlerden sonra betonarme binalarda oluşacak hasarın belirli bir doğrulukta ve hızlı olarak belirlenebilmesinin önemine dikkat çekmiş ve betonarme kolonların hasar seviyesini, kolon yüzeyinde meydana gelen hasarın görüntüsüne bağlı olarak belirlemek amacıyla hızlı, ekonomik ve doğruluk oranı tatmin edici bir yöntem geliştirmeyi hedeflemiştir. Bu doğrultuda özellikle 2000 yılı öncesi yapı stoğunu temsil etmesi amacıyla çeşitli parametreler açısından uygun olmayan 1/1 ölçekli 12 adet kolon üretmiştir. Bu kolonları laboratuvarında tersinir tekrarlı yük ve sabit eksenel yük altında test etmiştir. Sonuç olarak elde ettiği sonuçların, gelişime açık olmakla birlikte kolon hasarı konusunda doğru bilgi verebileceğini gözlemlemiştir.

Koçer (2016), yapmış olduğu “Fretli Kolonların Kesme, Eğilme ve Süneklik Kapasitelerinin Yapay Sinir Ağları ile Belirlenmesi” adlı yüksek lisans tez çalışmasında, testleri gerçekleştirilmiş olan 79 adet fretli kolon deneyinden elde edilen moment, kesme kuvveti ve taşıma kapasitesi değerlerini belirli bir düzende hazırlamış ve elde ettiği bu verileri Yapay Sinir Ağları (YSA) aracılığı ile yüksek başarı oranında tahmin etmiştir. YSA'dan elde ettiği bu verileri 7 adet farklı mekanik özelliklere sahip fretli kolon deney eleman verisinden oluşan bir doğrulama seti ile sınamıştır.

Koyuncu (2009), yapmış olduğu “Betonarme Binaların Deprem Yükleri Altında Performanslarının Hızlı Olarak Belirlenebilmesi İçin Yeni Bir Değerlendirme Yöntemi” adlı yüksek lisans tezinde betonarme binaların bilgisayar ortamında analiz edilmiş projeleri üzerinden alınacak parametreler yardımı ile binaların deprem yükleri altında gösterecekleri davranış ve performansların değerlendirilmesi için Yapay Sinir Ağı tabanlı bir algoritma geliştirmiştir. Bu sayede binaların performanslarını çok kısa süre içerisinde %80'e varan doğruluk oranı ile tahmin etmiştir.

Sertkaya (2017), yapmış olduğu “Betonarme Ve Öngerilmeli Beton Kirişlerin Kesme Kapasitelerinin Tahminine Yönelik Bir Araştırma” adlı yüksek lisans tezinde, öncelikle kirişlerin kesme kapasitelerinin teorik hesaplarından bahsetmiş sonrasında ise mevcut deneysel verilerden yararlanarak, MATLAB paket programında YSA

modellemeleri yapmıştır. YSA modelleri ile mevcut yönetmeliklerin kırıç kesme kapasitesinin belirlenmesindeki performanslarını karşılaştırmalı olarak değerlendirmiştir. Sonuç olarak YSA'nın her bir durumda yönetmelik yaklaşımlarına göre oldukça yüksek bir tahmin oranına sahip olduğunu tespit etmiştir.

Taylan (2018), yapmış olduğu "Akdeniz Bölgesindeki Akımların Tahmini İçin Akıllı Sistemelerin Uygulanması" adlı doktora tezinde kıta içi kaynakların su bütçesi ve su kalitesinin belirlenmesi ve izlenmesinin önemine dikkat çekmiş ve Akdeniz Bölgesi'ndeki akım miktarlarının belirlenmesi için akıllı sistemleri kullanmıştır. Bu kapsamda akım miktarlarının belirlenmesinde aktif olarak kullanılan mevcut metotlardan zaman serileri modellerine alternatif olarak akım tahmin modellerinin geliştirilmesinin soruna çözüm getireceğini düşünmüştür. Sonuç olarak elde ettiği sonuçları, tarihi akım verileri ile karşılaştırmış ve uyum içinde olduklarını gözlemlemiştir.

Yıldırım (2018), yapmış olduğu "Genetik Algoritma Ve Bulanık Mantık Yaklaşımı İle İnşaat Projelerinde Süre-Maliyet Optimizasyon Modeli" adlı yüksek lisans tezinde, inşaat projeleri için belirsizlik koşulları altında Genetik Algoritma ve Bulanık Mantık Küme Teorisi'nin birlikte çalıştığı bir süre maliyet dengesi önermiştir. Bu bağlamda, bir bina inşaat projesinde faaliyetlerin günlük çıktılarını bulanıklaştırıp Genetik Algoritma metodunda değerlendirerek süre ve maliyet üzerinde en uygun çözümün bulunmasını amaçlamıştır. Büyük projelerin planlanmasında ve programlanmasında projenin tamamlanması için uygun süreyi belirlemek üzere geliştirilen CPM (Critical Path Method- Kritik Yol Metodu)'e göre proje süresi ve proje maliyeti arasındaki denge çok önemlidir. Bu çalışmada ise süre-maliyet denge optimizasyon modeli kurularak proje programlama sorunlarına bir çözüm önerisi aranmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde seçilen parametreler, analiz yapılan bilgisayar programı, analiz yapılan çatı türleri, analiz yöntemi ve kullanılan yönetmelikler hakkında bilgi verilmiştir.

3.1. Seçilen Parametreler

Çelik çatılarda ağırlık hesabına etki eden birçok parametre olmakla birlikte, literatürde konu ile ilgili yapılan çalışmalar ve mevcut mühendislik bilgileri doğrultusunda, ağırlık hesabına en çok etki eden 6 adet parametre belirlenmiştir. Bu parametreler aşağıda belirtilmiştir.

- Kar yükü (S_1, S_2, S_3, S_4)
- Aşık açıklığı (A_1, A_2)
- Makas açıklığı (L_1, L_2)
- Çelik kalitesi ($S275, S355$)
- Çatı eğimi (α_1, α_2)
- Çatı tipi ($\Ç_1, \Ç_2, \Ç_3$)

Parametrelerin seçiminde genel olarak tasarımcının inisiyatifinde ve sonuca tesir edici nitelikte olması durumları dikkate alınmıştır. Bu bağlamda rüzgar yükü değerinin yapılan hesaplamalar neticesinde çatı yönüne göre emme etkisi gösterdiği ve rüzgarsız kombinasyonların daha elverişsiz olduğu görüldüğünden, rüzgar yükü hesaplamalarda dikkate alınmış ancak parametre olarak seçilmemiştir.

3.1.1. Kar Yükü (S)

Ülkemiz, dünya genelinde yoğun kar yağışı alan bölgeler arasındadır. Çoğunlukla karasal iklimin etkisinde olan ülkemizde kışlar soğuk ve kar yağışlı geçmektedir. Ancak hemen hemen hiç kar yağışı almayan, Akdeniz ikliminin etkisinde olan bölgeler de mevcuttur. 1987 yılında yürürlüğe giren ve 1997 yılında şu anki halini alan Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri (TS498) yönetmeliğinde ülkemiz kar yükü değeri olarak 4 farklı bölgeye ayrılmıştır. ÇYTHYE-2016 yönetmeliğinin yürürlüğe girmesi ile birlikte kar yükü hesapları Yapılar Üzerindeki

Etkiler- Genel Etkiler- Kar Yükleri (TS-EN 1991-1-3) standardına göre belirlenmektedir. TS498’de kullanılan kar yükü bölgeleri ve değerler aynı şekliyle TS-EN 1991-1-3’de yerini almıştır.

TS-EN 1991-1-3 EK-MA.1’e göre ülkemiz kar yükü olarak 4 farklı bölgeye ayrılmıştır. Bu bölgelere göre karakteristik zemin kar yükü değerleri Çizelge 3.1’de verilmiştir. Bu durumda ülkemizde yapılacak bir çatının ağırlık hesabında dikkate alınacak karakteristik zemin kar yükü (S_k) değeri en düşük 75 kg/m^2 değerini alırken, en yüksek 184 kg/m^2 değerini almaktadır. TS498’e göre karakteristik kar yükü değeri sadece bölgeye ve çatı eğimine göre belirlenirken TS-EN 1991-1-3’e göre karakteristik zemin kar yükünü etkileyen faktörler değerlendirilmektedir. Arazinin topografik yapısı, çatı şekli, çatının herhangi bir çatıya bitişik veya yakın olması karakteristik kar yükünü etkileyen faktörlerdendir. TS-EN 1991-1-3’e göre kar yükü hesap değeri (S) değeri hesabı Denklem 3.1’de verilmiştir.

$$S = \mu * C_e * C_t * S_k \quad (3.1)$$

Burada;

μ : Çatı şekil katsayısı

C_e : Maruz kalma katsayısı

C_t : Isı katsayısı

S_k : Karakteristik zemin kar yüküdür.

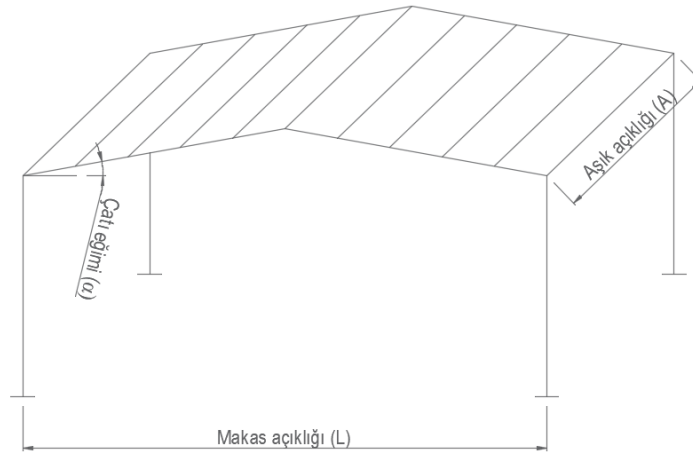
Çizelge 3.1: ÇYTHYE-2016'ya göre karakteristik zemin kar yükü (S_k) değerleri (kN/m^2)

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

3.1.2. Aşık Açıklığı (A)

Çelik yapılarda kullanılan malzemeler, üretim ve montaj kolaylığı gibi durumlar göz önüne alınarak belirli boylarda üretilmektedir. Genellikle hafif kesitler için bu uzunluk 6m olurken, ağır kesitlerde 6 m ve 12 m olanakları vardır. Ancak çelik yapı malzemelerinde kaynaklı ve bulonlu ek yapılabileceği için bu uzunluklar ihtiyaçlar doğrultusunda şekillendirilebilmektedir.

Bu çalışmada aşık açıklığı olarak, ülkemizde sıklıkla kullanılan 6 m ve 7,5 m uzunlukları kullanılmıştır. Aşık açıklığı, makas açıklığı ve çatı eğimi şematik gösterimleri Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1 : Parametre bilgileri şematik gösterimi

3.1.3. Makas Açıklığı (L)

Makas açıklığı için net kullanım ölçüleri olmamakla birlikte, ihtiyaçlar ve çelik yapının en fazla taşıma kapasitesi göz önüne alınarak belirlenmektedir. Sıklıkla kullanılan uzunluk aralığı 15 m ile 25 m arasındadır. Bu çalışmada 16 m ve 20 m olarak iki farklı makas açıklığı kullanılmıştır.

3.1.4. Çatı Eğimi (α)

Çatı eğimi; rüzgar yüküne, kar yüküne ve statik hesaplara etki edecek önemli bir faktördür. İhtiyaçlar ve mimari gerekçelerle düz (eğimsiz) çatılardan, 60 derece eğimli çatılara kadar çok farklı çatı eğimi kullanılabilir. Ancak sanayi tipi yapılarda makas açıklığı çok fazla olduğu için eğimin çok yüksek olması ergonomik olmamaktadır. 20 m makas açıklığına sahip bir çatıda %20 çatı eğimi kullanıldığında ortaya çıkan çatı yüksekliği 2 m'dir. Bu çalışmada çatı eğimi olarak %10 ve %20 eğimleri kullanılmıştır.

3.1.5. Çelik Dayanımı (S275, S355)

Ülkemizde ve dünyada yaygın olarak kullanılan yapı çelikleri ve akma üst sınırı değerleri Çizelge 1.1'de verilmiştir. Bu çalışmada S275 ve S355 olarak iki farklı çelik cinsi kullanılmıştır.

Çizelge 1.1'de görülebileceği gibi bu çalışmada kullanılan çelik cinsleri, S275 ve S355 çeliklerinin arasında akma sınırı olarak ciddi bir fark söz konusudur. S355 çeliğinin akma sınırı 355 N/mm² iken S275 çeliğinin akma sınırı 275 N/mm²'dir. Bu değerlere göre S355 çeliğinin akma sınırı S275 çeliğine nazaran yaklaşık olarak % 29 daha yüksektir.

3.1.6. Çatı Tipi (Ç₁, Ç₂, Ç₃)

Çeliğin kolay şekil verilebilme özelliği sayesinde, farklı yapısal ihtiyaçlara cevap verebilecek çeşitli formlarda çelik çatılar inşa edilebilmektedir. Bu çatılardan bazılarına ait görseller Şekil 3.2'de verilmiştir.

Bu çalışmada çatı tipi olarak çift eğimli çerçeve sistem, gergili sistem ve kafes sistem çelik çatılar kullanılmıştır. Bu çatılara ait SAP2000 hesap modelleri Şekil 3.3'de verilmiştir.



Şekil 3.2 (a): Çerçeve sistem



Şekil 3.2 (b): Değişken kesitli çerçeve sistem



Şekil 3.2 (c): Gergili sistem



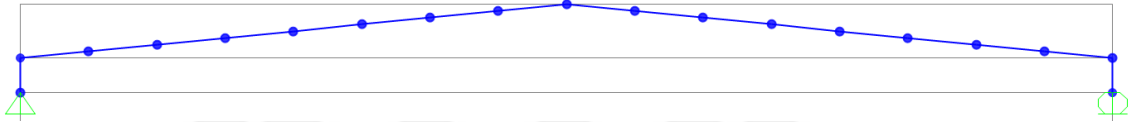
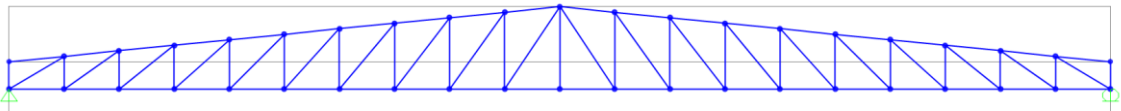
Şekil 3.2 (d): Kafes sistem



Şekil 3.2 (e): Petek kirişli çerçeve sistem



Şekil 3.2 (f): Tonoz çatı

Şekil 3.3 a: Ç₁ tipi çatı SAP2000 hesap modeliŞekil 3.3 b: Ç₂ tipi çatı SAP2000 hesap modeliŞekil 3.3 c: Ç₃ tipi çatı SAP2000 hesap modeli

3.2. Analiz Programı

Oluşturulan hesap modelleri SAP2000 v.16 bilgisayar programı ile analiz edilmiştir.

SAP2000 programı, iki boyutlu basit statik çerçevelerden 3 boyutlu doğrusal olmayan dinamik analize kadar her türlü yapı için kullanılacak, otomatik olarak rüzgar, dalga ve sismik yükler üretebilen bir yapı analiz programıdır.

3.3. Analiz Yapılan Çatı Türleri

Bu çalışmada, her bir parametrenin etkisini ayrı ayrı görebilmek adına Çizelge 3.3’de verilen adım sayıları dikkate alınarak 192 adet hesap modeli belirlenmiştir. Parametrelere ait bilgiler Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Bu modeller hesap ve kullanım olarak kolaylık sağlaması amacıyla 16’lı gruplar halinde 12 tip olarak gruplandırılmıştır. Bu tiplere ait bilgiler Çizelge 3.3’de verilmiştir.

192 adet hesap modelinin 64’ü çerçeve sistem, 64’ü gergili sistem, 64’ü kafes sistem çelik çatılardır. Çerçeve sistem çatılar Ç₁, gergili sistem çatılar Ç₂, kafes sistem çatılar Ç₃ olarak isimlendirilmiştir.

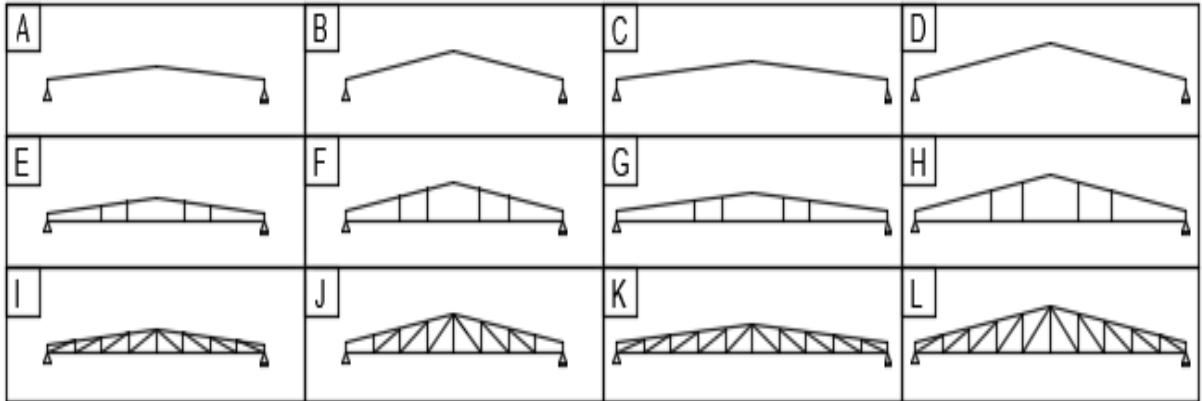
Çizelge 3.2: Parametrelere ait bilgiler

PARAMETRE ve (Simgeler)	DEĞER ARALIĞI		ADIM SAYISI
Kar yükü (kg/m ²)	75	184	4
Aşık açıklığı (m)	6	7,5	2
Makas açıklığı (m)	16	20	2
Çatı eğimi (%)	10	20	2
Çelik cinsi	S275	S355	2
Çatı tipi	Ç ₁	Ç ₃	3
TOPLAM			192 ADET

Çizelge 3.3: Tip tablosu

EĞİM	AÇIKLIK (m)	ÇATI TİPİ	TİP
%10	16	Ç ₁	A
%20	16	Ç ₁	B
%10	20	Ç ₁	C
%20	20	Ç ₁	D
%10	16	Ç ₂	E
%20	16	Ç ₂	F
%10	20	Ç ₂	G
%20	20	Ç ₂	H
%10	16	Ç ₃	I
%20	16	Ç ₃	J
%10	20	Ç ₃	K
%20	20	Ç ₃	L

Çatı tiplerine ait şematik tip tablosu Şekil 3.4’de verilmiştir.



Şekil 3.4: Şematik tip tablosu

Her bir tip kendi içinde kar yükü, çelik dayanımı ve aşık açıklığına göre 16 farklı model içermektedir. Örnek olarak A tipi hesap modellerine ait bilgiler Çizelge 3.4’de verilmiştir.

Çizelge 3.4: A tipi hesap modellerine ait bilgiler

1. HESAP MODELİ (A)			
Ç ₁ , ANA YÖN=16 m, EĞİM % 10			
MODEL NO	KAR YÜKÜ	AŞIK AÇIKLIĞI	ÇELİK CİNSİ
A-1	1	6	S275
A-2	2	6	S275
A-3	3	6	S275
A-4	4	6	S275
A-5	1	7,5	S275
A-6	2	7,5	S275
A-7	3	7,5	S275
A-8	4	7,5	S275
A-9	1	6	S355
A-10	2	6	S355
A-11	3	6	S355
A-12	4	6	S355
A-13	1	7,5	S355
A-14	2	7,5	S355
A-15	3	7,5	S355
A-16	4	7,5	S355

3.3. Mühendislikte Akıllı Sistem Kullanımı

Akıllı sistemler, kullanılmakta olan bir yöntem olmakla birlikte üzerine araştırmalar yapılmaya da devam edilmektedir. Bu noktada akıllı sistemlerin tamamen doğru sonuç vermeyebileceği ve sistemlerin problemlere bakış açılarının farklı olacağı bilinmelidir. Hızlı bir şekilde elde edilen sonuçların kesin olmadığı bilinmeli ve mantıksal bir elemenden geçirilmelidir. Bu sistemlerin yenilenmeye ve geliştirilmeye açık olduğu bilinmelidir.

Bir sistemin akıllı olabilmesi için aşağıdaki özelliklerden hepsini ya da en azından bazılarını sağlaması gerekmektedir. Bu özellikler aşağıda sıralanmıştır. (<https://anahtar.sanayi.gov.tr/tr/news/bilisim-bilim-ve-teknoloji/600>).[Erişim Tarihi:5 Nisan 2016]

- Karar verme
- Algılama
- Öğrenme
- Problem çözme
- Muhakeme
- Şekil ya da resim tanıma
- Doğal dil anlama

Akıllı sistemlerin yukarıda sayılan özelliklere sahip olmasını sağlayan araçlar ise bilgisayar yazılımlarıdır. Akıllı sistemler için kullanılan en yaygın yöntem yapay zekadır. (<https://anahtar.sanayi.gov.tr/tr/news/bilisim-bilim-ve-teknoloji/600>).[Erişim Tarihi:5 Nisan 2016]

Bütün mühendislik dallarında kesin sonuca ulaşmak bilgi, tecrübe ve uğraş gerektirmektedir. Bu yüzden mühendislik alanlarında akıllı sistemlerin kullanımını oldukça yaygındır.

Şehir içindeki bir trafiğin tahmini ve düzenlenmesi için bu yöntemlere başvurulabileceği gibi betonarme bir binada hasar tespiti yapmak için de bu yöntemlere başvurulabilir. Bilgi işlem sektöründe parmak izi ve yüz taramada, bir nehir veya derenin akımının tarihsel verilere dayanarak tahmininde, bir işletme için en doğru çözümlerin

tespitinde, askeri alanlarda silahlı veya silahsız insansız hava araçlarının kullanımında ve geliştirilmesinde, büyük ölçekli herhangi bir şebekede meydana gelen arızanın yer tespitinde, yol tahmin ve harita teknolojilerinde, sağlık sektöründe sorunların hızlı teşhisinde ve bunlara benzer birçok problem için bu yöntemlerden faydalanılabilir.

İnşaat mühendisliği gibi karmaşık ve zor problemler içeren bir bilim dalında ise akıllı sistemlerin gelişimi büyük önem arz etmektedir. Çünkü hem ülkemizde hem dünya genelinde her yıl yüzbinlerce yapı inşa edilmekte ve bu yapıların statik hesapları yapılmaktadır. Bu yapıların her birinin kendine has özellikleri olmakla birlikte, hem yapıların mimari ve karakteristik özellikleri açısından hem de yapıya etkiyen yükler açısından ortak özellikleri de mevcuttur. Bu ortak özelliklerden faydalanılarak kesin sonuca en yakın sonucu hızlı ve güvenilir şekilde elde etmek birçok araştırmacının ortak hedefidir.

Bu çalışmada da yapıların mimari, karakteristik özelliklerinden ve yapılara etkiyen yüklerden farklılık gösteren 6 ana parametre belirlenmiş ve bu parametrelere göre her biri diğerinden farklı 192 adet hesap modeli belirlenmiştir. Analizi yapılan bu modellerin ağırlık değerleri akıllı bir sistemle değerlendirilmek üzere kaydedilmiştir. Geliştirilmesi hedeflenen akıllı bir yazılım sistemi ile çelik çatıların yaklaşık ağırlıkları çok daha hızlı bir şekilde değerlendirilebilecektir. Ancak inşaat mühendisliğinin önemine binaen akıllı yazılım sisteminden elde edilen sonuçların sadece ön tasarım aşamasında kullanılabileceği bilinmelidir. Kesin tasarım aşamasında gerekli bütün hesap ve tahkikler yapılmalıdır.

3.4.Yapay Zeka

Makinelerin; birer insan gibi düşünebilen, karar veren, karşılaştırma yapan, analiz edebilen bir yapıya dönüştürülmesine yapay zeka denir. Yapay zekadaki amaç bilgisayarların problem çözerken bir insanın problem çözme mantığı ile hareket etmesini sağlamaktır. (Bilge, 2007)

Yapay zeka insanlık tarihinin en büyük mühendislik projesi olarak gösterilebilir. Kusursuz bir şekilde yaratılan insan beyninin davranışlarını taklit ederek başarı oranı daha yüksek yapay sistemler meydana getirebilmek bu projenin ana hedefidir. Akıllı sistemler bazen en zeki insandan daha hızlı düşünebilirken bazen de küçük bir çocuğun iç güdülerini algılayamamaktadır. Bu durum yapay ve doğal arasındaki farkı göz önüne sermektedir.

Yapay zeka, insan beyninin sahip olduğu bir çok yetiyi taklit ederek oluşturulur. Örneğin, insanlar dil yardımıyla iletişim kurarlar yapay zekada bunun karşılığı konuşma tanınmasıdır, insanlar birbirine benzeyen nesnelere tanıyıp sınıflandırabilir yapay zekada bunun karşılığı desen tanımadır.

Birçok alt dalı olan yapay zekanın en çok kullanılan dalları aşağıdaki gibidir.

- Yapay Sinir Ağları (YSA)
- Genetik Algoritma
- Bulanık Mantık (Fuzzy Logic)
- Uyarlamalı Ağ Tabanlı Bulanık Çıkarım Sistemi (ANFIS)
- Rastgele Orman Algoritması (Random Forest)
- Destek Vektör Makineleri (SVM-Support Vector Machine)

3.4.1. Yapay Sinir Ağları (YSA)

Genel olarak yapay sinir ağları insan beyninin biyolojik sinir yapısını taklit ederek sinirsel algılayıcılar yardımı ile önceden öğrenilmiş ya da sınıflandırılmış bilgileri kullanarak yeni bilgiler türetebilen ve oluşturabilen, karar verebilen bilgisayar programlarıdır. Örüntü tanıma, sistem tanılama, robotik, sinyal işleme, nonlineer denetim alanları gibi birçok uygulama alanında yapay sinir ağları yaygın olarak kullanılmaktadır.

YSA olay örneklerine bakıp olay ile ilgili genelleme yapabilir. Olay hakkında bilgileri toplar ve daha önce hiç karşılaşmadığı bir problemde öğrendiği bilgileri kullanarak olay hakkında karar verebilir (Gündüz,2006).

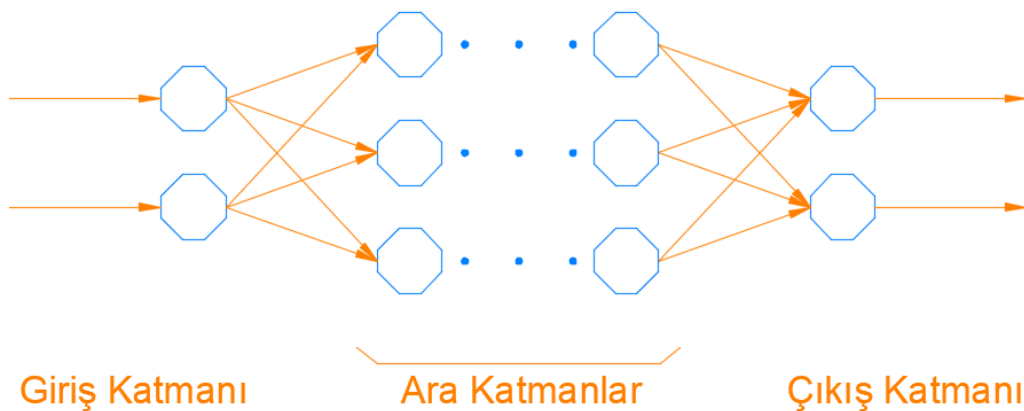
İlk yapay sinir ağı modeli 1943 yılında, bir sinir hekimi olan Warren McCulloch ile bir matematikçi olan Walter Pitts tarafından gerçekleştirilmiştir. McCulloch ve Pitts insan beyninin hesaplama yeteneğinden esinlenerek, elektrik devreleriyle basit bir sinir ağı modellemişlerdir. Bu yapay sinir hücreleri sayesinde her türlü mantıksal ifadenin formülize edilmesinin mümkün olabildiğini gösterdiler. Daha sonra birden fazla hücrenin birlikte çalışması gerekliliğini düşünerek paralel olarak çalıştırma tekniği ile öğrenme kurallarını belirlemeye başladılar.

Yapay sinir ağlarının gelişiminin yeniden hızlanmasına bilgisayar donanımındaki önemli gelişmelerinde çok önemli katkısı olmuştur. 1990'lı yıllardan günümüze kadar yapay sinir ağları ilk dönemlerin aksine teorik ve laboratuvar çalışmaları olmaktan ziyade

günlük hayatta kullanılan sistemlere entegre edilmeye ve yapılan uygulamalar ile birlikte pratik olarak insanlara yararlı olmaya başlamıştır (Öztemel, 2012).

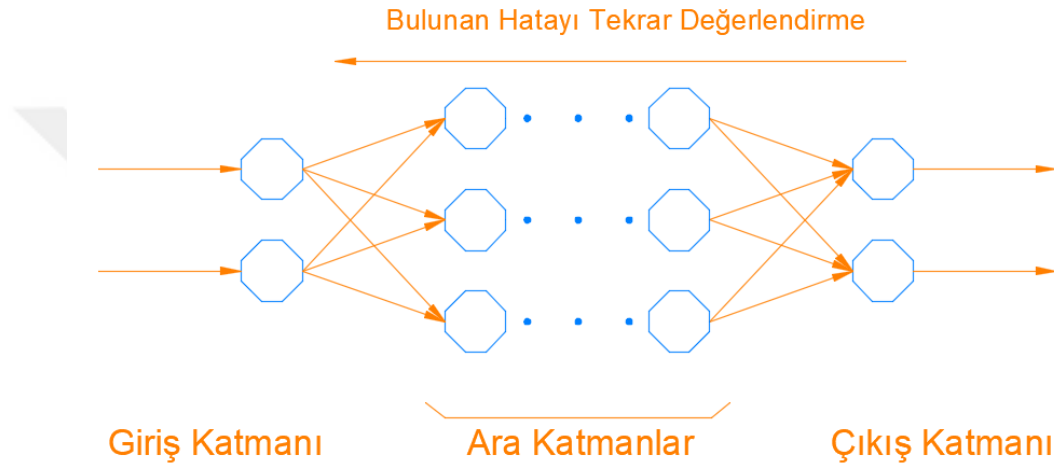
Karmaşık problemleri çözebilme imkanı sunan YSA günümüzde pek çok alanda kullanılmaktadır. İnsan sinir sisteminden yola çıkarak hazırlanan yapay sinir ağları paralel çalışma ve eğitilebilme özelliklerine sahiptir. Birçok özelliği olan YSA'nın paralel çalışmasından dolayı bilgilerin hızlı bir şekilde işlenmesi ve donanımının kolayca yapılması gibi yetenekleri ile diğer yöntemlere göre daha çok tercih edilmektedir. YSA'nın; sınıflandırma, tahmin etme, regresyon, örüntü tanıma, kümeleme gibi uygulama alanları vardır (Yılmaz, 2017)

YSA'lar ileri beslemeli ve geri beslemeli olmak üzere iki ana kısımda incelenebilir. İleri beslemeli yapay sinir ağında, hücreler katmanlar şeklinde düzenlenir ve bir katmandaki hücrelerin çıkışları bir sonraki katmana ağırlıklar üzerinden giriş olarak verilir. Giriş katmanı, dış ortamlardan aldığı bilgileri hiçbir değişikliğe uğratmadan ara (gizli) katmandaki hücrelere iletir. Bilgi, ara ve çıkış katmanında işlenerek ağ çıkışı belirlenir. Bu yapı ile ileri beslemeli ağlar, doğrusal olmayan statik bir işlevi gerçekleştirir. İleri beslemeli 3 katmanlı yapay sinir ağının, orta katmanında yeterli sayıda hücre olmak kaydıyla, herhangi bir sürekli fonksiyonu istenilen doğrulukta yaklaştırabileceği gösterilmiştir. En çok bilinen algoritma olan geriye yayılım öğrenme algoritması, bu tip yapay sinir ağların eğitiminde etkin olarak kullanılmaktadır. Ağa, hem örnekler hem de örneklerden elde edilmesi gereken çıktılar (beklenen çıktılar) verilmektedir. Ağ kendisine gösterilen örneklerden genellemeler yaparak problem uzayını temsil eden bir çözüm uzayı üretmektedir. Daha sonra gösterilen benzer örnekler için bu çözüm uzayı sonuçlar ve çözümler üretebilmektedir (Öztemel, 2012). İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağlarının şematik bir örneği Şekil 3.5'de verilmiştir.



Şekil 3.5: İleri beslemeli yapay sinir ağı örneği

Geri beslemeli Yapay Sinir Ağlarında, en az bir hücrenin çıkışı kendisine ya da diğer hücrelere giriş olarak verilir ve genellikle geri besleme bir geciktirme elemanı üzerinden yapılır. Geri besleme, bir katmandaki hücreler arasında olduğu gibi katmanlar arasındaki hücreler arasında da olabilir. Bu yapısı ile geri beslemeli YSA, doğrusal olmayan dinamik bir davranış gösterir. Dolayısıyla, geri beslemenin yapılış şekline göre farklı yapıda ve davranışta geri beslemeli YSA yapıları elde edilebilir (Kabalcı, 2015). Geri Beslemeli Yapay Sinir Ağlarının şematik bir örneği Şekil 3.6’da verilmiştir.



Şekil 3.6: Geri beslemeli yapay sinir ağı örneği

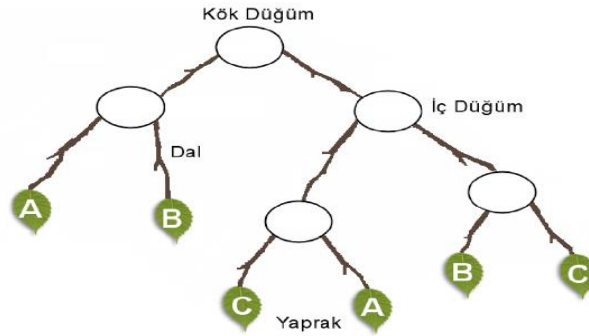
Bu çalışmada geri beslemeli yapay sinir ağları yöntemi kullanılmıştır.

3.4.2. Karar Ağaçları ve Rastgele Orman (Random Forest)

Rastgele Orman bir topluluk öğrenme algoritmasıdır. Bu yöntemin temelinde ise karar ağaçları vardır. Karar ağaçlarının bir araya gelmesiyle bir karar ormanı oluşturulur ve her bir karar ağacının yapmış olduğu tahminler bir araya getirilerek nihai karar verilir.

Karar Ağaçları yöntemi son yıllarda radar sinyallerinin sınıflandırılmasında, karakter tanıma, uzaktan algılama, uzman sistemler gibi çok geniş bir yelpazede başarılı biçimde kullanılan bir algoritmadır.

Karar Ağaçları yöntemi, eğitim verilerine bakarak değerlendirme verilerinin hangi sınıfa ait olduğuna karar veren bir sınıflandırma yöntemidir. Bir karar ağacı düğüm, dal ve yaprak olarak adlandırılan 3 ana kısımdan oluşur. Her bir nitelik bir düğüm noktasını temsil etmektedir (Atasever, 2011). Örnek bir karar ağacı yapısı Şekil 3.7’de verilmiştir.



Şekil 3.7: Örnek bir karar ağacı yapısı (Atasever, 2011)

Veri setinin sınıflandırılması ve ağaç yapısının oluşturulması için sorular sorulmaya kök düğümden başlanır. Eğer yeni sorular sorulamıyorsa dallanma bitmiştir ve bir sınıfa temsil eden yaprağa ulaşılmıştır demektir (Atasever, 2011).

Karar ağaçlarının oluşturulmasının ardından, bir test veri setinin sınıflandırılması işlemine kök düğümden başlayarak koşullar uygulanır ve oluşan tüm sonuçlar için ona ait uygun dal takip edilir. Buradan ya yeni koşulun uygulanacağı bir iç düğüme ya da yaprak düğüme ulaşılır ve böylelikle test verilerinin hangi sınıfa ait olduğu, hangi yaprakta sonlandığına bakılarak belirlenmiş olur (Atasever, 2011).

3.4.3 Genetik Algoritma

Genetik algoritma, evrimsel süreçten esinlenerek oluşturulmuş ve bu süreçte benzer bir şekilde çalışan arama ve en doğru yolu bulma yöntemidir. Bütünsel olarak çalışan genetik algoritma karmaşık olan çok boyutlu arama uzayında en iyinin hayatta kalma ilkesine göre en iyi çözümü arar. Genetik algoritmanın mantığı; genlerin nesilden nesile geçmesi sırasında iyi olan çözümlerin kalıp daha da iyileştirilmesi ve kötü olan çözümlerin elenmesine ve yok olmasına dayanır (Emel, Taşkın, 2002)

Genetik algortmada soruna tek bir çözüm üretmek yerine birbirinden farklı olan birçok çözüm üretir. Bu çözümler kümelenip bir arada bulunur. Böyle birçok çözüm kümesinin üretilmesiyle evrensel kümede aynı anda birçok nokta analiz edilir ve sonuçta bütünsel çözüme ulaşılmaya çalışılır (Uygunoğlu, Yurtcu, 2006).

Olasılıksal işlem yapan genetik algoritma diğer en iyileme yöntemlerine göre daha başarılı sonuçlar üretmektedir. Genetik algoritma; görüntü ve ses tanıma, yol bulma, robot tasarlama, kontrol sistemlerinde aktif bir şekilde kullanılmaktadır (Ayyıldız, 2018)

3.4.4. Bulanık Mantık (Fuzzy Logic)

Günlük hayatta kullandığımız birçok ifade kesin bir yapıya sahip değildir. Bir durumu veya bir olayı anlatırken az, çok, biraz, ılık, normal gibi ifadeler kullanırız. Bu ifadeler kişiden kişiye, durumdan duruma farklılık gösterebilmektedir. Özet olarak günlük hayatta kullandığımız bu sözel dil bulanıktır.

Bilimde klasik mantığa uyarlanmış matematiksel yaklaşım, keskin sınırları olan ve en rahat uygulanabilir bir yöntemdir. İhtiyaçlara uygun çözüm üretebilmek adına çeşitli sayıda matematiksel modeller oluşturulmuştur. Bu modeller düşüncenin, dilin, duyuların modellenebilmesi olanağına kapsayıcı yaklaşımda yeterli gelmemektedir. Doğada karşılaşılan zorluklar ve açmazlar, meydana gelen belirsizliklerin yeni metotlar ile modellenmesine kapı açmıştır. Bu metotların önde gelen alanlarından biri olan bulanık mantık kavramı, Aristoteles mantığına aykırı olarak ortaya çıkmıştır. (Keskenler, 2017)

Bulanık yaklaşım hakkında ilk bilgiler, 1965 yılında Kaliforniya Üniversitesi, Berkeley'den Dr. Lotfi Zadeh tarafından ortaya çıkarılmıştır. Zadeh doğal dildeki belirsizliği ve karmaşıklığı modelleyebilmek ve çözümü zor, doğrusal olmayan denklemlerin çözümü için bu fikri ortaya koymuştur. Zadeh, bulanık mantık teorisinin bağımsız ve tam bir teori olmaktan çok, bulanıklaştırma yönteminin, herhangi bir teorisin kesin formdan sürekli forma dönüştürülmek suretiyle genelleştirilmesi için kullanılan bir metodoloji olarak ele alınmasını önermiştir (Ünal, 2009)

Zadeh bulanık mantığın özelliklerini aşağıdaki gibi belirtmiştir (Elmas, 2007)

- Bulanık mantıkta, kesin değerlere dayanan düşünme yerine, yaklaşık düşünme kullanılır.
- Bulanık mantıkta her şey $[0,1]$ aralığında belirli bir derece ile gösterilir.
- Bulanık mantıkta bilgi büyük, küçük, çok az gibi dilsel ifadeler Çeklindedir.
- Bulanık çıkarım işlemi dilsel ifadeler arasında tanımlanan kurallar ile yapılır.
- Her mantıksal sistem bulanık olarak ifade edilebilir.
- Bulanık mantık matematiksel modeli çok zor elde edilen sistemler için çok uygundur.
- Bulanık mantık tam olarak bilinmeyen veya eksik girilen bilgilere göre işlem yapma yeteneğine sahiptir.

Bulanık mantık, son yıllarda birçok mühendislik alanında kullanılmaya başlanmıştır. Günlük hayatta kullandığımız fotoğraf makinesi, çamaşır makinesi, fotokopi makinesi gibi ev aletlerinin iyileştirilmesinde, sağlık sektöründe, şirketlerin iç denetiminde ve benzeri birçok alanda bulanık mantık başarılı bir şekilde kullanılmaktadır.

3.4.5. Uyarlamalı Ağ Tabanlı Bulanık Çıkarım Sistemi (ANFIS)

Jang tarafından 1993 yılında geliştirilmiş olan Adaptif Ağ Tabanlı Bulanık Çıkarım sistemi (ANFIS), yapay sinir ağlarının paralel hesaplayabilme ve öğrenme yeteneği ile bulanık mantığın çıkarım özelliğini kullanan melez bir yapay zeka yöntemidir. ANFIS modeli, Sugeno tipi bulanık çıkarım sistemini ve melez öğrenme algoritmasını kullanmaktadır. En küçük kareler yöntemi ve geri yayımlı öğrenme algoritmasını bir arada kullanan melez bir algoritmadır (Gemici ve ark. 2013).

ANFIS, yukarıda da belirtildiği gibi donanımlı bir yapay zeka yöntemidir. Birçok soruna farklı çözümler getirebilen Bulanık Mantık yönteminin öğrenebilme ve paralel hesaplayabilme kabiliyetleriyle donatılmış halidir.

ANFIS yöntemi; giriş, bulanıklaştırma, kural, normalizasyon, arındırma ve toplama olmak üzere toplam 6 katmandan oluşur.

3.4.6. Destek Vektör Makineleri (SVM-Support Vector Machine)

SVM, Vapnik (1999) tarafından sınıflandırma ve regresyon analizi için geliştirilen istatistiksel bir öğrenme metodudur. SVM; sınıflandırmaya tabi tutulacak iki farklı grubu birbirinden ayırabilecek en uygun hiper düzlem (sınır çizgisi) olarak bilinir. SVM'nin algoritma prensibi ilk olarak iki sınıflı doğrusal verilerin sınıflandırması için tasarlanmış, daha sonra çok sınıflı ve doğrusal olmayan veriler için de geliştirilmiştir (Kavzoğlu ve Çölkesen, 2010).

SVM, sınıflandırma konusunda kullanılan oldukça etkili ve basit bir makine öğrenme metodudur. Aynı düzlemde bulunan iki farklı grup arasında bir sınır çizgisi çizerek iki grubu ayıran bir yöntemdir. İki grup arasındaki bu çizgi iki tarafa da en uzak çizgi olmalıdır. Bu çizginin yeri ise SVM'ye göre belirlenmektedir.

3.4.7. Olasılıksal Dereceli Azalma (SGD- Stochastic Gradient Descent)

Olasılıksal Dereceli Azalma (SGD), Destek Vektör Makineleri ve Lojistik Regresyon gibi konveks kayıp fonksiyonları altında lineer sınıflandırıcıların ayırt edici öğreniminde basit ama oldukça etkili bir yaklaşımdır. Özellikle büyük ölçekli ve seyrek veri setleri için kullanışlıdır. SGD, makine öğrenmesi alanında uzun zamandır var olsa da son zamanlarda büyük ölçekli öğrenme bağlamında dikkat çekmektedir. SGD, diğer sistemlere göre verimlilik ve uygulama kolaylığı açısından avantaj sağlamaktadır.

3.5. Akıllı Sistemlerde Hata Türleri ve Determinasyon Katsayısı

Akıllı sistemlerde elde edilen modellerin başarı oranlarını ölçebilmek için standart olarak kabul edilmiş belirli kriterler bulunmaktadır. Bu kriterler hata türleri ve determinasyon katsayısı olarak söylenebilir. Hata türlerinden bazıları ortalama mutlak hata (MAE), ortalama kareli hata (MSE) ve kök ortalama karesel hatadır (RMSE).

MAE, iki sürekli değişken arasındaki farkın ölçüsüdür. Her gerçek değer ile veriye en iyi uyan çizgi arasındaki ortalama dikey mesafe ve her veri noktası ile en iyi uyan çizgi arasındaki ortalama yatay mesafe olarak belirtilebilir. MAE, sıfırdan sonsuza kadar farklı değerler alabilir. Daha düşük değere sahip tahminleyiciler daha iyi performans gösterirler. MAE değerinin hesabı Denklem 3.2’de verilmiştir.

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n |e_j| \quad (3.2)$$

Burada;

e : Gerçek değerle tahmin edilen değer arasındaki farktır.

MSE, basit olarak bir regresyon eğrisinin bir dizi noktaya ne kadar yakın olduğunu söyler. Bir makine öğrenmesi modelinin performansını ölçer ve her zaman pozitif değerlidir. MSE değeri sıfıra yakın olan tahminleyiciler daha iyi performans gösterirler. MSE değerinin hesabı Denklem 3.3’de verilmiştir.

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n e_j^2 \quad (3.3)$$

RMSE, tahminleyicinin tahmin ettiği değerler ile gerçek değerleri arasındaki uzaklığın bulunmasında sıklıkla kullanılan ve hatanın büyüklüğünü ölçen bir metriktir. RMSE değeri verilere en iyi uyan çizgi etrafında gerçek verilerin ne kadar yoğun olduğunu gösteren bir veridir. RMSE değeri sıfırdan sonsuza kadar değişebilir. Daha düşük değere sahip tahminleyiciler daha iyi performans gösterirler. RMSE değerinin hesabı Denklem 3.4’de verilmiştir.

$$\text{RMSE} = \sqrt{\text{MSE}} \quad (3.4)$$

Regresyon doğrusunun gözlemlere ne denli uyduğunu ortaya koyan göstergelerden birisi determinasyon katsayısıdır (R^2). R^2 değeri -1 ile 1 arasında değişen bir değerdir. Bu değer negatif olması eğitim verisi ile hedef veri arasında ters bir ilişki olduğu, pozitif olması hedef veri ile eğitim verisi arasında doğrusal bir ilişki olduğu anlamına gelmektedir. Ancak R^2 değerinin 0’a yakın olması aradaki bağlantının oldukça zayıf olduğunu ve mantıklı sonuçların alınamadığını göstermektedir. R^2 değeri 1’e yakın olan tahminleyicilerin performansları daha yüksektir. R^2 değerinin hesabı Denklem 3.5’de verilmiştir.

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y)^2 + \sum_{i=1}^n (y - \hat{y}_i)^2} \quad (3.5)$$

Burada,

\hat{y}_i : Gözlenen değer

y : Ortalama değerdir.

4. ÖRNEK BİR ÇATININ ANALİZİ

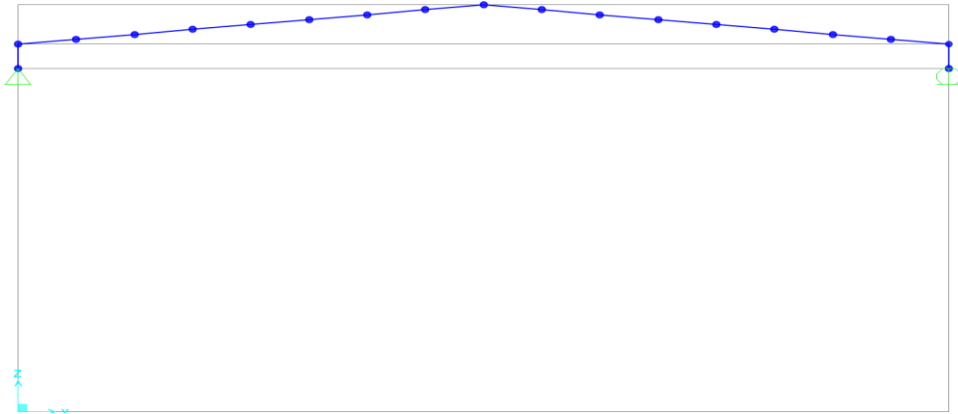
Bu bölümde 192 adet farklı hesap modelinden A-1 tipi hesap modelinin SAP2000 bilgisayar programı aracılığıyla detaylı analizi yapılacaktır. A-1 tipi hesap modeline ait yapı bilgileri aşağıda verilmiştir.

4.1. Yapı Bilgileri

A-1 tipi hesap modeline ait yapı bilgileri aşağıdaki gibidir.

- Kar yükü bölgesi : 1 (88 kg/m²)
- Aşık açıklığı : 6 m
- Makas açıklığı : 16 m
- Çelik kalitesi : S275
- Eğim %10
- Çatı tipi : Ç₁
- Yapı boyutları : 16 m * 30 m

Hesap modeline ait çerçeve geometrisi Şekil 4.1'de verilmiştir. Betonarme kolonlar üzerine mesnetleneceği göz önüne alınarak iki ucu da mafsallı, bir ucu kayıcı mesnet olarak modellenmiştir. Hesaplamalar 2 boyutlu olarak yapıp ağırlık hesabı yapılırken çerçeve adedi ile çarpılmıştır. Aşıklar ayrıca hesap edilmiştir.



Şekil 4.1: A-1 tipi çerçeve geometrisi

4.2. Yükler

Bu çalışmada kullanılacak yk eşitleri ÇYTHYE-2016 Bölüm 5.3'e göre belirlenmiştir. Bu yükler aşağıdaki gibidir.

G : sabit yük

S : kar yükü

W : rüzgar yükü

4.2.1 Sabit Yük (G)

ereveye girilecek G, sabit yükü belirlenirken hesaplanan aşık ağırlığı ve kaplama ağırlığı dikkate alınmıştır.

Kaplama ağırlığı (K_a) : 15 kg/m² (Poliüretan Sandviç Panel)

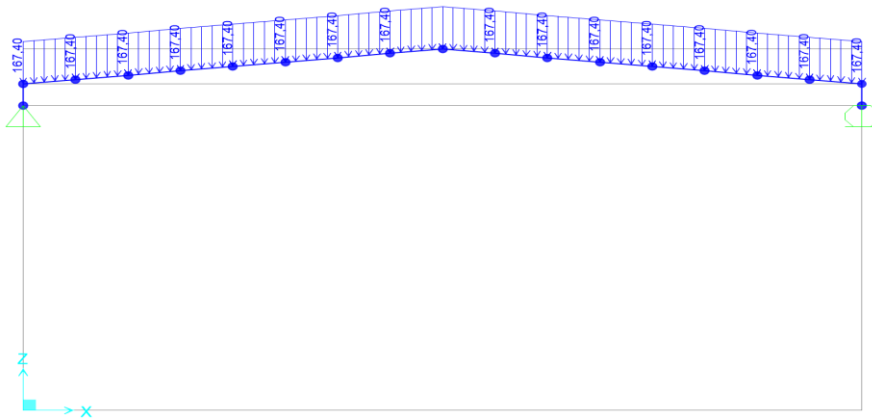
Aşık ağırlığı (A_a) : 12,9 kg/m² (IPE140)

Not: Aşık hesabı 6 m açıklık için basit aşık olarak yapılmış ve IPE140 profili seçilmiştir.

Sisteme girilecek yükler Denklem 4.1'de hesaplanmıştır. Hesaplamalar en çok zorlanan orta akslara göre yapılmıştır. Analiz modeline etkitilen sabit yük, Şekil 4.2'de verilmiştir.

$$G = (K_a + A_a) * A \quad (4.1)$$

$$G = (15 + 12,9) * 6 = 167,4 \text{ kg/m}$$



Şekil 4.2: G, sabit yük

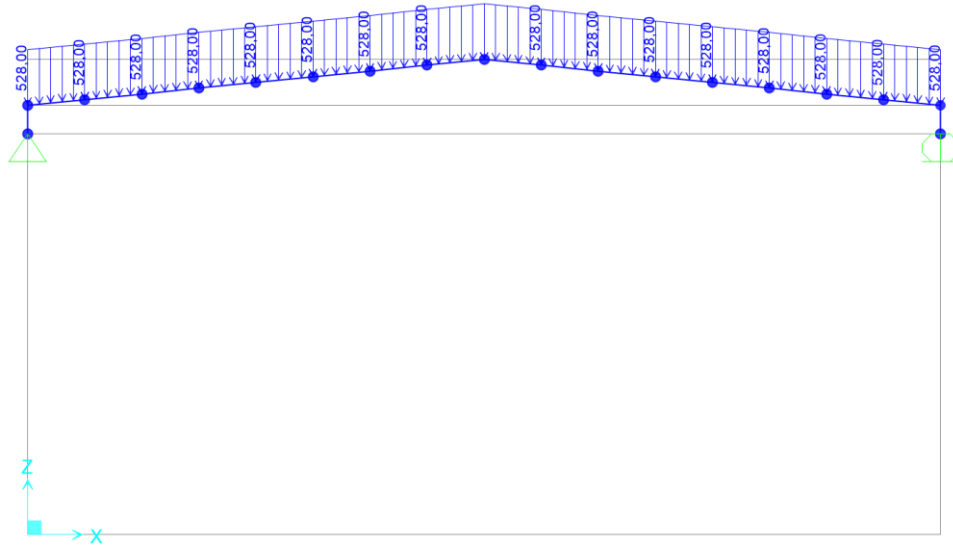
4.2.2 Kar Yüğü (S)

Yapının bulunduğu bölge için rakım 1000 m'nin üzerinde olduğu kabul edilmiştir. TS-EN 1991-1-3'e göre sisteme girilecek kar yükü değeri Denklem 4.2'e göre belirlenmiştir. Rakım 1000 m'nin üzerinde olduğu için kar yükü değerinde Çizelge 3.1'e göre % 10 artış yapılmıştır. Analiz modeline etkitilen kar yükü, Şekil 4.3'de verilmiştir.

Çatı Şekil katsayısı (μ), Maruz kalma katsayısı (C_e) ve ısı katsayısı (C_t) değerleri TS-EN 1991-1-3'e göre belirlenmiş fakat kar yükünü artırıcı etki yapmadığı görüldüğünden hesaplarda dikkate alınmamıştır.

$$S = S_k * A \quad (4.2)$$

$$S = 88 * 6 = 528 \text{ kg/m}$$



Şekil 4.3: S, kar yükü

4.2.3. Rüzgar Yüğü (W)

Sisteme girilecek rüzgar yükü TS498'e göre belirlenmiştir. Rüzgarın sol taraftan etki ettiği dikkate alınmıştır. Yapının yerden yüksekliği 7m olarak kabul edilmiştir.

Eğim dikkate alındığında, $(1,2\sin\alpha-0,4)$ değeri her zaman negatif çıkmaktadır. %10 eğime göre hesap edilen rüzgar yükü değerleri Denklem 4.3 ve Denklem 4.4'de verilmiştir.

TS498'e göre rüzgar yükü hesapları aşağıdaki gibidir.

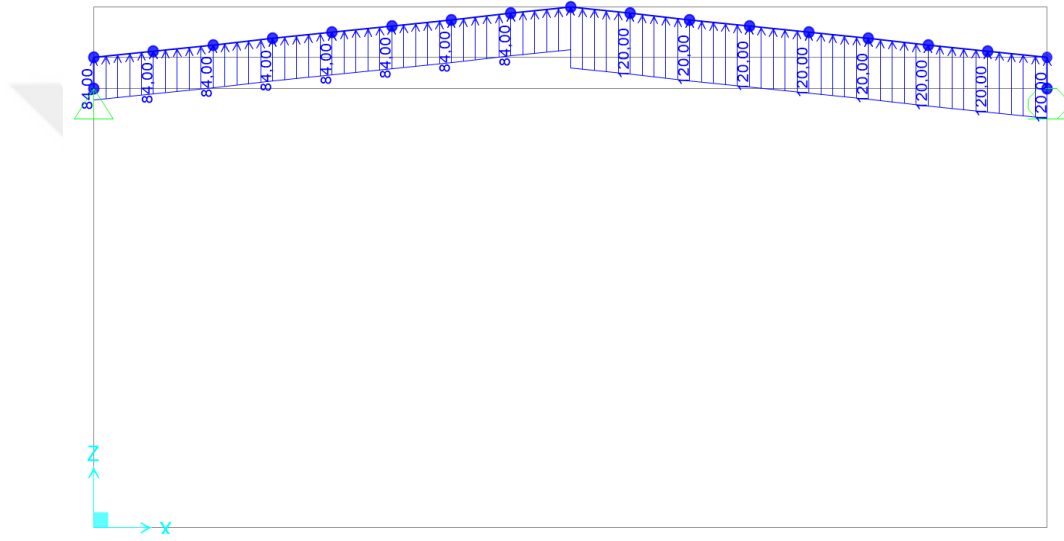
- Sol kısım için,
 $(1,2\sin\alpha-0,4) \times q \times A = (1,2\sin5,71-0,4) \times 50 \times 6 = -84,18 \text{ kg/m}$ (4.3)

- Sağ kısım için,
 $-0,4 \times q \times A = -0,4 \times 50 \times 6 = -120 \text{ kg/m}$ (4.4)

Burada;

q : TS498'e göre hız basıncıdır.

Analiz modeline etkitilen rüzgar yükü Şekil 4.4'de verilmiştir.



Şekil 4.4: W, rüzgar yükü

4.3. Yük Birleşimleri

ÇYTHYE-2016'ya göre, GKT esaslı için belirlenen yük birleşimleri aşağıdaki gibidir.

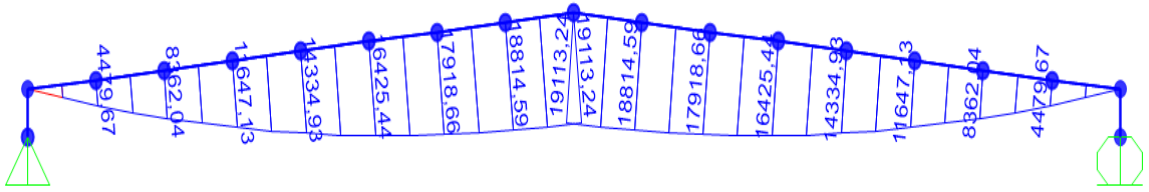
- G+S
- G+W
- G+0,75S+0,75W
- 0,6G+W

Hesaplarda yalnızca düzlem çelik çatıların dikkate alındığı ve bağlantıların mafsallı olduğu göz önünde bulundurularak depremsiz durumlara göre tasarım yapılmıştır.

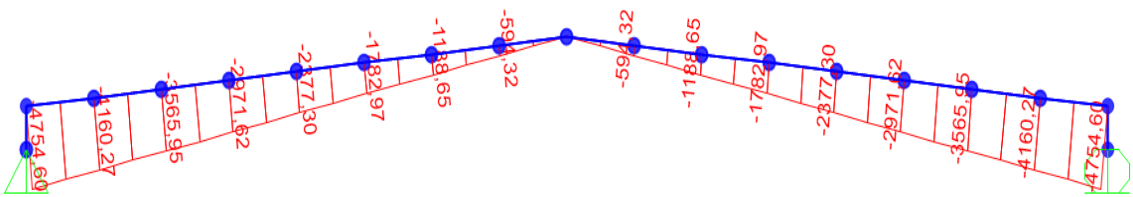
4.4. Analiz Sonuçları

Yükler TS498'e ve TS-EN 1991-1-3'e göre, yük birleşimleri ÇYTHYE-2016'ya göre belirlenmiş olmasına karşın analizler AISC-ASD 360-10 yönetmeliğine göre yapılmıştır. SAP2000 programında ÇYTHYE-2016 yönetmeliği seçeneği bulunmadığı için güvenlik katsayıları ile tasarım esasına dayanan AISC-ASD 360-10 yönetmeliği tercih edilmiştir. Bu yönetmelik ülkemizde yürürlükte bulunan çelik yapı yönetmeliği ile büyük ölçüde benzerlik taşımaktadır.

Çerçeveye etkilenen yükler neticesinde meydana gelen moment ve kesme kuvveti diyagramları Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da verilmiştir.

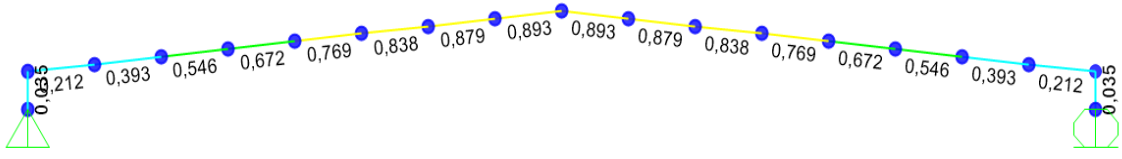


Şekil 4.5: G+S yük birleşimi için moment diyagramı (kgm)



Şekil 4.6: G+S yük birleşimi için kesme kuvveti diyagramı (kg)

Kesitlerde meydana gelen gerilmelere göre tasarım yapıldığında aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. AISC-ASD 360-10'a göre çerçeve tasarımı ve kesit zorlanma oranları Şekil 4.7'de verilmiştir.



Şekil 4.7: AISC-ASD 360-10'a göre çerçeve tasarımı ve kesit zorlanma oranları (G+S)

Kesit zorlanma oranı (r) Denklem 4.5'de ki gibi hesaplanmaktadır. Bu değerin 1'den büyük olması seçilen profilin yetersiz olduğu anlamına gelmektedir.

$$r = \frac{\sigma_p}{\sigma_{em}} \leq 1 \quad (4.3)$$

Burada;

σ_p = Profilde meydana gelen gerilme (kg/cm^2)

σ_{em} = Profilin emniyetli taşıma gücü'dür. (kg/cm^2)

Sonuçlara bakıldığında, en yüksek %89 kesit zorlanması ile IPE400 profilinin yeterli olduğu görülmektedir. En gayrimüsaait durum G+S yüklemesi olmuştur. Kullanılacak profil belirlenirken gerekli dayanımı sağlayan minimum kesit seçilmiştir.

4.5. Çatı Ağırlığının Hesaplanması

SAP2000 programında yapılan hesaplamalar 2 boyutlu olarak yalnızca bir aks için, aşık hesapları da basit aşık olarak sadece bir aşık için yapılmıştır. Bu nedenle SAP2000 programından elde edilen makas ağırlık değeri (T_M) makas adedi (n_M) ile çarpılarak toplam makas ağırlığı hesaplanmıştır. Bulunan aşık birim ağırlığı ise toplam aşık uzunluğu ile çarpılarak toplam ağırlık elde edilmiştir.

$$\sum T_M = T_M * n_M \quad (4.4)$$

$$1132,81 * 6 = 6796,86 \text{ kg}$$

Yapılan aşık hesabına göre belirlenen IPE140 profilinin ağırlığı (T_a) $12,9 \text{ kg/m}$ 'dir. Aşıkların toplam uzunluğu ($n_a * A$) birim ağırlık ile çarpılarak toplam aşık ağırlığı hesaplanmıştır.

$$\sum T_A = T_A * n_A * A \quad (4.5)$$

$$12,9 * 18 * 30 = 6966 \text{ kg}$$

Makasların ve aşıkların ağırlıkları toplamı çatının toplam ağırlığını ($\sum T_A$) verecektir.

$$\sum T_{\text{Ç}} = \sum T_M + \sum T_A \quad (4.6)$$

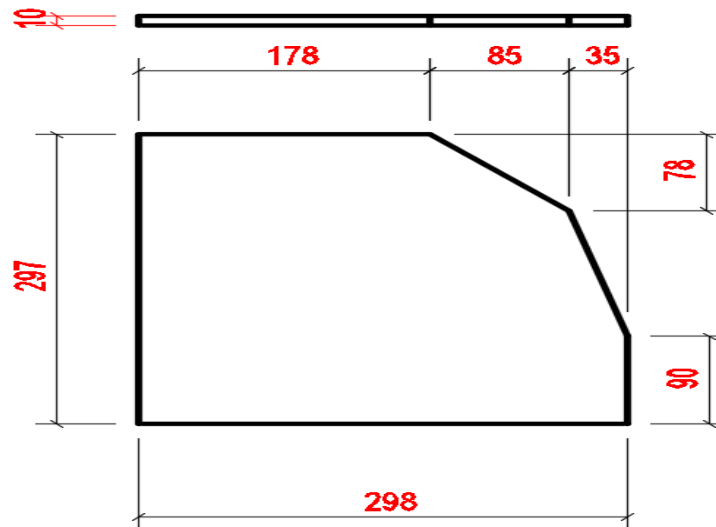
$$T_{\text{Ç}} = 6796,86 + 6966 = 13762,86 \text{ kg}$$

A-1 tipi modelimiz 16 m eninde, 30 m boyundadır. Toplam ağırlık modelin alanına ($F_{\text{Ç}}$) bölüldüğünde modelin birim ağırlığı elde edilecektir.

$$q_{\text{ç}} = \sum T_{\text{Ç}} / F_{\text{Ç}} \quad (4.7)$$

$$13762,86 / (16 * 30) = 28,67 \text{ kg/m}^2$$

Kafes sistem modellerde profil ağırlıklarına ilave olarak her düğüm noktasına plaka ağırlığı eklenmiştir. Çerçeve sistem ve gergili sistemlerde herhangi bir plaka ağırlığı ilavesi yapılmamıştır. Plaka ağırlıkları her düğüm noktası için sabit olacak şekilde 7 kg olarak dikkate alınmıştır. Örnek bir plaka modeli Şekil 4.8’de verilmiştir.



Şekil 4.8: Ç₃ tipi çatılarda kullanılan örnek bir plaka modeli (mm)

5. BELİRLENEN PARAMETRELERİN ÇATI AĞIRLIĞINA ETKİSİ

Düzlem çelik çatıların ağırlık hesabına etki edebilecek 6 adet parametre Bölüm 3.1’de verilmişti. Bu parametrelere göre 192 adet farklı hesap modeli belirlenmiş ve SAP2000 programı aracılığı ile analiz edilmiştir. Analiz edilen modellerin kesit tasarımı yapılarak ağırlıkları tablolar halinde kaydedilmiştir. Ağırlık değerleri Çizelge 5.1-5.12’de verilmiştir.

Çizelge 5.1: A tipi modeller için ağırlık değerleri

1. HESAP MODELİ (A)								
Ç ₁ , ANA YÖN=16 m, EĞİM % 10								
MODEL NO	KAR YÜKÜ	AŞIK AÇK.	ÇELİK DAY.	MAKAS	AŞIK	PLAKA	TOPLAM	kg/m ²
A-1	1	6	S275	1132,81	12,9	-	13762,86	28,67
A-2	2	6	S275	1324,51	12,9	-	14913,06	31,06
A-3	3	6	S275	1555,1	15,8	-	17862,6	37,21
A-4	4	6	S275	1796,41	15,8	-	19310,46	40,23
A-5	1	7,5	S275	1324,51	15,8	-	16479,06	34,33
A-6	2	7,5	S275	1555,1	18,79	-	19477,2	40,57
A-7	3	7,5	S275	1796,41	18,79	-	20925,06	43,59
A-8	4	7,5	S275	2091,34	22,4	-	24644,04	51,341 *
A-9	1	6	S355	974,62	12,9	-	12813,72	26,69 **
A-10	2	6	S355	1132,81	12,9	-	13762,86	28,67
A-11	3	6	S355	1324,51	15,8	-	16479,06	34,33
A-12	4	6	S355	1555,1	15,8	-	17862,6	37,21
A-13	1	7,5	S355	1132,81	15,8	-	15328,86	31,93
A-14	2	7,5	S355	1324,51	18,79	-	18093,66	37,69
A-15	3	7,5	S355	1555,1	18,79	-	19477,2	40,57
A-16	4	7,5	S355	1555,1	22,4	-	21426,6	44,63

* En yüksek değer, ** En düşük değer

Çizelge 5.1’de de görülebileceği gibi A tipi modeller için en yüksek ağırlık değeri A-8 modelinde kaydedilmiştir. A-8 kar yükü bölgesi 4, aşık açıklığı fazla ve çelik dayanımı düşük bir modeldir. En düşük ağırlık değeri ise A-9 modelinde kaydedilmiştir. Bu modelin kar yükü bölgesi 1, aşık açıklığı düşük ve çelik dayanımı yüksektir. Parametrelerin bir çoğu tahmin edilebileceği gibi bir etki göstermiştir. Örneğin yük arttıkça ağırlık artmış, dayanım arttıkça ağırlık düşmüştür. Ancak ne oranda etki ettiklerini hesap edebilmek için modellerin tamamının hesap edilmesi gerekmektedir.

Çizelge 5.2: B tipi modeller için ağırlık değerleri

2. HESAP MODELİ (B)								
Ç ₁ , ANA YÖN=16 m, EĞİM % 20								
MODEL NO	KAR YÜKÜ	AŞIK AÇK.	ÇELİK DAY.	MAKAS	AŞIK	PLAKA	TOPLAM	kg/m ²
B-1	1	6	S275	1148,53	12,9	-	13857,18	28,86
B-2	2	6	S275	1342,9	12,9	-	15023,4	31,29
B-3	3	6	S275	1576,68	15,8	-	17992,08	37,48
B-4	4	6	S275	1821,34	15,8	-	19460,04	40,54
B-5	1	7,5	S275	1342,9	15,8	-	16589,4	34,56
B-6	2	7,5	S275	1576,68	18,79	-	19606,68	40,84
B-7	3	7,5	S275	1821,34	18,79	-	21074,64	43,90
B-8	4	7,5	S275	2120,37	22,4	-	24818,22	51,70 *
B-9	1	6	S355	988,14	12,9	-	12894,84	26,86 **
B-10	2	6	S355	1148,53	12,9	-	13857,18	28,86
B-11	3	6	S355	1342,9	15,8	-	16589,4	34,56
B-12	4	6	S355	1576,68	15,8	-	17992,08	37,48
B-13	1	7,5	S355	1148,53	15,8	-	15423,18	32,13
B-14	2	7,5	S355	1342,9	18,79	-	18204	37,92
B-15	3	7,5	S355	1576,68	18,79	-	19606,68	40,84
B-16	4	7,5	S355	1576,68	22,4	-	21556,08	44,90

* En yüksek değer, ** En düşük değer

Çizelge 5.3: C tipi modeller için ağırlık değerleri

3. HESAP MODELİ (C)								
Ç ₁ , ANA YÖN=20 m, EĞİM % 10								
MODEL NO	KAR YÜKÜ	AŞIK AÇK.	ÇELİK DAY.	MAKAS	AŞIK	PLAKA	TOPLAM	kg/m ²
C-1	1	6	S275	1921,11	12,9	-	20040,66	33,40
C-2	2	6	S275	2219,21	12,9	-	21829,26	36,38
C-3	3	6	S275	2583,56	15,8	-	25929,36	43,21
C-4	4	6	S275	2898,23	15,8	-	27817,38	46,36
C-5	1	7,5	S275	2219,21	15,8	-	23743,26	39,57
C-6	2	7,5	S275	2583,56	18,79	-	27902,76	46,50
C-7	3	7,5	S275	2898,23	18,79	-	29790,78	49,65
C-8	4	7,5	S275	2898,23	22,4	-	32173,38	53,62 *
C-9	1	6	S355	1636,26	12,9	-	18331,56	30,55 **
C-10	2	6	S355	1921,11	12,9	-	20040,66	33,40
C-11	3	6	S355	2219,21	15,8	-	23743,26	39,57
C-12	4	6	S355	2583,56	15,8	-	25929,36	43,21
C-13	1	7,5	S355	1921,11	15,8	-	21954,66	36,59
C-14	2	7,5	S355	2219,21	18,79	-	25716,66	42,86
C-15	3	7,5	S355	2583,56	18,79	-	27902,76	46,50
C-16	4	7,5	S355	2583,56	22,4	-	30285,36	50,47

* En yüksek değer, ** En düşük değer

Çizelge 5.4: D tipi modeller için ağırlık değerleri

4. HESAP MODELİ (D)								
Ç ₁ , ANA YÖN=20 m, EĞİM % 20								
MODEL NO	KAR YÜKÜ	AŞIK AÇK.	ÇELİK DAY.	MAKAS	AŞIK	PLAKA	TOPLAM	kg/m ²
D-1	1	6	S275	1948,09	12,9	-	20202,54	33,67
D-2	2	6	S275	2250,38	12,9	-	22016,28	36,69
D-3	3	6	S275	2619,85	15,8	-	26147,1	43,57
D-4	4	6	S275	2938,93	15,8	-	28061,58	46,76
D-5	1	7,5	S275	2250,38	15,8	-	23930,28	39,88
D-6	2	7,5	S275	2619,85	18,79	-	28120,5	46,86
D-7	3	7,5	S275	2938,93	18,79	-	30034,98	50,05
D-8	4	7,5	S275	2938,93	22,4	-	32417,58	54,02 *
D-9	1	6	S355	1659,24	12,9	-	18469,44	30,78 **
D-10	2	6	S355	1948,09	12,9	-	20202,54	33,67
D-11	3	6	S355	2250,38	15,8	-	23930,28	39,88
D-12	4	6	S355	2619,85	15,8	-	26147,1	43,57
D-13	1	7,5	S355	1948,09	15,8	-	22116,54	36,86
D-14	2	7,5	S355	2250,38	18,79	-	25903,68	43,17
D-15	3	7,5	S355	2619,85	18,79	-	28120,5	46,86
D-16	4	7,5	S355	2938,93	22,4	-	32417,58	54,02 *

* En yüksek değer, ** En düşük değer

Ç₁ tipi çatılar için oluşturulan 64 adet hesap modelinde en yüksek ve en düşük değerler kalın olarak yazılmıştır. 4 grup arasında ise en yüksek değer D-8 ve D-16'da kaydedilmiştir. Burada belirleyici olan ise makas açıklığının ve çatı eğiminin fazla olmasıdır. Çelik dayanımı D-8 ve D-16 arasında belirleyici bir etki göstermemiştir.

Çizelge 5.5: E tipi modeller için ağırlık değerleri

5. HESAP MODELİ (E)								
Ç ₂ , ANA YÖN=16 m, EĞİM % 10								
MODEL NO	KAR YÜKÜ	AŞIK AÇK.	ÇELİK DAY.	MAKAS	AŞIK	PLAKA	TOPLAM	kg/m ²
E-1	1	6	S275	866,69	12,9	-	12166,14	25,34
E-2	2	6	S275	983,46	12,9	-	12866,76	26,80
E-3	3	6	S275	1297,12	15,8	-	16314,72	33,98
E-4	4	6	S275	1455,31	15,8	-	17263,86	35,96
E-5	1	7,5	S275	983,46	15,8	-	14432,76	30,06
E-6	2	7,5	S275	1304,65	18,79	-	17974,5	37,44
E-7	3	7,5	S275	1462,85	18,79	-	18923,7	39,42
E-8	4	7,5	S275	1654,55	22,4	-	22023,3	45,88 *
E-9	1	6	S355	686,63	12,9	-	11085,78	23,09 **
E-10	2	6	S355	877,56	12,9	-	12231,36	25,48
E-11	3	6	S355	983,46	15,8	-	14432,76	30,06
E-12	4	6	S355	1169,25	15,8	-	15547,5	32,39
E-13	1	7,5	S355	877,56	15,8	-	13797,36	28,74
E-14	2	7,5	S355	983,46	18,79	-	16047,36	33,43
E-15	3	7,5	S355	1236,84	18,79	-	17567,64	36,59
E-16	4	7,5	S355	1462,85	22,4	-	20873,1	43,48

* En yüksek değer, ** En düşük değer

Çizelge 5.6: F tipi modeller için ağırlık değerleri

6. HESAP MODELİ (F)								
Ç ₂ , ANA YÖN=16 m, EĞİM % 20								
MODEL NO	KAR YÜKÜ	AŞIK AÇK.	ÇELİK DAY.	MAKAS	AŞIK	PLAKA	TOPLAM	kg/m ²
F-1	1	6	S275	714,18	12,9	-	11251,08	23,43
F-2	2	6	S275	806,6	12,9	-	11805,6	24,59
F-3	3	6	S275	1022,61	15,8	-	14667,66	30,55
F-4	4	6	S275	1022,61	15,8	-	14667,66	30,55
F-5	1	7,5	S275	806,6	15,8	-	13371,6	27,85
F-6	2	7,5	S275	1022,61	18,79	-	16282,26	33,92
F-7	3	7,5	S275	1142,22	18,79	-	16999,92	35,41
F-8	4	7,5	S275	1217,57	22,4	-	19401,42	40,41 *
F-9	1	6	S355	599,03	12,9	-	10560,18	22,00 **
F-10	2	6	S355	676,5	12,9	-	11025	22,96
F-11	3	6	S355	915,23	15,8	-	14023,38	29,21
F-12	4	6	S355	915,23	15,8	-	14023,38	29,21
F-13	1	7,5	S355	676,5	15,8	-	12591	26,23
F-14	2	7,5	S355	806,6	18,79	-	14986,2	31,22
F-15	3	7,5	S355	1022,61	18,79	-	16282,26	33,92
F-16	4	7,5	S355	1022,61	22,4	-	18231,66	37,98

* En yüksek değer, ** En düşük değer

Çizelge 5.7: G tipi modeller için ağırlık değerleri

7. HESAP MODELİ (G)								
Ç ₂ , ANA YÖN=20 m, EĞİM % 10								
MODEL NO	KAR YÜKÜ	AŞIK AÇK.	ÇELİK DAY.	MAKAS	AŞIK	PLAKA	TOPLAM	kg/m ²
G-1	1	6	S275	1368,88	12,9	-	16727,28	27,87
G-2	2	6	S275	1811,03	12,9	-	19380,18	32,30
G-3	3	6	S275	2155,23	15,8	-	23359,38	38,93
G-4	4	6	S275	2440,09	15,8	-	25068,54	41,78
G-5	1	7,5	S275	1811,03	15,8	-	21294,18	35,49
G-6	2	7,5	S275	2155,23	18,79	-	25332,78	42,22
G-7	3	7,5	S275	2440,09	18,79	-	27041,94	45,06
G-8	4	7,5	S275	2837,09	22,4	-	31806,54	53,01 *
G-9	1	6	S355	1223,14	12,9	-	15852,84	26,42 **
G-10	2	6	S355	1368,88	12,9	-	16727,28	27,87
G-11	3	6	S355	1811,03	15,8	-	21294,18	35,49
G-12	4	6	S355	2054,3	15,8	-	22753,8	37,92
G-13	1	7,5	S355	1368,88	15,8	-	18641,28	31,06
G-14	2	7,5	S355	1811,03	18,79	-	23267,58	38,77
G-15	3	7,5	S355	2054,3	18,79	-	24727,2	41,21
G-16	4	7,5	S355	2339,16	22,4	-	28818,96	48,03

* En yüksek değer, ** En düşük değer

Çizelge 5.8: H tipi modeller için ağırlık değerleri

8. HESAP MODELİ (H)								
Ç ₂ , ANA YÖN=20 m, EĞİM % 20								
MODEL NO	KAR YÜKÜ	AŞIK AÇK.	ÇELİK DAY.	MAKAS	AŞIK	PLAKA	TOPLAM	kg/m ²
H-1	1	6	S275	1133,75	12,9	-	15316,5	25,52
H-2	2	6	S275	1270,62	12,9	-	16137,72	26,89
H-3	3	6	S275	1418,41	15,8	-	18938,46	31,56
H-4	4	6	S275	1675,85	15,8	-	20483,1	34,13
H-5	1	7,5	S275	1270,62	15,8	-	18051,72	30,08
H-6	2	7,5	S275	1418,41	18,79	-	20911,86	34,85
H-7	3	7,5	S275	1874,01	18,79	-	23645,46	39,40
H-8	4	7,5	S275	1992,69	22,4	-	26740,14	44,56 *
H-9	1	6	S355	1001,07	12,9	-	14520,42	24,20 **
H-10	2	6	S355	1001,07	12,9	-	14520,42	24,20 **
H-11	3	6	S355	1270,62	15,8	-	18051,72	30,08
H-12	4	6	S355	1418,41	15,8	-	18938,46	31,56
H-13	1	7,5	S355	1001,07	15,8	-	16434,42	27,39
H-14	2	7,5	S355	1270,62	18,79	-	20025,12	33,37
H-15	3	7,5	S355	1418,41	18,79	-	20911,86	34,85
H-16	4	7,5	S355	1675,85	22,4	-	24839,1	41,39

* En yüksek değer, ** En düşük değer

Ç₂ tipi çatılardan oluşan bu dört grup arasında en yüksek ağırlık değeri G-8 modeli için, en düşük ağırlık değeri ise F-9 modeli için kaydedilmiştir.

Çizelge 5.9: I tipi modeller için ağırlık değerleri

9. HESAP MODELİ (I)								
Ç ₃ , ANA YÖN=16 m, EĞİM % 10								
MODEL NO	KAR YÜKÜ	AŞIK AÇK.	ÇELİK DAY.	MAKAS	AŞIK	PLAKA	TOPLAM	kg/m ²
I-1	1	6	S275	424,43	12,9	238	10940,58	22,79
I-2	2	6	S275	545,92	12,9	238	11669,52	24,31
I-3	3	6	S275	765,53	15,8	238	14553,18	30,31
I-4	4	6	S275	791,51	15,8	238	14709,06	30,64
I-5	1	7,5	S275	548,67	15,8	238	13252,02	27,60
I-6	2	7,5	S275	614,09	18,79	238	15259,14	31,78
I-7	3	7,5	S275	777,26	18,79	238	16238,16	33,82
I-8	4	7,5	S275	891,29	22,4	238	18871,74	39,31 *
I-9	1	6	S355	419,2	12,9	238	10909,2	22,72 **
I-10	2	6	S355	426,21	12,9	238	10951,26	22,81
I-11	3	6	S355	548,8	15,8	238	13252,8	27,61
I-12	4	6	S355	629,23	15,8	238	13735,38	28,61
I-13	1	7,5	S355	451,79	15,8	238	12670,74	26,39
I-14	2	7,5	S355	566,72	18,79	238	14974,92	31,19
I-15	3	7,5	S355	708,45	18,79	238	15825,3	32,96
I-16	4	7,5	S355	714,36	22,4	238	17810,16	37,10

* En yüksek değer, ** En düşük değer

Çizelge 5.10: J tipi modeller için ağırlık değerleri

10. HESAP MODELİ (J)								
Ç ₃ , ANA YÖN=16 m, EĞİM % 20								
MODEL NO	KAR YÜKÜ	AŞIK AÇK.	ÇELİK DAY.	MAKAS	AŞIK	PLAKA	TOPLAM	kg/m ²
J-1	1	6	S275	412,99	12,9	238	10871,94	22,64
J-2	2	6	S275	465,98	12,9	238	11189,88	23,31
J-3	3	6	S275	540,62	15,8	238	13203,72	27,50
J-4	4	6	S275	614,14	15,8	238	13644,84	28,42
J-5	1	7,5	S275	498,29	15,8	238	12949,74	26,97
J-6	2	7,5	S275	540,62	18,79	238	14818,32	30,87
J-7	3	7,5	S275	614,14	18,79	238	15259,44	31,79
J-8	4	7,5	S275	787,75	22,4	238	18250,5	38,02 *
J-9	1	6	S355	407,5	12,9	238	10839	22,58 **
J-10	2	6	S355	511,3	12,9	238	11461,8	23,87
J-11	3	6	S355	560,15	15,8	238	13320,9	27,75
J-12	4	6	S355	683,99	15,8	238	14063,94	29,29
J-13	1	7,5	S355	511,3	15,8	238	13027,8	27,14
J-14	2	7,5	S355	568,96	18,79	238	14988,36	31,22
J-15	3	7,5	S355	692,8	18,79	238	15731,4	32,77
J-16	4	7,5	S355	823,38	22,4	238	18464,28	38,46

* En yüksek değer, ** En düşük değer

Çizelge 5.11: K tipi modeller için ağırlık değerleri

11. HESAP MODELİ (K)								
Ç ₃ , ANA YÖN=20 m, EĞİM % 10								
MODEL NO	KAR YÜKÜ	AŞIK AÇK.	ÇELİK DAY.	MAKAS	AŞIK	PLAKA	TOPLAM	kg/m ²
K-1	1	6	S275	688,8	12,9	294	14410,8	24,01
K-2	2	6	S275	870,93	12,9	294	15503,58	25,83
K-3	3	6	S275	1085,56	15,8	294	18705,36	31,17
K-4	4	6	S275	1336,54	15,8	294	20211,24	33,68
K-5	1	7,5	S275	879,34	15,8	294	17468,04	29,11
K-6	2	7,5	S275	1086,8	18,79	294	20686,2	34,47
K-7	3	7,5	S275	1321,43	18,79	294	22093,98	36,82
K-8	4	7,5	S275	1514,59	22,4	294	25635,54	42,72 *
K-9	1	6	S355	618,87	12,9	294	13991,22	23,31 **
K-10	2	6	S355	719,82	12,9	294	14596,92	24,32
K-11	3	6	S355	892,83	15,8	294	17548,98	29,24
K-12	4	6	S355	1118,09	15,8	294	18900,54	31,50
K-13	1	7,5	S355	688,8	15,8	294	16324,8	27,20
K-14	2	7,5	S355	884,77	18,79	294	19474,02	32,45
K-15	3	7,5	S355	1110,03	18,79	294	20825,58	34,70
K-16	4	7,5	S355	1340,72	22,4	294	24592,32	40,98

* En yüksek değer, ** En düşük değer

Çizelge 5.12: L tipi modeller için ağırlık değerleri

12. HESAP MODELİ (L)								
Ç ₃ , ANA YÖN=20 m, EĞİM % 20								
MODEL NO	KAR YÜKÜ BÖLGESİ	AŞIK AÇK.	ÇELİK DAY.	MAKAS	AŞIK	PLAKA	TOPLAM	kg/m ²
L-1	1	6	S275	630,24	12,9	294	14059,44	23,43
L-2	2	6	S275	783,07	12,9	294	14976,42	24,96
L-3	3	6	S275	896,19	15,8	294	17569,14	29,28
L-4	4	6	S275	996,97	15,8	294	18173,82	30,28
L-5	1	7,5	S275	703,93	15,8	294	16415,58	27,35
L-6	2	7,5	S275	818,59	18,79	294	19076,94	31,79
L-7	3	7,5	S275	1013,69	18,79	294	20247,54	33,74
L-8	4	7,5	S275	1283,8	22,4	294	24250,8	40,41 *
L-9	1	6	S355	564,1	12,9	294	13662,6	22,77 **
L-10	2	6	S355	638,3	12,9	294	14107,8	23,51
L-11	3	6	S355	836,41	15,8	294	17210,46	28,68
L-12	4	6	S355	836,41	15,8	294	17210,46	28,68
L-13	1	7,5	S355	638,3	15,8	294	16021,8	26,70
L-14	2	7,5	S355	826,65	18,79	294	19125,3	31,87
L-15	3	7,5	S355	826,65	18,79	294	19125,3	31,87
L-16	4	7,5	S355	1092,01	22,4	294	23100,06	38,50

* En yüksek değer, ** En düşük değer

Ç₃ tipi çatılardan oluşan bu dört grup arasında en yüksek ağırlık değeri K-8 modeli için, en düşük ağırlık değeri ise J-9 modeli için kaydedilmiştir. Genel olarak bütün parametreler sonuca belirli bir oranda etki göstermiştir. Ancak ağırlık hesabı yapılırken bazen gerilmeler değişse bile kullanılan profiller değişmediği için ağırlık değeri aynı kalmıştır.

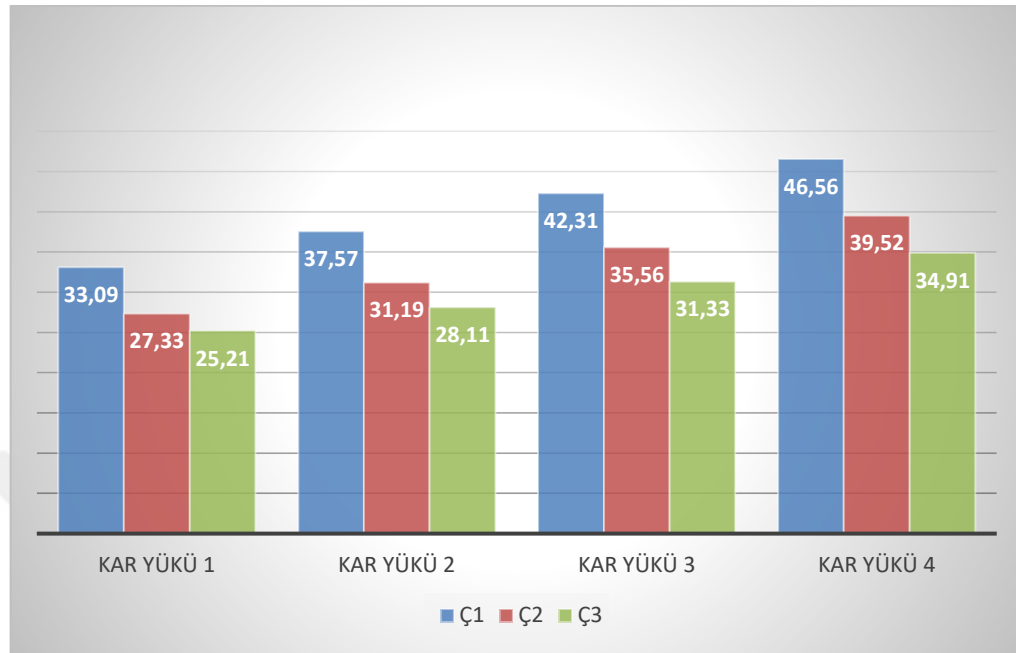
5.1. Kar Yükünün Çatı Ağırlığına Etkisi

192 adet hesap modelinden, kar yükü bölgesine göre çatıların birim ağırlıkları Çizelge 5.13'de verilmiştir.

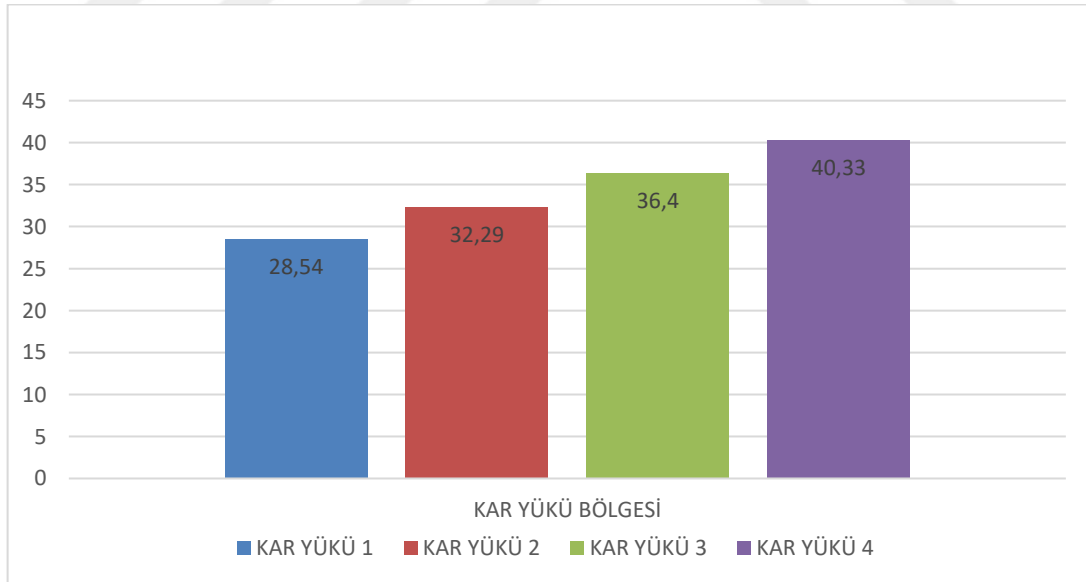
Çizelge 5.13: Kar yükü bölgesi ve çatı tipine göre çatı ağırlıkları (kg/m²)

Kar yükü bölgesi	Çatı tipi		
	Ç ₁	Ç ₂	Ç ₃
1	33,09	27,33	25,21
2	37,57	31,19	28,11
3	42,31	35,56	31,33
4	46,56	39,52	34,91

Kar yükünün 3 farklı çatı tipi için gösterdiği etki ve genel metraja etkisi Şekil 5.1 ve Şekil 5.2’de verilmiştir.



Şekil 5.1: Farklı çatı tiplerinde kar yükünün etkisi (kg/m²)



Şekil 5.2: Kar yükünün genel metraja etkisi (kg/m²)

Kar yüküne göre sonuçlar değerlendirildiğinde; 2. bölge için hesaplanan toplam ağırlığın 1. bölgeye göre %13 daha fazla, 3. bölge için hesaplanan toplam ağırlığın 2. bölgeye göre %13 daha fazla, 4. bölge için hesaplanan toplam ağırlığın 3. bölgeye göre % 11 daha fazla olduğu görülmüştür.

Genel olarak değerlendirilecek olursa, 4. bölge için hesaplanan toplam ağırlığın 1. Bölgeye göre % 41 daha fazla olduğu görülmüştür. Yani kar yükü değeri bir çatının ağırlığını %41 oranında artırabilmektedir. Bu oran Ç₁ tipi çatı için % 37 iken, Ç₂ tipi çatı için % 45, Ç₃ tipi çatı için % 38 değerini almaktadır.

5.2. Aşık Açıklığının Çatı Ağırlığına Etkisi

Bu çalışmada, aşık açıklığı için 6 m ve 7,5 m açıklıklar kullanılmıştır. Aşık açıklığına göre çatıların toplam ağırlıkları Çizelge 5.14’de verilmiştir.

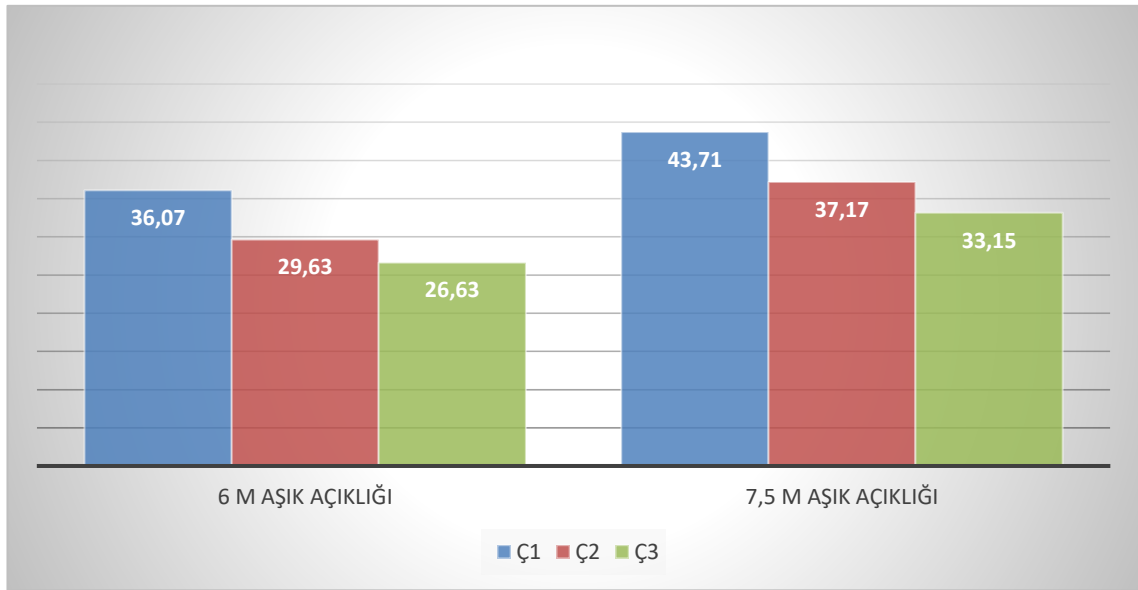
Çizelge 5.14: Aşık açıklığı ve çatı tipine göre çatı ağırlıkları (kg/m²)

Aşık açıklığı	Çatı tipi		
	Ç ₁	Ç ₂	Ç ₃
6 m	36,07	29,63	26,63
7,5 m	43,71	37,17	33,15

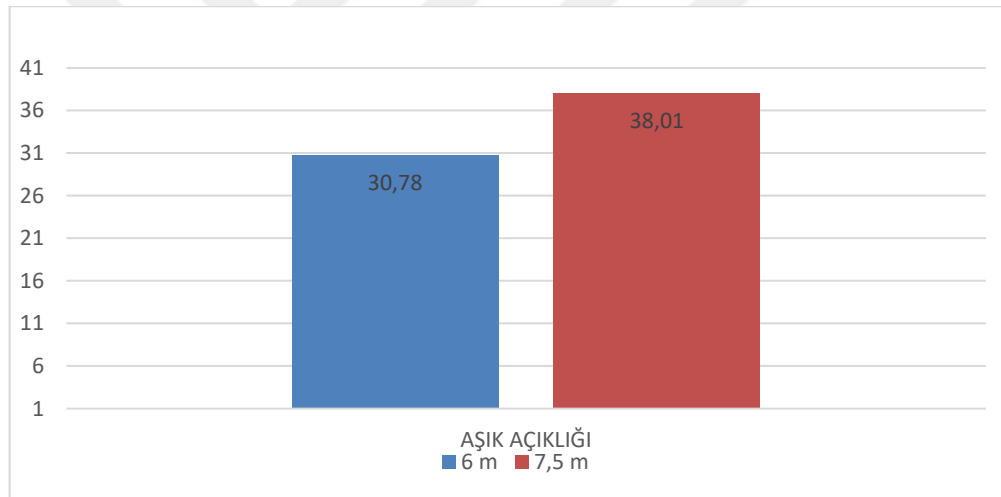
192 adet hesap modelinin 96 tanesi 6 m aşık açıklığına göre, 96 tanesi 7,5 m aşık açıklığına göre hesap edilmiştir. Toplamda 30 m uzunluğa sahip bir çatının aşık açıklıkları 6 m ve 7,5 m olarak ayrı ayrı tasarlandığında, 7,5 m aşık açıklığına sahip olan çatıların ağırlığının daha fazla olduğu görülmektedir.

Aşık açıklığının 3 farklı çatı tipi için gösterdiği etki ve genel metraja etkisi Şekil 5.3 ve Şekil 5.4’de verilmiştir.

Sonuçlara bakıldığında, Ç₁ tipi çatılarda 7,5 m aşık açıklığına sahip çatılar için hesaplanan toplam ağırlığın 6 m aşık açıklığına sahip çatılar için hesaplanan toplam ağırlığa göre %21 daha fazla olduğu görülmektedir. Bu oran Ç₂ tipi çatı için %25 değerini alırken Ç₃ tipi çatılar için %24’dür.



Şekil 5.3: Farklı çatı tiplerinde aşık açıklığının etkisi (kg/m²)



Şekil 5.4: Aşık açıklığının genel metraja etkisi (kg/m²)

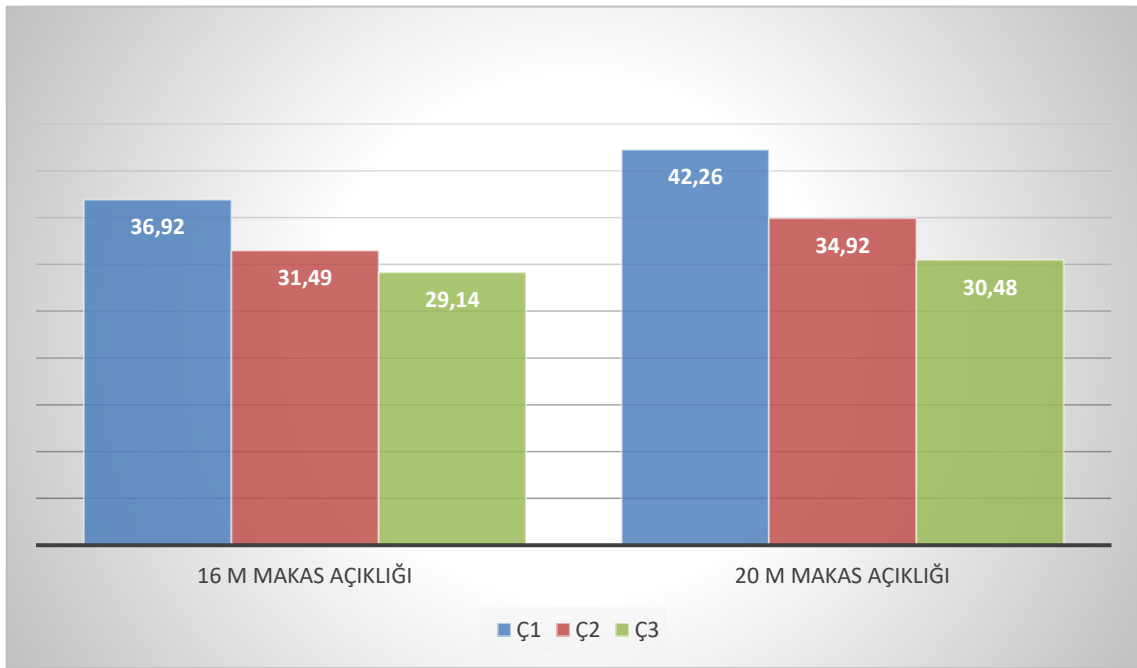
5.3. Makas Açıklığının Çatı Ağırlığına Etkisi

Makas açıklığı için, ülkemizde sanayi tipi yapılar arasında en çok kullanılan açıklıklardan 16 m ve 20 m makas açıklıkları tercih edilmiştir. Bu açıklıklar için hesap edilen toplam çatı ağırlıkları Çizelge 5.15' de verilmiştir.

Çizelge 5.15: Makas açıklığı ve çatı tipine göre çatı ağırlıkları (kg/m²)

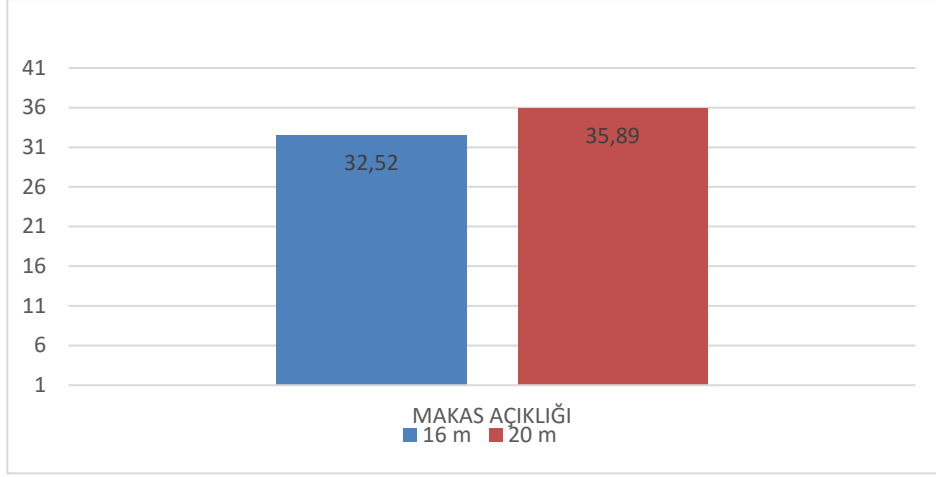
Makas açıklığı	Çatı tipi		
	Ç ₁	Ç ₂	Ç ₃
16 m	36,92	31,49	29,14
20 m	42,26	34,92	30,48

Makas açıklığının 3 farklı çatı tipi için gösterdiği etki ve genel metraja etkisi Şekil 5.5 ve Şekil 5.6'da verilmiştir.

Şekil 5.5: Farklı çatı tiplerinde makas açıklığının etkisi (kg/m²)

Çatı tipine göre sonuçlar değerlendirildiğinde; Ç₁ tipi çatı için 16 m makas açıklığına sahip çatılar %14 daha hafif kalırken, Ç₂ tipi çatı için bu oran %11, Ç₃ tipi çatı için %5 olarak ortaya çıkmaktadır.

Toplam metraja göre değerlendirildiğinde, 16 m makas açıklığına sahip çatılar 20 m makas açıklığına sahip çatılara oranla %10 daha hafif kalmıştır.



Şekil 5.6: Makas açıklığının genel metraja etkisi (kg/m²)

5.4. Çatı Eğiminin Çatı Ağırlığına Etkisi

Kullanım amacı ve mimari nedenlerle çatı eğimi yapılarda farklılık gösterebilmektedir. Sanayi tipi büyük açıklıklı yapılarda, aşırı yükseklik meydana getireceği için çok büyük eğimler kullanılmamaktadır.

Bu çalışmada, %10 ve %20 olarak iki farklı çatı eğimi belirlenmiştir. Çatı eğimine göre çatı ağırlıkları Çizelge 5.16’ da verilmiştir.

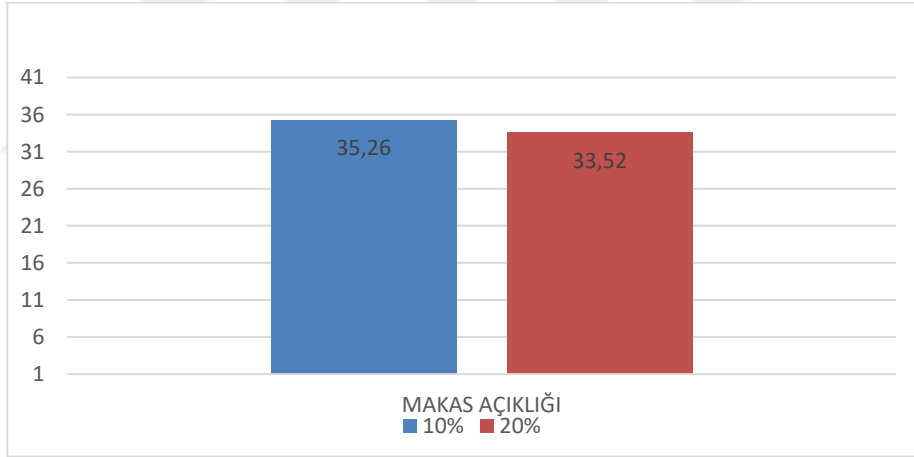
Çizelge 5.16: Çatı eğimi ve çatı tipine göre çatı ağırlıkları (kg/m²)

Çatı eğimi	Çatı tipi		
	Ç ₁	Ç ₂	Ç ₃
%10	39,68	35,63	30,47
%20	40,09	31,17	29,31

Çatı eğiminin 3 farklı çatı tipi için gösterdiği etki ve genel metraja etkisi Şekil 5.7 ve Şekil 5.8’de verilmiştir.



Şekil 5.7: Farklı çatı tiplerinde çatı eğiminin etkisi (kg/m²)



Şekil 5.8: Çatı eğiminin genel metraja etkisi (kg/m²)

Çatı tipine göre sonuçlar değerlendirildiğinde; Ç2 tipi çatı için %20 eğime sahip çatılar %14 daha hafif kalırken, Ç2 ve Ç1 tipi çatılar için önemli bir fark söz konusu değildir. Genel metraja göre değerlendirildiğinde, % 20 eğime sahip çatıların % 10 eğime sahip çatılara göre % 5 daha hafif olduğu görülmüştür.

5.5. Çelik Dayanımının Çatı Ağırlığına Etkisi

Ülkemizde inşaat, otomotiv, sanayi gibi birçok alanda farklı amaçlarla çelik kullanılmaktadır. Yaygın olarak kullanılan genel yapı çeliklerine ait mekanik özellikler Çizelge 1.1’de verilmiştir. Bu çalışmada çelik dayanımı olarak S275 ve S355 çelikleri kullanılmıştır. Çelik dayanımına göre hesap edilen ortalama çatı ağırlıkları Çizelge 5.17’de verilmiştir.

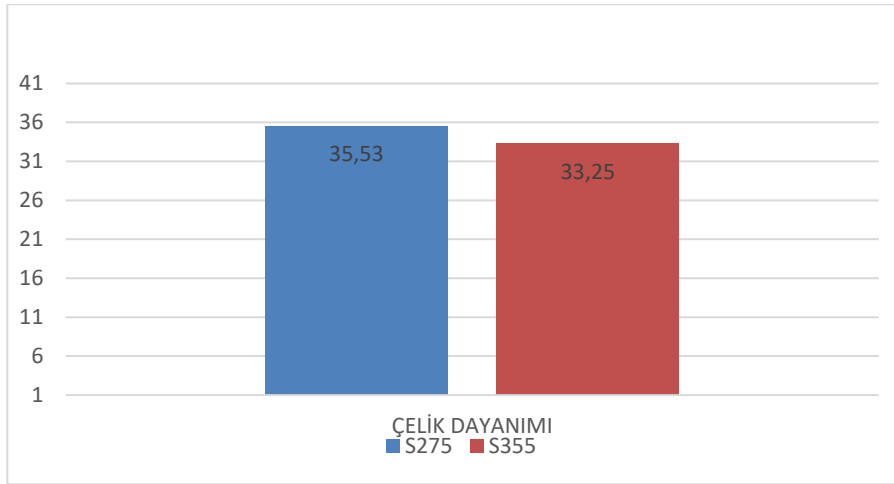
Çizelge 5.17: Çelik dayanımı ve çatı tipine göre çatı ağırlıkları (kg/m²)

Çatı tipi	Ç ₁	Ç ₂	Ç ₃
S275	41,43	34,76	30,39
S355	38,34	32,04	29,39

Çelik dayanımının 3 farklı çatı tipi için gösterdiği etki ve genel metraja etkisi Şekil 5.9 ve Şekil 5.10’da verilmiştir.



Şekil 5.9: Farklı çatı tiplerinde çelik dayanımının etkisi (kg/m²)



Şekil 5.10: Çelik dayanımının genel metraja etkisi (kg/m²)

Çatı tipine göre sonuçlar değerlendirildiğinde, Ç₁ tipi çatı için S355 malzeme kalitesine sahip çatılar S275 malzeme kalitesine sahip çatılara göre %8 daha hafif kalmıştır. Bu oran Ç₂ tipi çatılar için %8, Ç₃ tipi çatılar için %3'dür.

Genel metraja göre değerlendirildiğinde, S355 malzeme kalitesine sahip çatıların S275 malzeme kalitesine sahip çatılara göre %7 daha hafif kaldığı görülmüştür.

S355 ve S275 malzemelerinin akma sınırları arasında daha yüksek bir fark olmasına rağmen metrajlarda aynı oranda bir etki görülmemiştir. Bunun önemli bir sebebi ise sehim hesabıdır. Sehim hesabında çeliğin elastisite modülü ve atalet momenti etkili olmaktadır.

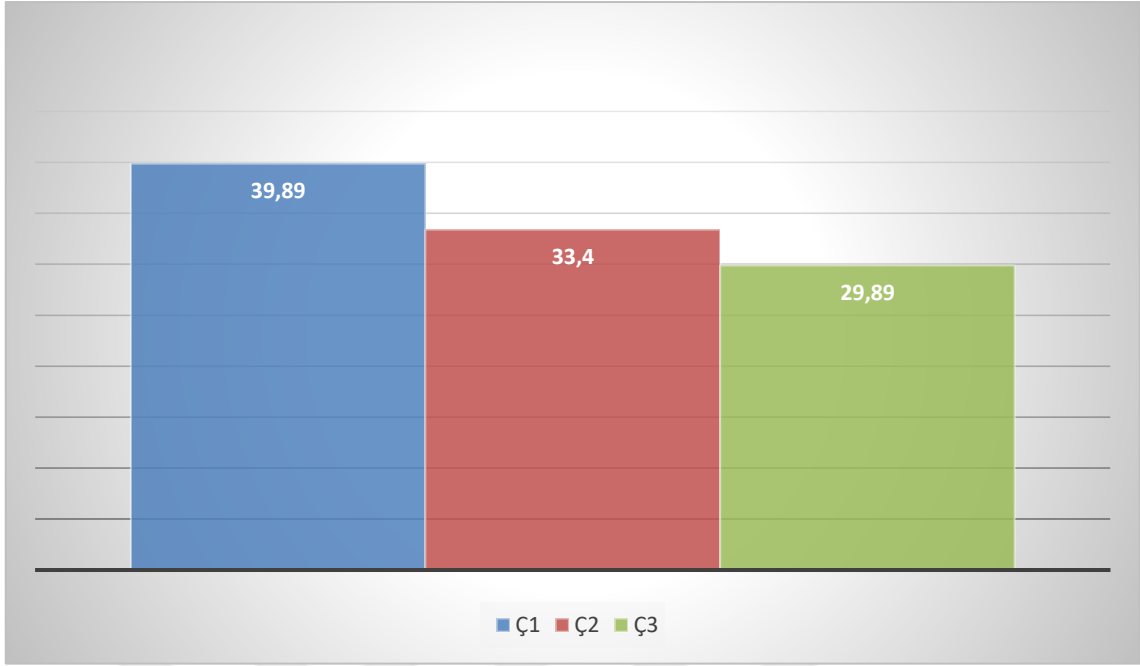
5.6. Çatı Tipinin Çatı Ağırlığına Etkisi

Bölüm 3'de de belirtildiği gibi bu çalışmada 3 farklı çatı tipi kullanılmıştır. Bu çatı tiplerine ait ortalama çatı ağırlıkları Çizelge 5.18'de verilmiştir.

Çizelge 5.18: Çatı tiplerine göre çatı ağırlıkları (kg/m²)

	Ç ₁	Ç ₂	Ç ₃
METRAJ	39,89	33,40	29,89

Çatı tipinin genel metraja etkisi Şekil 5.11'de verilmiştir.

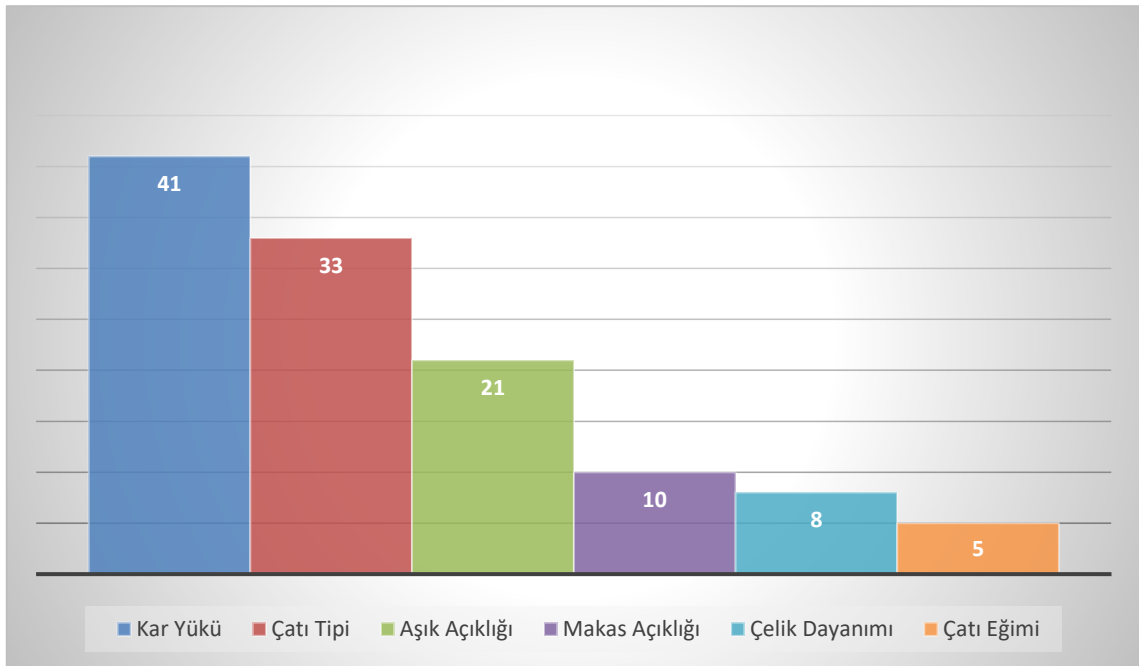


Şekil 5.11: Çatı tipinin genel metraja etkisi (kg/m²)

Çelik çatılarda sıklıkla kullanılan bu çatı tiplerinin, çatı ağırlığına net bir şekilde etki ettiği sonuçlardan görülebilmektedir. Sonuçlar değerlendirildiğinde, Ç₃ tipi çatıların Ç₂ tipi çatılara göre %12 daha hafif, Ç₂ tipi çatıların Ç₁ tipi çatılara göre %19 daha hafif kaldığı görülmüştür. En hafif çatı tipi olarak görülen Ç₃ tipi çatılar Ç₁ tipi çatılara göre %33 daha hafif kaldığı görülmüştür.

Bu oranların yalnızca ağırlık olarak değerlendirildiğini düşünürsek, maliyete etki eden işçilik ve zaman gibi diğer etkenleri de dikkate almak gerekmektedir. Ağırlık yönünden en hafif olan Ç₃ tipi çatıların işçilik yönünden en zahmetli, zaman yönünden ise en uzun imalat sürecine sahip çatılar olduğu unutulmamalıdır.

Çatı tipine karar verirken, üretim yapılacak yerin mevcut makine ve ekipman parkuru da dikkate alınmalıdır. Üretim alanının kısıtlı olduğu, özellikle yerinde imalat yapılan bazı projelerde Ç₃ tipi çatılar imalatçıyı zora sokacaktır. Çatı tipine karar verirken bu ve benzeri etkilerinde göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Sonuç olarak ilk başta belirlenen 6 adet parametrenin çatı ağırlığına etkileri Şekil 5.12’de verilmiştir.



Şekil 5.12: Parametrelerin çatı ağırlığına etki oranları (%)

6. ÇATI AĞIRLIĞININ AKILLI BİR YAZILIM İLE TAHMİNİ

Giderek daha rekabetçi bir ortam olan dünyamızda doğru sonuca en hızlı şekilde ulaşmak tüm insanların ortak hedefidir. Bu hedef doğrultusunda ise bilgisayarlardan ve bilgisayar yazılımlarından mümkün olduğunca faydalanılmaktadır.

İşletmelerin kendi iç kontrollerinden borsa tahminlerine, sağlık sorunlarının hızlı teşhisinden stratejik yönetimlere kadar ve buna benzer birçok alanda dijital verileri analiz edip doğru sonuçlara varabilen ve bu sonuçları uygulayabilen akıllı sistemlerin kullanımı dünyamızda her geçen gün artmaktadır.

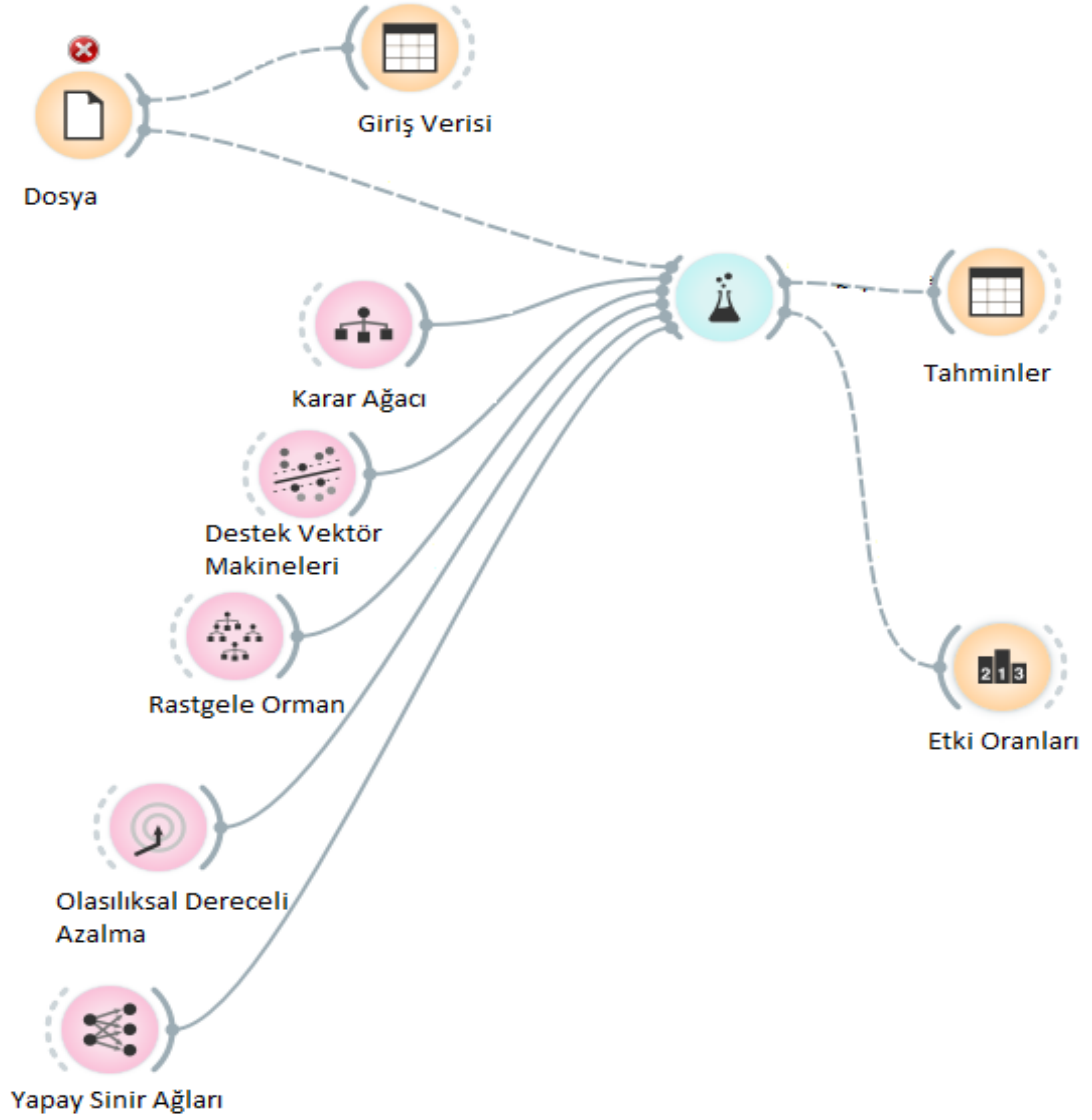
Birçok bilim dalında farklı problemlerin çözümü için akıllı metotlara ilgi artmıştır. Farklı problemler için farklı yaklaşımlar ve çözüm imkanı sunabilen akıllı sistemler; doğaya ait sistemlerden ilham alarak otomatik öğrenme, yapay zeka, evrimsel ve sezgisel algoritmalar üzerine kuruludur.

Akıllı sistemler oldukça karmaşık, belirsiz ve değişken yapıya sahip problemlere geleneksel olmayan çözümler sunmaktadır.

6.1. Akıllı Sistemlerden Elde Edilen Sonuçlar

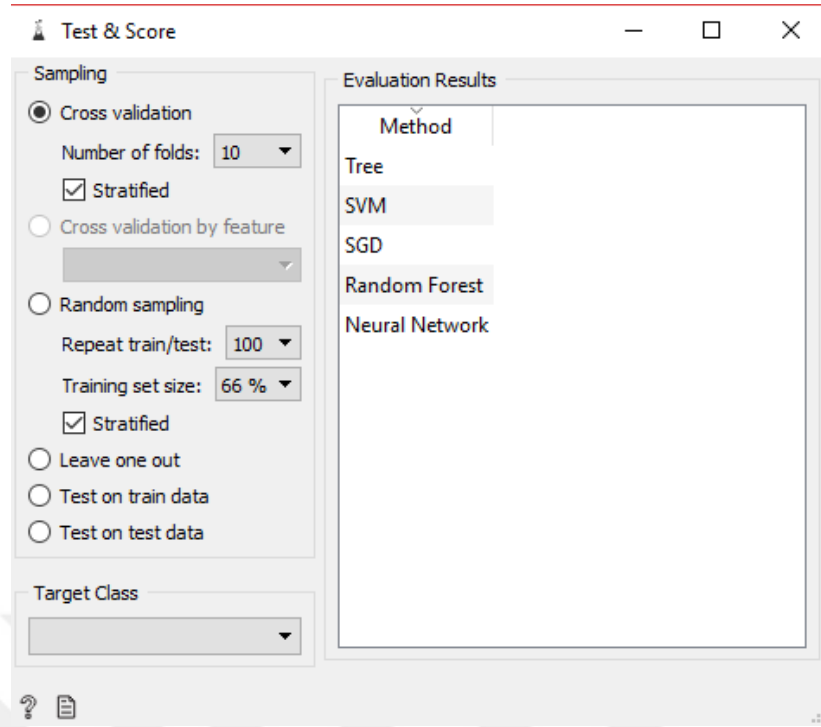
192 adet hesap modelinden elde edilen ağırlık değerleri giriş verisi olarak kullanılarak 5 farklı metoda göre sonuçlar alınmıştır. Akıllı sistem modellemelerinde Orange programından yararlanılmıştır. Bu sistemlere ait şema Şekil 6.1’de verilmiştir.

Mevcut veriler çapraz doğrulama (Cross Validation) yöntemiyle değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Eğitim verisi oranı yapılan birkaç deneme neticesinde %10 olarak belirlenmiştir yani 192 adet veri rastgele 10 birime ayrılarak 1 birim eğitim verisi 9 birim de test verisi olarak kullanılmıştır (Şekil 6.2). Çapraz doğrulama yöntemine göre bu işlem her birim için ayrı ayrı yapılarak toplam hata oranları tespit edilmiştir. Eğitim verisi oranının düşük olması sistemin öğrenmesini zayıflatacağı gibi bu oranın çok yüksek olması da sistemin öğrenmekten çok ezberleme yapacağı anlamına gelmektedir.



Şekil 6.1: Akıllı sistem modellemelerine ait sistem şeması

Sistem şemasından da anlaşılacağı gibi belirli bir giriş verisi ile eğitilen sistemlerin ayrı ayrı sonuçlar üretmesi sağlanmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 6.1’de verilmiştir. Gerçek değerlere en yakın veriye, 0,919 determinasyon katsayısı ile YSA yöntemi aracılığıyla ulaşılmıştır. Determinasyon katsayısı yüksek olan sistemlerde hata oranlarının düşük olduğu sonuçlarda görülebilmektedir.



Şekil 6.2: Verilerin değerlendirilmesiyle alakalı Orange programında yapılan tercihler

Çizelge 6.1: Akıllı sistemlere ait hata oranları ve determinasyon katsayısı

Yöntem	MSE	RMSE	MAE	R ²
Karar Ağacı	9,241	3,040	2,455	0,839
SVM	5,479	2,341	1,867	0,905
SGD	5,620	2,371	1,895	0,902
Rastgele Orman	6,631	2,575	1,994	0,885
YSA	4,655	2,158	1,339	0,919

Doğru sonuca en yakın tahminleri yapan YSA yönteminde kullanılan parametreler aşağıdaki gibidir,

- Aktivasyon Fonksiyonu : Logistic Sigmoid
- Çözüm algoritması : L-BFGS-B
- Gizli Katmandaki Nöron Sayısı : 10
- Maksimum iterasyon sayısı : 500

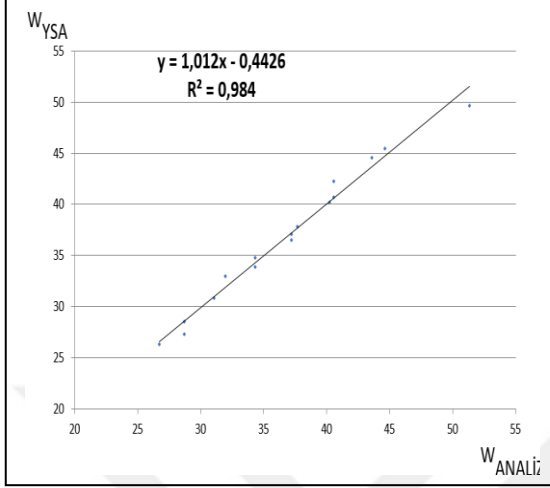
Belirlenen parametrelerin çatı ağırlığına etki oranları Çizelge 6.2’de verilmiştir. Buna göre kar yükü değeri %52,1 oranla çatı ağırlığına en fazla etki eden parametre

olurken bu parametreyi sırasıyla çatı tipi, aşık açıklığı, makas açıklığı, çelik dayanımı ve çatı eğimi parametreleri takip etmektedir. Matematiksel hesaplamalar sonucu yapılan kıyaslamalarda da aynı sıralama elde edilmiş olmasına karşın etki oranlarında bir miktar farklılıklar bulunmaktadır.

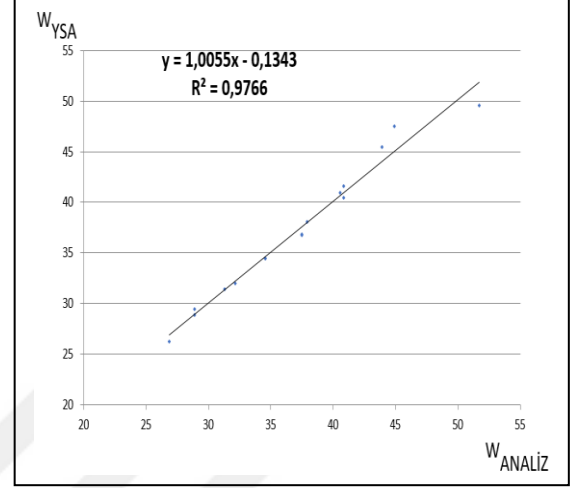
Çizelge 6.2: Parametrelere ait adım sayıları ve etki oranları

Parametre	Adım Sayısı	Etki Oranı
Kar Yüğü	4	0,521
Çatı Tipi	3	0,406
Aşık Açıklığı	2	0,261
Makas Açıklığı	2	0,209
Çelik Dayanımı	2	0,191
Çatı Eğimi	2	0,166

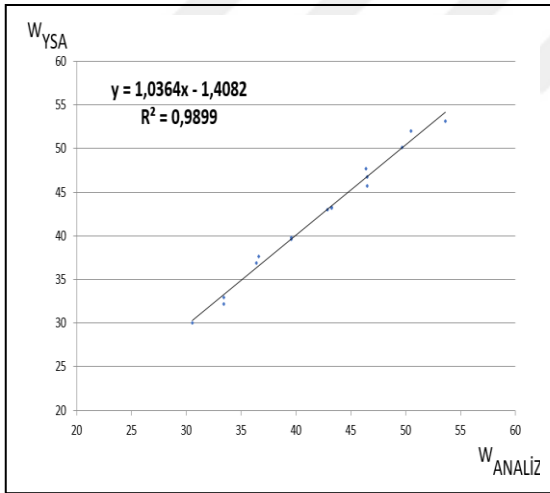
12 farklı çatı tipi için, analiz sonuçları ve YSA'dan elde edilen ağırlık sonuçlarının karşılaştırıldığı lineer regresyon analizleri Şekil 6.2'de verilmiştir.



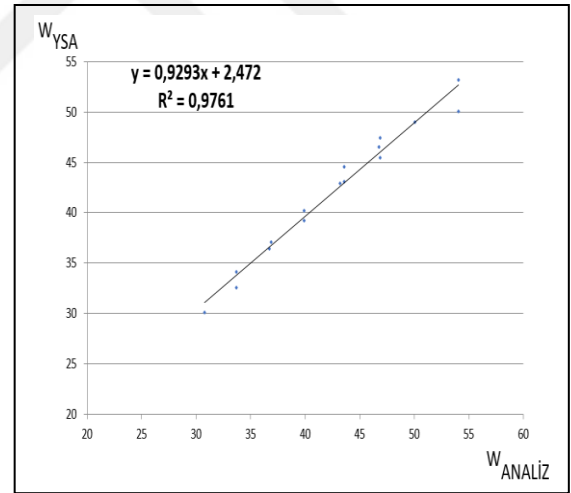
Şekil 6.3 (a): A tipi modeller için lineer regresyon analizi



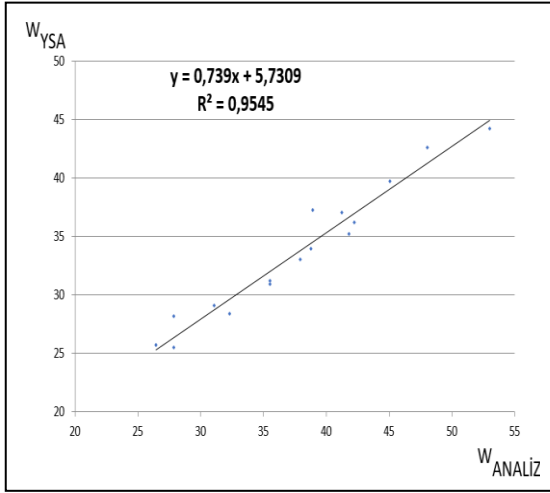
Şekil 6.3 (b): B tipi modeller için lineer regresyon analizi



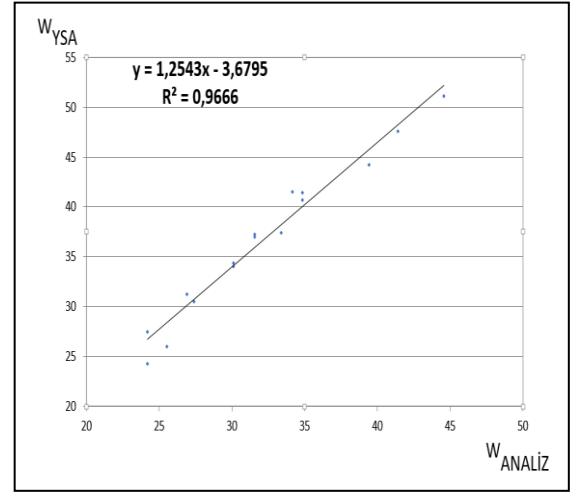
Şekil 6.3 (c): C tipi modeller için lineer regresyon analizi



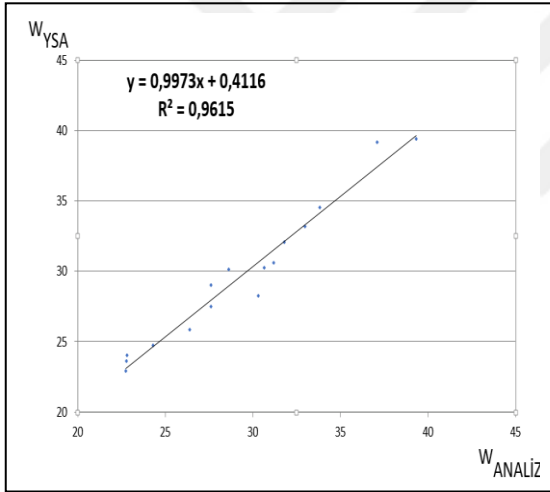
Şekil 6.3 (d): D tipi modeller için lineer regresyon analizi



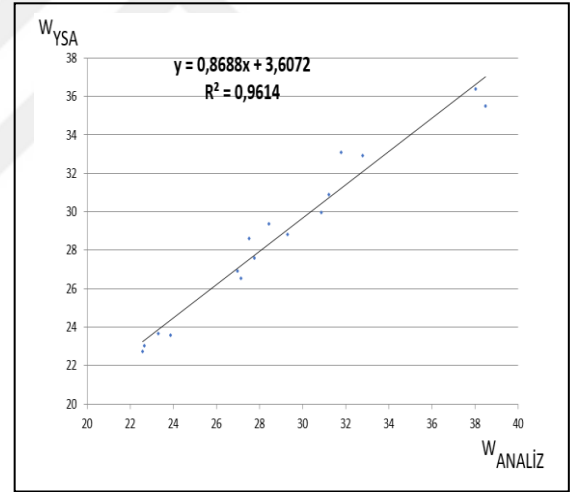
Şekil 6.3 (e): E tipi modeller için lineer regresyon analizi



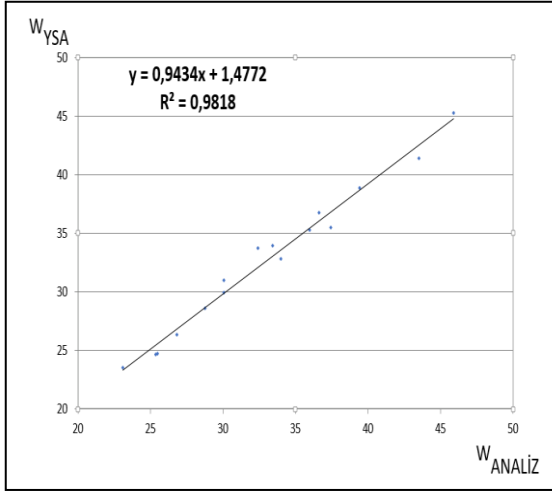
Şekil 6.3 (f): F tipi modeller için lineer regresyon analizi



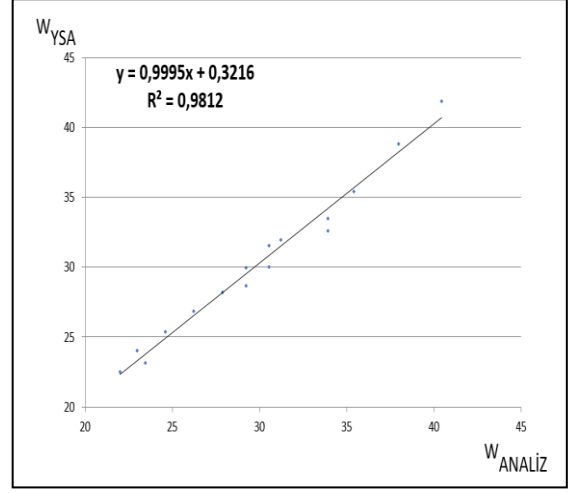
Şekil 6.3 (g): G tipi modeller için lineer regresyon analizi



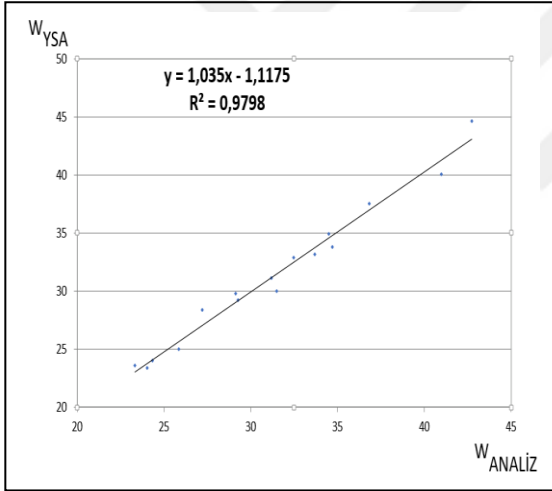
Şekil 6.3 (h): H tipi modeller için lineer regresyon analizi



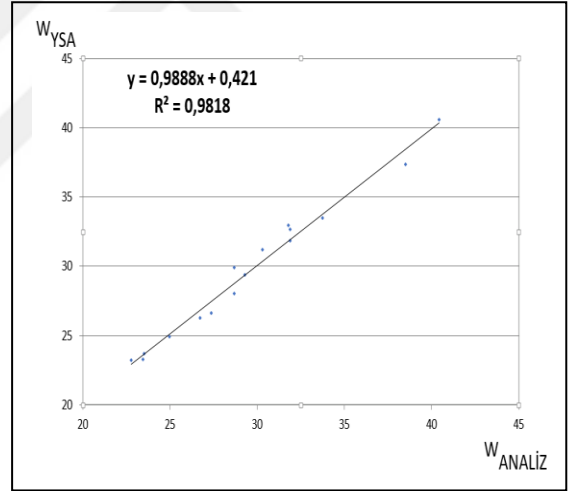
Şekil 6.3 (i): I tipi modeller için lineer regresyon analizi



Şekil 6.3 (j): J tipi modeller için lineer regresyon analizi



Şekil 6.3 (k): K tipi modeller için lineer regresyon analizi



Şekil 6.3 (l): L tipi modeller için lineer regresyon analizi

12 farklı tip için yapılan lineer regresyon analizlerinde YSA'dan elde edilen ağırlık verilerinin gerçek sonuçlarla %100'e yakın oranlarda yakınlık gösterdiği gözlemlenmiştir. Tipler arasındaki başarı oranında önemli bir fark görülememiştir.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında düzlem çelik çatıların ağırlık hesabına dair analizler yapılmıştır. Öncelikle çerçeve sistem, gergili sistem ve kafes sistem olmak üzere uygulamada sıkça kullanılan 3 farklı çatı tipi belirlenmiştir. Daha sonra çatının ağırlık hesabına etki etmesi beklenen 6 adet parametre belirlenmiş, bu parametreler ve çatı tiplerine bağlı olarak 192 farklı hesap modeli oluşturulmuştur.

Düzlem çelik çatıların analizinde ÇYTHYE-2016, TS498 ve TS-EN 1991-1-3 yönetmelikleri esas alınmıştır. Oluşturulan hesap modelleri SAP2000 programında ayrı ayrı analiz edilerek bulunan ağırlık değerleri not edilmiştir. Hesap modellerinin tasarımı AISC-ASD 360-10 yönetmeliğine göre yapılmıştır.

Son olarak statik analiz sonuçlarından elde edilen ağırlık verileri akıllı yazılım sistemleri aracılığı ile değerlendirmeye tabi tutularak benzer yapı modelleri için ağırlık tahmini yapılmaya çalışılmıştır.

Bu çalışmanın sonuçları, ağırlık analizinden elde edilen sonuçlar ve akıllı sistemlerden elde edilen sonuçlar olmak üzere iki kısımda incelenebilir.

7.1. Ağırlık Analizi ile Alakalı Sonuçlar

SAP2000 programında analizleri yapılan hesap modelleri için minimum ağırlık değerleri not edilmiştir. Bu çalışmanın amacıyla paralel olarak en başta belirlenen parametrelerin çatı ağırlığına ne ölçüde etki ettikleri belirlenmiştir. Sonuç olarak en fazla etki gösteren parametre kar yükü olmak üzere sırasıyla çatı tipi, aşık açıklığı, makas açıklığı, çelik kalitesi ve çatı eğimidir. Bu parametrelerin sonuca etkileri şu şekilde yorumlanabilir.

- **Kar yükü** : TS-EN 1991-1-3'e göre kar yükü değeri belirlenirken en büyük faktör yapının lokasyonudur. Yapının lokasyonuna göre belirlenen kar yükü bölgesinin sonuçlara % 41 oranında etki ettiği görülmüştür. Yapının lokasyonu tasarımcının inisiyatifinde olan bir durum değildir ancak kar yükünü artırıcı parapet duvar, kalkan duvar ve benzeri detaylara dikkat edilmesi gerekmektedir.
- **Çatı tipi** : Elde edilen verilere göre çatı tipinin sonuçlara % 33 oranında etki ettiği görülmüştür. Çatının ağırlığının % 33 oranında hafiflemesi yapılar için

oldukça önemli bir avantajdır ancak bu oran maliyete aynı ölçüde yansımayaabilir. Bu sebeple çatı ağırlığı ile birlikte malzeme tedariki, malzeme fiyatları, üretim kolaylığı ve hız gibi değişkenlerinde değerlendirmeye tabi tutulması gerekmektedir.

- **Aşık açıklığı :** Elde edilen verilere göre aşık açıklığının sonuçlara % 21 oranında etki ettiği görülmüştür. 6m aşık açıklığına sahip çatılar 7,5m aşık açıklığına sahip çatılara oranla daha hafif kalmıştır. Üretim ve montaj kolaylığı, malzeme çeşitliliği gibi detaylarda herhangi bir farklılığı bulunmayan bu iki sistem arasında tasarımcıların vereceği kararla ciddi oranda maliyet kazanımı sağlanabilecektir.
- **Makas açıklığı :** Elde edilen verilere göre makas açıklığının sonuçlara % 10 oranında etki ettiği görülmüştür. 16 m makas açıklığına sahip çatılar 20 m makas açıklığına sahip çatılara nazaran daha hafif kalmıştır. Makas açıklığının sonuca etkisi önceki 3 parametreye bakıldığında düşük kalmaktadır. Mimari detaylarla birlikte değerlendirerek tasarımcının uygun bir karar vermesi doğru olacaktır.
- **Çelik kalitesi :** Elde edilen verilere göre çelik kalitesinin sonuçlara % 8 oranında etki ettiği görülmüştür. Bu oran iki çelik kalitesi arasındaki dayanım farkına bakıldığında oldukça düşük kalmaktadır. Bunun başlıca sebebi sehim hesabında çelik dayanımının etkisinin olmaması olarak gösterilebilir. Yüksek dayanımlı çeliğin diğer çelik cinsine göre fiyatının yüksek olduğu düşünüldüğünde S355 kalite çelik malzeme kullanılmasının yapılar için önemli bir avantaj elde etmeyeceği gözlemlenmiştir. Çelik cinsine karar verirken güncel çelik fiyatları ile birlikte değerlendirilmesi doğru olacaktır.
- **Çatı eğimi :** Elde edilen verilere göre çelik kalitesinin sonuçlara % 5 oranında etki ettiği görülmüştür. Ç₁ tipi çatılarda % 10 eğime sahip çatılar daha hafif kalırken, Ç₂ ve Ç₃ tipi çatılarda % 20 eğime sahip çatılar daha hafif kalmıştır. Sonuca etkilerin oldukça sınırlı olduğu göz önünde bulundurularak çatı

eğimine karar verirken diğer parametrelerle birlikte değerlendirilmesi doğru olacaktır.

7.2. Akıllı Sistemler ile Alakalı Sonuçlar

Elde edilen ağırlık verilerinden yararlanılarak 5 farklı akıllı yazılım sistemi geliştirilmiş ve bu sistemler ile tek tek bütün modellerin ağırlık tahminleri yapılmıştır. Akıllı sistemlerle alakalı kısımda da belirtildiği gibi her bir sistemin birbirilerine kıyasla avantajlı ve dezavantajlı yönleri olmaktadır.

Bu çalışmada kullanılan veri seti için en uygun tahmini 0,919 determinasyon katsayısı ile YSA modeli gerçekleştirmiştir. Daha sonra sırasıyla SVM, SGD, rastgele orman algoritması, karar ağacı algoritması en iyi başarıyı gösteren sistemlerdir.

Bu çalışmada minimal bir veri seti ile sonuçlar tahmin edilmeye çalışılmıştır. Ancak uygulamada bu çalışmada kullanılan veri setinin çok daha üzerinde bir mevcut olduğu söylenebilir. Burada kullanılan parametrelerin çoğaltılması ve aralıklarının daraltılması ile çok daha yüksek başarı oranına sahip yazılım sistemleri geliştirilebilecektir.

İnşaat mühendisliği gibi hayati öneme sahip hesaplamalarda gerçek değerlerin önemi şüphesiz çok büyüktür. Ancak ön tasarım aşamasında veya kesin hesap gerektirmeyen raporlamalarda akıllı sistemlerden güvenle faydalanılabileceği görülmüştür.

7.3. Öneriler

Elde edilen sonuçlardan da görülebileceği gibi, kar yükü bölgesinin tasarımcının inisiyatifinde olmadığı göz önüne alınarak doğru bir tasarım ile düzlem elik çatı ağırlığının % 50'ye yakın oranlarda düşürülebileceği görülmüştür. Bu durum elik yapıların diğer yapı türleri karşısında cazibesini artırması anlamına gelmektedir.

Ülkemizde elik malzeme üretiminin ve kullanımının giderek yaygınlaştığı son yıllarda projelendirilen yapıların alanında uzman inşaat mühendisleri tarafından projelendirilmesi büyük önem arz etmektedir. 2016 yılında yürürlüğe giren elik yapı yönetmeliği ile artık ülkemiz modern bir yönetmeliğe kavuşmuştur. Bununla beraber projelendirme ve uygulama olarak aynı seviyeye ulaşıldığında uzun yıllar boyunca güvenle hizmet edecek bir yapı stoğu elde edilecektir.

Son yıllarda ülkemizde görülen depremler, yoğun kar yağışları ve şiddetli rüzgarlar neticesinde bir çok yapıda hasar meydana gelmiş can ve mal kayıplarına neden olmuştur. Bunun en büyük nedeni yeterli bilgi ve tecrübeye sahip olmayan mühendisler tarafından projelendirilen veya hiç mühendislik hizmeti almadan inşa edilen yapılardır. Bu dönemde inşa edilen yapıların birçoğu halen kullanılmakta ve tehlike arz etmektedir.

Bundan sonraki dönemde bu tarz hataların yapılmaması ve benzer acılar yaşanmaması için 2016 yılında yürürlüğe giren çelik yapı yönetmeliğine paralel olarak mühendislik fakültelerinde bu alanda uzman inşaat mühendislerinin yetiştirilmesi gerekmektedir.

Bununla beraber son yüzyılın en büyük gelişmesi olarak gösterilen yapay zeka teknolojisinde ülke çapında bir akım geliştirilememiştir. Erken yaşlardan itibaren bu eğitimlerin öğrencilere kazandırılması bütün mühendislik dalları için büyük bir kazanım sağlayacaktır.

Bu çalışmada statik hesaplamaların tamamı lineer olarak yapılmıştır. Akıllı sistemlerin başarı oranlarının yüksek çıkmasında lineer analizin etkili olduğu düşünülebilir. Non-lineer bir analiz yapılması halinde sonuçların nasıl değişeceği ve akıllı sistemlerin nasıl tahminler üreteceği farklı bir çalışma konusu olarak değerlendirilebilir. Bu şekilde bir çalışma, konunun kapsamlı olarak anlaşılması açısından faydalı olacaktır.

KAYNAKLAR

- ANSI/AISC 360-10, 2010**, Specification for Structural Steel Buildings, American Institute of Steel Construction, Chicago, Illinois, USA.
- Atınç, Y., 2017**, Yapay Zeka, Kodlab Yayınevi, İstanbul.
- Atasever, Ü. H., 2011**, Uydu Görüntülerinin Sınıflandırılmasında Hızlandırma, Destek Vektör Makineleri, Rastgele Orman Ve Regresyon Ağaçları Yöntemlerinin Kullanılması, Yüksek lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri
- Aydın, M. C., Işık, E., 2013**, Kar Yüğü Etkin Bölgelerde Çelik Kafes Sistem Güçlendirmesi
- Ayyıldız, E., 2018**, Çelik Lifli Betonların Malzeme Karışım Oranlarını Ve Beton Basınç Dayanımlarını Bulanık Mantık Kullanarak Modelleme, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Bilge, U., 2007**, Tıpta Yapay Zeka ve Uzman Sistemler.
- Bozkurt, M. B., 2009**, Büyük Açıklığa Sahip Bir Uçak Hangarının Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- CSI (2016)**, CSI Analysis Reference Manual for SAP2000, ETABS and SAFE, Computer and Structures Inc., Berkeley, CA.
- Çevik, A., 2006**, Yapıların Elastoplastik Analizi İçin Yeni Bir Yaklaşım: Yapay Sinir Ağları, Doktora Tezi, Gaziantep Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gaziantep.
- ÇYTHYE (2016)**, Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- Deren, H., Uzgider, E., Piroğlu, F., Çağlayan, Ö., 2012**, Çelik Yapılar, Çağlayan Kitabevi, İstanbul
- Doğan, G., 2018**, Betonarme Kolonların Deprem Sonrası Hasar Seviyelerinin Akıllı sistem Tabanlı Bir Yöntemle Belirlenmesi, Doktora Tezi, Konya Teknik Üniversitesi, Konya.
- Durmaz, Z., 1998**, DSİ 8.Bölge Müdürlüğü Kar Ölçüm Çalışmaları, I. Ulusal Kar Kongresi, Erzurum, 27-34.
- Durmaz, M. ve Daloğlu, A., 2003**, Zemin ve Çatı Kar Yüklerinin Belirlenmesi: Erzurum İli İçin Örnek Çalışma, Mühendislik Bilimleri Genç Araştırmacılar I. Kongresi, İstanbul Üniversitesi, Müh. Mim. Fakültesi, İstanbul, 289-295.
- Elmas, Ç., 2007**, Yapay Zeka Uygulamaları, Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- Emel, G.G., Taşkın,Ç., 2002**, Genetik Algoritmalar Ve Uygulama Alanları 132S.

- Gündüz, A., 2006,** Tornalama İşleminde Oluşan Kesme Kuvvetlerinin Bulanık Mantık Ve Yapay Sinir Ağlarıyla Tahmini.
- Gemici, E., Ardıçhoğlu, M., Kocabaş, F., 2013,** Akarsularda Debinin Yapay Zeka Yöntemleri İle Modellenmesi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi.
- Haberdar, A. E., 2015,** Şed Tipi Çelik Çatıların Kar Yüğü Değerlerinin TS498, EUROCODE 1-3, ASCE 07-10 Kapsamında Analizi, Karşılaştırılması ve Değerlendirilmesi.
- <https://anahtar.sanayi.gov.tr/tr/news/bilisim-bilim-ve-teknoloji/600>. [Erişim Tarihi:5 Nisan 2016]**
- Kabalıcı,E., 2014,** Yapay Sinir Ağları, Ders Notları, <https://ekblc.files.wordpress.com/2013/09/ysa.pdf>
- Kavzoğlu, T., Çölkesen, İ., 2010,** Destek Vektör Makineleri ile Uydu Görüntülerinin Sınıflandırılmasında Kernel Fonksiyonlarının Etkilerinin İncelenmesi, Harita Dergisi, Sayı 144.
- Keskenler, F. M., Keskenler, F. E., 2017,** Bulanık Mantığın Tarihi Gelişimi, Takvim-i Vekayi
- Kocabaş, S., 2005,** Çelik Yapıların SAP2000 Programı Aracılığı İle Analiz Ve Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Çukuroca Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana
- Koç, L., 1998,** Yapılarda Kar Yükünün Belirlenmesi
- Koçer, M., 2016,** Fretli Klonların Kesme, Eğilme ve Süneklik Kapasitelerinin Yapay Sinir Ağları ile Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Koyuncu, T., 2009,** Mevcut Betonarme Binaların Deprem Yükleri Altında Performanslarının Belirlenebilmesi İçin Yeni Bir Değerlendirme Yöntemi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Odabaşı, Y., 2000,** Ahşap ve Çelik Yapı Elemanları, Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., İstanbul
- Öztemel, E., 2012,** Yapay Sinir Ağları, Papatya Yayıncılık, İstanbul
- Sertkaya, M. S., 2017,** Betonarme ve Öngerilmeli Beton Kirişlerin Kesme Kapasitelerinin Tahminine Yönelik Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Taylan, E. D., 2018,** Akdeniz Bölgesindeki Akımların Tahmini İçin Akıllı Sistemlerin Uygulanması, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

- Terzi, C., 2011**, Doğu Anadolu Bölgesinin Zemin Kar Yükü Haritasının Oluşturulması ve Çatı Kar Yüklerinin Belirlenmesi.
- Terzi, C., Gürbüz, A., Süme, A., Ustabaş, İ., 2015**, Kar Yükünün Tetikleme Sonucu Çöken Örnek Bir Çelik Çatının İncelenmesi
- Toğan, Durmaz, M., Daloğlu A., 2013**, Çatı Makaslarının Türk Standardı ve GIS-tabanlı Kar Yükü Haritası'nda Verilen Kar Yükleri Altında Optimizasyonu
- Topçu, A., 2012**, Kar Yükü ve Çöken Çatılar, <http://mmf2.ogu.edu.tr/atopcu/>
- TS498 (1997)**, Yapı Elemanlarının Boyutlandırmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 1991-1-3 (2007)**, Yapılar Üzerindeki Etkiler-Bölüm 1-3: Genel Etkiler – Kar Yükleri (Eurocode 1), Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 1991-1-4 (2007)**, Yapılar Üzerindeki Etkiler-Bölüm 1-3: Genel Etkiler – Rüzgar Yükleri (Eurocode 1), Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Tunaboyu, O., 2007**, Bilgisayar Destekli Çelik Yapı Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Uygunoğlu, T. ve Yurtcu, Ş., 2006**, Yapay Zeka Tekniklerinin İnşaat Mühendisliği Problemlerinde Kullanımı. Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi.
- Ülker, M., 2014**, AISC 360-10 ve Türk Deprem Yönetmeliği'ne Göre Çelik Yapıların Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Elazığ.
- Ünal, B., 2009**, Bulanık Fonksiyonlar İle Bulanık Sistem Modelleme, TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniv., (Yayımlanmamış) Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Vural, M., 2012**, Uzay Kafes Sistemlerinin Kar Yükleri Yönünden İncelenmesi: Stadyum Çatısı Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Yıldırım, H. A., 2018**, Genetik Algoritma ve Bulanık Mantık Yaklaşımı ile İnşaat Projelerinde Süre-Maliyet Optimizasyon Modeli, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Abdullah AKYÜZ
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve tarihi : Konya / 20.06.1990
Telefon : 505 762 0149
e-posta : abduallahakyuz14@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Enderun Lisesi , Karatay, Konya	2007
Üniversite	: Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi	2012

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2013-2014	Beğen İnşaat	Saha Mühendisi
2014-2016	Kaya Çelik Konstrüksiyon	Proje Müdürü
2016-2017	Delta Group	Proje Sorumlusu
2017- halen	Selçuklu Belediyesi	İnşaat Mühendisi

YAYINLAR

Akyüz, A. ve Arslan, M.H., 2019, Düzlem Çelik Çatıların Ağırlık Analizi, International Symposium for Environmental Science and Engineering Research (ISESER), Konya