



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN NİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



MAKASLI TİP BİR KALDIRMA
PLATFORMUNUN TASARIMI,
ANALİZİ ve İMALATI

MURAT METEHAN EKİCİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

HAZİRAN 2022
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAKASLI TİP BİR KALDIRMA PLATFORMUNUN TASARIMI, ANALİZİ VE İMALATI MURAT METEHAN EKİCİ

Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi ALİ ÖZTÜRK

2021, 60 Sayfa

Jüri

Dr. Öğr. Üyesi Ali ÖZTÜRK

Doç. Dr. Mehmet BAĞCI

Doç. Dr. Murat DİLMEÇ

Bu çalışmada bir firma için makaslı lift platformunun tasarımı analizi ve imalatı yapılmıştır. Tasarım yapılırken ve yükler uygulanırken EN 280 standardı dikkate alınmıştır. Makaslı lift platformlarının yapısı gereği denge yapısına sahip olması gerekmektedir. Bunun yanında hafif ve belirli bir yüke göre tasarlanması da önemlidir. Bu çalışmada SolidWorks çizim programında tasarım yapılarak platformun parçaları birbirine montajlanmıştır. Daha sonra platformun taşıma kapasitesine göre üst kısımdan 350 kg yük uygulanmış, makas profiline ve hidrolik silindire gelen yükler teorik olarak hesaplanmıştır. 4 mm 5 mm ve 6 mm makas kalınlıklarına göre analizler yapılmış ve 5 mm profil kalınlığının en uygun olduğu belirlenmiştir. Hidrolik silindirin çapı 50 mm, 60 mm ve 70 mm olarak analizler yapılmıştır. 60 mm hidrolik çapın en uygun olduğu ortaya çıkmıştır. Tüm bu sonuçlar doğrultusunda numune ürün üretilmiştir. Üretilen makaslı lift platform ve pazarda satışı olan aynı tür makaslı lift platform saha testleri yapılmıştır. Tüm bu verilerin sonuçları karşılaştırılmış ve değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: ANSYS, Makaslı lift platform, Nümerik analiz, SolidWorks

ABSTRACT

MS THESIS

**DESIGNING, ANALYSIS AND MANUFACTURING OF A SCISSOR LIFT
PLATFORM**

MURAT METEHAN EKİCİ

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN MECHANICAL ENGINEERING**

Advisor: Asst. Prof. Dr. Ali ÖZTÜRK

2021, 60 Pages

Jury

Advisor Asst. Prof. Dr. Ali ÖZTÜRK

Assoc.Prof. Dr. Mehmet BAĞCI

Assoc.Prof. Dr. Murat DİLMEÇ

In this study, the design, analysis and manufacture of the scissor lift platform for a company was made. The design and applying loads are made according to EN 280 standard. Scissor lift platforms must have a stability due to their structure. It is also important that it is light and designed for a specific load. In this study, the design was made in the SolidWorks program and assembled together. Then, 350 kg load was applied from the upper part according to the carrying capacity of the platform, and the loads on the scissor profile and hydraulic cylinder were calculated theoretically. Analyzes were made according to 4 mm, 5 mm and 6 mm truss thicknesses and it was determined that the 5 mm profile thickness was the most appropriate. The diameters of the hydraulic cylinder were analyzed as 50 mm, 60 mm and 70 mm. A hydraulic diameter of 60 mm turned out to be the most suitable. In line with all these results, a sample product was produced. Field tests of the produced scissor lift platform and the same type of scissor lift platform sold in the market were carried out. The results of all these data were compared and evaluated.

Keywords: ANSYS, Scissor lift platform, Numerical analysis, SolidWorks

ÖNSÖZ

Bitirme projesi kapsamında kullanımı gittikçe yaygınlaşan makaslı lift platformların tasarımı analizi ve imalatı gerçekleştirilmiştir. Bu platformlar yüksek yerlere erişmek ve çalışmak için kullanılmaktadır. Son yıllarda kullanımı inşaat ve sanayi sektöründe son derece artmıştır. Gerçekleştirilen projede bir firma için ilk defa üretilen ürünün tasarım analiz ve üretim aşamaları görülmektedir.

Bu projenin hayata geçirilmesinde yardımlarını esirgemeyen ve projenin son halini almasında yol gösterici olan kıymetli hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Ali ÖZTÜRK'e şükranlarımı sunarım. Projenin tüm aşamalarında desteğini gördüğüm Öğr. Gör. Vehbi BÜLÜÇ hocama ve çalışmalar boyunca desteğini eksik etmeyen arkadaşım Ebubekir ÇOKGEZER'e teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Her şeyden önce, eğitimimiz süresince bize her konuda tam destek veren ailemize ve bize hayatlarıyla örnek olan tüm hocalarıma saygı ve sevgilerimi sunarım.

MURAT METEHAN EKİCİ
KONYA-2022

İÇİNDEKİLER

ÖZET	IV
ABSTRACT.....	V
ÖNSÖZ	VI
İÇİNDEKİLER.....	VII
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XI
TABLOLAR DİZİNİ.....	XII
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Makaslı Platform Tarihi.....	2
1.2. Platform Çeşitleri.....	3
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	6
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	11
3.1. Makaslı Platformlar Tasarlanırken Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar	12
3.2. SolidWorks Tasarım	14
3.3. Denklemlerin Oluşturulması.....	17
3.3.1. Makas sayısının hesaplanması	17
3.3.2. Hidrolik silindire gelen yük ve motor seçimi	19
3.3.3. Makas serbest cisim diyagramı ve kuvvetlerin bulunması	22
3.4. ANSYS Analiz Oluşturulması	32
3.4.1. Makas sisteminin analizi.....	32
3.4.2. Parametre değişimlerinin incelenmesi	34
3.4.3. Hidrolik lift sisteminin analizi	36
3.4.4. Parametre değişimlerinin incelenmesi	38
3.4.5. Makaslı lift platformun üretilmesi	39
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	42
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	43
5.1 Sonuçlar	43
5.2 Öneriler	44
6. KAYNAKLAR	45

7. EKLER	46
7.1. Makas Bölümü Ağ Yapısı Görseli	46
7.2. Makas Bölümü Gerilme Analizi Görseli	47
7.3. Makas Bölümü Emniyet Katsayısı Analizi Görseli	48
7.3. Makas Profili Burcu Gerilme Analizi Görseli	49
7.3. Makas Profili Burç Deformasyon Analizi Görseli	50

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

$A_{silindir}$	Silindir alanı (mm ²)
b	Profil genişliği (mm)
c	Emniyet katsayısı
E	Elastisite Modülü (GPa)
F_U	Platforma uygulanacak yük (350 kg)
F_H	Hidrolik kuvveti (N)
$F_{emniyet}$	Hidrolik emniyetli kuvvet (N)
F_s	Makas toplam kuvveti (N)
G	Ağırlık (N)
g	Yerçekimi ivmesi (m/s ²)
h	Yükseklik (mm)
H_1	İstenilen ayak basma yüksekliği (m)
l	Yatay uzunluk (m)
L	Makas profili uzunluğu (m)
L_H	Hidrolik silindir uzunluğu (m)
m	Toplam ağırlık (kg)
N	Kuvvet (N)
N_m	Motor gücü (kW)
P	Pompa basıncı (Pa)
P_m	Platformun ağırlığı (kg)
S_m	Bir makas profili ağırlığı (kg)
S_T	Makas toplam ağırlığı (kg)
h_1	Şase yüksekliği (m)
t	Zaman (s)
η_h	Motor verimi
Q_H	Yağ hacmi (m ³)
$\sigma_{emniyet}$	Emniyetli gerilme (MPa)
σ_{max}	Maksimum gerilme (MPa)
θ	Açı (°)

Kısaltmalar

FEM	Finite Element Method (Sonlu Elemanlar Methodu)
LME	London Metal Exchange (Londra Metal Borsası)

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Alınan patente ait bir görüntü	2
Şekil 1.2. Makaslı lift platformun ilk patent görseli	3
Şekil 1.3. Akülü platform çeşitleri	4
Şekil 1.4. Dizel platform çeşitleri	4
Şekil 1.5. EN 280'e göre platform çeşitleri	5
Şekil 1.6. Makaslı lift platform çalışma alanları	5
Şekil 2.1. Lift mekanizması çizimi	6
Şekil 2.2. Lift platform makas sistemi görseli	8
Şekil 2.3. Tasarlanan çift pistonlu makaslı lift platform	8
Şekil 2.4. Tasarlanan havai platformun genel konstrüksiyonu	9
Şekil 3.1. Alüminyum iskele platform (a) ve makaslı lift platform (b) görseli	10
Şekil 3.2. Makaslı lift platform genel görünüm	13
Şekil 3.3. SolidWorks örnek parça çizimleri	14
Şekil 3.4. SolidWorks örnek montaj çizimleri.....	15
Şekil 3.5. SolidWorks nihai ürün görseli	15
Şekil 3.6. Şase çekmece ve akü bölümü	15
Şekil 3.7. Makaslı lift platform akü ve sepet bölümü	16
Şekil 3.8. SolidWorks platform ağırlığının hesaplanması	16
Şekil 3.9. Makas profili genel görünümü	17
Şekil 3.10. Şase ölçüleri genel görünüm	18
Şekil 3.11. Makaslı lift platform makas bölümü	20
Şekil 3.12. Şase ölçüleri genel görünüm	22
Şekil 3.13. Makas sistemi genel görünüm	23
Şekil 3.14. 1. ve 2. uzuv serbest cisim diyagramı	24
Şekil 3.15. 3. ve 4. uzuv serbest cisim diyagramı.....	26
Şekil 3.16. 5. ve 6. uzuv serbest cisim diyagramı.....	27
Şekil 3.17. 7. ve 8. uzuv serbest cisim diyagramı.....	29
Şekil 3.18. ANSYS makas genel görünüm.....	32
Şekil 3.19. Mesh seçim ekranı	32
Şekil 3.20. ANSYS makas bölümü Von-Mises gerilme analizi	33
Şekil 3.21. ANSYS makas bölümü şekil değiştirme analizi.....	33
Şekil 3.22. Farklı kalınlıklara göre gerilmeler	34
Şekil 3.23. Farklı kalınlıklara göre deformasyonlar	34
Şekil 3.24. Farklı kalınlıklara göre emniyet katsayısı	35
Şekil 3.25. ANSYS hidrolik silindir genel görünümü	36
Şekil 3.26. ANSYS hidrolik silindir uygulanan yükler	37
Şekil 3.27. ANSYS hidrolik silindir bölümü Von-Mises gerilme analizi	37
Şekil 3.28. ANSYS hidrolik silindir bölümü şekil değiştirme analizi.....	38
Şekil 3.29. Farklı çaplara göre gerilme analizi	38
Şekil 3.30. Farklı çaplara göre emniyet katsayısı analizi	39
Şekil 3.31. DXF. Sac açılım görseli.....	39
Şekil 3.32. Makaslı lift platform yarı mamül örnekleri	40
Şekil 3.33. Şase imalat görseli	40
Şekil 3.34. Makas imalat görseli.....	41
Şekil 3.35. Makaslı lift platform nihai ürün görseli.....	41
Şekil 4.1. Makaslı lift platform yük testi	42

TABLolar DİZİNİ

Tablo 2.1. Kinematik simülasyon sonuçları	6
Tablo 2.2. Silindir hızı testi tablosu	7
Tablo 3.1. Tasarlanacak platform özellik tablosu	12
Tablo 3.2. Malzeme özellik tablosu	12
Tablo 3.3. Makas profili açığına göre en ve boy uzunluk tablosu	18
Tablo 3.4. Profil ağırlık tablosu	19
Tablo 3.5. Tüm uzuvlara gelen yükler	31
Tablo 3.6. Farklı burç kalınlıklarına göre gerilme analizi	35
Tablo 3.7. Farklı burç kalınlıklarına göre deformasyon analizi	36

1. GİRİŞ

Yükselebilen platformlar, erişilmesi yüksek olan yerlere rahatlıkla ulaşmak için kullanılan iş araçlarıdır. Bu araçlar belirli bir yük veya insan taşıma işlemlerinde kullanılan üst üste eklenmiş uzuvlardan meydana gelen yatay ve dikey yönde hareket edebilen araçlardır. İnşaattan endüstriye birçok farklı sektörde farklı amaçlar için kullanılmaktadır.

Makaslı lift platformlar ise hidrolik silindir yardımı ile uzuvların dikey yönde açılmasıyla istenilen yüksekliğe ulaşılmasını sağlayan cihazlardır. Olduğu yerden yukarı doğru yükselerek erişilmesi güç yerlere kolayca ulaşım sağlar. Sağlam ve güvenli olduğu için iş güvenliği bakımından yüksek verimlidir. Makaslı platform modelleri hem bina içinde hem de bina dışında kullanılabilen iş araçlarındandır. Bu makaslı platformlar özelliklerine göre kendi içlerinde ayrılmaktadır. Hareket edilmesi gereken yere, taşınması gereken yüke, çalışılacak yere ve çıkarılacak yüke göre tasarlanarak birçok model oluşturulmuştur.

Daha önce yapılan çalışmalara bakıldığında belirli çeşitlerde platform liftler tasarlandığı ve analizlerinin çeşitli yöntemlere dayandırılarak yapıldığı görülmektedir. Ancak tasarımın en başından makas sayısının belirlenmesi, hidrolik pistonu gelen yükün hesaplanması, motor gücünün belirlenmesi, her bir makas uzvuna gelen yükün hesaplanması, farklı kalınlıktaki profillere göre analizlerin yapılması, yapılan hesaplara ve analizlere göre makaslı lift platformun üretilmesi ardından gerçek yük testinin yapılmasına yönelik kapsamlı bir çalışma yapılmamıştır.

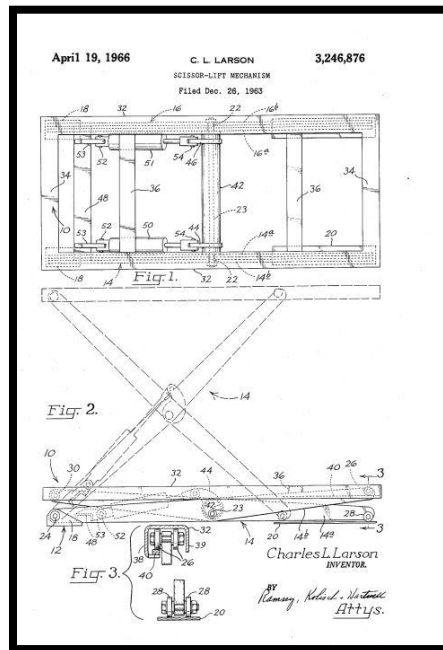
Bu çalışmada, makas profillerinin açığa göre yükseklikleri, makaslara gelen yükler, hidrolik silindire gelen yük, motor seçiminin yapılması, SolidWorks'te yapılan tasarımın ANSYS programına aktarılıp farklı koşullara göre testlerin yapılması, yapılan hesaplamalar ve testler doğrultusunda makaslı lift platformun üretilmesi ve saha da yük testlerinin yapılması adımları hazırlanmıştır. ANSYS'e aktarılan makas profilleri 4 mm 5 mm ve 6 mm kalınlıkları ile analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçları karşılaştırılmış 5 mm profil kalınlığının optimum değerler verdiği görüşmüştür. Ayrıca hidrolik lift çapları 50 mm 60 mm ve 70 mm göre analizleri de incelenmiştir. Elde edilen verilere göre 60 mm hidrolik çapının en uygun değer olduğu ortaya konulmuştur. Makaslı lift platformda kullanılacak motor kuvveti hesaplanmıştır. 2,2 kW motorun yeterli olacağı bulunmuştur. Ayrıca firmanın hedefleri doğrultusunda seri üretime uygun bir üretimin yapılmasına

yönelik atılan adımlar gösterilmiştir. Üretimden sonra yapılan saha testlerinde deformasyonların birbirlerine çok yakın değerler çıktığı gözlemlenmiştir.

1.1. Makaslı Platform Tarihi

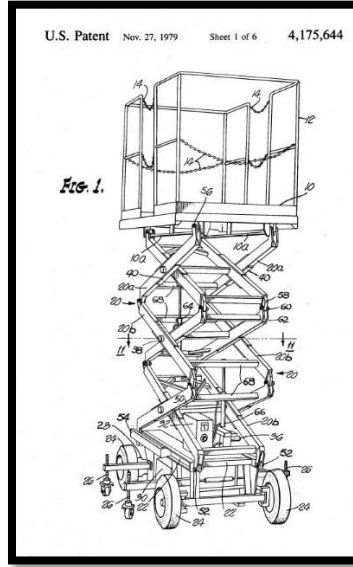
Mobil makaslı platformlar 90 yılı aşkın bir geçmişe sahiptir. İlk mobil makaslı platform 1925 yılında Amerika'da oluşturulmuş ve tek direkli pnömatik kontrol sistemi ile tasarlanmıştır. Ancak üretilen platformun yukarıya kalkma anındaki stabilitesi ve asansörün denge problemi ilk üretilen platformlarda ciddi bir sorun oluşturmuştur. Diğer ülkelerde makaslı lift platform 10 yıl sonrasına kadar kullanılmamıştır. Daha sonra ürünü iyileştirmeye yönelik bazı gelişmeler yaşanmıştır.

1963 yılında, Amerika Birleşik Devletleri'nden Charles Larson 1963'te ilk kez makaslı lift platform için patent almıştır (Şekil 1.1). Patent açıklaması, "Bir yükü kaldırmak için genişletilebilir bir kaldırma mekanizması" ile ilgiliydi. Bu buluş, her biri bir çift makas kolu içeren karşılıklı bir profil mekanizmasından oluşturulmuştu. Makas profilleri birbirlerine bağlı olarak istenilen yükseklikte durabilecekti. Bu basit tanımdan, bütün bir endüstri büyüdü ve gelişti. Sonraki yıllarda, makaslı platformlar üretmek için bir dizi şirketler kuruldu. Bu şirketlerin çalışmaları ile 1970'lerin başlarında ilk makaslı lift platformlar piyasaya sürüldü. Üreticiler ürünü geliştirmeye devam etti ve bu sayede makaslı platformlar daha uzun ve daha sağlam hale getirildi.



Şekil 1.1. Alınan patente ait bir görüntü

1979 yılına gelindiğinde Bert J. Sikli bugünkü yapısına en çok benzeyen makaslı lift platform patentini almıştır. Alınan patent uç uca eklenmiş makaslardan, makasların hareketini sağlayan hidrolik silindir, sepet ve şase bölümünden oluşmuştur. Tasarımın günümüzde üretilen ürünlerden en büyük farkı pistonun açısı ve platformun yukarı hareket ederken açılan pothol sistemidir. Şekil 1.2’de alınan patentteki hidrolik silindirin konumu ve pothol sistemi gösterilmektedir.



Şekil 1.2. Makaslı lift platformun ilk patent görseli

1.2. Platform Çeşitleri

Platform çeşitleri kullanım alanına ve kullanım amacına göre değişiklik göstermektedir. En genel bilinen sınıflandırma akülü ve dizel olan makaslı platformlardır.

Akülü platformlar genellikle bina içlerinde kullanılmaktadır. Bu platformlar ağır yüklerin düşük yüksekliklere kaldırıldığı tek makaslı türde olabileceği gibi, personel veya daha hafif yükleri taşıyan ve daha yüksek mesafelere ulaşabilen birkaç makas yapısından oluşan türde de olabilmektedir. Sessiz olmasından dolayı daha çok tercih edilmektedirler. Yüksekliği istenilen çalışma yüksekliğine göre değişkenlik göstermektedir. Bu platformlar 6 metre ile 16 metre arasında yüksekliği istenilen seviyede ayarlanabilen iş makinalarıdır. Sadece dikey yönde çalışan platformlar olduğu gibi yatay ve dikey hareket eden iş platformları bulmak mümkündür. Yapılacak işin kapsamına göre model seçilmektedir.



Şekil 1.3. Akülü platform çeşitleri

Dizel platformlar genellikle bina dışında kullanılmaktadır. Bu platformlar daha çok yüksek seviyedeki çalışma alanlarında kullanılmak için tercih edilir. Dizel motorlu olmaları sebebi ile gürültülü çalışmaktadırlar. Motoru dayanaklı ve güç üretimi için uygun olmasından dolayı dizel tip tercih edilmektedir. Yüksek yerlere bir yükü kaldırmak için genellikle bu platformlar kullanılmaktadır. Dizel platformların çalışma yükseklikleri akülü tip makaslı platformlara göre oldukça yüksektir. Araç üstü platformlarda 70 metreye kadar erişilebilen platformlar bulmak mümkündür. Şekil 1.4’de dizel platform çeşitleri görülmektedir.



Şekil 1.4. Dizel platform çeşitleri

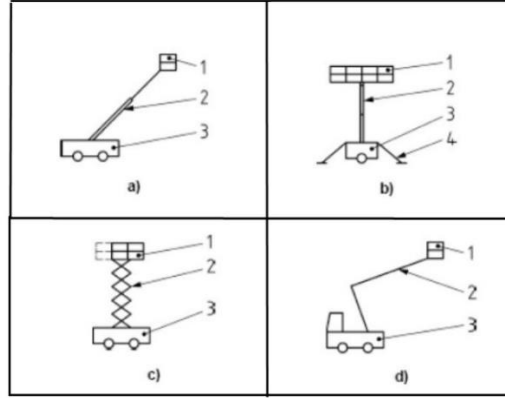
EN 280 standardına göre platform çeşidine göre 4 kısımdan oluşmaktadır. Şekil 1.5’de bu sınıflandırma görülmektedir. Burada;

1-İş platformu

2-Uzantı yapısı

3-Şase

4-Dengeleyici ayaklar



Şekil 1.5. EN 280'e göre platform çeşitleri

Makaslı lift platformlar bir veya birden çok makasın bulunduğu tahrik elemanının hidrolik silindir olduğu personel ve hafif yükler taşıyan iş makineleridir.

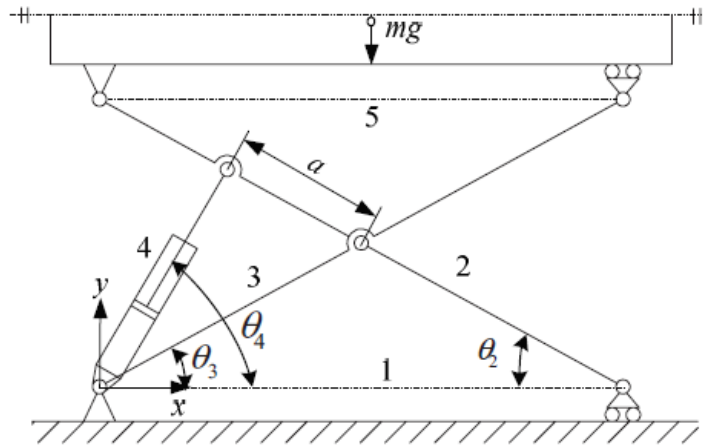
Makaslı lift platformlar düşük metrelerde ve kısa süreli işlerde ekonomik ve hızlı çözümler sunmaktadır. Ayrıca dış cephe üzerinde yapılacak olan tadilat işlerinde de tercih edilmektedir. Tamirat sırasında sessiz olması kapandığında kapılardan geçmesi ve elektrikle şarj edilebilmesi en önemli tercih sebeplerindedir. Şekil 1.6'da makaslı lift platforma ait örnek bir görsel bulunmaktadır.



Şekil 1.6. Makaslı lift platform çalışma alanları

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Liu ve Sun (2009) yaptıkları çalışmada, Şekil 2.1’de gösterilen makaslı lift kaldırma platformun tasarımında tek başına statik çözümün yetersiz ve eksik olduğunu, dinamik çözüm ihmal edilirse mekanizmanın gerçek çalışma durumundaki kuvvetlerin ve kinetik özelliklerinin tam gösterilmediğini söylemişlerdir. Bu durum sonucunda daha doğru sonuçlar elde etmek için makaslı kaldırmanın kinematik simülasyonunu MATLAB-Simulink programı ile çözümlenmiştir. İnceleme sonuçlarından elde edilen değerler aşağıda sunulmuştur.



Şekil 2.1. Lift mekanizması çizimi

Tablo 2.1. Kinematik simülasyon sonuçları

Force	Max /N	Time /s	Min /N	Time /s
F_{12y}	14610	0.4	8547	0.2
F_{13x}	59286	0	18950	6
F_{13y}	34178	0.4	24587	0.2
F_{14x}	56284	0	17000	6
F_{14y}	110800	0.2	100000	0
F_{23x}	24927	6	66285	0
F_{23y}	88782	0	50350	6
F_{52y}	34000	0	27653	0.2
F_{53y}	34000	0	27653	0.2
P	114586	0	103874	6

Hongyu ve Ziyi (2011) çalışmalarında, Pro / E programını ile tek silindirli makaslı lift kaldırma tasarlamışlardır. Daha sonra kuvvet analizi yaparak, taşınması beklenen yük ile hidrolik kuvvetin arasındaki eşitliği çıkarmışlardır. En son adımda da hidrolik silindir hızını 1 m / dak ve 5 m / dak olduğu durumları dikkate aldıktan sonra platformun yükselmesi esnasındaki hız değişimlerini de Tablo 2.2’de sunmuşlardır.

Tablo 2.2. Silindir hızı testi tablosu

Açı	20°	30°	40°	50°	60°
Silindir Hızı 1m/dk	0.51 m/dk	0.75 m/dk	0.96 m/dk	1.15 m/dk	1.30 m/dk
Silindir Hızı 5m/dk	9.61 m/dk	6.62 m/dk	5.13 m/dk	4.31 m/dk	3.81 m/dk

Spackman (1994), yaptığı çalışmada enerjinin korunumu prensibini kullanarak, kaldırma yüksekliğinin h uzunluğuna göre türevi olan bir fonksiyonu üretmek ifade edilen makaslı kaldırıcıyı hareket ettirme kuvvetini belirlemiştir. Üretilen fonksiyon ve üretilen türev ile kullanım amacı için gerekli olan hidrolik silindirin bağlantı konumu ve hidrolik silindirin kuvvetinin hesaplanabileceğini ortaya koymuştur.

Islam vd. (2014), bağ grafiği yöntemi ile bir DC motorla çalışan makaslı bir kaldırma prosesini araştırmışlardır. Oluşturulan model ile sistemin ilk hareket (tahrik) elemanı olan motorun tork değerine bağlı mekanizmanın tüm kinematik değerlerini (yer, hız, ivme, değiştirme, vb.) bulmuşlardır. Dinamik sistemlerin çözülmesinde kullanılan geleneksel yöntemlerin birçoğundan farklı olarak, PID kontrolünün bağ grafik yönteminin çözümünde kullanılabileceği vurgulanmıştır.

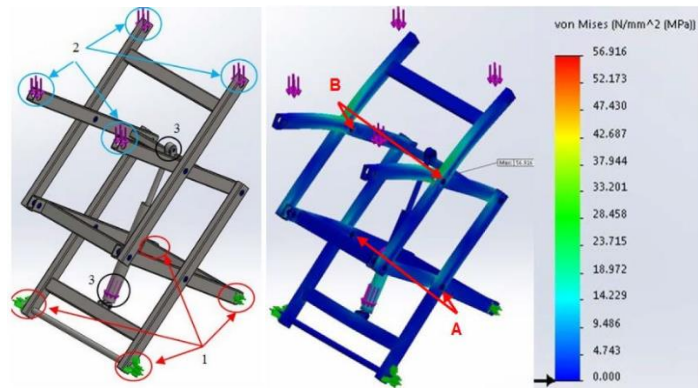
Bhatt ve Pandya (2012) çalışmalarında vidalı malle tasarlanan bir asansörün mekanik kontrolünü yapmışlar ve toplam maliyetin nasıl düşeceğini araştırmışlardır. Asansörün tasarımını bu duruma göre oluşturmuşlardır. Bu tasarımı ANSYS programı ile gerilme analizleri yaparak tasarımın doğruluğunu ve güvenliğini test ettiler.

Nadeem ve Rajest (2015), yaptıkları çalışmada 1500 mm çalışma yüksekliğine sahip ve 1 ton kapasiteli bir platform tasarımı yapmışlardır. Tasarımı yapılan manuel kullanımlı makas liftin özellikle yer sorunu olan alanlarda önemli bir yere sahip olduğunu söylemişlerdir. Yaptıkları tasarım için ihtiyaç duyulan hidrolik kuvveti Spackman'ın (1994) makalesinde oluşturduğu denklemler sayesinde hesaplamışlardır. Solidworks programında da simülasyonunu yaparak bir hidrolik kuvveti elde etmişlerdir. Elde edilen bu iki hidrolik kuvvetin karşılaştırmasını yaptıklarında matematiksel hesaplamalarının %1,1 bağıl hata içerdiğine ulaşmışlardır. Minas NFX programında lineer yapısal analiz yapmışlardır. Daha sonra yapının güvenli olduğunu ve emniyet katsayısının 2 olduğunu sonucuna ulaşmışlardır.

Dengiz ve Şenel (2018) çalışmalarında 500 kg taşıma kapasiteli ve 2 m çalışma yüksekliğine sahip makaslı lift platform sisteminin analizini ve tasarımını yapmışlardır. Sistemin tasarımını ve parçaların montajı için SolidWorks programını kullanmışlardır.

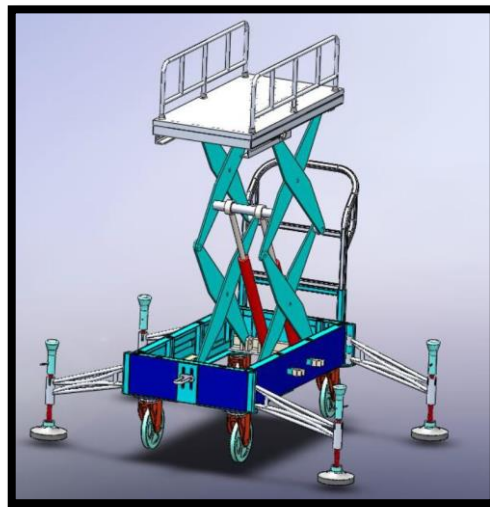
Yine SolidWorks program aracılığıyla sistemin yapısal analizini de incelenmişlerdir. Sistem elemanlarında sehim, emniyet katsayısı ve gerilme sonuçlarını bulmuşlardır. Yapılan analizlerde bulunan değerler sonucunda tasarlanan sisteme yükleme / boşaltma proseslerinde sistemin güvenle kullanılabileceği sonucuna varmışlardır. Şekil 2.2’de elde analizi yapılan sistem görülmektedir.

Abdulla (2018) yaptığı çalışmada yüksekliği 1,8 metre olan ve 800-1000 kg arası yük kaldırabilen çift hidrolikli makas sistemine sahip bir platform tasarlamış ve bu platformun analizini yapmıştır. Tasarlarken bütün malzemelerin detaylı seçimini oluşturmuştur. Ayrıca sistemi tasarlarken SolidWorks programını kullanmıştır.



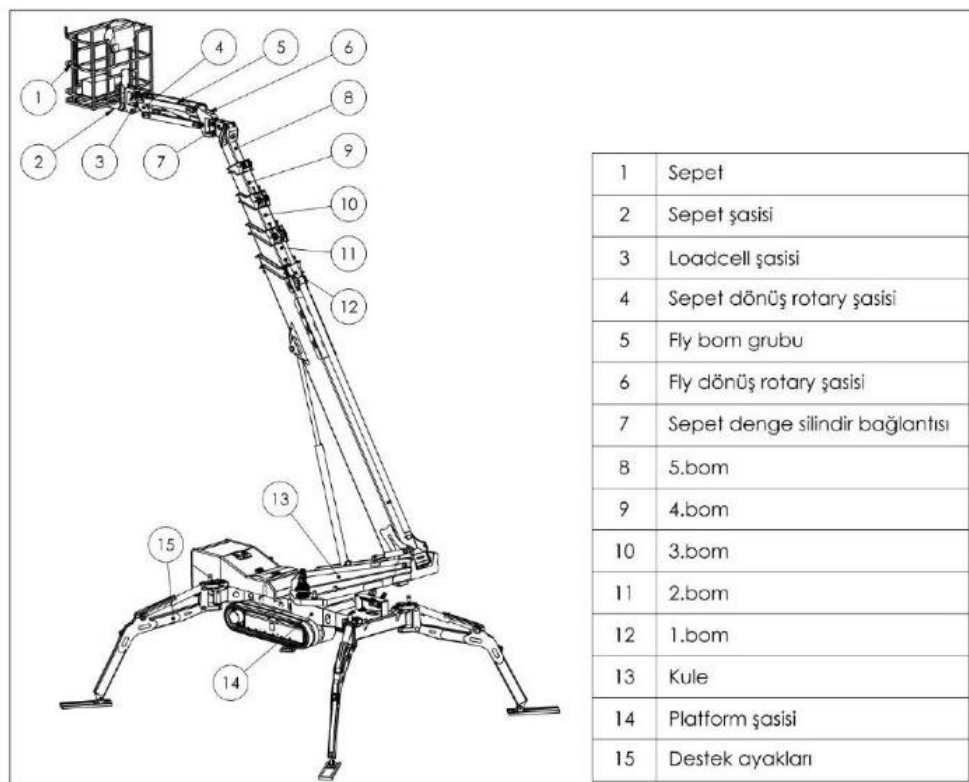
Şekil 2.2. Lift platform makas sistemi görseli

Tasarım için malzeme seçiminin planlanması için CES Edu Pack programından yararlanmıştır. Oluşturulan bu platform, içerisinde çeşitli yükleri taşıyıp kaldırabilecek nitelikte ve pazara daha ucuz maliyetli yeni bir yaklaşım olduğunu belirtmiştir. Oluşturulan yeni platform görseli Şekil 2.3’de görüldüğü gibidir.



Şekil 2.3. Tasarlanan çift pistonlu makaslı lift platform

Ürgün ve Güven (2020) yaptığı çalışmada havai platformların çalışma mekanizmaları ve yapısal özelliklerinin belirli bir denge yapısında olması gerektiğini belirlemişlerdir. Belirli dayanıma sahip ve hafif konstrüksiyonların tasarlanması için gerekli yöntemlerden biri olan sonlu elemanlar yöntemi gibi hesaplama yöntemleri ile dinamik veya statik analizler yapılmasıyla birlikte uygun malzeme seçimi ve en uygun tasarımı yapmak için bir çalışma yapmışlardır. Yaptıkları çalışmada, n Paletli Tip Teleskobik Çalışma Platformunun tasarımını TS EN 280 + A1 standardına uygun yapmışlardır. Belirli çalışma koşullarında statik yükler altında platformu sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak gerilme analizlerini ANSYS programı ile yapmışlar ve bunun sonucunda kesit optimizasyonları bularak en uygun malzeme seçimini belirlemişlerdir.



Şekil 2.4. Tasarlanan havai platformun genel konstrüksiyonu

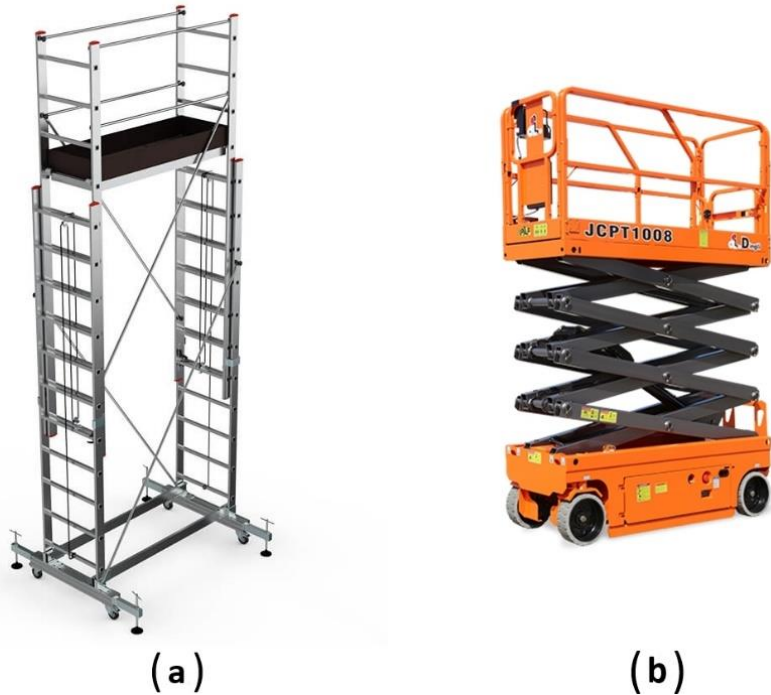
Abhinay ve Rao (2014), çalışmalarında mevcut üretim yerlerinde makaslı lift platformların kullanılmasıyla üretim süresinin daha kısa olacağını, çalışmalarında bu ihtiyaca yönelik uygun bir tasarım ile makaslı kaldıracı modelini oluşturduklarını ve malzeme seçimini yaptıklarını bildirmişlerdir. Tasarlanan bu platform model üzerinde gerilme ve gerilmelere bağlı gerinim dağılımını da elde etmişlerdir. Sonuç olarak, belirli parametreler ile güvenli bir tasarıma sahip makaslı ve hidrolik silindire sahip bir asansör tasarlamışlardır.

Aksungur ve Güler (2013), çalışmalarında belirli yüksekliğe ulaşan bir makaslı platformun analizini yapmışlardır. Tasarım SolidWorks ile katı modeli oluşturularak makaslı platformunun ANSYS programının çoklu cisim dinamiği analizinde tüm makas profillerine gelen yükler ve hidrolik silindire gelen yükü elde etmişlerdir. Daha sonra bu kuvvetler ile sanki-statik durum denklemleri oluşturularak Excel’de hesapları yapılan kuvvetleri karşılaştırmışlardır. Elde edilen sonuçların birbirine oldukça yakın olduğunu belirlemişlerdir. Daha sonra Statik Yapısal Analiz yöntemiyle bazı profillerin deformasyon, gerilme ve emniyet katsayısı sayısal değerlerine ulaşılmıştır, Bu çalışmalar sonucunda incelenen makaslı platformun, makaslı platformların uluslararası standardı TSE EN 280’e uygun bir tasarım ortaya konmuştur. Dahası bazı parametrelerde değişiklik yapıldığında, elde edilen sonuçların nasıl değiştiği de çalışma sonuçlarında paylaşılmıştır.

Bu çalışmada örnek üretilecek makaslı lift platformun tasarımında ve imalatında geliştirilmeler yapılmıştır. Literatürde yapılan çalışmalardan farklı olarak tasarımdan üründe kullanılan yarı mamüllerin yerleri değişerek farklı bir yaklaşım sergilenmiştir. Ayrıca malzeme kalınlıkları optimize edilerek üretilen üründe maddi bir yarar elde edilmiştir. Farklı makas kalınlıkları ve hidrolik silindir çapları ile analizler yapıp sonuçlar karşılaştırılmıştır. Analiz aşamaları sonuçları ve mesh yapısı eklede gösterilmiştir. Tasarım ve analizlerden sonra üretilen örnek ürün ile farklı bir marka ile saha testleri yapıldıktan sonra sonuçları karşılaştırılmıştır. Analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. Seri üretime uygun olacak şekilde önlemler alınmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada makaslı tip kaldırma platformu daha önce hiç makaslı platform üretmeyen bir firma için tasarımı analizi ve üretimi yapılmıştır. İhracat ağırlıklı çalışan bu firma yükseklere erişim için alüminyum ve metalden alüminyum iskele çeşitleri üretmektedir. Fakat bu iskelelerin her seferinde kurulması ve sökülmesi bir dezavantaj oluşturmaktadır. Ayrıca EN 1004 standardına göre üzerinde insan varken hareket ettirilmesi de yasaktır. Diğer bir dezavantajı maksimum 10 metre olarak üretilmesidir. Makaslı platformlarda ise 6 metre ile 16 metre arası üretim yapmak mümkündür. Müşterilerinden gelen talepler doğrultusunda firma makaslı lift üretme kararı almıştır. İlk olarak hangi modelin üretileceğine karar verilmiştir. Sonra üretilecek ürün SolidWorks'te tasarlanmaya başlanmıştır. Tasarım süreci ilerlerken hangi otomasyon ürünlerinin sisteme ekleneceğine karar verilmiştir. Bu süreçten sonra ürünü ANSYS ile analiz edilmesi aşaması başlamıştır. Farklı kalınlıktaki makas profilleri incelenmiş ve hangisinin uygun olduğuna karar verilmiştir. Eklerde sonuçları gösterilmiştir. Hidrolik lift seçimi yapılmış ve motor gücü hesabı da yapılmıştır. Malzeme kalınlığı ve ürün tasarımı tamamlandıktan sonra imalata başlanmış ve numune ürün üretilmiştir. Üretilen numune makaslı lift platform ve başka bir markanın aynı tarz ve yüksekliğe ulaşan ürünü üzerinde testler yapıp sonuçlar karşılaştırılmıştır.



Şekil 3.1. Alüminyum iskele platform (a) ve makaslı lift platform (b) görseli

Üretilen makaslı lift platformun özellikleri aşağıdaki tablo 3.1’de verilmiştir. En çok pazarı olan makaslı lift platform yüksekliğinin üretilmesine karar verilmiştir.

Tablo 3.1. Tasarlanacak platform özellik tablosu

Platform Özellikleri	
Yükseklik	8 m
Çalışma Yüksekliği	10 m
Maksimum Platform Kapasitesi	350 KG

Makaslı lift platform üretilirken ST52 malzeme kullanılmıştır. Bu malzemenin seçim nedeni standart ST37’den daha sağlam olması ve kolay ulaşılabilirliğidir.

Tablo 3.2. Malzeme özellik tablosu

Malzemenin Mekanik Özellikleri	
Elastik Modül	Gerinim
210 GPa	20%
Yoğunluk	Poisson Oranı
7800 kg/m ³	0,28
Akma Mukavemeti	Çekme Mukavemeti
315 MPa	520 MPa

Birçok ülkeye ihracat yapan firma için tasarım yapılırken olası bir hata veya bozulma durumunda ürünün bulunduğu ülkeye servis elemanı göndermek yerine yedek parça göndermenin daha az maliyetli olacağı düşünülüp tasarım sırasında kompakt ve modüler tasarım yapılmasına karar verilmiştir.

3.1. Makaslı Platformlar Tasarlanırken Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

Bu çalışmada üretilen makaslı lift platform EN 280 standartlarına göre tasarlanmış ve üretilmiştir. Tasarım aynı zamanda seri üretime uygun olacak şekilde düşünülmüştür. Firmanın aylık üretim hedefi 50 adet çeşitli yüksekliklerde makaslı lift platformdur. Makaslı lift platformlar 3 ana bölümden oluşur. Bunlar;

- Şase bölümü;
- Makas bölümü;
- Platform bölümü.

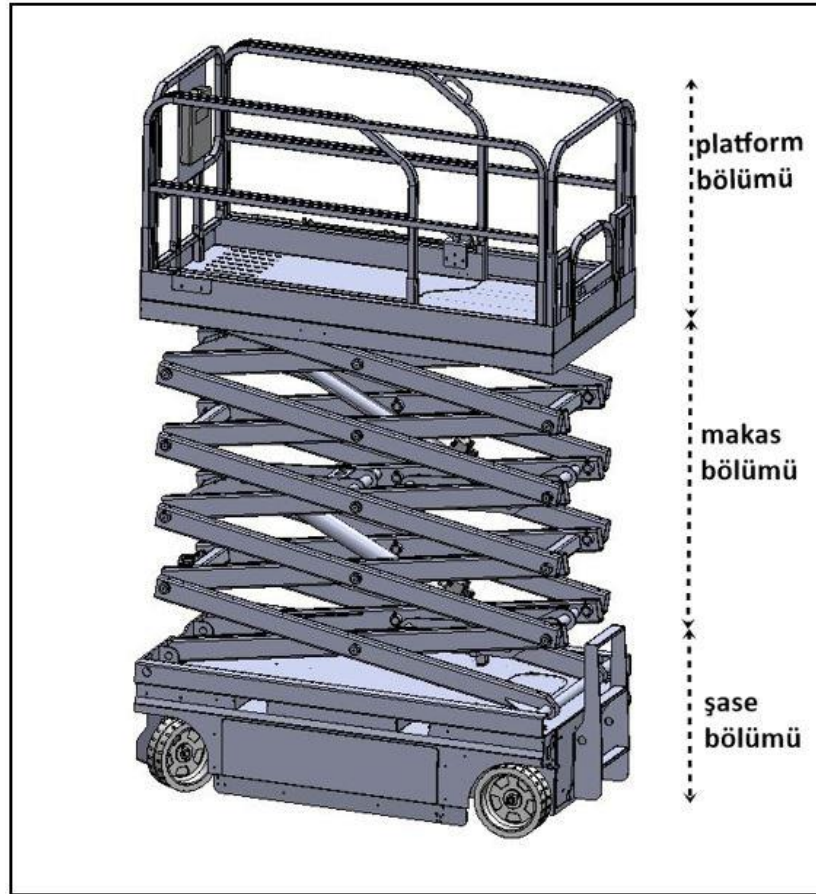
Bu bölümleri kısaca açıklayacak olursak;

Şase bölümü; Akü bölümü, merdiven, yağ tankı, şarj cihazı gibi parçalardan oluşan makaslı platformun en alt kısmıdır.

Makas bölümü; Hidrolik silindir, makas profilleri ve burç gibi bağlantı parçalarından oluşan bölümdür.

Platform bölümü; Korkuluk, açılabilir platform ve el kumanda panosu gibi parçaların olduğu kullanıcının içine binip yükseldiği ve çalışabildiği parçadır.

Yapılan tasarımda bu bölümler farklı üretim hatlarında üretilip en son aşamada birleştirilecek şekilde oluşturulmuştur. Bu şekilde üretim çok fazla parçası olan makaslı lift platformun üretim hızını arttıracak ve üretimi yalın hale getirecektir.



Şekil 3.2. Makaslı lift platform genel görünüm

Ayrıca parçaların üretilirken bir arada olmaması olası iş kazaları ve yanlış işçiliğinde önüne geçecektir. Otomasyon olarak dikkat edilmesi gereken kuralların bazıları şunlardır;

Platformda açılı sensörü olmak zorundadır,

Aşağı, yukarı, ileri ve geri giderken ses çıkarmak zorundadır,

Platform yukarıda iken şarj bitmesi durumuna göre manuel yağ boşaltma valfi olmak zorundadır

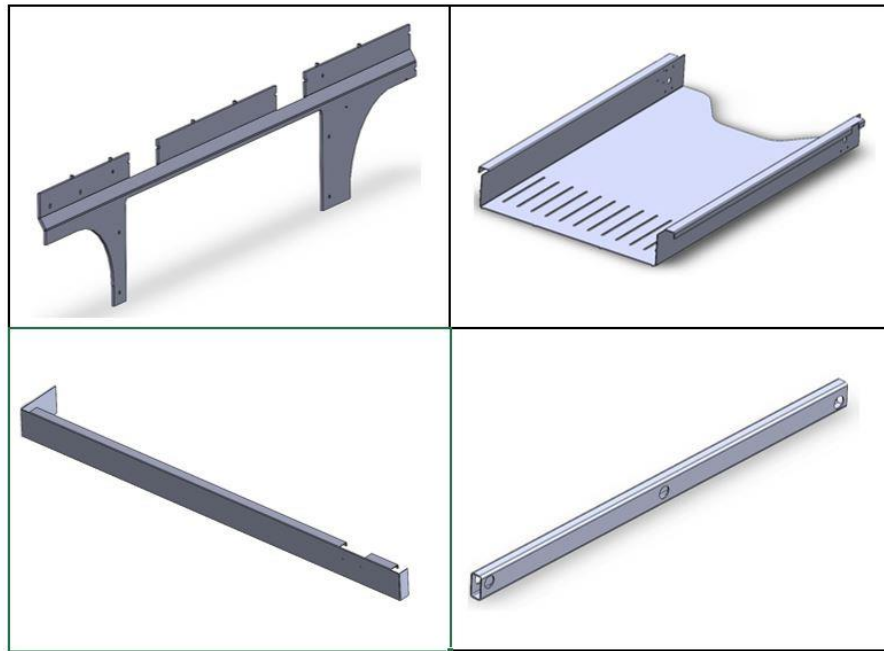
Platform yukarı doğru kalkarken pothol ayaklarının açılması gerekmektedir.

Platform yukarıda herhangi bir yerde iken normal hızından daha yavaş gitmek zorundadır

Platform aşağıya doğru inerken son kısımda otomatik yavaşlamalı veya durmalıdır.

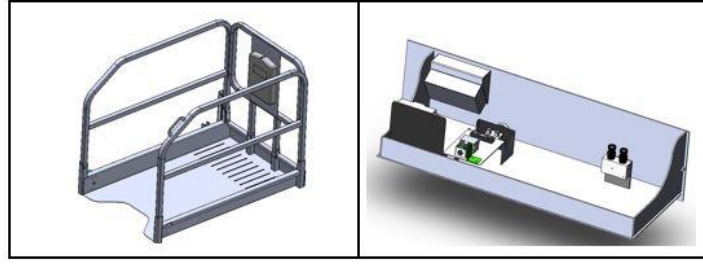
3.2. SolidWorks Tasarım

Yapılan tasarım ilk olarak SolidWorks programında parçalar halinde çizilmiştir. Şekil 3.3'te görülen makaslı lift platform yaklaşık 500 parçadan meydana gelmiştir. Ayrıca bu tasarımlar DELL marka bir iş istasyonunda yapılmıştır.



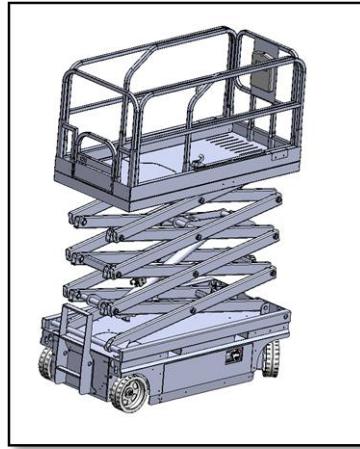
Şekil 3.3. SolidWorks örnek parça çizimleri

Parçaların tasarımda daha sonra yapılabilecek olası değişiklikler ve modüler olması için yaklaşık 40 adet alt montaj oluşturulmuştur. Şekil 3.4'de bu alt montajlara ait bazı görseller mevcuttur.



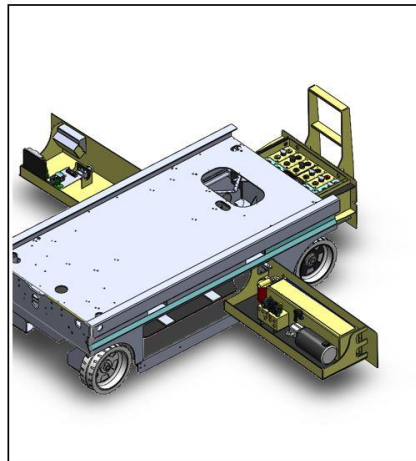
Şekil 3.4 SolidWorks örnek montaj çizimleri

Sonrasında da bu alt montajlar SolidWorks montaj sayfasında montajlanarak bir ürün haline getirilmiştir. Şekil 3.5'te tamamlanmış ürüne ait bir görsel mevcuttur.



Şekil 3.5. SolidWorks nihai ürün görseli

Tasarımda ürünün ihracat yapılacağı düşünülerek olası bozulmalarda ve arızalarda eleman desteği yerine malzeme desteğinin lojistik, zaman ve fiyat açısından daha uygun olduğu düşünülerek şase bölümünde elektrik otomasyon ve hidrolik otomasyon kısmı kapaklar içerisine (çekmece) yerleştirilmiştir.

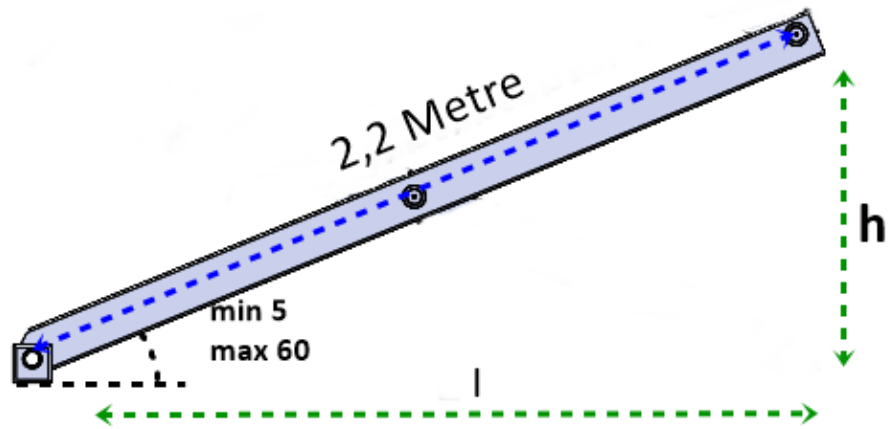


Şekil 3.6. Şase çekmece ve akü bölümü

3.3. Denklemlerin Oluşturulması

3.3.1. Makas sayısının hesaplanması

Makaslı lift platformlarda makaslar yüksekliğin değişmesine yardımcı olan elemanlardır. Yükseklik arttıkça makas profilleri X şeklini alacaktır. Makaslı lift platformlarını tasarlarken kaç adet X şeklinde makas olduğuna karar vermemiz gerekmektedir. Şekil 3.9’da bir makas profilinin uzunluğu ve maksimum ve minimum açıları gösterilmiştir.



Şekil 3.9. Makas profili genel görünümü

Burada dikey yükseklik(h) ve yatay yükseklik(l) değerlerini her 5⁰ deki değerini aşağıdaki bağıntılarda bulunmaktadır.

$$\cos\theta = \frac{l}{2,2} \quad (3.1)$$

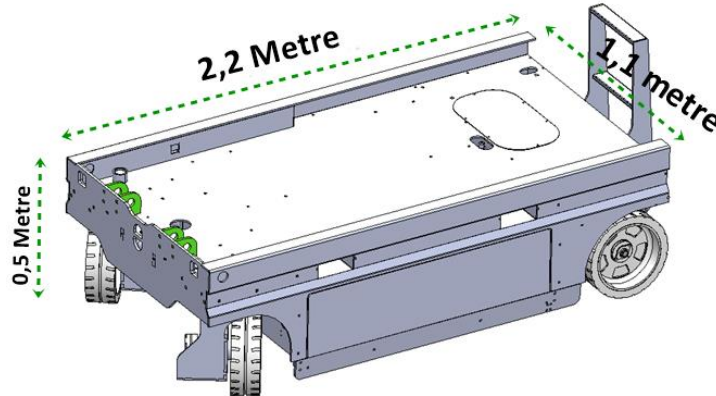
$$\sin\theta = \frac{h}{2,2} \quad (3.2)$$

θ değerine göre değişen en ve boy değerleri hesaplamalar yapıldıktan sonra aşağıdaki tablo sunulmuştur.

Tablo 3.3. Makas profili açığına göre en ve boy uzunluk tablosu

Açı (°)	Uzunluk (l) m	Yükseklik (h) m
5	2,191	0,192
10	2,167	0,382
15	2,125	0,569
20	2,067	0,752
25	1,994	0,930
30	1,905	1,100
35	1,802	1,262
40	1,685	1,412
45	1,556	1,556
50	1,415	1,685
55	1,234	1,802
60	1,100	1,905

Üreteceğimiz makaslı lift platformun ayak basma yüksekliği 8 metre çalışma yüksekliği 10 metre olacaktır. Burada şase yüksekliğini de dikkate almamız gerekmektedir. Şekil 3.10'da şase yüksekliğine ait görsel verilmiştir.

**Şekil 3.10.** Şase ölçüleri genel görünüm

Şase yüksekliği 0,5 metre alınmıştır. 8 metre yüksekliği elde etmek için kaç tane X şekline ihtiyacımızın olduğunu belirlemek için denklemi kullanmamız gerekmektedir.

$$X = \frac{H_1 - h_1}{\sin \theta_{max}}$$

(3.3)

Burada;

X; istenilen yüksekliğe göre kaç adet X şekline ihtiyaç duyulma sayısı

H_1 = istenilen ayak basma yüksekliği

$h_1 = \text{şase yüksekliği}$

Değerleri denkleme yerine koyarsak;

$$X = \frac{8-0,5}{1,905} = 3,94 \quad (3.4)$$

Değeri en yakın üst değerine yuvarlarsak 4 adet X şeklinde makasa ihtiyacımız olacaktır.

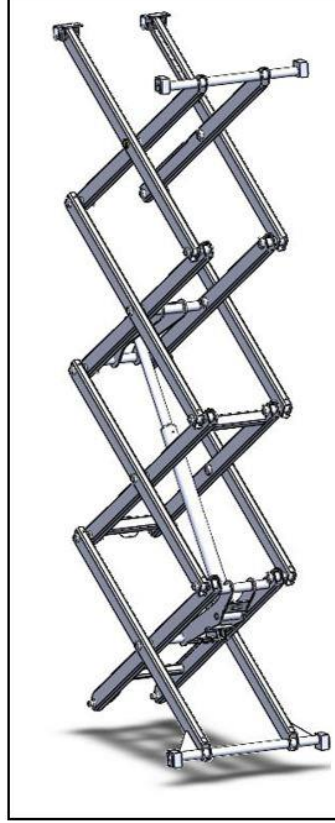
3.3.2. Hidrolik silindire gelen yük ve motor seçimi

Profil tasarımından sonra makaslı lift platform için diğer önemli hesaplanacak husus hidrolik lifte gelen kuvvettir. Hidrolik lift hesaplanırken sonucun daha doğru çıkması için profil ağırlıklarını da eklememiz gerekmektedir. Aşağıdaki tabloya göre 120x60x5 mm profilin metresi 13,73 kg kabul edilmiştir.

Tablo 3.4. Profil ağırlık tablosu

EBAT (mm)	Kalınlık (mm)								
	1.0	1.2	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0
20x10	0,454	0,538	0,661						
20x15	0,533	0,634	0,781						
25x15	0,613	0,729	0,900	1,175					
30x10	0,613	0,729	0,900						
30x15	0,693	0,825	1,020	1,335					
30x20	0,772	0,921	1,140	1,494					
35x20	0,852	1,017	1,259	1,654					
40x15	0,852	1,071	1,259	1,654					
40x20	0,926	1,112	1,379	1,813					
40x30	1,091	1,303	1,618	2,132	2,661	3,156			
50x20	1,091	1,303	1,618	2,132					
50x25		1,399	1,738	2,292					
50x30	1,251	1,495	1,857	2,451					
50x40		1,686	2,097	2,770	3,412	4,081			
60x20		1,495	1,857	2,451					
60x30		1,686	2,097	2,770	3,412	4,081			
60x40		1,878	2,336	3,089	3,819	4,559	5,960		
80x40		2,261	2,814	3,727	4,600	5,516	7,222		
80x60			3,293	4,365	5,408	6,473	8,504		
100x40			3,293	4,365	5,408	6,473	8,504		
100x50			3,532	4,684	5,790	6,952	9,115	11,268	
100x60			3,771	5,003		7,430	9,807	12,095	
120x40				5,003		7,430	9,807		
120x60				5,642		8,387	11,083	13,728	16,324
120x80				6,279		9,343	12,358	15,322	18,236
150x50				6,279		9,343	12,358	15,322	18,236

Hidrolik silindirin harekete geçtiğinde tüm profilleri hareket ettirmek zorunda olduğu için makaslı lift platformdaki tüm profilleri hesaba katılmıştır. Çalışma yüksekliği 10 metre olan bir makaslı tip platformunda Şekil 3.11'e göre 16 adet makas profili olduğu görülmektedir.



Şekil 3.11. Makaslı lift platformun makas bölümü

Buna göre bir makasın ağırlığını bulmak için aşağıdaki denklem kullanılmıştır.

$$S_m = L \cdot 13,73 \quad (3.5)$$

Burada $L = 2,2$ metre ve S_m , bir adet makas ağırlığıdır.

$$S_m = 2,2 \cdot 13,73 = 30,20 \text{ kg} \quad (3.6)$$

Toplam 16 adet makas olduğu için

$$S_T = 30,20 \cdot 16 = 483,2 \text{ kg} \quad (3.7)$$

Bu eşitliği de kuvvet olarak yazılacak olursa;

$$F_s = S_T \cdot g = 483,2 \cdot 9,81 = 4740,19 \text{ N} \cong 4,74 \text{ kN} \quad (3.8)$$

Bu kuvvet sadece makasların oluşturduğu kuvvettir. Daha önce hesapladığımız platform ağırlığı ve üzerindeki çalışma yükü ağırlığı da sisteme ilave edilmiştir.

Bu iki kuvvet toplanmıştır,

$$F_H = F_S + G = 4.740,19 + 5.689,8 = 10.429,99 \text{ N} \cong 10,43 \text{ kN} \quad (3.9)$$

Bu kuvvet makaslı lift platformun hidrolik silindirine gelen kuvvettir. Hesabımızın güvenilir olması için ve daha önce belirttiğimiz emniyet katsayısını 4 kabul edip hesap yapmamız gereken kuvvet aşağıdaki bağıntıda bulunmuştur.

$$F_H = \frac{F_{emniyet}}{c} = 10.429,99 = \frac{F_{emniyet}}{4} \quad (3.10)$$

Bu eşitliğe göre;

$$F_{emniyet} = 41.719,96 \text{ N} \cong 41,71 \text{ kN}$$

Elde edilmiştir. Bu kuvvete göre silindir çapı 60 mm olarak belirlenmiştir. Bu silindir çapına göre pompa basıncı aşağıdaki bağıntıda hesaplanmıştır.

$$P = \frac{F_{emniyet}}{A_{silindir}} \quad (3.11)$$

Burada;

$$P = \frac{41719,96}{2827} = 14.757 \text{ MPa} = 147,57 \text{ bar} \quad (3.12)$$

Hidrolik pompa için elektrik motoru seçimi yaparken hacimsel akış debisini bulmamız gerekmektedir. Burada makaslı lift platformunun kapalı pozisyondan açık hale gelmesi 30 saniye olarak kabul edilmiştir (t=30 sn). Tasarıma göre hidrolik silindirin boyu 1400 mm kabul edilmiştir.

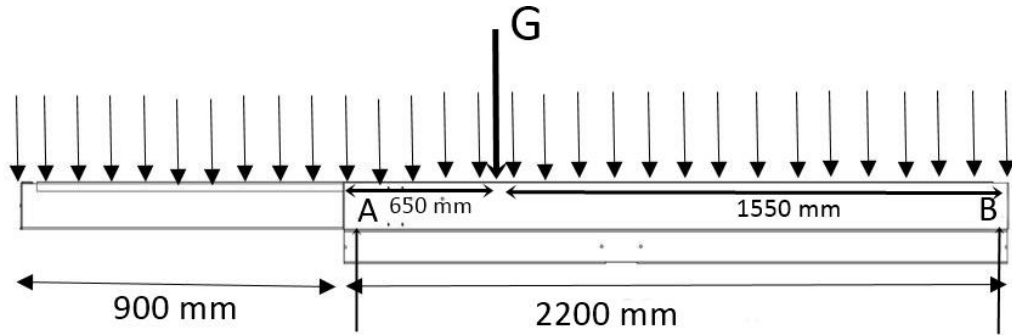
$$Q_H = \frac{L_H \cdot A}{t} = \frac{L_H \cdot \pi \cdot d^2}{4 \cdot t} \quad (3.13)$$

Burada $Q_H = 0,356 \text{ m}^3/h$ bulunmuştur. Motor kuvvetini bulmak için aşağıdaki bağıntı kullanılmıştır;

$$N_{motor} = \frac{Q_H \cdot P}{3600 \cdot \eta_h} \quad (3.14)$$

Burada η_h motor verimidir ve 0,8 olarak kabul edilmiştir. Değerleri yerine koyup işlemleri yaptığımızda 1,43 kW olarak sonuç çıkmaktadır. Bu sonuç 1,5 kW'ya çok yakın olduğu için bir üst motor olan 2,2 kW motor seçilmiştir.

3.3.3. Makas serbest cisim diyagramı ve kuvvetlerin bulunması



Şekil 3.12. Şase ölçüleri genel görünüm

Bu çalışmada makaslı platform sepeti açık halde hesaplamalar yapılmıştır. Platformun tamamına yük yayılmıştır. Daha sonra SolidWorks'te 330 kg olarak hesaplanan sepet ağırlığını da hesaplamalara dahil ederek B noktasına göre moment alınmıştır. Bu sayede A ve B noktalarına gelen yükler bulunmuştur. Aşağıda bu hesaplamalar ve denklemler bulunmaktadır.

$$m = 350 + 330 = 580 \text{ kg} \quad (3.15)$$

$$G = (580 \cdot 9,81) = 5.689,8 \text{ N} \quad (3.16)$$

B noktasına göre moment alındığında;

$$F_Y = 0 \quad 2 \cdot F_{AY} + 2 \cdot F_{BY} - G = 0 \quad (3.17)$$

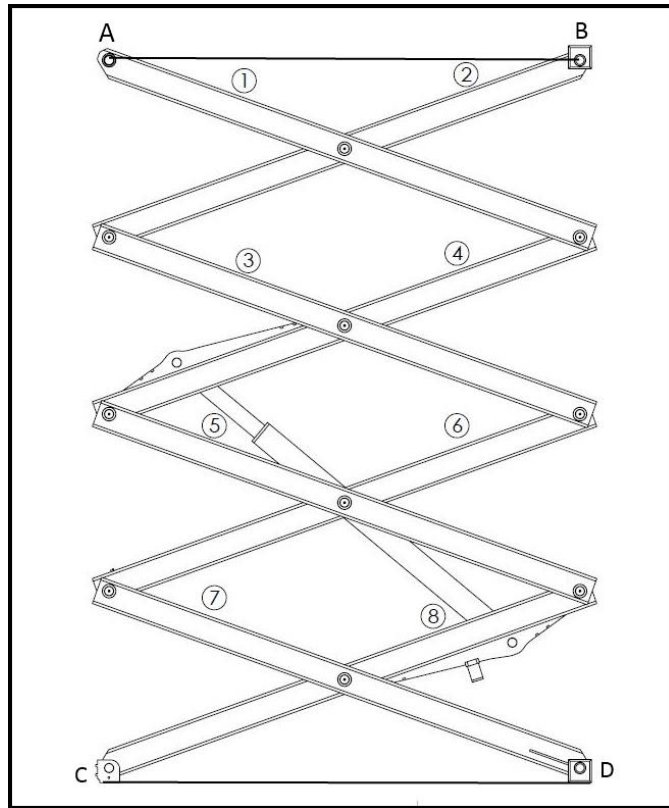
$$M_B = 0 \quad 1550 \cdot G - 2200 \cdot F_A = 0 \quad (3.18)$$

İşlemler yapıldığında;

$$F_{AY} = 2004,36 \text{ N}$$

$$F_{BY} = 840,54 \text{ N}$$

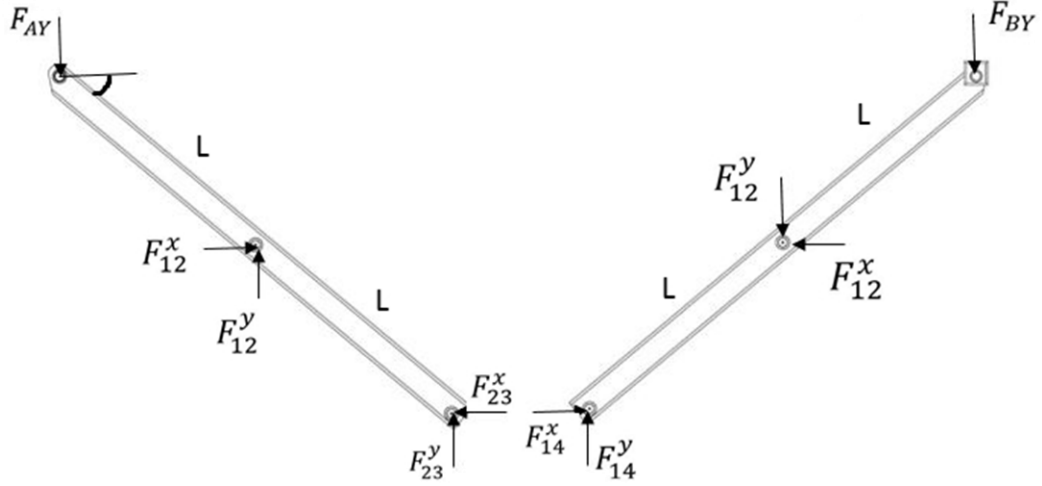
Sonuçları bulunmuştur.



Şekil 3.13. Makas sistemi genel görünüm

Makaslı lift platformun her mafsala gelen yüklerini hesaplamak için serbest cisim diyagramları oluşturulmak için her uzuv isimlendirilmiştir. Bu isimlendirme, Şekil 3.13'teki numaralandırmaya göre yapılmıştır. Örneğin 1 numaralı uzuv için 2 numaralı uzuvla birleştiği noktadaki kuvvetler F_{12}^x ve F_{12}^y , 4 numaralı uzuvla birleştiği noktadaki kuvvetler F_{14}^x ve F_{14}^y olarak adlandırılmıştır. Ayrıca 4. ve 8. uzuvlara piston kuvvetleri etkisi eklenmiştir. Daha sonra her mafsala gelen yüklerini hesaplamak için serbest cisim diyagramları oluşturulmuştur. Oluşturulan serbest cisim diyagramları ile bileşke kuvvetin

sıfır olması ve momentlerin sıfıra eşit olmasını gerektiren denklemler yazılmıştır. Her uzuv için yazılan bu denklemler çözülmüş olup sonuçları aşağıdaki tabloda verilmiştir. Ayrıca F_{12}^x ve F_{12}^y mafsalları 1. ve 2. uzuvda şiddet olarak eşit yön olarak ters alınmıştır.



Şekil 3.14. 1. ve 2. uzuv serbest cisim diyagramı

Şekil 2.3'e göre 1 ve 2 numaralı uzuv için denge denklemleri yazılmıştır;

$$\Sigma M_{23} = 0 \quad F_A^y \cdot 2L \cdot \cos\theta - F_{12}^y \cdot L \cdot \cos\theta - F_{12}^x \cdot L \cdot \sin\theta = 0 \quad (3.19)$$

$$\Sigma F_x = 0 \quad F_{12}^x - F_{23}^x = 0 \quad (3.20)$$

$$\Sigma F_y = 0 \quad -F_A^y + F_{12}^y + F_{23}^y = 0 \quad (3.21)$$

$$\Sigma M_{14} = 0 \quad -F_B^y \cdot 2 \cdot L \cdot \cos\theta - F_{12}^y \cdot L \cdot \cos\theta + F_{12}^x \cdot L \cdot \sin\theta = 0 \quad (3.22)$$

$$\Sigma F_x = 0 \quad -F_{12}^x + F_{14}^x = 0 \quad (3.23)$$

$$\Sigma F_y = 0 \quad -F_B^y + F_{12}^y + F_{14}^y = 0 \quad (3.24)$$

Denklemleri elde edilmiştir. Burada θ açısı makas sisteminin şase ile yaptığı açıdır. Bu açı her ne kadar değişken olsa da hesaplamalarımızda $\theta=5^\circ$ olarak işlemlerimiz tamamlanmıştır. En fazla kuvvetin en küçük açıda ortaya çıkmasından dolayı bu şekilde alınmıştır. Oluşturduğumuz denklem 19'da F_{12}^y yalnız bırakılmıştır;

$$F_{12}^y = \frac{F_A^y \cdot 2 \cdot L \cdot \cos\theta}{L \cdot \cos\theta} - \frac{F_{12}^x \cdot L \cdot \sin\theta}{L \cdot \cos\theta} \quad (3.25)$$

$$F_{12}^y = 2 \cdot F_A^y - F_{12}^x \cdot \tan\theta \quad (3.26)$$

Eşitliği elde edilmiştir. Daha sonra denklem 22'de de F_{12}^x yalnız bırakılmıştır;

$$F_{12}^x = \frac{F_B^y \cdot 2 \cdot L \cdot \cos\theta}{L \cdot \sin\theta} + \frac{F_{12}^y \cdot L \cdot \cos\theta}{L \cdot \sin\theta} \quad (3.27)$$

$$F_{12}^x = \frac{F_B^y \cdot 2}{\tan\theta} + \frac{F_{12}^y}{\tan\theta} \quad (3.28)$$

Eşitliği elde edilmiştir. Daha sonra denklem 28'de denklem 26 yerine konulmuştur

$$F_{12}^x = \frac{F_B^y \cdot 2}{\tan\theta} + (2 \cdot F_A^y - F_{12}^x \cdot \tan\theta) \cdot \frac{1}{\tan\theta} \text{ olur.} \quad (3.29)$$

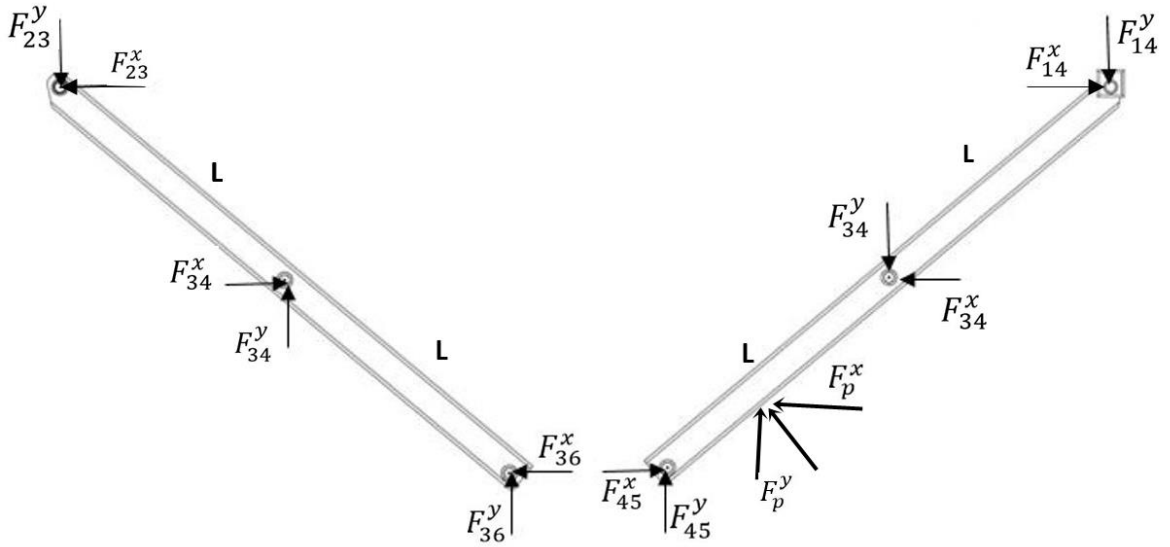
$$F_{12}^x = \frac{F_A^y}{\tan\theta} + \frac{F_B^y}{\tan\theta} \quad (3.30)$$

Eşitliği elde edilmiştir. Daha sonra denklem 26'da denklem 30 yerine konulmuştur.

$$F_{12}^y = 2 \cdot F_A^y - \left(\frac{F_A^y}{\tan\theta} + \frac{F_B^y}{\tan\theta} \right) \cdot \tan\theta \quad (3.31)$$

$$F_{12}^y = F_A^y - F_B^y \quad (3.32)$$

Eşitliği elde edilmiştir.



Şekil 3.15. 3. ve 4. uzuv serbest cisim diyagramı

Şekil 3.14'de 3.ve 4.uzuva ait serbest cisim diyagramları görülmektedir. Ayrıca piston kuvveti de F_p olarak etki etmektedir. Aşağıda denge denklemleri oluşturulmuştur.

$$\begin{aligned} \Sigma M_{36} = 0 \quad & F_{23}^y \cdot 2 \cdot L \cdot \cos\theta + F_{23}^x \cdot 2 \cdot L \cdot \sin\theta - F_{34}^y \cdot L \cdot \cos\theta \\ & - F_{34}^x \cdot L \cdot \sin\theta = 0 \end{aligned} \quad (3.33)$$

$$\Sigma F_x = 0 \quad F_{34}^x - F_{23}^x - F_{36}^x = 0 \quad (3.34)$$

$$\Sigma F_y = 0 \quad -F_{23}^y + F_{34}^y + F_{36}^y = 0 \quad (3.35)$$

$$\begin{aligned} \Sigma M_{14} = 0 \quad & -F_{14}^y \cdot 2L \cdot \cos\theta - F_{14}^x \cdot 2L \cdot \sin\theta - F_{34}^y \cdot L \cdot \cos\theta + \\ & F_{34}^x \cdot L \cdot \sin\theta + F_p^y \cdot 0,75 \cdot \cos\theta + F_p^x \cdot 0,75 \cdot \sin\theta = 0 \end{aligned} \quad (3.36)$$

$$\Sigma F_x = 0 \quad F_{14}^x - F_{34}^x - F_p^x - F_{45}^x = 0 \quad (3.37)$$

$$\Sigma F_y = 0 \quad -F_{14}^y + F_{34}^y + F_{45}^y + F_p^y = 0 \quad (3.38)$$

Eşitlikleri elde edilmiştir. Daha sonra denklem 33'de F_{34}^y yalnız bırakılmıştır.

$$F_{34}^y = \frac{F_{23}^y \cdot 2 \cdot L \cdot \cos\theta}{L \cdot \cos\theta} + \frac{F_{32}^x \cdot 2 \cdot L \cdot \sin\theta}{L \cdot \cos\theta} - \frac{F_{34}^y \cdot L \cdot \sin\theta}{L \cdot \cos\theta} \quad (3.39)$$

$$F_{34}^y = 2 \cdot F_{23}^y + 2 \cdot F_{23}^x \cdot \tan\theta - F_{34}^y \cdot \tan\theta \quad (3.40)$$

Eşitliği elde edildikten sonra denklem 36'da F_{34}^x yalnız bırakılmıştır.

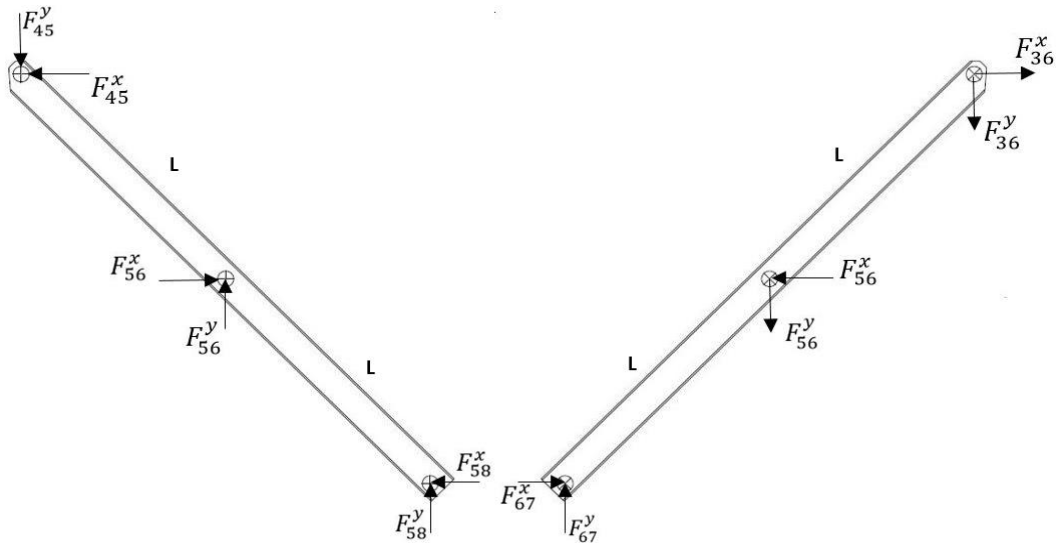
$$F_{34}^x = \frac{F_{14}^y \cdot 2 \cdot L \cdot \cos\theta}{L \cdot \sin\theta} + \frac{F_{14}^x \cdot 2 \cdot L \cdot \sin\theta}{L \cdot \sin\theta} + \frac{F_{34}^y \cdot L \cdot \cos\theta}{L \cdot \sin\theta} - \frac{F_p^y \cdot 0,75 \cdot \cos\theta}{L \cdot \sin\theta} + \frac{F_p^x \cdot 0,75 \cdot \sin\theta}{L \cdot \sin\theta} \quad (3.41)$$

$$F_{34}^x = \frac{2 \cdot F_{14}^y}{\tan\theta} + 2 \cdot F_{14}^x + \frac{F_{34}^y}{\tan\theta} - \frac{F_p^y \cdot 0,75}{L \cdot \tan\theta} + \frac{F_p^x \cdot 0,75}{L} \quad (3.42)$$

Eşitliği elde edilmiştir. Daha sonra denklem 40'da F_{34}^x yerine denklem 42 yazılmıştır.

$$F_{34}^y = 2 \cdot F_{23}^y + 2 \cdot F_{23}^x \cdot \tan\theta - \left(\frac{2 \cdot F_{14}^y}{\tan\theta} + 2 \cdot F_{14}^x + \frac{F_{34}^y}{\tan\theta} - \frac{F_p^y \cdot 0,75}{L \cdot \tan\theta} + \frac{F_p^x \cdot 0,75}{L} \right) \cdot \tan\theta \quad (3.43)$$

$$F_{34}^y = F_{23}^y + F_{23}^x \cdot \tan\theta + F_{14}^y - F_{14}^x \cdot \tan\theta + \frac{F_p^y \cdot 0,75}{2 \cdot L} + \frac{F_p^x \cdot 0,75 \cdot \tan\theta}{2 \cdot L} \quad (3.44)$$



Şekil 3.16. 5. ve 6. uzuv serbest cisim diyagramı

$$\begin{aligned}\Sigma M_{58} = 0 \quad & F_{45}^y \cdot 2 \cdot L \cdot \cos\theta + F_{45}^x \cdot 2 \cdot L \cdot \sin\theta - F_{56}^y \cdot L \cdot \cos\theta \\ & - F_{56}^x \cdot L \cdot \sin\theta = 0\end{aligned}\quad (3.45)$$

$$\Sigma F_x = 0 \quad -F_{54}^x + F_{56}^x - F_{58}^x = 0 \quad (3.46)$$

$$\Sigma F_y = 0 \quad F_{58}^y + F_{56}^y - F_{45}^y = 0 \quad (3.47)$$

$$\begin{aligned}\Sigma M_{67} = 0 \quad & -F_{36}^y \cdot 2 \cdot L \cdot \cos\theta - F_{36}^x \cdot 2 \cdot L \cdot \sin\theta - F_{56}^y \cdot L \cdot \cos\theta \\ & + F_{56}^x \cdot L \cdot \sin\theta = 0\end{aligned}\quad (3.48)$$

$$\Sigma F_x = 0 \quad F_{36}^x - F_{56}^x + F_{67}^x = 0 \quad (3.49)$$

$$\Sigma F_y = 0 \quad F_{67}^y - F_{56}^y - F_{36}^y = 0 \quad (3.50)$$

Eşitliği elde edildikten sonra denklem 45'de F_{56}^y yalnız bırakılmıştır.

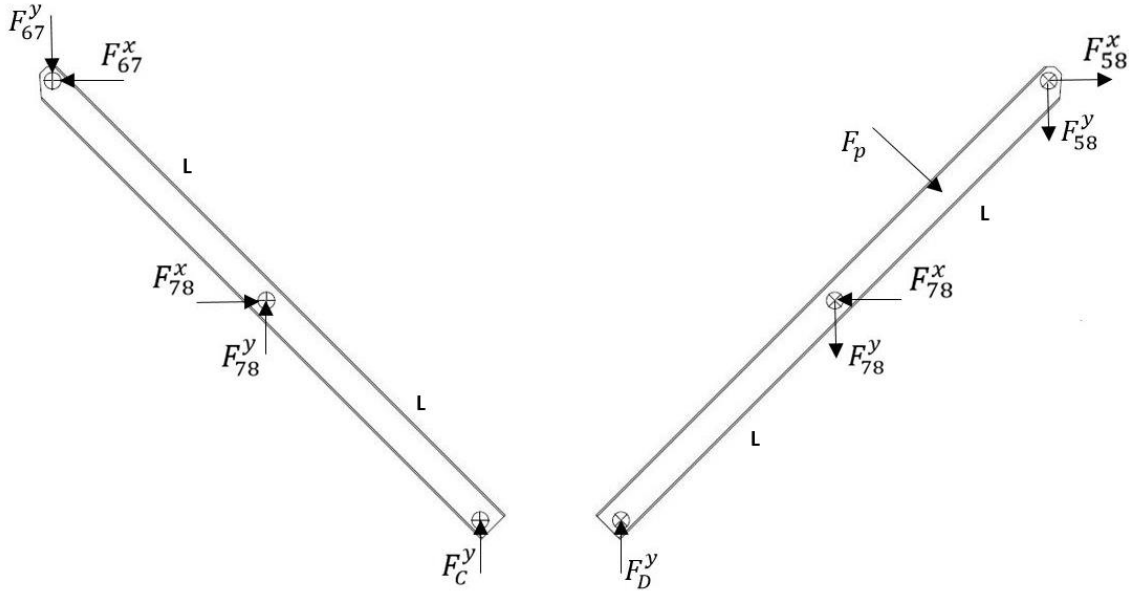
$$F_{56}^y = \frac{F_{45}^y \cdot 2 \cdot L \cdot \cos\theta}{L \cdot \cos\theta} + \frac{F_{45}^x \cdot 2 \cdot L \cdot \sin\theta}{L \cdot \cos\theta} - \frac{F_{56}^x \cdot L \cdot \sin\theta}{L \cdot \cos\theta} \quad (3.51)$$

$$F_{56}^y = 2 \cdot F_{45}^y + 2 \cdot F_{45}^x \cdot \tan\theta - F_{56}^x \cdot \tan\theta \quad (3.52)$$

Eşitliği elde edildikten sonra denklem 48'de F_{56}^x yalnız bırakılmıştır.

$$F_{56}^x = \frac{F_{36}^y \cdot 2 \cdot L \cdot \cos\theta}{L \cdot \sin\theta} + \frac{F_{36}^x \cdot 2 \cdot L \cdot \sin\theta}{L \cdot \sin\theta} + \frac{F_{56}^y \cdot L \cdot \cos\theta}{L \cdot \sin\theta} \quad (3.53)$$

$$F_{56}^x = \frac{2 \cdot F_{36}^y}{\tan\theta} + 2 \cdot F_{36}^x + \frac{F_{56}^y}{\tan\theta} \quad (3.54)$$



Şekil 3.17. 7. ve 8. uzuv serbest cisim diyagramı

$$\begin{aligned} \Sigma M_C = 0 \quad & F_{67}^y \cdot 2 \cdot L \cdot \cos\theta + F_{67}^x \cdot 2 \cdot L \cdot \sin\theta - F_{78}^y \cdot L \cdot \cos\theta \\ & - F_{78}^x \cdot L \cdot \sin\theta = 0 \end{aligned} \quad (3.55)$$

$$\Sigma F_x = 0 \quad F_{78}^x - F_{67}^x = 0 \quad (3.56)$$

$$\Sigma F_y = 0 \quad F_C^y - F_{67}^y + F_{78}^y = 0 \quad (3.57)$$

$$\begin{aligned} \Sigma M_D = 0 \quad & -F_{58}^y \cdot 2 \cdot L \cdot \cos\theta - F_{58}^x \cdot 2 \cdot L \cdot \sin\theta - F_{78}^y \cdot L \cdot \cos\theta \\ & + F_{78}^x \cdot L \cdot \sin\theta - F_p^y \cdot 1,7 \cdot \cos\theta - F_p^x \cdot 1,7 \cdot \sin\theta = 0 \end{aligned} \quad (3.58)$$

$$\Sigma F_x = 0 \quad F_{58}^x - F_{78}^x + F_p^x = 0 \quad (3.59)$$

$$\Sigma F_y = 0 \quad F_D^y - F_{78}^y - F_{58}^y - F_p^y = 0 \quad (3.60)$$

Eşitliği elde edildikten sonra denklem 55'de F_{78}^y yalnız bırakılmıştır.

$$F_{78}^y = \frac{F_{67}^y \cdot 2 \cdot L \cdot \cos\theta}{L \cdot \cos\theta} + \frac{F_{67}^x \cdot 2 \cdot L \cdot \sin\theta}{L \cdot \cos\theta} - \frac{F_{78}^x \cdot L \cdot \sin\theta}{L \cdot \cos\theta} \quad (3.61)$$

$$F_{78}^y = 2 \cdot F_{67}^y + 2 \cdot F_{67}^x \cdot \tan\theta - F_{78}^x \cdot \tan\theta \quad (3.62)$$

Eşitliği elde edildikten sonra denklem 58'da F_{78}^x yalnız bırakılmıştır.

$$F_{78}^x = \frac{F_{58}^y \cdot 2 \cdot L \cdot \cos\theta}{L \cdot \sin\theta} + \frac{F_{58}^x \cdot 2 \cdot L \cdot \sin\theta}{L \cdot \sin\theta} + \frac{F_{78}^y \cdot L \cdot \cos\theta}{L \cdot \sin\theta} + \frac{F_p^y \cdot 1,7 \cdot \cos\theta}{L \cdot \sin\theta} + \frac{F_p^x \cdot 0,75 \cdot \sin\theta}{L \cdot \sin\theta} \quad (3.63)$$

$$F_{78}^x = \frac{2 \cdot F_{58}^y}{\tan\theta} + 2 \cdot F_{58}^x + \frac{F_{78}^y}{\tan\theta} + \frac{F_p^y \cdot 1,7}{L \cdot \tan\theta} + \frac{F_p^x \cdot 0,75}{L} \quad (3.64)$$

Eşitliği elde edilmiştir. Oluşturulan denklemleri çözülmesi sonucu her uzva gelen yükler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 3.5. Tüm uzuvlara gelen yükler

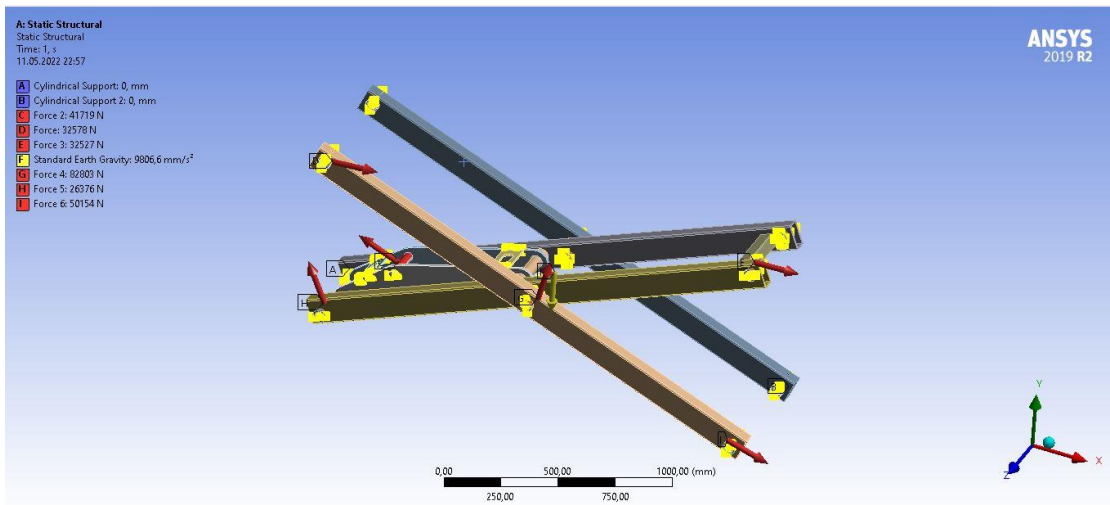
Makas Eklem Yerleri	Sonuçlar (N)
F_A^y	2004,36
F_B^y	840,54
F_{12}^y	1163,83
F_{12}^x	32516,71
F_{14}^y	840,54
F_{14}^x	32516,71
F_{23}^y	2004,36
F_{23}^x	32516,71
F_p^y	41561,2
F_p^x	3636,13
F_{34}^y	16797
F_{34}^x	81044,29
F_{36}^y	-14703,64
F_{36}^x	48072,42
F_{45}^y	23748
F_{45}^x	-11436,29
F_{56}^y	-10621
F_{56}^x	323457,9
F_{58}^y	-13127
F_{58}^x	21201
F_{67}^y	21675
F_{67}^x	15615
F_{78}^y	6502
F_{78}^x	21675
F_C^x	2004,36
F_D^y	840,56

Yukarıdaki tablo incelendiğinde en kritik makasın piston yükünün uygulandığı 3 ve 4 numaralı uzuvlar olduğu görülmüştür. Bu yüzden platformun minimum pozisyonunda 3. ve 4. profillerin en kritik profiller oldukları söylenebilir. Bu profillerin incelenmesi ve analiz edilmesi makaslı lift platform standartlarına uygunluk açısından önem arz etmektedir. Yapılan ANSYS çalışmalarında da bu durumun üzerinde durulmuştur.

3.4. ANSYS Analiz Oluşturulması

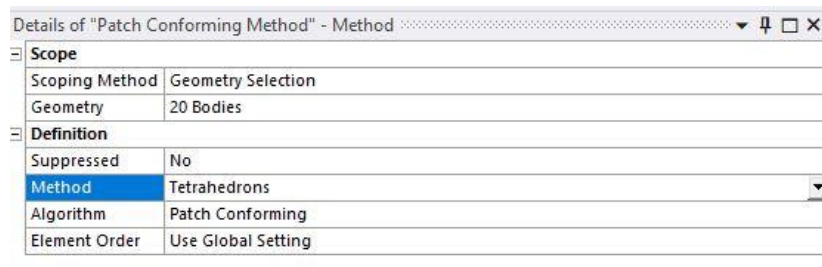
3.4.1. Makas sisteminin analizi

Yapılan hesaplamaların karşılaştırılması için tasarlanan ürün ANSYS programına aktarılmıştır. Analizler yapılırken ANSYS Static Structural modülünden yararlanılmıştır. Şekil 3.14.'de ANSYS aktarılan makas görülmektedir. Burada uygulanan yükler yer çekimi etkisi, her bir birleşim noktasına etki eden kuvvetler ve pistonun uyguladığı kuvvet makas üzerine eklenmiştir. Böylece en kritik uzuvlar olan 3. ve 4. uzuvlar analiz için oluşturulmuştur.



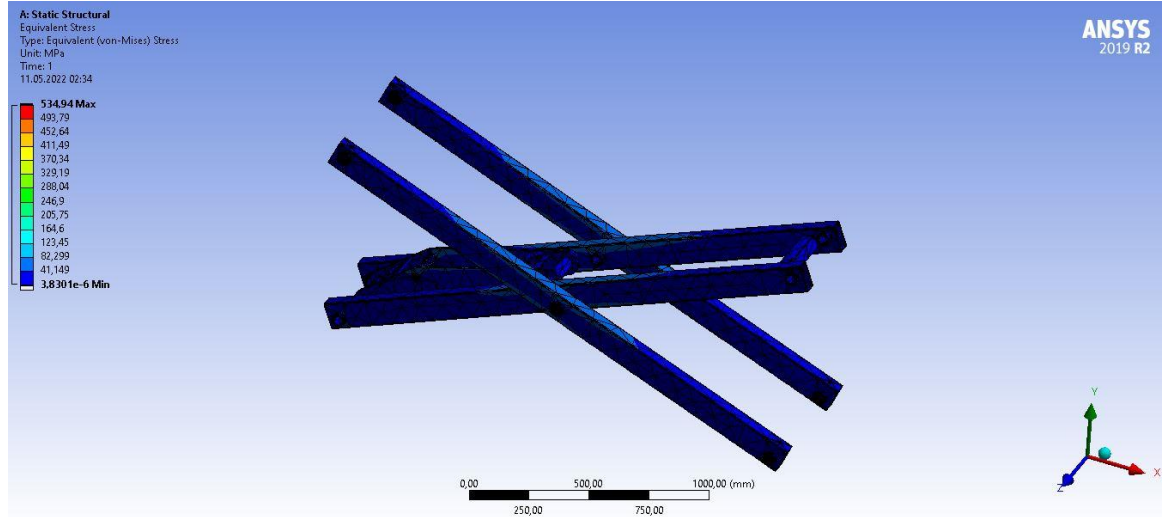
Şekil 3.18. ANSYS platform genel görünümü

Analiz başlamadan önce bütün yüzeyler birbirleriyle ilişkilendirilmiş ve alt kısımlardan silindirik destekler atılmıştır. Piston bağlantı parçaları sisteme dahil edilmiş ve piston yükü de analize dahil edilmiştir. Montajlama işleminden sonra mesh oluşturma adımına geçilmiştir. Ağ yapısını örerken method olarak Tetrahedrons seçilmiştir. Bu yöntem geometik olarak hiçbir boşluğu olmayan tasarımlarda en iyi ağ yapısını örmektedir. Oluşturduğumuz tasarımda da tüm parçalar birbirine montajla bağlanmıştır ve parçalar arasında boşluk bırakılmamıştır .



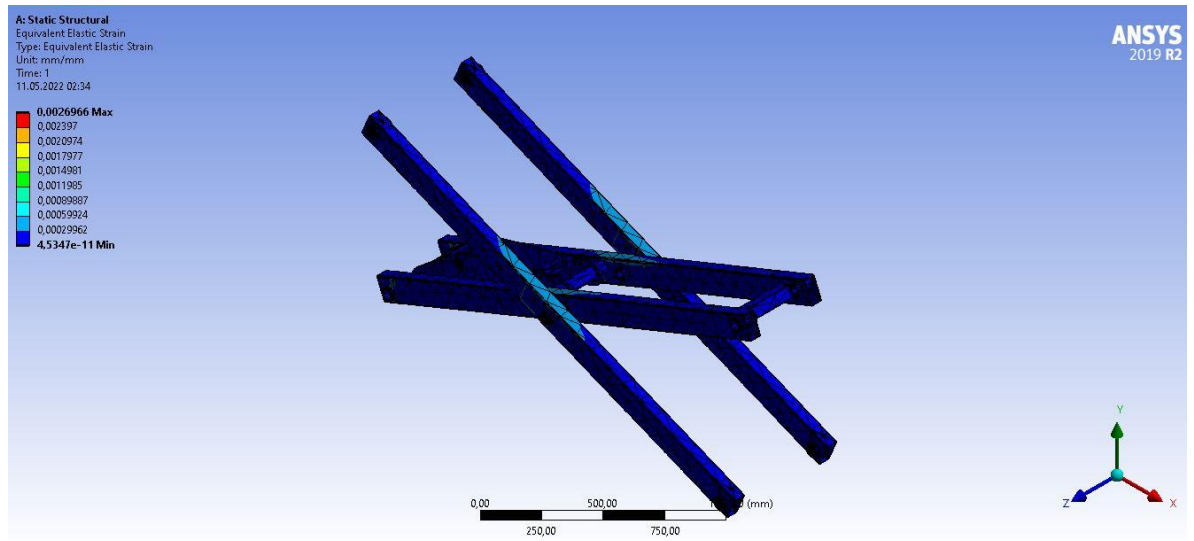
Şekil 3.19. Mesh seçim ekranı

Analiz için montaj ve ağ yapısı Ek-4'teki gibi örölmüş ve ANSYS gerilme analizi işleminde başlanmıştır. Analiz sonucu görselleri aşağıdaki Şekil 3.20'de verilmiştir. Von Mises gerilme analize göre $\sigma_{\text{nümerik}}=75$ MPa'dır. Akma gerilmesi 315 MPa olan profil için emniyet katsayısı 4 olarak alındığında $\sigma_{\text{emniyet}}=78$ MPa olacaktır. Sonuçlar olarak analiz sonuçları emniyetli bir tasarım olduğunu göstermektedir.



Şekil 3.20. ANSYS makas bölümü Von – Mises gerilme analizi

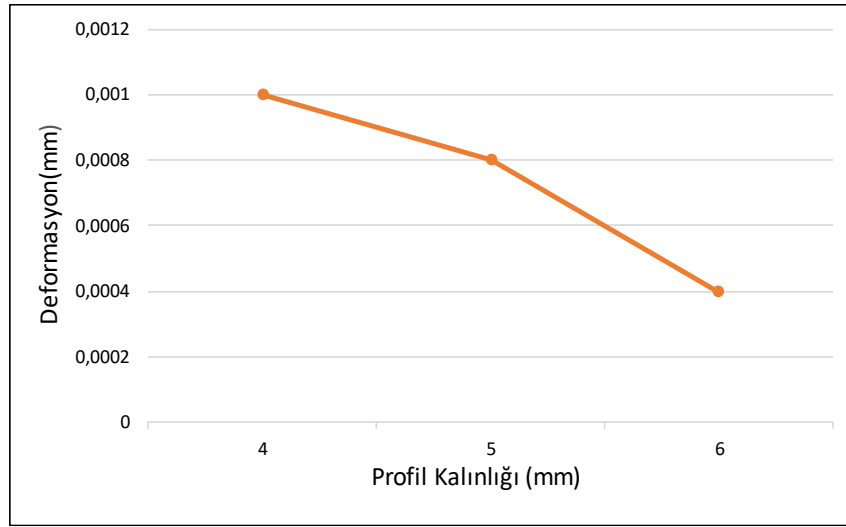
Bir diğer analiz sonucu eşdeğer elastik gerinimdir. Bunun anlamı sisteme uygulanan yük geri kaldırıldığında sistemin eski haline döneceği gerilim sınırları olarak tanımlanabilir. Burada $\epsilon_{\text{max}} = 808,48 \mu\text{m}/\text{m}$ olarak analiz sonucu elde edilmiştir.



Şekil 3.21. ANSYS makas bölümü şekil değiştirme analizi

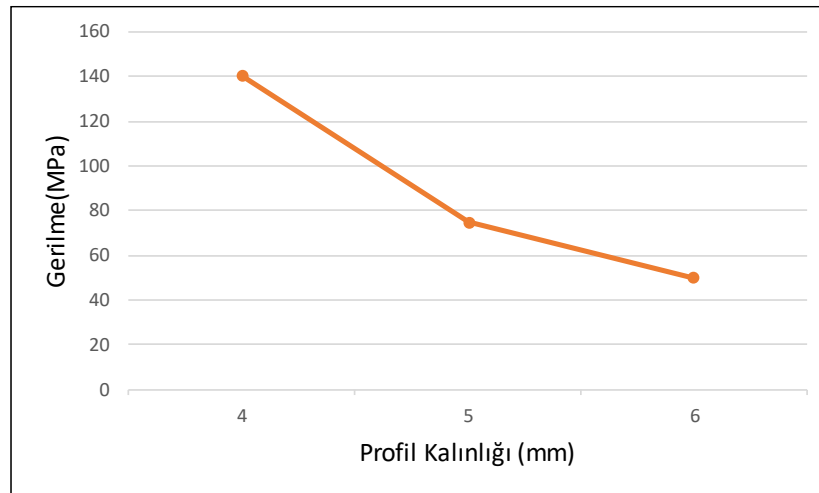
3.4.2. Parametre değişimlerinin incelenmesi

Yapılan çalışmada piyasada üretilen makaslı lift platformlardan farklı olarak makas profilindeki profillerin kalınlığı ile ilgili sonuçlar incelenmiştir. Aşağıdaki tabloda profil kalınlığına göre en kritik makas olan 3. ve 4. uzuvlara gelen gerilmeler incelenmiştir. 5 mm kalınlığın yeterli olduğu görülmektedir. $\sigma_{emniyet} = 78$ MPa olarak alındığında 5 mm profilin gerilme değeri ~75 MPa olarak görülmektedir.



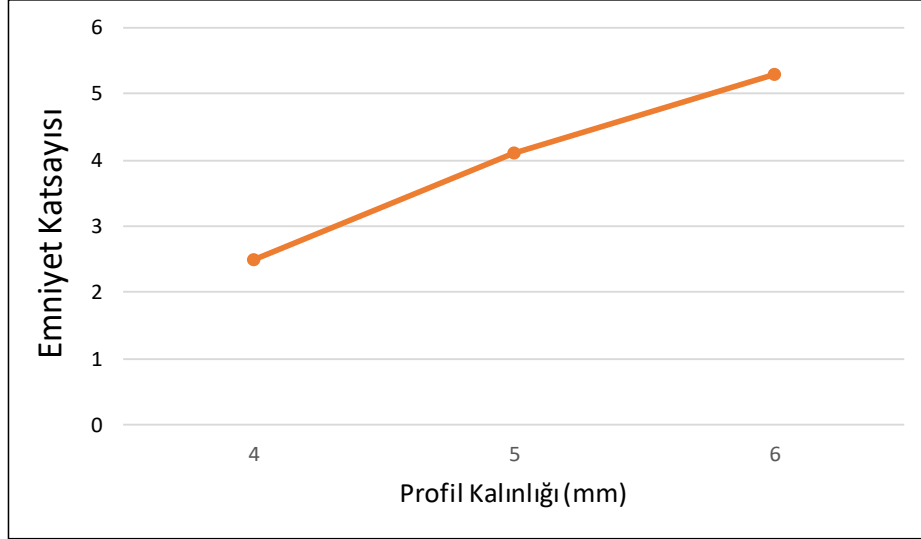
şekil 3.22. Farklı kalınlıklara göre gerilmeler

Farklı profil kalınlıklardaki deformasyon analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. Profil kalınlığına bağlı olarak yüksek değerde bir deformasyon olmaması gereksiz kalınlıktaki malzeme kullanımının önüne geçmiştir. Malzeme kalınlığını belirlerken emniyet katsayısı ve gerilme değerlerini dikkate almamız gerekmektedir.



şekil 3.23. Farklı kalınlıklara göre deformasyonlar

Farklı profil kalınlıklarına göre emniyet katsayıları karşılaştırılmıştır. Makas kalınlığı 4 mm profillerde emniyet katsayısı düşük olmakla beraber ($\cong 3$) iken 6 mm profillerde ise daha fazladır ($\cong 5$). Profil kalınlığı 5 mm iken yapılan analizde ise emniyet katsayısı yaklaşık 4 çıkmıştır.



Şekil 3.24. Farklı kalınlıklara göre emniyet katsayısı

Farklı burç kalınlıklarına göre gerilme ve deformasyonlar karşılaştırılmış tabloya aşağıda verilmiştir. Tabloya göre burç kalınlığı arttıkça gerilme azalmaktadır. Fakat burç kalınlığı arttırdıkça içinden geçen pimin kalınlığı düşeceği için 7,5 mm kalınlık tercih edilmiştir.

Tablo 3.6. Farklı burç kalınlıklarına göre gerilme analizi

Burç Çapı(mm)	Burç İç Çapı(mm)	Kalınlık (mm)	Gerilme (MPa)
59	48	5,5	12
59	46	6,5	11,2
59	44	7,5	8,5
59	40	9,5	3,5

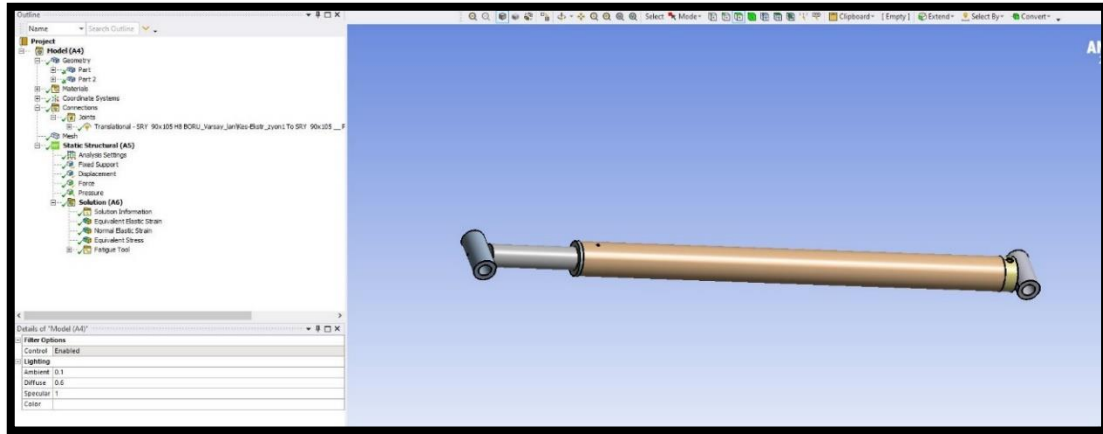
Tablo 3.7.'de farklı çaplardaki burçların deformasyonları görülmektedir. Burç kalınlığındaki deformasyon ölçülerine bakıldığında birbirine yakın değerler elde edilmiştir. Dolayısıyla burç kalınlığı belirlenirken gerilme dikkate alınmıştır. Ayrıca kalın burç kullanılması pimin çapının küçülmesine neden olacaktır. Pim çapı küçülmesi ile pime gelecek kuvvetleri kesmeye yol açacağı düşünülmüştür.

Tablo 3.7. Farklı burç kalınlıklarına göre deformasyon analizi

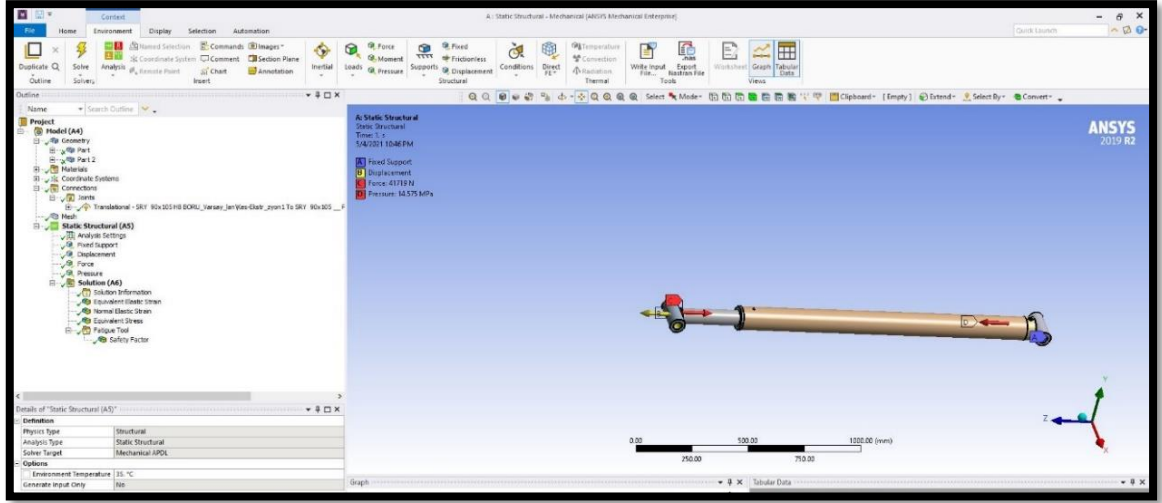
Burç Çapı(mm)	Burç İç Çapı(mm)	Kalınlık (mm)	Deformasyon(mm)
59	48	5,5	0,000614
59	46	6,5	0,000508
59	44	7,5	0,000415
59	40	9,5	0,000151

3.4.3. Hidrolik lift sisteminin analizi

Hidrolik lift tasarımı SolidWorks'te yapıp ANSYS'e aktarılmıştır. Şekil 3.25'de aktarılmış tasarlanan hidrolik pistonun genel görünümü gösterilmektedir. ANSYS analizi yapılmadan önce pistonun hareketli kısmı bir parça olarak tanımlanmıştır. Diğer sabit kısımda tek bir parça olarak tanımlanmıştır.

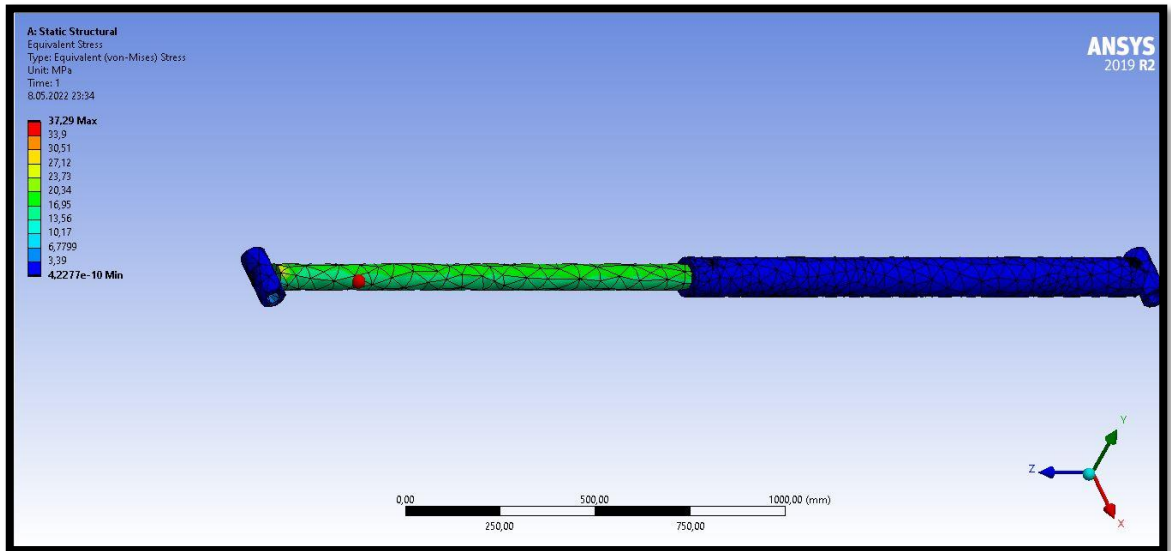
**Şekil 3.25.** ANSYS hidrolik silindir genel görünümü

Hidrolik silindirde yapılan montaj sayesinde silindir eksenine boyunca 1400 mm ye kadar açılıp kapanabilecektir. ANSYS analiz sonuçlarında ürün en açık haldeki durumu en kritik olacağı için bu durum görselleri verilmiştir. Ayrıca hidrolik silindire atanan yer değiştirme (displacement) sabit desteği (fixed support) kuvveti, kuvvetin yönü ve silindirin içerisindeki yağın oluşturacağı basınç Şekil 3.26'de gösterilmektedir.



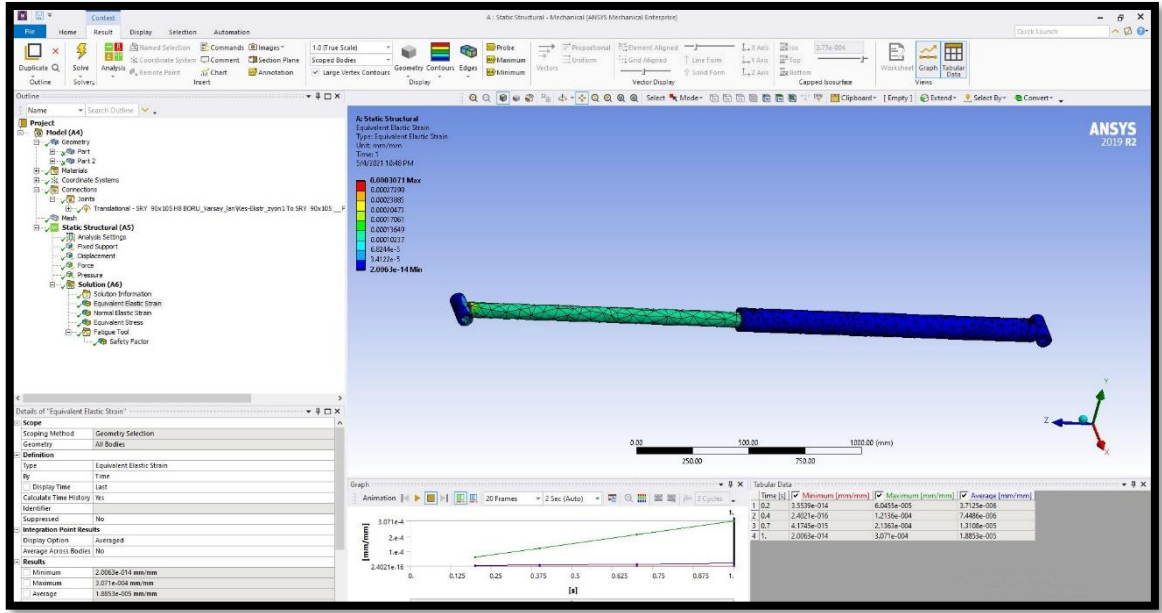
Şekil 3.26. ANSYS hidrolik silindir uygulanan yükler

Yapılan analiz sonucunda Von-Mises gerilme analiz sonucu ortalama $\sigma_{nümerik} = \sim 14,5$ MPa olarak belirlenmiştir. Bu değer aşağıdaki tablodan elde edilen yaklaşık değerdir. Bizim hesaplamamız sonucunda elde edilen değer ise $\sigma_{analitik} = 14,57$ MPa'dır. Sonuçlar birbirine çok yakın elde edilmiştir.



Şekil 3.27. ANSYS hidrolik silindir Von – Mises gerilme analizi

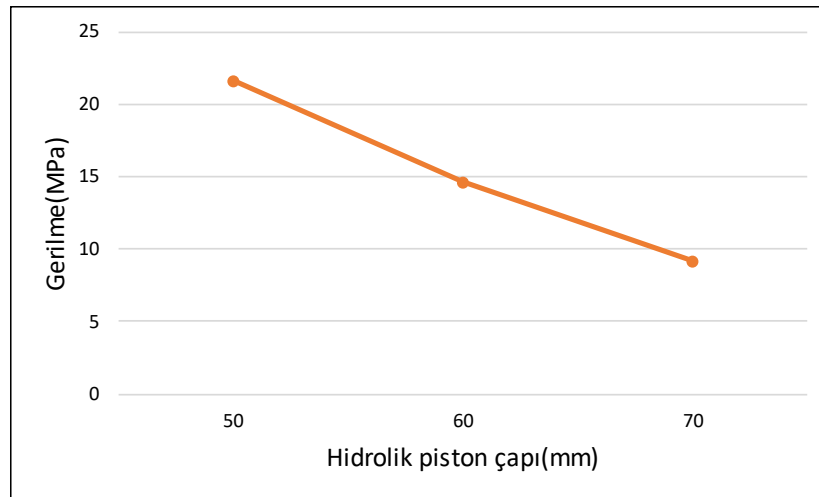
Bir diğer analiz sonucu eşdeğer elastik gerinimdir. Bunun anlamı sisteme uygulanan yük geri kaldırıldığında sistemin eski haline döneceği gerilim sınırları olarak tanımlanabilir. Burada yaklaşık $\epsilon_{max} = 170,10 \mu m/m$ olarak analiz sonucu elde edilmiştir. Bu şekilde değiştirme hidrolik silindirin 1 metresinde meydana gelen şekil değiştirir. Analiz Şekil 3.29'da gösterilmektedir.



Şekil 3.28. ANSYS hidrolik silindir şekil değiştirme analizi

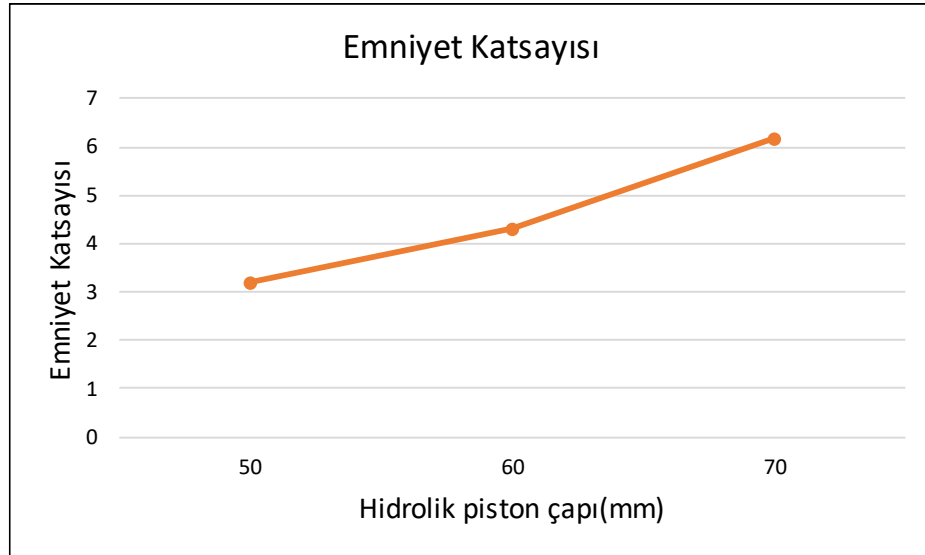
3.4.4. Parametre değişimlerinin incelenmesi

Farklı çaplardaki hidrolik lift gerilme ve emniyet katsayısı analizleri tabloları aşağıda verilmiştir. 50 mm piston çapı olarak analiz yapıldığında gerilme ~ 23 MPa olarak görülmektedir. 60 mm piston çapında ~ 14 MPa gerilme olarak analiz edilmiştir. Yine 70 mm olarak analizler yapıldığında ~ 10 MPa olarak analiz sonucu elde edilmiştir. Analizlerde de görüldüğü gibi çap küçüldükçe gerilme değeri artmıştır. Buna bağlı olarak optimum değerdeki çapı belirlemek ve kontrol etmek için emniyet katsayısı analizine bakılmıştır.



Şekil 3.29. Farklı çaplara göre gerilme analizi

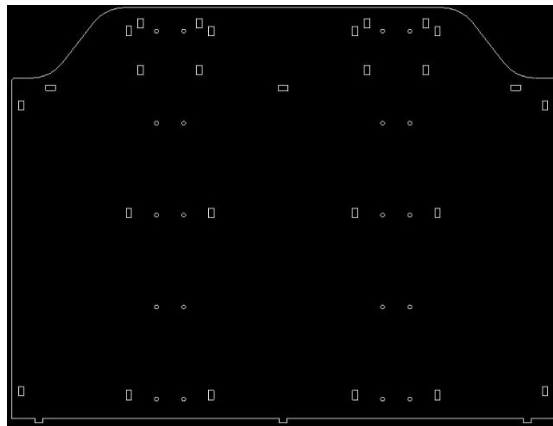
Hidrolik lift çapı küçüldükçe emniyet katsayısı azalmaktadır. Hidrolik çapı 60 mm olarak analiz edildiğinde emniyet katsayısı $\sim 4,1$ sonucuna ulaşılmıştır. Çap 70 mm ve 50 mm analizlerimizde sırasıyla emniyet katsayıları $\sim 6,1$ ve $\sim 3,4$ olarak analiz sonuçları elde edilmiştir. Tasarımda optimum değer olan 60 mm hidrolik çap ile makaslı lift platform üretime alınmıştır.



Şekil 3.30. Farklı çaplara göre emniyet katsayısı analizi

3.4.5. Makaslı lift platformun üretilmesi

Tasarım ve analizden sonra makaslı lift platformun fiili üretim sürecine geçilmiştir. Öncelikli olarak SolidWorks programının sac metal bölümünde tasarlanan sac parçaların lazer kesim için DXF. formatında kesim için çizimleri oluşturulmuştur. Daha sonra da büküm teknik resimleri oluşturulmuştur.



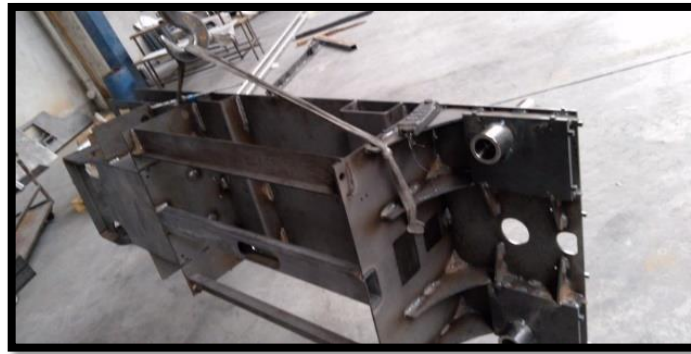
Şekil 3.31. DXF. sac açılım görseli

Teknik resimlerin ve kesim dosyalarının oluşturulmasından sonra motor, şarj cihazı, tekerlekler, acil stop butonu gibi yarı mamuller tedarik edilmiştir. İmalat başlamadan önce bütün yarı mamül parçaları tedarik edilmiştir. Bu tedarik üretim sürecinde zaman kayıplarının önüne geçmiştir.



Şekil 3.32. Makaslı lift platform yarı mamül örnekleri

Tüm kesim malzemeleri ve sarf malzemelerin tedarikinden sonra makaslı lift platformu 3 aşamada üretilmeye karar verilmiştir. Önce şase bölümü sonra makas bölümü daha sonra da platform bölümünü üretilmiş kendi içerisinde kaynatıldıktan sonra birbiri ile montajı yapılmıştır. Bu şekilde üretim daha sonra oluşturacağımız seri imalat sistemi içinde de bir ön deneme olmuştur.



Şekil 3.33. Şase imalat görseli

Makaslı lift platformun en kritik bölümü ve üretilirken en dikkat edilmesi gereken bölüm makas montajıdır. Çünkü bu kısım makinanın çalışma hayatı boyunca her zaman açılıp kapanma hareketiyle aktif olarak kullanılacaktır. Burada oluşan bir hata veya yaklaşık hata makinanın çalışma konforunda ve çalışma süresinde eksilmelere neden

olacaktır. Bu yüzden makas bölümünün profillerini bağlantı yerlerindeki delikleri Durma marka profil lazer kesim makinasında kesilmiştir. Makine toleransı binde bir olduğu için bu kesilen profillerin neredeyse hatasız kesilmesi anlamına gelmektedir.



Şekil 3.34. Makas imalat görseli

Makas ve şase bölümünden sonra son bölüm olan platform bölümü kaynatılmıştır. Daha sonra 3 kısım birbirine montaj edilerek elektrik ve hidrolik otomasyon bölümüne geçilmiştir. Sorunsuz bir hidrolik ve elektrik otomasyon için makaslı lift platformun mekanik olarak hatasız çalışıyor olması gerekmektedir. Yaptığımız ilk üretim sonucunda, bu makaslı lift platformun mekanik kısımlarının çalışması sorunsuz olmuş ve başarıya ulaşmıştır. Daha sonra ürün otomasyonları tamamlanarak yaklaşık 15 gün süren ürün testlerine fabrika içerisinde başlanmıştır.



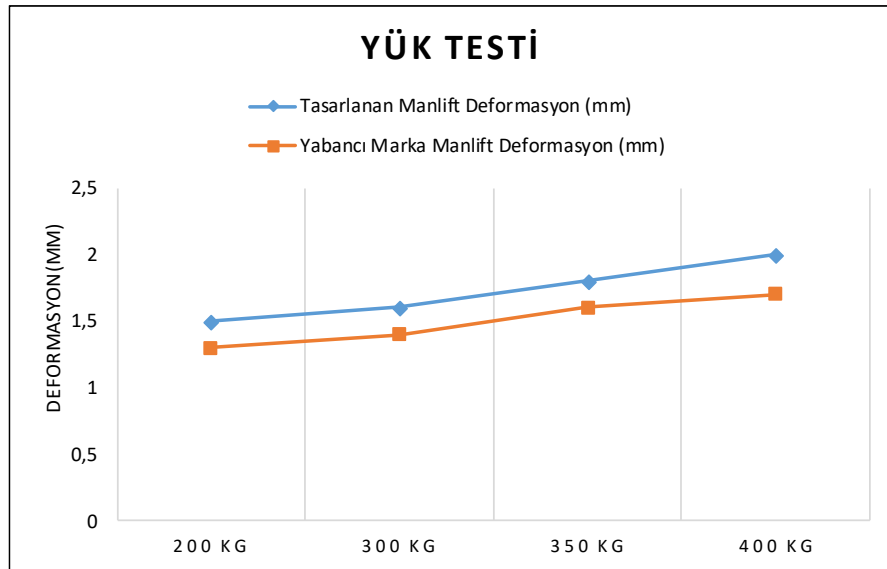
Şekil 3.35. Makaslı lift platformu nihai ürün görseli

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Yapılan çalışmada makaslı tip bir kaldırma platformu tasarımı analizi ve üretimi yapılmıştır. İstenilen yüksekliğe ulaşmak için kaç makas seçmemiz gerektiği hesaplanmıştır. Makaslara gelen yükler ve hidrolik silindire gelen yükler hesaplanmıştır. Ayrıca motor gücü hesap edilerek motor seçimi yapılmıştır.

Daha sonra ANSYS'e aktarılan çizimlerin analizleri yapılmıştır. Farklı kalınlıklar ve çaplar için de sonuçlar incelenmiştir. Analiz sonucu makas profil kalınlığı optimize edilerek malzemeden tasarruf sağlanmıştır.

Üretilen makaslı lift platform 15 gün saha testleri yapıldıktan sonra yabancı bir marka ile yük testi yapılmış olup sonucu aşağıdaki tabloda paylaşılmıştır. Her iki platformun makas profilleri aynı malzemeden üretilmiştir.



Şekil 4.1. Makaslı lift platformu yük testi

Makaslı lift platformlara yapılan test sonuçları gösteriyor ki tasarlanan ve üretilen ürün başarılı bir tasarım ve üretim ortaya çıkarılmıştır. Yabancı bir marka ile yük testi sonuçları yaklaşık sonuçlar vermiştir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Bu tez kapsamında yapılan çalışmalar doğrultusunda makaslı lift platformun makaslarına gelen yükler hesaplanmıştır. Yapılan tasarım ANSYS programına aktarılarak hesaplanan yükler uygulanmıştır ve farklı kalınlıktaki profil analizleri yapılmıştır.

EN 280'e göre 4 olarak kabul edilen emniyet katsayısı göz önüne alınarak üretilen platformda yapılan testler ve analizler sonucunda makas bölümünde 120x60x6 mm profil yerine 120x60x5 mm profil kullanılmıştır. Bu optimizasyon sonucunda ürün makas profillerinde %15 bir hafifleme olmuştur. Firma aylık üretim hedefi 50 adettir. Yıllık ise 600 adet makaslı lift platform üretmeyi hedeflemektedir. Yapılan bu çalışma sonucunda oluşan profil ağırlığındaki iyileştirme ile bir makaslı lift platform için ortalama 90 kg avantaj elde etmiştir. Yıllık üretim hedefi olan 600 adet makaslı lift platform da 54.000 kg malzeme tasarrufu sağlamaktadır. LME borsasına göre ortalama profil ton fiyatlarını 1.000 USD olarak kabul edersek yaklaşık 54.000 USD miktarınca malzeme tasarrufu edilmiş olacaktır. Yapılan bu optimizasyon ile birlikte yaklaşık % 1 maliyet avantajı sağlanmıştır.

Ayrıca malzeme hafiflemesinden dolayı motor kuvvetinde de bir düşüş elde edildiği için 3 kW yerine 2,2 kW motor kullanılması uygun bulunmuştur. Ürün maliyeti % 0,5 oranında düşürülmüştür. Ayrıca motorun optimum şekilde seçilmesi kullanım açısından da bir ergonomi sağlamıştır. Platformun yukarı kalkarken kullanıcının herhangi bir noktada durmak istediğinde elini düğmeden çektiği anda daha yumuşak bir duruş sağlandığı gözlenmiştir. Yüksek güç üreten motorlarda bunun daha sert duruş ve kalkış olarak yansıdığı gözlenmiş ve kullanıcı dostu bir üretim benimsenmiştir.

Yapılan analizler ve hesaplamalar sonucunda hidrolik lifte gelen gerilmeler karşılaştırılmış sonuçları birbirine yakın bulunmuştur (~ 14,85 MPa).

Firmanın asıl misyonu ihracat olduğu için yapılan tasarımın modüler olması çok önemlidir. Çünkü olası hatalar ve bozulmalarda özellikle 3. Dünya ülkelerine ihracat yapan firma, eleman göndermek yerine malzeme göndermeyi tercih edecektir. Bu da müşteri memnuniyetini ve sorunun daha hızlı çözülmesini sağlayacaktır.

Farklı makas kalınlıklarındaki gerilme, deformasyon ve güvenlik katsayısı gibi değerler analizleri yapılmış olup sonuçları grafiklerle paylaşılmıştır. 5 mm makas profili

seçildiğinde malzemede yapılan testler en iyi sonucu vermiştir. Gereksiz malzeme kullanımı ve güvensiz bir ürün imalatından kaçınılmıştır.

Farklı burç kalınlıklarına göre yapılan analizler tablolarda verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre optimum değer seçilmiştir. Ayrıca kalın bir burç kullanımının pimlere vereceği olası zararlar dile getirilmiştir.

Yapılan hesaplamalar sonucu hidrolik silindir çapı ve motor kuvveti belirlenmiştir. ANSYS sonuçları ile uyumlu olan bu hesaplamalar güvenilir kabul edilmiştir.

Sonuç olarak, makaslı lift platformun tasarlanmasında ve üretiminde hem ekonomik hem de tasarım olarak büyük başarı sağlanmıştır.

5.2 Öneriler

Makaslı lift platformun makas sisteminde alüminyum veya farklı bir kompozit malzeme kullanılarak hafifletilebilir, böylelikle daha uzun şarj ömrü olabilir ve ihracat yapılırken daha ucuz maliyete ürünler gönderilebilir.

Makaslı lift platform sepetinde bazı parçaları metal yerine hafif ve sağlam başka kompozit malzeme kullanımı düşünülmelidir. Ayrıca sepetin iki yöne açılması da farklı bir tasarım olabilir.

Makaslı lift platform şase bölümünde çekmece veya diğer sac parçalar üzerinde topoloji çalışması yapılarak toplam ağırlık düşülebilir. Dolayısıyla maliyet düşürülerek rekabet şansı arttırılabilir.

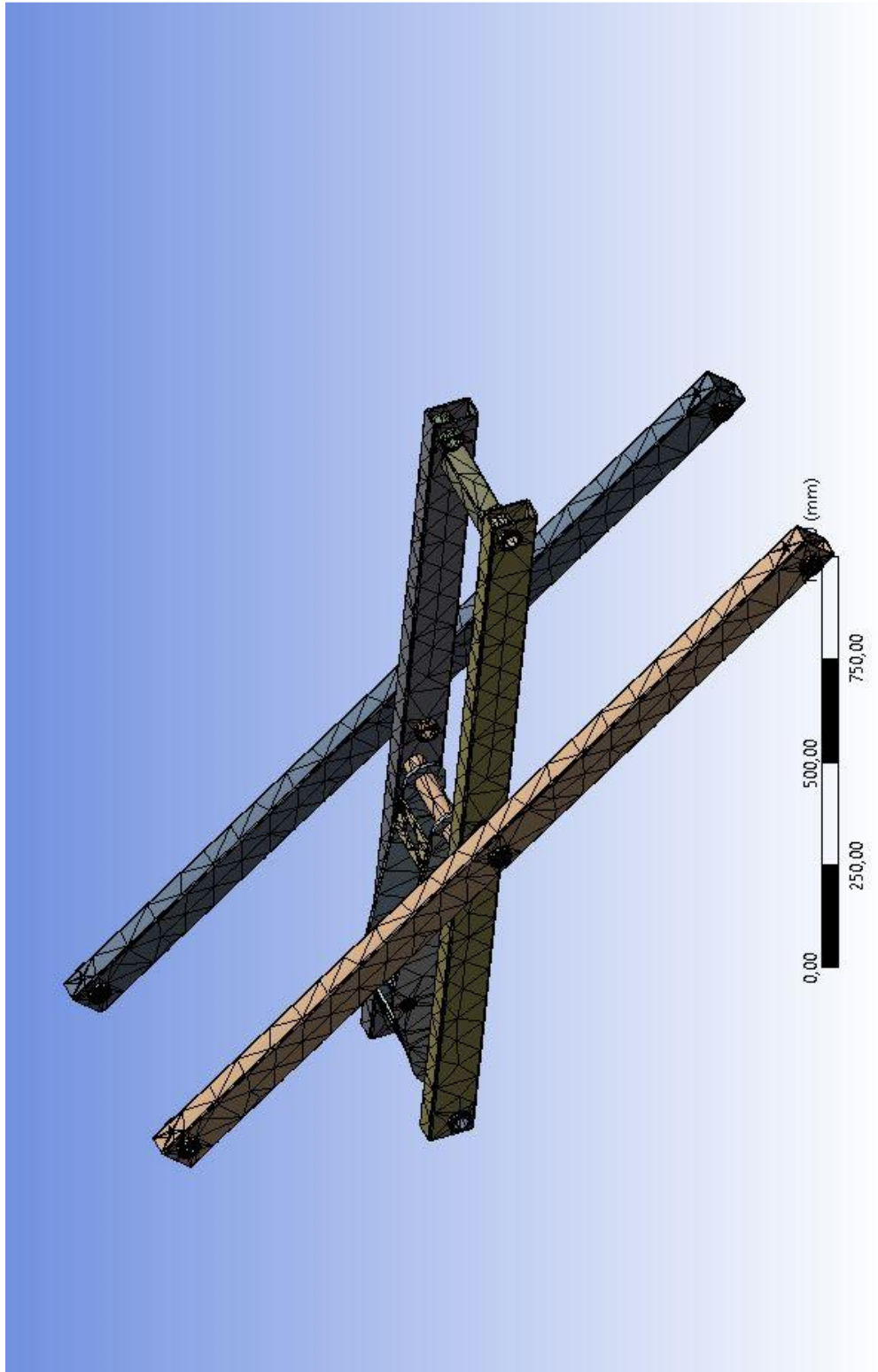
Makaslı lift platformda akülerin konumu ve diğer parametreler değiştirilerek hızlı şarj edilebileceği üzerinde çalışılmalıdır.

6. KAYNAKLAR

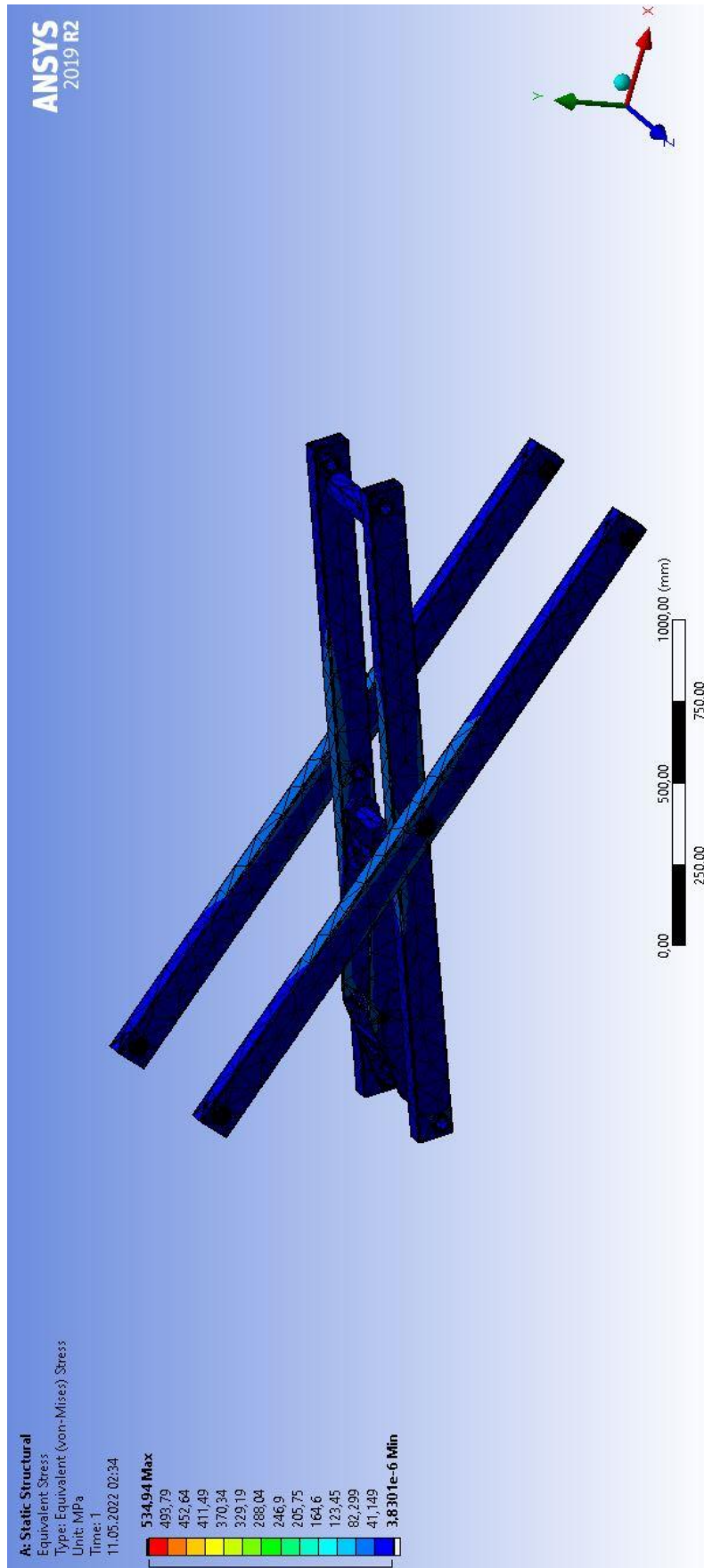
- Abdulla, M., 2018, Desing and develop a multi portable lift platform trolleys for large warehouses and markets, Master's Thesis in the Master's Programme in Mechanical Engineering , *Halmstad University Departmant of Mechanical Engineering* , Halmstad,
- Abhinay, M., Rao, P., S. 2014. Design and analysis of an aerial scissor lift. *SSRG-IJME*, 1(5): 20-26.
- Aksungur, Y., Güler, M.A. 2013. Bir makaslı çalışma platformunun tasarımı ve analizi. *Mühendislik ve Makine*,54(643): 36-46.
- Bhatt, J.M., Pandya, M.J. 2013. Design and analysis of an aerial scissor lift. *Journal of Information, Knowledge and Research in Mechanical Engineering*, 02(02): 452-455
- Dengiz, C., Şenel, M., Yıldızlı, K., Koç, E. Design and Analysis of Scissor Lifting System by Using Finite Elements Method, *Universal Journal of Materials Science* 6(2): 58-63, 2018
- Hongyu, T., Zhang, Z., 2011. Design and simulation based on pro/e for hydraulic lift platform in scissors type. *Procedia Engineering*, 16(2011): 772-781.
- Islam, M. T., Yin, C., Jian, S., Rolland, L. 2014. Dynamic analysis of scissor lift mechanism through bond graph modeling. *International Conference on AIM*, 8-11 July,2014, Besançon, France
- Liu, T., Sun, J. 2009. Simulative calculation and optimal design of scissor lifting mechanism. *Chinese Control and Decision Conference (CCDC)*, June, 2009, Guilin, China.
- Nadeem. A., Rajest. B. 2015. Structural analysis of one ton capacity scissors lift and evaluation of its actuator force. *IJAEM*,2(2): 15-23
- Spackman, H. 1994. Mathematical analysis of actuator forces in a scissor lift. *NCCOSC*, California.
- Ürgün, Ö., Güven, A., Görgen, H., Ürgün, S., 2020, Paletli Tip Havai Çalışma Platformunun Sonlu Elemanlar Yöntemi Kullanılarak Tasarımı ve Üretimi, *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* 3(1): (2020) 42-46

7. EKLER

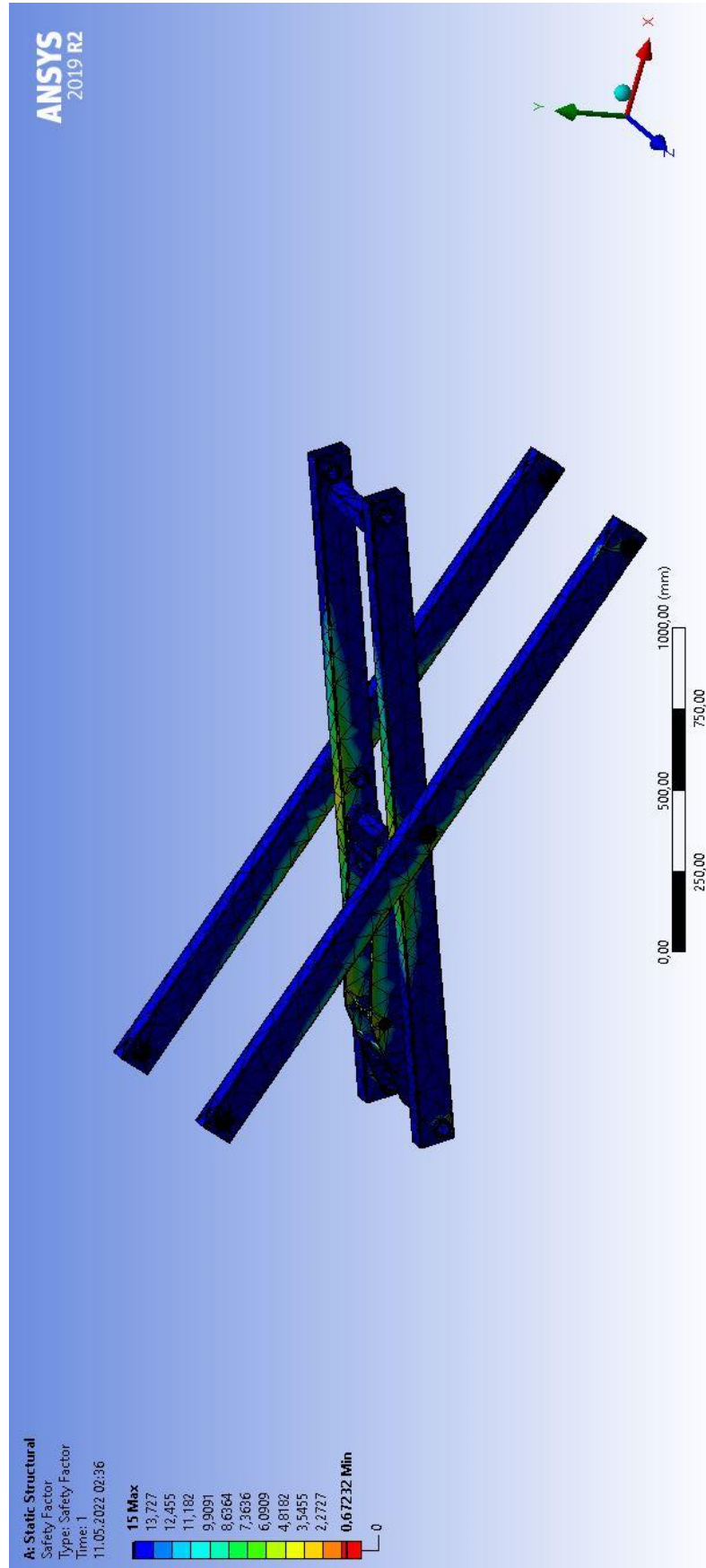
7.1. Makas Bölümü Ağ Yapısı Görseli



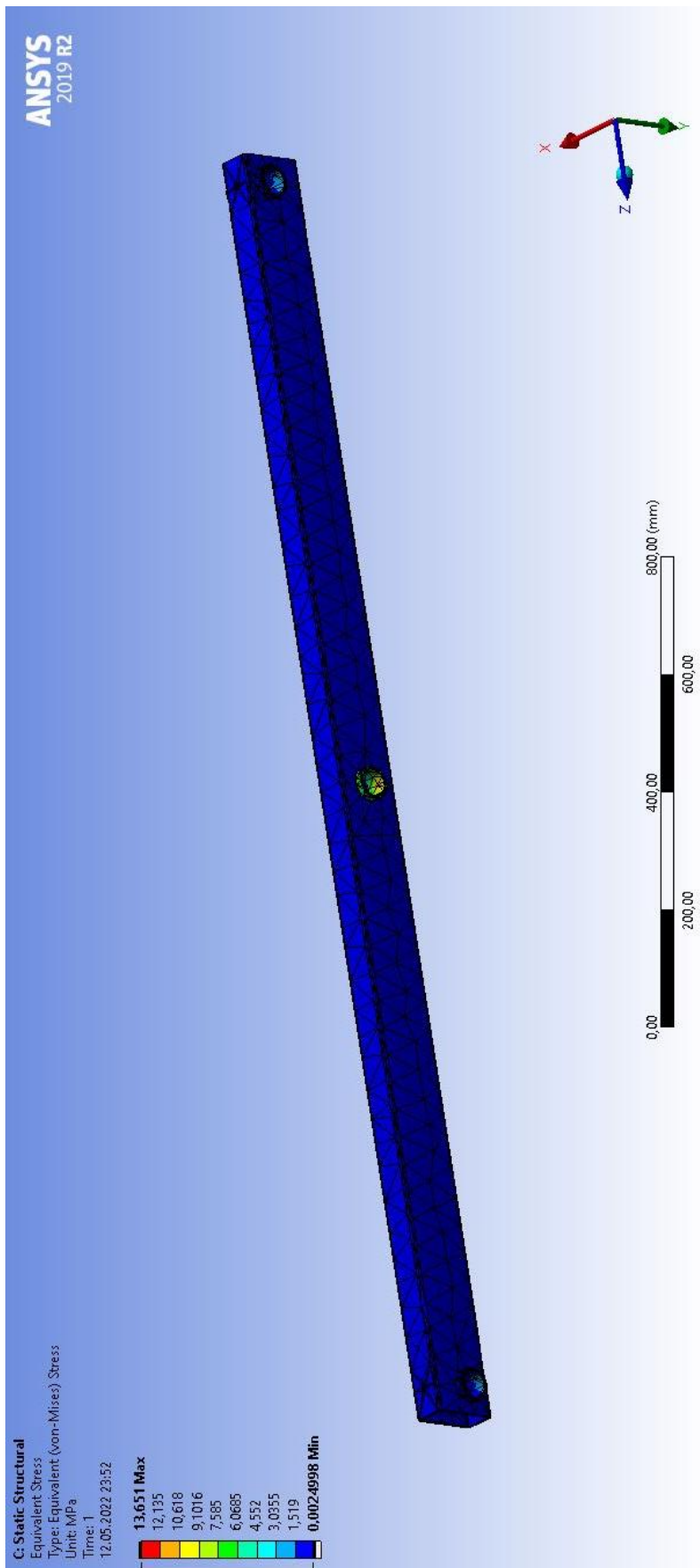
7.2. Makas Bölümü Gerilme Analizi Görseli



7.3. Makas Bölümü Emniyet Katsayısı Analizi Görseli



7.3. Makas Profili Burcu Gerilme Analizi Görseli



7.3. Makas Profili Burç Deformasyon Analizi Görseli

