

## HANGAR TİPİ ÇELİK ENDÜSTRİ YAPILARINDA OPTİMUM ÇERÇEVENİN BELİRLENMESİ

Sadrettin SANCIOĞLU<sup>1\*</sup>, Abdulkerim İLGÜN<sup>2</sup>

**Özet:** Günümüzde inşaat mühendisleri tarafından yapılan yapının tasarım ve projelendirilmesinde temel olarak (Emniyet- Ekonomik- Estetik) kuralı esas alınmaktadır. Emniyetli taşıma gücü, dijital ortamlarda belirli yönetmelik ve yöntemlerle kolaylıkla sağlanmaktadır. Fakat en emniyetli yapı, her zaman en ekonomik yapı olmayabilir. Burada inşaat mühendisi, emniyet ve maliyet dengesini optimum düzeyde kurmalıdır. Özellikle maliyetin yüksek olduğu çelik yapı sistemlerinin, ülkemizde yaygın olarak uygulandığı yapılar genellikle endüstri yapılarıdır. Bu çalışmadaki amaç ülkemizdeki çelik yapıların kullanımının artırılmasına katkı sağlamak ve uygulayıcılara çerçeve seçiminde, ekonomik açıdan karşılaştırmada yardımcı olmaktır. Çalışmada tasarım parametreleri; makas açıklığı, çerçeve aralığı ve çatı eğimi olarak öngörülmektedir. Sabit kolon yüksekliğinde 7 farklı makas açıklığı (15m, 16m, 17m, 18m, 19m, 20m ve 21m), 7 farklı çerçeve aralığı (5m, 5.5m, 6m, 6.5m, 7m, 7.5m, 8m) ve 5 farklı çatı eğiminin (%5, %6, %7, %8, %9), hangar tipi endüstri yapısının maliyetine etkisi araştırılmıştır. Analizde kullanılacak yükler Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri (TS498)[1]'e göre Konya ili için belirlenmiştir. Analiz "2016- Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmeliği (ÇYHY)[2]" ne göre 6 farklı kombinasyonda SAP 2000 programı ile yapılmıştır. Toplam 245 çerçeve analiz edilmiştir. Emniyet ve maliyet dengesi kurulduğunda optimum çerçeve tasarımının %6 çatı eğiminde, 15 m makas açıklığında ve 7.5 m çerçeve aralığında olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Çelik Yapılar, Maliyet, Optimum Çerçeve Tasarımı

**Abstract:** Today, the rule of Safety-Economic-Aesthetic is mainly based on in the design and construction of the structure built by civil engineers. Safe transport power is easily provided in digital environment with certain regulation and methods. However, the safest structure may not always be the most economical structure. Here, civil engineer should set the safety and cost balance to the optimum level. Particularly, the structures, which costly steel building systems are widely applied in our country, are generally industrial structures. The aim of this study is to contribute to the increase of the use of steel structures in our country and to help applicants compare economically in choosing frameworks. Design parameters in the study are foreseen as truss span, frame spacing and roof slope. The impact of fixed-column long 7 different truss spans (15m, 16m, 17m, 18m, 19m, 20m and 21m), 7 different frame spacings (5m, 5.5m, 6m, 6.5m, 7m, 7.5m, 8m) and 5 different roof slopes (5%, 6%, 7%, 8%, 9%) on the cost of hangar type industry structure was researched. The loads to be used in the analysis were determined for the province of Konya according to Calculation Values of the Loads to be taken in the dimensioning of the structural elements (TS498)[1]. The analysis was carried out with SAP 2000 program in 6 different combinations according to "2016- Regulation on the Design, Calculation and Construction Principles of Steel Structures (ÇYHY)[2]". Totally, 245 frames were analyzed. When the safety

<sup>1</sup>KTO Karatay Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Konya, TURKEY

<sup>2</sup>KTO Karatay Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Konya, TURKEY

\*Corresponding author: sadrettin.sancioğlu@karatay.edu.tr

and cost balance were set, the optimum frame design was found to be 6% roof slope, 15 m truss span and 7.5 m frame spacing.

**Key Words:** Steel Structures, Cost, Optimum Frame Design

---

## Giriş

Emniyet– Ekonomik- Estetik kuralı, inşaat mühendisliğinin genel çalışma prensibini tanımlamaktadır. Bir çelik projenin tasarımı aşamasındaki emniyetli taşıma gücü hesapları belirli yönetmelik ve yöntemlerle sağlanmaktadır. Tekla Structures, SAP 2000, ETABS gibi kullanılan programlar bu yönetmelik ve yöntemlerin kullanıldığı programlara örnektir. İlerleyen teknoloji ve beyin gücü ile en zorlu uygulamalar bile hayata geçirilebilmektedir.

Bu sürecin projelendirme aşamasında faydalanılan üç boyutlu yapı modelleme programlarından biri de SAP2000 programıdır[3]. Türkiye’de yapı tasarımında kullanılan kar ve rüzgâr yükleri TS498’e göre belirlenmektedir. Birçok çelik yapı, üzerine etkiyecek kar ve rüzgar yüklerinin yetersiz alınması, proje, imalat ve bakım aşamalarındaki eksiklikler sebebiyle hasar görmekte hatta çökmektedir[4].



Şekil 1. İş yerinin çatısı çöktü[4, 2014].

Emniyeti artırırken, yapıdaki kesit ve boyutlar büyüyeceğinden maliyet yükselmektedir. Bu nedenle en önemli kriterlerden biri olan ekonomik boyut minimum düzeyde kalmaktadır.

Ülkemizde çelik yapı yönetmeliği olarak kullanılan ÇYHY, AISC 360-16 yönetmeliği esas alınarak hazırlanmıştır. Dolayısıyla SAP 2000 programı ile yapılan analizlerde AISC 360-16 tanımlanmış, tasarım yöntemi olarak güvenli dayanım yöntemi seçilmiştir. Tasarımda kullanılan kar ve rüzgâr yükleri ÇYHY’nin kabul ettiği TS498 yönetmeliğinden Konya iline göre belirlenmiştir. Analizde ÇYHY de belirtilen yük kombinasyonlarından 6 tanesi kullanılmıştır. Hangar tipi endüstri yapısının kolon yüksekliği 8 m de sabit tutulup 7 farklı makas açıklığı, 7 farklı çerçeve aralığı ve 5 farklı çatı eğimine göre tasarımı yapılmıştır.

## Materyal ve Yöntem

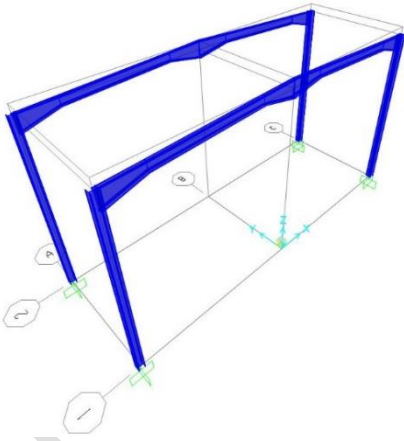
Kolonlar HEA – HEB – IPE profillerden; kirişler IPE (guseli) profillerden, aşıklar ve kuşaklar C ve Z profillerden seçilmiştir.

Tasarım ve analiz; aşıklar ve kuşaklar için  $L/2$ 'den gergili basit kiriş olarak; 1,5 m aralıklı şekilde tasarlanmış olup, elle yapılacak hesaba göre tip ve kesiti belirlenmiştir. Malzeme tipi S235R'dir. Aşıklar ve kuşaklar belirlenirken rüzgâr yükü, aşıklar üzerinde emme kuvveti uygulandığından ihmal edilmiştir. Aşıklar ve kuşaklar için maksimum gerilmenin %90' ı ve sehim tahkikinde  $L/300$  boyunun geçmemesi sağlanmıştır. Bu değerle kıyaslandığında maksimum sehim sınırı %99 olarak kabul edilmiştir. Belirlenen aşıklar ve kuşakların zati yükleri SAP 2000 arayüzünde çizgisel yük olarak çerçevelere aktarılmıştır.

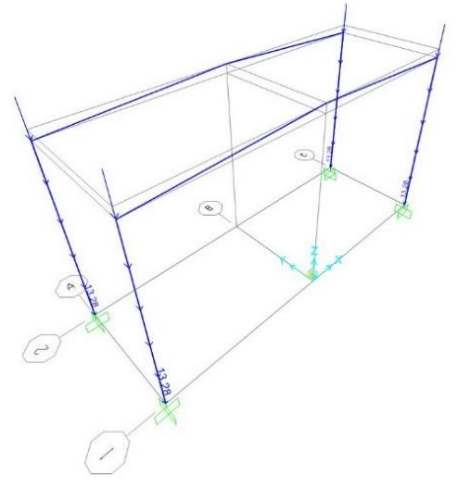
Tasarım ve analiz; kolonlar ve kirişler için SAP 2000 programına göre belirlenmiştir. Kolonlar ve kirişler için malzeme tipi S275R'dir. ÇYHY ye göre R katsayısı '5' ve omega  $\Omega$  katsayısı '1.63' olarak belirlenmiştir. Kirişler IPE tipi profilden, guseli (değişken kesitli) olarak çözülmüş (0.2L; 0.6L; 0.2L) ve guse boyu kiriş boyunun  $1/5$ ' i kadar belirlenmiştir. Dayanım için gerekli kombinasyonlar ÇYHY ye göre

- $0.6G + W$
- $G$
- $G + 0.75K$
- $G + 0.75K + 0.75W$
- $G + K$
- $G + W$

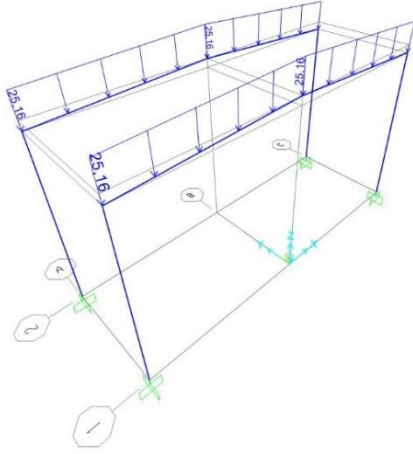
olarak belirlenmiştir. Yapılan hesaplarda dayanımın %90' ı geçmemesi istenmektedir. SAP 2000 arayüzünde tasarım tipi "Emniyet Gerilmeleri Yöntemi" olarak belirtilmiştir.



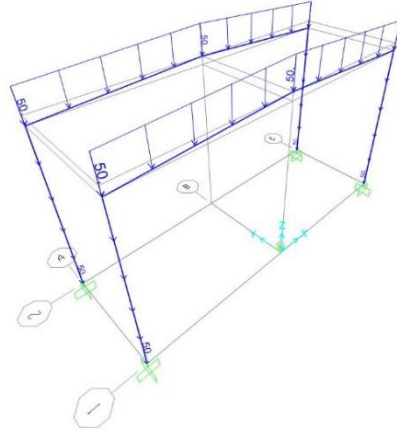
Şekil 2. Çerçevelerin tasarımı (Örnek: 15m, 5m, %5)



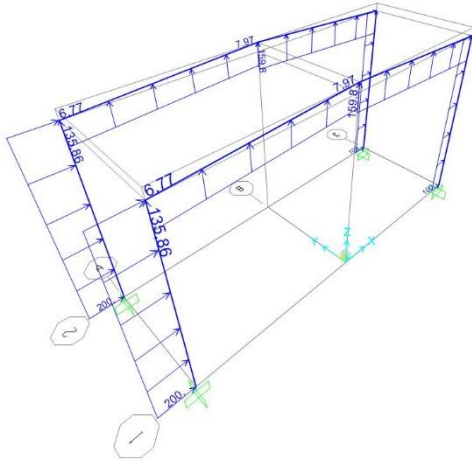
Şekil 3. Kuşak yükü ( $\frac{kg}{m}$ )



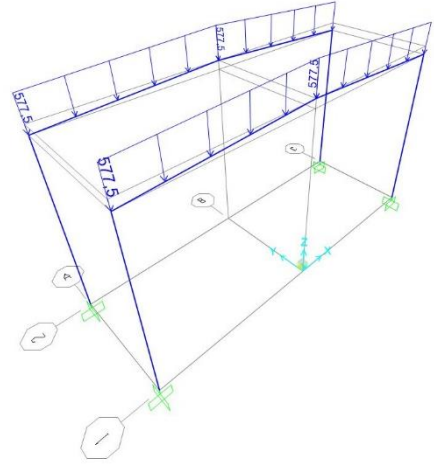
Şekil 4. Aşık yükü ( $\frac{kg}{m}$ )



Şekil 5. Kaplama yükü ( $\frac{kg}{m}$ )



Şekil 5. Rüzgâr yükü ( $\frac{kg}{m}$ )



Şekil 6. Kar yükü ( $\frac{kg}{m}$ )

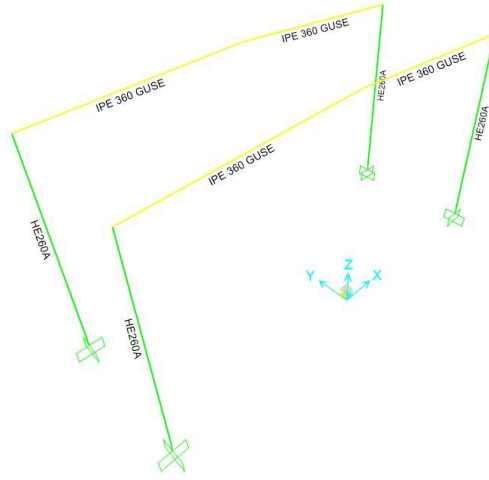
## Bulgular

Bu çalışmada (Emniyet– Ekonomik- Estetik) kuralına göre sabit kolon yüksekliğinde 7 farklı makas açıklığı (15m, 16m, 17m, 18m, 19m, 20m ve 21m), 7 farklı çerçeve aralığı (5m, 5.5m, 6m, 6.5m, 7m, 7.5m, 8m) ve 5 farklı çatı eğiminin (%5, %6, %7, %8, %9), hangar tipi endüstri yapısının maliyetine etkisi araştırılmıştır. Analizde kullanılacak yükler Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri (TS498)'e göre Konya ili için belirlenmiştir. Analiz “2016- Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmeliği (ÇYHY)[2]” ne göre 6 farklı kombinasyonda SAP 2000 programı ile yapılmıştır.

Yapılan analizler sonucunda elde edilen grafikler incelendiğinde; çatı eğimi ve makas açıklığı sabit tutulup çerçeve aralığı değiştirildiğinde, kesitin değişmediği varsayılırsa, en büyük çerçeve aralığında metrekare başına düşen kilogramın en aza indiği görülmektedir. Bunun sebebi kesrin bölen kısımda yer alan metrekarenin, lineer olarak artmamasından kaynaklanmaktadır. Kesitin değiştiği varsayılırsa, en optimum sonucun 6.5 m – 7.5 m olduğu görülmektedir[6].

Çatı eğimi ve çerçeve aralığı sabit tutulup makas açıklığı değiştirildiğinde, kolon ve kiriş kesitlerinin büyümesinden dolayı, metrekare başına düşen ağırlığın arttığı görülmektedir.

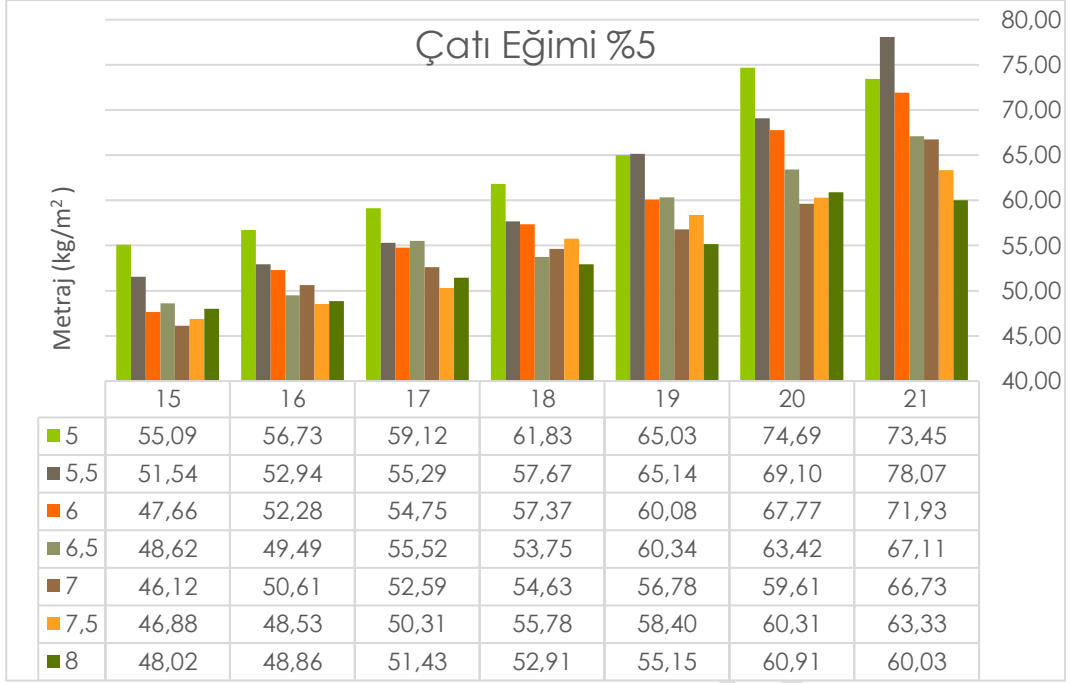
Makas açıklığı ve çerçeve aralığı sabit tutulup çatı eğimi değiştirildiğinde, kullanılan kiriş boyunun artmasından dolayı, metrekare başına düşen ağırlığın az da olsa arttığı görülmektedir.



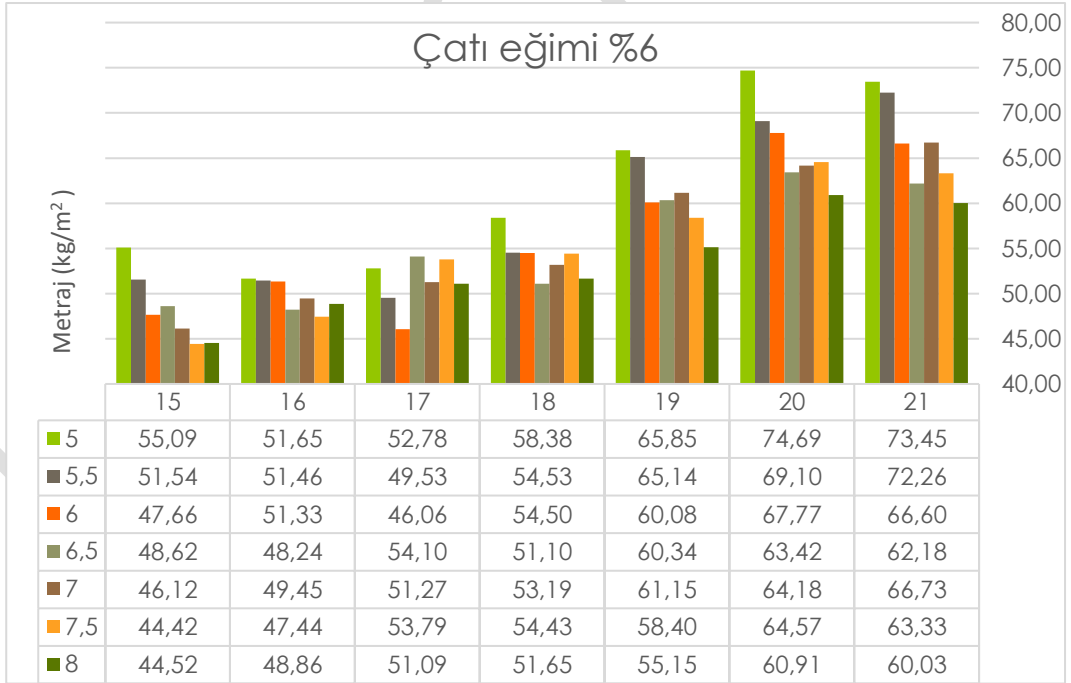
Şekil 7. SAP 2000 Analiz sonucu.

## Tartışma ve Sonuçlar

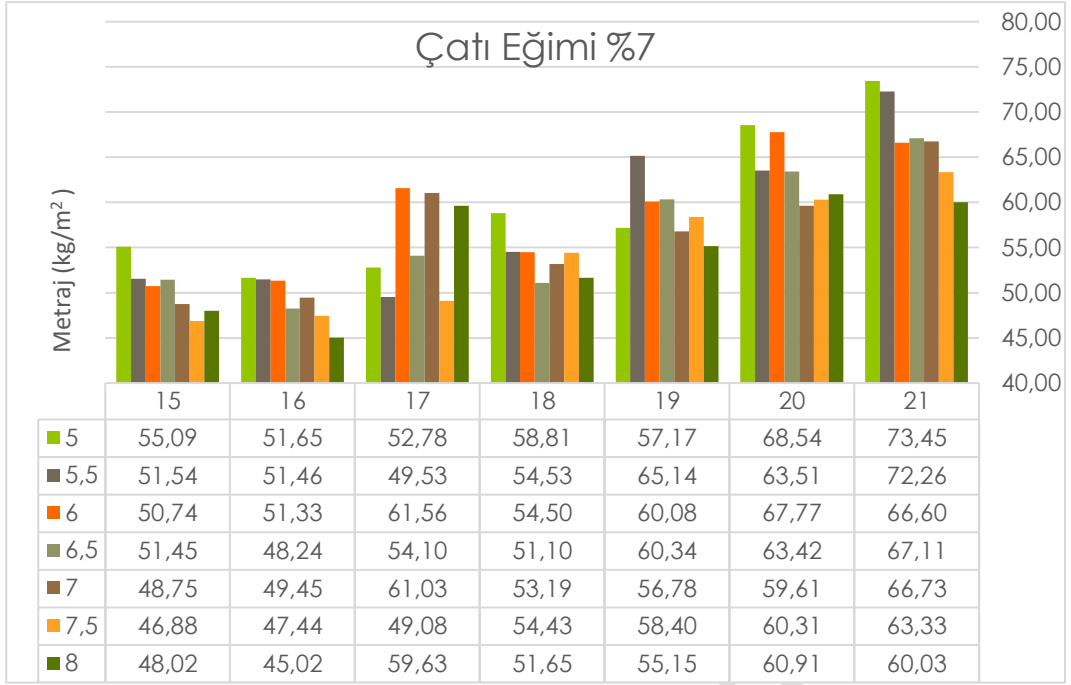
Tüm grafiklerden ve bulgulardan yola çıkarak en ekonomik kesite; çatı eğiminin azaldığı, makas açıklığının azaldığı ve çerçeve aralığının arttığı yerlerde ulaşılabilir. Emniyet ve maliyet dengesi kurulduğunda optimum çerçeve tasarımının %6 çatı eğiminde, 15 m makas açıklığında ve 7.5 m çerçeve aralığında olduğu görülmüştür (Şekil13).



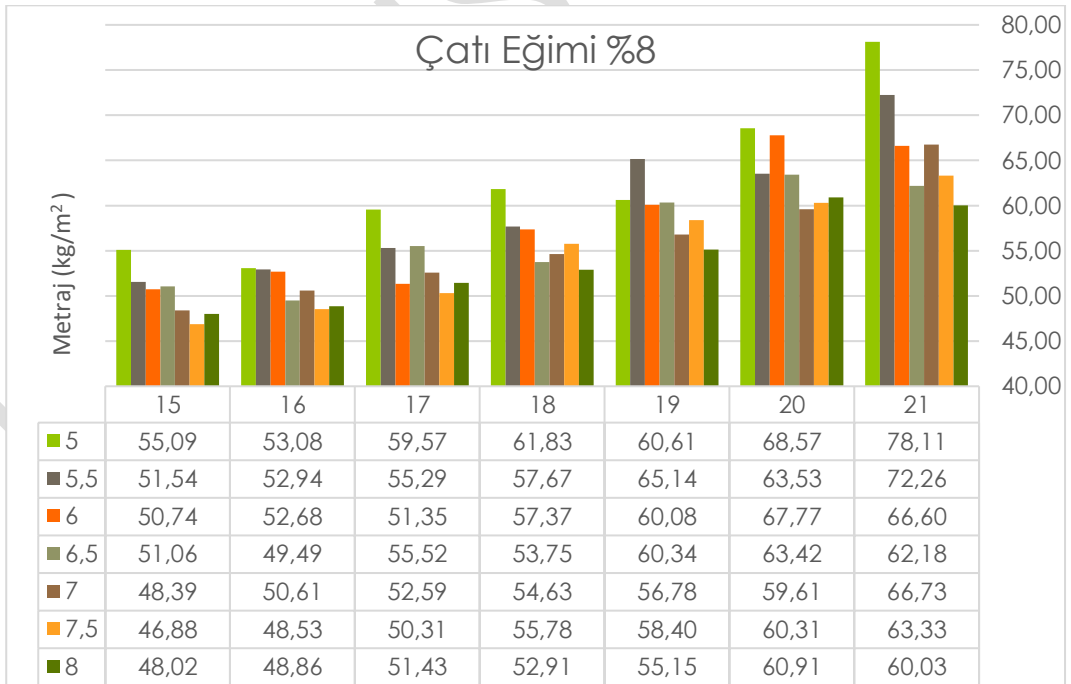
Şekil 8. Çerçeve aralığı ve makas açıklığının metraj ilişkisi (%5 eğim)



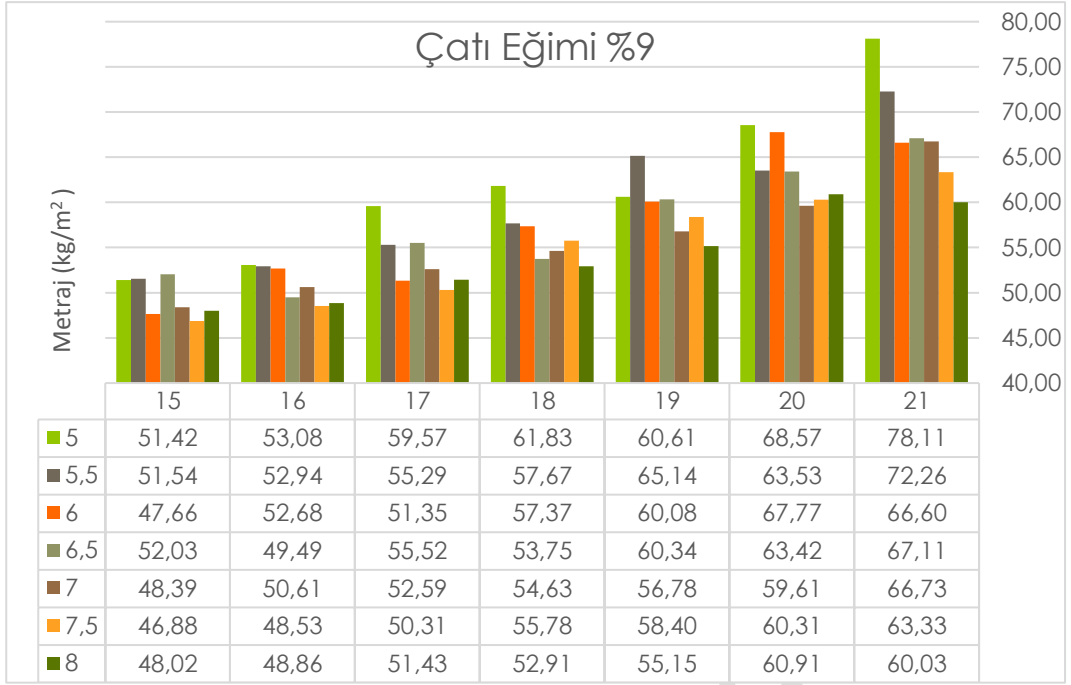
Şekil 9. Çerçeve aralığı ve makas açıklığının metraj ilişkisi (%6 eğim)



Şekil 10. Çerçeve aralığı ve makas açıklığının metraj ilişkisi (%7 eğim)



Şekil 11. Çerçeve aralığı ve makas açıklığının metraj ilişkisi (%8 eğim)



Şekil 12. Çerçeve aralığı ve makas açıklığının metraj ilişkisi (%9 eğim)

Bu çalışmanın uygulamaya katkı sağlaması açısından makas açıklığı değerleri 25 m ye kadar ve çatı eğimi değerleri %30 a kadar çıkarılabilir. Uygulama yapacak mühendisler için abaklar hazırlanabilir. Bu şekilde ülkemizdeki çelik yapıların kullanımının artırılmasına katkı sağlanabilir ve uygulayıcılara çerçeve seçiminde, ekonomik açıdan karşılaştırmada yardımcı olunabilir.

### Teşekkür

Çalışma boyunca her türlü tecrübesini ve bilgisini esirgemeyen Danışman Hocam Dr. Abdulkerim İLGÜN'e ve destekleri ile her zaman yanımda olan KTO Karatay Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Öğretim Elemanlarına teşekkür ederim.

### Kaynaklar

- [1] A. Ve, B. Mukavemet, and T. İ. B. Metot, TS498, vol. 2012, no. 112. Türkiye, 2013.
- [2] 2016- Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmeliği (ÇYHY). Türkiye.
- [3] K. Sinem, "ÇELİK YAPILARIN SAP2000 PROGRAMI İLE ANALİZ VE TASARIMI," 2005.
- [4] C. Terzi, A. Gürbüz, V. Süme, and İ. Ustabaş, "Kar Yükünün Tetikleme Sonucu Çöken Örnek Bir Çelik Çatının İncelenmesi," 2015, pp. 363–372.
- [5] www.yenimeram.com.tr, "http://www.yenimeram.com.tr/konyada-8-yerinin-catisi-kar-nedeniyle-coktu-44563.htm," Konya.
- [6] S. Sadrettin, "İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ CIE 492 İnşaat Mühendisliğinde Tasarım ve Projelendirme ( Bitirme Projesi )," KTO Karatay Üniversitesi, 2017.