**T.C.**
**SAKARYA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ**
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

# HİDROLİK DÜMENLEMELİ LOWBED ARAÇLARINDA DEVEBOYNU İLE PLATFORM GEÇİŞ BÖLGESİNDEKİ GERİLMELERİN İYİLEŞTİRİLMESİ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Sezgin ALTUK**

**Enstitü Anabilim Dalı : OTOMOTİV MÜHENDİSLİĞİ**
**Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Gökhan ERGEN**

**Temmuz 2021**

**T.C.**
**SAKARYA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ**
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

# HİDROLİK DÜMENLEMELİ LOWBED ARAÇLARINDA DEVEBOYNU İLE PLATFORM GEÇİŞ BÖLGESİNDEKİ GERİLMELERİN İYİLEŞTİRİLMESİ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Sezgin ALTUK**

**Enstitü Anabilim Dalı : OTOMOTİV MÜHENDİSLİĞİ**

**Bu tez 30/07/2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.**

| JÜRİ | BAŞARI DURUMU |
|---|---|
| Jüri Başkanı: Doç. Dr. Ünal UYSAL | BAŞARILI |
| Üye: Doç. Dr. İdris CESUR | BAŞARILI |
| Üye: Dr. Öğr. Üyesi Gökhan ERGEN | BAŞARILI |

# BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Sezgin ALTUK
30/07/2021

# TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Gökhan ERGEN'e teşekkürlerimi sunarım.

Proje çalışması boyunca destek veren ve bütün imkanları sağlayan TIRSAN TREYLER A.Ş. ve yönetim kuruluna teşekkür ederim.

İş hayatımda ve yüksek lisans eğitimimde bilgi ve deneyimlerini esirgemeyen, teşvik eden ve yönlendiren, maddi ve manevi olarak her türlü desteği sunan TIRSAN TREYLER A.Ş. Lowbed Ar-ge Departmanı Koordinatörü Bülent YEĞENOĞLU 'na ve Lowbed Ar-ge Departmanı Müdürü Berkay ÜLGENTÜRK 'e destekleri için teşekkürlerimi sunarım.

Proje çalışması boyunca engin bilgi ve deneyimlerini esirgemeyen, paylaşan ve yönlendiren Burak SEVİN 'e teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans eğitimim boyunca desteklerini esirgemeyen, teşvik eden ve araştırmanın planlanmasında yardımcı olan değerli çalışma arkadaşlarım ve meslektaşlarım Oğuz ARSLAN 'a, Yasin KÜTÜK 'e ve Mustafa Çağatay Yıldırım 'a teşekkür ederim.

Son olarak, tüm eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyip motivasyonumu yukarıda tutmamı sağlayan, beni her konuda destekleyen değerli annem Songül ALTUK 'a, babam Sahir ALTUK 'a ve abim Sezer ALTUK 'a teşekkürlerimi sunarım.

# İÇİNDEKİLER

**TEŞEKKÜR** ..... **i**
**İÇİNDEKİLER** ..... **ii**
**KISALTMALAR LİSTESİ** ..... **v**
**TABLOLAR LİSTESİ** ..... **vii**
**ŞEKİLLER LİSTESİ** ..... **viii**
**ÖZET** ..... **x**
**SUMMARY** ..... **xi**

**BÖLÜM 1.**
**GİRİŞ** ..... **1**
1.1. Literatür ..... 3
1.2. Çalışmanın Amacı ve Beklentileri ..... 6

**BÖLÜM 2.**
**YARI RÖMORKLAR** ..... **7**
2.1. Yarı Römorklar ve Tarihsel Gelişimleri ..... 7
2.2. Yarı Römork Çeşitleri ..... 11
2.2.1. Perdeli ve tenteli yarı römorklar ..... 11
2.2.2. Frigo yarı römorklar ..... 12
2.2.3. Damper yarı römorklar ..... 13
2.2.4. Platform yarı römorklar ..... 13
2.2.5. Tanker Yarı Römorklar ..... 14
2.2.6. Konteyner taşıyıcı yarı römorklar ..... 14
2.2.7. Swap body yarı römorklar ..... 15
2.2.8. Silo yarı römorklar ..... 15
2.2.9. Kutu yarı römorklar ..... 16
2.2.10. Lowbed yarı römorklar ..... 17
2.3. Yarı Römorkun Çekici ile Birleşmesi ..... 17
2.4. Lowbed Yarı Römorkun Ana Parçaları ..... 19
2.4.1. Dingil ve lastikler ..... 19
2.4.2. Deveboynu-king pin ..... 20
2.4.3. Rampa ..... 21
2.4.4. Şasi ..... 22
2.4.4.1. Çatal şasi ..... 23

2.4.4.2. Trapez şasi....24
2.4.4.3. Dikdörtgen şasi (merdiven)....24
2.4.4.4. X şasi....25
2.4.4.5. Platform şasi....25
2.4.4.6. Ana kiriş şasi....26
2.4.4.7. Kademeli şasi....27
2.5. Yarı Römork Şasilerine Etkiyen Kuvvetler....27
2.5.1. Taşıtın yatay eğilime zorlanma kuvveti....28
2.5.2. Taşıtın burulmaya zorlanma kuvveti....29
2.5.3. Taşıtın enine düşey eğilime zorlanma kuvveti....30
2.5.4. Taşıtın boyuna düşey eğilime zorlanma kuvveti....31
2.6. Kütle ve Boyut Standartları....31
2.6.1. O kategorisi araçlar....32
2.6.1.1. $O_1$ kategorisi araçlar....32
2.6.1.2. $O_2$ kategorisi araçlar....33
2.6.1.3. $O_3$ kategorisi araçlar....33
2.6.1.4. $O_4$ kategorisi araçlar....34

**BÖLÜM 3.**
**YARI RÖMORKLARIN MALZEME VE ÜRETİMİ....35**
3.1. Malzeme....35
3.1.1. Yapı çelikleri....37
3.1.1.1. S235 (St-37) yapı çelikleri....37
3.1.1.2. S355 (St-52) yapı çelikleri....38
3.1.1.3. S700 yapı çelikleri....39
3.1.2. Malzemelere etki eden kuvvetler....40
3.1.2.1. Gerilme-gerinim kuvvetleri....40
3.1.2.2. Poisson oranı....41
3.1.2.3. Elastisite (young) modülü....41
3.1.2.4. Malzeme akma ve kopma gerilmesi....42
3.2. Kaynak....43
3.2.1. Kaynak yöntemleri....44
3.2.1.1. Basınç kaynağı....44
3.2.1.2. Ergitme kaynağı....44
3.2.2. Gazaltı ark kaynak yöntemleri....45
3.2.2.1. TIG kaynağı....46
3.2.2.2. MIG/MAG kaynağı....48
3.2.2.3. Koruyucu gazlar ve gaz ünitesi....51
3.2.2.4. Güç ünitesi/kaynak akım üreteçleri....54
3.2.2.5. Kaynak kablo ve torç grubu....54
3.2.3. Tozaltı kaynağı....56
3.2.3.1. Tozaltı kaynak avantajları....56
3.2.3.2. Kaynak telleri....58
3.2.3.3. Kaynak tozları....60

**BÖLÜM 4.**
**BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIM VE ANALİZ ..... 61**
4.1. Tasarım ..... 61
4.1.1. Creo ile modelleme ..... 61
4.1.2. Katı modelleme ..... 62
4.1.2.1. Deveboynu ..... 63
4.1.2.2. İç platform ..... 63
4.1.2.3. Dış platform ..... 64
4.1.2.4. Gezer (kayar) platform ..... 64
4.2. Analiz ..... 64
4.2.1. Modelin hazırlanması ..... 66
4.2.2. Modelin sonlu elemanlara bölünme çalışması (mesh) ..... 67
4.2.3. Modelin kaynaklanması ..... 69
4.2.4. Yüklerin uygulanması ve sınır şartlarının belirlenmesi ..... 71
4.2.5. Yapısal analiz ..... 71
4.2.6. Şasi üzerine etkiyen gerilme ve deformasyon ..... 73

**BÖLÜM 5.**
**BULGULAR VE TARTIŞMA ..... 81**

**BÖLÜM 6.**
**SONUÇ VE ÖNERİLER ..... 86**

**KAYNAKLAR ..... 88**

# KISALTMALAR LİSTESİ

| | | |
|---|---|---|
| m | : | Metre |
| cm | : | Santimetre |
| mm | : | Milimetre |
| $mm^2$ | : | Milimetre kare |
| Kg | : | Kilogram |
| N | : | Newton |
| kN | : | Kilo Newton |
| MPa | : | Mega Paskal |
| σ | : | Gerilme |
| μm | : | Mikrometre |
| $A_0$ | : | Alan |
| F | : | Kuvvet |
| $\varepsilon$ | : | Gerinim |
| $\Delta L$ | : | Uzama Mesafesi |
| $\varepsilon_z$ | : | Uygulanan Yüke Karşı z Kesitindeki Uzama mesafesi |
| $\varepsilon_y$ | : | Uygulanan Yüke Karşı y Kesitindeki Uzama mesafesi |
| $\varepsilon_X$ | : | Uygulanan Yüke Karşı x Kesitindeki Uzama mesafesi |
| $\upsilon$ | : | Poisson Oranı |
| E | : | Elastisite Modülü |
| $\sigma_y$ | : | Akma Gerilmesi |
| $\sigma_u$ | : | Çekme Dayanımı |
| $\sigma_f$ | : | Kopma Dayanımı |
| SEM | : | Sonlu Elemanlar Metodu |
| CAE | : | Computer Aided Analysis |
| CAD | : | Computer Aided Design (Bilgisayar Destekli Tasarım) |
| EKS | : | Emniyet Katsayısı |
| DIN | : | Deutch Industrie Normen (Alman Endüstri Normları) |

| | | |
|---|---|---|
| TSE | : | Türk Standartları Enstitüsü |
| EN | : | Avrupa Normu |
| ISO 1726 | : | Çekici ve Yarı Römorkların Birleştirilmesi ile ilgili standart |
| EU | : | European Union |
| AB | : | Avrupa Birliği |
| MIG | : | Metal Inert Gas (Metal Atık Gazı) |
| MAG | : | Metal Active Gas (Metal Aktif Gaz) |
| TIG | : | Tungsten Inert Gas (Tungsten Atık Gaz) |
| S235 | : | Akma Dayanımı 235 MPa Çelik |
| S355 | : | Akma Dayanımı 355 MPa Çelik |
| S700 | : | Akma Dayanımı 690 MPa Çelik |
| t | : | Malzeme Kalınlığı |

# TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 2.1: O kategorisi römork sınıflandırma.....32
Tablo 3.1: Çelik alaşımların element alt sınırları.....36
Tablo 3.2: DIN688 ‘e göre kaynak tel çap ve toleranslar .....58
Tablo 3.3: Tozaltı kaynak tellerinin DIN8557 ‘e göre kimyasal bileşenleri.....59
Tablo 3.4: Alaşımların kaynak dikişleri üzerindeki etkileri.....60
Tablo 4.1: Ağ yapısında malzeme özelliklerinin tanımlanması.....68
Tablo 4.2: Modelde kullanılan eleman tiplerinin sayıları .....69
Tablo 4.3: Kaynak modelleme esnasında kullanılan kaynak ölçüleri.....70

# ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1: Döner tabla....8
Şekil 2.2: Kanca....9
Şekil 2.3: Çeki oku....9
Şekil 2.4: Römork tipi treyler modeli....10
Şekil 2.5: Yarı römork tipi treyler modeli....10
Şekil 2.6: Perdeli ve tenteli yarı römork....12
Şekil 2.7: Frigo yarı römork....12
Şekil 2.8: Damper yarı römork....13
Şekil 2.9: Platform yarı römork....14
Şekil 2.10: Tanker yarı römork....14
Şekil 2.11: Konteyner taşıyıcı yarı römork....15
Şekil 2.12: Swap body yarı römork....15
Şekil 2.13: Silo yarı römork....16
Şekil 2.14: Kutu yarı römork....16
Şekil 2.15: Lowbed yarı römork....17
Şekil 2.16: İki dingil yarı römorkun üç dingil çekici ile birleşiminin gösterildiği resim....18
Şekil 2.17: Üç dingil yarı römorkun üç dingil çekici ile birleşimini gösteren resmi....18
Şekil 2.18: Çekici ile yarı römork birleşim resmi....19
Şekil 2.19: Yarı römork hava yastıklı süspansiyon sistemi....20
Şekil 2.20: Yarı römork deveboynu görünümü....21
Şekil 2.21: Lowbed treyler hidrolik katlanır rampa görünümü....22
Şekil 2.22: Yarı römork şasi görseli....23
Şekil 2.23: Çatal şasi görseli....24
Şekil 2.24: Trapez şasi kesit görüntüsü....24
Şekil 2.25: Dikdörtgen Şasi....25
Şekil 2.26: X Şasi şekli....25
Şekil 2.27: Otomobil platform şasisi....26
Şekil 2.28: Lowbed ana kiriş şasi uygulaması....26
Şekil 2.29: Lowbed kademeli şasi....27
Şekil 2.30: Lowbed şasisi üzerine etkiyen kuvvetlerin sembolik gösterimi....28
Şekil 2.31: Şasi üzerine etkiyen yatay eğilme kuvvetleri....29
Şekil 2.32: Şasi üzerine etkiyen burulma kuvvetleri....30
Şekil 2.33: Şasi üzerine etkiyen enine düşey eğilim kuvvetleri....30
Şekil 2.34: Şasi üzerine etkiyen boyuna düşey eğilim kuvvetleri....31
Şekil 2.35: $O_1$ kategorisi römork görseli....33
Şekil 2.36: $O_2$ kategorisi römork görseli....33
Şekil 2.37: $O_3$ kategorisi römork görseli....34
Şekil 2.38: $O_4$ kategorisi lowbed görseli....34
Şekil 3.1: Çelik alaşımlarının gösterimi (St-37)....36

Şekil 3.2: Çelik alaşımlarının gösterimi (St-52) ..... 37
Şekil 3.3: Birim uzama gösterimi ve değişimi ..... 41
Şekil 3.4: Malzemenin akma-kopma gerilme gösterimi ..... 42
Şekil 3.5: Malzeme çekme gerilmesi gösterim ..... 43
Şekil 3.6: Kaynak yöntemleri ..... 44
Şekil 3.7: Elektrik ark kaynağı ..... 45
Şekil 3.8: TIG kaynağı ..... 47
Şekil 3.9: MIG/MAG kaynağı ..... 49
Şekil 3.10: MIG kaynağı ve ark oluşumu ..... 50
Şekil 3.11: Gazaltı kaynak donanımı ..... 50
Şekil 3.12: Koruyucu gazlara göre nüfuziyet modelleri ..... 53
Şekil 3.13: Gazaltı kaynak torcu ..... 55
Şekil 3.14: Tozaltı kaynak çalışma prensibi ..... 56
Şekil 4.1: Şasi parçası olan kros çiziminin örnek komutları ..... 62
Şekil 4.2: Hidrolik lowbed araç kısımları ..... 63
Şekil 4.3: Hidrolik lowbed aracının 3 boyutlu katı modeli genel görünüşleri ..... 67
Şekil 4.4: Hidrolik lowbed aracının mesh model görüntüsü ..... 68
Şekil 4.5: Hidrolik lowbed aracının dingil model görüntüsü ..... 68
Şekil 4.6: Analizde kullanılan mesh eleman tipleri ..... 69
Şekil 4.7: Katı model kaynak görünümü ..... 70
Şekil 4.8: Araç kapalı konumda paletli araç yükleme görünümü ..... 71
Şekil 4.9: Adams dingil modeli ..... 72
Şekil 4.10: Adams reaksiyon kuvvetleri ..... 72
Şekil 4.11: 60 ton paletli ekskavatör yükleme koşulları ..... 73
Şekil 4.12: Şaside ilk tasarım sonrası meydana gelen maksimum gerilmelerin genel görünümü ..... 75
Şekil 4.13: Şaside ilk tasarım sonrası meydana gelen maksimum gerilmelerin detay görünümü ..... 75
Şekil 4.14: İyileştirme bölgelerinin detaylı gösterimi ..... 77
Şekil 4.15: Şaside iyileştirilmiş tasarım sonrası meydana gelen maksimum gerilmelerin genel görünümü ..... 77
Şekil 4.16: Şaside iyileştirilmiş tasarım sonrası meydana gelen maksimum gerilmelerin detay görünümü ..... 78
Şekil 4.17: Şaside ilk tasarım sonrası meydana gelen maksimum deformasyonlarım genel görünümü ..... 79
Şekil 4.18: Şaside iyileştirilmiş tasarım sonrası meydana gelen maksimum deformasyonlarım genel görünümü ..... 79
Şekil 5.1: İlk tasarıma ait şasi üzerinde oluşan maksimum von mises gerilme değerleri ..... 81
Şekil 5.2: İlk tasarıma ait şasi üzerinde oluşan maksimum deformasyon değerleri ..... 82
Şekil 5.3: İyileştirilmiş tasarıma ait şasi üzerinde oluşan maksimum von mises gerilme değerleri ..... 83
Şekil 5.4: İyileştirilmiş tasarıma ait şasi üzerinde oluşan maksimum deformasyon değerleri ..... 83
Şekil 5.5: İlk ve iyileştirilmiş tasarıma ait şasi üzerinde oluşan maksimum von mises gerilme değerleri ..... 84
Şekil 5.6: İlk ve iyileştirilmiş tasarıma ait şasi üzerinde oluşan maksimum deformasyon değerleri ..... 85

# HİDROLİK DÜMENLEMELİ LOWBED ARAÇLARINDA DEVEBOYNU İLE PLATFORM GEÇİŞ BÖLGESİNDEKİ GERİLMELERİN İYİLEŞTİRİLMESİ

## ÖZET

Günümüzde karayolu taşımacılığında yaygın olarak kullanılan yarı römork araçların değişken yükler ve yol koşullarında önemli yüklere maruz kalması ile beraber bu alanda mühendislik çalışmalarına gereksinim duyulmuştur.

Yapılan çalışmada yarı römorkların bir çeşidi olan hidrolik dümenlemeli lowbed araçlarının şasisinde belirli yük koşulları ve sınır şartlarında sonlu elemanlar yöntemi ile ön görülen gerilmeler ve iyileştirme çalışmaları ele alınmıştır. Bu çalışmada ilk olarak kütle ve boyutlar ile ilgili mevzuat, tip onaylar, teknik gereklilikler ve saha istekleri dikkate alınarak şasi tasarımı 3 boyutlu ortamda Creo programı ile yapılmıştır. 3 boyutlu şasi tasarımı bitişi ile sonlu elemanlar yöntemi programı Hyperworks ile yapısal statik analiz gerçekleştirilmiştir. Elde edilen analiz sonuçları ile kritik gerilme (MPa) ve deformasyonlar (mm) incelendikten sonra kritik bölgeler tespit edilmiştir. Tespit edilen bölgelere tasarım iyileştirme çalışmaları ve sonrasında analizler ikinci duruma göre yapılarak tasarım iyileştirmeleri doğrulanmıştır. İyileştirme çalışmaları sonrası daha rijit ve daha güvenli bir şasi elde edildiği tespit edilmiş, detaylı bilgiler sonuç ve öneriler bölümünde açıklanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yarı römork, şasi tasarım, şasi analiz, sonlu elemanlar metodu, lowbed

# STRESS IMPROVEMENT BETWEEN GOOSENECK AND PLATFORM TRANSITION ZONE OF HYDRAULIC STEERING LOWBED VEHICLE

## SUMMARY

Nowadays, as the semi-trailer vehicles, which are widely used in road transportation, are exposed to significant loads under variable loads and road conditions, engineering studies have been required in this field.

In the study, the stresses and improvement studies predicted by the finite element method under certain load conditions and boundary conditions in the chassis of hydraulic steering lowbed vehicles, which are a type of semi-trailers, are discussed. In this study, firstly, the chassis design was made in 3D environment with the Creo program, taking into account the legislation related to mass and dimensions, type approvals, technical requirements and site requirements. Structural static analysis was carried out with the finite element method program Hyperworks, with the end of the 3D chassis design. Critical regions were determined after examining the critical stress (MPa) and deformations (mm) with the obtained analysis results. Design improvement studies and subsequent analysis were made according to the second situation in the determined regions and the design improvements were verified. It has been determined that a more rigid and safer chassis has been obtained after the improvement works, and detailed information is explained in the results and recommendations section.

Keywords: Semi-trailer, chassis design, chassis analysis, finite element method, lowbed

# BÖLÜM 1. GİRİŞ

Ülkemizde ve dünya genelinde hava, deniz, kara ve demir yollarıyla yolcu ve yük taşımacılığı gerçekleştirilmektedir. Yol güzergah alternatiflerinin fazla olması, yüklerin başlangıç ve varış noktalarına hızlı ve kolay taşınabilmesi karayolu taşımacılığının günümüzde yaygın olarak kullanılmasını sağlamaktadır. Dünyada kullanılan taşıma türlerine bakıldığında maliyeti yüksek fakat hızlı olan karayolu taşımacılığı yaygın olarak tercih edilmektedir (Çancı & Erdal, 2009).

Taşımacılıklar arasında kıyaslandığında karayolu sektör alanının çok geniş olması, tarifeli ve ek seferlerin daha sık olması ve bunlara ek olarak genelde aktarmalı taşımanın yaygın olduğu hava, deniz ve demiryolu taşımacılığında tamamlayıcı bir unsur olarak karayolu taşımacılığının kullanılması, karayolu taşımacılığının diğer farklı taşıma türlerine göre daha hızlı ve kolay bir gelişme göstermesini sağlamıştır (Çancı & Erdal, 2009).

Treyler, taşınan yükün ağırlık, tip ve teknik isterlerine göre en az 2 dingilli çekiciye beşinci teker vasıtasıyla bağlanan ve çekilen yarı römorktur. Taşınan yükün kapasitesine göre düşük maliyetli olması nedeniyle sektör talepleri amaca yönelik treyler çeşitliliğinin artmasına ve teknolojik gelişmelere olanak sağlamaktadır. Bu doğrultuda ağır yük taşımacılığında büyük rol üstlenen lowbed treylerleri de bu gelişimden etkilenmektedir.

Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM), 2014 yılsonu itibariyle 2.155 km Otoyol, 31.280 km Devlet Yolu ve 32.474 km il yolu olmak üzere toplam 65.909 km uzunluğa sahip yol ağlarından oluşmaktadır. KGM tarafından etütlerinin çalışma programları kapsamında gerçekleştirilen taşıt sınıflandırma sayımları ve dingil ağırlığı etütlerinden elde edilen verilere göre, 2000-2014 yılları arasında ağır taşıt kategorisinde yer alan kamyon ile kamyon-römork ve çekici-yarı römork sınıfındaki taşıtların, taşıt-km değerleri ve karayolu yük taşımacılığındaki (ton-km) payları istatiksel olarak gösterilmektedir. 2000 yılında ağır taşıtların toplam taşıt-km içerisindeki payı %30,0 iken bu oran 2014 yılında azalarak %25,3 olmuştur. Bu azalmanın en büyük nedeni, toplam taşıt içerisindeki

otomobil sayısının farklı bir deyişle otomobil sahiplerinin artmasıdır. Ayrıca, yük taşımacılığında az yük taşıyan kamyonların yerine daha fazla yük taşıma kapasitesine sahip kamyon-römork ve çekici-yarı römorkların kullanılması bu oranın düşmesine neden olmaktadır. 2000 yılından günümüze kadar taşıt-km değerleri incelendiğinde, kamyon-km değerinin toplam içindeki oranı %27,5 seviyelerinden %15,8 seviyelerine gerilerken, kamyon-römork ve çekici-yarı römork km değerinde ise sürekli bir artış olduğu görülmektedir. 2000 yılında kamyonların karayolu yük taşımacılığındaki payı %86,0 iken, 2014 yılında bu pay azalarak %41,0'lere gerilemiştir. Kamyon-römork ve çekici-yarı römorkların 2000 yılında yük taşımacılığındaki payı % 14,0 iken, 2014 yılında %59,0'lara çıkmıştır. Bu artış, Türkiye'de yük taşımacılığında, taşıma kapasitesi düşük kamyonlardan daha fazla yük taşıma kapasitesine sahip kamyon - römork ve özellikle çekici - yarı römorklara doğru hızlı bir yönelim olduğunu göstermektedir (TÜİK, 2015).

Türkiye için treyler satış verileri ilk olarak 1960'lı yıllarda istatistik olarak oluşturulmaya başlanmıştır. 1960'dan 2014 yıllarına kadar toplam satış adedi yaklaşık olarak 16.000 seviyelerine ulaşmıştır. Bu satışların yaklaşık 12.273 adedi ithalat, 3727 adedini ihracat oluşturmaktadır. Türkiye'de treyler sektöründe çok fazla sayıda imalatçı şirket üretim yapmakta olup, yaklaşık üretim kapasiteleri 15.000 ile 20.000 adetler arasındadır (Treder, 2021).

Treylerler ulusal karayolları standartları ve uluslararası kurum ve kuruluşlar tarafından belirlenen homologasyon kuralları çerçevesinde tasarlanarak; sac ve sac şekillendirme yöntemleri ve özel kesitli profillerin kaynak yöntemlerine göre birleştirilmesi ile oluşan şasi yapıları, istenen donanım ve özelliklerde aks, süspansiyon, fren, hidrolik ve elektronik sistemlerle üretilerek müşteri isteğine sunulmaktadır.

Uluslararası ticaretin gelişmesi ve artması nedeniyle taşımacılık sektöründe kullanılan taşıtların mühendislik ar-ge faaliyeti gereksinimlerine daha fazla ihtiyaç duyulmaktadir. Bu gereksinimler bilhassa daha düşük maliyetlerle daha ağır yükleri güvenli ve daha hafif bir şasi ile taşıma konusunda çalışmalara teşvik etmektedir. Taşıt ağırlık iyileştirme ve optimizasyon çalışmaları maliyetler üzerinde pozitif etkileri olmaktadır. Ağırlıkların fazla olması yakıt tüketimi, lastik aşıntıları ve taşınan yük ağırlık azaltılması gibi etkiler nedeniyle maliyetlerde ciddi artışlara sebebiyet vermektedir. Bu bağlamda ağırlığın en

önemli bileşeni olan şasilerin malzeme, tasarım ve analiz test çalışmalarına odaklanılmaktadır.

Çalışmalarda hafif ve mukavemeti yüksek taşıtlar üretmek için uygun malzemenin seçilerek uygun imalat yöntemine göre tasarlanıp, analiz ortamlarında öngörüler alındıktan sonra testlerle bunların desteklenmesi ile şasi üzerinde oluşan gerilme-gerinim, aşınma ve deformasyonların incelenmesi de en önemli konulardan biridir.

Yükleme koşulları ve değişken yol şartları da bu taşıtlarda belli bir çalışma süresi bitişinde yapısal problemler ortaya çıkmasına sebep olacaktır. Fakat oluşacak problemlerin kritik noktalarda güvenlik problemlerine sebebiyet verecek hasarlardır. Bu yüzden, şasi ve şasi kaynaklı bağlantıları üzerine etki eden gerilme ve deformasyonların incelenmesi ve değerlendirilmesi sonrası alınan aksiyonlar tasarım sürecinde kritiktir.

### 1.1. Literatür

Şen, en çok tercih edilen kuru yük treyleri referans alınarak, yeni bir tasarım ile kuru yük treyleri için şartları sağlayan ve uygun parametreler kullanılarak malzeme seçimi yapılmıştır. Yapılan bu çalışmada 26 ton kapasiteye sahip kuru yük dorsesinin şasi taşıyıcısı detaylı olarak incelenmiştir. Strain Gage gerilim ölçümleri kullanılarak, şasi ana taşıyıcılarının üzerindeki deformasyon ve gerilme katsayıları elde edilerek yorumlanmıştır. Elde edilen bu veriler doğrultusunda, şasi taşıyıcılarının üzerinde yapılacak boşaltmalar gerilme yığılımlarına sebep olarak şasinin yorulma dayanımını olumsuz etkilediği ve risk teşkil ettiği görülmüştür (Şen, 2017).

En ucuz taşımacılık türü kara yoludur. Yolların maliyetlerinin yüksek olmasından dolayı taşıtlar; genişlik, yükseklik, uzunluk, hız ve taşıma kapasitesi gibi Teknik özelliklerine göre sınıflandırılmıştır. Yarı römork kullanımın tercih edilmesinin en büyük sebebi de maliyetinin ucuz olmasından kaynaklanmıştır (Reliance, 2017).

Lowbed araçları ağır yükleri düzensiz yol şartlarından taşımışlardır. Bu sebepten dolayı şasi bağlantı noktlarında zamanla yapısal problemlerin ortaya çıktığı tespit edilmiştir. Bu problemler genelde yapısal ve kaynak bölgelerinde oluşan deformasyonlar olduğu gözlemlenmiştir. Bu sebepten dolayı yarı römork araçlarının üretiminde kullanılan kaynak proseslerinin dinamik ve yapısal davranışları incelenmiştir (Tolun Y. , 2014).

Chowdhury ve diğerlerinin yapmış olduğu bu çalışmada, yarı römorkların aerodinamik sürükleme yapısı incelenmiştir. Projede, 1/10 ölçeklerinde bir araç kesiti oluşturularak rüzgar tünel bölümünde ölçümler yapılmıştır. Elde edilen deney sonuçlarına göre, aracın dış kısmında bulunan kaplama ve kaporta malzemeleri aerodinamik rüzgar etkisini %26 oranında azalttığı gözlemlenmiştir (Chowdhury, ve diğerleri, 2013).

Aksoy çalışmasında, ticari yarı römorklarından oluşan akaryakıt tankerlerinin şasisinde oluşan yorulma durumları gözlemlenmiştir. Bu yorulma durumları yoldan gelen yükleme frekanslarının araç şasisinde oluşturdukları deformasyonlardan kaynaklandığı görülmüştür. ANSYS sonlu elemanlar programı vasıtasıyla, frekans ve statik analizlerle oluşturulmuş ve şasi üzerindeki kritik önemli bölgeler tespit edilmiştir. NCODE yazılımı vasıtasıyla ivmelenme değerleri frekans bazında veriler elde edilerek doğal frekans değerleri ile karşılaştırma yapılmıştır. MSC ADAMS sonlu elemanlar programı kullanılarak hibrit model bir araç oluşturulmuştur (Aksoy, 2014).

Han ve Li tarafından, tanker üzerinde bulunan akışkan yapıların etkileşim ve kararlılıkları incelenmiştir. Bunun neticesinde tanker yarı römork projesi sonlu elemanlar yöntemi ile analiz edilmiştir. Sonuç olarak, keskin virajlar sırasında tanker yarı römorkların taşımakta olduğu sıvının devrilme kararlılığı üzerine kayda değer ölçüde bir etkisinin bulunduğu gözlemlenmiştir (Han, Shen, Zhou, Zhang, & Li, 2012).

Yüksek 2010 yılında, taşıt tasarlanırken akışkanlar dinamik tekniğinin uygulanabilirliği incelenmiştir. Aracın seyir halindeyken ortaya çıkan türbülanslı hava hareketleri Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) ile bir araç test düzeneği oluşturularak incelenmiştir. Teorik hesaplamalı akışkanlar dinamik tekniği ile bir rüzgar tünelindeki veriler deneysel olarak karşılaştırılmıştır. Teorik hesaplamalı akışkanlar dinamiğinin gerçek değerlere yakın sonuçları pratik olarak verdiği gözlemlenmiştir (Yüksel H. , 2010).

Ereke ‘nin 2006 yılında yapmış olduğu çalışmada, taşıt gövde ve parçalarının tasarımlarında yeni teknikler kullanılarak marka ortaya çıkartmak önemli olmuştur. Ucuz, kaliteli ve kısa sürede üretim yapmak için teknolojiyi daha verimli kullanmanın gerekliliğini belirmiştir. Çalışmada, günümüz teknolojilerinden faydalanılarak yeni taşıt model tasarımı geliştirirken ileri tasarım tekniklerinden ve sistematiğinden yararlanılmıştır (Ereke, 2006).

Çift katlı otobüslerin şasi gövdesinin bilgisayar destekli tasarımı ve yapısal analizi incelenmiştir. Yapılan bu çalışmada, üretimi yapılan çift katlı otobüs karkasının IDEAS analiz programı ile 3 boyutlu tasarımı yapılmıştır. Tavana gelen yükler incelenerek çökme deformasyonları ve karkas üzerinde gerçekleşecek burulmalara karşı davranışları gözlemlenmiştir (Ereke & Yay, 1996).

Karaoğlu, sonlu elemanlar metodundan faydalanılarak ana profil kalınlıklarında meydana gelen gerilmelerin kamyon şasilerindeki etkisi araştırılmıştır. ANSYS analiz programı kullanılarak şasiler üzerindeki gerilmeler yorumlanmıştır ve profillerin kalınlık değerlerine göre mukavemetleri karşılaştırılmıştır (Karaoğlu, 1999).

Karaoğlu ve Kurulay 'ın 2002 yılında gerçekleştirdiği çalışmasında, ANSYS sonlu elemanlar yöntemi ile kamyon şasi bağlantılarında uygulanan perçinlerin gerilim analizleri yorumlanmış ve alınan verilen incelenmiştir. Kamyon şase bağlantılarında perçinler üstündeki gerilmelerin, şase üretilmeden önce belirlenerek tasarımın geliştirilmesinin daha doğru olacağı belirtilmiştir. Perçinlerde oluşan bu gerilmeler, karkasın uzunluk ve kalınlığına bağlı olarak değişeceği gözlemlenmiştir. Bağlantı levhalarının kalınlık ölçüleri aynı oluyorsa, uzunluğunun arttırılarak dayanımında artacağı kanısına varılmıştır. Yapılan bu çalışmalarda, ANSYS programından faydalanılmıştır (Karaoğlu & Kurulay, 2002).

Kaynaklı parçaların meydana getirdiği gerilmeler incelenmiştir. Yapılan bu çalışmada, kaynaklı parçaların kaynak bölgelerinde gelen ark gerilmeleri, sonlu elemanlar ANSYS metodu ile modellenerek analizleri yapılmıştır (Benli, 2004).

Treyler şaselerinde çalışma ve sürüş ortamlarına bağlı olarak gerilmeler ortaya çıkmaktadır. Buna bağlı olarak tasarımların gelişimi ve güvenliği için çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Creo programı vasıtasıyla konteyner taşıyıcı treylerinin katı model tasarımı yapılmış ve sonlu elemanlar metodu ile de dinamik ve statik analizleri yapılarak yorumlanmıştır. Statik yüklemelerin belirlenmesinde ANSYS programı kullanılmış olup, dinamik analizler için Ls- Dyna / Expilicit programı ile analizler yapılmıştır (Şenalp & Bezer, 2006).

Tolun ve Eren tarafından, 3 boyutlu katı model programı ile lowbed şasesinin tasarımı yapılmış ve ANSYS programı ile yapısal analizleri yapılarak şase üzerine gelen gerilmeler incelenmiştir. Alınan analiz sonuçlarında, gerilme bölgelerinin fazla olduğu

noktalar tespit edilmiş ve ANSYS programı ile yapısal analiz yapılarak çalışmalar kıyaslanmıştır (Tolun & Eren, 2007).

Dinçer 2004 yılında yaptığı çalışmasında, ağır vasıta araçlarının kapılarında ortaya çıkan dayanımların çeşitli analizleri yapılmıştır. Otomotiv sektöründe sonlu elemanlar yönteminin yararları ve uygulanabilir alanları vurgulanmıştır. Teorik testler ile sonlu elemanlar analiz verileri birbiri ile kıyaslanmış ve bu veriler doğrultusunda yorumlanmıştır (Dinçer, 2004).

Arslan ve diğerlerinin gerçekleştirdiği çalışmada, kamyon şase ve kabininde ortaya çıkacak yüklemeler neticesinde oluşan titreşimlerin analizleri yapılmıştır. Şase için yapılan sonlu elemanlar analizinde test ve analiz verileri arasında uygunluk gözlemlenmiştir (Arslan, Tuncer, & Tandoğan, 2004).

### 1.2. Çalışmanın Amacı ve Beklentileri

Günümüz koşullarında hafif ve mukavemetli malzemeler, gelişmiş üretim yöntemleri ve teknolojik mühendislik tasarım ve analiz araçları sayesinde teknik istekler doğrultusunda test öncesi optimize edilmiş bir şekilde imal edilmektedir. Uygun malzemelerin doğru imalat yöntemleri ile üretimi de ürünün hem üretim aşamasında hem de üretim sonrasında kalitesine ciddi etkileri mevcuttur. Ürünlerin imalat sonrası nihai şeklini aldıktan sonra müşteri isteklerini karşılaması, yorulma dayanımlarının uzun olması, daha az servis maliyetleri ve amaca hizmet edebilir olması da en önemli niteliklerdir. Optimum tasarım ve düşük üretim maliyetleri de pazar rekabeti ve sürdürülebilirlik açısından iyileşme göstermelidir. Bu çalışmada hidrolik lowbed aracının şasi tasarımı CREO programı ile yapılarak, HYPERWORKS programı ile belirli senaryolar ve yük koşullarında analizleri yapılıp incelenerek gerilmenin yoğun olarak meydana geldiği deveboynu ve platform geçiş bölgesindeki tasarımların incelenmesi ve çıktılar doğrultusunda şaside iyileştirme bölgeleri belirlenerek gerekli tasarım çalışmaları yapılması ve ikinci bir değerlendirme ile iyileştirmeler incelenmektedir. Güvenlik sınırları dahilinde daha hafif ve mukavemetli şasi tasarım çalışmaları yapılması hedeflenmiştir.

# BÖLÜM 2. YARI RÖMORKLAR

Ulusal ve uluslararası ticaretin ilerlemesi ve gelişmesi; karayolu taşımacılığına duyulan ihtiyacın artmasına sebep olmaktadır. Karayolu taşımacılığına oluşan ihtiyaç artışı karayolunda kullanılan taşıtlarında gelişimine katkıda bulunmaktadır. Bu gelişim, taşımacılık sektörünün zaman ve maliyet konularında çalışma yapılmasına olanak tanımaktadır.

Karayolu taşımacılığında, birim yük başına maliyet ve zaman kısıtlamaları sebebiyle yarı römork taşıtları en çok tercih edilen taşıtların arasında yer almaktadır. Bununla birlikte, karayolları tarafından yapım ve bakım maliyet artışı olması ve yarı römorklara nazaran diğer taşıtların taşıma kapasite kısıtları sebebiyle yarı römorkların kullanımı artış göstermektedir.

Personel ve işletme maliyetlerinde yüksek oranlarda fark olmaksızın daha az bir yatırım ilavesi ile yük taşıma kapasitesi artışına imkan vermiştir. Nakliye firmalarının filolarındaki taşıtlarda kamyon sayıları yerine yarı römork sayılarında arttırma stratejisine gidilmiştir. Bu sistem birim yük başına maliyet düşüşü sağladığı için; özellikle uzak mesafelerde kamyon ile yapılan taşımacılık yarı römork ile yapılan taşımacılığa nazaran rekabet edememektedir (Özgüç, 1977).

Çekici veya üzerinde beşinci teker bulunan bir dingile (dolly) bağlanacak şekilde tasarlanan ve üretilen kendinde tahriki bulunmayan ve üzerinde önemli düşey yükler taşıyan taşıt yarı römork olarak tanımlanmaktadır (T.C. Resmi Gazete, 2014).

## 2.1. Yarı Römorklar ve Tarihsel Gelişimleri

İnsanlar, yaşam standartlarını sürekli geliştirmek için hayatlarını kolaylaştıracak icatlara yönelip geliştirmeyi hedeflemektedirler. M.Ö yaklaşık 3000'li yıllarda tekerlek icadı ile birlikte, kendiliğinden hareketi sağlayacak gelişmelere öncülük etmektedirler. Tekerlek

icadından sonra tekerleğin kasaların altına montajının yapılmasıyla birlikte dünya tarihinde ilk römork sistemleri ortaya çıkmaktadır (Tolun F. , 2007).

Tekerlek devriminden sonra, 1850'li yıllarda içten yanmalı motorların icat edilmesiyle birlikte ulaşım alanında gelişmeler olmaktadır. İlk içten yanmalı motor Belçikalı bilim adamı Etienne Lenoir tarafından icat edilmiş olup 1876'da Nikolaus Otto tarafından geliştirilmiştir. Pistonların dairesel hareketleri kullanılarak dört zamanlı motorlar üretildi ve 1885 yılında ilk otomobilde kullanıldı. Üretilen bu dört zamanlı motor referans alınarak Ford 1908 yılında ilk T model otomobili üretmiştir. Motorlu taşıtların insan yaşantısına girişleri bu şekilde olmaktadır (Wikipedia, 2021).

Küreselleşen dünyada, ticaretin önemi artmakla birlikte kara, hava, raylı taşıma ve denizcilik sektörlerinde taşımalar gerçekleşmiştir. Karayolu taşımacılığının geçmişten günümüze yaygın olarak kullanılmasının sebebi, maliyetlerinin az olmasından dolayıdır. Bundan dolayı en yaygın kullanılan taşımacılık yöntemi olarak günümüzde bilinmektedir (Kögmen, 2014).

Treyler, motorlu taşıtlar tarafından hareket ettirilen ve taşınan yükün özelliklerine bağlı bir şekilde tasarımı yapılıp imal edilebilen en az bir dingilden oluşan yük taşımada kullanılan karayolu taşıtıdır. Römorklar motorlu taşıtlara, Şekil 2.1 'de gösterilen döner tabla, Şekil 2.2 'de gösterilen kanca ve Şekil 2.3 'de gösterilen çeki oku gibi aparatlarla bağlanır.



Şekil 2.1: Döner tabla




Şekil 2.2: Kanca



Şekil 2.3: Çeki oku

Treyler, kullanılan aparatlara göre ikiye ayrılır. Bunlar römork ve yarı römork olarak adlandırılır. Römorklar, çekiciye çeki oku ile bağlanarak taşınan yükün ağırlığını ve römorkun kendi ağırlığını çekici araca hissettirmeyen treyler modelidir. Şekil 2.4 ’de römork tipi treyler gösterilmektedir.



Şekil 2.4: Römork tipi treyler modeli

Yarı römorklar, döner tabla ve kanca ile bağlanarak taşınan yükün ağırlığını ve yarı römorkun kendi ağırlığının belirli bir kısmını çekici araca aktaran treyler modelidir. Şekil 2.5 ’de yarı römork tipi treyler modeli gösterilmektedir.



Şekil 2.5: Yarı römork tipi treyler modeli

282793 sayılı resmi gazetede belirtilen “ Römorkların Boyut ve Kütlelerinin Tip Onay Yönetmeliği” göre treyler araçlarının kategorisi belirlenmiştir. Yarı römorklar “O Kategorisinde” bulunmaktadır. Kütle ve boyutlarına göre treyler araçları dört kısımda incelenmektedir. Kütlesi 0,75 tonun altında olan treyler araçları $O_1$ kategorisindedir. Kütlesi 0,75 – 3,5 ton aralığında olan araçlar $O_2$, 3,5 – 10 ton aralığında olan araçlar $O_3$ ve 10 tonun üzerinde olan araçlar $O_4$ kategorisinde yer almaktadır (mevzuat.gov.tr, 2021).

## 2.2. Yarı Römork Çeşitleri

Yarı römorklar kullanım amaçları doğrultusunda farklı çeşitlerde üretilmektedir. Bunlar:

- Perdeli ve Tenteli
- Frigo
- Damper
- Platform
- Tanker
- Konteyner Taşıyıcı
- Swap body
- Silo
- Kutu
- Lowbed

olarak sınıflandırılmaktadır.

### 2.2.1. Perdeli ve tenteli yarı römorklar

Kullanılan branda vasıtasıyla taşınan yükü dış ortam şartlarından korumayı sağlayan treyler çeşitidir. Bu treyler türünün çeşitli opsiyonları bulunmaktadır ve opsiyon çeşitlerine göre yan panaller ve üst tavan açılabilmektedir. Tenteli perdeli treyler çeşitlerinde üst kısım rijit yapı olmadığından dolayı diğer treyler modellerine göre ağırlık avantajları bulunmaktadır. Her türlü kuru yük, meşrubat, sac rulo gibi ürünlerin taşımacılığı için kullanılan hafif tip şasileri sayesinde yakıt, bakım maliyetlerinin ucuz olması nedeniyle en çok tercih edilen treyler çeşididir. Şekil 2.6 ’da gösterilmektedir (Tırsan Treyler, 2021).




Şekil 2.6: Perdeli ve tenteli yarı römork

### 2.2.2. Frigo yarı römorklar

Üst yapısı rijit ve izolasyonlu yapıdan oluşan yarı römork çeşitleridir. Bu sayede yağmur, rüzgar, toz ve sıcaklık gibi dış ortamda meydana gelen doğa olaylarından taşıdıkları yükleri koruyan treyler modelleridir. Bu modellere, ekstra olarak ısıtma ve soğutma sistemi entregre edilerek taşınan yüklerin istenilen sıcaklıkta taşınmasını sağlayabilmektedir. Frigo araçları genellikle gıda taşımacılığı (paketli et, balık, süt, sebze, meyve vb.) ve çiçek taşımacılığında kullanılan yarı römork çeşitleridir. Şekil 2.7 'de gösterilmektedir (Tırsan Treyler, 2021).




Şekil 2.7: Frigo yarı römork

### 2.2.3. Damper yarı römorklar

Yükün kolay boşaltılabilmesi için pnömatik, elektrik sistemli ve hidrolik kaldırma sistemlerine sahiptirler. Üst yapısı çelik ve ya alüminyumdan üretilmektedir. Damper tip araçlar hafriyat alanlarında, inşaat şantiyelerinde ve asfalt döküm işlerinde malzeme ve materyal taşımacılığı için özel olarak tasarlanan ve üretilen yarı römork çeşididir. Şekil 2.8 ’de gösterilmektedir (Tırsan Treyler, 2021).




Şekil 2.8: Damper yarı römork

### 2.2.4. Platform yarı römorklar

Genellikle platform ve açık kasa tipi olarak adlandırılan bu treyler modelinde yanlar ve arka kısmında yarım kapaklardan oluşmaktadır. Kalıp beton, boru, uzun ve ağır yükleri taşımakta düz bir platformdan oluşan yarı römork çeşididir. Uzayabilen ve sabit şasili tiplerinin yanı sıra bu taşıtlarda sabit, serseri ve tabla ile yönlendirmeye sahip dingiller mevcut olabilir. Şekil 2.9 ’da gösterilmektedir (Tırsan Treyler, 2021).



Şekil 2.9: Platform yarı römork

### 2.2.5. Tanker Yarı Römorklar

Üst yapısı çelik, alüminyum ve paslanmaz çeliklerden oluşan yarı römork çeşitidir. Yükleme ve boşaltma donanımlarının gelişmiş olmasından dolayı taşıdıkları sıvıyı kolay ve hızlı bir şekilde boşaltabilmektedirler. Akaryakıt, kimyasal, bitüm, gıda, çimento ve benzeri inşaat malzemeleri, toz ya da granül hammadde taşımacılığında kullanılan yarı römork çeşitleridir. Şekil 2.10 'da gösterilmektedir (Tırsan Treyler, 2021).




Şekil 2.10: Tanker yarı römork

### 2.2.6. Konteyner taşıyıcı yarı römorklar

Konteyner taşınmasından kullanılan yarı römork çeşitleridir. Özel kilitleme sistemine sahip olduklarından dolayı konteynerlerin kolay bir şekilde yarı römorka monte edilmesi

sağlanır. Gelişen teknolojiyle gelecekte çok daha fazla kullanılacak treyler çeşididir. Şekil 2.11 ’de gösterilmektedir (Tırsan Treyler, 2021).



Şekil 2.11: Konteyner taşıyıcı yarı römork

### 2.2.7. Swap body yarı römorklar

Kara, deniz ve demiryolu şeklinde taşımacılıkta yükün üzerinde herhangi bir değişiklik yapmadan taşımaya olanak sağlayan araç tipidir. Bu taşımacılık tipine intermodal taşımacılıkta denilmektedir. Şekil 2.12 ’de gösterilmektedir (Tırsan Treyler, 2021).




Şekil 2.12: Swap body yarı römork

### 2.2.8. Silo yarı römorklar

Silo tipi yarı römork modelleri ile toz veya granül haldeki malzemelerin taşınmasında yararlanılmaktadır. Gövde kısımları basınçlı kap yönetmelik uyumluluğuna uygun olacak

şekilde üretilen silolara, boşaltma zamanında içeriye hava verilerek içindeki yükün boşaltılması sağlanmaktadır. Ülkemizde yaygın olarak çimento ve toz sodaların taşınmasında kullanılmaktadır. Avrupa'da ise yaygın olarak kakao ve toz gıdaların taşınmasında kullanılmaktadır. Şekil 2.13 'de gösterilmektedir (Tırsan Treyler, 2021).




Şekil 2.13: Silo yarı römork

### 2.2.9. Kutu yarı römorklar

Rijit yapısı ve tente ile koruması sayesinde taşınan yükleri toz ve yağmur gibi zararlı etkenlerden koruyan yarı römork çeşididir. Elektronik kilit sistemi ve alarm sistemleri sayesinde çalınmalara karşı yüksek koruma sağlanmaktadır. Genellikle tekstil, sigara ve cep telefonu gibi yüksek değere sahip malzemelerin taşınmasında kullanılmaktadır. Şekil 2.14 'de gösterilmektedir (Tırsan Treyler, 2021).



Şekil 2.14: Kutu yarı römork

### 2.2.10. Lowbed yarı römorklar

Ağırlık ve ebatları göz önüne alındığında standart yarı römorklar ile taşınamayacak olan malzemeler lowbed yarı römorklar vasıtasıyla taşınmaktadır. Genellikle uçaklar, köprü bağlantıları rüzgar türbinler, iş makinaları ve trafolar lowbed yarı römorklar ile taşınmaktadır. Dingil sayıları taşınan yükün ağırlığına ve boyutlarına göre farklılık göstermektedir. Şekil 2.15 ’de lowbed yarı römork gösterilmektedir (Tırsan Treyler, 2021).



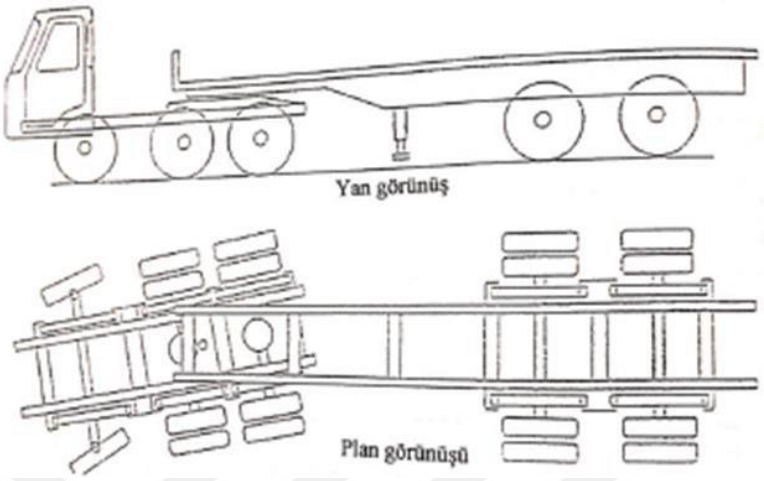

Şekil 2.15: Lowbed yarı römork

## 2.3. Yarı Römorkun Çekici ile Birleşmesi

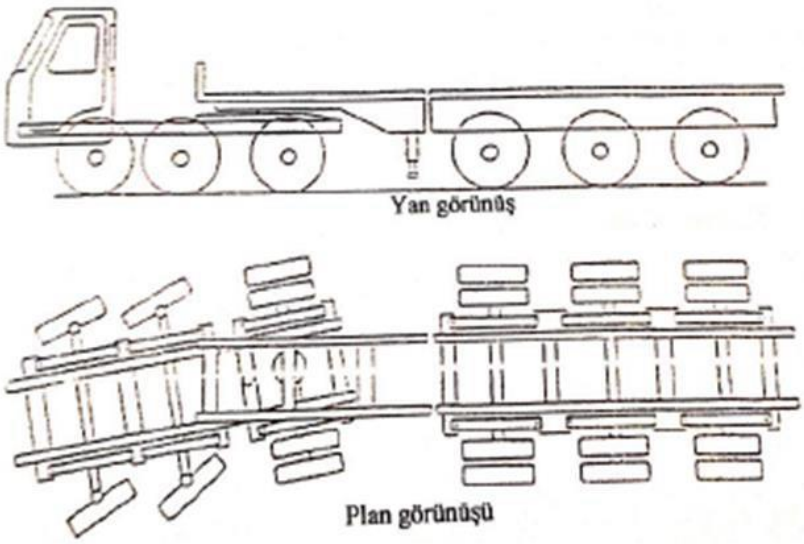
Römork ve yarı römork treylerleri çekebilmek için üzerinde yük taşımayan araçlara çekici denilmektedir. Çekici bölmesi sabit şaseden oluşabildiği gibi, iki ya da üç aksa da sahip olabilmektedir. Arka akslar tahrik için olup, ön akslar tekerleklerin direksiyon ile desteklenmesini sayesinde hareketi meydana getirttirir. Orta akslar çift dümenlemeyi sağlayabilir ya da tahrik aksı olarak kullanılabilmektedir.

Yarı römorklar tek bir dingile sabit şasi ile bağlı olabildikleri gibi, ard arda eklenmiş üçlü dingil sistem gruplarına sahiptirler. Römorkun ön bölümü çekicinin şasesinin arka kısmı ile desteklenmektedir. Römorkların aks bölgeleri tahrik oluşturmayan akslardan oluştuğu gözlemlenmektedir. Şekil 2.16 ’de iki dingilden oluşan bir yarı römorkun üç dingilden oluşan bir çekiciye bağlantısı, Şekil 2.17 ’de üç dingilden oluşan yarı römorkun çekici ile

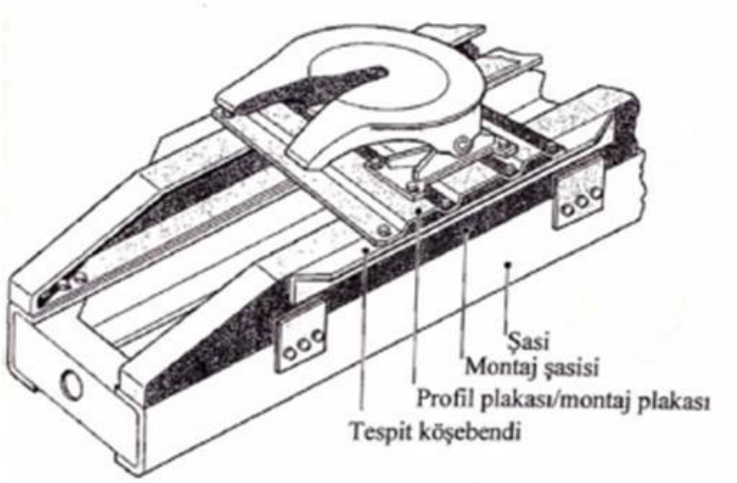
bağlantısı ve Şekil 2.18 ’de çekici ile yarı römorkun birleşimlerinin olduğu teker montajının resmi gösterilmektedir (Yüksel H. , 2013).




Şekil 2.16: İki dingil yarı römorkun üç dingil çekici ile birleşiminin gösterildiği resim (Yüksel H. , 2013)




Şekil 2.17: Üç dingil yarı römorkun üç dingil çekici ile birleşimini gösteren resmi (Yüksel H. , 2013)




Şekil 2.18: Çekici ile yarı römork birleşim resmi (Yüksel H. , 2013)

Yarı römorklarda beşinci tekerleklerin konumlarının belirlenmesi için aks mesafesi, aksın ağırlığı, aracın boyutları ve şasi konfigürasyonunun yasal gereklilikleri sağlaması gerekmektedir. Treylerin çekici ile birleşiminden sonra yarı römorkun kabininin arka uç kısmına temas etmemesi gerekmektedir.

## 2.4. Lowbed Yarı Römorkun Ana Parçaları

Lowbed treyler 4 ana başlıktan oluşmaktadır. Bunlara ek olarak temel isterler ve müşteri isterine bağlı olarak araçlara eklenen parçalar bulunmaktadır. Ana parçaların dışında aracı oluşturan yardımcı parçalara örnek olarak, tampon, çamurluk, arka ve ön hareketi sağlayan hidrolik ayak mekanizması, takım çantası, hava tüpleri ve stepne vb. parçalardır.

- Dingil ve Lastikler
- Deveboynu – King Pin
- Rampa
- Şasi

### 2.4.1. Dingil ve lastikler

Yarı römorklar taşıdıkları yük ağırlıklarına göre bir, iki ve üç dingilli olarak tasarlanmaktadırlar. Genellikle üç dingil olarak tasarlanan araçların dingil başına taşıma kapasitesi 9 tondur. Üretici firmaya bağlı olarak dingil başına düşen ağırlığa göre sınıflandırması yapılabilmektedir.

Süspansiyon sisteminin genel sınıflandırması, yaylı ve hava yastıklı olacak şekilde iki kısımdan oluşmaktadır. Günümüz teknolojisinde yük dengeleyici valflerin aktif olarak kullanılmasıyla hava yastlıklı süspansiyonlar daha yaygın olarak kullanılmıştır. Bu sayede yarı römorkların daha dengeli, paralel ve sarsıntısız olarak yolda seyir halinde gitmesi sağlanmaktadır.

Birbirinden bağımsız olarak çalışan süspansiyon sistemlerine hava yastıklı süspansiyonlar denmektedir. Tek nokta askı sistemi olarak araç altına bağlanabildiği gibi çift asklı süspansiyon tandem sistemlerine ek aks eklenerek üç akslı süspansiyon elde edilmektedir. Oluşturulan bu sistemin en temel özelliği olarak hava yastıklarının birbirinden bağımsız ve ayarlanabilir olarak hareket ettirilmesidir. Şekil 2.19 'da yarı römork hava yastıklı süspansiyon ve dingil gösterilmektedir.



Şekil 2.19: Yarı römork hava yastıklı süspansiyon sistemi (Saf Dingil, 2021)

### 2.4.2. Deveboynu-king pin

Deveboynunun üst bölgesinden treyler ile çekiciyi birbirine bağlayan parça king pin olarak adlandırılmaktadır. King pinin özellikleri, taşınan yük kapasitesine, aracın ölçülerine ve karakteristik özelliklerine göre değişiklik göstermektedir. Taşıma kapasitesininin geçerliliğinin olması için Avrupa tip onayına sahip olması gerekmektedir. Treyler üreticilerini genellikle king pin yük taşıma kapasitesini 45 tona kadar opsiyonlu olarak sunmaktadır. Buna ek olarak treyler üreticilerinin deveboyu opsiyonları beşinci tekerin yükseklik değerlerini 1100 mm ve 1550 mm olarak belirleyerek müşterilerine

sunmaktadır. Avrupa standartları kapsamında king pin 2" yataklı ve 3,5" yataklı olarak iki farklı opsiyon şeklinde kullanılmaktadır.

Yarı römorklarda deveboynu mukavemeti yüksek malze olan S355 (Akma dayanımı 355 MPa olan çelik) ya da S700 MC (Akma dayanımı 690 MPa olan çelik) saclardan imal edilmektedir. Üretici firmaların konstriksiyonlarına göre kullanılan materyaller değişiklik gösterebilmektedir. İmalat süreçlerinde gaz altı ya da toz altı kaynağı olmak üzere iki çeşit kaynak çeşiti kullanılmaktadır. Yarı römorkların tabanları 25-75 mm kalınlığa sahip galvaniz paslanmaz çelik ızgaralarla veya ahşaplarla kaplanmaktadır. Müşteri talepleri doğrultusunda deveboynu tasarımları döz köşeli ya da köşe kısımdan pahlı olacak şekilde tasarlanabilmektedir. Şekil 2.20 'de deveboynu görselleri gösterilmektedir.



Şekil 2.20: Yarı römork deveboynu görünümü

### 2.4.3. Rampa

Yarı römorkun şasi kısmı ile yükleme noktasının aynı yükseklikte olmasını sağlayan parçalardır. Bu sayede malzemelerin yükleme ve indirme işlemleri daha kolay yapılması sağlanmaktadır. Pnömatik ya da hidrolik sistemli yapılar olmak üzere iki çeşitten oluşmaktadır. Açılır kapanır olmasının yanı sıra sağa ve sola hareket ettirilebilen rampalar sayesinde yüklemenin çeşitli ve kolay bir şekilde yapılması için müşteriye farklı olanaklar sunulması sağlanmaktadır.

Müşteri talepleri doğrultusunda platformun zemine kadar olan yüksekliğine bağlı olarak çeşitli opsiyonlar tedarikçiler tarafından sunulmaktadır. 10°-14° rampa açışı oluşturulacak şekilde hidrolik ya da pnömatik katlanır rampalar üretilmektedir. Rampaların kapalı pozisyonda yükseklikleri genellikle 700 mm ile 1500 mm arasında olmaktadır. 25.000 ile 70.000 kg kapasitesine sahip çeşitli genişlikte rampalar üretilmektedir. Buna ek olarak tekli rampa opsiyonları sayesinde müşteri talepleri

karşılanmaktadır. Şekil 2.21 ’de yarı römork lowbedlerde kullanılan hidrolik katlanır rampa gösterilmektedir.



Şekil 2.21: Lowbed treyler hidrolik katlanır rampa görünümü

### 2.4.4. Şasi

Yarı römorkların ana parçasını şasiler oluşturmaktadır. Treyler ve otomotiv sektöründe çok farklı tipte şasiler kullanılmaktadır. Tedarikçi firmalara göre şasi çerçeve kısımları farklılık göstermektedir ve bu sebeple şasilerin hepsi farklı şekillerdedir. Firmaların mühendislik bakış açısı ve üretim imkanları doğrultusunda şasi üretimleri ve tasarımları belirlenmektedir (Yüksel A. , 1975).

Yarı römorkta çeşitli tipte şaseler kullanılmakta fakat en yayın olarak kullanılan I tipi kros şasileri genellikle ana kiriş bölümünde kullanılmaktadır. Ana kiriş şasilerin iç kısmından 80–100 mm ’lik profiller geçirilerek birbirine kaynatma işlemleri yapılmaktadır. Römork imalatının ana parçasını şasiler oluşturmakta ve diğer montaj parçaları şasilerin üzerine montajlanır.

Taşıtların hepsi ilk olarak kendi ağırlıklarını ve üzerine tasarlanan diğer parça yüklerini taşıyan bir ana gövdeye sahiptirler. Tedarikçiler tarafından kullanım şekillerine göre taşıt gövdeleri farklı yapılarda tasarlanmaktadır. Şasi ve karoseri olmak üzere temel iki kısmından oluşmaktadırlar. Taşıtın ana taşıyıcı gövdesini oluşturan kısmı şasidir. Taşıta şeklini veren ve temel fonksiyonları oluşturabilmesi için taşıtın hacmini oluşturan kısım

ise karoseridir.  Yarı römorklar ve kamyonlar şasilerden oluşmakta olup, yük taşınmasını sağlayan kasalardan ve sürücü kabininden oluşan diğer parçaları bulunmaktadır.

Taşıtlar, çeşitlerine göre çeşitlik çelik malzemelerden oluşan şasilerden oluşmaktadır. Yarı römork lowbed treylerlerde genellikle ISO 1726 Normlarını sağlayacak, yüksek mukavemeti olan S355 (355 MPa akma dayanımlı çelik) ve S700 (690 MPa akma dayanımlı çelik) malzemelerden üretilmektedirler.

Yaygın olarak kullanılan şasi tipleri olarak; platform şasi,  trapez şasi, çatal şasi, kademeli şasi, kiriş şasi ve dikdörtgen şasi olarak sınıflandırılmaktadırlar.




Şekil 2.22: Yarı römork şasi görseli

### 2.4.4.1. Çatal şasi

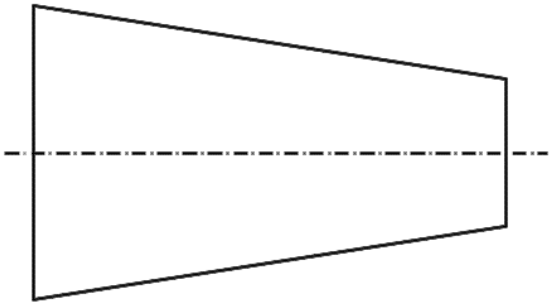
Çatal şasilerin kesitleri kapalı profil şeklinde olup, dairesel ve kutu kesitleri yaygın olarak kullanılan modelleridir. Şasinin orta kısmı uçtan uça uzanan kirişten oluşmuştur. Uçtan uca uzanan kiriş çevresine montajlanmış yan kirişlerden oluşur. Genellikle binek otomobillerde tercih edilmesisinin sebebi uygun ve hafif şasi olmasıdır. Şekil 2.23 ’de Çatal şasi gösterilmektedir.



Şekil 2.23: Çatal şasi görseli

### 2.4.4.2. Trapez şasi

Yapı özellikleri dikdörtgen şasiye benzese de, geometrik görüntüsü trapez formunda olduğundan dolayı trapez platform denmiştir. Uygulama alanları dikdörtgen şasisi ile benzerdir. Şekil 2.24 ’de trapez şasi gösterilmektedir.

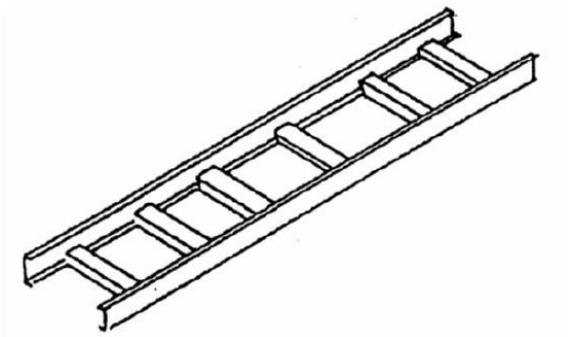


Şekil 2.24: Trapez şasi kesit görüntüsü (Tolun & Eren, 2007)

### 2.4.4.3. Dikdörtgen şasi (merdiven)

Günümüzde en yaygın olarak kullanılan şasi modellerinden birisidir. Otobüs ve kamyonlarda yaygın olarak kullanılmakla birlikte, otomobillerde kullanım oranı hiç yok denecek kadar azdır. Yan kısımlarından boylamasına televre denilen ve ikiden daha fazla enlemesinden oluşan kros denilen kirişlerden oluşmuştur. Kirişler U şeklindeki profillerdir.

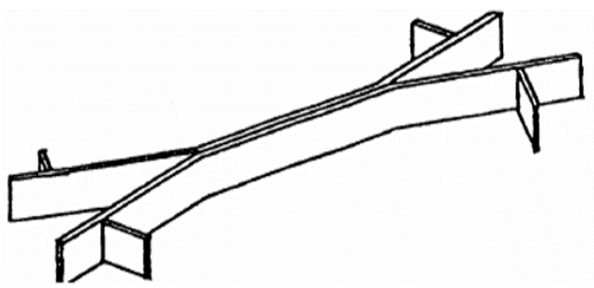
Merdiven şasiler civatalı ya da perçinlidir. İmalat ve montaj işlemleri kolay olup çok az sayıda kaynaklı birleştirme yapılır. Şekil 2.25 ‘de dikdörtgen şasi gösterilmektedir.



Şekil 2.25: Dikdörtgen Şasi (Tolun & Eren, 2007)

### 2.4.4.4. X şasi

Boyuna ve enine doğru traversleri açık uçlu olan kutu kesitli kaynak profilden yapılırlar. Birbirine yakın olan iki taşıyıcıdan oluşmaktadır. Tekerleklerin ve taşıyıcıların konumları birbirine ne kadar yakınsa bağlantı noktalarındaki şasinin burulma dirençleri o kadar artmaktadır. X şasi yaygın olarak otomobil ve pick-up üretimlerinde kullanıldığı görülür. Şekil 2.26 'da X şasi gösterilmektedir.



Şekil 2.26: X Şasi şekli (Tolun & Eren, 2007)

### 2.4.4.5. Platform şasi

Platform şasilerde, boyuna ve enine profillerin, taban saçları ile kaynatılarak birleşme işlemleri yapılmaktadır. Platform şasilerin iç kısmında bulunan boyuna kirişlere kardan mil gibi de kullanılmaktadır. Karoseri bölümünün kaynak ya da cıvata ile şasi kısmına bağlanması sayesinde yüksek mukavemet gerilimi elde edilmektedir. Platform şasiler hafif olup, yaygın olarak otomobillerde kullanılır. Şekil 2.27 'de otomobil platform şasi kısmı gösterilmektedir.



Şekil 2.27: Otomobil platform şasisi

### 2.4.4.6. Ana kiriş şasi

Yarı römork lowbed araçlarında genellik ana kiriş olarak I ve kutu formlu profiller kullanılmaktadır. Bu araçlarında kullanılan şasiler için mukavemetin yüksek ve şasi dayanımlarının fazla olması gerekmektedir. Tonaj değeri fazla olan yükleri kaldırabilecek şasi kirişleri özel imalat şeklinde yapılmaktadırlar.

Ana kirişi oluşturulan alt ve üst kısımlar, kalın ve düz lamalar vasıtasıyla oluşmuştur. Kros yüksekliklerinde istenen yüksek atalet momentini sağlanabilmesi için, ince ebatlardan oluşan saçların toz ya da gaz altı kaynak kullanılarak birleştirilmektedirler. Bu işlem sırasında uygulanacak kaynak metodu önem teşkil etmektedir. Saçların birbiri ile bağlantısında yaklaşık olarak 2mm'lik kaynak boşluklarının oluşturulması ve kaynağın bu bölgelere nüfuz etmesi sağlanması gerekir (Barçın, 2002). Şekil 2.28 'de lowbed ana kiriş şasisi gösterilmektedir.



Şekil 2.28: Lowbed ana kiriş şasi uygulaması

### 2.4.4.7. Kademeli şasi

Kademeli şasiler, yarı römorkların iç hacmini daha fazla arttırmak için lastik ve aksların altına yerleştirilmektedir. Yukarıda belirtilen ana kiriş şasilerinde kullanılan I tipi kroslar kademeli şaselerde de kullanılmakta ve buna ek olarak C tipi kroslarda kullanılabilir. Kademeli şasilerde mukavemeti ve yükü taşıyabilecek deveboynu bölgelerinin şasi birleşim noktalarında oluşturulmasıdır. Hidrolik dümenlemeli lowbed şasisi, kademeli şasi ve ana kiriş şasi kısımlarından oluşturulmuştur. Şekil 2.29 'da lowbed kademeli şasi gösterilmektedir.



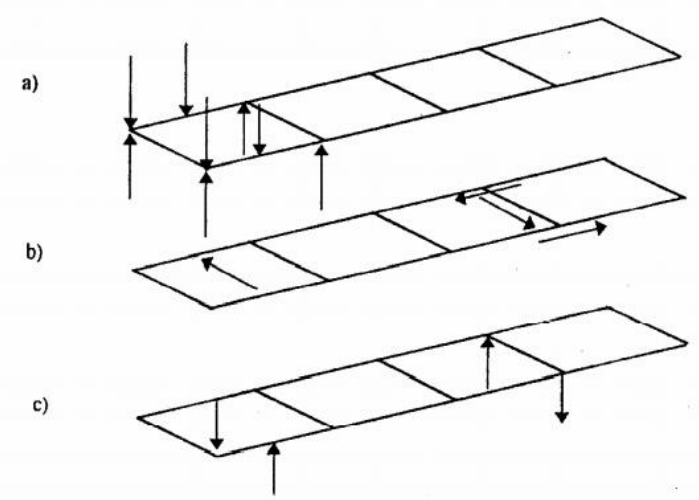
Şekil 2.29: Lowbed kademeli şasi

## 2.5. Yarı Römork Şasilerine Etkiyen Kuvvetler

Yarı römork şasileri genellikle iki farklı tip yüklemlere maruz kalmışlardır. Bunlar dinamik ve statik yükler olarak bilinir. Fakat araç modellerine göre şasi üzerine etki eden yükler farklılık göstermektedir.

Bozuk yol koşulları sonucunda sınır şartlarını zorlayan süspansiyon kısımlarında oluşan deformasyonların belirlenmesi, şasi dizaynında en önemli tasarım parametresidir.

Merdiven tip (dikdörtgen) şasiler genellikle yük taşıt şaşilerinde kullanılır. Bunun sebebiyse montaj parçalarının kolay montajlanabilmesidir. Örnek olarak motor, kabin, kasa ve aktarma organlarının montajı merdiven tipi şasiler üzerine yapılmıştır. Yarı römork şasilerinin kamyon şaselerinden farklı olmasının nedeni, fazla sayıda enine doğru kirişlerin olmasıdır. Yarı römork lowbed şasilerinin yapım aşamasında genellike I şeklinde profiller kullanılır. Şekil 2.30 'de lowbed şasi üzerine etki eden kuvvetler sembolik olarak gösterilmektedir (Eren, 2002).




Şekil 2.30: Lowbed şasisi üzerine etkiyen kuvvetlerin sembolik gösterimi (Eren, 2002)

Taşıtların şasileri üzerine etki eden yüklerin büyüklükleri, kademeli tekrar etmeleri önemlidir. Şasi üzerine gelen yüklerin periyodunu değiştirerek, hesaplanan gerilim değerlerinin üstünde bir yüklemeye sebebiyet vererek şasininin hasar görmesine neden olabilir. Statik kuvvetlerin sınıflandırılması aşağıdaki şekildedir.

- Taşıta etki eden viraj kuvvetleri
- Taşıta etki eden burulma kuvvetleri
- Fren ve kalkış esnasındaki kuvvetler
- Bindirme kuvvetleri ( Römork-çekici arası )
- Taşıtın ağırlığı ve taşıdığı yük kuvvetleri

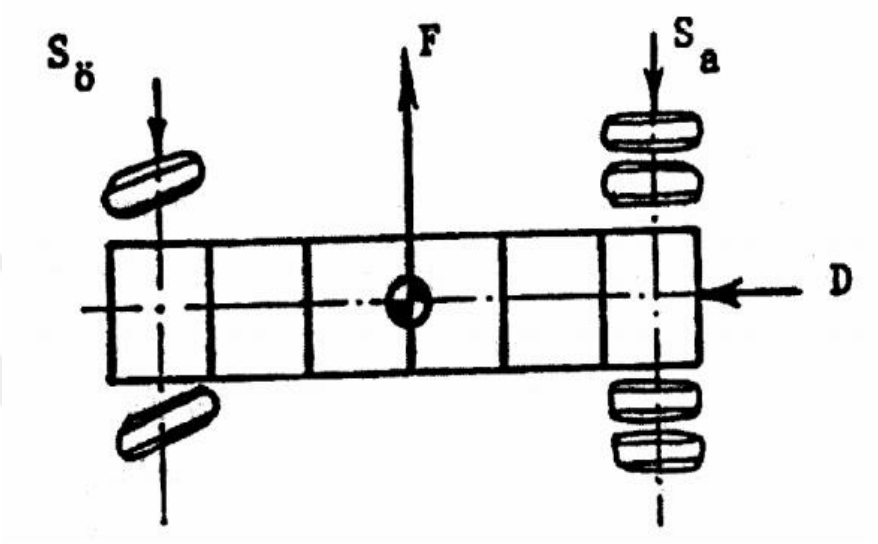
Yol şartları ve lastik düzlemselliğinden dolayı ortaya taşıta etki eden dinamik kuvvetler meydana gelmektedir. Oluşan bu kuvvetler aracın gövde kısmını ve şasisini zorlayan kuvvetlerdir. Bunlar 4 ana başlıkta aşağıdaki şekildedir.

- Taşıtın yatay eğilme ve zorlanma kuvveti
- Taşıtın burulmaya zorlanma kuvveti
- Taşıtın enine düşey eğilime zorlanma kuvveti
- Taşıtın boyuna düşey eğilime zorlanma kuvveti

### 2.5.1. Taşıtın yatay eğilime zorlanma kuvveti

Taşıtların üzerine etki eden yatay eğilime zorlanma iki farklı şekilde olur. Araçlar, viraj dönüşleri sırasında orta kısımdan etkiyen merkezkaç kuvvetleri ile boyuna yatay eğilime

maruz kalmaktadırlar. Viraj kuvvetinin maksimum olduğu zaman, taşın kayma noktasının maksimum seviyesine ulaşmıştır ve etki eden bindirme kuvvetleri sayesinde arka bölümde bulunan traversin eğilmeye zorlanmasına neden olmaktadır. Şekil 2.31 ’de şasi üzerine etkiyen yatay eğilme kuvvetleri ve yönleri gösterilmektedir.

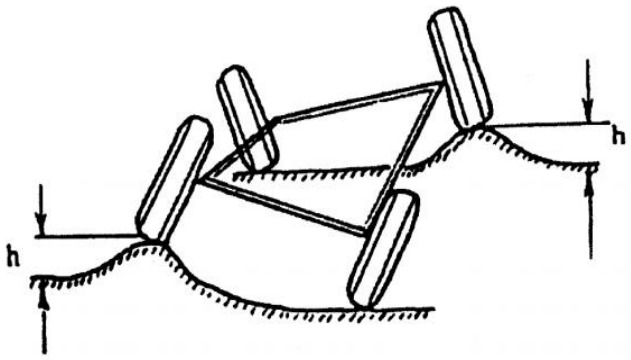



Şekil 2.31: Şasi üzerine etkiyen yatay eğilme kuvvetleri (Eren, 2002)

### 2.5.2. Taşıtın burulmaya zorlanma kuvveti

Taşıt şasilerinin bükülmesi sonucunda meydana gelen kuvvetlere burulma zorlanması şeklinde oluşmaktadır. Bunun sebebi, tekerleklerin bir ya da ikisinin engebe üzerine çıkmasıdır.

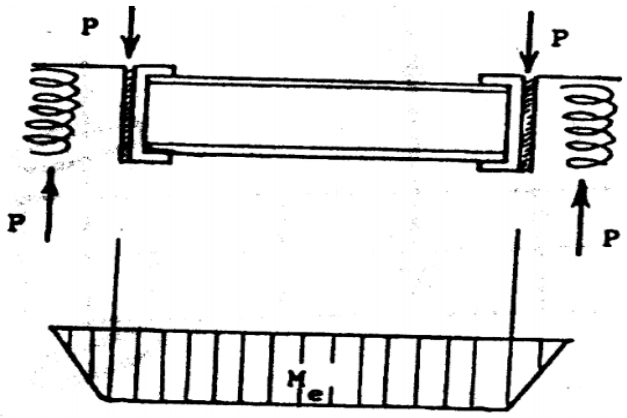
Engebeli alanlarda, tekerlekler ile yollar arasında oluşan kuvvetler, taşıtın makaslarına üzerinde bulunan yaylar vasıtasıyla araç şasisine iletilirler. Taşıtlar üzerinde komple burulmalar olsada bunlara ek olarak lokal ve bölgesel burulmalarda meydana gelmektedir. Bölgesel burulma, boyuna ve enine profillerin bağlandığı düğüm noktalarında lokal olarak oluşur. Ayrıca bölgesel burulmalar, akü bağlantı noktaları ve yakıt tanklarının gövde kısımlarının birleşim noktalarında da sıklıkla oluşur. Şekil 2.32 ’de taşıt şasisi üzerine etki eden burulma kuvvetleri gösterilmektedir.




Şekil 2.32: Şasi üzerine etkiyen burulma kuvvetleri (Eren, 2002)

### 2.5.3. Taşıtın enine düşey eğilime zorlanma kuvveti

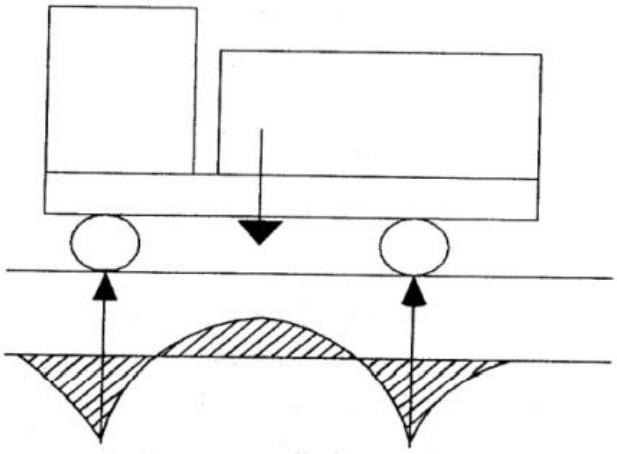
Enine düşey eğilme zorlanması, traverslerin eğilmesi sonucunda meydana gelen kuvvetlerdir. Boyuna profiller birbirine traversler ile bağlanırlar. Taşıt üzerine gelen yükler, traversleri bulundukları eksenler doğrultusunda eğilime zorlarlar. Eğilmeye sebep olan kuvvetler traversler üzerinde oluştuğunda mukavemet hesapları daha kolay yapılabilmektedir. Taşıt dingillerinin bağlantı bölgelerinin traverslerin üzerine geldiği kısımlarında burulmalar oluşur ve bu bağlantı noktalarında gerilmeler meydana gelmiştir. Genellikle traversler ile dingil bağlantı noktaları takviye edilerek güçlendirme işlemleri yapılmıştır. Şekil 2.33 'de taşıt şasisi üzerine etki eden enine düşey eğilme kuvvetleri gösterilmektedir.




Şekil 2.33: Şasi üzerine etkiyen enine düşey eğilim kuvvetleri (Eren, 2002)

### 2.5.4. Taşıtın boyuna düşey eğilime zorlanma kuvveti

Taşıtların boyuna düşey eğilmeye zorlanmasına sebep olan şartlar genellikle taşıdıkları yükler, aracın yokuş hareketinde yolun eğimi, araç fren ve kalkış esnasında meydana gelen kuvvetler ve araç üzerine etkiyecek diğer kuvvetler olarak bilinir. Bu kuvvetlerden taşıtları güvenli bir şekilde kurtarabilmek ve istenilen sınır şartlarında araçları üretebilmek için profiller üzerine yayılı yükleri uygulayarak mukavemet hesabı yapılabilir. Şekil 2.34 'de taşıt şasisi üzerine etki eden boyuna düşey eğilme kuvvetleri gösterilmektedir.



Şekil 2.34: Şasi üzerine etkiyen boyuna düşey eğilim kuvvetleri (Eren, 2002)

## 2.6. Kütle ve Boyut Standartları

Avrupa 'da araçların ve katarların kütle ve boyut esaslarını 96/53/EC ile 1230/2012/EU yönetmelikleri belirlemektedir. Avrupa Birliği ülkelerinde bu yönetmelikler geçerli ve bu yönetmeliklere uyulması gerekmektedir.

Ülkemizde ise araçların ve katarların kütle ve boyut esasları AB/1230/2012 ve Karayolları Trafik Yönetmeliği belirlemektedir. Karayolları Yönetmeliğinde araçların ve katarların kütle ve boyut esaslarının belirtildiği kısım ise 95/53/EC 'nin tercümesidir.

Avrupa Birliği üyesi olan veya olmayan bazı ülkelerde mevzuat dışı ölçü ve boyutlar olabilmektedir (mevzuat.gov.tr, 2021).

### 2.6.1. O kategorisi araçlar

Römorkların kütle ve boyut esasları ile alakalı tip onay yönetmeliği, 13/10/1983 tarihinde devreye giren ve 2918 sayılı Karayolları Trafik Kanunu kararı uyarınca araçların kullanım ve yapımı açısından trafik güvenliğine ve karayolu yapısına uyma mecburiyetini yerine getirmek, römorkların kütleleri ve boyutlarına AT tip onay koşullarını ve uygulanılmasına ait yöntem ve esasları belirler. Yönetmelik 1/11/2012 tarihinden bu yana ilk kez tip onayı olan tamamlanmamış, tamamlanmış veya tam O kategorisi araçları kapsar. O kategorisi taşıtlar 4 ana grupta sınıflandırılır (mevzuat.gov.tr, 2021).

Tablo 2.1: O kategorisi römork sınıflandırma

| Kategori | Azami Kütlesi(ton) | |
|---|---|---|
| | Min. | Max. |
| $O_1$ | - | 0,75 |
| $O_2$ | 0,75 | 3,5 |
| $O_3$ | 3,5 | 10 |
| $O_4$ | 10 | - |

Kütle ve boyut mevzuatı gereğince, $O_4$ kategorisine ait araçlar aşağıdaki belirlenen sınırlandırmalar içerisinde olmalıdır.

- Yarı römorklarda 12 m (çekici dahil değil) olmalıdır. Tam römork, merkezi akslı römork ve sabit çeki oklu römorkta 12 m olmalıdır.
- Yarı römorkların ön uzantı yarıçapı maksimum 2.04 m olmalıdır.
- Yükseklik tüm römorklarda 4.00 m maksimum olmalıdır.
- Genişlik tüm römorklarda 2.55 m olmalıdır.
- Uzunluk, yükseklik ve genişlik ölçümleri sırasında araç yatay düz zeminde ve tekerlek tedarikçisinin belirttiği basınçta ve yürür durumdaki kütle de olmalıdır.

Bu kurallar dışında tampon, üst yapı, beşinci teker yüksekliği, çamurluk mesafesi, yan lamba mesafeleri, dingil manevra kabiliyeti gibi mevzuat gerekleri mevcuttur.

#### 2.6.1.1. $O_1$ kategorisi araçlar

Azami kütlesi 0,75 tondan az römorklar bu kategoride yer alır. Herhangi bir ruhsata tabi olmadıkları için özel bir plakası yoktur. Çekici aracın plakası bu römorkun arkasına yapıştırılarak araç plakası ortak olarak kullanılır. $O_1$ kategorisi araçlar tüvtürk

muayenesine tabi tutulmazken, B sınıfı ehliyet ile de kullanılabilirler. Şekil 2.35 'de $O_1$ kategorisinde bulunan 500 kg 'lık römork gösterilmektedir.



Şekil 2.35: $O_1$ kategorisi römork görseli (T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2019)

### 2.6.1.2. $O_2$ kategorisi araçlar

Azami kütlesi 0,75 ile 3,5 ton aralığında bulunan römorklar bu kategoride yer alır. Bu kategoride bulunan araçlar ruhsata tabi olup, kendine ait özel plakalara sahiptir. $O_2$ kategorisi araçlar yılda 1 kez tüvtürk muayenesi yapılır. Bu römorklarda vergi olmamakla birlikte B ve E sınıfı ehliyetler ile kullanılabilirler. Şekil 2.36 'da $O_2$ kategorisinde bulunan karavan gösterilmektedir.




Şekil 2.36: $O_2$ kategorisi römork görseli (T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2019)

### 2.6.1.3. $O_3$ kategorisi araçlar

Azami kütlesi 3,5 ile 10 ton aralığında bulunan römorklar bu kategoride yer alır. Bu kategoride bulunan araçlar ruhsata tabi olup, kendine ait özel plakalara sahiptir. $O_3$

kategorisi araçlar yılda 1 kez tüvtürk muayenesi yapılmak zorundadır. Şekil 2.37 ’de $O_3$ kategorisinde bulunan kamyon römorku gösterilmektedir.




Şekil 2.37: $O_3$ kategorisi römork görseli (T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2019)

### 2.6.1.4. $O_4$ kategorisi araçlar

Azami kütlesi 10 tondan fazla olan römorklar bu kategoride yer alır. Bu kategoride bulunan araçlar ruhsata tabi olup, kendine ait özel plakalara sahiptir. $O_3$ kategorisi araçlar yılda 1 kez tüvtürk muayenesi yapılmak zorundadır. Şekil 2.38 ’de $O_4$ kategorisinde bulunan lowbed treyler gösterilmektedir.



Şekil 2.38: $O_4$ kategorisi lowbed görseli (T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2019)

# BÖLÜM 3. YARI RÖMORKLARIN MALZEME VE ÜRETİMİ

## 3.1. Malzeme

Çelik, dünyadaki en yaygın kullanılan mühendislik malzemelerinin başında yer almaktadır. Diğer malzemelerle kıyaslandığında çeliğin ucuz üretimi, çok çeşitli uygulamalar ve üretim yöntemleri için uygun sınıfları mevcuttur. Çelik aynı zamanda dünyadaki en çok geri dönüştürülen malzemedir; her yıl kağıt, cam, alüminyum ve plastiğin toplam geri dönüşümüne oranla daha fazla çelik dönüşümü meydana gelmektedir.

Çelik, demir ve karbon alaşımıdır. Karbon dışında farklı oranlarda alaşımlar ve saf olmayan elementlerde bulunabilir. Çeliğin farklı özelliklere sahip olmasını sağlayan çeliğin iç yapısı ve içerdiği elementlerin kimyasal bileşenleridir. Ayrıca çeliklere değişen oranlarda alaşımlar eklenebildiği gibi; ıslah, normalizasyon vb. işlemlere tabi tutularak da içyapı kontrolleri yapmak suretiyle amacına yönelik farklı çelik malzemelerde elde edilebilir.

Fosfor(P), Kükürt(S), Silisyum(Si) ve Mangan(Mn) gibi elementler üretim esnasında hammadde kaynaklı olup, çeliklerde belirli miktarlarda bulunmaktadır. Krom(Cr) ve nikel(Ni) gibi bileşenler ise çelik içerisine istenilen oranlarda eklenebilir (Oğuz, 1989).

Düşük alaşımlardan oluşan malzemeleri kesmek alaşımları yüksek malzemelerden daha kolaydır. Yüksek alaşımlı çeliklerin kesme sonuçları daha iyidir. Yüksek alaşımlı çelikler sert malzemeler olup, ITAB bölgesi geniştir (ASM International Handbook Committee, 2005).

Çelikler üzerindeki oksitlenme kesme kalitesinin düşmesine sebep olmaktadır. Çelikler kesilerek üzerinde oluşan gerilmeler gidirilir ve bu çelikler için önemli kriterdir (Tanrıverdi, 1995).

Çelik malzemesine eklenen alaşım elementleri aşağıdaki şekildedir.

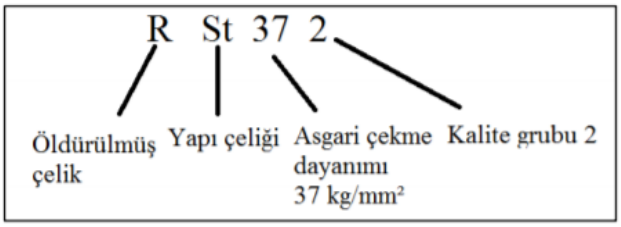
- Karbon (C)
- Mangan (Mn)
- Silisyum ( Si )
- Kükürt (S)
- Fosfor (P)
- Krom ( Cr)
- Nikel (Ni)
- Vanadyum (V)
- Titanyum (Ti)
- Alüminyum (Al)
- Bakır (Cu)
- Azot (N)

Tablo 3.1 ‘de çelik alaşımlarının alt sınırları verilmiştir.

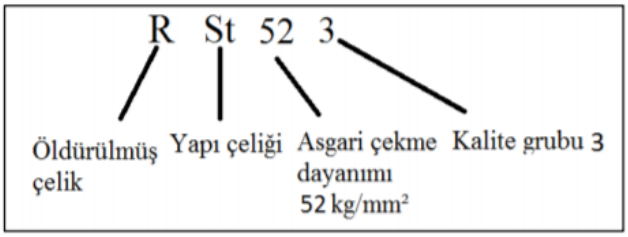
Tablo 3.1: Çelik alaşımların element alt sınırları (Has Çelik, 2021)

| Element | Alt sınır değeri ( % kütle) |
|---|---|
| Alüminyum ( Al ) | 0,10 |
| Bakır (Cu) | 0,40 |
| Krom (Cr) | 0,30 |
| Kurşun (Pb) | 0,40 |
| Mangan (Mn) | 1,60 |
| Silisyum (Si) | 0,50 |
| Titanyum (Ti) | 0,05 |
| Vanadyum (V) | 0,10 |
| Nikel (Ni) | 0,30 |
| Molibden ( Mo) | 0,08 |

Çelik alaşımlarının kodlama şekli aşağıdaki Şekil 3.1 ve Şekil 3.2 ’de gösterilmektedir.




Şekil 3.1: Çelik alaşımlarının gösterimi (St-37) (Oğuz, 1989)




Şekil 3.2: Çelik alaşımlarının gösterimi (St-52) (Oğuz, 1989)

### 3.1.1. Yapı çelikleri

Yapı çelikleri, çelik üretimlerinin çok büyük bir bölümünü oluşturur. Yapı çelikleri çekme dayanımlarına göre ifade edilmektedir. Kullanım alanları olarak, köprülerde, kaynaklı imalatlarda, çelik konstriksüyonlarında, otomotiv sektöründe ve makina imalatında yaygın olarak kullanılmaktadır. Yapı çelikleri genellikle alaşımsız çelikler olup, alaşımdaki karbon miktarına bağlı olarak meydana gelir. En etkili elementler fosfor ve azot olup bunlara ek olarak silisyum, mangan ve bakır elementleride fazlaca etkilidirler (Yıldırım D. , 2018).

Yapı çeliklerinin alaşımlarında kullanılan elementler sayesinde çeliklerin dayanımlarını artırarak kaynak kabiliyetleri geliştirilir. Yapı çeliklerinde karbon oranlarının artması çeliklerin sertleşmesine neden olmaktadır. Çeliklerde sünekliğin azalması, karbon oranı ile doğru orantılı olarak değişmektedir. Çeliklere korozyon dayanımını arttırmak ve tokluk özellikllerini kazandırmak için krom, molibden ve vanadyum elementleri düşük karışım oranında eklenmelidir. Yapı çelikleri çeşitli sektörlerde çok fazla kullanılmasından dolayı, sertlik ve kaynaklanabilir özelliğinin olması sebebiyle önemli bir yere sahiptir (Piroğlu, Uzgider, Vural, & Çağlayan, 2003).

#### 3.1.1.1. S235 (St-37) yapı çelikleri

DIN 17100 norm standartlarına göre 37 $kgf/mm^2$ ‘lik çekme dayanımlarına veya 235 MPa akma dayanımlarına sahip çeliklere S235 (St-37) çelikleri denir. Konstrüksiyon çalışmalarında yaygın olarak bu çelik malzemeleri kullanılır. Almanca’da “stahl” anlamına gelen St ekini alıp bu şekilde kullanılır (Çalıgülü, Türkmen, Çanakcı, & Göktaş, 2018).

S235 çelik alaşımları, içerisinde az miktarda silisyum, fosfor ve oksijen gibi elementlerden bulundurur. Çelik alaşımlarının mekanik özellikleri içerisine eklenen karbon element oranına göre değişiklik gösterir. Günümüzde demir çelik sektöründe ortaya çıkan çelikler genellikle alaşımsızdır. Bunun sebebi olarak, alaşımsız çeliklerin şekillendirme özelliklerinin iyi olması ve maliyetlerinin uygun olmasıdır. Fakat dezavantajı olarak alaşımsız çeliklerin sertleşme oranları düşüktür. Yapılan sertleştirme işlemlerinden sonra malzemede gerilme ve çatlaklar görülebilir. Malzemenin kalınlığına göre sertleştirme düzeyleri farklılık gösterir. Örnek olarak kalın kesitli malzemeler istenildiği şekilde sertleştirme işlemleri yapılamazlar (Çalıgülü, Türkmen, Çanakcı, & Göktaş, 2018).

Çelikler içerisinde bulunan karbon elementinin oranlarına göre aşağıdaki şekilde sınıflandırılır;

- Yüksek karbon elementine sahip çelik alaşımlar ( %0,8-1,7 C )
- Orta karbon elementine sahip çelik alaşımlar ( %0,3-0,8 C )
- Düşük karbon elementine sahip çelik alaşımlar ( %0,05 – 0,3 C )
- Alaşımsız çelik alaşımlar

Düşük karbon oranına sahip çelik alaşımlar sertleştirilemezler fakat farklı yöntemler kullanılarak sadece yüzeylerinde sertleştirme yapılabilir. Isıl işlemlere duyarlı çeliklere orta karbon elementine sahip çelik alaşımlar denir. Bu çeliklerin, direnç değerleri düşük karbon elementine sahip çeliklere göre daha iyi olup, sert ve dayanıklı yapıya sahiptirler. Sünek özelliklerine bakıldığında düşük karbon oranlarına sahip çeliklere göre daha azdır (Yıldırım, Pakdil, Doğantan, & Çakan, 2001).

S235 çeliklerinin en yaygın olarak kullanıldığı alanlar, otomotiv ve iş makinaları sektöründe, köprü yapımlarında, kara ve demiryolu yapımlarında, konteyner ve gemi yapımı gibi alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Baeslack, 1993), (Craig, 1998).

#### 3.1.1.2. S355 (St-52) yapı çelikleri

S355 (St-52) önemli bir yapı çeliğidir ve yaygın olarak kullanılır. S355 çeliklerinin karbon oranları düşük olup yaklaşık olarak %0,2'den daha azdır. Norm standardı olarak DIN 17100'dür ve akma dayanımı 355 MPa veya çekme mukavemet dayanımı 52 $kgf/mm^2$ olan önemli bir yapı çelik çeşididir (Şık, 2007).

Bu önemli yapı çeliği genellikle, otomotiv ve iş makinaları sektöründe, köprü yapımında, demiryolları, gemi yapımı, alt yapı ve elektrik direkleri projelerinde yayın olarak kullanılırlar (Şık, 2007).

S355 yapı çelikleri alaşımsız çelikler olup, şasi ve lowbed gibi kaynaklı birleştirme işlemleri için uygun ve kullanımı yaygın malzemedir (Hascometal, 2021). S355 çelikleri 2 farklı çeşitte haddeleme metodu ile üretilir. Bunlardan birinci yöntem soğuk haddeleme olup, ikinci yöntem ise sıcak haddeleme metodudur. S355 yapı çelikleri soğuk şekillendirme yöntemine daha uygun bir yapıdadır. S355 çelik malzemelerinin özellikleri aşağıdaki şekildedir.

- Karbon oranı %0,25 - % 0,34
- Mangan oranı % 0,6 - % 0,9
- Silisyum oranı % 0,1 - % 0,3
- Akma sınır değeri $t < 16\ mm\ malzemelerde\ 355\ N/mm^2$
- Akma sınır değeri $16 < t < 40\ \ mm\ malzemelerde\ 345\ N/mm^2$
- Akma sınır değeri $40 < t < 80\ \ mm\ malzemelerde\ 330\ N/mm^2$
- Kopma uzama oranı % 22
- Malzemenin çekme dayanımı 520-680 Mpa
- Malzeme uygun kaynaklar SAW, MIG ve MAG tipi kaynaklardır.

S355 levha parçalarının çelik malzemeler ile birleştirilme işlemleri kaynak ve ya cıvata vasıtasıyla yapılmaktadır. Çelik yapı üzerinde ki kaynak bölgelerinde farklı mikro yapıların olmasının nedeni, kaynak özellikleri, soğuması, çelik levha parçanın kalınlığı ve kullanılan kaynak yöntemleri etkilidir (Yavuz, Özcan, & Polat, 2005; Kurtulmuş, Fidaner, & Yükler, 2009).

### 3.1.1.3. S700 yapı çelikleri

S700 çelikleri kuvvetli bir yapıya sahip olup akma sınır değeri 690 MPa ’dır. Bu çelikler sıcak haddelenmiş yapı çelikleri olup soğuk şekillendirmeye uygundurlar. S700 çelikleri hafiftir ve kullanımı yaygındır. Alaşımlı çelikler genellikle şasi, vinç ve römork yapılarında kullanılır.

- Karbon oranı %0,12
- Mangan oranı % 2,1

- Silisyum oranı % 0,60
- Min. Akma sınır değeri 700 MPa
- Kopma uzama değeri $t < 3\ mm\ malzemelerde\ \geq \%10$
- Kopma uzama değeri $t \geq 3\ mm\ malzemelerde\ \geq \%12$
- Çekme dayanım değeri 740-950 Mpa

Malzemeye uygun kaynaklar MIG ve MAG tipi kaynaklardır.

### 3.1.2. Malzemelere etki eden kuvvetler

#### 3.1.2.1. Gerilme-gerinim kuvvetleri

Parçalara dışarıdan etki eden kuvvetler malzemeler üzerinde gerilim ve gerinim kuvvetlerinin oluşmasına neden olur. Gerilim etkisi direk olarak ölçümü yapılamaz fakat etkisi görülür. Malzeme üzerindeki gerilme kuvvetlerinin hesaplanabilmesi için gerilme ve gerilimin bilinmesi gerekir. Her hangi bir cismin birim alana düşen kuvvetlere gerilme denir. Gerilme kuvvetleri denklem 3.1 'de gösterilmektedir.

$$\sigma = \frac{Kuvvet}{Alan} = \frac{F}{A_0} \tag{3.1}$$

F : Kuvvet (N)

$A_o$ : Kesit alanı ($mm^2$)

σ : Çekme-Basma gerilimi ($N/mm^2$)

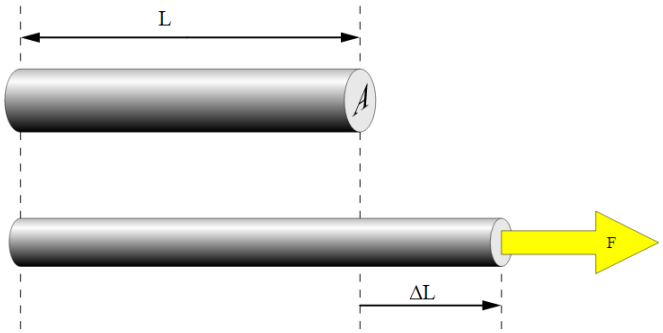
Malzemeler, gerilme kuvvetleri etkisinde şekil değişikliğine ya da deformasyona maruz kalırlar. Malzeme üzerinde oluşan bu şekil değişikliği gerinim olarak ölçülmektedir. Gerinimin ifade şekli, uzama miktarı, deformasyon oranı ve birim başına düşen uzama miktarı gibi terimlerle ifade edilir. Gerinim hesap denklemi 3.2 'de gösterilmiş olup, Şekil 3.3 'de birim başına düşen uzama oranı gösterilmektedir.

$$\varepsilon = \frac{(\Delta L)}{L} \tag{3.2}$$

ε : Gerinim (Strain)

ΔL : Uzama miktarı

L : Malzemenin boyu




Şekil 3.3: Birim uzama gösterimi ve değişimi

### 3.1.2.2. Poisson oranı

Malzeme üzerine tek yönlü çekme kuvveti uygulandığında gerilmenin olduğu alanda elastik şekilde daralma meydana gelmektedir. Fakat basma gerilme kuvveti uygulandığında elastik kısalma ve yanal doğrultularda elastik şekil genişleme meydana gelmektedir. Yanal birim uzamasının eksenel doğrultudaki uzama oranına poisson oranı denir ve poisson oranı daima pozitiftir. Plastik deformasyonlarda malzemenin hacmi aynı kalırken elastik deformasyonlarda malzeme hacminde değişiklik görülür. Çekme deformasyonuna bağlı olarak hacim artarken, basma deformasyonunda malzemenin hacminde azalma olur. $\varepsilon_y$ $ve$ $\varepsilon_z$ dik gelen kesitlerde azalma olurken, $\varepsilon_x$ de artış olmaktadır.

Poisson oranı en düşük çinko elementinde olup, değeri 0,21'dir ve en yüksek polimerlerde olup değeri 0,4'dür. Genellikle çeliklerde possion değeri 0,29 olacak şekilde kabul edilir. 3.3'deki denklemde possion oranı hesaplaması gösterilmiştir.

$$\nu = \frac{\varepsilon_{y,z}}{\varepsilon_x} \tag{3.3}$$

### 3.1.2.3. Elastisite (young) modülü

Malzemelerin yükleme kuvvetine maruz kaldığında şekil değiştirmesinin ölçüsüne elastisite modülü denir. Malzemelerde birim boyunu bir kat arttırmak için uygulanan

birim kuvvetlerini ifade eder. “Young modülü” olarak da bilinir. Gerilme ve gerinim eğrilerinin eğim açısından hesaplanarak bulunur. İfade edilen bu kısma Hooke kanunu’da denmektedir. Elastisite modül birimi $N/mm^2$’ dir ve denklem 3.4’deki gibi hesaplanır.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \tag{3.4}$$

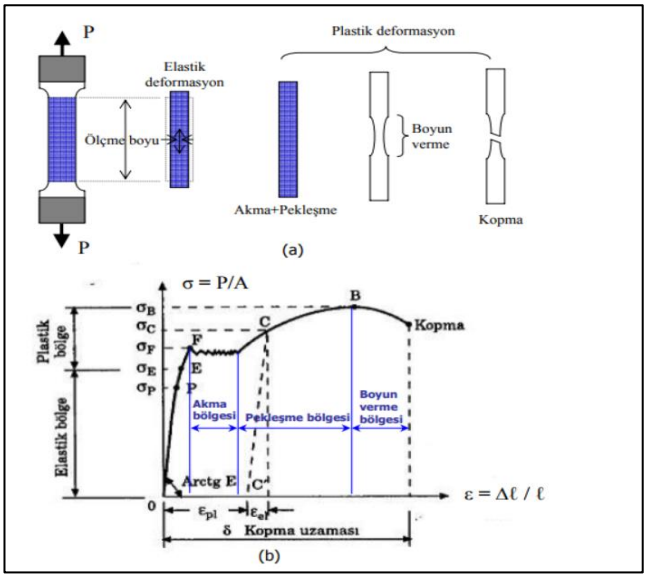
$E$ : Young katsayısı ( Elastisite )

σ : Çekme gerilmesi (N/mm²)

$\varepsilon$ : Birim şekil değiştirme

### 3.1.2.4. Malzeme akma ve kopma gerilmesi

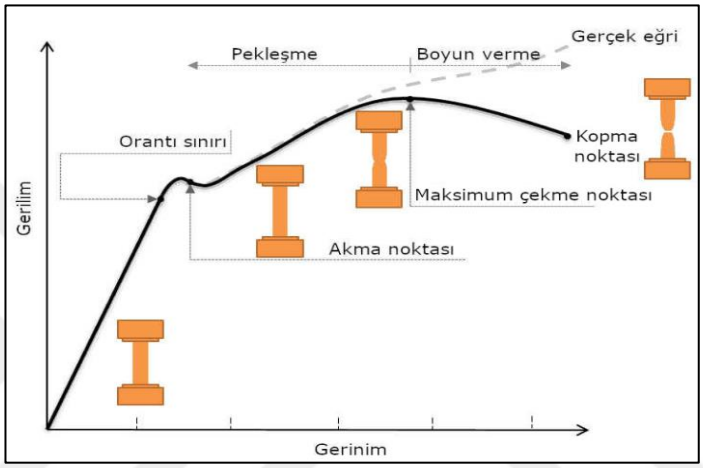
Malzemenin çeşitli özelliklerine göre gerilme türleri bulunmaktadır. Şekil 3.4’de detaylı olarak gerilmeler gösterilmiştir. Malzemelerde plastik deformasyonun başlangıç gerilim değerlerine akma gerilmeleri denir ve ( $\sigma y$ ) sembolü ile gösterilir. Malzemeler üzerine uygulanan kuvvetlerden sonra şekil değiştirir fakat akma gerilmesinin altındaki değerde olduğunda tekrardan eski şekline geri dönebilir. Fakat akma sınır değerinin üstüne çıktığında malzeme üzerinde çeşitli deformasyonlar meydana gelmiş olabilir ve bunlar kalıcı deformasyonlardır. Şekil 3.4 ’de malzemenin bölgesel akma ve kopma gerilmeleri gösterilmiştir.




Şekil 3.4: Malzemenin akma-kopma gerilme gösterimi

Çekme dayanımları, malzeme üzerine yüklenen kuvvetlerin en yüksek olduğu noktadaki gerilmelerdir. Malzeme homojen olacak şekilde çekme dayanım sınırına kadar uzama gerçekleştirir. Çekme dayanımının sınır koşulundan sonra malzemede kesit daraltacak şekilde kopmalar başlar.

Malzemelerin dayanabildikleri maksimumum gerilmelere çekme dayanımları denir ve gerilme-gerilim eğrilerinden görülen malzemenin maksimum gerilme değeridir. Şekil 3.5 'de çekme gerilmesi gösterilmiştir.




Şekil 3.5: Malzeme çekme gerilmesi gösterim

### 3.2. Kaynak

Kaynak, özellikle metal malzemelerin birleştirilmesi amacıyla geniş bir kullanım alanına sahip olan üretim yöntemidir. Malzemelere basınç uygulamadan veya uygulayarak ergime sıcaklığına kadar ısıtarak veya yalnız basınç uygulayarak ve dolgu malzemesi ilave ederek ya da etmeden metalin veya metal olmayan maddelerin kısmi olarak birleşmesidir (Connor, 1987). Metal malzemeler için kaynak; ısı, basınç ya da iki işlemi de bir arada kullanarak, aynı cins ve ergime sıcaklığı aynı veya benzer metal malzemelerin ek malzeme kullanarak veya kullanmaksızın birleştirme yöntemidir (Anık S. , 1991).

### 3.2.1. Kaynak yöntemleri

Kaynak yöntemi kullanarak birleştirme işlemi; kaynağın usulüne, amacına, türüne ve uygulanacağı malzeme türlerine göre çok çeşitli sınıflandırmak mümkündür. Metaller için kaynak ergitme ve basınç kaynağı olarak iki şekilde incelenir.

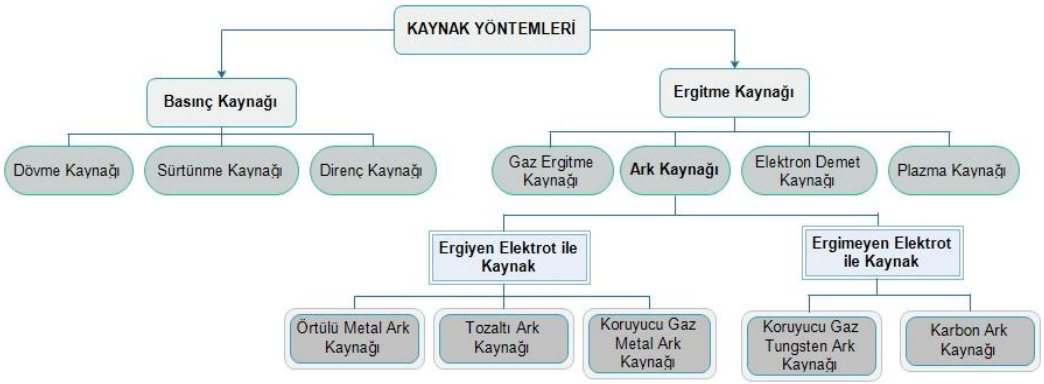
#### 3.2.1.1. Basınç kaynağı

Kaynak yapılacak malzemelerin basınç uygulanarak ısıtılması suretiyle birleştirme yöntemidir. Basınç kaynağı yöntemlerinde genellikle ilave metal kullanımı yapılmaz (Anık S. , 1991). Direnç kaynağı, dövme kaynağı ve sürtünme kaynağı olarak üç gruba ayrılır.

#### 3.2.1.2. Ergitme kaynağı

Kaynak yapılacak malzemelerin sıcaklık uygulanarak bölgesel olarak ergitilmesi ile uygulanan kaynaklama yöntemidir. Ergitme kaynağı yönteminde ilave metaller kullanılır (Anık S. , 1991). Ark kaynağı, plazma kaynağı, gaz ergitme kaynağı ve elektron kaynağı olarak dörde ayrılır.

Şekil 3.6. ‘da kaynak yöntemleri şematik olarak gösterilmiştir.

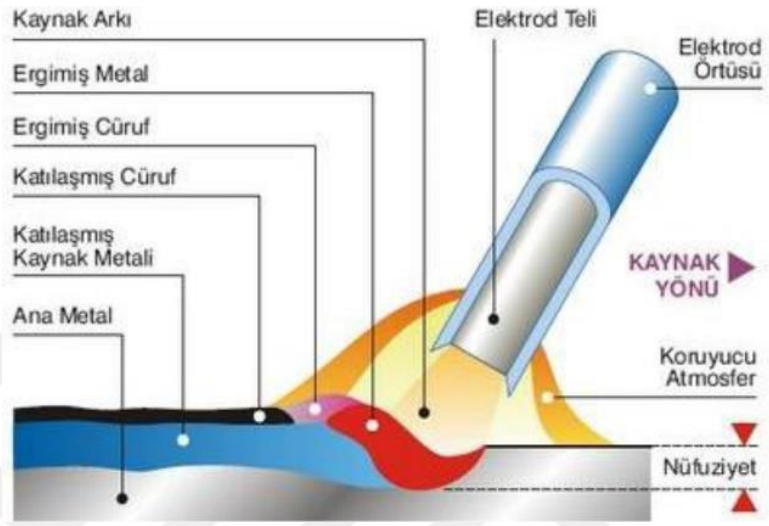



Şekil 3.6: Kaynak yöntemleri (Çimenoğlu, t.y.)

Bu kaynak yöntemleri içerisinde uygulama kolaylığı, gelişen teknolojisi ve yaygın kullanımı ile ark kaynakları önemli bir yere sahip olmuştur.

Ark kaynağı; kaynak yapılacak malzeme ile ilave dolgu malzemesi arasında elektrik arkı oluşturarak gerçekleşmektedir. Anot ile katot arasında oluşan elektrik arkıyla ısı meydana

gelir ve oluşan ısı sayesinde kaynaklanacak olan malzemelerin yüzeylerini ergitir. İşlem sırasında alternatif akım(AC) ya da doğru akım(DC) kullanılabilir. Ayrıca farklı özellikteki ergimeyen veya ergiyen türde elektrotlar kullanılır. Ergiyen tip elektrik ark kaynağının örtülü elektrotla yapılan temsili görseli Şekil 3.7 ‘de mevcuttur.




Şekil 3.7: Elektrik ark kaynağı (Sparkerweld.com, 2021)

Elektrik ark kaynağının sonrasında geliştirilen ve koruyucu atmosfer ile gerçekleştirilen kaynak yöntemleri geniş kullanım alanlarıyla ilgi çekmektedir. Hidrolik lowbed araçlarının kaynağında sıklıkla kullanılan bu kaynak türleri detaylı olarak incelenecektir.

### 3.2.2. Gazaltı ark kaynak yöntemleri

Örtülü elektrot kullanılmasıyla yapılan elektrik ark kaynağı, kaliteli ve güvenli bağlantı sağlanması konusunda bazı dezavantajları ile karşımıza çıkmaktadır:

- İyi yetiştirilmiş kaynak operatörü gerekli olması
- Kalın parçalar için kaynak sürelerinin uzun olması ve elektrot çaplarının sınırlı olması
- Kaynak hızlarının sınırlı olması
- Kaynak işlemi sonrasında elektrotların bir kısmı atıldığından dolayı maliyet artışı
- Ergime süresini azaltmak için akım şiddetini arttırmanın faydasız olması
- Kaynak hızının belirli bir seviyenin üzerine çıkarılması kaynak operatöründe kaynak hakimiyetini zorlaştırması

- Cürufun temizlenmesi ve elektrot değiştirilmesi için harcanan sürelerin kaynaklanma sürelerinden fazla olması (Tülbentçi, 1990).

Bu olumsuzlukları engellemek, kaynak operatörlerine bağlılık, kaynak sürelerini azaltmak ve bu sayede maliyeti azaltmak için yeni metotlar geliştirilmiştir. Bunların arasından en önemli olanlarından biri de gazaltı kaynak yöntemleridir.

Gazaltı kaynak yönteminde kaynak yapılacak olan bölgeye belli gazlar üflenmesi ile örtü oluşturularak kaynağın dış etkenlerden(oksijen ve azot gibi) korunması sağlanmaktadır. Bu süre zarfında kaynaklanan metal ile ergiyen veya ergimeyen kaynak elektrotu arasında elektrik arkı oluşmakta, oluşan ark sebebiyle ise ısı meydana gelmekte ve metal parçaların bu sayede üfleçten gelen gaz veya gaz karışımları vasıtasıyla kaynak işlemi gerçekleşmektedir (Eryürek, 2007).

Kaynak işleminin koruyucu gaz örtüsü ile gerçekleşmesi, "koruyucu gaz ile kaynak" olarak da bilinmekte olup 1926 senesinde metanol gazı kullanılarak yapılan ilk kaynak "Alexander" metodu olarak adlandırılmıştır. Sonrasında oksi-asetilen ve hidrojen kullanılan metotların geliştirilmiş, argon ve helyum soygazlarının kullanımı ise ilk kez 1930 senesinde olmuştur. Kaynak örtüsü olarak karbondioksit gibi aktif gazların kullanımı 1952 'de başlamıştır. Günümüzde aktif, inert ya da farklı gazların kullanıldığı gazaltı kaynak metotları mevcuttur (Anık S. , 1991; Anık & Vural, Gazaltı Ark Kaynağı(TIG•MIG•MAG), t.y.; Eryürek, 2007).

Gazaltı ark kaynak metodu kullanılan elektrot çeşidi ile iki ana grupta incelenir (Anık & Vural, t.y.).

Ergimeyen elektrotlu gazaltı ark kaynağı,

- TIG(Tungsten Inert Gas)

Ergiyen elektrotlu gazaltı ark kaynağı,

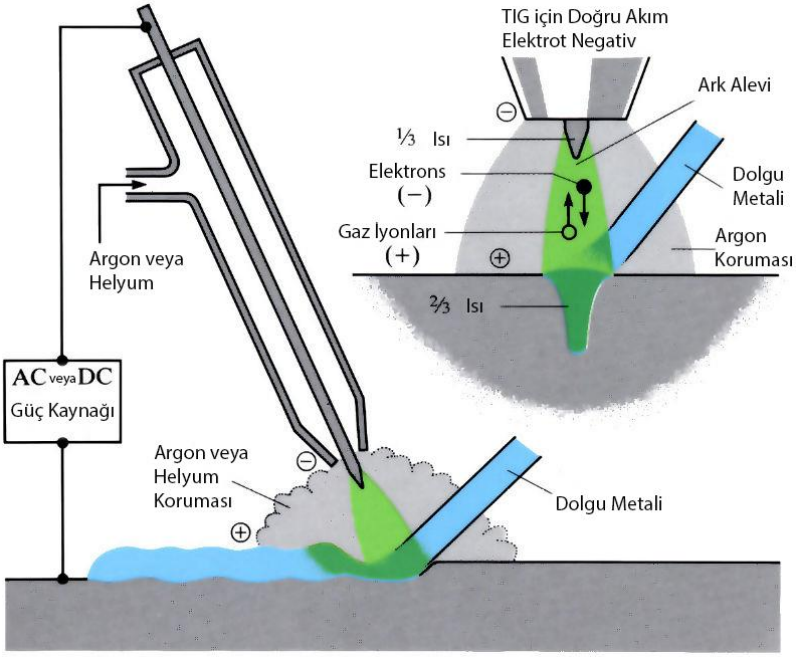
- MAG(Metal Active Gas)
- MIG(Metal Inert Gas)

#### 3.2.2.1. TIG kaynağı

TIG(Tungsten Inert Gas) kaynağı, elektrik ark kaynağına yöntem olarak benzemekte, fakat koruyucu gaz ile kaynak dikişi oluşturulmaktadır.

Bu metot ile birlikte ergimeyen Tungsten tip elektrot kullanılır ve elektrot ile malzeme arasında kaynak için gereken ısı ark sayesinde sağlanmaktadır. Kaynak bölgesine örtü atmosferi oluşturarak elektrotu tutan torçtan argon ya da helyum gazı gönderilmektedir. İnert gaz kullanılması nedeniyle bu metot "Argonarc" ya da "Heliarc" olarak da adlandırılmaktadır (Tülbentçi, 1990; Anık & Vural, Gazaltı Ark Kaynağı(TIG•MIG•MAG), t.y.)

Bu kaynak metodunda ilave metal dolgu maddesi olarak kullanılabilir. Bu yüzden ilave tel ayrıyeten kaynak bölgesine beslenir. TIG kaynağın çalışma mekanizması Şekil 3.8 'de gösterilmiştir.




Şekil 3.8: TIG kaynağı (Open.edu, 2021)

TIG kaynak yöntemi ile tungsten, tungsten-zirkonyum ya da tungsten-toryum alaşıma sahip elektrotlar kullanılır (Anık S. , 1991).

TIG kaynak ile kullanılan argon ve helyum asal gazları tek atomludurlar. Bu nedenle farklı elementlerle aralarında reaksiyon gerçekleşmez ve yanmazlar. Helyum havaya nazaran daha hafif olması nedeniyle koruma kabiliyeti daha azdır. Argon havaya nazaran daha ağır olduğundan dolayı ergimiş metal alanını daha iyi korumaya olanak sağlar. Yüksek akım şiddetleri gerektiği durumlarda helyum daha avantajlıdır çünkü helyum ile daha yüksek ark gerilimi elde etmek mümkündür (Anık S. , 1991).

TIG kaynağında, daha önceki zamanlarda doğru akım kullanılmasına rağmen teknolojik gelişmeler sayesinde alternatif akım ile de kullanılmaya başlanılmıştır. Magnezyum ve özellikle de alüminyum alaşımların kaynaklanması için alternatif akım olması gerekmektedir (Tülbentçi, 1990; Anık S. , 1991).

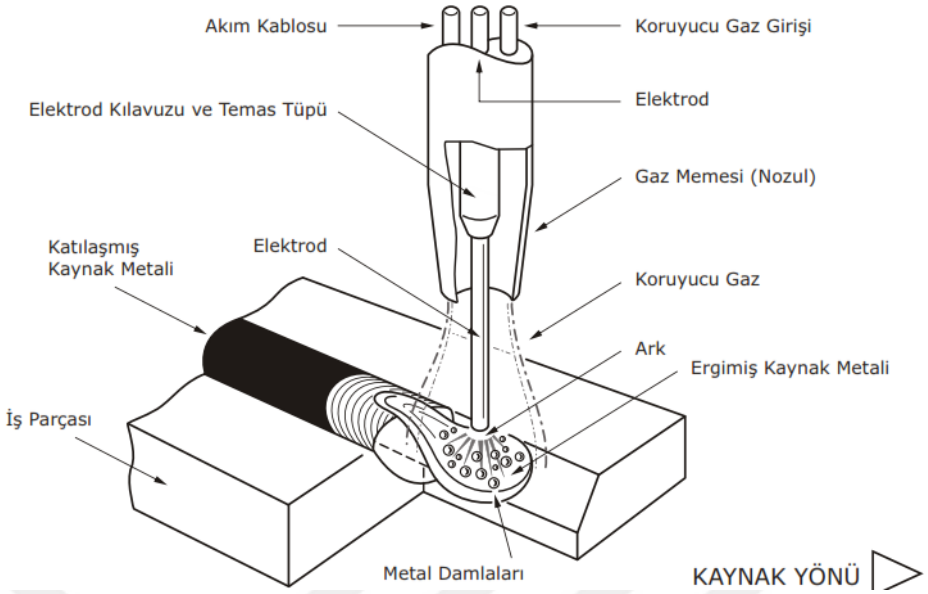
TIG kaynağı, bilhassa havacılık, gıda endüstri kapları, boru hatları ve basınçlı kaplar gibi uygulamalar için güvenli ve kaliteli kaynak elde edilmesi için kullanılır. Bu yöntem ile özellikle 8 ile 10 mm arası saclarda uygundur. 0,1 mm 'ye kadar olan ince malzemelerde ergitme kaynak metotlarının kullanılması çok zordur fakat akım şiddeti azaltılması ile bu yöntem ile düzgün sonuç elde edilebilir (Ertürk, 2021).

#### 3.2.2.2. MIG/MAG kaynağı

MIG(Metal Inert Gas) ve MAG(Metal Active Gas) olarak isimlendirilen bu kaynak metotlarında, ergiyen elektrot ile metal arasında ark oluşur ve oluşan arkın meydana getirdiği ısı sayesinde ergime ile metal parçalar birbirine kaynaklanır. Bu proses koruyucu gaz ile örtülü olarak gerçekleşmektedir. Kaynak yöntemi ile soy gaz(helyum, argon ya da her ikisinin belirli oranda karışımı) kullanılmasından dolayı bu yöntem MIG olarak isimlendirilmekte, koruyucu gaz olarak karbondioksit kullanıldığı takdirde MAG olarak isimlendirilmektedir. Her iki yöntemde de kullanılan donanım tamamıyla aynı olup yalnızca koruyucu gaz tipi değişiklik göstermektedir. Bu yöntemler TIG yöntemi ile kıyaslandığında aradaki fark ergiyen tip bir elektrota sahip olmalarıdır.

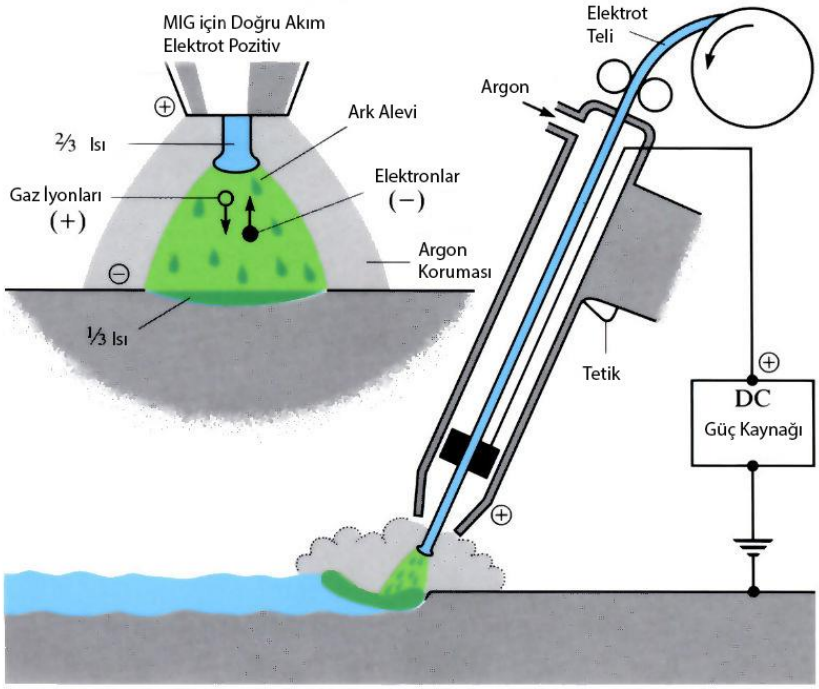
1947 'de Amerika 'da geliştirilen ve o zamanlar SIGMA (Shielded Inert Gas Metal Arc) olarak adlandırılan MIG kaynağı, İkinci Dünya Savaşı esnasında magnezyum ve alüminyumdan üretilen uçakların kaynak işlemleri için kullanılmıştır. MAG kaynağının kullanılması ve koruyucu gaz olarak aktif gazın(karbondioksit) denenmesi ilk defa 1952 senesinde Rusya 'da gerçekleştirilmiştir (Şık, 2002; Anık & Vural, Gazaltı Ark Kaynağı(TIG•MIG•MAG), t.y.).

Bu yöntemde donanım tarafından sürekli besleme yapılan ergiyen bir elektrot ile metal parça arasında ark oluşturulurken aynı zamanda koruyucu gaz ile kaynak bölgesi dış etkenlerden korunmaktadır. Şekil 3.9 'da MIG/MAG kaynağı şematik olarak gösterilmiştir.




Şekil 3.9: MIG/MAG kaynağı (Eryürek, 2007)

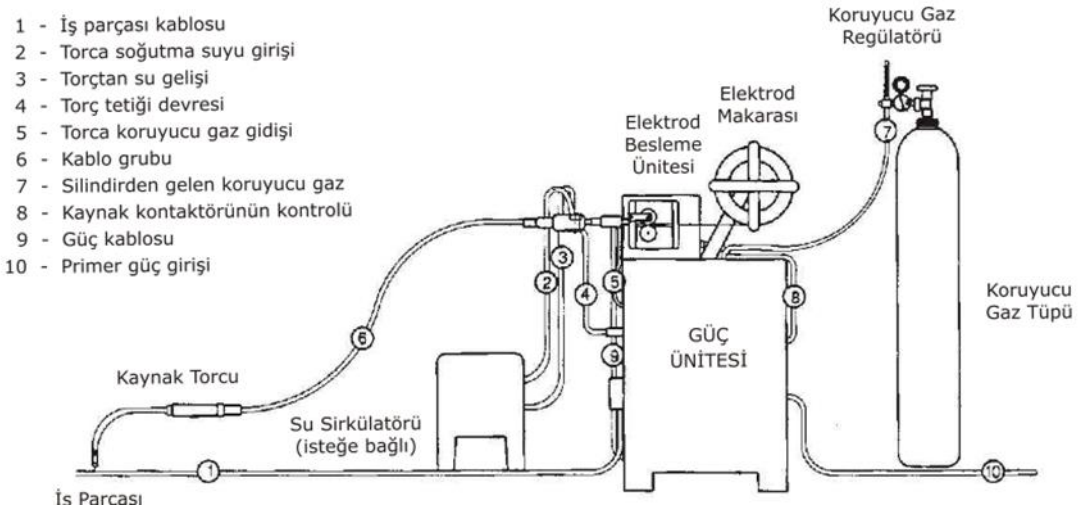
MIG kaynak metodu doğru akım ile çalışır. Metal iş parçası ile elektrot arasında ark oluşması için kutupların biri parçaya diğeri elektroda bağlanır. Şekil 3.10 'da MIG kaynak yöntemi ve ark oluşumu gösterilmiştir. Elektrodun kolay bir şekilde ergiyebilmesi için elektrik ark kaynağına göre daha fazla akım yoğunluğu kullanılır. Kaynak metali ergidiğinde ark boyunun sabit olabilmesi için kaynak teçhizatı elektrotu sürekli olarak ilerletebilir. Kaynak teli, kaynak torcuna tel ilerletme mekanizması ile beslenir. Torç ucundaki tel kısmen kısadır, bu nedenle ince elektrot kullanılmasına karşın 100 A/mm$^2$ 'den daha fazla akım şiddetler kullanmayı mümkün kılar. Elektrodun amacı hem ilave metal hem de enerji taşımaktır. Koruyucu gaz torcun içinden çıkarak elektrodun çevresinde örtü oluşur, bu şekilde ark, ergimiş kaynak banyosu ve elektrottan gelen ergimiş damlacıklar atmosfer etkisine karşı korunmuş olur (Anık & Vural, t.y.; Ertürk, 2021).




Şekil 3.10: MIG kaynağı ve ark oluşumu (Open.edu, 2021)

Arkın elektriksel karakteristiği ilk ayar sonrasında kaynak makinası ile otomatik olarak ayarlanır. Aynı zamanda akım şiddetinin(elektrot besleme hızı) ve ark boyunun sabit olarak tutulmasını da sağlar. Bu vasıtayla kaynak operatörü torç pozisyonu, kaynak doğrultusu ve kaynak hızını manuel olarak kontrol eder (Eryürek, 2007).

Şekil 3.11 ‘de gazaltı kaynak donanımı şematik olarak gösterilmiştir.




Şekil 3.11: Gazaltı kaynak donanımı

Kaynak donanımları genel olarak dört ana kısımdan oluşur:

- Kaynak kablo ve torç grubu
- Besleme ve elektrot ünitesi
- Koruyucu gaz ünitesi
- Güç ünitesi / Kaynak akım üreteçleri

### 3.2.2.3. Koruyucu gazlar ve gaz ünitesi

Koruyucu gazların, kaynak işlemlerinin genel performansları üzerinde çok önemli bir etkisi vardır. En önemli görevi, kaynak için örtü oluşturarak ergimiş metalleri atmosferde bulunan oksijen ve azot elementlerinden korumaktır. Ayrıca koruyucu gazlar kararlı ark oluşumlarında ve düzgün kaynak dikişi oluşumlarında önemli bir etkiye sahiptir. Gaz metal ark kaynaklarında kullanılan koruyucu gaz, kaynak işlemi esnasında metal transfer şekli üzerinde önemli bir yere sahip ve kaynak penetrasyonu ve dikişinin şeklini de etkileyebilir (Eager, 1993).

Metallerin çoğunlukla azot ile birleşimi sonrası metal nitritler ve oksijenle birleşimi sonrası metal oksitler oluşmaya meyilleri fazladır. Ayrıyeten ergimiş çeliklerin içerisindeki karbon ile oksijenin reaksiyona girmesiyle karbon monoksit oluşur. Bu reaksiyonlar neticesinde bir dizi kaynak hataları meydana gelir. Örneğin: Çözünmüş oksit ve nitrür nedeniyle kaynakta gevrekleşme; Nitrür, oksit ve gözenek oluşumu sebebiyle mukavemet kaybı; Oksitler kaynaklı ergime kusurları. Atmosferde bulunan oksijen ve azot kaynaklı bu tarz reaksiyon hataları kolay bir şekilde oluşur (Eryürek, 2007; Lincoln Electric, 1997).

Gazaltı kaynak işlemlerinde kullanılan koruyucu gazların özellikleri ve sınıflandırılması TS EN ISO 14175 standardında belirtilmiştir.

MIG/MAG yöntemlerindeki koruyucu gazlar 3 grupta incelenir:

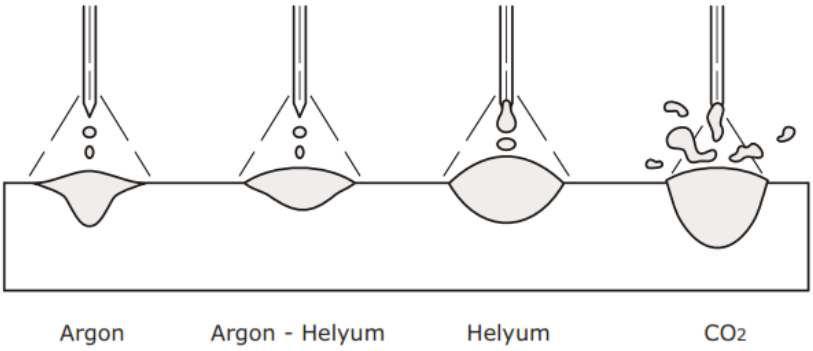
- Aktif Gaz – Karbondioksit
- Soy gazlar – Helyum ve Argon
- Karışım gazlar

Soy gazlar – Helyum(He) ve Argon(Ar): Demir harici metallerde gazaltı ark kaynağı için sıklıkla kullanılan helyum ve argon tam anlamıyla inert gazlardır yani reaksiyona girmezler. Her ikisi de inert olmasına karşın farklı özelliklere sahiptirler.

Argon gazı, havadan damıtma yöntemiyle imal edilir. Havadan üretilmesiyle birlikte içerisinde azot, su buharı, oksijen vb. gazları bulundurmasına karşın gazaltı ark kaynağı yöntemi için optimum gazdır. MAG kaynağı yöntemi ile yapılan uygulamalarda yüksek ark kararlığı sergiler. Isı iletimi düşük olduğundan dolayı ark sütunları geniş ve dış kısımlar ark merkezine göre daha düşük sıcaklıktadırlar. Metal damlacık ve buhar geçişleri ark sütun merkezlerinde olduğundan dolayı daha akışkan bir geçiş meydana gelir. Ark gerilim düşümü diğer koruyucu gazlara göre daha düşüktür. Bu özellikler sebebiyle kaynak dikişlerindeki nüfuziyet merkezde daha derin ve kenarlarda daha az olacak şekildedir (Tülbentçi, 1990; Lincoln Electric, 1997).

Helyum gazı, atmosferden edilmesi zor fakat yeraltından daha kolay çıkarılan ve argona nazaran daha maliyetli bir soy gazdır. Helyum gazı, argon gazına göre daha kararsız ark oluşturur. Ancak helyumun argona göre ısı iletimi daha yüksek olması sebebiyle arkın metale nüfuziyeti daha yüksek olacaktır. Bu sebeple ısıl iletkenliği yüksek ve kalın malzemeler (alüminyum, bakır vb.) daha sık kullanılır. Helyum koruyucu gazındaki arkın enerjisinin yüksek olmasının sebebi helyumun ark gerilim düşümünün argona nazaran yüksek olmasıdır. Bu sayede kalın kesitli ve ısıl iletkenliği yüksek metallerin kaynak işlemlerinde ön ısıtma yapmaya gerek yoktur (Tülbentçi, 1990; Ertürk, 2021).

Isıl iletkenliği argona nazaran daha yüksek olan helyum gazı daha homojen bir ark akışı sağlar. Argon ile yapılan ark plazmasında yüksek iç çekirdek enerjisi ve ısı enerjisi daha düşük bir manto oluşumu gerçekleşir. Bu yüzden Şekil 3.12. ‘de görüldüğü üzere helyum arkı ile daha geniş ve derin bir kesit varken, argon arkı ile şişe başına benzer tipte bir nüfuziyet kesiti oluşur (Lincoln Electric, 1997; Kearns, 1978).



Şekil 3.12: Koruyucu gazlara göre nüfuziyet modelleri (Eryürek, 2007)

Karışım gazlar: Gazların kendine özgü avantajlarını ve özelliklerini bir arada kullanmak amacıyla gazları karışım olarak kullanılabilir. Aktif gazlar ve soy gazların karışmasıyla birlikte daha kararlı bir ark oluşturmak ve kaynak banyosunda metal geçişi daha basit bir şekilde gerçekleşir.

Saf argon demir olmayan metal uygulamalarında koruyucu gaz olarak tercih edilir. Daha özel alanlarda ise ark kararlılıklarındaki sınırlı oluş nedeniyle helyum kullanılır. Buna karşın geniş ve derin kesite sahip kaynak profili karakteristikleri helyum gazı ile elde edilir. Bu gazların kaynak karakteristiklerini aynı zamanda elde etmek amacıyla helyum-argon gaz karışımları kullanmak mümkündür. Sonuç olarak ise helyum ile iyileştirilmiş kaynak dikiş profili ve sprey metal transferi elde edilir. Kısa devre iletimi ile yapılan kaynak uygulamalarında, iş metaline daha iyi ergime ve yüksek ısı girdisi sağlamak amacıyla argon gazı ile %60-90 aralığında helyum ile karıştırılır (Kearns, 1978; Eryürek, 2007).

Karbondioksit($CO_2$): Karbondioksit, düşük alaşımlı çelikler ve karbon çelikleri ile saf halleriyle metal ark kaynağı yöntemi ile yaygın bir şekilde kullanılan aktif gazdır. Ayrıca metal ark kaynağı yöntemi ile tek başına koruyucu gaz olarak kullanılan tek gazdır. Daha iyi nüfuziyet ve daha hızlı kaynağın yanında düşük maliyeti ile yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Lincoln Electric, 1997).

$CO_2$ gazının koruyucu gaz olarak kullanıldığı kaynak işleminde metal iletimi iri damla tipinde ve kısa devre şeklindedir. İri damla şeklinde iletimde ark şiddeti ve sıçrama fazla olacaktır. Kısa arkla çalışma, gömülü ark ve düşük voltaj ayarlanması sıçramaları en aza indirecektir (Lincoln Electric, 1997; Kearns, 1978).

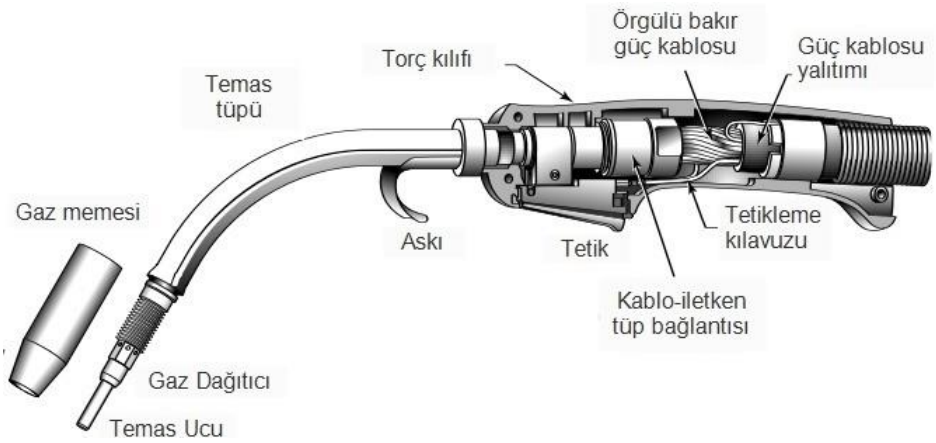
### 3.2.2.4. Güç ünitesi/kaynak akım üreteçleri

Güç ünitesi ya da akım üreteçleri, kaynak işleminde ark oluşması için gerekli olan elektrik gücünü iş parçasına elektrot vasıtasıyla sağlamak için gerekli donanımlardır. Akım üreteçleri aynı zamanda sabit gerilimli şeklinde de tanımlanırlar fakat gerilimin tam anlamıyla sabit bir değer ile çalışması olanaksızdır. Diğer bir açıdan da tehlikelidir sebebi ise bu tip bir üreteç ile çalışma yapılırken elektrotun iş parçası ile teması sırasında gerilim değeri düşer ve akımın şiddeti yükselir. Bu yüzdende temas bölgesinde yüksek şiddetli sıçramalar olmasının yanı sıra ani patlamalara da sebep olabilir. Bu sebeple ise bu tarz akım üreteçlerinde 100 A başına 7 V gerilim düşüşü olmasına müsaade edilir (Tülbentçi, 1990).

Akım üreteçleri MIG/MAG kaynak türünde iki şekilde kullanılmaktadır. Birincisi taşınabilir ve elektrik olmayan yerlerde kullanılabilir. Benzinli veya dizel jeneratörle çalışırlar. Hem düşey hem de yatay karakteristik gösterecek şekilde çalışırlar. İkincisi ise atölye tipi olan redresör ve transformatöre ihtiyaç duyan cihazlardır. Bunlar şebeke bağlantılarında tek fazlı ya da üç fazlı akım ile çalışırlar. Şebeke ile daha dengeli çalışmaları ve daha kararlı ark oluşumları gerçekleştirmeleri sebebiyle üç fazlı akım ile çalışan üreteçler daha çok tercih edilmektedir (Tülbentçi, 1990).

### 3.2.2.5. Kaynak kablo ve torç grubu

Günümüzde yoğun bir şekilde kullanılan torçlar, oksi-asetilen kaynak üflecine benzeyen ve kuyu boynu diye tabir edilen torçlardır (Şekil 3.13); elektrotun spiral içerisinden zor ilerlemesinden dolayı tabanca formuna benzerlik gösteren torçlar yapılmıştır. Tel ilerlemesi için gereken tertibat ve küçük tel kangalı bu torçlarda mevcuttur. Kuğu boynu formunda olan torçlar düşük amper gerektiren kaynak uygulamalarında kullanılır ve gaz ile soğutulurlar. Ayrıca bu torçların içerisinde elektrot besleme üniteleri de olabilir (Tülbentçi, 1990).




Şekil 3.13: Gazaltı kaynak torcu (Nadzam, 2014)

Genel olarak kaynak akımının elektroda iletimi ve elektrotu kaynak yapılacak iş parçasına yönlendirmek için kullanılan temas tüpleri (Şekil 3.13) bakır veya bakır alaşımlardan yapılırlar. Temas tüpleri, güç ünitesi ile elektrik kablosu arasında elektriksel olarak bağlanır. Temas tüpü iç yüzeyleri, elektrotun içerisinde rahat hareket edebilmesi ve elektrik teması sağlaması açısından büyük öneme sahiptirler. Arkın sıcaklığından en fazla etkilenen temas tüpü ve gaz memesidir. Temas tüpü, tele akımın hareket halinde ve kısa sürede iletilmesi kaynaklı yüksek sıcaklık ile birlikte kaynak banyosunda oluşan sıçramalardaki metal damlacıklara ve yüksek akım şiddetine maruz kalmaktadır. Bu sebeple telin geçtiği delik yüksek sıcaklık nedeniyle aşınır ve büyür bu da elektrik iletimini zayıflatır. Periyodik kontroller esnasında kontrol edilerek değiştirilmelidir (Tülbentçi, 1990; Eryürek, 2007; Holliday, 1993).

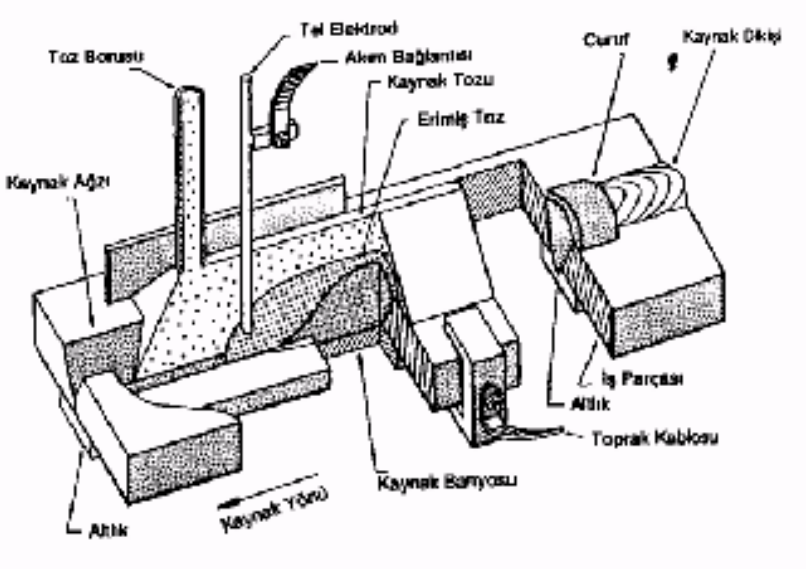
Gaz memesi(nozul/enjektör), torç ucundan çıkan koruyucu gaz bölgesini kaynak yapılacak olan bölgeye yönlendirme görevi görür(Şekil 4.8). Kaynak işlemi esnasında ergiyen kaynak metalini atmosferik kirlenmelere karşı koruyucu örtü oluşumunu düzgün sağlamak açısından ciddi bir önem taşımaktadır. Ergimiş metal kaynak banyosu daha büyük olan yüksek akım uygulamalarında daha büyük kesitli alanlı nozullar ve daha düşük akımlı daha az kaynak banyosu gerektiren kısa devre iletim gerektiren uygulamalarda ise daha küçük kesitli nozullu memeler kulanılır (Lincoln Electric, 1997; Eryürek, 2007).

Torç sisteminde kullanılan diğer donanımlar ise; soğutma su iletimi için su hortumu, koruyucu gaz iletimi için gaz hortumu, elektrik akımı iletimi için elektrik kablosu ve kaynak teli iletimi için tel sürme kılavuzu şeklinde oluşmaktadır (Eryürek, 2007).

### 3.2.3. Tozaltı kaynağı

Tozaltı kaynağı, iş parçası ile otomatik bir şekilde kaynak yerine geçecek olan örtüsüz bir elektrot arasında gerçekleşir. Aynı anda, kaynak yerine sürekli olarak toz dökülür ve oluşan ark bu toz örtü altında yanar. Bu sebeple bu yönteme tozaltı ark kaynağı denir. Şekil 3.14 'de şematik olarak gösterilmiştir. Tozaltı kaynak yöntemi, otomatik olmasının yanı sıra yüksek güçlü bir kaynak yöntemidir. Birinci paso ile 85 mm kalınlık elde edilirken ikinci paso da 180 mm ve daha çok paso uygulandığın 300 mm kalınlığına kadar uygulamak mümkündür. 1,2 mm ve üzeri saclara bu yöntem rahatlıkla uygulanmaktadır (Anık S. , 1991).

Bu yöntemle klasik el ark kaynak yöntemine göre daha şiddetli bir akım ile elektrot teli yüklenebilir. Bu sayede ise geniş banyolu ve derin nüfuziyete sahip kaynak dikişleri elde etmek mümkündür (Anık S. , 1991).




Şekil 3.14: Tozaltı kaynak çalışma prensibi (Anık S. , 1991)

#### 3.2.3.1. Tozaltı kaynak avantajları

- Yüksek kaynak hızı ve gücü: Bu teknikte, akım şiddetleri normal bir şekilde 200 ile 2000 amper aralığında değişmektedir. Çoklu tel kullanılan yöntemlerde 3000 ampere kadar yükseltmek mümkündür. Bu durum ise yüksek ergime sağlamaktadır. Kaynak hızları 6 ile 300 m/s aralığında değişiklik göstermektedir.

Bu iki durum sayesinde diğer kaynak usullerine göre yüksek ergime gücü ve kaynak hızına sahiptir.

- Yüksek nüfuziyet: Yüksek akım şiddeti sayesinde kaynak ağzı açılmaksızın 18 mm ve kaynak ağzı açılarak ise 150 mm kalınlığındaki parçalara kadar bu usul ile kaynak işlemi yapmak mümkündür.
- Enerji tasarrufu: Bu yöntemde, elektrik enerjisinden yüksek oranda kaynak işlemi yapmak için yararlanılmaktadır. Bu durum, örtülü elektrot kaynağında %25 iken, tozaltı kaynağında %68 oranında elektrik enerjisi kaynak işlemi için kullanılmaktadır.
- Elektrot tasarrufu: Bu usul ile kaynak işleminde sıçrama kaybı meydana gelmemektedir ve tel tip elektrot kullanıldığı için elektrot artığı olmamaktadır.
- Düzgün görünüşlü ve emniyetli kaynak dikişi: Kaynak yerinin bir cüruf ile örtülmüş olması emniyetli bir şekilde katılaşma sağlamaktadır. Bu sayede kaynak banyosunun normal bir şekilde soğumasının sağlamak ve geçiş bölgelerinde sertleşme olasılığı azalmaktadır. Ergimiş viskoz cüruf dikişlerin pürüzsüz ve düzgün olmasını sağlamakta ve kenar kısımlarda yanma oluklarına engel olmaktadır. Kaynak işlemi gören metalde cüruf kalıntıları ve birleşme hataları taşlanmadığından dolayı kaynak dikişleri daha emniyetli olmaktadır.
- Kaynak operatör faktörü: Tozaltı kaynak yönteminde kumanda sisteminin bulunması ve elektromekanik ayar sayesinde kaynak operatör faktörünü ortadan kaldırarak iyi kaynak operatörü gereksinimi ve operatör yorgunluğunu azaltmıştır.
- Yüksek ark dengesi: Arkın çok iyi bir şekilde muhafaza edilmesi ark bölgesinde buharlaşan cüruf ile oluşmaktadır. Bu durum yüksek kaynak hızları ve akım şiddeti kullanılmasına olanak sağlamaktadır.
- Özel donanım gereksinimi olmaması: Tozaltı kaynak yönteminde adından da anlaşıldığı üzere ark toz altında gerçekleştiği için ultraviyole ve görünen ışınların dışarı yayılasına engel olur. Bu sayede gözleri korumak için kişisel koruyucu bir donanıma ihtiyaç duyulmamaktadır. Kaynak esnasında toz oluşumu da olmadığı için havalandırma sistemine de ihtiyaç duyulmamaktadır. Kaynak başlığı ise kaynak esnasında ısıdan etkilenmediği için soğutmaya ihtiyaç duyulmamaktadır (Anık & Tülbentçi, t.y.).

### 3.2.3.2. Kaynak telleri

Tozaltı kaynak yönteminde yüksek kaliteye sahip çelikler kaynak teli olarak kullanılır. Özellikle, kimyasal saflığı ve içerdiği yüksek manganez ile standart tellere göre farklıdır. Amaçlarına göre 1.2 mm ile 12 mm çap aralığında değişkenlik gösterir. Tellerin tam anlamıyla dairesel olması ve kalibre olması gerekir. Ayrıca tolerans aralığında olmalıdır. DIN668 'e göre çap ve toleransları Tablo 3.2 'de gösterilmiştir.

Tablo 3.2: DIN688 'e göre kaynak tel çap ve toleranslar (Anık & Tülbentçi, t.y.)

| Tel çapı (mm) | Çapta kabul edilen tolerans | Telin kesiti ($mm^2$) | 1 m. telin ağırlığı (g) |
|---|---|---|---|
| 1.2 | 0.050 | 1.13 | 8.9 |
| 1.6 | 0.050 | 2.01 | 15.8 |
| 2.0 | 0.060 | 3.14 | 24.7 |
| 23 | 0.060 | 4.90 | 38.4 |
| 3.0 | 0.060 | 7.07 | 55.5 |
| 4.0 | 0.075 | 12.6 | 98.6 |
| 5.0 | 0.075 | 19.6 | 154.0 |
| 6.0 | 0.075 | 28.3 | 222.0 |
| 7.0 | 0.090 | 38.5 | 302.2 |
| 8.0 | 0.090 | 50.3 | 394.9 |
| 9.0 | 0.090 | 63.6 | 499.2 |
| 10.0 | 0.090 | 78.5 | 616.2 |
| 12.0 | 0.110 | 113.1 | 887.8 |

Kullanılan kaynak tellerinin yüzeyleri tam anlamıyla düz, pas, pislik ve yağdan arındırmış olmaları gerekmektedir. Bu teller ayrıca bronz veya bakır kaplı olmalıdır. Kaynak teli üzerine kaplanan bakır kaplama paslanmaya karşı koruma sağlarken meme üzerinden geçişi sırasında akım akışını iyileştirmektedir. Paslanmış teller kullanılırsa memede bir süre sonra temas zorlukları ve aşınmalara sebebiyet verebilir. Kaynak telleri ise uygun çaplı memelerde kullanılmalıdır aksi takdirde büyük çaplı veya aşınmış memelerin kullanılması da temas problemleri ortaya çıkarmaktadır.

Temas problemleri nedeniyle akım düzenli bir halde arka taşınamaz ve bu sebeple kaynak bölgelerine transfer edilen ısı miktarı değişkenlik gösterir, bu durum kaynak dikiş bozuklukları hatta bazen gözeneklere bile sebebiyet verebilir.

Tozaltı kaynak uygularında kullanılan kaynak telleri, özellikle içeriğindeki manganez miktarlarına göre değerlendirilir. Kükürt ve fosfor miktarları %0,03 'ü aşmaması gerekmektedir. Kaynak tellerinin seçiminde sadece asıl malzemenin içeriği değil, kaynak

tozunun da metalürjisi hesaba katılmalıdır. Örneğin yüksek manganez içeriğe sahip ergimiş bir toz veya bazik etkiye sahip sinterli tozda SI ile S3 arasındaki düşük manganezli kaynak telleri tercih edilir. Kaynak tellerinin DIN8557 'e göre kimyasal bileşimleri Tablo 3.3 'de gösterilmektedir.

Tablo 3.3: Tozaltı kaynak tellerinin DIN8557 'e göre kimyasal bileşenleri (Anık & Tülbentçi, t.y.)

| Kimyasal Bileşenleri (%) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| İşareti | C | Mn | Si | Mo |
| SI | 0.60-012 | 0.40-0.60 | 0.10 Max | - |
| SISi | 0.06-0.12 | 0.30-0.60 | 0.10-0.40 | - |
| S2 | 0.08-0.14 | 0.80-1.20 | 0.05-0.15 | - |
| S2Si | 0.08-0.14 | 0.80-1.20 | 0.15-0.40 | - |
| S3 | 0.08-0.15 | 1.30-1.70 | 0.01-0.25 | - |
| S4 | 0.08-0.16 | 1.80-2.20 | 0.05-0.25 | - |
| S5 | 0.08-0.16 | 2.30-2.70 | 0.05-0.25 | - |
| S6 | 0.08-0.17 | 2.80-3.20 | 0.20-0.30 | - |
| S1Mo | 0.06-0.12 | 0.30-0.60 | 0.15-0.40 | 0.40-0.60 |
| S2Mo | 0.08-0.12 | 0.80-1.20 | 0.05-0.15 | 0.45-0.60 |
| S3Mo | 0.08-0.14 | 1.10-1.50 | 0.05-0.15 | 0.45-0.60 |
| S4Mo | 0.08-0.16 | 1.70-2.10 | 0.05-0.15 | 0.05-0.50 |
| S6Mo | 0.08-0.17 | 2.80-3.20 | 0.15-0.30 | 0.45-0.60 |

Alaşımlı kaynak teli kullanmak, alaşım eleman içeren toz ve yumuşak çelik tel kullanmak ve bütünleşmiş yani elektrot alaşımı içeren bir örtü ve yumuşak çelik telli elektrot kullanmak tozaltı kaynak yönteminde kaynak metalini alaşımlama işlemi için uygulanır.

Kaynak teli ve tozu seçiminde, kaynak işlemi sırasında kaynak banyosu ve cüruf arasında şiddetli tepkimeler meydana çıktığı ve bu durumunda kaynak dikişinde Mn ve Si içeriğini ciddi oranda etkilediği göz önünde bulundurulmalıdır. Mn ve Si miktarları dışında tozaltı kaynak metodunda Ni, Mo ve Cr miktarlarında ciddi oranlarda bir değişim gözlemlenmez. Bu açıdan düşük alaşımlı çeliklerde genel olarak benzer bileşim içeren uygun yapıda teller seçilmelidir. Kaynak tellerinin içerdiği alaşımların kaynak dikişlerine etkisi Tablo 3.4 'de gösterilmiştir.

Tablo 3.4: Alaşımların kaynak dikişleri üzerindeki etkileri (Anık & Tülbentçi, t.y.)

| Alaşım elementi | % Miktarları | Kazandırdığı özellik |
|---|---|---|
| C | 0.05-0.25 | Sertlik ve çekme mukavemeti |
| Mn | 0.5-3.0 | Sertlik ve çekme mukavemeti % uzama, tokluk |
| Mo | 0.5-1.0 | Yüksek sıcaklıkta mukavemet |
| Cr | 1.0-2.9 | Sertlik ve yüksek sıcaklıkta mukavemet |
| Ni | 1.0-2.0 | Düşük sıcaklıklarda tokluk |

### 3.2.3.3. Kaynak tozları

Tozaltı kaynak yönteminde kullanılan tozlar örtülü tip elektrotlu kaynakta kullanılan örtünün görevini yerin getirir. Kaynak uygulamasına metalürjik ve fiziksel olarak etki eder. Dikişe uygun bir form vermek, çabuk soğumayı engellemek ve ortaya çıkan cüruf banyosunu dış etkilere karşı korumak gibi fiziksel etkileri vardır. İş parçası ve kaynak telinin kaynaktaki durumu da metalürjik etki olarak değerlendirilir. İş parçası, kaynak teli ve tozun birleşimi kaynak dikişinin bileşimine etki eden üç önemli etkendir.

İyi bir kaynak tozunda aşağıdaki durumlar aranmalıdır:

- Kaynak uygulanırken ark kararlılığı üzerinde etkili olmalıdır.
- Kaynak işlemi sırasında katı, sıvı ve gaz faz geçişleri iş parçası katılaşma sürecine girene kadar kısa sürede gerçekleşmelidir.
- Kaynak dikişi istenen mekanik ve kimyasal bileşime sahip olmalıdır.
- Dar aralıkların ve kök pasolarının kaynağında cüruf basit bir şekilde ortadan kaldırılabilmelidir.
- İçyapı uygun olmalıdır.
- Kaynak tozunun içerisinde kaynak problemlerini ortaya çıkaracak organik malzemeleri içermemelidir.
- Kaynak dikişinde gözenek ve çatlak meydana getirmemelidir (Anık & Tülbentçi, t.y.).

# BÖLÜM 4. BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIM VE ANALİZ

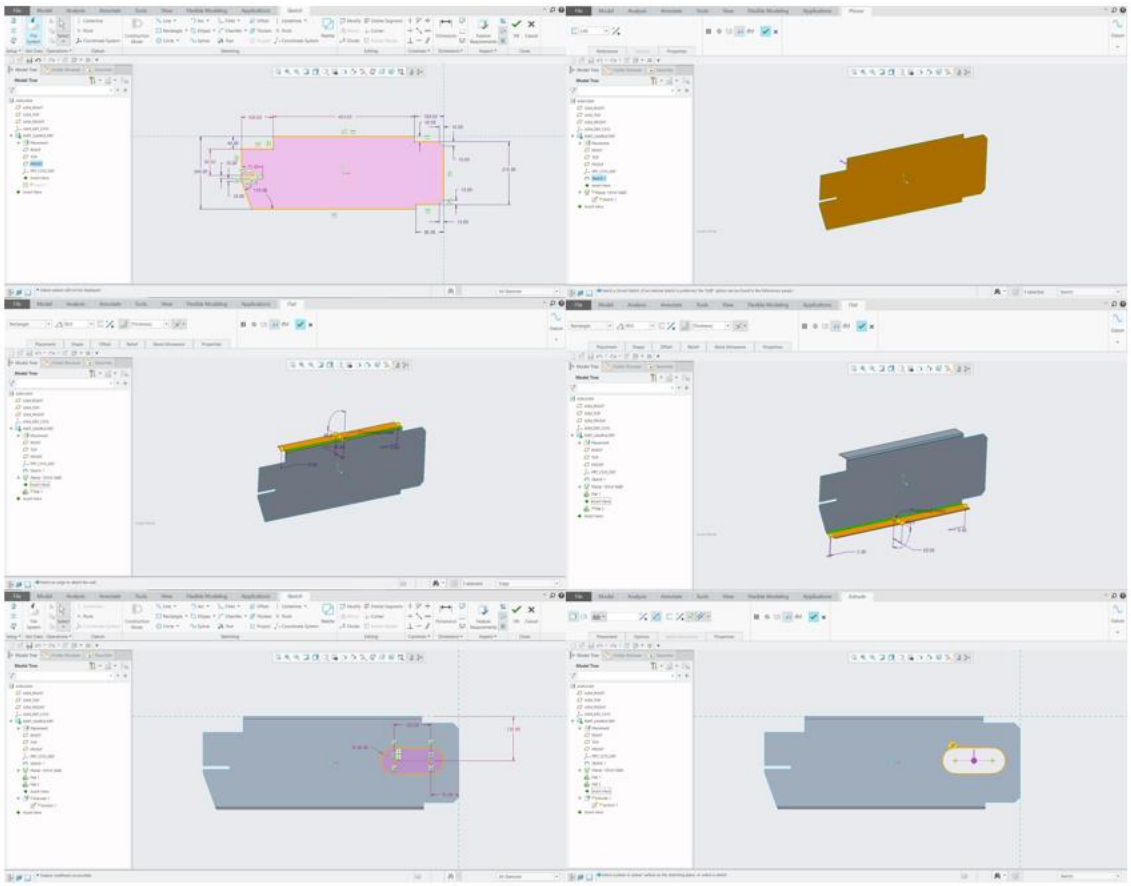
## 4.1. Tasarım

### 4.1.1. Creo ile modelleme

Tasarım, istenen bir şeyin fiziksel ihtiyaçlarını belirleyerek üretim öncesi soyut olarak şekillendirme işlemidir. Mühendislikte tasarım süreçlerinde bir dizi işlemler sonrası nihai ürün son şekline getirilir. Yeni bir ürün oluşturmak için isteklerin belirlenmesi sonrası kavramsal oluşumuna başlanır. Temel sorunlara bağlı olarak işlevsellik belirlenerek tasarımcı istenilenler doğrultusunda kavramsal olarak ilk taslak çalışmalarına başlar. İstenilenlerin karşılanması doğrultusunda alternatif tasarım çalışmaları teknik ve ekonomik açıdan değerlendirilir, en uygun olan ise seçilerek detaylandırma ve son şekillendirme yapılır (Kılıç, 2006).

Bilgisayar destekli tasarım (Computer Aided Design: CAD) fikirlerden ürünlere giden süreçte daha dinamik bir ortam oluşturmak için geliştirilmektedir. CAD programları, iki boyutlu çizimlerin kullanılarak üç boyutlu tasarımlara geçmesi mantığıyla çalışan programlardır. Ürün tasarım ve geliştirme faaliyetlerinde zaman kazandırmak, verimliliği arttırmak, doğruluğu iyileştirmek, hataları azaltmak, daha kaliteli, anlama kolaylığı, hızlı paylaşım gibi birçok katkısı sayesinde ciddi oranlarda tasarım ve üretim faaliyetlerine katkı sağlamaktadır (Kılıç, 2006).

Çalışmada Creo programı ile şasi tasarımına ait kros olarak adlandırılan destek parçasının çizimi esnasında kullanılan tasarım komutları Şekil 4.1 ‘de gösterilmektedir.

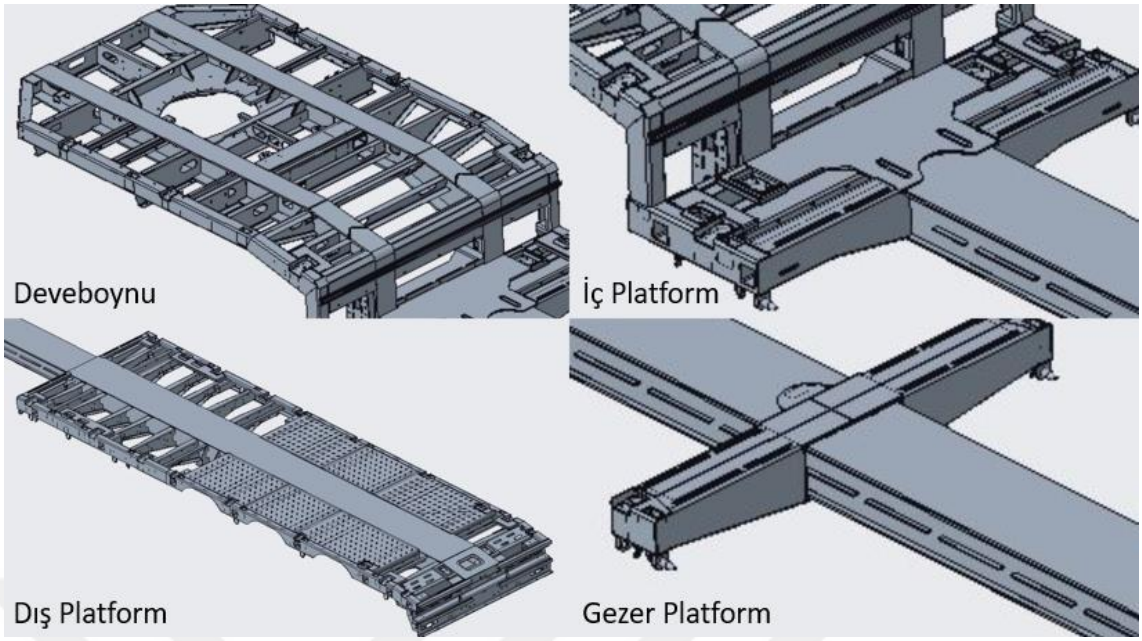


Şekil 4.1: Şasi parçası olan kros çiziminin örnek komutları

Şasi modellemesi yapılırken düz ve bükümlü formlarda sac metal parçalar ile çalışıldığından dolayı genellikle “sheet metal” modelleme ile çalışılmaktadır. Şasi parçalarının oluşturulup komple haline getirmek için “assembly design” modülü kullanılmaktadır. Teknik resimlerin oluşturulması için “drawing” modülü kullanılmaktadır. Şasi üzerinde katı modele sahip kısımlarda “part design” modülü kullanılmaktadır. Bu modellerin amaca yönelik kullanılması ileride tasarım değişikliği, parça türetme gibi süreçlerde bir diğer kullanıcı tarafından anlaşılması ve ortak dil oluşturmaya olanak sağlamaktadır.

### 4.1.2. Katı modelleme

Hidrolik lowbed araçları deveboynu, iç platform, dış platform ve gezer platform olmak üzere 4 ana gruptan oluşmaktadır. Şekil 4.2 ‘de lowbed şasisini oluşturan ana kısımlar verilmiştir.



Şekil 4.2: Hidrolik lowbed araç kısımları

#### 4.1.2.1. Deveboynu

Hidrolik lowbed araçlarında çekici ile treylerin birleştiği king-pin aksamının bağlandığı ve alçak platform yüksekliğinden kaynaklı bulunan kısımdır. Beşinci teker yükseliğine bağlı olarak yükseklikleri değişkenlik göstermektedir. Şasinin platform kısmında yeterli mesafeler olmadığında yük taşıyabilme özelliğine sahip olması gerekmektedir. Hidrolik lowbed araçlarında standart lowbed araçlarına göre dümenleme üniteleri kaynaklı standart araçlara göre farklılık göstermektedir. Kullanım koşullarına bağlı olarak hareketli ve sabit deveboynu üniteleri mevcuttur. Tasarımlarında kütle ve boyut esaslarına göre genişlik, mevcut araçların beşinci teker yüksekliklerine göre yükseklik ve uzunluk kısıtlamaları mevcuttur. Deveboyunları genel olarak ana kirişler (lonjeron), dış şasi (televre) ve ara kirişler (kros) gibi yapılardan oluşmaktadır.

#### 4.1.2.2. İç platform

Teleskopik uzar şasiler, daha uzun yüklemelere imkan tanıması için kullanılan şasi tipleridir. Deveboynu tipine göre kaynaklı veya montajlı olarak birleşen kısımdır. Treylerin en kritik bölgelerinden biri olan bu birleşim yeri çok önemlidir. Tasarım kısıtları arasında kütle ve boyut esaslarına göre genişlik ve lowbed araçlarının platform

yükseklikleri 1000 mm altında olması gerektiği için bu konular önemlidir. Ayrıca kritik yük karakteristiği nedeniyle konstrüksiyon olarak en önemli noktadır.

#### 4.1.2.3. Dış platform

Uzayabilen ve uzamayan araçlarda dingil aksamının bağladığı ve yüklerin esas yüklendiği platformlar dış platformlardır. İç platform bulunan araçlarda uzayan şasiye yataklama özelliğine sahiptir. Araç uzama esnasında dingiller frenleme yaptırılarak iç platform bu şasi içerisinden çıkarak uzama özelliğini gerçekleştirmektedir. Tasarım kısıtları arasında kütle ve boyut esaslarına göre olan genişliği, araçların total uzunluğunda 12 m olan ve lowbed araçlarının şasi yüksekliği 1000 mm olan sınırı aşmamalıdır. Ayrıca önemli tip onay kısmı olan tamponlar bu şasi üzerine kaynaklanmaktadır.

#### 4.1.2.4. Gezer (kayar) platform

Gezer platformlar genel olarak treylerlerde yük bağlanması ve yükü dengelemek için kullanılan yapılardır. Hareketli ve sabit olmak üzere iki tipte mevcut olabilirler. Hareketli gezer platformlar araçların iç platformlarına bağlanacak şekilde tasarımları yapılır ve istenilen bölgelerde kullanılmak üzere kilitleme mekanizmaları ile şasi üzerinde sabitlenirler. Sabit tip gezer platform ise araç üzerinde isminden de anlaşıldığı üzere araçta sabit olarak bulunurlar.

### 4.2. Analiz

Mühendislikte karşılaşılan karmaşık ve zor problemlerin çözümünde kullanılan yöntemler sayısal ve analiz çözüm metotları olarak ikiye ayrılır. Karşılaşılan mühendislik problemlerini, sayısal yöntemler yoluyla çözmek ciddi zamanlar almaktadır. Analitik çözüm yöntemleri ise sadece basite indirgenmiş özel durumlar için kullanılır. Karmaşık geometriye sahip, sınır şartları olan ve malzeme özelliklerine sahip karmaşık problemlerde gerçekçi bir yaklaşım ile çözmek için, matematik ve mantık içeren kabul gören sonuçlar verebilecek sayısal çözüm yöntemleri kullanılmalıdır.

Taşıt modelleme ve analiz çalışmalarının imalat öncesinde yapılması taşıta gelen yüklerin ön görülmesi test ve sahada çıkacak problemleri minimize etmemiz veya problem çıkmaması açısından çok önemlidir. Modelleme çalışması, üretilecek taşıtın bir

modelidir. Hyperworks programı ise taşıt modellerinin üzerine etkiyen gerilme ve şekil değişikliklerinin ön görülmesi için statik ve dinamik yükleri analiz edilmesine imkan tanımaktadır.

Bu yöntemin avantajı; modelin üretilmeden, bilgisayar ortamında arka planda çalışan matematiksel modellerle taşıt üzerine etkiyen yükler, kritik bölgeler, şekil değişiklikleri tespit edilmesine olanak sağlamasıdır. Sonuç olarak analiz sonrası modeller üretildikten sonra testlere tabi tutulması da sürecin son safhası olacaktır.

Modele mukavemet hesabını analitik yöntem ile yapmak zorunda kalırsak sistemi tek bir parça gibi düşünmek ve karmaşık yapıları basitleştirmek gibi kabuller yapmak zorunda kalınmaktadır. Bunun sebebi karmaşık sistemlerin elle çözümünün mümkün olmamasıdır. Bu yöntem kullanılarak yapılan kabuller ve idealize etme çalışmaları ise sonuçlara gerçeklikten uzaklaştırıcı bir etkiye maruz bırakmaktadır.

Ayrıca modelin maruz kaldığı yüklerin bir kısmı gerinim etkisi oluştururken geri kalan kısmı ise gerilme etkisine sebebiyet verecektir. Sonlu elemanlar metodu ile klasik yöntemlerle mümkün olmayan çözümleri hesaplamada ciddi oranda kolaylık sağlamaktadır. Fakat sonlu elemanlar metodu kullanarak çözüm yapılırken matris boyutlarının büyük olması nedeniyle alt yapısında bu programların çözücüsü bulunan bir bilgisayar programı kullanılmalıdır. Bu sebeptendir ki, Hyperworks programı bu çalışmada kullanılmıştır. Ayrıca, idealleştirme ve kabuller olmayacağından dolayı sonuçların gerçeğe yakınsaklığı çok daha fazla olacaktır.

Bilgisayar programlarının daha fazla gelişmesi ve klasik sayısal yöntemlerden daha farklı olan sonlu elemanlar metoduyla karmaşık geometriler ve farklı malzeme özelliklerine sahip parça ve sistemler daha kolay analiz edilebilmektedir. Model üzerinde bulunan delik, köşe, pah vb. geometriler sonlu elemanlar metodunda kolaylıkla çözümlenir. Sonlu elemanlar metodu mantığı ile çalışan Ansys programıyla analiz edilecek modelden alınan verilerin yapısal bakımdan uygun olup olmadığını değerlendirilir. Bilgisayar destekli analiz ve tasarım programları ile kısa zamanda daha karmaşık sistemlerin hassas ve esnek çözümler yapılabildiği görülmektedir.

Sonlu elemanlar metodunun birçok avantajı mevcuttur. Bunlardan bazıları aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

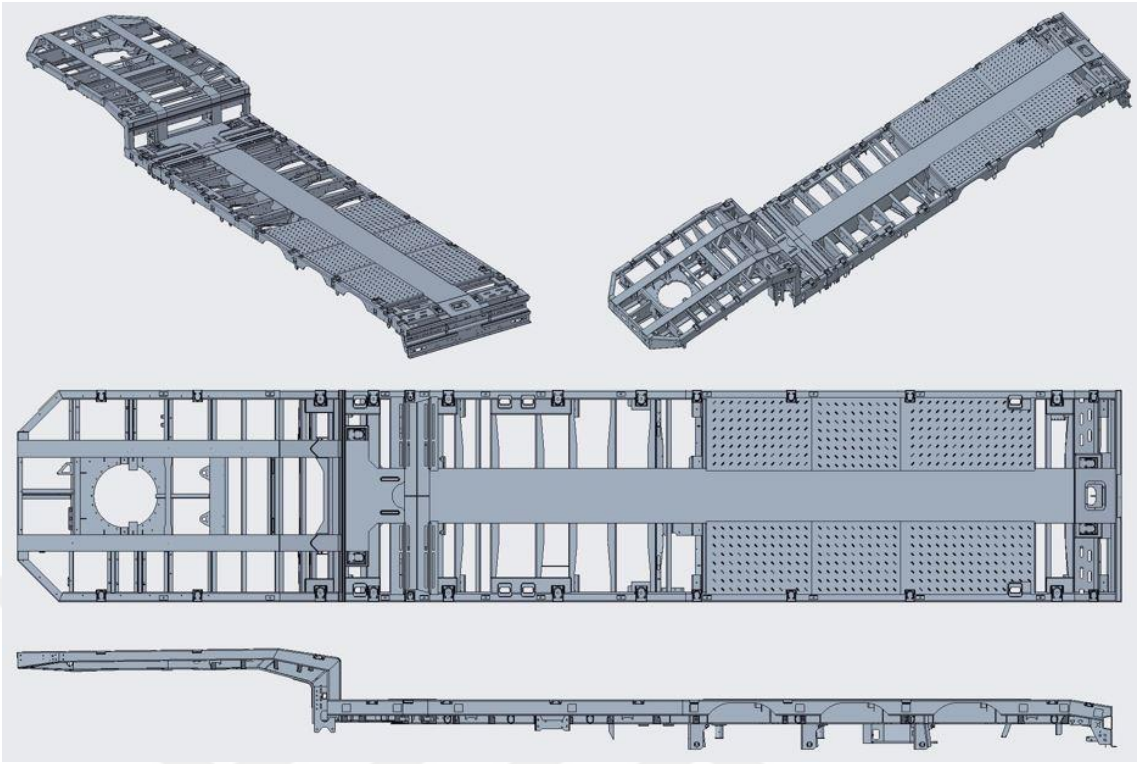
- Birbirinden farklı materyallere sahip iki farklı parçanın analizleri sonlu elemanlar metodu ile yapılabilmektedir.
- Düzgün olmayan geometriler farklı kenarlı elemanlar ile çözümlenebilir.
- Daha fazla hassasiyet istenen bölgelerde eleman boyutları değiştirilerek analizin hassas olarak yönetilmesi mümkündür. Eleman boyutu küçüldükçe daha hassas ve kesin çözümleme sağlanırken işlem hızını düşürmüş oluruz.
- Karmaşık sınır durumlarında kolay bir şekilde çözümleme yapılabilir.

Sonlu elemanlar metodunun dezavantajı ise daha yüksek kapasiteye sahip bilgisayarlar ve programlara ihtiyaç duyulmasıdır. Bunun sebebi ise en küçük hesaplamalarda bile sayısal çözümleme yapılması gereklidir. Hyperworks, Nastran, Ansys vb. gibi programlar sonlu elemanlar metodunu kullanılan programlardan bazılarıdır (Altan, 2002).

Bu çalışmada, lowbed araç şasisine etkiyen kritik gerilmeler Hyperworks ile yapısal statik analiz yöntemi ile incelenecektir. Analiz öncesi 3 boyutlu modelleme çalışması yapılacaktır. Katı modelleme çalışmaları bire bir araç boyutları, geometrileri ve malzemeleri ile aynı olacaktır.

### 4.2.1. Modelin hazırlanması

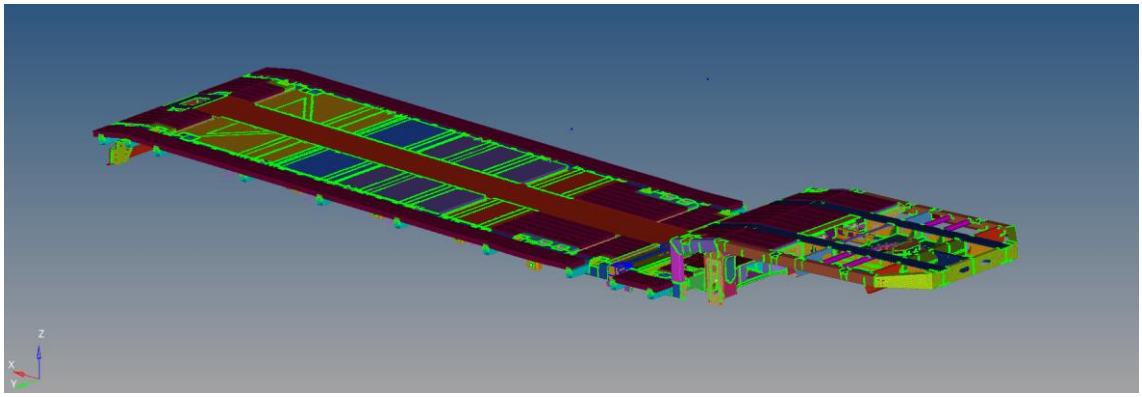
Kaynak bölgelerinde ve şasi üzerinde yüklerin oluşturduğu gerilme ve deformasyonlardan dolayı modelin üzerinde oluşan yapısal etkileri incelemek amacıyla, ağır tonaja sahip yükleri taşımak için kullanılan hidrolik lowbed aracına gerçeğe eşdeğer yükler ve mesnet şartları ile analiz yapılmıştır. Gerilmelerin çok yüksek olduğu kritik bölgeler belirlenerek bu bölgeler daha detaylı incelenmiştir. Bu incelemede, 3 boyutlu model hazırlanarak sonlu elemanlar metodu ile analiz çalışması gerçekleştirilmiştir. Model hazırlama çalışmasında ise montaj ve bağlantı elemanları(dingil, dümenleme mekanizmaları, silindirler, dolaplar, bisiklet korkulukları vb.) ayrılarak analiz için gereken kaynaklı şasi oluşturulmuştur. Şekil 4.3 ‘de analize hazırlanmış model görüntüleri verilmektedir.



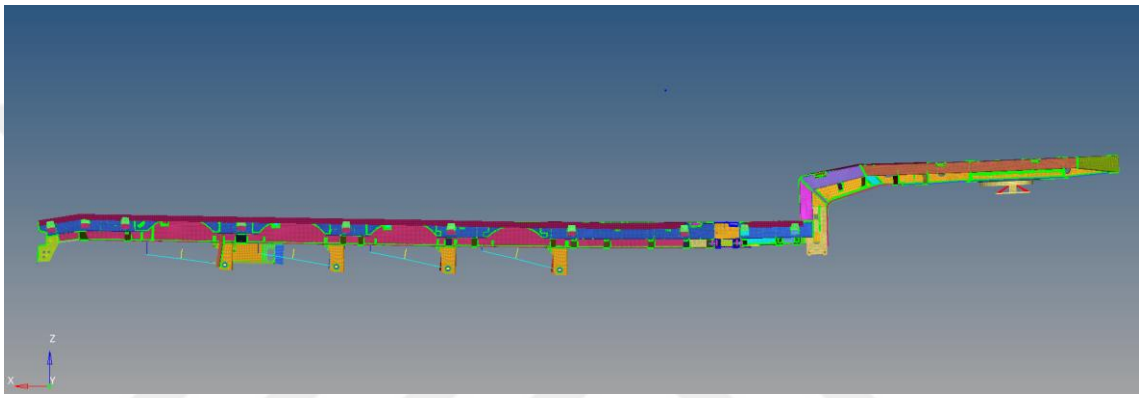
Şekil 4.3: Hidrolik lowbed aracının 3 boyutlu katı modeli genel görünüşleri

### 4.2.2. Modelin sonlu elemanlara bölünme çalışması (mesh)

Modellenen şasi, sonlu elemanlara bölünerek üzerine dikey yük uygulanmıştır. Şasinin makas kulağı diye tabir edilen ve dingillerin şasiye montajlandığı bağlantı bölgeleri; dingil bağlantı cıvataları, pimleri ve burçları ile bağlantılı yerler döner mafsallar ile tanımlanır. Bu tanımlama rijit yani RBE2 elemanlarının serbestlik derecelerinin tanımlanması ile ortaya çıkar. 10 mm altındaki parçalarda ağ yapısını oluşturmak için kabuk (Shell Body) veya yüzey (Surface Body) olarak yapılır. 10 mm ve üstü kalınlıktaki parçalar ise katı gövde (Solid Body) olarak modellenir. Ağ yapısı oluşturulan parçalarda program içerisinde özellik dosyaları oluşturulur (Tablo 4.1). Bu dosyaların içerisine parça kalınlıkları, yoğunlukları, elastisite modülleri vb. gibi veri girişleri yapılmıştır. Kabuk model olan parçaların özellikleri içerisine malzeme bilgileri girilmelidir. Şekil 4.4 ‘de hidrolik lowbed aracına ait mesh model görüntüsü ve Şekil 4.5 ‘te ise hidrolik lowbed aracına ait dingil model görüntüleri verilmektedir.



Şekil 4.4: Hidrolik lowbed aracının mesh model görüntüsü



Şekil 4.5: Hidrolik lowbed aracının dingil model görüntüsü

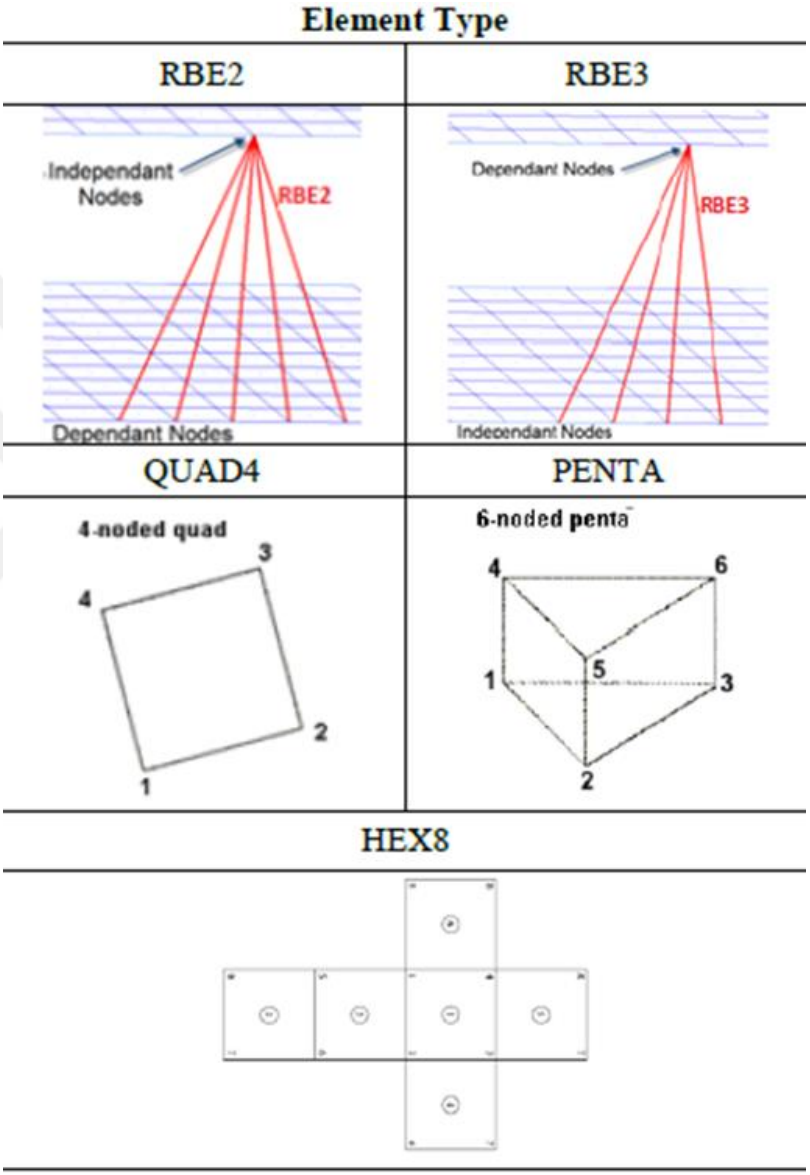
Tablo 4.1: Ağ yapısında malzeme özelliklerinin tanımlanması

| Name | Value |
|---|---|
| Solver Keyword | MAT1 |
| Name | Steel |
| ID | 1 |
| Color | |
| Include File | [Master Model] |
| Defined Entity | ☑ |
| Card Image | MAT1 |
| User Comments | Do Not Export |
| E | 210000.0 |
| G | |
| NU | 0.3 |
| RHO | 7.9e-009 |

Ağ yapısıyla modellenen şaside oluşan eleman sayıları ve tipleri sırasıyla Tablo 4.2 ‘de ve Şekil 4.6 ‘da gösterilmektedir.

Tablo 4.2: Modelde kullanılan eleman tiplerinin sayıları

| Eleman Tipi | Eleman Sayısı |
|---|---|
| RBE2 | 1153 |
| RBE3 | 152941 |
| QUAD4 | 364850 |
| PENTA | 45896 |
| HEX8 | 678275 |
| TOPLAM | 1243115 |




Şekil 4.6: Analizde kullanılan mesh eleman tipleri (Şahin ve Sevin, 2019)

### 4.2.3. Modelin kaynaklanması

Bu aşamada, modeller birbirine tek bir parça gibi bağlıymış gibi node to node değil aksine fiziksel durumda olduğu gibi kaynaklı birleşim ile modellenmiştir. Kaynak modellemesi

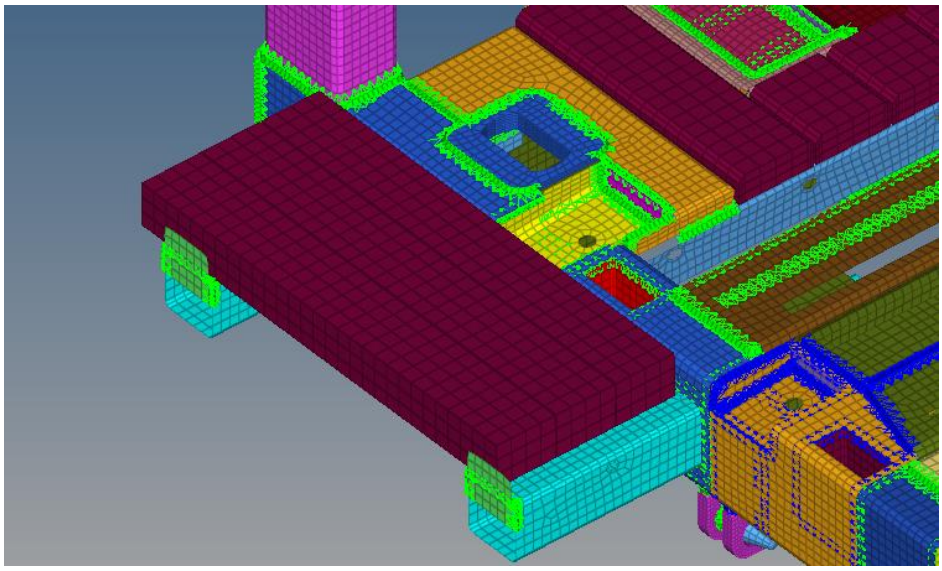
için penta ve RBE3 elemanlar kullanılmıştır. Ayrıca kaynak için de diğerlerinde olduğu gibi özellik dosyası oluşturulmaktadır.

Birbirlerine kaynaklanan komponentler için kaynak kalınlık değerleri ince olan parçaya göre baz alınarak Tablo 4.4 ‘de olduğu gibi modellere uygulanmaktadır.

Tablo 4.3: Kaynak modelleme esnasında kullanılan kaynak ölçüleri

| Kalınlık(t) | Tek Taraflı Kaynak için(h) t ince kalınlık*0.7=h | HyperMesh'de okunan kaynak ölçüsü | HyperMesh'de atılan yaklaşık kaynak ölçüsü | Çift Taraflı Kaynak için(h) t ince kalınlık*0.5=h | HyperMesh'de okunan kaynak ölçüsü | HyperMesh'de atılan yaklaşık kaynak ölçüsü |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,7 | 0,99 | 1,00 | 0,5 | 0,71 | 1 |
| 2 | 1,4 | 1,98 | 2,00 | 1 | 1,41 | 2 |
| 3 | 2,1 | 2,97 | 3,00 | 1,5 | 2,12 | 2 |
| 4 | 2,8 | 3,96 | 4,00 | 2 | 2,83 | 3 |
| 5 | 3,5 | 4,95 | 5,00 | 2,5 | 3,54 | 4 |
| 6 | 4,2 | 5,94 | 6,00 | 3 | 4,24 | 5 |
| 7 | 4,9 | 6,93 | 7,00 | 3,5 | 4,95 | 5 |
| 8 | 5,6 | 7,92 | 8,00 | 4 | 5,66 | 6 |
| 9 | 6,3 | 8,91 | 9,00 | 4,5 | 6,36 | 7 |
| 10 | 7 | 9,9 | 10,00 | 5 | 7,07 | 7 |
| 11 | 7,7 | 10,89 | 11,00 | 5,5 | 7,78 | 8 |
| 12 | 8,4 | 11,88 | 12,00 | 6 | 8,49 | 9 |
| 13 | 9,1 | 12,87 | 13,00 | 6,5 | 9,19 | 9 |
| 14 | 9,8 | 13,86 | 14,00 | 7 | 9,9 | 10 |
| 15 | 10,5 | 14,85 | 15,00 | 7,5 | 10,61 | 11 |

Kaynak elemanlarına yakın olan penta ve RBE3 elemanları Şekil 4.7 ‘de olduğu gibi mümkün olduğu kadar yakın düğüm noktalarında olması gereklidir.



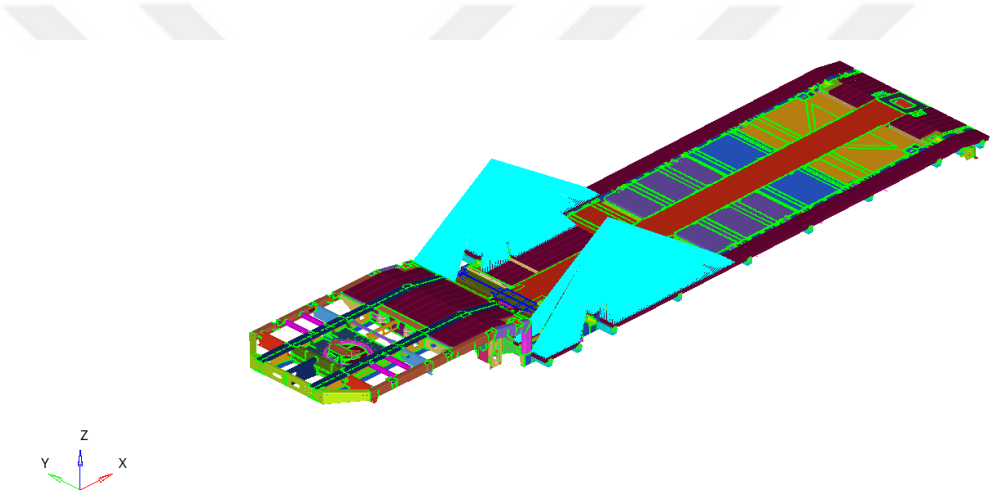
Şekil 4.7: Katı model kaynak görünümü

### 4.2.4. Yüklerin uygulanması ve sınır şartlarının belirlenmesi

Şasi üzerine yük, 6 farklı sürüş senaryosu ile uygulanmıştır. Aracın şasisinin üzerine temas eden ekskavatör paleti basma yüzeyleri modellenmiştir. Yükler araca simetrik olarak ve baz alınan aracın palet iz açıklığı kadar mesafelerde uygulanmıştır.

Yükleme şasiye düşey doğrultuda (z koordinatı) yapılmıştır. Kuvvetler noktasal kütle (Point Mass) olarak uygulanmıştır.

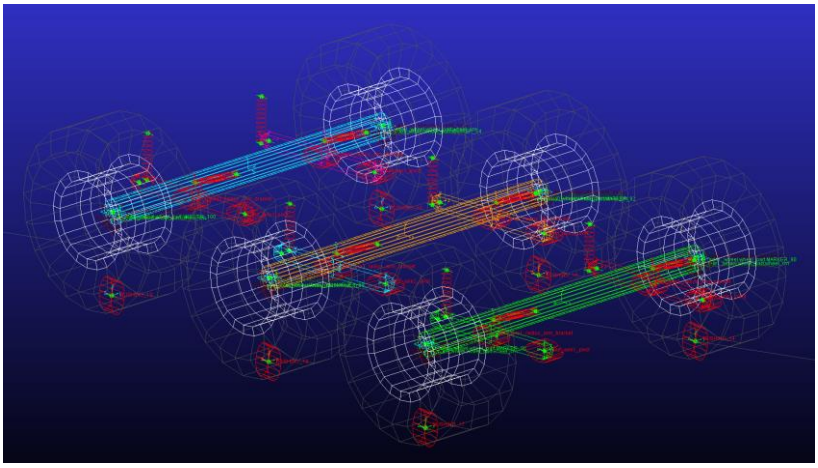
Şekil 4.8 ‘de görüldüğü üzere araç kapalı konumda iken yükleme senaryosu modellenmiştir. Bu yüklemede noktasal kütle, RBE3 eleman tipleri vasıtasıyla basma yüzeylerine yayılı yük şeklinde iletilmiştir.



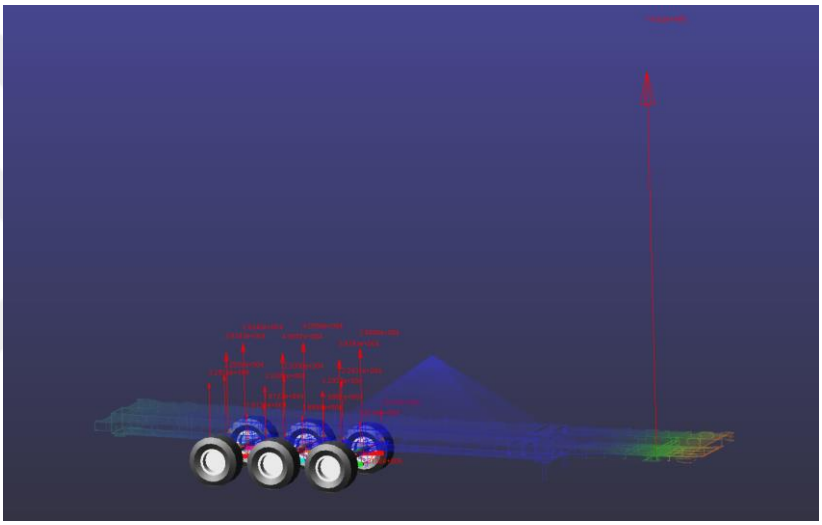

Şekil 4.8: Araç kapalı konumda paletli araç yükleme görünümü

### 4.2.5. Yapısal analiz

HyperMesh ortamından MNF dosyası alınan araç modeli üzerinde, MSC Adams/View platformunda süspansiyon bileşenleri oluşturularak reaksiyon kuvvetleri alınır. Alınan bu reaksiyon kuvvetleri daha sonra analizler için tekrardan HyperMesh ortamına gönderilir. Reaksiyon kuvvetleri bu çalışmada, modellere ayrı ayrı uygulanmıştır. Şekil 4.9 ‘da araç dingil parametreleri Adams modeline girilmiştir. Şekil 4.10 ‘da Adams programından alınan reaksiyon kuvvetleri gösterilmiştir.

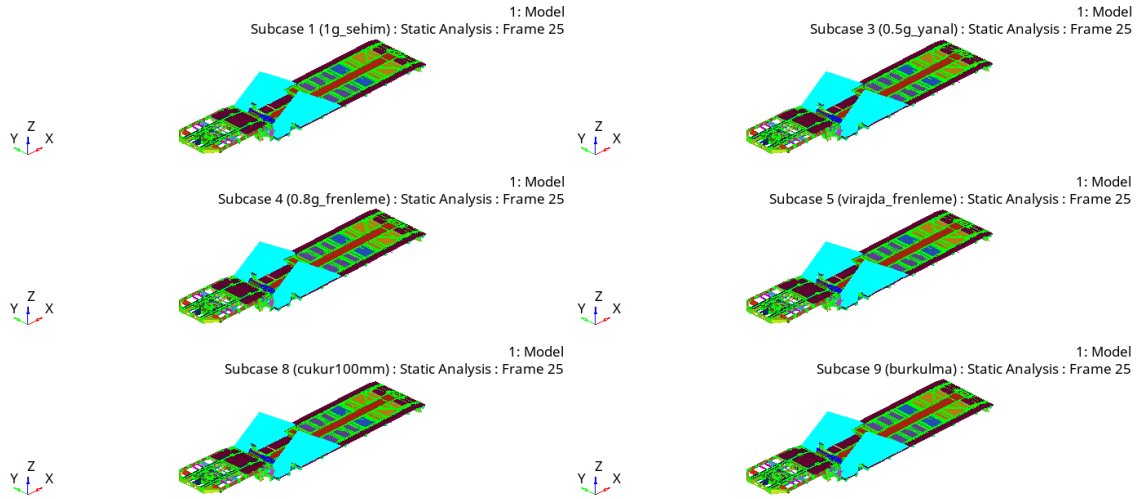


Şekil 4.9: Adams dingil modeli



Şekil 4.10: Adams reaksiyon kuvvetleri

Şekil 4.11 ‘de görüldüğü üzere sonlu elemanlara bölünmüş modele; araç kapalı konumda iken 60 ton(588,4 kN) paletli ekskavatör yüklemesi aracın ön kısmına yayılı yük şeklinde belirli bir alana noktasal yük üzerinden dağıtılarak 6 farklı senaryoda yapısal analize tabi tutulmuştur. Paletlerin şasi üzerine basma alan ölçüleri 600x4500 $mm^2$ ‘dir.




Şekil 4.11: 60 ton paletli ekskavatör yükleme koşulları

Yükleme senaryoları;

- 1g sehim, araca tam yüklü olduğu esnada yer çekimi etkisiyle durgun halde olması,
- 0,5g yanal, araç tam yüklü olduğu esnada araca 0,5g kuvveti etkisiyle şasinin sürüş koşullarında maruz kaldığı yükler etkisinde olması,
- 0,8g frenleme, araç tam yüklü olduğu esnada belirli bir hızda giden araca 0,8g kuvveti ile frenleme yapılması durumunda olması,
- Virajda frenleme, araç tam yüklü ve seyir halindeyken viraj dönüşü esnasında olması,
- Çukur 100 mm, araç tam yükü ve seyir halindeyken aracın bir tarafındaki tüm tekerlerin 100 mm bir çukura düşmesi durumunda olması,
- Burkulma, aracın king-pin bölgesinde belirli bir açıyla yer değiştirmesi etkisiyle şasinin o açı değerine göre burkulma durumunda olması

ile 6 farklı şekilde yüklemeler yapılmıştır. Araca gelen kritik yüklerin ve bölgelerin tespiti açısından bu senaryoların uygulanması gerçeğe yakın sonuçlar almak açısından büyük önem taşımaktadır.

### 4.2.6. Şasi üzerine etkiyen gerilme ve deformasyon

Lowbed şasisi, işletme şartlarına göre statik yük koşulları ve sınır şartlarında sonlu elemanlar metoduyla, yapısal analize tabi tutulmuştur. Lowbed şasisine statik yükleme 6

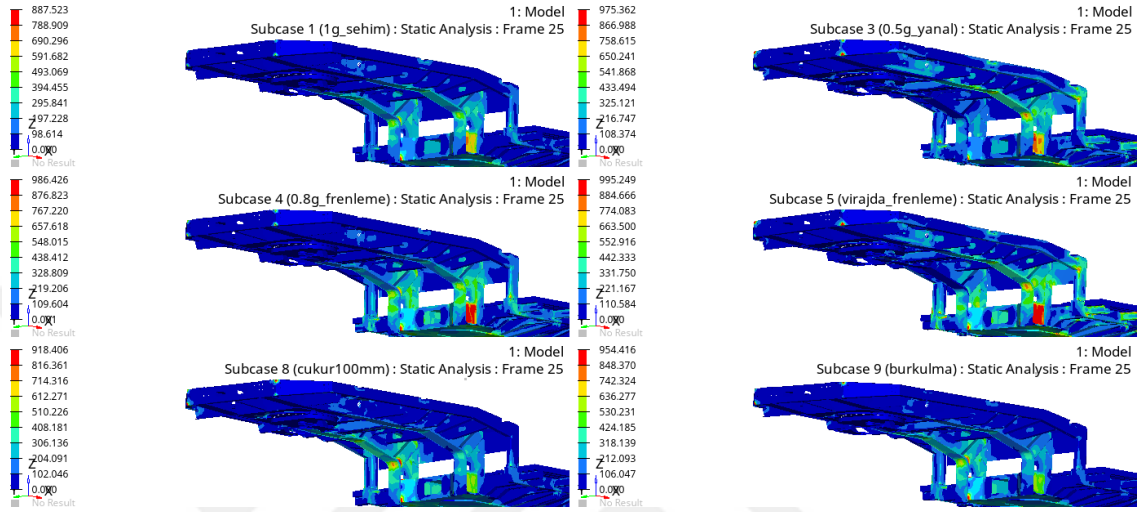
farklı senaryo ile uygulanmıştır. Bu yükleme koşullarına göre maksimum gerilme değerleri ve deplasman değerleri saptanmıştır. Saptanan değerlere göre mevcut tasarımda birçok noktada 690 MPa üzeri gerilmeler tespit edilmiştir. Şasi üzerine etkiyen bu yüksek gerilmeleri iyileştirmek için yapısal tasarımlarda bir takım değişimler gerçekleştirilerek daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. İyileştirilmeler sonucu analiz aynı koşullarda tekrarlanarak kritik noktaları emniyetli gerilme değeri olan 690 MPa altına çekilmiştir.

Şekil 4.12 'da ilk tasarıma ait 6 farklı senaryoda von mises maksimum gerilmelerin genel görünümleri ve Şekil 4.13 'de ise ilk tasarıma ait von mises maksimum gerilmelerin detaylı görünümleri verilmiştir. İlk tasarım sonrası analizlerin değerlendirilmesi sonucu;

- 1g sehim senaryosunda, kritik gerilmeler 690 MPa üzerinde bulunan analiz skalasında 788,909 MPa ve 887,523 MPa seviyelerinde sarı, turuncu ve kırmızı bölgelerde görülmüştür. Yeşil ve mavi bölgeler ise 690 MPa akma gerilmesinin altında olduğu için güvenli bölgelerde kalmıştır.
- 0,5g yanal senaryosunda, kritik gerilmeler 690 MPa üzerinde 866,988 MPa ve 975,362 MPa seviyelerinde sarı, turuncu ve kırmızı bölgelerde görülmüştür. Kritik gerilmelerin altında kalan kısımlar ise mavi ve yeşil bölgelerdir.
- 0,8 frenleme senaryosunda, kritik gerilmelerin 690 MPa üzerinde 876,823 MPa ve 986,426 MPa seviyelerinde sarı, turuncu ve kırmızı bölgelerde görülmüştür. 690 MPa altında kalan mavi ve yeşil bölgeler kritik gerilmelere sahip olmayan alanlardır.
- Virajda frenleme senaryosunda, kritik gerilmelerin 690 MPa üzerinde bulunan 884,666 MPa ve 995,249 MPa aralıklarında bulunan bölgeler analiz skalasında gösterildiği gibi sarı, turuncu ve kırmızı olarak şasi üzerinde kritik bölgeler olarak görülmüştür. Emniyetli gerilme değerine sahip bölgeler 690 MPa altında kalan mavi ve yeşil renkle belirtilen kısımlar olmuştur.
- 100 çukur senaryosunda, kritik gerilmelerin 690 MPa üzerinde bulunan 816,361 MPa ve 918,406 MPa değerleri aralığında bulunan bölgeler model üzerinde sarı, turuncu ve kırmızı olarak kritik bölgelerde görülmüştür. Güvenli bölgede kalan kısımlar 690 MPa altında kalan mavi ve yeşil bölgeler olmuştur.
- Burkulma senaryosunda, kritik gerilmelerin 690 MPa üzerinde bulunan 848,370 MPa ve 954,416 MPa değerleri arasında bulunan bölgeler şasi üzerinde sarı,

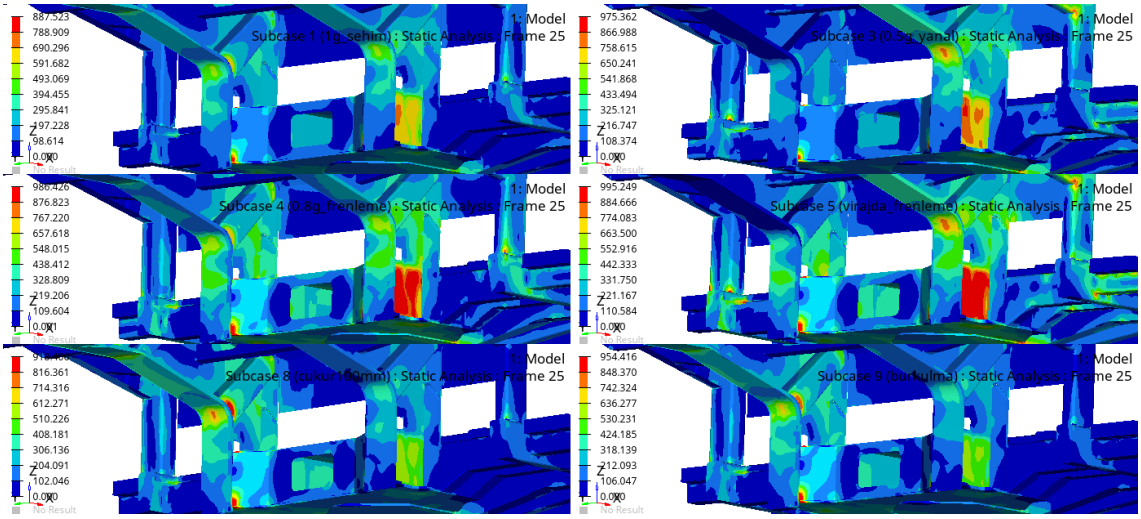
turuncu ve kırmızı bölgelerde görülmüştür. 690 MPa altında kalan emniyetli gerilme değerleri ise mavi ve yeşil bölgelerde görülmüştür.

İlk tasarım sonucunda 690 MPa üzerinde bulunan maksimum von mises gerilme değerleri saptanmıştır. Kritik bölgeler tespit edilerek incelemeler yapılmıştır.




Şekil 4.12: Şaside ilk tasarım sonrası meydana gelen maksimum gerilmelerin genel görünümü

Kritik gerilme değerleri görülen bölgeler; deveboynu I formlu ana taşıyıcı şasi ana kiriş sacı üzerinde, ön kapak sacının alt sac, üst sac ve deveboynu ön alt sacı bağlantısı üzerinde, deveboynu ana taşıyıcı U destek sacı üzerinde yoğun olarak görülmüştür.

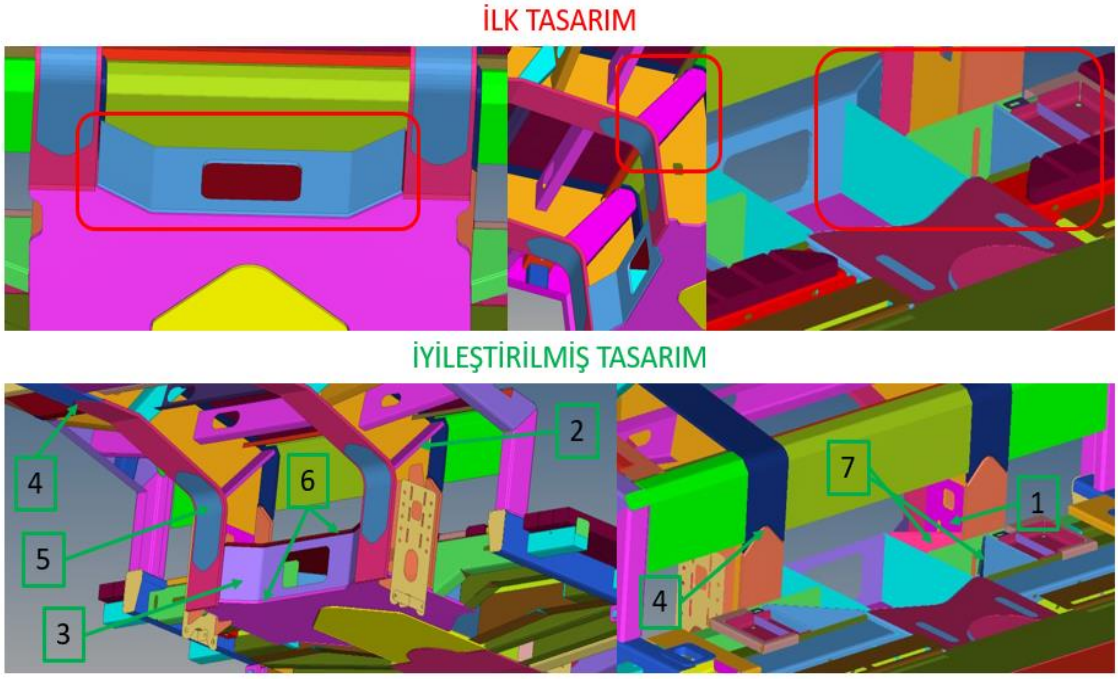



Şekil 4.13: Şaside ilk tasarım sonrası meydana gelen maksimum gerilmelerin detay görünümü

Şasinin ilk tasarım sonrasında alınan sonuçları doğrultusunda kritik bölgelerde tasarım iyileştirme çalışmaları yapılması gerekli olduğunu göstermiştir. Buna bağlı olarak ise aşağıdaki iyileştirme çalışmaları yapılmıştır:

1. Deveboynu taşıyıcı şasisini oluşturan I kesitli formun alt tarafından platforma bağlanan kısmında dikey kesitli sacın iç kısmı aynı genişliğe sahip ve bu yapıyı kalınlaştırma sağlayan bir sac ile desteklenmiştir.
2. I kesitli deveboynu U formu ile desteklenmesine rağmen çalışma şartları nedeniyle çekme ve basma kuvvetleri formun kalınlığı arttırılsa bile desteklemediği ortaya çıkmıştır ve bu kısımda daha kalın fakat büküme sahip olmayan düz bir sac ile desteklendiği zaman gerilmelerin indirgendiği görülmüştür.
3. Ön kapak bölgesinde meydana gelen gerilmeler birleşim noktalarına yakın olduğunda kaynak çatlaklarını engellemek adına kapak alt, üst ve deveboynu sacları içerisine alınarak oluşan gerilmelerin kaynak bölgelerine değil de direkt olarak saca iletilmesi sağlanarak iyileştirme sağlanmıştır.
4. Deveboynu kısmının platforma bağlana kısımlarında meydana gelen gerilmeler I kesitli formun alt ve üst saclarına da etki etmiştir. Bu durumu tüm sac kalınlığı arttırmak vasıtasıyla yapıldığında ağırlık artışı olduğundan dolayı alt kısımlar daha kalın malzeme ile üst kısımlar ise daha ince malzemeler ile yapılarak alt kısımlarda daha fazla olan mukavemet gereksinimi bu sayede desteklenmiştir.
5. Deveboynu I kesitli taşıyıcı alt sacı, sargı sacı denilen özel kesitli bir sac ile desteklenmiştir.
6. Platform alt ve üst sacları kalınlık artışları yapılarak ve iç destek saclarının açıları ve konumları değiştirilerek ise gerilme ve deformasyon değerlerinde değişimler sağlanmıştır.

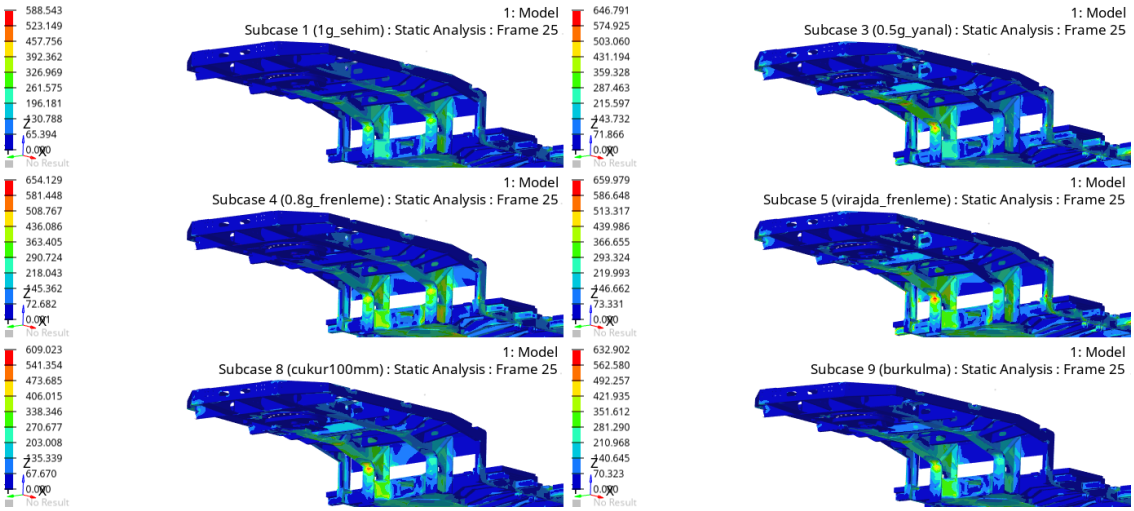
İyileştirilmiş bölgelerin olduğu görselleri detaylı olarak Şekil 4.14 ‘de verilmiştir. Kırmızı kutu içerisinde olan kısımlar ilk tasarıma ait iken, yeşil kutu içerisinde olan kısımlar şasinin iyileştirilmiş haline aittir.




Şekil 4.14: İyileştirme bölgelerinin detaylı gösterimi

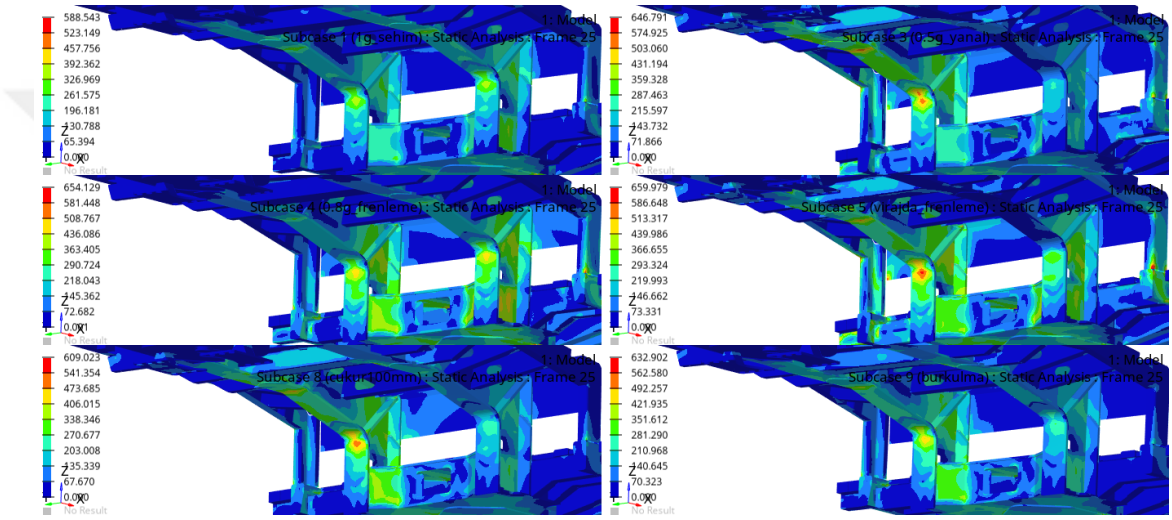
Belirtilen iyileştirmeler sonucu yeni tasarımda meydana gelen maksimum von mises eş değer gerilmeleri 690 MPa değeri altına indirgenerek gerilmeler emniyet bölgelere getirilmiştir.

Şekil 4.15 ‘de iyileştirilmiş tasarıma ait 6 farklı senaryoda von mises maksimum gerilmelerin genel görünümleri ve Şekil 4.16 ‘da ise iyileştirilmiş şasideki von mises maksimum gerilmelerin detaylı görünümleri verilmiştir.




Şekil 4.15: Şaside iyileştirilmiş tasarım sonrası meydana gelen maksimum gerilmelerin genel görünümü

İyileştirilmiş tasarım sonucu 6 senaryoda da von mises maksimum gerilme değerleri 690 MPa altında kalarak şasinin üzerine gelen kritik gerilmeler ortadan kaldırılmıştır. Maksimum gerilme değerleri; 1g sehim senaryosunda 588,543 MPa, 0,5g yanal senaryosunda 646,791 MPa, 0,8g frenleme senaryosunda 654,129 MPa, virajda frenleme senaryosunda 659,979 MPa, 100m çukur senaryosunda 609,023 MPa ve burkulma senaryosunda ise 632,902 MPa değerlerinde elde edilmiştir. Değerler renk skalasında kırmızı, turuncu ve sarı bölgelerde olmasına rağmen 690 MPa değeri altında kaldığı için emniyetli bölgededir.

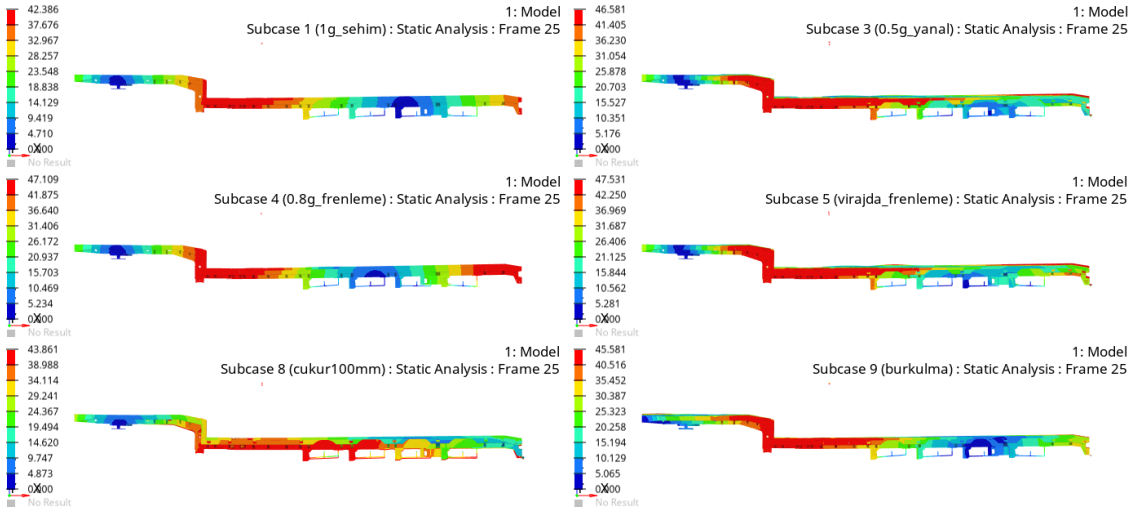


Şekil 4.16: Şaside iyileştirilmiş tasarım sonrası meydana gelen maksimum gerilmelerin detay görünümü

İyileştirme sonrası kritik bölgeler incelendiğinde deveboynu ana kirişleri, ön kapak, deveboynu ana kiriş alt ve üst sacları, deveboynu ana kiriş ara destek sacları ve sargı saclarında ilk tasarımda görülen von mises maksimum gerilmeleri 690 MPa değeri altında kaldığı detaylı olarak gözlemlenmiştir.

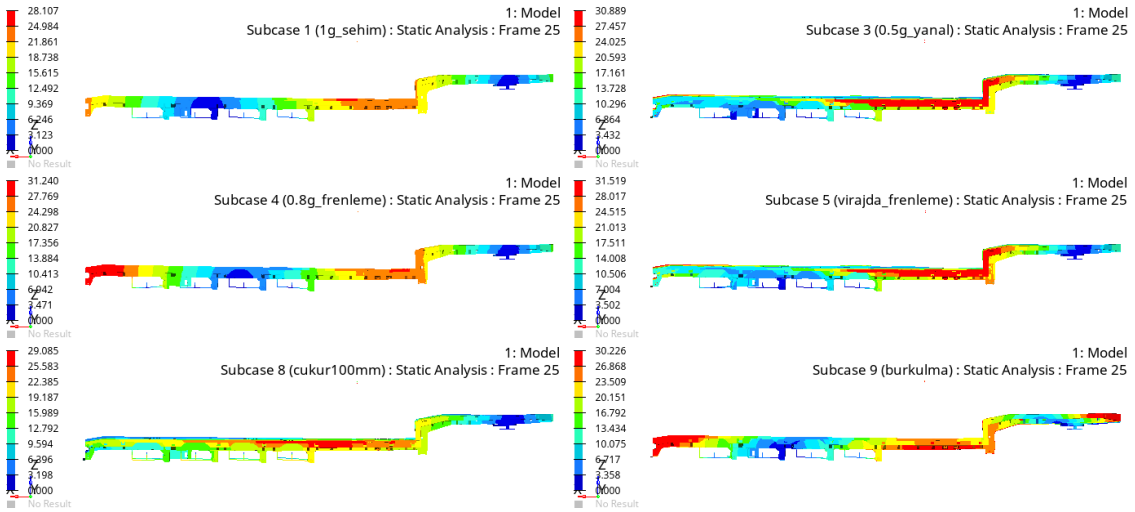
Şasi üzerine gelen gerilme değerlerinin yanı sıra deformasyon değerleride incelemiştir. Farklı senaryolarda uygulanan yüklemelere göre şasi üzerinde yapısal deformasyonlardan dolayı meydana gelen sehimler (deformasyonlar) gösterilmiştir. Deformasyonlar z ekseninde değişkenlik göstermektedir.

Şekil 4.17 ‘de ilk tasarıma göre şasi üzerinde bulunan deformasyon bölgeleri ve Şekil 4.18 ‘de ise iyileştirilmiş tasarıma ait deformasyon bölgeleri gösterilmiştir.




Şekil 4.17: Şaside ilk tasarım sonrası meydana gelen maksimum deformasyonlarım genel görünümü

Şasi üzerinde yükleme yapılan bölgede maksimum deformasyon değerlerinin yoğun olarak gözlemlenmiştir. Bu değerlerinde minimize edilmesi için platformu oluşturan alt ve üst sacların kalınlıklarında artış yapılmıştır. Konstrüksiyonu oluşturan iç destek sacları da açıları ve konumları değiştirilerek yapıda meydana gelen kritik deformasyonlarda iyileştirme sağlanmıştır. İlk tasarımda meydana gelen 42,386 mm ve 47,531 mm olan maksimum deplasman değerleri iyileştirmeler sonrası 28,107 mm ve 31,519 mm olan emniyetli bölgelere indirgenerek sacların plastik deformasyon bölgelerine geçişi engellenerek elastik bölgede kalması sağlanmıştır.

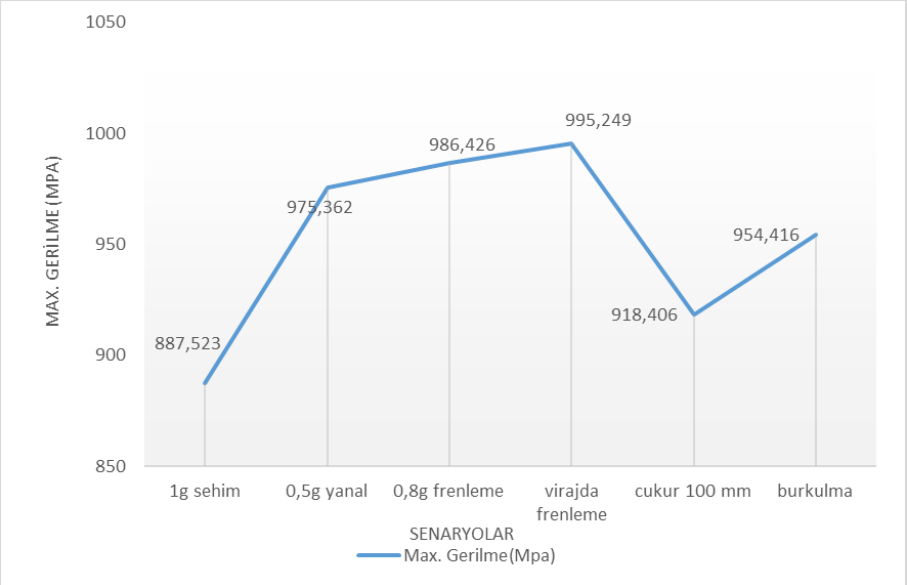



Şekil 4.18: Şaside iyileştirilmiş tasarım sonrası meydana gelen maksimum deformasyonlarım genel görünümü

Aracın sonlu elemanlar yöntemi ile analizlerinde ilk tasarım ve iyileştirilmiş tasarım sonucunda maksimum von mises gerilme ve deplasman değerleri elde edilmiştir. Şasinin yapılan iyileştirilme çalışmaları açıklanmıştır. Bulgular ve tartışma kısmında bu elde edilen çıktılar grafikler ile karşılaştırılacaktır.

# BÖLÜM 5. BULGULAR VE TARTIŞMA

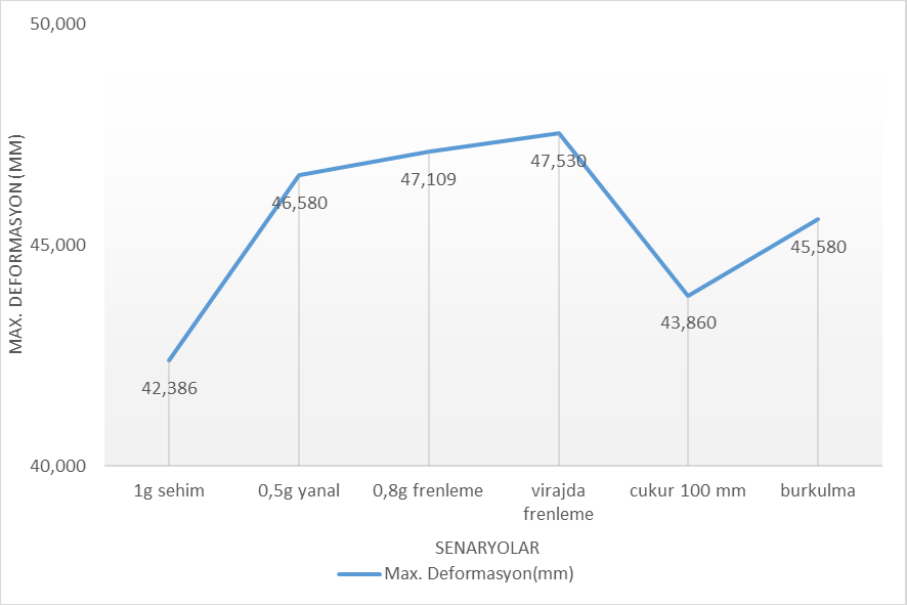
Lowbed şasisi üzerine 588.4 kN 'lik statik kuvvet ile yükleme 6 farklı tip senaryoda uygulanmıştır. İlk tasarıma uygulanan yük doğrultusunda alınan yapısal analiz sonuçlarına göre; oluşan maksimum von mises eşdeğer gerilme değerleri 887,523 MPa ile 995,249 MPa değerleri arasında değişkenlik göstermiştir. En yüksek von mises gerilme değerleri dağılımı şasinin deveboynu ve platform geçiş bölgesinde bulunan bölgelerde meydana gelmiştir. 1g sehim, 0.5g yanal, 0.8 frenleme, virajda frenleme, 100 mm çukur ve burkulma senaryolarının şasinin belirtilen bölgelerinde farklı von mises gerilme değerlerinin alınmasında katkısı olmuştur. Bu farklılık sayesinde şasiye gelen gerilme değerleri daha gerçeğe yakın bir değerlendirme imkanı tanımıştır. Şekil 5.1 'de bu çalışmada ilk tasarımı yapılan şasinin yükleme senaryolarına göre tespit edilen en yüksek von mises eş değer gerilmeleri görülmüştür.




Şekil 5.1: İlk tasarıma ait şasi üzerinde oluşan maksimum von mises gerilme değerleri

Şasinin ilk tasarıma göre deveboynu ve platform geçiş bölgesinde bulunan bölgelerinde meydana gelen deformasyon değerleri tespit edilmiştir. İlk tasarıma uygulanan yükleme

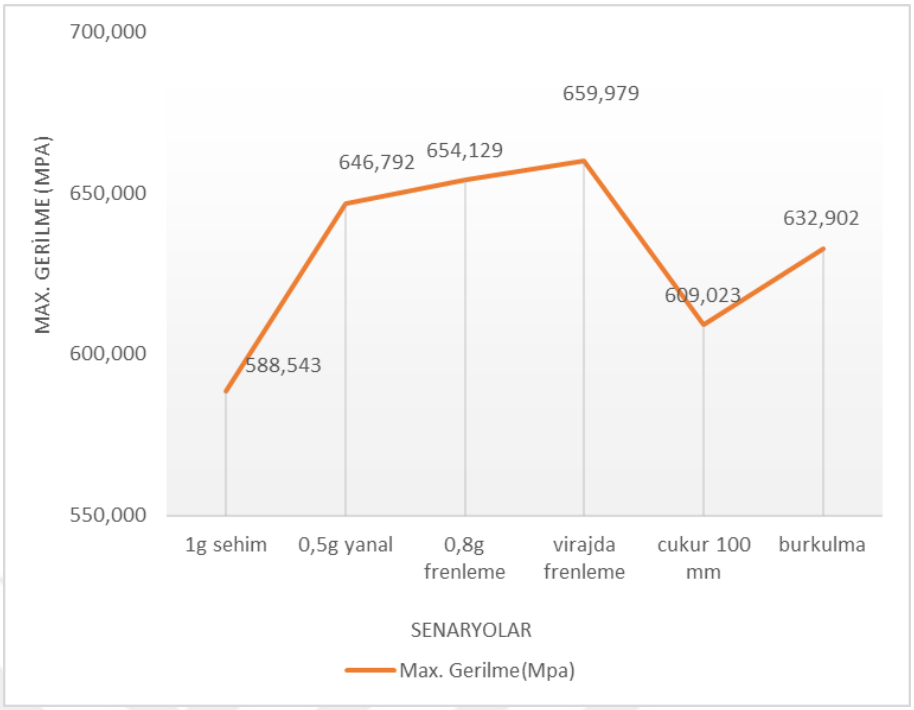
doğrultusunda elde edilen yapısal analiz sonuçlarına göre; deplasman değerleri 42,386 mm ile 47,530 mm değerleri arasında değişkenlik göstermiştir. Bu değerler şasinin deveboynu ile platform arasında olan geçiş bölgesinde meydana gelmiştir. Maksimum deplasman değeri 47,530 mm olarak maksimum von mises gerilme değerinin de görüldüğü virajda frenleme senaryosunda görülmüştür. Minimum değer ise şasiye en az zorlayıcı etkiye sahip senaryo olan 1g sehimde görülmektedir. Deformasyon değerleri Z ekseni doğrultusu boyunca Şekil 5.2 'de görüldüğü üzere değişkenlik göstermiştir.



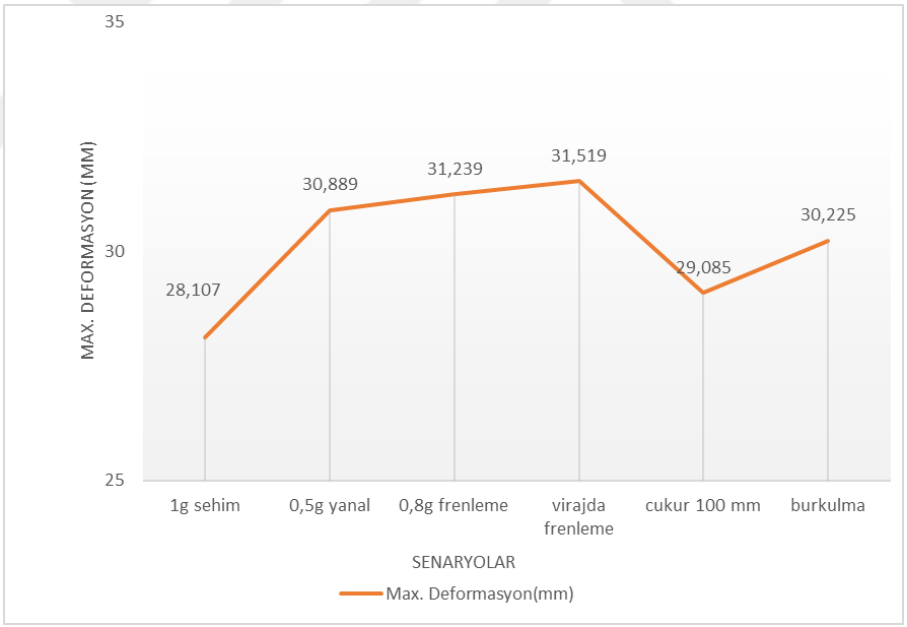

Şekil 5.2: İlk tasarıma ait şasi üzerinde oluşan maksimum deformasyon değerleri

İlk tasarım sonucu şasiye uygulanan yükler doğrultusunda alınan maksimum gerilme ve deformasyon değerleri sonucunda şaside belirli bölgelerde kritik gerilme ve deformasyon değerleri tespit edilmiştir. Elde edilen gerilme değerleri ve kullanılan malzemenin akma gerilmeleri karşılaştırıldığında gerilmeler malzeme akma gerilme değerleri üstündedir. Bu da şaside kritik bölge iyileştirme çalışmaları yapılması gerektirmiştir.

İlk tasarımda tespit edilen sonuçlar sonrasında iyileştirmeler ile elde edilen maksimum von mises ve deplasman değerleri grafiklerde maksimum değerleri ile Şekil 5.3 ve Şekil 5.4 'de gösterilmiştir.




Şekil 5.3: İyileştirilmiş tasarıma ait şasi üzerinde oluşan maksimum von mises gerilme değerleri

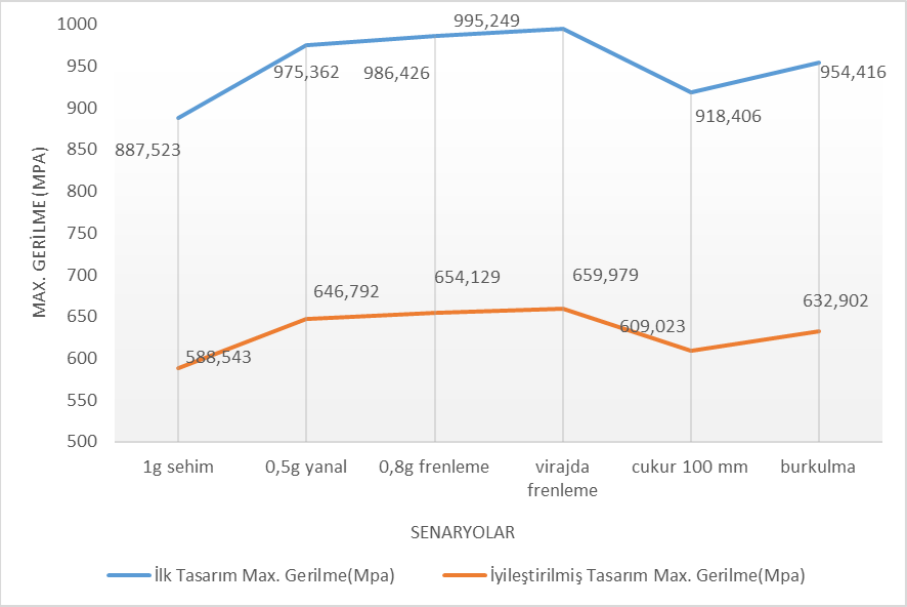



Şekil 5.4: İyileştirilmiş tasarıma ait şasi üzerinde oluşan maksimum deformasyon değerleri

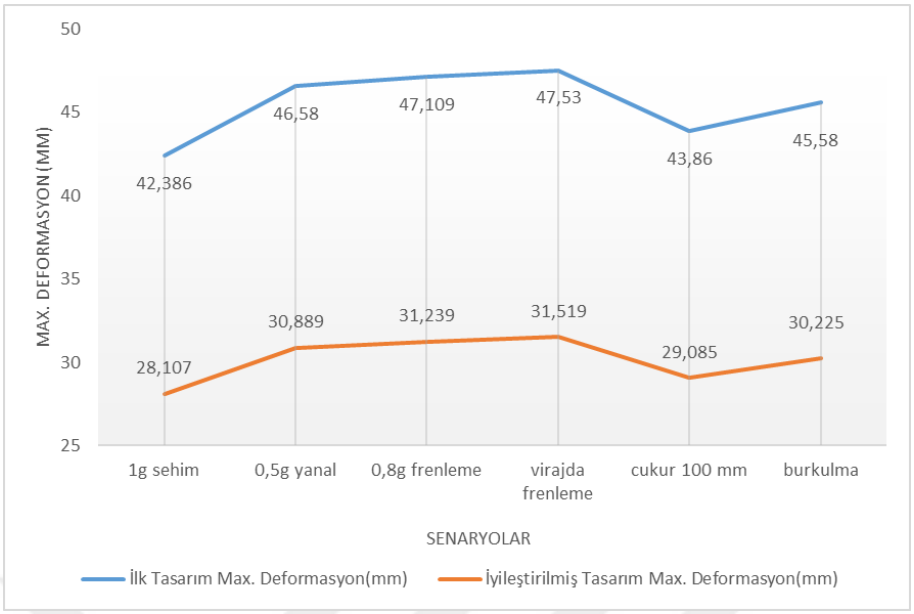
Kritik bölgelerde tespit edilen gerilmeler sonucu deveboynu I taşıyıcı şasisinin orta kısmında bulunan sacın mukavemeti arttırılması amacıyla şasi iç kısmından destek sacı kaynatılarak kısmi gerilme olan bölge kalınlığı arttırılarak bu bölge emniyetli hale getirilmiştir. U kesitli parça üzerinde görülen gerilme değerleri kalınlığı arttırılsa bile büküm formu bölgenin çalışma şartları altında gerilmeleri sönümleyemediği tespit

edilerek kalın sac ile dik bir şekilde desteklenerek kritik gerilmeler ortadan kaldırılmıştır. Ön kapak bölgesinde meydana gelen gerilmeler ise kapak dışarı kaynatıldığında çekme ve basma gerilmelerine maruz kaldığı için kaynak bölgelerinde kritik gerilmelere sebebiyet verdiği için kapak alt sac, üst sac ve deveboynu içerisine alınarak yükün kaynaklara değil de direk olarak saca iletilmesi sağlanarak iyileştirme sağlanmıştır. Deveboynu alt sac ve üst sacında özellikle geçiş bölgesinde meydana gelen yüksek gerilmeler nedeniyle iki parçalı ve değişken kalınlıkta modellenerek kritik bölgelerde kalın saclar, emniyetli bölgelerde ise daha ince saclar ile güvenli bölgelerde kalınmıştır. Deveboynu alt sacı alt büküm bölgesinde yoğun gerilmeleri minimize etmek için ise alt sargı sacları ile kısmi olarak bölgede kalınlık artışları sağlanmıştır.

İlk tasarım ve iyileştirilmiş tasarımda 6 farklı senaryoda gerçekleştirilen maksimum von mises gerilme değerleri ve deformasyon değerleri karşılaştırılmış ve elde edilen sonuçlar şekilde Şekil 5.5 ve Şekil 5.6 ‘da ki gibi gösterilmiştir.




Şekil 5.5: İlk ve iyileştirilmiş tasarıma ait şasi üzerinde oluşan maksimum von mises gerilme değerleri




Şekil 5.6: İlk ve iyileştirilmiş tasarıma ait şasi üzerinde oluşan maksimum deformasyon değerleri

# BÖLÜM 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan bu çalışmalar sonucunda hidrolik dümenlemeli lowbed yarı römork şasisi üzerinde yapısal statik metodu kullanılarak ve farklı yol koşullarında analizler gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada ilk olarak, tasarımı bilgisayar destekli çizim programıyla yapılan araca sonlu elemanlar yöntemi ile 1g sehim, 0,5g yanal, 0,8g frenleme, virajda frenleme, çukur 100m ve burkulma senaryolarında analizler yapılarak sonuçları 4.bölüm ve 5.bölüm içerisinde detaylı bir şekilde verilmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda modelin ön doğrulama işlemi statik koşullar için sağlanmıştır. Bu statik yüklemelere göre ilk tasarım ve iyileştirilmiş tasarım olarak iki adet sonuç elde edilmiştir.

İlk ve iyileştirilmiş tasarımlar sonucunda yapılan analizler ile bulgular elde edilerek aşağıdaki sonuçlar gözlemlenmiştir.

- Şekil 5.5. ‘te görüldüğü gibi hidrolik lowbed yarı römork aracının 588.4 kN ’lik yapısal statik yük ile yapılan analizleri sonucunda meydana gelen von mises maksimum gerilme değerleri elde edilmiştir. İlk tasarıma göre 887,523 MPa ile 995,249 MPa arasında değişiklik gösterirken, iyileştirmeler sonucunda 588,543 MPa ile 659,979 MPa değerleri aralığına indirgenmiştir. Bu çalışmalar sonucunda elde edilen maksimum von mises eş değer gerilme değerlerinin, malzeme akma mukavemet sınırlarının altında olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum, malzemenin gerilme-gerinim grafiğine göre elastik bölgede kaldığını göstermektedir.
- Yapısal analiz maksimum deformasyon çıktılarına göre; hidrolik lowbed aracına ait maksimum deformasyon değerleri Şekil 5.6. ‘da ilk ve iyileştirilmiş tasarım için gösterilmiştir. Deformasyon değerleri ilk tasarım için 42,386 mm ile 47,530 mm arasında değişiklik gösterirken, iyileştirilmiş tasarım sonrasında bu değerler 28,107 mm ile 31,519 mm aralığına indirgenmiştir. İyileştirilmiş tasarım sonrası elde edilen değerler elastik bölge içerisinde olduğundan dolayı emniyetli bölgede kalınmıştır.

- Bu çalışmada araçların dinamik yol koşulları göz önünde bulundurularak şasinin maruz kaldığı yükler tespit edilmiştir. Yol koşulları değerlendirildiğinde en yüksek gerilme ve deformasyon değerleri her iki tasarım için de viraj frenleme senaryosunda gözlemlenmiştir. İyileştirme sonrası bu değerler akma mukavemet sınırının altına çekilmiştir.
- Yapılan bu çalışmada mevcut bulunan şasi konstrüksiyonları ile kıyaslandığında %1 oranında bir ağırlık iyileştirilmesi sağlanmıştır.
- Ağırlık iyileştirilmesi sayesinde sac parça ve kaynak işçiliği kazanımları ile %5 oranında da maliyet iyileştirilmesi sağlanmıştır.
- Analizlerde elde edilen gerilme ve deformasyon değerleri güvenli bölgelerde kalınacak şekilde ayarlanmıştır. Fakat konstrüksiyonu oluşturan parçalarının kalınlık artışları ile bu değerler daha aşağı değerlere indirgenebilir.

# KAYNAKLAR


Aksoy, M. (2014). Ticari yarı römork tanker şasi yorulma dayanımının gerçek yol sinyalleri ile bilgisayar ortamında incelenmesi.(Yüksek Lisans). Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Bölümü,Sakarya.

Altan, M. (2002). Kaynak Distorsiyonları ve Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Analizi.(Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği.

Anık, S. (1991). *Kaynak Tekniği El Kitabı.* İstanbul: Gedik Eğitim Vakfı.

Anık, S., & Tülbentçi, K. (t.y.). *Tozaltı Kaynak Tekniği.* İstanbul: Gedik Kaynak San. Tic. A.Ş.

Anık, S., & Vural, M. (t.y.). *Gazaltı Ark Kaynağı(TIG•MIG•MAG).* İstanbul: Gedik Eğitim Vakfı.

Arslan, M., Tuncer, A., & Tandoğan, F. (2004). Kamyon Şasilerinde Titreşim Analizi. *II. Otomotiv Teknolojileri Kongresi.* Bursa: Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği.

ASM International Handbook Committee. (2005). *Volume 14A Metalworking: Bulk Forming.* Ohio: ASM International-The Materials Information Technology.

Baeslack, B. (1993). *Welding brazing and soldering.* Ohio: ASM Metals Handbook, Vol.6, Materials Park.

Barçın, Z. (2002). Semi treyler araçların bilgisayar destekli şasi tasarımı ve analizi, (Yüksek Lisans Tezi). Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Sakarya.

Beerman, H. (1977). Warping inhibition in the joints of vehicle frames with open cross-section members. *Leichtbau der Verkehrafahrzeuge*.

Benli, S. (2004). Kaynaklı parçalarda oluşan artık gerilmelerin incelenmesi.(Yüksek Lisans Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği, İzmir.

Chowdhury, H., Moria, H., Ali, A., Khan, I., Alam, F., & Watkins, S. (2013). 'A study on aerodynamics drag of a semi-trailer truck.', . *SciVerse ScienceDirect*, 201-205.

Connor, L. (1987). *Welding Handbook-Vol.1 Welding Technology.* Miami,FL: American Welding Society.

Craig, E. (1998). The plasma arc welding a review. *Welding Journal*, 19-25.

Çalıgülü, U., Türkmen, M., Çanakcı, A., & Göktaş, M. (2018). PTA kaynak yöntemi ile birleştirilen OPTİM 700 MC-St37 malzemelerinin X-Ray radyografisi. *The 1st International Engineering and Technology Symposium.* Batman: The 1st International Engineering and Technology.

Çancı, M., & Erdal, M. (2009). *Uluslararası Taşımacılık Yönetimi.* İstanbul: UTİKAD(Uluslar Arası Taşımacılık ve Lojistik Hizmet Üretenler Derneği).

Çimenoğlu, H. (t.y.). *Kaynak Metalurjisi*. Erişim adresi: https://docplayer.biz.tr/24917903-Kaynak-metalurjisi-prof-dr-huseyin-cimenoglu-i-t-u-metalurji-ve-malzeme-muhendisligi-bolumu.html adresinden alındı

Dinçer, S. (2004). Sonlu elemanlar yöntemi ile kapı dayanım analizleri. *II. Otomotiv Teknolojileri Kongresi.* Bursa: Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü.

Eager, T. (1993). *Energy Sources Used for Fusion Welding.* Cambridge: Massachusetts Institute of Technology.

Ereke, M. (2006). Taşıt Modeli Geliştirmede Kullanılan İleri Tasarım Teknikleri. *Tasarım Analiz ve İmalat Kongresi.* Balıkesir: Timak.

Ereke, M., & Yay, K. (1996). Çift katlı bir otobüs gövdesinin bilgisayar destekli yapısal optimizasyonu. *7. Uluslararası Makina Tasarım ve İmalat Kongresi*, (s. 38-43). Ankara.

Eren, İ. (2002). Taşıt Süspansiyon Sistemleri Tasarımında Burulma Yüklerinin Analizi. Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Balıkesir.

Ertürk, İ. (2021, Şubat 5). *Gazaltı Kaynak Yöntemleri*. Erişim adresi: http://detayquality.com/teknik/20.pdf adresinden alındı

Eryürek, İ. (2007). *Gazaltı Ark Kaynağı.* İstanbul: ASKAYNAK.

Han, D., Shen, B., Zhou, W., Zhang, X., & Li, Q. (2012). The study of tanker semi-trailers steering tability on the fluid-structure interaction. *Procedia Environmental Sciences*, 1082-1088.

Has Çelik. (2021). *hascelik.com/teknik-katalog*. hascelik.com: https://www.hascelik.com/teknik-katalog/files/hascel%C4%B1k%20katalog.pdf adresinden alındı

Hascometal. (2021). *Yapı çelikleri*. hascometal.com: https://www.hascometal.com/?gclid=Cj0KCQjw4v2EBhCtARIsACan3nz-jQK_JSPgc9qmYFL5Ldwf_o97R67OZUp4KeYfwdhSZwoJG7p_dtMaAuDPEALw_wcB adresinden alındı

Holliday, D. (1993). Gas-Metal Arc Welding. In D.L. Olson, T.A. Siewart, S.Liu and G.R. Edwards (Ed.), ASM Handbook, Volume 6: Welding, Brazing, and Soldering. (s. 569-581). Materials Park, OH: ASM International.

Karaoğlu, Ç. (1999). Kamyon şasilerinde ana profil kalınlığının gerilmeler üzerindeki etkisi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 89-95.

Karaoğlu, Ç., & Kurulay, S. (2002). Stress Analysis of a Truck Chassis with Riveted Joints. *Sciences Engineering Medicine*, 1115.

Kearns, W. (1978). *Welding Handbooki Seventh Edition, Volume 2, Welding Processes-Arc and Gas Welding and Cutting, Brazing, and Soldering(Seventh ed.).* Miami, FL: American Welding Society.

Kılıç, M. (2006). Yazılım Tabanlı Üretim Otomasyonu ve Bir Tekstil Fabrikasındaki Uygulaması, (Yüksek Lisans). Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Kocaeli.

Kögmen, Z. (2014). Karayolu Taşımacılığının Diğer Taşımacılık Modlarıyla Karşılaştırılması ve Sağladığı Avantajlar. Ankara: Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı.

Kurtulmuş, M., Fidaner, O., & Yükler, A. İ. (2009). Normalize St52 Çeliklerin Ultrasonik Muayenesi. *5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu(IATS'09)* (s. 13-15). Karabük: 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu(IATS'09).

Kwangju, L., & Nicolaidis, E. (1992). Identification of Flexible Joints in Vehicle Structures. *Aiaa Journal*, 482-489.

Lincoln Electric. (1997). *MIG/MAG Welding Guide For Gas Metal Arc Welding (GMAW)*. The Lincoln Electric Company: https://www.scribd.com/doc/3096258/welding-MIG-MAG-Welding-Guide-Lincoln-Electric-eBook-48-pages adresinden alındı

mevzuat.gov.tr. (2021, Mayıs 15). *Motorlu Araçların ve Römorklarının Kütle ve Boyutları ile İlgili Tip Onayı Yöntmeliği*. mevzuat.gov.tr: mevzuat.gov.tr/File/GeneratePdf?mevzuatNo=18944&mevzuatTur=KurumVeKurulusYonetmeligi&mevzuatTertip=5 adresinden alındı

Nadzam, J. (2014). *Gas Metal Arc Welding System-Product and Procedure Selection.* Cleveland, OH: The Lincoln Electric Company. . www.lincolnelectric.com. adresinden alındı

Oğuz, B. (1989). *Malzeme Bilgisine Giriş.* İstanbul: Oerlikon.

Open.edu. (2021, Şubat 20). *Gas Shielded Arc Welding Processes(TIG/MIG/MAG)*. From: https://www.open.edu/openlearn/science-maths-technology/engineering-technology/manupedia/gas-shielded-arc-welding-processes-tig/mig/mag adresinden alındı

Özgüç, M. (1977). Araç proje ve dizayn. *Makine Mühendisleri Odası*, 626.

Pınar, A., & Güllü, A. (2007). Dairesellik hatası ölçümünde kullanılan yöntemlerin incelenmesi. *Journal of Polytechnic*, 137-144.

Piroğlu, F., Uzgider, E., Vural, M., & Çağlayan, Ö. (2003). Geçmişten Bugüne Yapı Çeliği ve Önemli Yapısal Özellikleri. *Tmh - Türkiye Mühendislik Haberleri*, 426 - 4.

Reliance. (2017, Şubat 15). *Reliance*. https://www.reliancetrailer.com/: https://www.reliancetrailer.com/site/overview/history/ adresinden alındı

Saf Dingil. (2021, Haziran 21). *safholland*. www.safholland.com.tr: http://www.safholland.com.tr/tr/tr/products/trailer-axles-and-suspension-systems/air-intra adresinden alındı

Sparkerweld.com. (2021, Şubat 25). *Elektrik Ark Kaynağı*. Sparkerweld.com: https://www.sparkerweld.com/tr/teknoloji-detay/elektrik-ark-kaynagi-nedir/10 adresinden alındı

Şen, Ş. (2017). Dorse tasarımında ağırlık optimizasyonu ve malzeme seçimi.(Yüksek Lisans). Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstriyel Tasarım Mühendisliği Bölümü, Karabük.

Şenalp, Z., & Bezer, Y. (2006). Treyler Şasinin Bilgisayar Destekli Tasarımı ve Sonlu Elemanlar Methoduyla Yapısal Analizi. *Tasarım İmalat ve Analiz Kongresi* (s. 558-569). Balıkesir: Timak.

Şık, A. (2002). *Otomobil Saclarının MIG/MAG Kaynağında Gaz Karışımlarının Bağlantının Mekanik Özelliklerine Etkisi.(Doktora Tezi)*. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstriyel Teknoloji Eğitimi, Ankara.

Şık, A. (2007). Yapı çeliğinin (St 52-3) MIG/MAG kaynağında gaz karışımlarının çekme dayanımı özelliklerine etkisi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 22 769-770.

T.C. Resmi Gazete. (2014). Araçların imal tadil ve montajı hakkında yönetmelik. *Motorlu Araçların ve Römorklarının Kütle ve Boyutları Hakkında Kanun*.

T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2019). *Sanayi ve Ticaret Bakanlığı Mevzuat Şubesi*. https://www.sanayi.gov.tr/department.html?lang=tr# adresinden alındı

Tanrıverdi, M. (1995). Çelik malzemelerin lazer ile kesilmesinde kesme bölgesinin yapı ve özelliklerinin incelenmesi.(Yüksek Lisans Tezi). Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği, Bursa.

Tırsan Treyler. (2021, Haziran 20). *Ürünler*. Tırsan: https://tirsan.com.tr/ adresinden alındı

Tolun, F. (2007). Yük taşıtlarının taşıyıcı aksamlarının gerçek yol yükleri altında.(Yüksek Lisans Tezi). Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği, Balıkesir.

Tolun, F., & Eren, İ. (2007). Yük taşıtlarının taşıyıcı aksamlarının gerçek yol yükleri altında analiz edilmesi.(Yüksek Lisans Tezi). Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Balıkesir.

Tolun, Y. (2014). Yarı römork taşıtları ve bu taşıtların üretiminde kullanılan kaynak işleminin ve uygulamalarda karşılaşılan hataların incelenmesi.(Yüksek Lisans). Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Bölümü, Balıkesir.

Treder. (2021, Mayıs 15). *Treyler Sanayiciler Derneği Satış İstatistikleri*. Treder: https://www.treder.org.tr/rapor-ve-istatistik/ adresinden alındı

TÜİK. (2015, Mart 25). *www.tuik.gov.tr*.

Tülbentçi, K. (1990). *MIG-MAG Ergiyen Elektrod ile Gazaltı Kaynağı.* İstanbul: Gedik Eğitim Vakfı.

Wikipedia. (2021, Mayıs 15). *İçten Yanmalı Motorlar(Nikolaus_Otto)*. Wikipedia: https://tr.wikipedia.org/wiki/Nikolaus_Otto adresinden alındı

Yavuz, N., Özcan, R., & Polat, F. (2005). Tozaltı kaynak bağlantısının sonlu elemanlar yöntemi ile termal ve mekanik analizi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 14-15.

Yıldırım, D. (2018). 2205 Dubleks paslanmaz çelik ile S355J2 genel yapı çeliğinin birleştirilebilirliğinin incelenmesi.(Yüksek Lisans Tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,Makina Mühendisliği, Trabzon.

Yıldırım, M., Pakdil, M., Doğantan, Z., & Çakan, A. (2001). *Mühendislik Malzemeleri I.* Hatay: Mustafa Kemal Üniversitesi Yayınları.

Yüksel, A. (1975). Şasi. *Makine Mühendisleri Odası*, 629-24.

Yüksel, H. (2010). Taşıt Tasarımında Had Kullanılabilirliği. *2.Ulusal Tasarım İmalat ve Analiz Kongresi.* Balıkesir: Timak.

Yüksel, H. (2013). Taşıt konstrüksiyonu. Ders Notu.