

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

**LOWBED TREYLER ARAÇLARI İÇİN RAMPA TASARIMI VE
YAPISAL ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Yasin KÜTÜK

Enstitü Anabilim Dalı : OTOMOTİV MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Can HAŞİMOĞLU

Ağustos 2019

T.C.
SAKARYA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

LOWBED TREYLER ARAÇLARI İÇİN RAMPA TASARIMI VE
YAPISAL ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

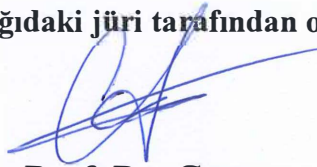
Yasin KÜTÜK

Enstitü Anabilim Dalı : OTOMOTİV MÜHENDİSLİĞİ

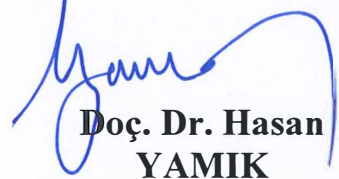
Bu tez 08/08/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.



Prof. Dr. İbrahim
ÖZSERT
Jüri Başkanı



Prof. Dr. Can
HAŞİMOĞLU
Üye



Doç. Dr. Hasan
YAMIK
Üye

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.

Yasin KÜTÜK

08/08/2019

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 Prof. Dr. Can HAŞİMOĞLU' na teşekkürlerimi sunarım.

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

Tasarım konusunda bilgi ve deneyimlerini esirgemeyen, teşvik eden ve yönlendiren, maddi ve manevi olarak her türlü desteği sunan TIRSAN TRAILER A.Ş. Lowbed Standart Grubu Sorumlu Uzmanı Yıldız ÇOBAN' a ve Lowbed Direktörü Bülent YEĞENOĞLU' na destekleri için teşekkür ederim.

Proje çalışması boyunca engin bilgi ve deneyimlerini esirgemeyen, paylaşan ve yönlendiren TIRSAN TRAILER A.Ş. Lowbed Analiz Grubu Sorumlu Uzmanı Burak SEVİN' e teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans eğitimim boyunca desteklerini esirgemeyen, teşvik eden ve araştırmanın planlanmasında yardımcı olan değerli çalışma arkadaşlarım ve meslektaşlarım Sezgin ALTUK' a, Oğuz ARSLAN' a, Bertan TIRYAKİ' ye, Suat KURTULUŞ' a, Yasin ULU' ya, Engin ERDOĞAN' a teşekkür ederim.

Son olarak, Yüksek lisans eğitimim boyunca her daim beni destekleyen değerli annem Serpil KÜTÜK' e, babam Ayvaz KÜTÜK' e, ablam Ceylan KÜT' e ve eniştem Ali Evren KÜT' e teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	v
TABLolar LİSTESİ.....	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	ix
ÖZET.....	xi
SUMMARY	xii

BÖLÜM 1.

GİRİŞ	1
1.1. Giriş	1
1.2. Treyler Sektörünün Tarihsel Gelişimi	3
1.3. Literatür Araştırması.....	4
1.4. Çalışmanın Amacı ve Beklentiler	9

BÖLÜM 2.

YARI RÖMORKLAR	10
2.1. Yarı Römorklar Tipleri	11
2.1.1. Alçak tabanlı yarı römork lowbed treyler.....	11
2.1.2. Uzun tabanlı alçak tabanlı yarı römork lowbed treyler	12
2.1.3. Düz tabanlı yarı römork treyler	13
2.2. Yarı Römorkun Çekici ile Birleştirilmesi.....	15
2.3. Lowbed Treyler Çeşitleri	20
2.3.1. O kategorisi araçlar.....	20
2.3.1.1. 01 kategorisi araçlar	21
2.3.1.2. 02 kategorisi araçlar	21

2.3.1.3. 03 kategorisi araçlar	22
2.3.1.4. 04 kategorisi araçlar	23
2.4. Lowbed Treylerin Ana Parçaları	23
2.4.1. Deveboynu ve king pin.....	24
2.4.2. Dingil grubu ve lastikler	25
2.4.3. Platform (Şasi).....	26
2.4.3.1. Dikdörtgen platform.....	26
2.4.3.2. Trapez platform.....	27
2.4.3.3. X şasi.....	27
2.4.3.4. Çatal şasi	28
2.4.3.5. Platform şasi.....	29
2.4.3.6. Kademeli şasi	30
2.4.3.7. Ana giriş şasi	30
2.4.4. Rampa.....	31
2.5. Lowbed Treyler Rampası Yapısal Özellikleri	32
2.6. Lowbed Treyler Rampa Çeşitleri.....	34
2.7. Rampa Malzemeleri ve Özellikleri.....	36
2.7.1. St 52-3(S355J2G3)	36
2.7.2. S700MC(QSTE690)	36
2.8. Rampada İmalatında Kullanılan Kaynak Çeşitleri	37
2.8.1. Gaz altı ark kaynağı (MIG/MAG).....	37
2.8.2. Toz altı kaynağı (SAW).....	39

BÖLÜM 3.

BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIM İŞLEMLERİ	40
3.1. Gerilme-Gerinim Kavramı.....	40
3.2. Poisson Oranı.....	41
3.3. Elastisite (Young) Modülü	42
3.4. Malzemenin Akma, Nihai ve Kopma Gerilmesi	42

BÖLÜM 4.

SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE ANALİZ.....	44
--	-----------

4.1. Katı Modelin Oluşturulması	46
4.1.1. Modelin elemanlara (Mesh) bölünmesi	47
4.1.2. Modele kaynak atılması	50
4.1.3. Sınır şartlarının belirlenmesi ve yüklerin uygulanması	52
4.2. Yapısal Analiz	56
4.2.1. Rampadaki gerilme ve deformasyon bölgeleri	58

BÖLÜM 5.

BULGULAR VE TARTIŞMA	63
-----------------------------------	-----------

BÖLÜM 6.

SONUÇ VE ÖNERİLER.....	67
-------------------------------	-----------

KAYNAKÇA	69
-----------------------	-----------

ÖZGEÇMİŞ	73
-----------------------	-----------

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Lowbed Yarı Römork.....	12
Şekil 2.2. Lowbed Yarı Römork Teknik Resmi.....	12
Şekil 2.3. Uzayabilen Lowbed Yarı Römork.....	13
Şekil 2.4. Uzayabilen Lowbed Yarı Römork Teknik Resmi	13
Şekil 2.5. Düz Tabanlı Yarı Römork Treyler.....	14
Şekil 2.6. Düz Tabanlı Yarı Römork Treyler Teknik Resmi	14
Şekil 2.7. Üç dingilli bir çekici ile iki dingilli yarı römork bağlantısının teknik resmi	15
Şekil 2.8. Üç dingilli bir çekici ile üç dingilli bir yarı römork bağlantısının teknik resmi	16
Şekil 2.9. Yarı römork ve çekicisini birleştiren teker montaj resmi	16
Şekil 2.10. Çekicinin önü ile beşinci teker arası mesafesi.....	17
Şekil 2.11. Ayarlanabilir beşinci tekerlek mekanizması.....	18
Şekil 2.12. Ayarlanabilir beşinci tekerlek mekanizması konumu.....	18
Şekil 2.13 Beşinci tekerleğin zeminden yüksekliği	18
Şekil 2.14. Çekicinin ön çarpar ve arka çarpar mesafeleri.....	19
Şekil 2.15. 01 kategorisi römork örneği.....	21
Şekil 2.16. 02 kategorisi römork örneği.....	22
Şekil 2.17. 03 kategorisi römork örneği.....	22
Şekil 2.18. 04 kategorisi römork örneği.....	23
Şekil 2.19. Köşe pahlı ve düz köşeli deveboynu görünümü	24
Şekil 2.20. BPW marka hava körükleri, süspansiyon ve dingil.....	25
Şekil 2.21. Dikdörtgen Platform	26
Şekil 2.22. Dikdörtgen Platform Görünümü.....	27
Şekil 2.23. Trapez Platform Kesiti.....	27
Şekil 2.24. X Şasi.....	28

Şekil 2.25. X Şasi Görünümü.....	28
Şekil 2.26. Çatal Şasi	29
Şekil 2.27. Platform Şasi.....	29
Şekil 2.28. Lowbed Treylerinde Kademeli Şasi Uygulaması	30
Şekil 2.29. Yarı Römork olan Platform Araçlarında Ana Giriş Şasi Uygulaması.....	31
Şekil 2.30. Lowbed Treyler üzerinde önden ve arkadan katlanır rampa görünümü	32
Şekil 2.31. Lowbed Treyler üzerinde tekli rampa görünümü	32
Şekil 2.32. Rampanın zeminden olan yüksekliği	33
Şekil 2.33. Rampa genişliğinin arkadan ve üstten görünüşü	33
Şekil 2.34. Rampa uzunluğu ve açısı	34
Şekil 2.35. Rampa indirme-kaldırma yönleri (1 no' lu hareket).....	35
Şekil 2.36. Rampa sağa-sola kaydırma yönleri (2 no'lu hareket).....	35
Şekil 2.37. MIG/MAG kaynak donanımı.....	38
Şekil 2.38. MIG / MAG kaynağının şematik gösterilişi	38
Şekil 2.39. Tozaltı ark kaynağının şematik gösterilişi	39
Şekil 3.1. Birim uzama değişimi	41
Şekil 3.2. Akma, nihai ve kopma gerilmesi	42
Şekil 3.3. Nihai gerilme (Çekme dayanımı)	43
Şekil 4.1. Lowbed yarı römork rampasının 3 boyutlu katı modeli	47
Şekil 4.2. Lowbed yarı römork rampasının üstten görünüşü	47
Şekil 4.3. RBE2 Ağ yapı görünümü	48
Şekil 4.4. Lowbed arka kuyruk yapısı.....	48
Şekil 4.5. Ağ modeli oluşturulurken malzeme özelliklerinin programa tanıtılması	49
Şekil 4.6. Penta elementlerin RBE3 ile yakınlığı.....	51
Şekil 4.7. Noktasal kütlelerin taban ahşabına basma alanları	52
Şekil 4.8. Noktasal kütle ile basma yüzeylerinin arasındaki RBE3 element tipi.....	53
Şekil 4.9. Rampanın kuyruğu ile zemin arasındaki sabitleme	53
Şekil 4.10. Rampaya uygulanan 6 farklı yükleme senaryosu	54
Şekil 4.11. Rampaya uygulanan yükün 6 farklı senaryosunun perspektif görünümü	55

Şekil 4.12. Rampa yüklemesi, lowbed kuyruk konsolu kompleksi ve zemin.....	56
Şekil 4.13. Rampa yüklemesi, lowbed kuyruk konsolu ve Zemin.....	57
Şekil 4.14. Rampa yüklemesi, lowbed kuyruk konsolu kompleksi ve zemin perspektif görünümü	58
Şekil 4.15. Rampada oluşan maksimum gerilmelerin alt bölgeden görünümü.....	59
Şekil 4.16. Rampada oluşan maksimum gerilmelerin alt bölgeden yakınlaştırılmış görünümü	60
Şekil 4.17. Rampada oluşan maksimum gerilmelerin Iso Surface Kırpma görünümü	61
Şekil 4.18. Rampada oluşan maksimum deplasman değerleri.....	62
Şekil 4.19. Rampadaki deplasman değerlerinin 10 kat deformasyon faktörü uygulanmış görünümü.....	62
Şekil 5.1. Çalışmada yeni tasarımı yapılan rampanın üzerinde oluşan maksimum gerilme değerleri.....	63
Şekil 5.2. Çalışmada yeni tasarımı yapılan rampanın üzerinde oluşan maksimum deformasyon değerleri	64
Şekil 5.3. Yükleme pozisyonlarına göre bir önceki varyantın en yüksek deformasyon değerleri	65
Şekil 5.4. Yükleme pozisyonlarına göre bir önceki varyantın en yüksek gerilme değerleri.....	65
Şekil 5.5. Bu çalışmadaki tasarlanan rampa ile bir önceki varyantın en yüksek deformasyon değerleri	66
Şekil 5.6. Bu çalışmadaki tasarlanan rampa ile bir önceki varyantın en yüksek gerilme değerleri.....	66

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 2.1. Çekicilerde bulunan beşinci tekerin zeminden yüksekliği	19
Tablo 2.2. O kategorisine ait sınıflandırma.....	21
Tablo 2.3. Rampa açısı, uzunluğu, yüksekliği ve genişliği.....	34
Tablo 4.1. Modelde meydana gelen Ağ tipleri ve sayısı.....	49
Tablo 4.2. Analizde kullanılan ağ tipleri.....	50
Tablo 4.3. Hyperworks programında kullanılacak olan kaynak ölçüleri.....	51

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

m	:	Metre
cm	:	Santimetre
mm	:	Milimetre
mm^2	:	Milimetre kare
Kg	:	Kilogram
KN	:	Kilo Newton
MPa	:	Megapaskal
σ	:	Gerilme
μm	:	Mikrometre
A_0	:	Alan
F	:	Kuvvet
ε	:	Gerinim
ΔL	:	Uzama Mesafesi
ε_z	:	Uygulanan Yüke Karşı z Kesitindeki Uzama mesafesi
ε_y	:	Uygulanan Yüke Karşı y Kesitindeki Uzama mesafesi
ε_x	:	Uygulanan Yüke Karşı x Kesitindeki Uzama mesafesi
ν	:	Poisson Oranı
E	:	Elastisite Modülü
σ_y	:	Akma Gerilmesi
σ_u	:	Çekme Dayanımı
σ_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)
TIG	: Tungsten Inert Gas (Tungsten Atık Gaz)
H	: Rampa Yüksekliği
W	: Tekil Rampa Genişliği
L	: Rampa Uzunluğu
α	: Rampa Açısı
R	: Rampa Kapalı Konumdayken Yan Görünüş Genişliği
G	: Ön Çarpır ve Arka Çarpır Mesafe Boşlukları
t	: Malzeme kalınlığı

LOWBED TREYLER ARAÇLARI İÇİN RAMPA TASARIMI VE YAPISAL ANALİZİ

ÖZET

Son zamanlarda dünyada Sonlu Elemanlar Yöntemini kullanarak Lowbed treyler araçlarındaki gerilmelerin incelenmesi önemli bir çalışma konusu haline gelmiştir. Çalışmada Lowbed treyler araçları; farklı bir bakış açısıyla ele alınmıştır. Ülkemiz taşımacılığında; yük aracı olarak önemli bir yer teşkil eden ve yarı römork olan Lowbed treylerinin rampalarındaki; kritik gerilme altında kaynaklı bağlantı bölgeleri tespit edilerek, incelenmiştir.

Çalışmanın ilk aşamasında, lowbed yarı römork rampası 3 boyutlu olarak ve tip onay belgelendirmede (homologasyon) izin verilen ölçülere göre CATIA programında modellenmiştir. 3 boyutlu bu model üzerinde, sınır şartları belirlenmiştir. Lowbed rampasının taşıdığı yükler; Hyperworks programında sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak uygulanmış olup, yapısal analizi simüle edilmiştir. Elde edilen gerilme (MPa) ve toplam deformasyon (mm) analizleri sonucunda, kritik gerilme altındaki kaynaklı bağlantı bölgeleri tespit edilmiştir. Kritik gerilmelerin tespit edildiği bağlantı parçaları, yeniden 3 boyutlu olarak modellenerek, Hypermesh programında ağ(mesh) atılarak, yapısal analize tabi tutulmuştur. Netice olarak yapısal analiz sonuçlarına göre, tasarım optimizasyonu yapılarak; daha kullanışlı ve hafif bir treyler rampası tasarlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Lowbed, yarı römork, rampa, sonlu elemanlar yöntemi, yapısal analiz

RAMP DESIGN AND STRUCTURAL ANALYSIS FOR LOWBED TRAILER VEHICLES

SUMMARY

Recent times, examining the stress on Lowbed trailer vehicles by using the 'Finite Elements Methods' has just become a very important project issue in the world. Lowbed trailer vehicles has been treated by a diversified point of view. It was examined and determined the connection welded areas which's been under the critical stress on semi-trailer ramp as a being significant loading vehicle in our country's transportation.

At the first stage, lowbed semi-trailer ramp was modeled in 3D model area and type approval certification (homologation) according to the allowable dimensions on CATIA programme. The boundary conditions have been determined on this 3D model. The loads carried by the Lowbed ramp have been applied in the Hyperworks programme by using the 'Finite Elements Method' and the structural analysis was simulated. As a result of the obtained stress (MPa) and total deformation (mm) analysis, the welded connection regions under critical stress were determined. The mounting part which has the ultimate tension were re-modeled and subjected to structural analysis by applying mesh on Hypermesh programme. As a result, according to the structural analysis, by optimising design of the ramp, a more useful and lightweight trailer ramp has been designed.

Keywords: Lowbed, semi-trailer, ramp, Finite Elements Method, Structural Analysis

BÖLÜM 1. GİRİŞ

1.1. Giriş

Treyler, son zamanlarda taşımacılık ve ulaşım sektörünün önem kazanması ve gelişmesi ile birlikte taşıyacağı ağırlığın özelliklerine ve teknik verilerine göre en az 3 dingile sahip; king pin bağlantısı ile çekicinin beşinci tekerine bağlanan yarı römorktur. Üretimleri zamanla standartlaştırılan, ağırlık oranına göre minimum maliyetli kara yolu taşımacılık yöntemlerinden birisidir.

Çalışma amaçlarına göre tercih edilen treylerler karayollarının tespit ettiği ve uluslararası standartlara bağlı kalınarak tasarlanıp, sac parçalar ve standart kesitli profiller ile birbirine kaynak yapılarak rijit bir ürün imal edilir. İmalat ve opsiyon çeşitleri olan dingil sistemleri ve treylere göre fren, hidrolik, süspansiyon, taşıma ve elektronik sistemler ile donatılarak treylerler üretilip; müşterinin taşıma ihtiyacına göre alıcıya sunulur.

Bahsi geçen konulardan dolayı, küreselleşen dünya ve ülkeler arasında artan ticaret ile birlikte; ulaşım ve taşımacılık konusunun önem kazanmasına sebep olmuştur. Dünyada ve ülkemizde kullanılan en yaygın taşımacılık şekillerinden birisi karayolu taşımacılığıdır. Karayolu maliyetinin fazla olması nedeniyle taşıtlara bir takım teknik özellikler ile ilgili kısıtlamalar getirilmiştir. Özellikle uluslararası taşımacılıkta Lowbed tipi treylerlerin kullanımının artmasında yakıt ve ulaşım maliyetlerinin fazla olması önemli bir etken olmuştur.

Taşımacılıkta ağırlık her zaman bir dezavantaj oluşturmuştur. Bu yüzden ağırlık her zaman treylerde bulunan sistemlerin verimli çalışmasına engel olmuştur. Lowbed treyler ağırlığının en önemli iki bileşeni ise şase ve rampalardır. Lowbed treyler kullanıcıları

ağırlıktan dolayı fazla yakıt tüketimi ile yüz yüze kalmaktadır. Bununla birlikte ağır yük altında çalışan treylerin tasarımına ve imal edileceği malzeme çeşidine çok önem verilmesi gerekir.

Ayrıca en önemli konulardan birisi de aşınma ve deformasyonlardır. Kullanılacak malzemelerin bütün bu taleplere cevap vermesi gerekmekte olup; seçiminde iyi karar verilmesi esastır. Bu sayede daha hafif ve mukavemetli treyler üretimi yapılabilir.

Ağır yüklemelerde ve düzenli olmayan yol şartlarında çalışan bu araçlarda belirli bir işletme süresi sonunda yapısal birtakım problemler görülmesi olağandır. Netice olarak çıkan bu problemler genellikle kritik yerlerde görülen gerilmeler ve bu gerilmelerin neden olabileceği hasarlardır. Bu sebeple, şasi ve yüklemde rampa bağlantılarındaki gerilme ve deformasyon çıktılarının araştırılması ve meydana gelen problemlerin tasarım aşamasında giderilmesi gerekmektedir.

Bilindiği üzere kaynaklı yapılarda oluşan gerilmeler çekmelere sebep olurlar. Bu da kaynaklı bölgelerdeki malzeme direncinin düşmesine sebep olur. Son zamanlarda teknolojinin ilerlemesiyle birlikte sonlu elemanlar metotlarındaki gelişmeler kaynaklı yapılardaki analizleri oldukça kolay hale getirmiştir. Bu çalışmada ise kaynaklı birleştirme yapılan bölümlerdeki rampa bağlantılarının gerilme analizi yapılmıştır.

Çalışmada Lowbed yarı römork rampası CATIA programında tasarlanarak Hyperworks programında modellenmiş ve üzerine statik yükler uygulanmıştır. Bu analiz neticesinde incelenen kaynaklı bölgede meydana gelen sınır gerilmeleri ve deplasman değerleri tespit edilmiştir. Hyperworks programında belirli kritik gerilme altındaki kaynaklı rampa gövdesi ve kuyruk şasi bağlantısı ayrıca modellenip, üzerine etkiyen dış yüklerin sebep olduğu gerilmelerle birlikte yapısal analiz uygulanmıştır. Analiz sonucunda birbirine kaynaklı parçalardan oluşan rampanın deplasman değerleri incelenmiştir.

1.2. Treyler Sektörünün Tarihsel Gelişimi

İnsanlar ilk zamanlardan itibaren hayatını kolaylaştırmayı amaç edinerek yaşamayı hedeflemiştir. Milattan önce 3000 yıllarında tekerleğin icat edilmesi ile insanlar, kendisini ilerletecek teknik gelişmelere öncülük etmiştir. Yardımcı araç olarak kullanılan tekerlek, düz kasaların altına takılmasıyla birlikte dünya tarihindeki ilk römorklar meydana getirilmiştir.

Ulaşım alanında tekerleğin yol açtığı bu devrimi, içten yanmalı motorların 1850 yıllarında icat edilmesi takip etmiştir. Önce Belçikalı bilim insanı Etienne Lenoir tarafından ilk kullanışlı içten yanmalı motor icat edildi. Sonrasında Alman Nikolaus Otto 1876' da gelişmiş ilk motoru yaptı. Pistonun hareketi ile oluşan 'Dört Zamanlı' adı verilen bu motor; Gottlier Daimler ve Karl Benz tarafından geliştirilerek, 1885' de ilk otomobil üretildi. Bu motoru baz alarak Ford şirketi 1908'de ilk olarak 'T' modeli olarak adlandırılan otomobili seri üretime geçirdi. Böylece motorlu taşıtlar, hızlı bir şekilde insan hayatına girdiler.

Motorlu araç arkasına takılıp çekilen yük taşıma amaçlı kara yolu aracına römork denir. Römork, Fransızca kökenli bir kelime olup İngilizce trailer kelimesinden Türkçeye geçerek treyler şeklinde ifade edilmektedir (Römork üreticileri 2013).

Katar, yarı römorkun ve çekicinin meydana getirdiği taşıt anlamındadır. Kara yollarında en çok tercih edilen yük taşıma aracı katarıdır. Dünyanın küreselleşmesi ile birlikte uluslararası ticaretin önemli bir hal alması; kara, hava, raylı taşımacılık ve denizcilik sektörlerini daha da hareketli bir sektör durumuna getirmiştir. Kara yolu taşımacılığı diğerlerine göre; maliyetinin az olmasından dolayı en çok tercih edilen taşımacılık yöntemi olmuştur.

1.3. Literatür Araştırması

Kara yolu taşımacılığı diğer türlerine göre daha ucuzdur. Buna rağmen, yükü sırtlayan yol zemininin maliyeti daha fazla olmasından dolayı taşıtlar; hız, genişlik, taşıma kapasitesi, yükseklik ve uzunluk gibi teknik özelliklerinde birtakım sınırlandırmalara tabii tutulmuşlardır. Taşımacılıkta, yarı römorkların bu sebeplerden dolayı; kullanımı tercih nedenlerinden biri olmuştur (Reliance, 2017).

Türkiye Treyler satış verileri 1960'lı yıllarda oluşmaya başlamıştır. O yıldan 2014 senesine kadar oluşan satış adeti 16.013 seviyelerine ulaşmıştır. Bu üretimin ve satışların 12.378' si ithalat, 3.635' i ise ihracat şeklindedir. Türkiye Treyler sektöründe birçok imalatçı şirket bulunmakta olup ortalama üretim kapasitesi 20.000 adetlere kadar çıkabilmektedir (Treder, 2012).

Uluslararası taşımacılıkta kullanılan en önemli araçlar yarı römorklardır. Amacına, ihtiyacına ve müşterilerin isteğine göre farklı tip ve teknik ölçülerde yarı römorklar imal edilmiş ve müşterilere sunulmuştur. İmalatı ve üretimi yapılan bu araçların bir kısmı standart olması için ayrılmıştır. Standartlaştırılan yarı römorkların en belirginleri; kuru yük tipi yarı römork, tanker tipi yarı römork, van tipi (kapalı kasalı) yarı römork, damper tipi yarı römork ve tez çalışması kapsamındaki lowbed yarı römorklarıdır. Bu tiplerin dışında, otomobil taşıyıcı, pamuk taşıyıcı, özel ihtiyaca yönelik olarak tahıl taşıyıcı (silo bus), meşrubat taşıyıcı v.b. yarı römorklar imal edilmiştir.

Kuru yük treyleri olarak kullanılan, üretim ve satış bakımından en çok tercih edilen treyler referans alınarak yeni bir kuru yük treyleri için uygun parametreler elde edilmiş ve malzeme seçimini gerçekleştirmiştir. Sektörde kullanılan treyler üzerinde yapılan (Strain Gage) gerilim ölçümleri ile kuru yük treylerin gerçekteki gerilme ve deformasyon değerlerini elde etmiştir. Alınan bu veriler neticesinde, kuru yük treyleri, karar verilen malzemeler ile tasarımını yeniden yaparak, sonlu elemanlar yöntemi ile statik analizini gerçekleştirmiştir. Yapılan analiz sonucunda tasarım optimizasyonu yapmıştır (Şen, 2017).

Lowbed yarı römork şasileri çok fazla ağır yükleri düzenli olmayan yol şartlarında taşıdıkları için; bu şasilerde zamanla yapısal bazı problemler oluşturduğunu tespit etmiştir. Ortaya çıkan problemlerin yapısal problemler ve kaynaklı bölgelerde oluşan hasarlar olduğunu görmüştür. Yarı römork araçlarında ve bu araçların üretiminde kullanılan kaynak işlemlerinin dinamik davranışını incelemiştir (Tolun, 2014).

Ticari yarı römork akaryakıt tanker şasisinin yorulma karakterinin belirlenmesi amacıyla aracın statik davranışlarından ziyade özellikle yoldan gelen yükleme frekanslarının araç şasisinin doğal frekanslarını tahrik etme ihtimalinden dolayı, dinamik yüklemeler altındaki titreşim kaynaklı yorulma durumu ele alınmıştır. Sonlu eleman yöntemi ile çözücü olan ANSYS programında doğal frekans analizleri ve statik analiz senaryolarını yapmış ve model üzerindeki kritik bölgeler tespit edilmiştir. Sinyal işleme programı olan nCODE yazılımı ile zaman düzlemindeki ivme değerlerini frekans bazında ifade ederek sonlu elemanlar modelinin doğal frekansları ile mukayese edilmiştir. Araç modelinin, elde edilen eşdeğer yol profili ivme sinyalleri ile dinamik olarak analiz edilmesi amacıyla MSC ADAMS yazılımı ile sonlu elemanlar modeli çıktıları birlikte kullanılarak hibrit bir araç modeli oluşturulmuştur (Aksoy, 2014).

Çalışmada yarı römork araçlarının aerodinamik sürüklenme konusu incelenmişlerdir. Yapılan bu projede 1/10 ölçeğine göre hazırlanmış olan kesit modelin bir taşıt kullanılarak, rüzgar tüneline ölçümleri yapılmıştır. Bu model üzerinde yapılan deney sonuçlarına göre; dış kaplama ve kaporta malzemesi aerodinamik rüzgar hareketini %26 oranında azaltacak bir etki oluşturmaktadır (Chowdhury ve diğ., 2013).

Tanker yarı römorklar üzerinde, akışkan yapı etkileşiminin kararlılığı incelenmiştir. Çalışmada keskin dönemeçler sırasında tanker yarı römork süreci sonlu elemanlar yöntemine göre analize tabii tutulmuştur. Netice olarak; keskin dönemeçler esnasında tanker yarı römorkün taşıdığı sıvının, yana devrilme kararlılığı üzerine önemli ölçüde bir etkisi bulunmaktadır (Han ve diğ., 2012).

Yapılan çalışmada taşıt tasarlarken Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği tekniğinin kullanılabilirliği incelenmiştir. Taşıt seyirinde ortaya çıkan türbülanslı hava

hareketlerinin taşıtın geometrik tasarımı ile ilişkisi, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) tekniği ile bir test düzeneği üzerinde incelenmiştir. Teorik HAD tekniği ile rüzgar tünelineki deneysel verilerle karşılaştırılmıştır. Teorik HAD' ın gerçeğe yakın sonuçları daha pratik bir şekilde verdiği görülmüştür (Yüksel, 2010).

Lowbed şasisinin 3 boyutlu modeli üzerinde lowbedin taşıdığı yükleri uygulayıp ANSYS 10 programında yapısal analizini gerçekleştirmişlerdir. Analiz sonucunda, gerilmelerin yüksek olduğu bölgeleri tespit etmiş, tekrar ANSYS programında termal analizine tabi tutmuşlardır (Tolun ve Eren, 2007).

Treyler şasislerinde değişken çalışma şartlarında meydana gelen gerilme dağılımının evvelden bilinmesinin tasarım gelişimi ve güvenliği üzerine çalışmışlardır. Pro Engineer programı kullanılarak üç boyutlu katı model tasarımı yapılan konteyner taşıyıcı treylerin sonlu elemanlar metoduyla, statik ve dinamik yükleme analizleri yapılmıştır. Statik yüklemeler uygulanarak yapılan Sonlu elemanlar hesaplamaları için ANSYS, dinamik analizler için ise, Ls- Dyna / Expilicite programları kullanılmıştır (Şenalp ve Bezer, 2006).

Taşıt parça ve gövdesinin çeşitli teknolojilerden faydalanarak, yeni bir taşıt modeli tasarlanırken kullanılması gereken ileri tasarım teknikleri ele alınmıştır (Ereke, 2006).

Hazırlanan bu tezde, kaynaklı parçalardan meydana gelen artık gerilmeleri incelenmiştir. Çalışmada kaynaklı parçalarda meydana gelen ark gerilmeleri, sonlu elemanlar yöntemi ile modellenip analize tabi tutulmuştur (Benli, 2004).

Çalışmada yeni bir ağır vasıta aracının kapı dayanım analizleri gerçekleştirilmiştir. Sonlu elemanlar yönteminin otomotiv sektöründeki önemi ve yararları vurgulanmıştır. Farklı testler yapılarak elde edilen veriler ile sonlu elemanlar analiz sonuçları karşılaştırılmıştır (Dinçer, 2004).

Kamyon şasisinde ve kabininde ağır yüklemeler sonucu oluşan titreşimler analiz edilmiştir. Şasi üzerinde, sonlu elemanlar desteği ile yapılan test ve analizler sonucunda edilen veriler arasında uyumluluk gözlenmiştir (Arslan ve diğ., 2004).

Çalışmada kaynak bağlantılarının bilgi tabanlı sistemler kullanılarak, sistemin tasarımı üzerinde durulmuştur. Kaynak bağlantıları tasarımının baştan sona bilgisayar ortamında gerçekleşmesi için tümleşik bir sistem oluşturmayı hedefleyen bu çalışma; CAD yazılımlarıyla, MATLAB hesaplama yazılımlarıyla ve ANSYS sonlu elemanlar yazılımlarıyla entegre çalışan çok fonksiyonlu bir bilgisayar programının hazırlanmasına yöneliktir (Karaoğlu ve Karaoğlu, 2002).

Kamyon şasilerinin bağlantısında kullanılan perçinler üzerindeki gerilim analizleri sonlu elemanlar yöntemi ile incelenmiştir. Çalışmalarda kamyon şasisinin bağlantılarında kullanılan perçinlerin üzerine gelen gerilmelerin, üretimden önce saptanmasının tasarım gelişimi için uygun olduğu belirtilmiştir. Perçinli bağlantıdaki en yüksek gerilmeler, bağlantının kalınlığına ve uzunluğuna göre değişeceği sonucuna varılmıştır. Bağlantı levhasının kalınlığının aynı kalması durumunda uzunluğunun daha da artırılmasının dayanım açısından iyi olacağı neticesine varılmıştır. Çalışmalarında ANSYS 5.3 programını kullanmışlardır (Karaoğlu ve Kuralay, 2002).

Yapılan çalışmada sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak kamyon şasilerinde ana profil kalınlığının gerilmeler üzerindeki etkisini araştırılmıştır. Çalışmada ANSYS programı kullanılmıştır (Karaoğlu, 1999).

Bu tezde, çift katlı otobüs gövdesinin analizi incelenmiştir. Üç boyutlu yerli bir çift katlı otobüs katı modeli IDEAS programında oluşturulmuştur. Üç ayrı ekseninde yükleme altındaki analizi yapılmıştır. Bu zorlamalardan birincisi, kendi ağırlığından kaynaklanan zorlamalardır. İkincisi geçici burulma ve darbe kuvvetlerinden meydana gelen dinamik zorlamadır. Üçüncüsü de çift katlı otobüsün kendi ağırlığı da dahil olmak üzere darbe, fren, dönemeç kuvvetlerinden oluşan toplu zorlamadır. Bunların neticesinde modelin analizleri yapılarak oluşan en yüksek gerilmelerin bölgeleri tespit edilmiştir. Meydana

gelen bu en yüksek gerilmelerin sınır değerlerini geçip geçmediği kontrol edilerek, elde edilen veriler ve sonuçlar değerlendirilmiştir (Ereke ve Yay, 1997).

Çift katlı otobüs gövdesinin bilgisayar destekli yapısal optimizasyonu incelenmiştir. Bu çalışmada, ülkemizde imalatı yapılan çift katlı bir otobüse ait gerçek gövdenin kafes yapısı IDEAS programı yardımıyla 3 boyutlu olarak tasarlanmıştır. Tavan ökme deformasyonları ve burulmaya karşı davranışları incelenmiştir (Ereke ve Yay, 1996).

Araç yapılarında esnek yapılar metodu sunulmuştur. Bağlantı modelinin en önemli girdileri ve yapıda kullanılan deplasman ölçülerinin değer hesapları tanıtılmıştır (Kwangju ve Nicolaidis, 1992).

Yan kısım elemanları ve kesit elemanları için, bağlantı yerlerinde sonlu eleman idealleştirmesini birleştiren analiz olan hybrid metodu sunuldu (Beerman, 1984).

Yapılan çalışmada burulma altındaki kapalı bölümlerde bulunan kesit elemanlarının şasi bağlantıları araştırılmıştır (Beerman, 1980).

Bu çalışmada araç şasilerinde oluşan burulmadaki burulma dayanımı, burulma sabiti ve momentlerle ilgili çalışmalar yapılmıştır (Oehlschlaeger, 1977).

Yapılan çalışmada araçların şasi kesitlerinde ve alt elemanlarında oluşan burulmanın önlenmesi üzerinde çalışmalar yapılmıştır (Beerman, 1977).

1.4. Çalışmanın Amacı ve Beklentiler

Güncel üretim yöntemleri ile imal edilen yarı mamul, ham madde ve ek bileşenler; estetik, mukavemeti yüksek ve seri üretime elverişli olmalıdır. İmal edilen ürünlerin tercih edilebilir, kullanışlı, ömürlerinin fazla, daha az servis maliyeti gerektiren ve ergonomik olması istenilmektedir. Üretim süresince seçilen ürünü istenilen amaca uygun kullanmak, ürünün kullanılabilirlik ömrünü uzatacak ve optimum hafiflikte müşteriyi memnun edecek durumda olmalıdır. Bu çalışmada lowbed semi treyler rampa tasarımı incelenerek bağlantı ve kaynak noktalarına gelen yükler belirlenecektir. Bu verilere istinaden rampa tasarımı ve analizi yapılacaktır. Analiz sonuçlarına göre rampa alt parçalarında kalınlık optimizasyonu yapılarak; daha hafif ve kullanışlı, maliyeti düşürülmüş uzun ömürlü lowbed treyler araçlarına uyumlu rampaların tasarlanması hedeflenmektedir.

BÖLÜM 2. YARI RÖMORKLAR

İlerleyen süreçte dünyanın küreselleşme ve gelişen teknoloji ile birlikte; uluslararası ticaretin yaygın hale gelmesi, taşımacılık ve ulaşım sektörünün öneminin artmasına sebep olmuştur. Özellikle karayolu taşımacılığı ve ulaşımı önemli bir oranda kullanılır duruma gelmiştir. Bununla birlikte petrol kökenli yakıtlar içten yanmalı motorlarda en çok tercih edilen yakıt olmaya devam etmektedir.

Karayollarında kullanılan taşıtların yakıt maliyetinin yüksek olması nedeniyle uluslararası taşımacılıkta Lowbed yarı römork tipi araçların kullanımı, karayolu taşımacılığında artmıştır. Karayollarının bakım ve yapım maliyetlerinin çok fazla olması, ayrıca araçların çoğunda bazı kısıtlamaların olması da yarı römork taşıtların karayollarında kullanımının artmasına sebebiyet vermektedir.

Yarı römorklar, son zamanlarda kara taşımacılığında büyük önem kazanmışlardır. İşletme ve personel maliyetlerinde büyük bir fark olmadan az bir yatırım ilavesi ile daha fazla yük taşıma imkanı elde edilmiştir. Büyük ve kurumsal nakliye şirketleri stoklarındaki kamyon sayısı yerine, römork adetini artırma yolunu tercih etmektedirler. Bu yöntem taşıma bedellerini ucuzlattığı için; özellikle uzak mesafelerde kamyon taşımacılığı, römork taşımacılığı ile rekabet edememektedir (Özgüç, 1977).

Kendinden tahrikli olmayan, römork veya çekici aracın beşinci tekerine bağlanacak şekilde tasarlanmış ve imal edilmiş; beşinci tekerli dingil(dolly) üzerinde önemli bir düşey yük uygulanacak şekilde üretilmiş araç yarı römork olarak tanımlanmaktadır (Resmi Gazete, 2014).

Yarı römorklar çok farklı tiplerde ve teknik kapasitelerde üretilmektedirler. En çok kullanılan yarı römorklar; van tipi, damper, kuru yük tipi, tanker, Lowbed olmak üzere beş ana grupta toplanır.

2.1. Yarı Römorklar Tipleri

Yarı römork, taşıdığı yükün ve kendi ağırlığının bir kısmı motorlu araç tarafından taşınan, bir kısmı ise motorlu taşıt veya araç üzerine oturan araçlardır. Yarı römorkları genel olarak üç tipte ayırabiliriz.

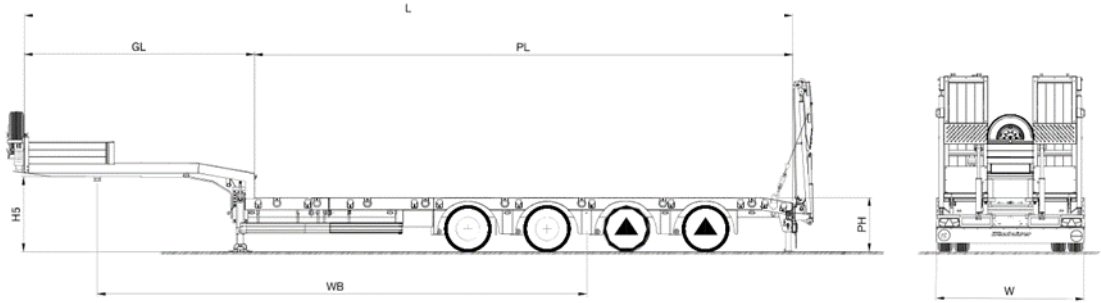
- Alçak tabanlı yarı römork Lowbed treyler
- Uzayabilen alçak tabanlı yarı römork Lowbed treyler
- Düz tabanlı yarı römork treyler

2.1.1. Alçak tabanlı yarı römork Lowbed treyler

Alçak zeminli yarı römorklar; iş makineleri, tanklar, uçak kanadı vb. gibi ağır taşıma gerektiren birtakım yüklerin taşınması amacı ile imalatı yapılan ve üretilen araçlardır. Bu tip araçlar standart dışı olan araçların veya özel iş makinelerinin, otomobil ve kamyonetlerin taşınmasında kullanılırlar. Alçak tabanlı yarı römork tipleri; king pin kapasitesine, dingil kapasitesine ve farklı opsiyonlara göre farklılık gösterirler. Şekil 2.1.' de Lowbed' e ait resim ve Şekil 2.2.' de Lowbed' e ait teknik resmi görülmektedir.



Şekil 2.1. Lowbed Yarı Römork (Kässbohrer Trailer, 2019).



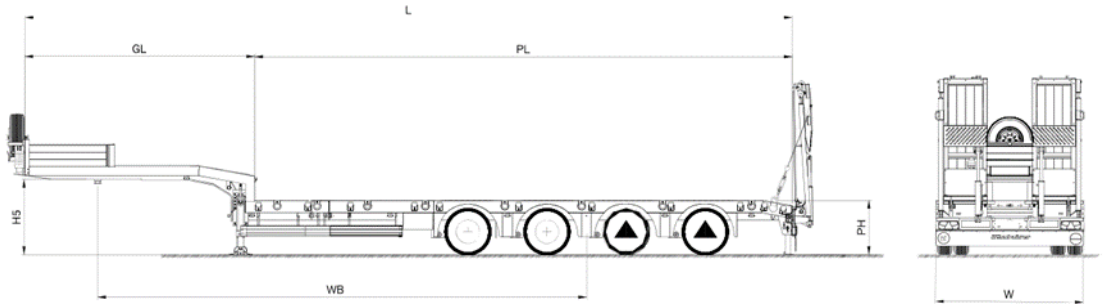
Şekil 2.2. Lowbed Yarı Römork Teknik Resmi (Kässbohrer Trailer, 2019).

2.1.2. Uzayabilen alçak tabanlı yarı römork lowbed treyler

Alçak zeminli yarı römork Lowbed treyler tiplerinden birisi de uzayabilenlerdir. Ağır tanklar, ağır iş makineleri, otomobil ve çekiciler, uçak kanatları, köprü kolonları vb. yükler taşırlar. Bu tip araçlar standart dışı olan araçların veya özel iş makinelerinin, otomobil ve kamyonetlerin taşınmasında kullanılırlar. Şekil 2.3.' de Lowbed' e ait resim ve Şekil 2.4.' de Lowbed' e ait teknik resmi görülmektedir.



Şekil 2.3. Uzayabilen Lowbed Yarı Römork (Kässbohrer Trailer, 2019).



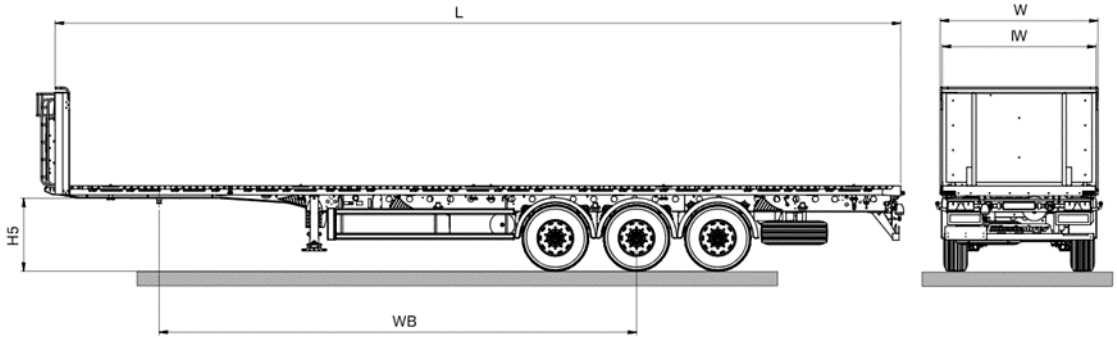
Şekil 2.4. Uzayabilen Lowbed Yarı Römork Teknik Resmi (Kässbohrer Trailer, 2019).

2.1.3. Düz tabanlı yarı römork treyler

Düz tabanlı yarı römork treyler uzayabilen veya uzamayan şeklinde olabilirler. Arkada bulunan yüklemek için kuyruk açısı yok ise bu tip yarı römorklar düz tabanlıdır. Alçak tabanlı yarı römork tipleri gibi; king pin kapasitene, dingil kapasitesine ve farklı opsiyonlara göre farklılık gösterebilirler. Şekil 2.5.'de Lowbede ait resim ve Şekil 2.6.'da Lowbed ait teknik resmi görülmektedir.



Şekil 2.5. Düz Tabanlı Yarı Römork Treyler (Tırsan Treyler A.Ş., 2019).



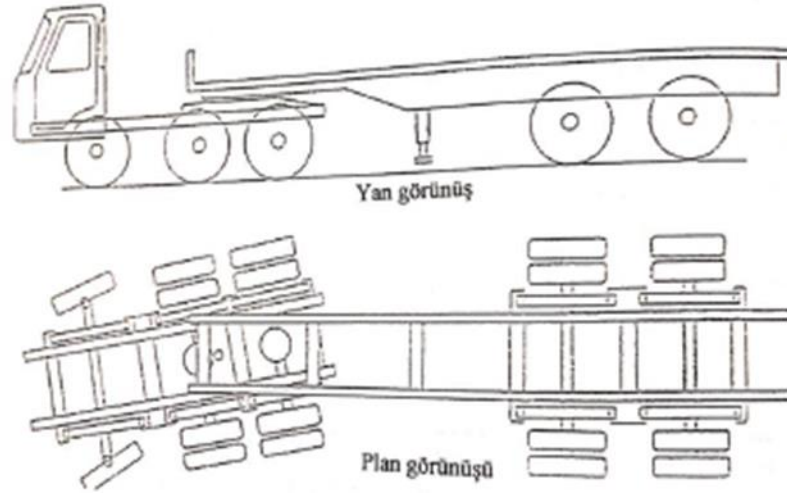
Şekil 2.6. Düz Tabanlı Yarı Römork Treyler Teknik Resmi (Tırsan Treyler A.Ş., 2019).

2.2. Yarı Römorkun Çekici ile Birleştirilmesi

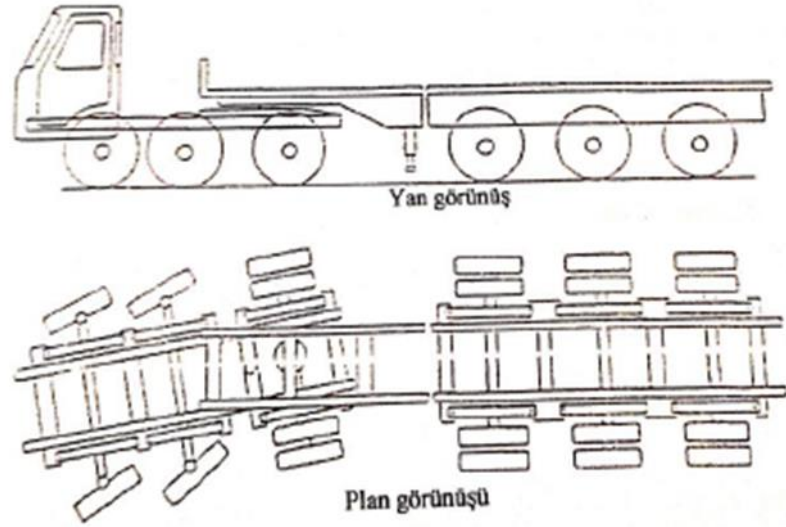
Çekici, yarı römorkları ve römorkları çekmek amacıyla üretilmiş olan, çekici ünitesi içeren ve geçici olarak ara güç sağlayan ayrıca yarı römork yükü taşıyan araçlara denir.

Çekici ünitesi iki ya üç aksa sahip olan, sabit şasiye bağlıdır. Bu ünite arka aks tahriki içindir. Direksiyonla yol tekerleklere yön verebilir ve destekler.

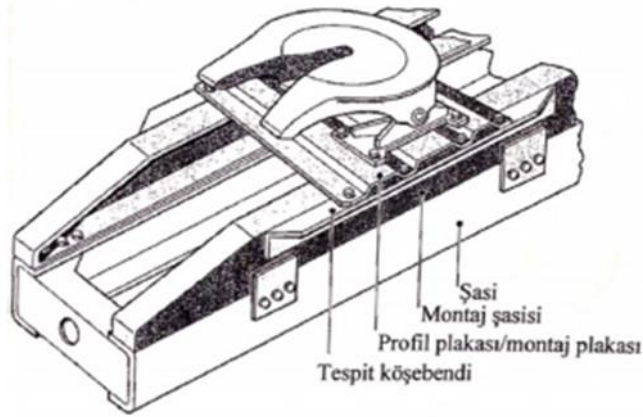
Yarı römork bir uzun sabit şasi ile tek bir dingile ya da art arda sıralanmış üçlü dingil grubuna sahiptir. Römork şasinin ön ucu çekici şasinin arkası ile desteklenir. Bütün römorkların akslarının tahrik edilmeyen akslar olduğu gözlemlenebilir. Şekil 2.7.' de üç dingilli bir çekiciyle bağlantılı iki dingilli bir yarı römorkun ve Şekil 2.8.' de üç dingilli bir çekiciyle tekerlek bağlantılı üç dingilli bir yarı römorkun teknik resimleri görülmektedir. Şekil 2.9.' da ise yarı römork şasisi ile çekicinin birleştiği birleşik teker montaj resmi görülmektedir (Yüksel, 2013).



Şekil 2.7. Üç dingilli bir çekici ile iki dingilli yarı römork bağlantısının teknik resmi (Yüksel, 2013).



Şekil 2.8. Üç dingilli bir çekici ile üç dingilli bir yarı römork bağlantısının teknik resmi (Yüksel, 2013).

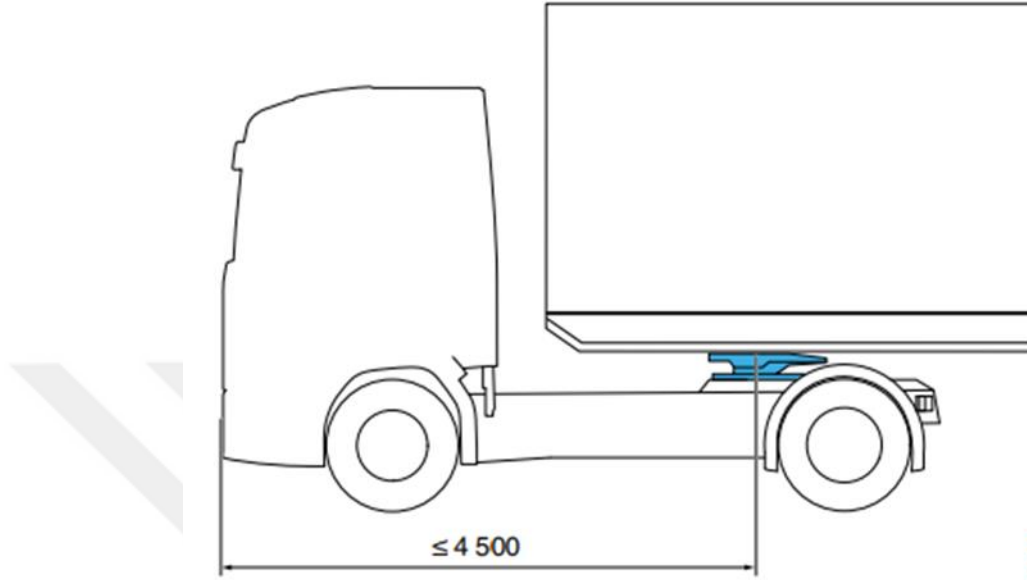


Şekil 2.9. Yarı römork ve çekicisini birleştiren teker montaj resmi (Yüksel, 2013).

Çok sayıda faktör olduğundan, beşinci tekerlek konumlandırması için önerilerin tam olarak verilmesi mümkün değildir. Beşinci teker konumunun belirlenmesi şasi konfigürasyonu, aks mesafesi ve hepsinin ötesinde hem aks ağırlığına hem de araç boyutlarına ilişkin yasal gereklilikler tarafından etkilenir. Sürüş özellikleri de etkilenir. Yarı römorkun kabine veya şasi çerçevesinin arka ucuna çarpmaması gerekir.

96/53/EC (Kütleler ve Boyutlar) araç trafiği için uygun olan ağırlıklar ve boyutlar için kuralları olan AB direktifidir. 13,6 m uzunluğunda bir EU semi treylerini, maksimum 16,5 m toplam ağırlıkla taşıyabilmek için, çekicinin önü ile beşinci tekerleğin ortası arasındaki mesafe 4,5 m'yi aşmamalıdır. Bir EU yarı römorkunda, römork dingili pimi

ile yarı römorkün arka kenarı arasındaki mesafe 12 m'dir. Bu durum Şekil 2.10.'da gösterilmektedir.

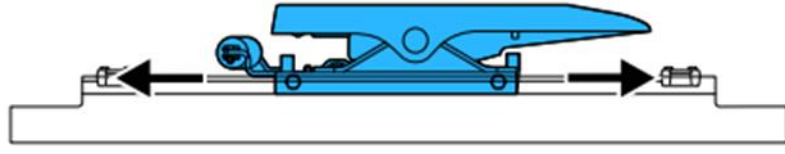


Şekil 2.10. Çekicinin önü ile beşinci teker arası mesafesi (Scania, 2017).

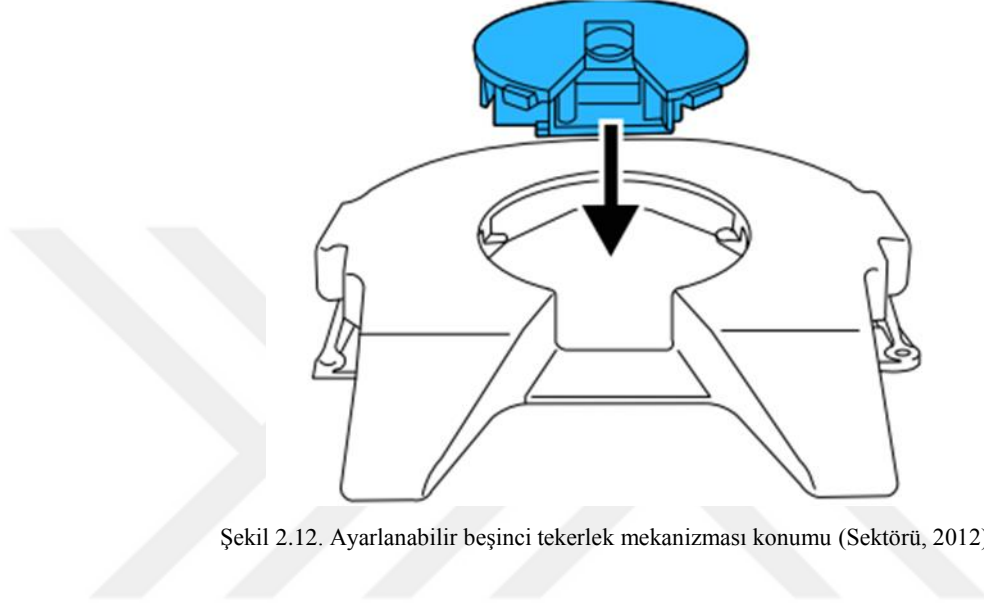
Çekiciyi farklı taşıma tiplerine yönelik kullanabilmek adına, ayarlanabilir beşinci tekerlekler ve değiştirilebilir kilit mekanizmaları kullanılmıştır. Çekicinin uzunlamasına yönü boyunca ayarlanabilen bir beşinci tekerlek aşağıdaki avantajları sağlamaktadır:

- Farklı ülkelerin dingil ağırlığı ve araç uzunlukları ulusal düzenlemelerine adaptasyonu,
- Ön ve arka aks arasında ağırlık dağılımının optimizasyonu,
- Farklı semi treylerin tiplerinin adaptasyonu sağlar.

Ayarlanabilir beşinci teker mekanizması Şekil 2.11.'da ve Şekil 2.12.'de gösterilmiştir.

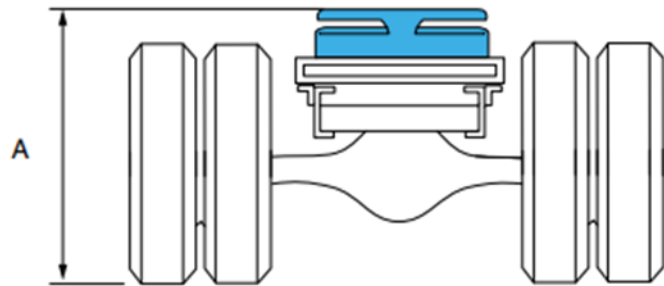


Şekil 2.11. Ayarlanabilir beşinci tekerlek mekanizması (Scania, 2017).



Şekil 2.12. Ayarlanabilir beşinci tekerlek mekanizması konumu (Sektörü, 2012).

ISO 1726, çekicilerin ve yarı römorkların birleştirilmesi ile ilgili uluslararası bir standarttır. Bu standart semi treylerin gerektirdiği boşluk ve beşinci tekerlek konumlandırması ile özelliklerini kapsayan uluslararası bir standarttır. Standartta uygun olan çekiciler ve semi treylerler, tamamen teknik bir görüş açısından birbirleriyle birleştirilebilir. Beşinci tekerleğin zemine göre konumu Şekil 2.13.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.13 Beşinci tekerleğin zeminden yüksekliği (Scania, 2017).

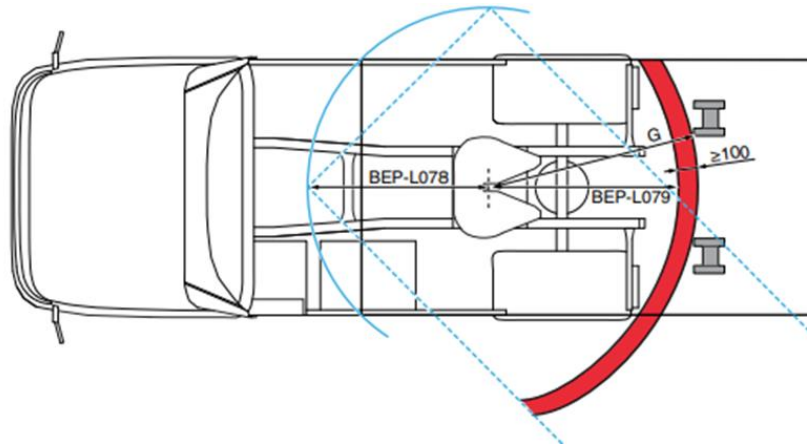
Çekicilerin, ISO 1726 Standartına göre beşinci tekerin zeminden yüksekliği Tablo 2.1.'de gösterilmiştir.

Tablo 2.1. Çekicilerde bulunan beşinci tekerin zeminden yüksekliği (Scania, 2017).

Çekici	Minimum 5. Teker Yüksekliği	Maximum 5. Teker Yüksekliği
Yüklü traktör	1.150 mm	1.300 mm
Römorksuz çekici	-	1.400 mm
Yüklü, yük ayarlı çekici	1.025 mm	1.100 mm
Römorksuz yük ayarlı çekici	-	1.150 mm
Yüklü, direkt monteli beşinci tekerleğe sahip yük ayarlı çekici	900 mm	975 mm
Direkt monteli beşinci tekerleğe sahip römorksuz yük ayarlı traktör	-	1.000 mm

ISO 1726 standardına göre çekicinin serbest bir şekilde çalıştırabilmek için yarı römork ön uzantısının diyagonal boyutunun (ön süpürme çapı BEP-L078) 2.040 mm'yi aşmaması gerekir. Bu, römork aks piminden yarı römorkün ön kenarına olan 1.600 mm ön uzantıya tekabül eder.

Çekicinin arka kısmında da yeterli boşluk olmalıdır. Römork dingil piminden semi treyler destek ayağına kadar olan minimum izin verilebilir mesafe G olarak gösterilmiştir. BEP-L079 ve G arasındaki en az 100 mm boşluk önerilir. +/- 45°'lik dönüş açısında boyutu kontrol edilmelidir. Çekicinin ön çarpır ve arka çarpır mesafeleri Şekil 2.14.'de gösterilmektedir.



Şekil 2.14. Çekicinin ön çarpır ve arka çarpır mesafeleri (Scania, 2017).

2.3. Lowbed Treyler Çeşitleri

Avrupa’da araç ve katarların kütle ve boyutlarını 96/53/EC ile 1230/2012/EU yönetmelikleri belirtilmektedir. Bu yönetmelikler AB üye ülkelerinin tamamında geçerlidir.

Türkiye’de araç ve katarların kütle ve boyutlarını Karayolları Trafik Yönetmeliği ve AB/1230/2012 yönetmelikleri belirtilmektedir. Karayolları Trafik Yönetmeliğinde araç ve katarların kütle ve boyutlarının belirtildiği bölüm 96/53/EC’ nin tercümesidir.

AB üyesi veya AB’ye üye olmayan bazı ülkelerde, yukarıdaki mevzuatlarda tariflenen ölçü ve boyutların dışında farklı uygulamalar söz konusu olabilmektedir.

2.3.1. O kategorisi araçlar

Yönetmeliğe göre, 13/10/1983 tarihinde yayınlanan ve 2918 sayılı Karayolları Trafik Kanunu hükümleri uyarınca, araçların yapım ve kullanım bakımından karayolu yapısına ve trafik güvenliğine uyma zorunluluğunu yerine getirmek üzere, motorlu araçların ve römorklarının kütle ve boyutları ile ilgili AT tip onayı şartlarını esasları belirlemektir. Bu yönetmelik, ilk defa tip onayı almış olan tam, tamamlanmış ve tamamlanmamış M, N ve O kategorisi araç tiplerini kapsar. O kategorisine ait sınıflandırma Tablo 2.2.’de gösterilmiştir.

Kütle ve boyutlar mevzuatına göre, O kategorisi araçları aşağıda belirtilen özellikleri kapsamalıdır.

- Uzunluk tam römorkta çekme demiri dahil 12,00 m olmalıdır. Yarı römork da ise 12,00 m (artı ön uzunluk) olmalıdır.
- Genişlik tüm araçlarda 2,55 m olmalıdır.
- Yükseklik tüm araçlarda 4,00 m’ yi aşmamalıdır.
- Yarı römorkta ön uzantı yarıçapı 2,04 m’ yi aşmamalıdır.

- Uzunluk, genişlik ve yükseklik ölçümlerinde araç tekerlekleri imalatçı tarafından tavsiye edilen basınçla hava basılmış bir şekilde yatay ve düz bir konumda yerleştirilmiş olarak, yürür vaziyetteki kütlesinde olmalıdır.
- Bu kurallar haricinde aracın üst yapısı, tampon, dingil manevra kabiliyeti, beşinci teker yüksekliği, bisiklet korkuluğu mesafesi, çamurluk arası mesafeler vb. zorunluluklar ve özellikler bu mevzuatta bulunabilir.

Tablo 2.2. O kategorisine ait 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	-

2.3.1.1. O₁ kategorisi araçlar

Kütlesi 0,75 tonu aşmayan römorklardır. O₁ Kategorisi römork örneği Şekil 2.15.'de gösterilmektedir.



Şekil 2.15. O₁ kategorisi römork örneği (T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2019).

2.3.1.2. O₂ kategorisi araçlar

Kütlesi 0,75 ton ile 3,5 ton arasında olan römorklardır. O₂ Kategorisi römork örneği Şekil 2.16.'de gösterilmektedir.



Şekil 2.16. O₂ kategorisi römork örneği (T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2019).

2.3.1.3. O₃ kategorisi araçlar

Kütlesi 3,5 ton ile 10 ton arasında olan römorklardır. O₃ Kategorisi römork örneği Şekil 2.17.'da gösterilmektedir.



Şekil 2.17. O₃ kategorisi römork örneği (T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2019).

2.3.1.4. O₄ kategorisi araçlar

Kütlesi 10 tonu aşan römorklardır. O₄ Kategorisi römork örneği Şekil 2.18.'de gösterilmektedir.



Şekil 2.18. O₄ kategorisi römork örneği (T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2019).

2.4. Lowbed Treylerin Ana Parçaları

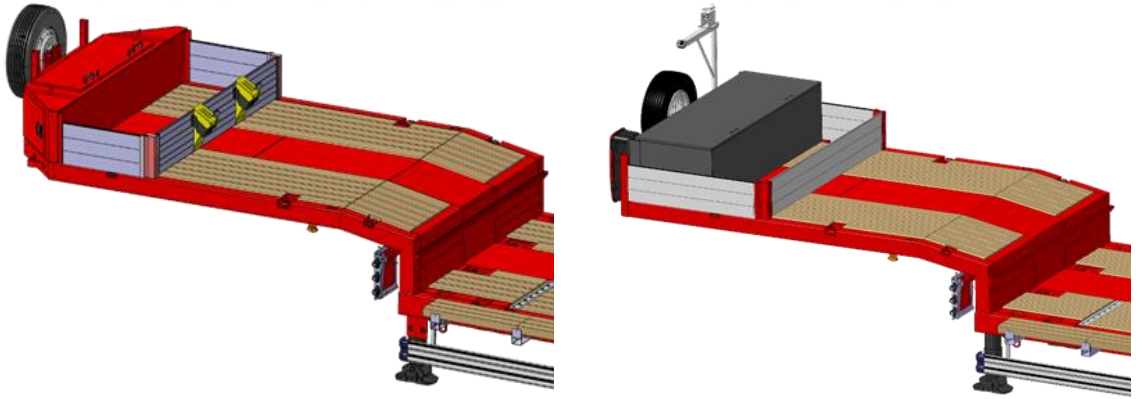
Yarı römork Lowbed treyleri oluşturan ana parçalar aşağıdaki gibidir. Bu ana parçaların dışında üst panel, tampon, çamurluk, teker arası çamurluk, üst panel, stepne ve taşıyıcı vinci, hava tüpleri, bisiklet korkulukları, ön ve arka mekanik-hidrolik ayaklar, taban ve genişletme ahşapları, takım dolabı, çalışma dolabı, genişletme ahşap dolabı vb. destekleyici, aynı zamanda şirketler tarafından opsiyon olarak verilen parçalar mevcuttur.

- Deveboynu ve King Pin
- Dingil grubu ve Lastikler
- Platform
- Rampa

2.4.1. Deveboynu ve King pin

Çekici ile treyleri birbirine bağlayan King pin parçası deveboynu üzerinde mevcuttur. King pin kapasitesi taşıyacağı yüke, araca göre ölçü ve özellikleri değişir. Bu taşıma kapasitesi Avrupa tip onaylı olmalıdır. Firmalar 45 tona kadar King pin yük taşıma kapasitesini opsiyonlar ile vermektedir. Ayrıca treyler üreticileri, beşinci teker yüksekliğini 1100 mm ile 1550 mm arasındaki özelliklere sahip farklı deveboynu opsiyonlarını müşterilerinin hizmetine sunmaktadır. King pin, Avrupa standartlarına uygun 2" yataklı ve 3,5" yataklı olarak kullanılmaktadır.

Deveboynu şasisi yüksek mukavemetli St52-3 veya S700MC sacdan ve kutu kesitli olarak imal edilmektedir. Lonjeron olarak ifade edilen bu kesit üreticiye göre değişmektedir. İmalatında tozaltı veya gaz altı kaynağı kullanılır. Taban döşemesi faydalı platformlu 30-80 mm kalınlığında sert ağaçla ve galvanizli çelik ızgara olarak kaplanmaktadır. Deveboynu, müşterinin isteğine göre köşe pahlı ve düz köşeli olarak verilebilmektedir. Şekil 2.19.'da deveboynu örnekleri görülmektedir.



Şekil 2.19. Köşe pahlı ve düz köşeli deveboynu görünümü

2.4.2. Dingil grubu ve lastikler

Araçlar taşıyacağı yüke göre bir, iki veya üç dingile sahip olarak tasarlanırlar. Genel olarak üç dingilli olarak tasarlanan araçlarda, her bir dingil en az 9 ton taşıma kapasitesine sahiptir. Üretici firmanın belirlemiş olduğu özelliklere göre, her bir dingil kapasitesi 10, 12 ton veya daha fazla taşıma kapasitesine göre sınıflandırılabilir.

Süspansiyon sistemleri hava yastıklı ve yaylı olarak ikiye ayrılır. Son zamanlarda hava yastıklı süspansiyon sistemleri yük dengeleyici valflerin devreye girmesi ile yük taşıyan araçların yola sarsıntısız, paralel ve dengeli gitmesini sağlar.

Hava yastıklı süspansiyon sistemleri birbirinden bağımsız olarak çalışır. Bu sistem araç altına tek olarak bağlanılabildiği gibi; ikili olarak da montajı yapılarak iki akslı süspansiyon sistemi (tandem), üçüncü aks ilave edilerek üç akslı süspansiyon sistemi elde edilir. Bu sistemin en belirgin özelliklerinden biri, hava yastıklarının birbirinden bağımsız olarak hareket etmesidir. Şekil 2.20.'de dingil gözükmektedir.



Şekil 2.20. BPW marka hava körukleri, süspansiyon ve dingil (BPW, 2019).

2.4.3. Platform (Şasi)

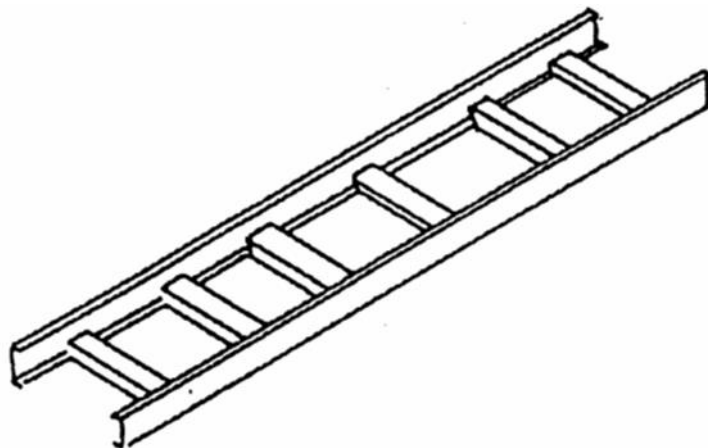
Taşıtların hepsi, öncelikle kendi ağırlıklarını çelik bir yapıya sahiptirler. Kullanım amaçlarına göre taşıtların bu yapısı çeşit çeşit tasarlanır. Genel olarak, yarı romörk ve tam romörk olan lowbed treyleri ISO 1726 Normuna uygun, kaliteli ve yüksek mukavamete sahip ST 52 ve S700 MC çeliğinden üretilirler.

Taşıtlarda en yaygın kullanılan şasi tiplerini; trapez şasi, dikdörtgen şasi, çatal şasi, ana giriş şasi, X şasi, platform şasi ve kademeli şasi olarak ayırabiliriz.

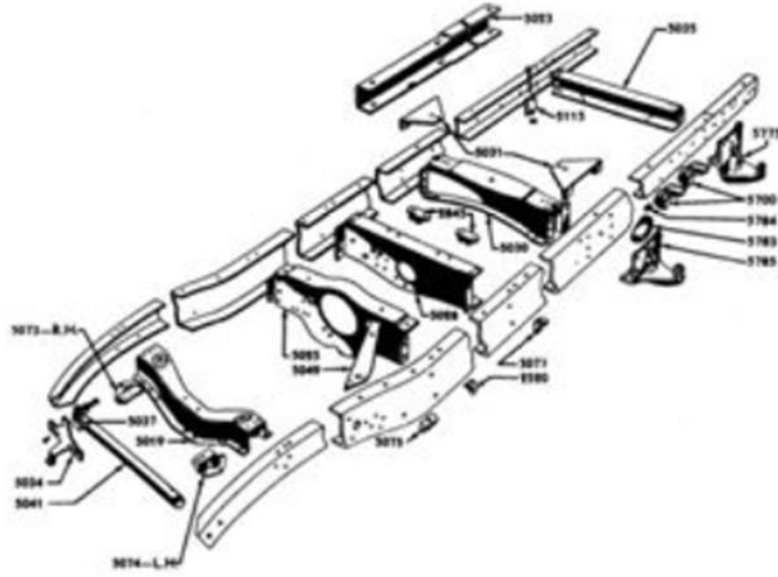
2.4.3.1. Dikdörtgen platform

En yaygın kullanılan şasi tiplerinden birisidir. Genel olarak kamyon ve otobüslerde kullanılır. Bu şasi tipinin uygulaması otomobillerde uygulaması yok denecek kadar azdır. İki boylamasına televre ve konstrüksiyonun geometrisine göre ikiden fazla enlemesine krostan oluşur. Televre profilleri genellikle U şeklindeki geometrilerdir.

Bağlantısı genelde perçinli veya civatalıdır. Çok az kaynaklı olarak birleştirme yapılır. İmalatı ve montaj edilebilirliği basittir. Şekil 2.21. ve Şekil 2.22.'de dikdörtgen platform örnekleri görülmektedir.



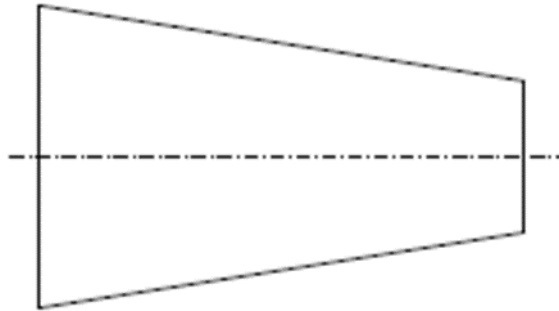
Şekil 2.21. Dikdörtgen Platform (Tolun ve Eren, 2007).



Şekil 2.22. Dikdörtgen Platform Görünümü

2.4.3.2. Trapez platform

Geometrisi trapez formuna benzediği için trapez platform olarak adlanılmaktadır. Televre ve kroslardan oluşan bir yapıya sahiptir. Kullanıldığı alan olarak otobüs ve kamyon şasileridir. Şekil 2.23.'de trapez platform gösterilmiştir.

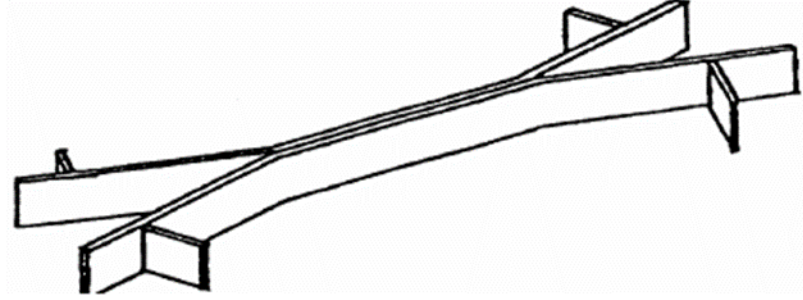


Şekil 2.23. Trapez Platform Kesiti (Tolun ve Eren, 2007).

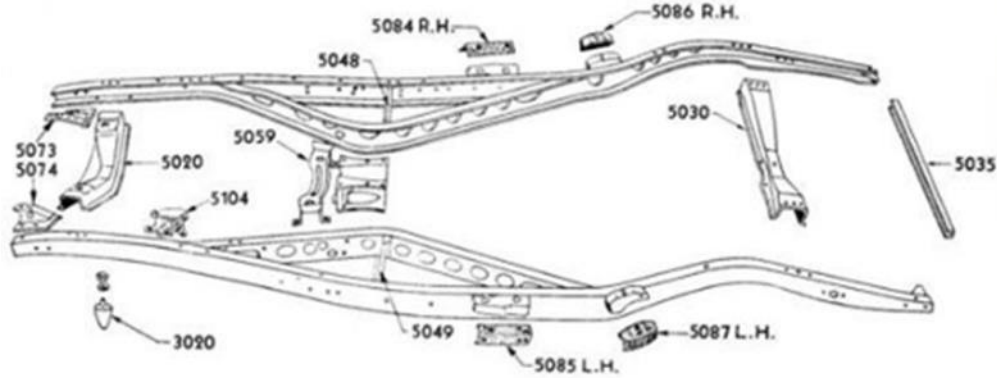
2.4.3.3. X şasi

X şasi iki çapraz, daha doğrusu açık veya kutu formulu kesit profiline sahip birbirine aşırı yakın boyuna iki taşıyıcıdan ibarettir. Tekerlek yerleri ve taşıyıcı konumları ne kadar birbirine yakın olursa, boyuna enine ve bağlantı noktalarının katılığına bağlı olarak

şasinin burulmaya direnci o oranda artar. Genellikle pickup veya otomobil gibi küçük taşıtlarda uygulamaları görülür. Şekil 2.24. ve Şekil 2.25.'de X şasi uygulaması gösterilmiştir.



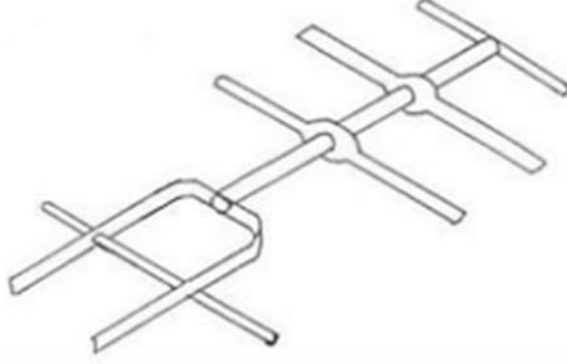
Şekil 2.24. X Şasi (Tolun ve Eren, 2007).



Şekil 2.25. X Şasi Görünümü

2.4.3.4. Çatal şasi

Kapalı profil kesitli olarak imal edilirler. Kutu ve dairesel kesit en yaygın olarak bilinen tiplerindedir. Orta bölümünde boydan boya uzanan bir kiriş bulunur. Bu boydan boya uzanan kiriş üzerine montajı yapılmış diğer yan kirişlerden oluşur. Binek otomobiller için uygun ve hafif bir şasidir. Şekil 2.26.'de çatal şasi uygulaması gösterilmiştir.



Şekil 2.26. Çatal Şasi (Şen, 2017).

2.4.3.5. Platform şasi

Bu şaside; enine ve boyuna profiller, mesnetler vb. bağlantılar zemin sacı ile kaynaklı olarak birleştirilir. Mukavemetli bir yapıya sahip olması karoserinin cıvatalı veya kaynak ile şasiye bağlanmasından dolayıdır. Binek otolarda kullanımı yaygındır ve hafiftir. Şekil 2.27.'de platform şasi örneği gösterilmiştir.



Şekil 2.27. Platform Şasi

2.4.3.6. Kademeli şasi

Genel olarak bu şasi, treylerin taşıyabileceği hacmini arttırmak amacıyla kullanılır. Ana kirişlerde kullanılan kros tipi I tipidir. Tasarımcısına göre kros tipi C veya Z tipi krosda kullanılabilir.

Burada en belirgin özellik deve boynu denilen, ön ve arka grup şasilerin birleştiği bölgedeki mukavemeti ve yükü karşılayacak bir bölgenin oluşturulmasıdır. Yapılan bu rampa çalışmasındaki bütün Lowbed şasisi; ana platform ve deve boynu platform parçalarından oluşturulmuştur. Şekil 2.28.'de kademeli şasi uygulaması gösterilmiştir.



Şekil 2.28. Lowbed Treylerinde Kademeli Şasi Uygulaması

2.4.3.7. Ana kiriş şasi

Ana şasi I, C veya Z kros tipi olup, genel olarak yarı römork bağlantılarında kullanılır. Kullanım yerlerine göre bu şasilerde yüksek dayanım gerekir. Bu nedenle; yüksek tonajlı yükleri kaldırabilecek özellikte kros ve lonjeron olmalıdır.

Üst ve alt bölgeler, düz ve kalın mesnetlerden meydana gelir. Krosun yüksekliği; atalet momentini arttırmak için ince; ayrıca ölçüleri büyük sacdan kesilerek kaynak yapıp bağlantısı oluşturulur. İnce sacların birbirine bağlantısında 1-1,5 mm. kaynak boşluğu bırakılır. Bu sayede kaynağın bu bölgeye nüfuz etmesi sağlanır. Bu şasilerde çekicinin bağlanacağı King pin alanı, çekici 5. teker yüksekliği her zaman süspansiyon bölgesi

yüksekliğinden fazla olacağından, kaynak bir kademe yapılarak inceltilir. Şekil 2.29.'da ana giriş şasi uygulaması gösterilmiştir.



Şekil 2.29. Yarı Römork olan Platform Araçlarında Ana Giriş Şasi Uygulaması

2.4.4. Rampa

Taşıma aracının şasisi ile yükleme bölgesinin aynı yükseklik seviyesinde olmasını sağlayan ve böylece malzemenin indirme ve yükleme işlemlerini kolaylaştıran alandır. Standart olarak pnömatik veya hidrolik sistem tahrikli şasi yapılarıdır. Sağa ve sola hareketi ile aynı zamanda açılır ve kapanır (katlanır) olması yüklemede çeşitli dingil mesafelerine sahip araçların yüklemesinde kolaylık sağlamakla birlikte müşteriye farklı seçenek imkanı sağlar.

Araç üzerinde 2' şer adet kuyruk ve gövde, hidrolik veya pnömatik katlanır, sağa / sola mekanik veya hidrolik kayar kızak konsolu, 30-45 mm ağır tahta veya ızgara zemine sahip, 3.500-3750 mm uzunluğunda, 750-1300 mm genişliğinde, kapalı pozisyonda 3.000-3250 mm yüksekliğe sahip, 8°-12° rampa açısı ve 30.000-60.000 kg kapasitesi olan rampa bulunmaktadır. Bunun yanı sıra tekli rampa opsiyonları mevcuttur. Bu özellikler platformun zeminden yüksekliğine göre opsiyon olarak müşterilere sunulmaktadır. Şekil 2.30. ve Şekil 2.31.'de rampanın araç üzerindeki görünümü verilmektedir.



Şekil 2.30. Lowbed Treyler üzerinde önden ve arkadan katlanır rampa görünümü

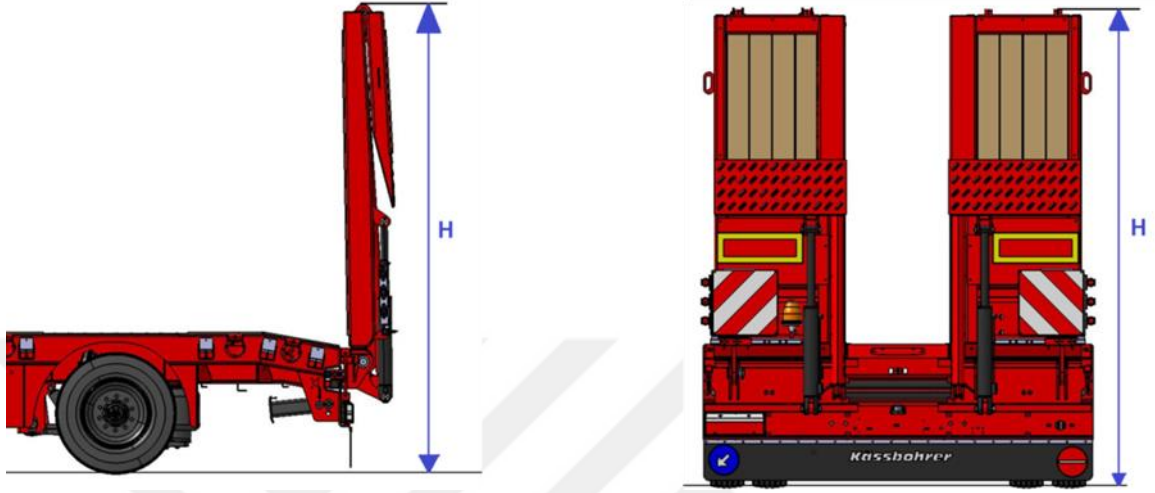


Şekil 2.31. Lowbed Treyler üzerinde tekli rampa görünümü

2.5. Lowbed Treyler Rampası Yapısal Özellikleri

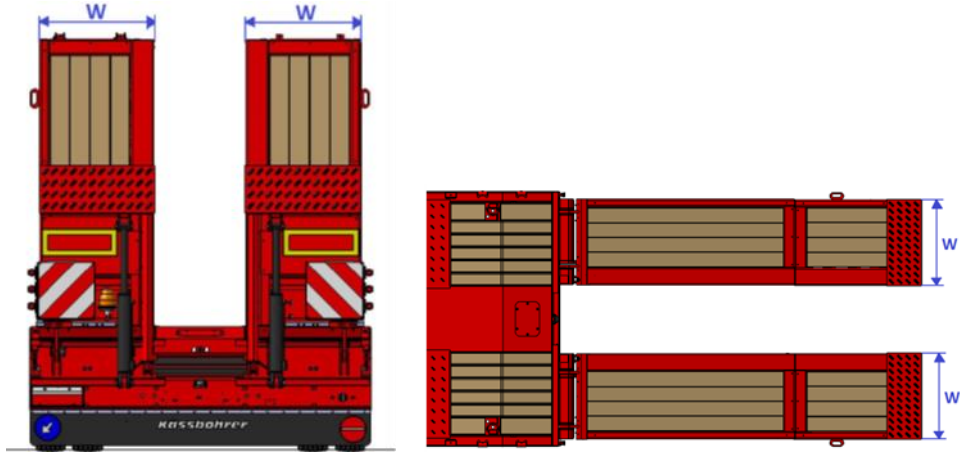
Lowbed treyler açılır-kapanır rampa kayar kızar konsolu, gövde kompleksi, kuyruk kompleksi, kuyruğa hareketi veren konsol ve hidrolik veya pnömatik tahriki veren silindir sisteminden oluşmaktadır. Bu konsol ve kaynaklı komplekslerin malzemesi St52-3 veya S700MC malzemesinden imal edilmektedir. Tablo 2.3.'de Rampanın özellikleri verilmiştir.

Yükseklik (H), rampa kapalı pozisyonda iken rampanın zeminden en yüksek noktasına olan ölçüdür. Yükseklik ölçüsü Lowbed araçlarının platform yüksekliğine göre veya platform arka kuyruk açlarına göre değişiklik gösterebilir.



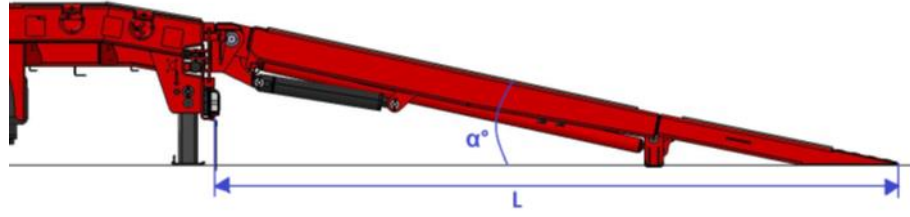
Şekil 2.32. Rampanın zeminden olan yüksekliği

Genişlik (W), tekil rampanın yükleme genişliği olarak ifade edilir. Şekil 2.33.'de rampa genişliği gösterilmiştir.



Şekil 2.33. Rampa genişliğinin arkadan ve üstten görünüşü

Uzunluk (L), rampanın yükleme pozisyonunda(açık konumdayken) platforma olan ölçüsüdür. Rampa açısı (α) ise, rampa yükleme pozisyonunda(açık konumdayken) zemin ile yaptığı açıdır. Şekil 2.34.'de rampanın uzunluğu ve açısı görülmektedir.



Şekil 2.34. Rampa uzunluğu ve açısı

Rampanın teknik olarak adlandırılması yukarıda verilmiş olan ölçü ve özelliklere göre farklılık göstermektedir. Tablo 2.3.'de rampanın genel özellikleri verilmiştir.

Tablo 2.3. Rampa açısı, uzunluğu, yüksekliği ve genişliği

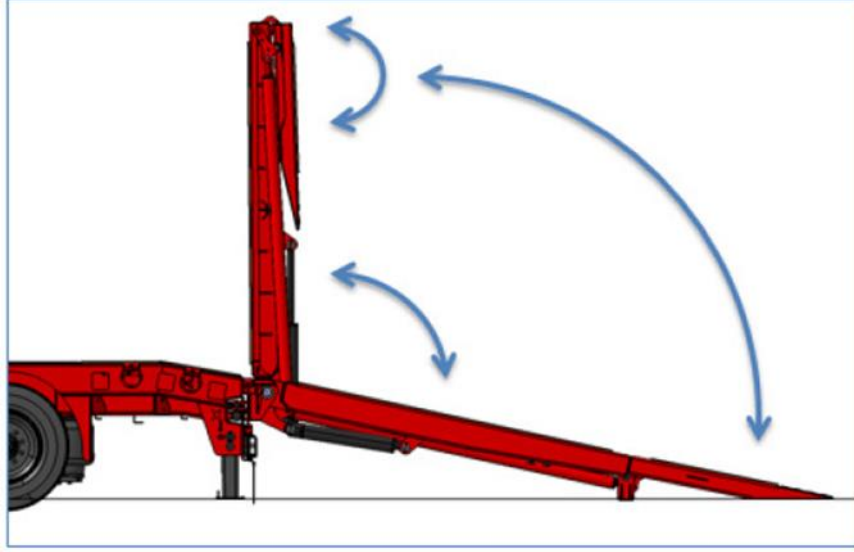
Rampa Adı	Rampa Yüksekliği(mm)	Rampa Genişliği(mm)	Rampa Uzunluğu(mm)	Rampa Açısı(°)
Rampa 1	3130	700-900	3500-4300	12
Rampa 2	3130	700-900	3500-4300	13
Rampa 3	3650	700-900	3500-4300	10
Rampa 4	3650	700-900	3500-4300	9

2.6. Lowbed Treyler Rampa Çeşitleri

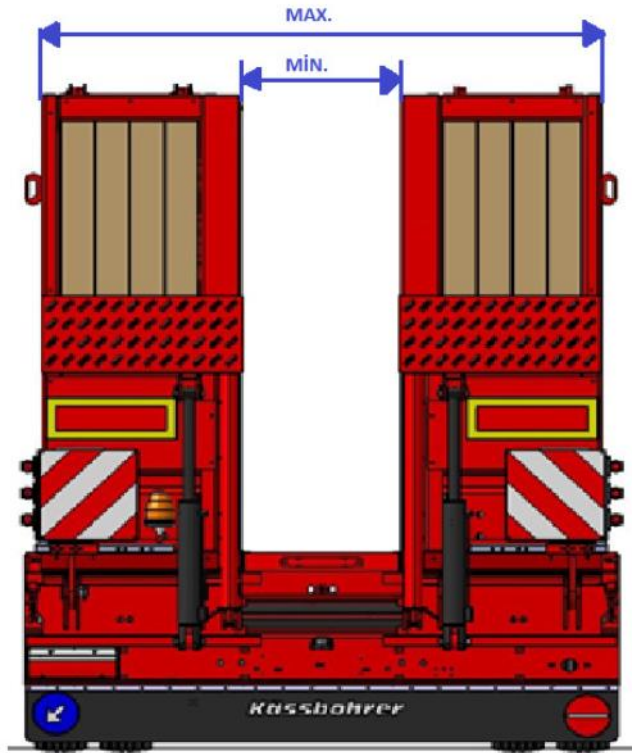
Herhangi bir lowbed treylerinin rampası çeşitli firmalar tarafından farklı farklı sınıflandırılmaktadır. Bunlardan başlıcaları aşağıda belirtildiği gibi ifade edilmektedir.

- Uzun hidrolik tahta zemin,
- Uzun mekanik tahta zemin,
- Kısa mekanik ızgara taban,
- Kısa hidrolik ızgara taban,
- Kısa mekanik tahta zemin,
- Uzun hidrolik ızgara taban.

Ayrıca rampa tanımlamalarında hidrolik veya mekanik ifadesi rampanın yatay hareketini ifade etmektedir. Şekil 2.35. ve Şekil 2.36.'da görüldüğü üzere 1 ve 2 no'lu mekanizma hareketi gösterilmektedir. 1 no'lu hareket, rampanın aşağı-yukarı yöndeki indirme-kaldırma hareketidir. 2 no'lu hareket ise, rampalar arasındaki mesafenin yükün iz genişliğine göre ayarlanması için yatay yönde olan hareketidir.



Şekil 2.35. Rampa indirme-kaldırma yönleri (1 no' lu hareket).



Şekil 2.36. Rampa sağa-sola kaydırma yönleri (2 no'lu hareket).

2.7. Rampa Malzemeleri ve Özellikleri

2.7.1. St 52-3(S355J2G3)

St 52-3 malzemesi, şasi ve rampa gibi kaynaklı birleştirmeler için uygun bir malzemedir. Bu malzeme iki çeşit haddeleme yöntemi ile üretilen çeliklerden bir tanesidir. Bunlarda birincisi sıcak haddeleme, ikincisi ise soğuk haddeleme yöntemidir. St 52-3 malzemesi, soğuk şekillendirmeye uygundur. Bu malzemenin yapısal özellikleri aşağıda belirtilmiştir.

- Karbon miktarı %0,25 - % 0,34
- Mangan miktarı % 0,6 - % 0,9
- Silisyum miktarı % 0,1 - % 0,3
- Akma Sınırı

t<16 mm malzemede	355 N/mm ²
16<t<40 mm malzemede	345 N/mm ²
40<t<80 mm malzemede	330 N/mm ²
- Kopma uzaması % 22
- Çekme dayanımı 510-680 MPa
- Malzemeye uygun kaynak çeşitleri SAW, MIG ve MAG

2.7.2. S700MC(QSTE690)

Strenx 700 MC, daha kuvvetli olması amaçlanan, minimum 690 MPa akma dayanımına sahip sıcak haddelenmiş yapısal olarak soğuk şekillendirilmeye uygun bir çeliktir ve daha hafif yapıya sahiptir. Düşük alaşımlı bu çelikler özellikle şasi, güvenlik bariyeri, römork, vinç yapımında kullanılırlar.

- Karbon miktarı < % 0,12
- Mangan miktarı < % 2,1
- Silisyum miktarı <% 0,60
- Min. Akma sınırı 700 MPa
- Kopma uzaması t<3 mm malzemede \geq % 10

$t \geq 3$ mm malzemede $\geq \% 12$

- Çekme dayanımı 750-950 MPa
- Malzemeye uygun kaynak çeşitleri MIG ve MAG

2.8. Rampada İmalatında Kullanılan Kaynak Çeşitleri

Kaynak; yarı römork rampalarında birleştirme işlemi olarak kullanılır. Yarı römork rampalarının yapımında; tozaltı kaynağı veya gaz altı kaynağı kullanılmaktadır.

Kaynak yapılan çelik parçalar, erime sıcaklığına kadar ısıtılarak bekletilir. Isınan parçanın soğuma süresi, ısınma süresinden daha yavaştır. Kaynak yapılan parçalarda soğuma sırasında oluşan bölgesel çekmeler, artık gerilmelere ve distorsiyon dediğimiz yapısal bozukluklara sebebiyet verir. Kaynaklı yapıda oluşan artık gerilmeler, malzemenin gevrek kırılmasına neden olurlar.

2.8.1. Gaz altı ark kaynağı (MIG/MAG)

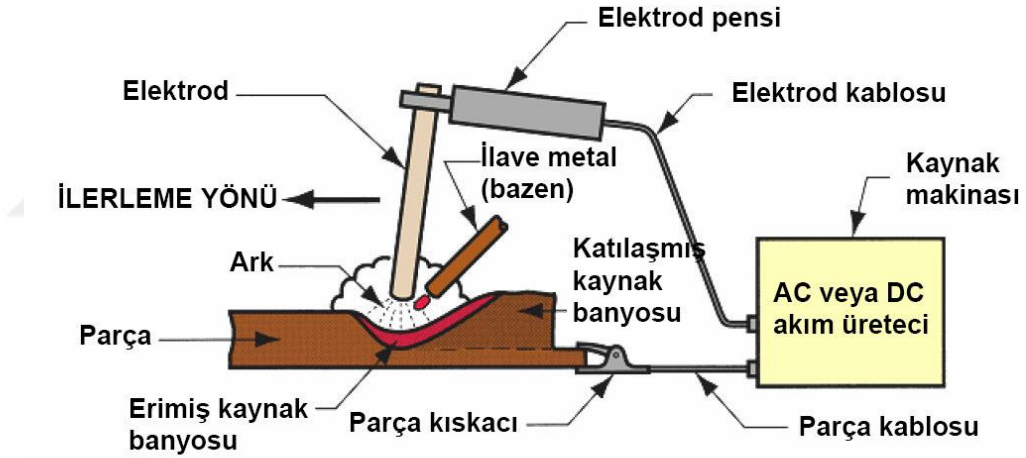
Kaynak yapılacak bölgenin bir gaz ortamı ile korunduğu kaynak çeşidi, gazaltı ark kaynağı olarak adlandırılır. Bu kaynakta koruyucu gaz olarak; helyum, argon ve karbondioksit gibi gazlar kullanılır.

Gaz altı ark kaynağında arkın oluşması için kullanılan elektrot malzemesi ve koruyucu gazın cinsine göre aşağıdaki gibi çeşitlendirme yapılabilir;

- Erimeyen elektrotla yapılan gazaltı kaynağı
Erimeyen iki elektrotla yapılan gazaltı kaynağı (Ark atom kaynağı)
Erimeyen bir elektrotla yapılan gazaltı kaynağı (TIG)
- Eriyen elektrotla yapılan gazaltı kaynağı
Çıplak elektrotla soygaz atmosferi altında yapılan gazaltı kaynağı (MIG)
Ergiyen metal elektrotla karbondioksit altında gazaltı kaynağı (MAG)

2.8.2. Toz altı kaynağı (SAW)

Tozaltı kaynağı, kaynak için gerekli ısının, tükenen elektrot ile iş parçası arasında oluşan ark sayesinde meydana geldiği kaynak yöntemidir. Ark bölgesi, kaynak tozu katmanı ile kaynak metali ve kaynağa yakın ana metal de eriyen kaynak cürufu tarafından muhafaza edilir. Ark ısısı elektrotu, kaynak tozunu ve ana metali eriterek kaynak ağzını dolduran kaynak banyosunu oluşturur. Alaşımli çelikleri kaynak yaparken kullanılan kaynak tozlarında, kaynak metalinin kimyasal içeriğini dengeleyen alaşım elementleri bulunabilir. Bu kaynak yöntemi otomatiktir. Elektrotlar yan yana kaynak banyosuna sürülebilir veya kaynak banyolarının birbirinden bağımsız sertleşmesini sağlayacak kadar uzaktadırlar. Şekil 2.39.' da toz altı kaynağının şematik resmi gösterilmektedir.



Şekil 2.39. Tozaltı ark kaynağının şematik gösterilişi (Tolun, 2007).

BÖLÜM 3. BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIM İŞLEMLERİ

Bilgisayar destekli tasarım; araştırmacıların tasarımı nihai haline getirmek, son şeklini ve geometrisini vermek, zaman açısından kazanmak, katı model oluşturmak amacıyla kullanılır. Bir sayısal veya görsel tanımlama yapmak için kullanılan programların tümüdür. Bilgisayardaki paket tasarım ve analiz programları, tasarımcının veriyi analiz yaptığı, karmaşık hesaplamalarını gerçekleştirdiği ve proje üzerinde tasarımının üç boyutlu görünümünü hızlı ve faydalı bir şekilde oluşturduğu sistemdir. Tasarım programlarında görüntü ise çeşitli aı, düzlem, kesit ve boyutlarda incelenmektedir.

Herhangi bir sistemi, mekanizmayı vb. tasarlayan kişi, geometrinin ayrıntılarını yeterli bulduktan sonra orijinal tasarımı teknik resimlerini oluştururlar. Burada tasarlanan komponente veya parçalara göre üç görünüşü ve perspektif bakışı gösterilir. Teknik resmi çizilen parçaya göre detay ve kesit görünüşleri alınır. İmalatı ve üretimi yapılmak üzere ilgili kişilere teknik resimler iletilir.

Bu tezde ise CATIA tasarım programı kullanılmıştır. Otomotiv alanında, katı modellemenin çok fazla kullanıldığı ve üç boyutlu çizim yapmayı gerektiren sektörlerde Solidworks, Creo, Autocad, NX vb. gibi programlarda tasarım yapılır. Statik analiz için Hyperworks programının arka planda hesaplamada kullandığı Hooke kanunu baz alınmıştır.

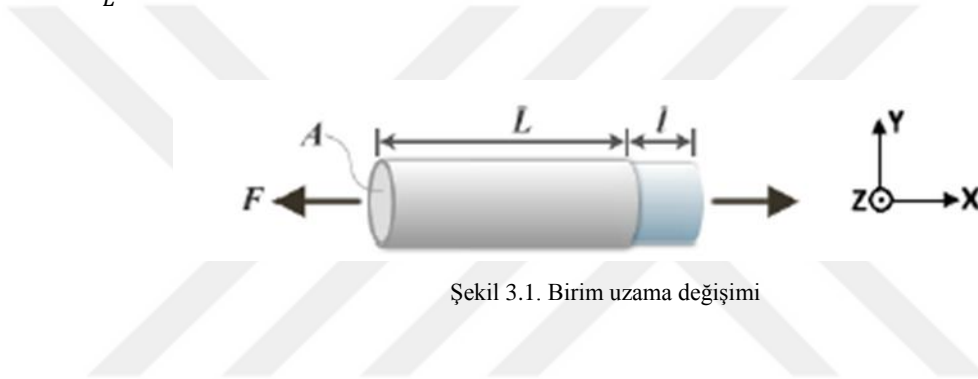
3.1. Gerilme-Gerinim Kavramı

Dıştan gelen bir kuvvetle karşılaşan bir parça, gerilim ve gerinim altındadır. Gerilim direkt llemez. Fakat etkisi llebilir. Gerilim ile gerinim arasındaki ilişki bilinirse gerilme hesaplanabilir. Gerilme bir cismin birim alanına etki eden kuvvet olarak tanımlanır. Gerilme aşağıdaki eşitlik kullanılarak denklem 3.1' de ifade edilmiştir.

$$\sigma = \frac{\text{Kuvvet}}{\text{Alan}} = \frac{F}{A_0} \quad (3.1)$$

Malzemeler gerilme altında deformasyona ve şekil değişikliğine uğrarlar. Bu şekil değişikliğinin ölçümü gerinim olarak ifade edilir. Gerinim için; birim uzama, uzama oranı, değiştirme oranı, deformasyon oranı gibi tanımlamalar yapmak yanlış olmaz. Şekil 3.1.'de birim uzama miktarı gösterilmiştir. Ayrıca gerinim aşağıdaki eşitlik kullanılarak denklem 3.2' de ifade edilmiştir.

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



Şekil 3.1. Birim uzama değişimi

3.2. Poisson Oranı

Malzemede meydana gelen yüke dik yöndeki birim şekil değişiminin, yükün uygulandığı eksenindeki birim şekil değişimine oranı olarak belirtilmektedir. Çapraz birim uzamanın direkt birim uzamaya oranı Poisson oranı olarak bilinmektedir. Plastik deformasyonda şekil değişikliği sonucu malzemenin hacmi korunur. Fakat elastik deformasyonda durum bu şekilde değildir. Çekme deformasyonunda hacim artar, fakat basma deformasyonunda hacim biraz azalır. Bu durumda uygulanan yüke dik kesitlerde azalma ε_y ve ε_z , uzunlukta oluşan artış (ε_x) ile orantılıdır. En düşük değeri 0,21 ile çinkoda, en büyük değeri 0,4 ile polimerlerde görülmektedir. Çelik için Poisson oranı 0,29 olarak kabul edilmektedir. Şekil 3.1.'de verilen örnek birim şekil değişimi ile bu oran, aşağıdaki eşitlik kullanılarak denklem 3.3' de ifade edilmiştir.

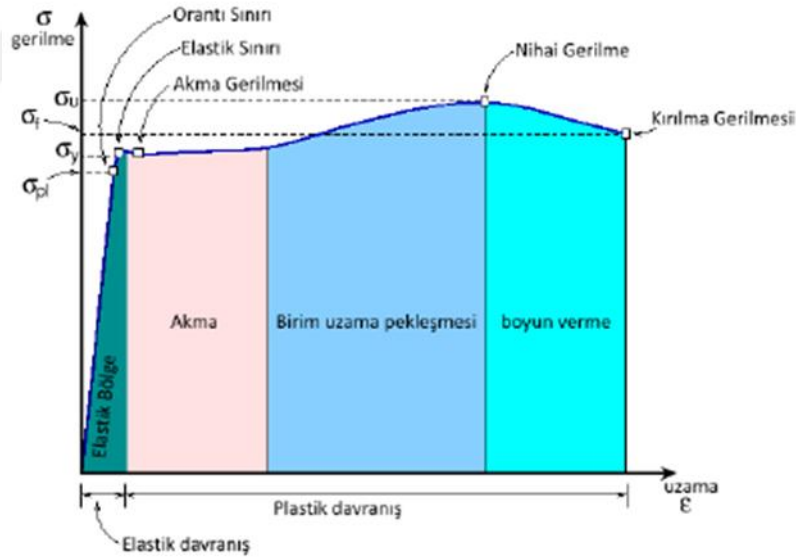
$$\nu = -\frac{\varepsilon_z}{\varepsilon_x} \quad (3.3)$$

3.3. Elastisite (Young) Modülü

Herhangi bir malzemenin, kuvvetle karşı karşıya kaldığında şekil değiştirmesinin değerine elastisite modülü denmektedir. Bir malzemedeki birim boyu arttırmak için gerekli olan birim kesit alanına uygulanması gereken kuvveti ifade eder. Kaynakların bazısında “Young modulus” olarak adlandırılmaktadır. Gerilme-gerinim eğrisinin eğiminden hesaplanır. Bu ifade Hooke kanunu olarak ifade edilir. Birimi N/mm^2 olarak gösterilir. Elastisite modülü aşağıdaki eşitlik kullanılarak denklem 3.4’ de ifade edilmiştir.

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (3.4)$$

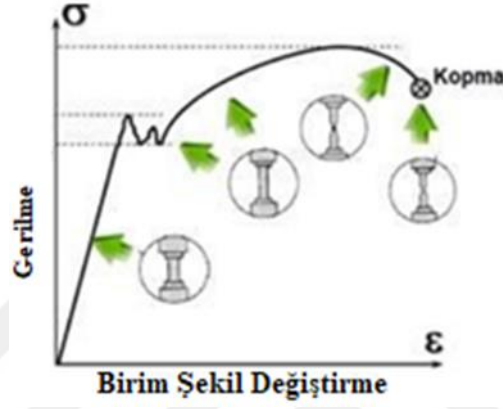
3.4. Malzemenin Akma, Nihai ve Kopma Gerilmesi



Şekil 3.2. Akma, nihai ve kopma gerilmesi (Aksoy, 2014).

Şekil 3.2.’de malzemenin özelliklerine ait gerilme tipleri görülmektedir. Akma gerilmesi (σ_y), malzemenin plastik deformasyona başladığı sınır gerinim olarak tanımlanır. Akma gerilmesinin altında, malzemeler yükleme yapıldıktan, yani herhangi bir kuvvete maruz kaldıktan sonra, tekrar eski konumlarına dönerler, fakat akma değerinden daha yüksek değerlerde sonra deformasyon kalıcı olur.

Nihai gerilme (çekme dayanımı), yükleme sonucunda en yüksek kuvvetle elde edilen gerilmedir. Çekme dayanımı (σ_u) noktasına kadar malzeme homojen uzar. Bu noktadan sonra kesiti daralarak kopar. Malzemenin dayanabildiği maksimum gerilmedir. Mühendislik gerilme-gerinim eğrisi üzerindeki maksimum gerilmedir. Şekil 3.3.'de nihai gerilme gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Nihai gerilme (Çekme dayanımı).

Kırılma gerilmesi (kopma dayanımı), malzemede kırılmanın gerçekleştiği gerilme olarak ifade edilir. Değer olarak kopma dayanımı (σ_f), çekme dayanımından küçük gibi görülmesine rağmen; bu kesit daralması olayı sonucu olduğundan gerçekte durum bu şekilde değildir.

BÖLÜM 4. SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE ANALİZ

Mühendislerin genel olarak karşılaştıkları zor ve karmaşık problemlerin çözümlemesinde kullandıkları yöntemler, ikiye ayrılırlar.

- Sayısal çözüm yöntemleri
- Analitik çözüm yöntemleri

Mühendislikte karşılaşılan birçok problemi, sayısal yöntemler ile çözmek uzun zaman almaktadır. Analitik çözümler, sadece basit hale getirilmiş bazı özel durumlar için elde edilebilir. Malzeme özellikleri, tasarımı, geometrisi ve sınır şartları olan uzun ve zaman alan problemleri gerçeğe yakın ve yaklaşık ifadeler ile çözümlenmek amacıyla, mantık ve matematik açısından kabul edilebilir sonuçlar veren sayısal yöntemler kullanılmalıdır.

Taşıtların üzerine etki eden yüklerin sonuçlarının incelenmesi ve üretimine başlanmadan önce modellenmesi ve simülasyonun yapılması mukavemet açısından çok önemlidir. Katı model oluşturulması, imalatı yapılacak olan taşıt parçasının modelini ifade edecektir. Hyperworks gibi programlar; bu tasarımı bilgisayar ortamında oluşturup, üzerine etkiyen yüklerin analizinin ve simüle edilmesine olanak sağlar (Eren, 2006).

Bu yöntemin en önemli faydası; modeli daha üretimi yapmadan, bilgisayar ortamında her türlü analizinin ve matematiksel hesabının model üzerinde uygulanmasına olanak vermesidir. En nihayetinde oluşturulan son modelin üretilip, sonrasında kendine etki eden yükler altında gerekli testlere tabii tutulması tasarımın son aşaması olacaktır.

Modelin mukavemet hesapları yapılırken, eğer analitik çözüm yöntemlerini kullanırsak; birtakım kabuller yapılması gerekmektedir. Bunun nedeni yüksek dereceden karmaşık ve çözümlenmesi uzun süreler alan sistemlerin elle çözümünün mümkün olmamasıdır.

Ayrıca modele etkiyen yükün bir kısmı katı modelde gerinim etkisi oluşturacaktır. Yükün geri kalanı ise modelde gerilme etkisi oluşturacaktır. Sonlu Elemanlar Yöntemi ile modeldeki bu önemli olan etkilerin hesaplanması büyük oranda kolaylaşmaktadır. Fakat Sonlu Elemanlar Yöntemi ile çözüm yapılırken oluşturulan matris boyutlarının büyüklüğü sebebiyle, hesaplarımızı yaparken bu yöntemi baz alan bir bilgisayar programının kullanılması gerekmektedir. Bu nedenlerden dolayı; çalışmada HyperWorks Programı kullanılmıştır. Ayrıca karmaşık çözümlenelerde çok kabul yapılmayacağından, sonuçların gerçeğe yakın olması sağlanacaktır.

Bilgisayar yazılımlarının gelişmesiyle ön plana çıkan ve farklı sayısal yöntemlerden faydalı ve kolay yanları olan sonlu elemanlar yönteminde karmaşık yapıya sahip, malzeme, geometri ve tasarım özellikleri farklı olan modellemeler; çok kolaylıkla analiz edilebilirler. Köşeler, delikler, parçanın katısında bulunan boşluk vb. gibi alanlar, sonlu elemanlar analizinde kolaylık sağlamaktadır. Sonlu Elemanlar Yöntemini temel alan Hyperworks programıyla analizi yapılan parçalardan elde edilen verilerin yapısal açıdan uygun değerlere sahip olup olmadığı tespit edilir. Bilgisayar destekli tasarım ve analiz programları kullanılarak; zaman kaybetmeden hassas, esnek ve karmaşık tasarımların yapılabilirdiği görülmektedir (ANSYS Tutorials, 2019).

Sonlu Elemanlar Yönteminin zaman, yer, hız ve maliyet açısından pek çok faydası vardır. Bu faydaların en önemli özellikleri aşağıdaki verilen açıklamalarda mevcuttur.

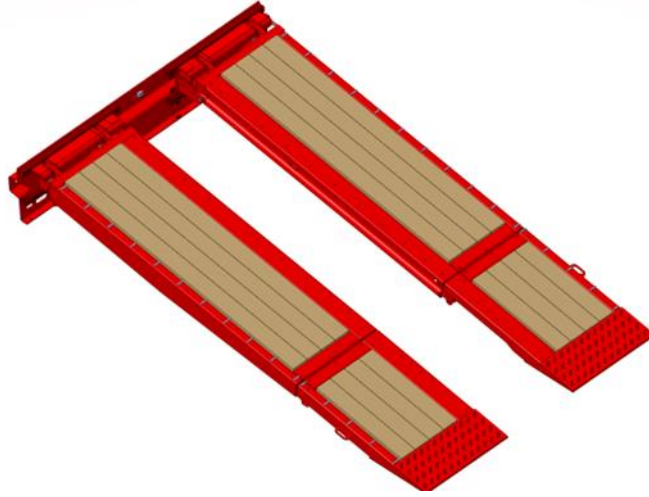
- Birbirine birleştirilmiş elemanlardaki malzeme özellikleri aynı olmadığı zaman sonlu elemanlar yöntemi bu cisimler üzerinde uygulanabilmektedir.
- Eleman boyutları, analizci tarafından değiştirilebilir. Bunun sonucunda önemli değişiklikler beklenen bölgelerde daha küçük elemanlar kullanılarak, daha dikkatli ve hassas işlemler yapılabilirken, aynı parçanın diğer bölgeleri büyük elemanlara bölünerek işlem hızı yükseltilebilir.

Sonlu Elemanlar Yönteminin en büyük dezavantajı; yüksek kapasiteli, hafızalı ve donanımlı bilgisayar programlarına ve bilgisayara olan ihtiyacıdır. Bu sebeple çok küçük problemler için bile sayısal birçok hesaplama gerekir. Hyperworks programı; ANSYS, IDEAS, NASTRAN, ADAMS vb. gibi sonlu elemanlar yöntemini temel alan pek çok bilgisayar programından biridir (Altan, 2002).

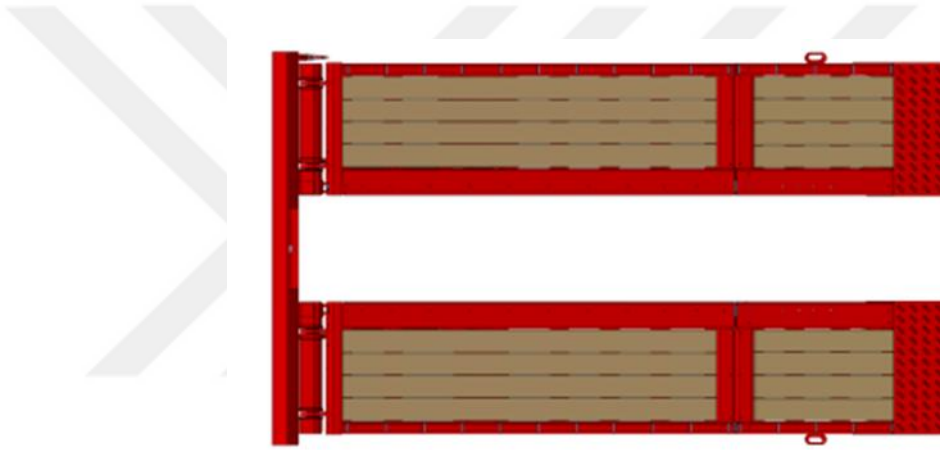
Bu çalışmada Hyperworks bilgisayar programıyla; Lowbed rampasının kritik gerilme altında bulunan gövde, kuyruk ve kayar kızak parçası, yapısal analiz yöntemi ile incelenmektedir. Bu analiz yapılmadan önce Lowbed rampasının 3 boyutlu katı modeli oluşturulacaktır. Katı modelin oluşturulmasında Lowbed rampasının bütün boyutları ve malzeme özellikleri gerçekte kullanıldığı gibi eşdeğer olarak tanımlanmıştır.

4.1. Katı Modelin Oluşturulması

Kaynak bölgesindeki termal etkinin doğurduğu genişleme farklarından dolayı artık gerilmelerin sistemin yapısal özelliklerindeki etkisini gözlemlemek amacıyla; Lowbed yükleme rampası olarak adlandırılan ağır yüklü araçları ve iş makinelerini taşımakta kullanılan bir araç gerçeğe yakın yükler ve mesnet şartları altında analize tabi tutulmuştur. En yüksek gerilmelerinin olduğu kritik bölge tayin edilmiş ve bu bölge daha detaylı incelenmiştir. Bu inceleme, 3 boyutlu katı modelin oluşturularak Sonlu Elemanlar Yöntemiyle analiz edilmesi yoluyla gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.1. ve Şekil 4.2.'de tasarlanan rampanın 3 boyutlu katı modeli görülmektedir.



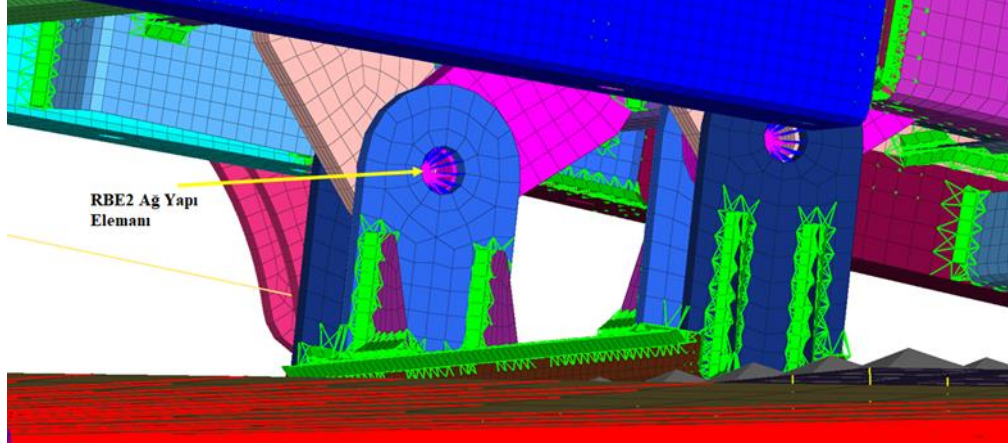
Şekil 4.1. Lowbed yarı römork rampasının 3 boyutlu katı modeli



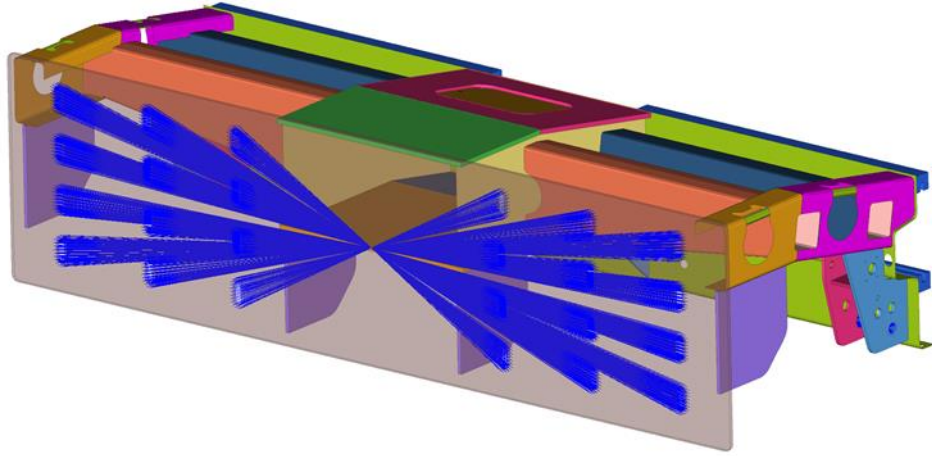
Şekil 4.2. Lowbed yarı römork rampasının üstten görünüşü

4.1.1. Modelin elemanlara (Mesh) bölünmesi

Katı modeli oluşturulan rampa, sonlu elemanlara ayrılarak, üzerine 20 Ton düşey yük uygulanmıştır. Rampa gövde kompleksi ve kayar kızağın bağlantı yerleri, açılan rampanın yere basma konsolu ile kuyruk ve gövde bağlantı noktaları; orada sabitleme pimleri varmış gibi, spider rijit olarak adlandırılan RBE2 eleman tipi ile ağ (mesh) yapı modelleri oluşturulmuştur. Pim veya burç ile bağlantılı yerlere döner mafsallar tanımlanır. RBE2 elemanlarının serbestlik derecelerinin doğru olarak tanımlanması gerekmektedir. Şekil 4.3.'de RBE2 ağ yapı örneği gösterilmiştir. Ayrıca rampada gerçek dışı bir rijitlik oluşmasını engellemek için araç modelinin arka kısmı modele dahil edilmiştir. Şekil 4.4.'de araç arka kısmının yani lowbed kuyruğunun modeli gösterilmektedir.




Şekil 4.3. RBE2 Ağ yapı görünümü



Şekil 4.4. Lowbed arka kuyruk yapısı

Ağ yapısının modellenmesinde 10 mm kalınlığın altındaki parçalar kabuk (Shell body) veya yüzey (Surface body) olarak modellenir. HyperWorks programında, 10 mm ve üzerindeki kalınlığa sahip olan komponentler 'Solid body' olarak modellenir. Modellenen bu parçaların programdaki özellik dosyaları oluşturulur. Bu özellik dosyalarının içine girdiğimizde; parçanın kalınlığı, elastisite modülü, yoğunluğu vb. bilgiler bulunur. Shell body olarak modellenen parçaların özellik dosyalarına erişerek malzeme bilgileri girilmelidir. Şekil 4.5.'de malzeme özellikleri görülmektedir.

Name	Value
Solver Keyword	MAT1
Name	Steel
ID	1
Color	
Include File	[Master Model]
Defined Entity	<input checked="" type="checkbox"/>
Card Image	MAT1
User Comments	Do Not Export
E	210000.0
G	
NU	0.3
RHO	7.9e-009

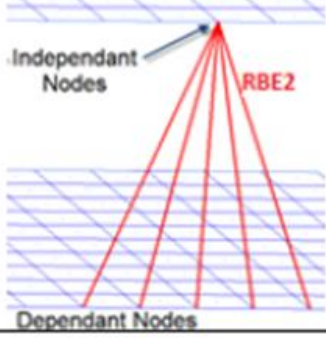
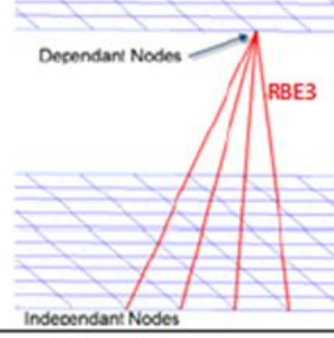
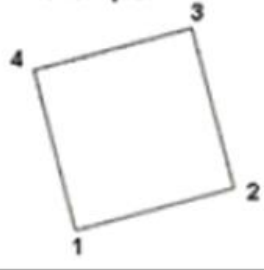
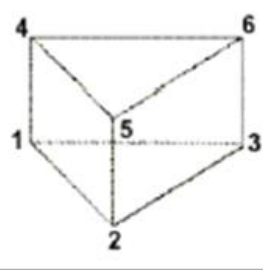
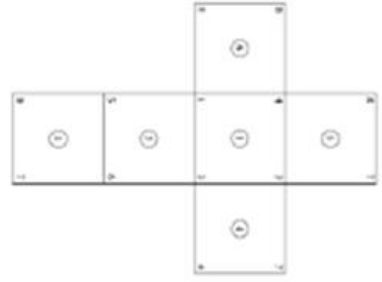
Şekil 4.5. Ağ modeli oluşturulurken malzeme özelliklerinin programa tanıtılması

Ağ yapısı ile modellenin rampada oluşan eleman tipleri ve sayıları Tablo 4.1. ve Tablo 4.2.'de gösterilmiştir.

Tablo 4.1. Modelde meydana gelen Ağ tipleri ve sayısı

Eleman Tipi	Eleman Sayısı
RBE2	328
RBE3	41944
QUAD4	128910
PENTA	13279
HEX8	228568
TOPLAM	413029

Tablo 4.2. Analizde kullanılan ağ tipleri (Sevin ve Şahin, 2019).

Element Type	
RBE2	RBE3
 <p>Independent Nodes</p> <p>Dependant Nodes</p>	 <p>Dependant Nodes</p> <p>Independent Nodes</p>
QUAD4	PENTA
<p>4-noded quad</p> 	<p>6-noded penta</p> 
HEX8	
	

4.1.2. Modele kaynak atılması

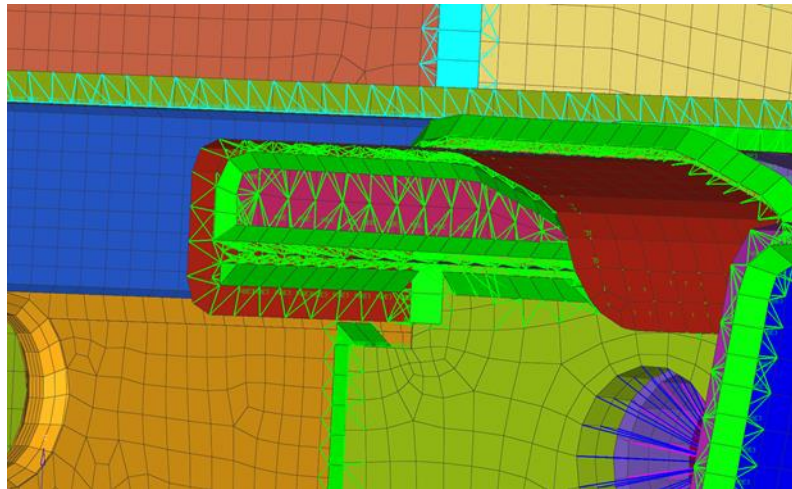
Birbirinin devamı niteliğinde olan komponentlerin birleştirilme işlemi node-to-node şekilde olmayacak, fiziki durumdaki gibi birleştirilmeleri kaynak elemanları ile gerçekleştirilecektir. Kaynaklar, penta eleman tipi ile modellenmiştir. Kaynağa ait ayrı bir özellik dosyası oluşturulmuştur.

Birbirlerine kaynak elemanları ile birleştirilecek komponentlerin kalınlıklarından ince olanının kalınlık değeri, kullanılacak kaynak yüksekliği Tablo 4.3.'de yaklaşık değerini olarak girilmiştir.

Tablo 4.3. Hyperworks programında kullanılacak olan kaynak ölçüleri

Kalınlık(t)	Tek Taraflı	HyperMesh' de okunan kaynak ölçüsü	HyperMesh'd e atılan yaklaşık kaynak ölçüsü	Çift Taraflı	HyperMesh' de okunan kaynak ölçüsü	HyperMes h'de atılan yaklaşık kaynak ölçüsü
	Kaynak için(h)			Kaynak için(h)		
	$\frac{t \text{ ince}}{\text{kalınlık}} * 0.7 = h$			$\frac{t \text{ ince}}{\text{kalınlık}} * 0.5 = h$		
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

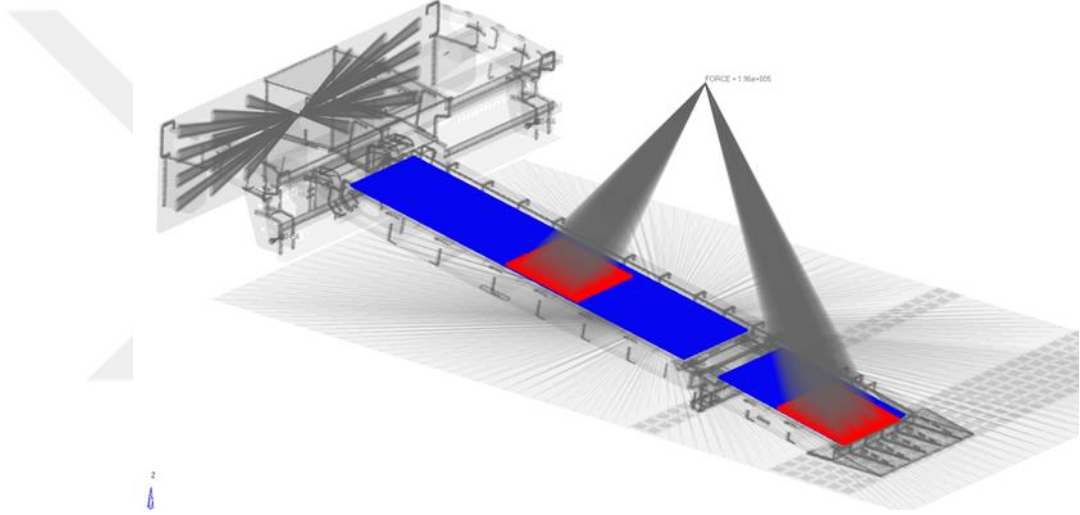
Kaynak elemanlarına ait penta olan RBE3 elemanların mümkün mertebe yakın düğüm noktalarına (nodes) bağlanması gerekmektedir. Şekil 4.6.'da bu durum gösterilmektedir.



Şekil 4.6. Penta elementlerin RBE3 ile yakınlığı

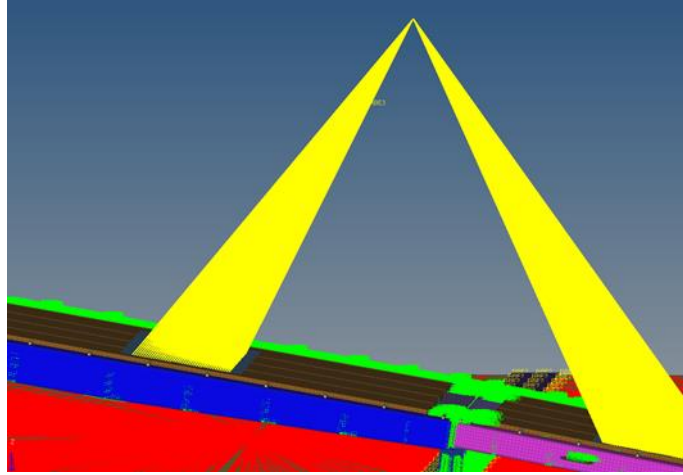
4.1.3. Sınır şartlarının belirlenmesi ve yüklerin uygulanması

Rampanın üzerinden Lowbed yarı römork üzerine tonajı yüksek ve lastikli araçlardan herhangi birisi yükleniyormuş gibi 6 farklı senaryoda konumlandırılmıştır. Araçların rampaya temas alanı, lastiğin basma alanlarıdır. Paletli yük senaryosu yayılı yüküdür. Bu yayılı yükler yapıyı zorlayıcı değildir. Yükler rampa konumuna göre tam ortasından uygulanmaktadır. Uygulama alanını tam olarak verebilmek ve yükü homojen olarak dağıtabilmek için taban döşeme tahtalarının üzerine 0,01 mm inceliğinde metal sac konumlandırılmıştır. Şekil 4.7.' de kırmızı renkteki plakalar gösterilmiştir.



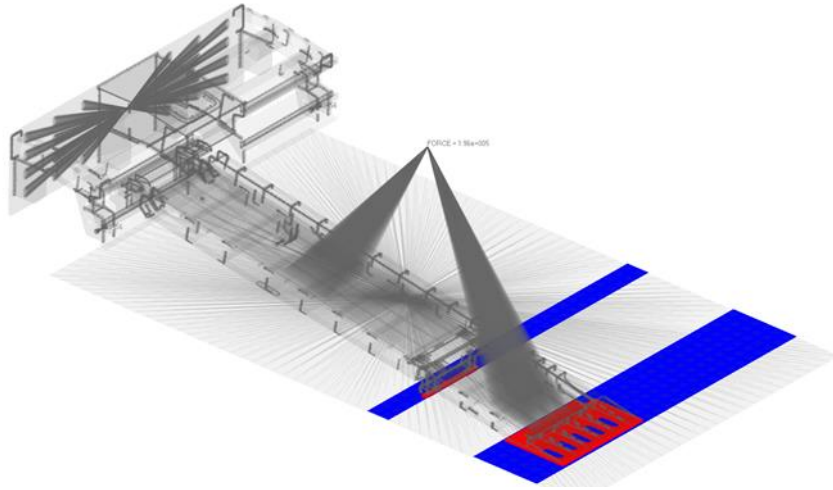
Şekil 4.7. Noktasal kütlelerin taban ahşabına basma alanları

Aynı noktalardan ve 1300-1700 mm düşey doğrultuda (z-koordinatı) rampalara ayrı senaryolar için 20 ton (196,13 kN) miktarında yük uygulanmıştır. Burada kuvvet noktasal kütle (point mass) olarak uygulanmıştır. Şekil 4.8.'de tanımlamış olduğumuz noktasal kütle basma alanlarına RBE3 element tipi ile bağlantısı yapılmıştır.



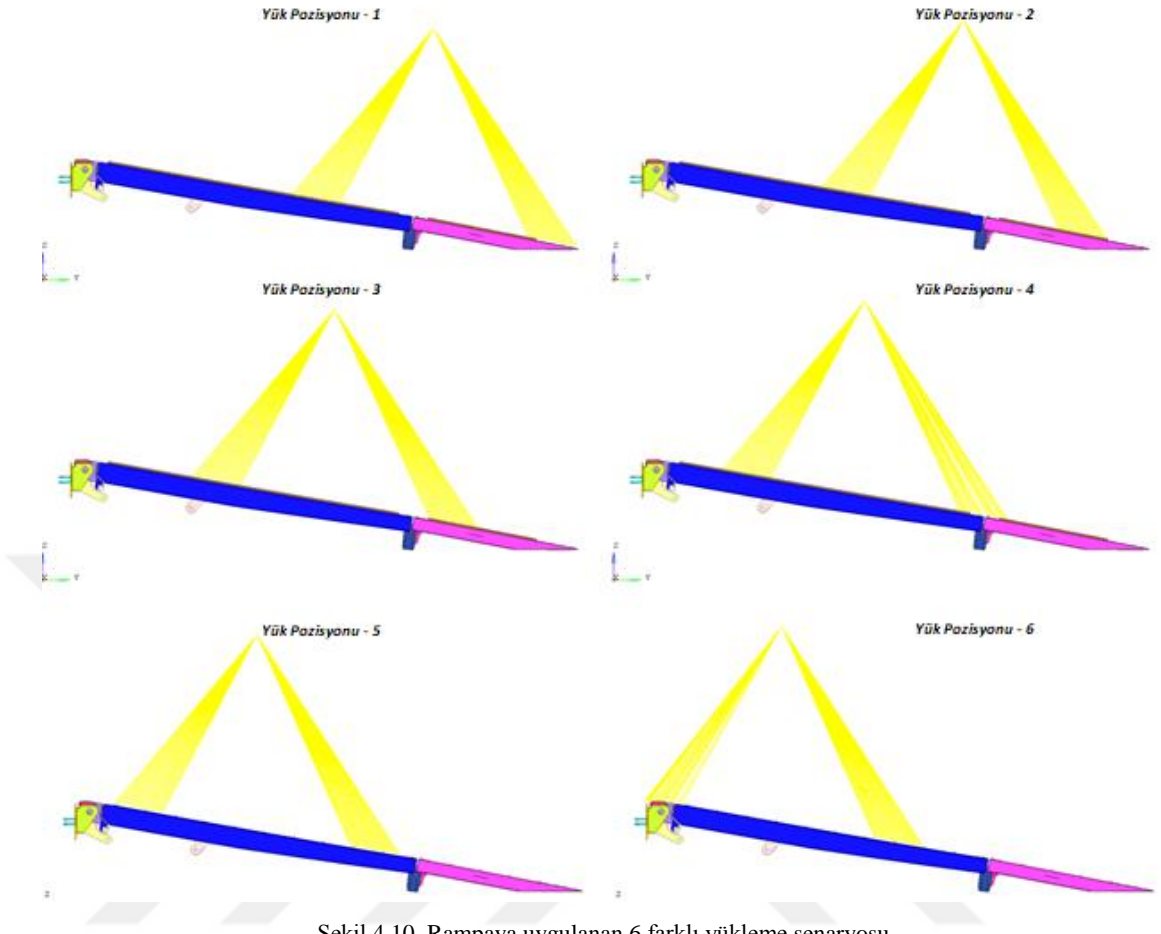
Şekil 4.8. Noktasal kütle ile basma yüzeylerinin arasındaki RBE3 element tipi

Ayrıca Şekil 4.9.' da görüldüğü üzere rampanın kuyruğu ve yere basma konsolu arasındaki zemine sabitlenmiştir.

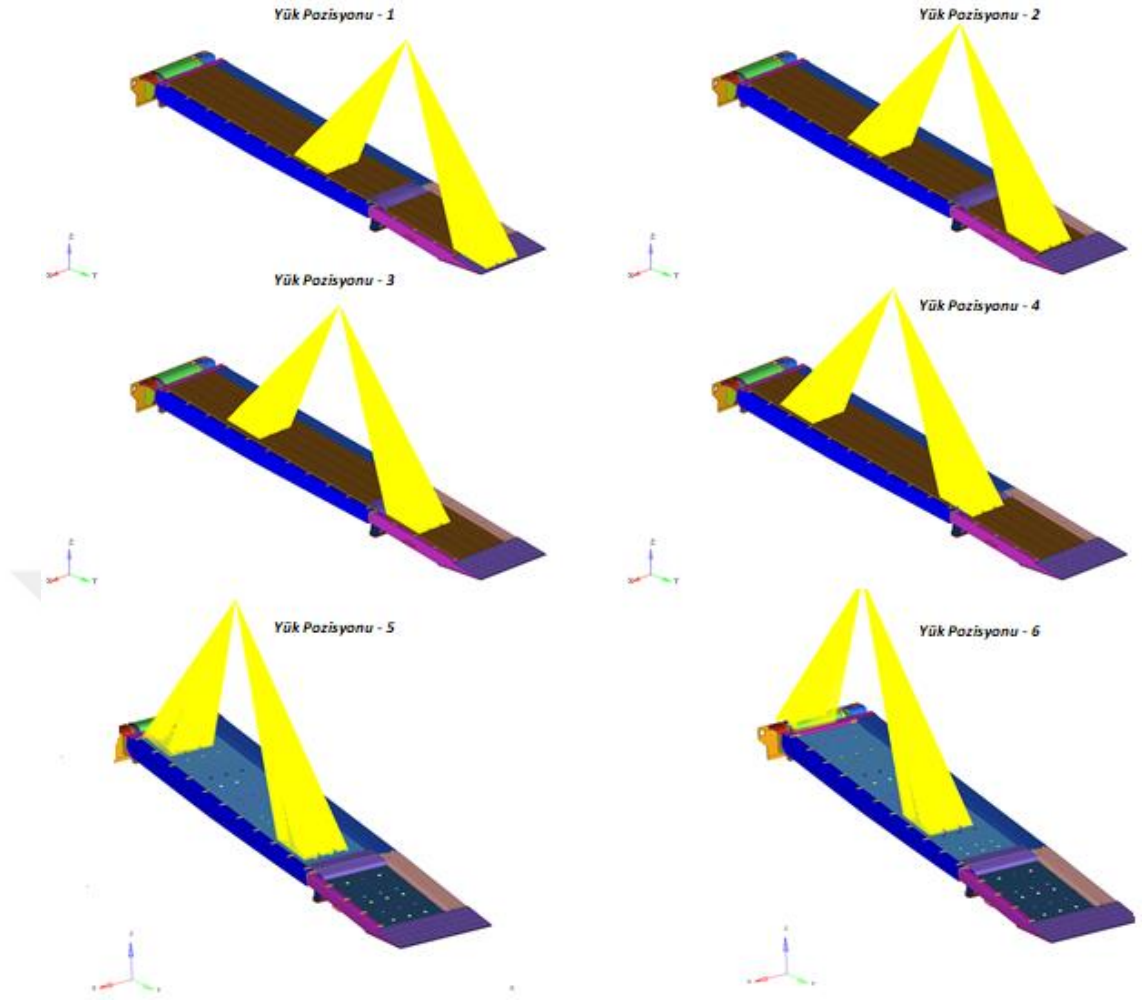


Şekil 4.9. Rampanın kuyruğu ile zemin arasındaki sabitleme

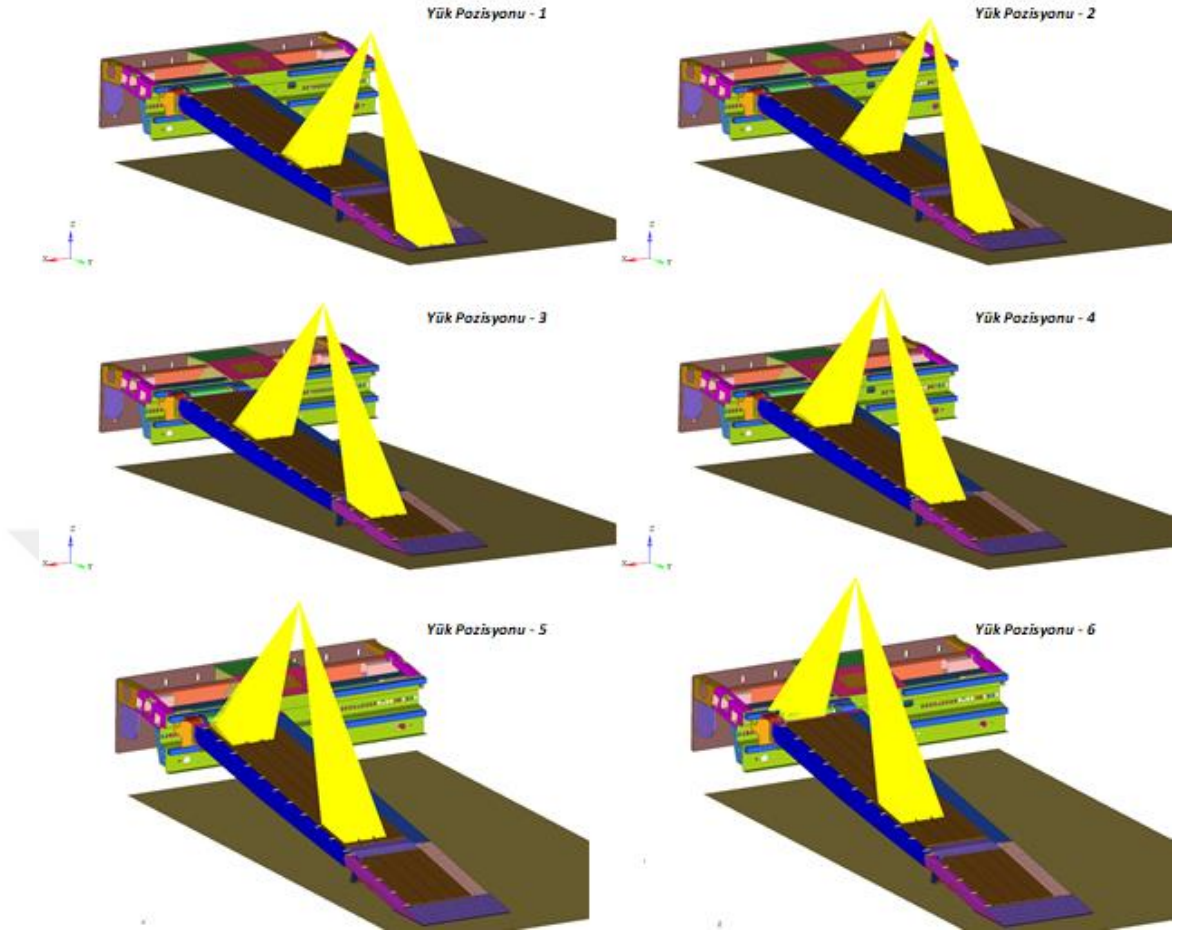
Şekil 4.10.'da yüklemenin 6 farklı senaryosunun yandan görünüşü gösterilmektedir. Lowbed yarı römorkuna yüklenecek aracın arka lastiğinin basma alanının sonu, rampa uzunluğunun sonuna denk gelecek şekilde ilk senaryo oluşturulmuştur. Sonraki aşamalar yüklenecek aracın, mesafe olarak basma alanı kadar ilerlediği varsayılarak analiz yapılmıştır.



Şekil 4.10. Rampaya uygulanan 6 farklı yükleme senaryosu



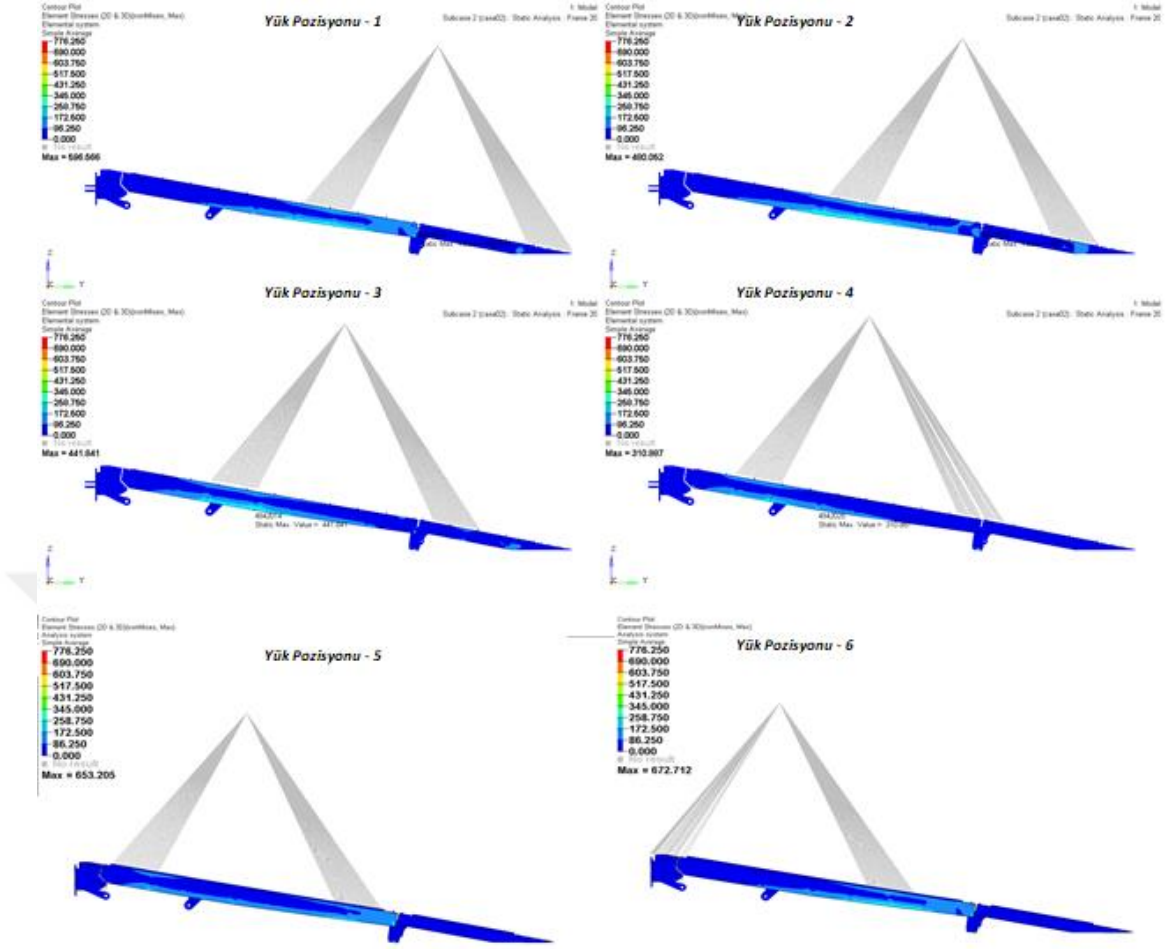
Şekil 4.11. Rampaya uygulanan yükün 6 farklı senaryosunun perspektif görünümü



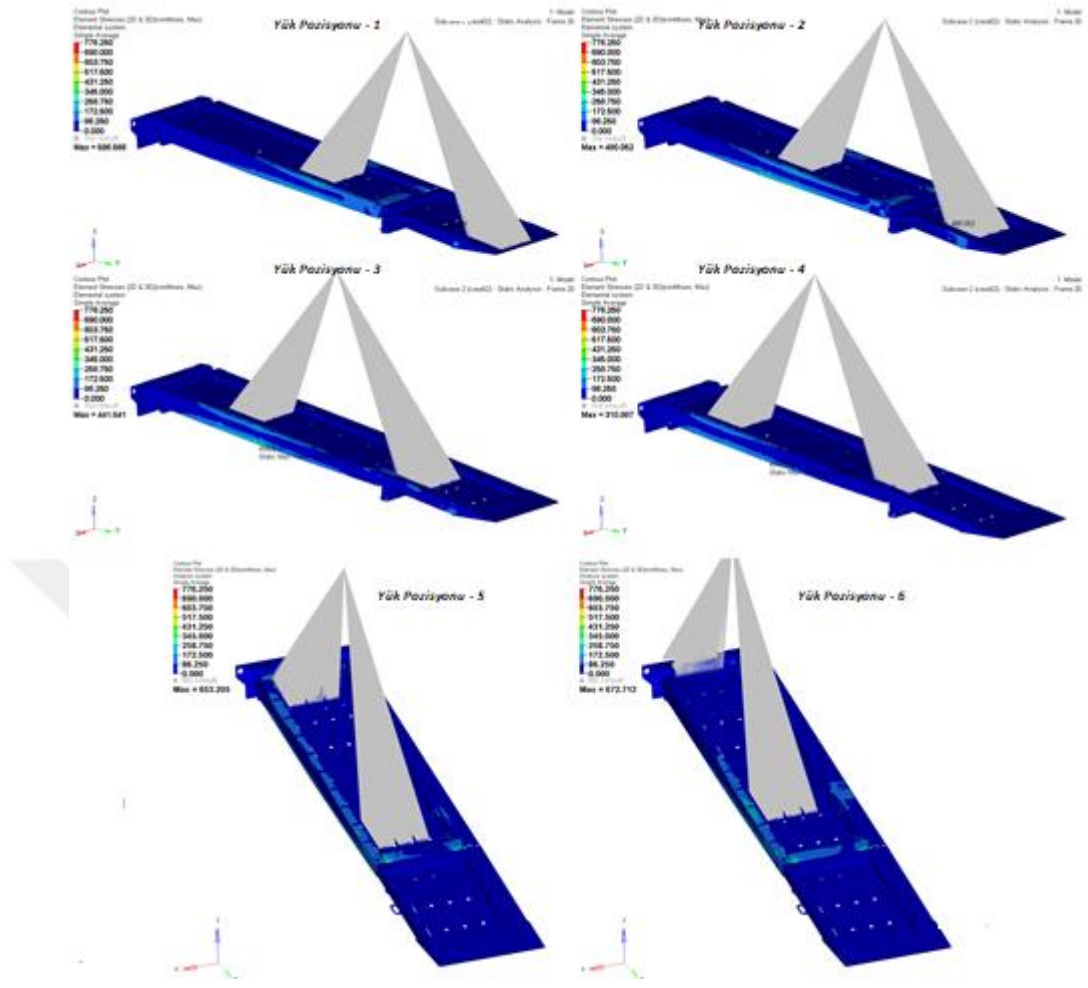
Şekil 4.12. Rampa yüklemesi, lowbed kuyruk konsolu kompleksi ve zemin

4.2. Yapısal Analiz

Yukarıda değişik yönlerden Sonlu Elemanlara ayrılmış hali gözlenen yapı; mesnet bölgelerinden tutularak, rampa üst yüzeyine 20 ton (196,13 kN) eşdeğer yük uygulanmıştır. Bu yükleme etkisiyle oluşan gerilmelerin eşdeğer gerilme kriterine (Von Misses) göre rampa içindeki dağılımı Şekil 4.13. ve Şekil 4.14.'de görülmektedir.



Şekil 4.13. Rampa yüklemesi, lowbed kuyruk konsolu ve Zemin

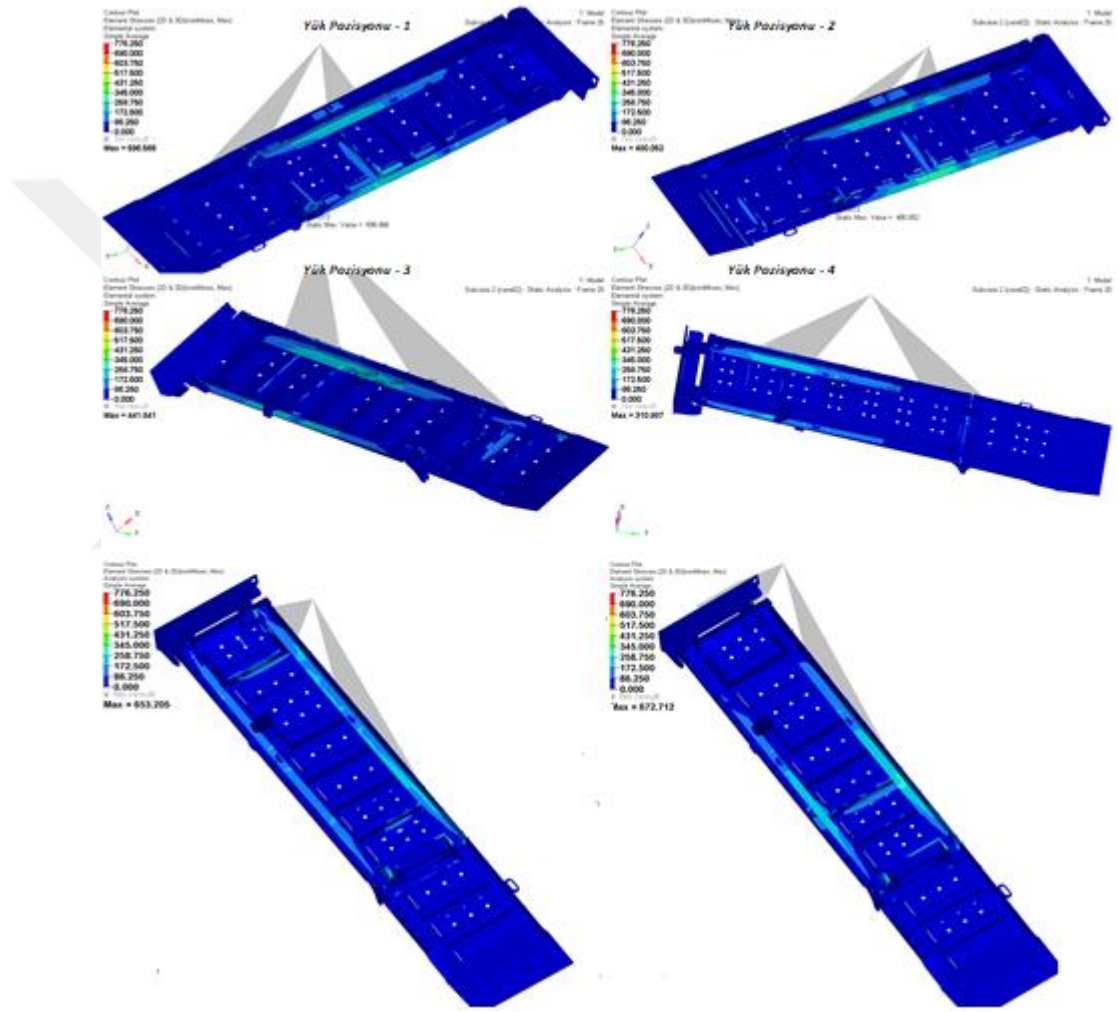


Şekil 4.14. Rampa yüklemesi, lowbed kuyruk konsolu kompleksi ve zemin perspektif görünümü

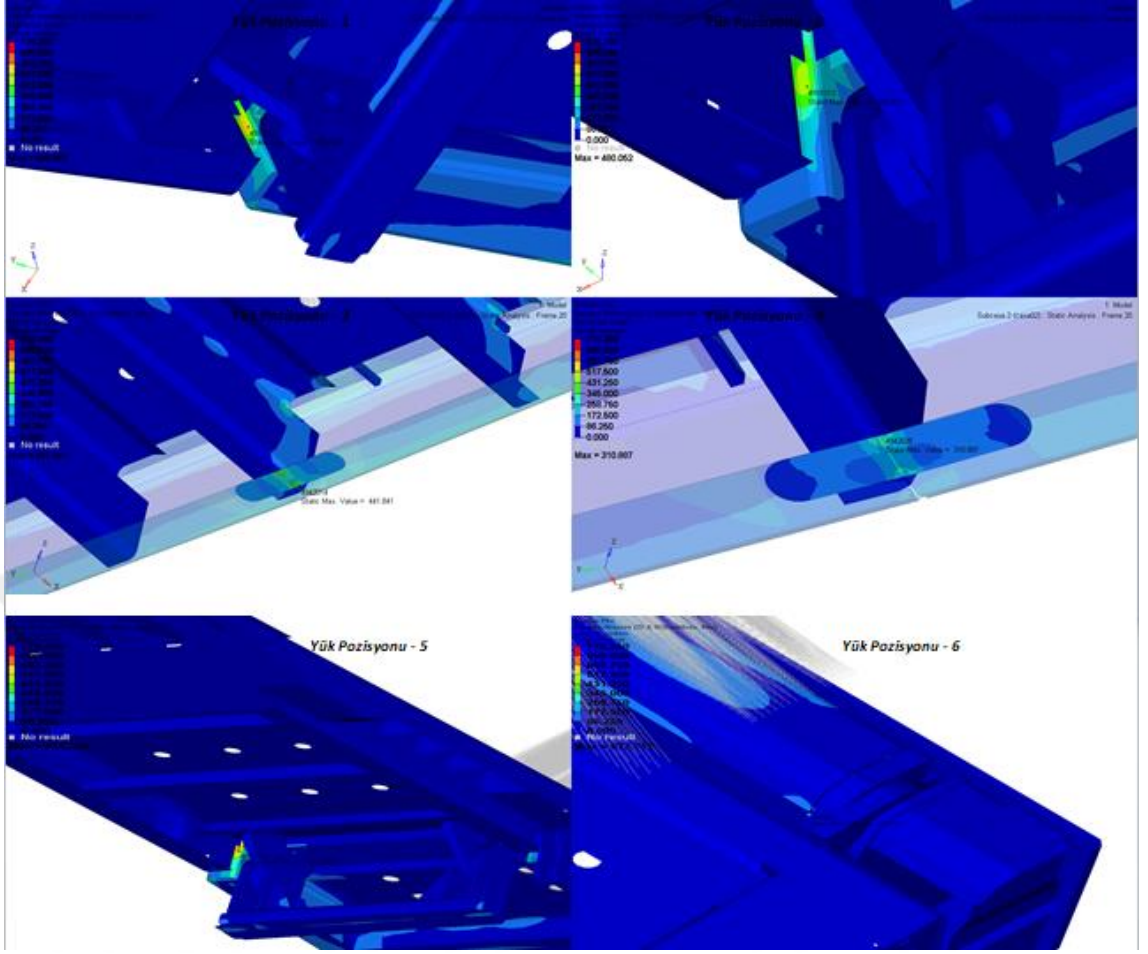
4.2.1. Rampadaki gerilme ve deformasyon bölgeleri

Lowbed rampası, işletme durumundaki maruz kaldığı statik yükler ve mesnet şartları altında sonlu elemanlar yöntemine göre, yapısal analize yapılmıştır. Lowbed Treylelerin rampasına lastikli ağır araçlar dan bir tanesi düşünülerek 6 farklı senaryo ile statik yükleme yapılmıştır. Bu yüklemelerde maksimum gerilme (stress) ve deplasman (displacement) değerleri elde edilmiştir. Bu değerlere göre lowbed rampasında meydana gelen maksimum eşdeğer gerilme 672,712 MPa olarak, altıncı yükleme pozisyonunda çok küçük bir bölgede meydana gelmektedir. Şekil 4.15.'de altı farklı senaryoya göre oluşan maksimum gerilmelerin görünümü verilmiştir. Şekil 4.16.'da her bir yükleme senaryosuna göre rampa gövdesi ve kuyruk şasi yapısı içindeki maksimum eşdeğer gerilmelerin olduğu bölgeler görülmektedir. HyperWorks programında görülen renk

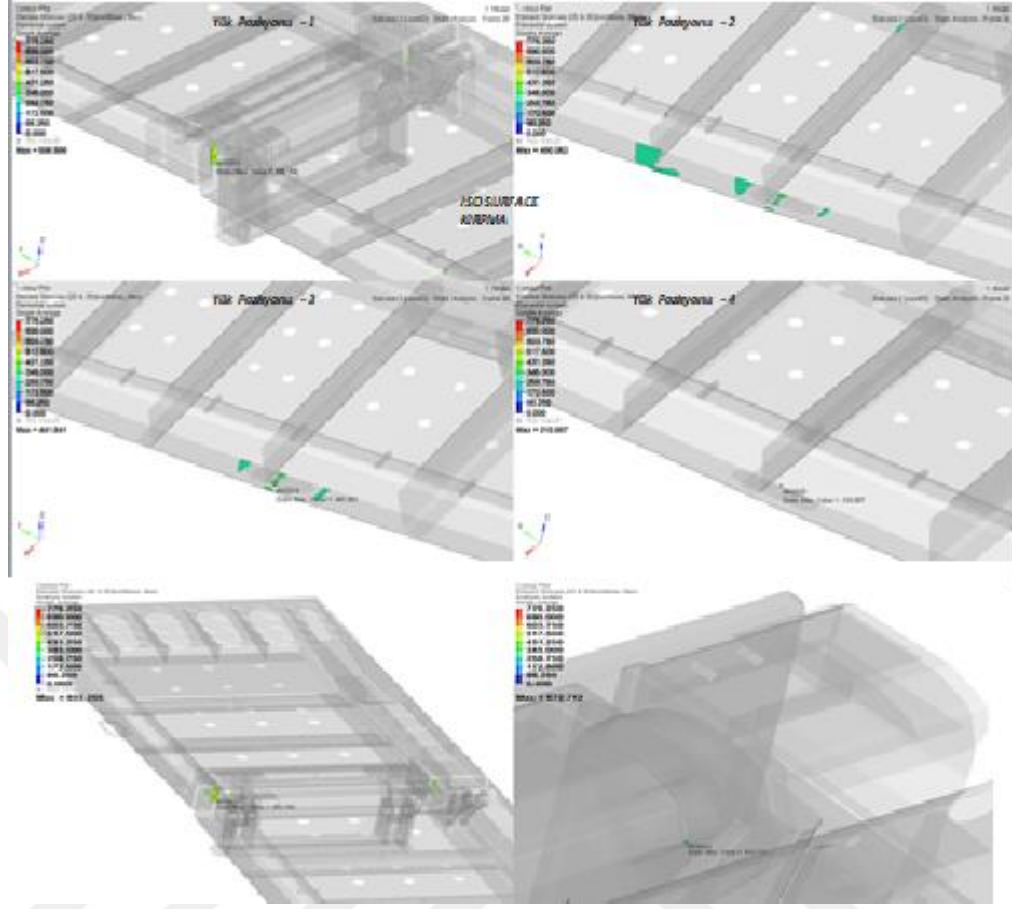
çizelgesi 300 MPa akma sınırına göre ayarlanmıştır. Kullanılan analiz programının özelliklerinden birisi olan 'Iso Surface' kırpmaya görseli Şekil 4.17.'deki gibidir. Bu özellik aktif olması durumunda sadece statik yükleme sonucunda oluşan maksimum gerilmeleri bölgesel olarak göstermektedir.



Şekil 4.15. Rampada oluşan maksimum gerilmelerin alt bölgeden görünümü

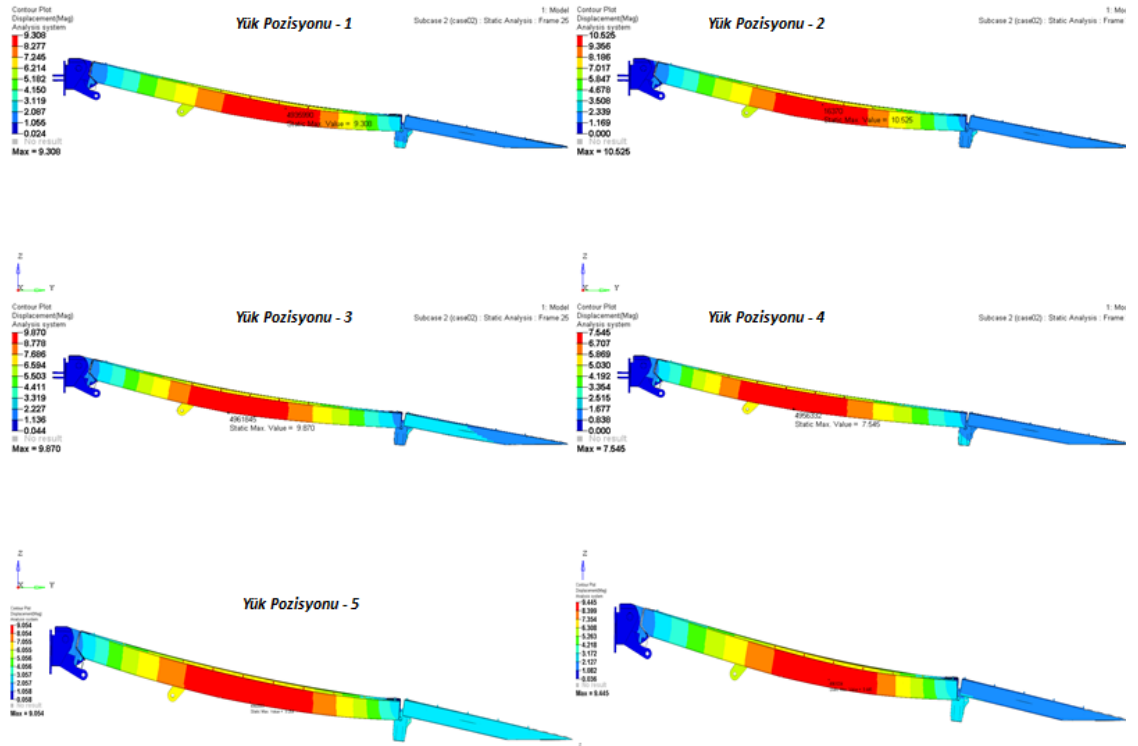
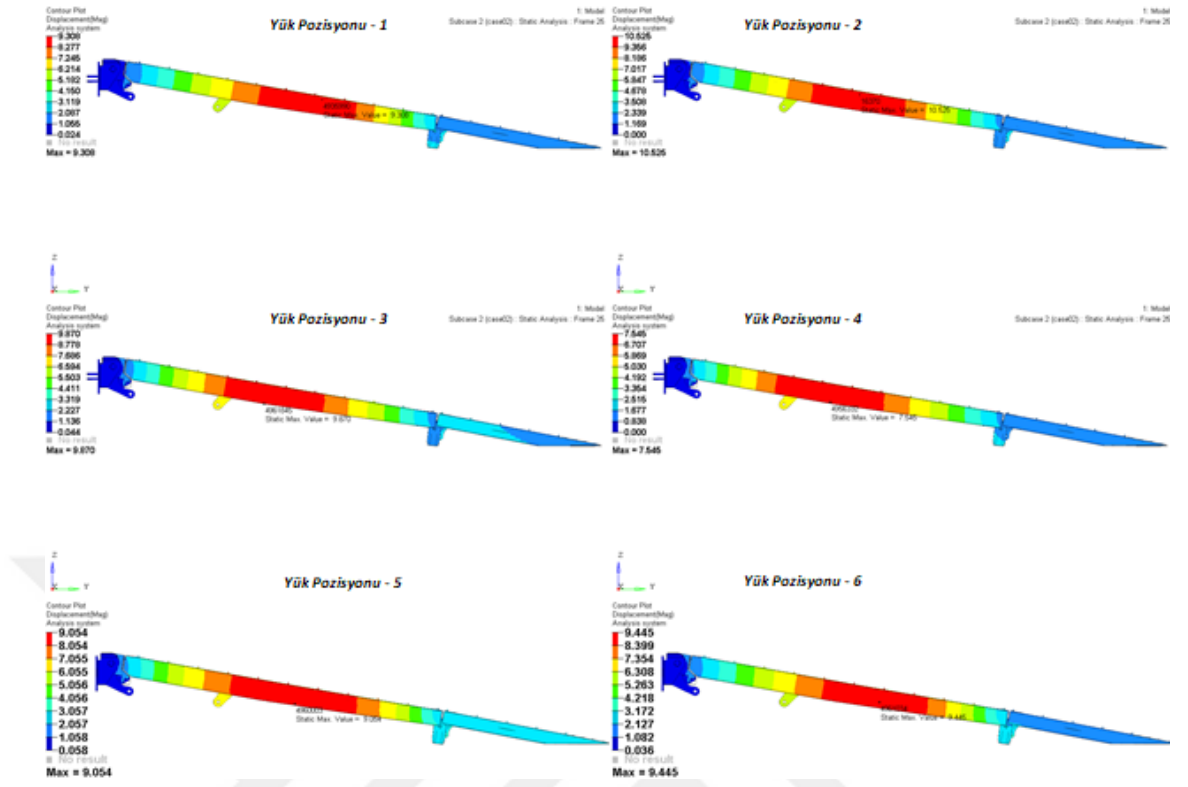


Şekil 4.16. Rampada oluşan maksimum gerilmelerin alt bölgeden yaklaşılmış görünümü



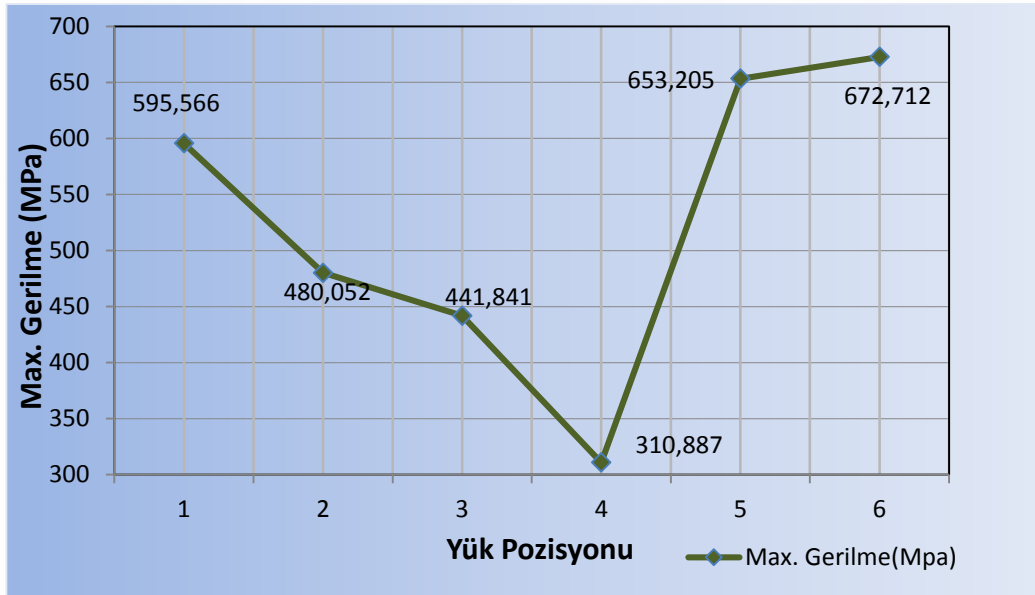
Şekil 4.17. Rampada oluşan maksimum gerilmelerin Iso Surface Kırpma görüntüsü

Ayrıca 196,13 kN’luk yük uygulanması sonucunda lowbed rampasının bazı bölgelerinde yapısal deformasyon tespit edilmiştir. Deformasyon miktarı z eksenı doğrultusunda 0 ile 10,525 mm aralığında değişmektedir. En yüksek deformasyonun ikinci senaryoda görülen gövdenin orta bölgesinde meydana geldiği ve z eksenı doğrultusunda 10,525 mm olduğu tespit edilmiştir. Şekil 4.18.’de yapı üzerindeki deformasyonun yoğunlaştığı bölgeler görülmektedir. Şekil 4.19.’da 10 kat deformasyon faktörü uygulanmış durumu gözükmektedir.



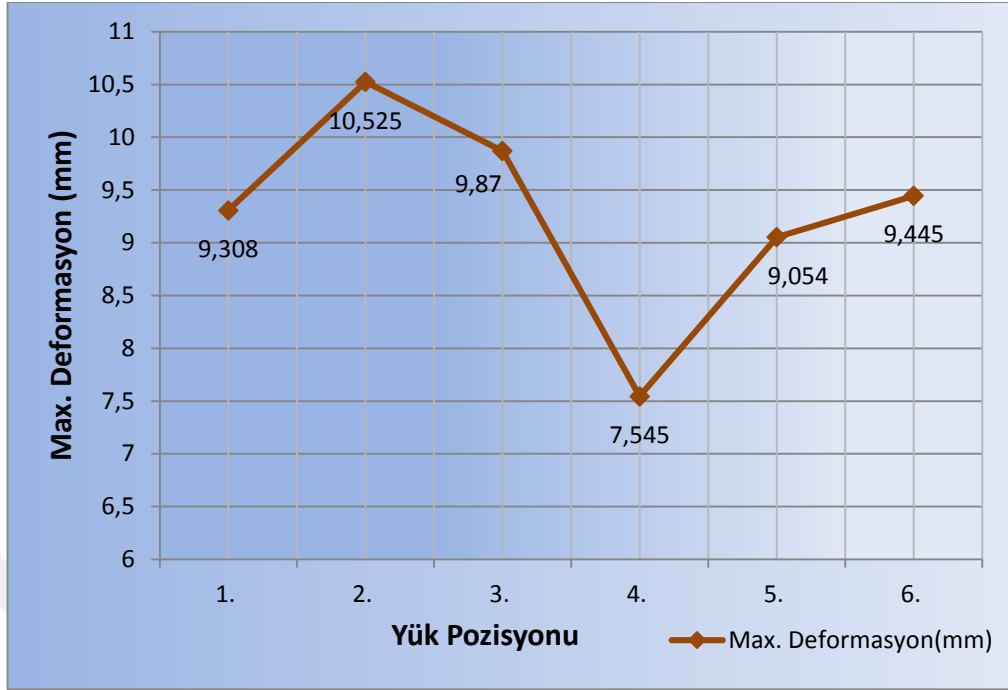
BÖLÜM 5. BULGULAR VE TARTIŞMA

Lowbed yarı römork rampası 196,13 kN' luk statik kuvvet etkisi altında iken yapılan yapısal analiz sonuçlarına göre; meydana gelen eşdeğer gerilme değeri 300 MPa ile 600 MPa değerleri arasında değişmektedir. Ancak en yüksek eşdeğer gerilme değeri olan 672,712 MPa, altıncı senaryoda görülen kuyruk ile gövde arasındaki lokal bölgede meydana gelmektedir. Şekil 5.1.'de bu çalışmada tasarlanan rampanın yükleme pozisyonuna göre meydana gelen en yüksek gerilme değerleri görülmektedir.



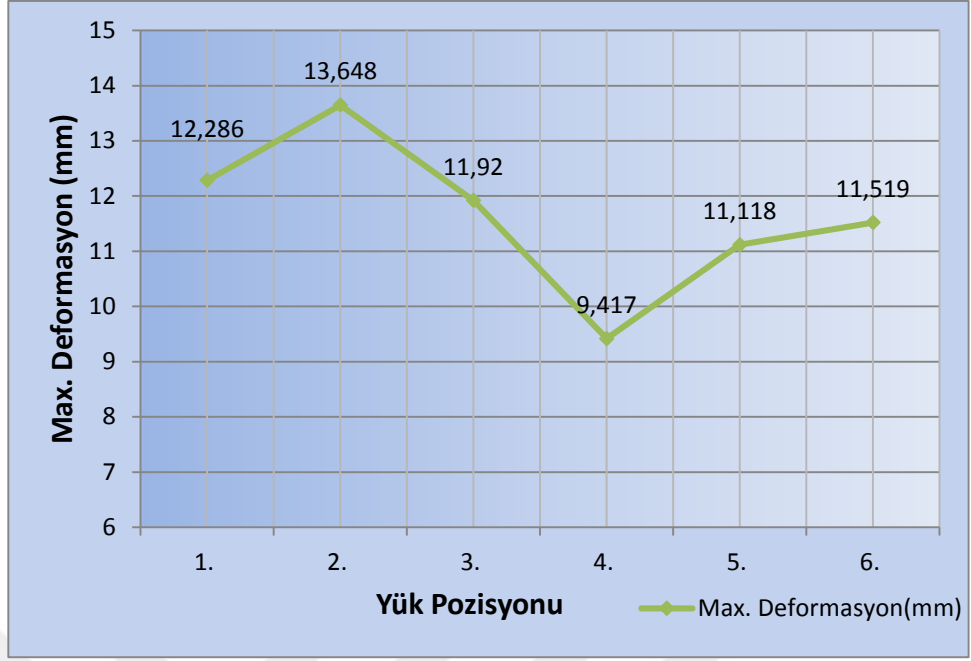
Şekil 5.1. Çalışmada yeni tasarımı yapılan rampanın üzerinde oluşan maksimum gerilme değerleri

Yapılan bu çalışmadaki Lowbed rampasının bazı bölgelerinde yapısal deformasyon tespit edilmiştir. Deformasyon miktarı z eksenini doğrultusunda 0 ile 10,525 mm aralığında değişmektedir. Şekil 5.2.' de rampada meydana gelen deformasyon değerleri gösterilmektedir.

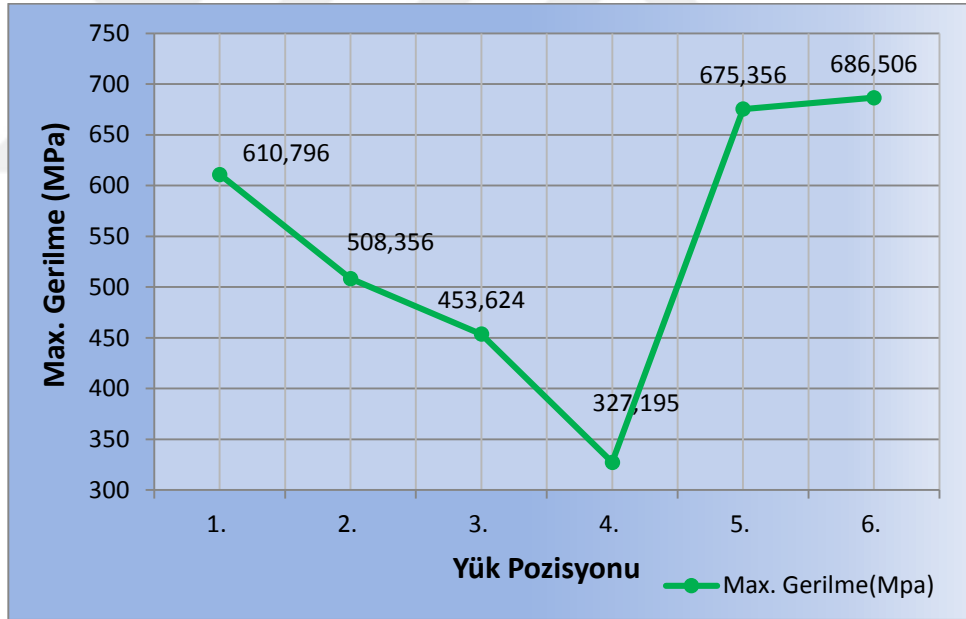


Şekil 5.2. Çalışmada yeni tasarımı yapılan rampanın üzerinde oluşan maksimum deformasyon değerleri

Bu çalışmada tasarımı yapılan rampanın öncesinde mevcut üretilen rampaya da statik analiz uygulanmıştır. Bir önceki varyantın da geometrisi, gövdesi ve kuyruğu yeni çalışılan rampaya benzemektedir. Ancak ağırlığı, kros ve televrelerinin kalınlığı farklıdır. Yükleme pozisyonlarına göre bir önceki varyantın en yüksek gerilme ve deformasyon değerleri Şekil 5.3. ve Şekil 5.4.' de görülmektedir.

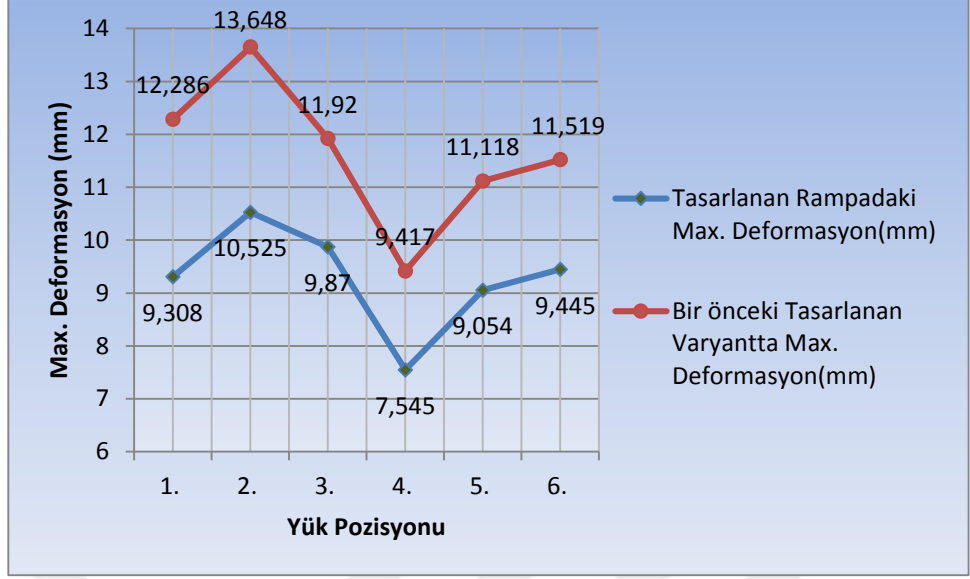


Şekil 5.3. Yükleme pozisyonlarına göre bir önceki varyantın en yüksek deformasyon değerleri

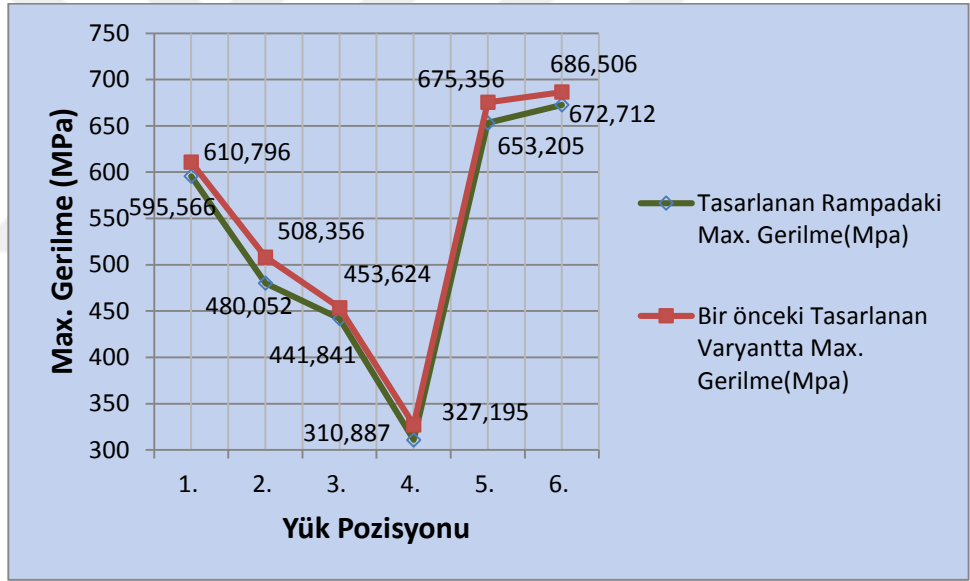


Şekil 5.4. Yükleme pozisyonlarına göre bir önceki varyantın en yüksek gerilme değerleri

Bu çalışmada tasarlanan rampa ile bir önceki varyantın katı modellerine aynı yükler uygulanmıştır. Her iki rampanın altı farklı yükleme konumundaki en yüksek gerilme ve en yüksek deformasyon değerleri Şekil 5.5. ve Şekil 5.6.'da gösterilmektedir.



Şekil 5.5. Bu çalışmadaki tasarlanan rampa ile bir önceki varyantın en yüksek deformasyon değerleri



Şekil 5.6. Bu çalışmadaki tasarlanan rampa ile bir önceki varyantın en yüksek gerilme değerleri

Çalışmada kullanılan lowbed rampa modeli imalatçı bir firma tarafından üretilen modeller arasından seçilmiştir. Rampanın ölçüleri ve malzeme özellikleri aslı ile aynı olacak şekilde seçilip, statik yayılı yük uygulanarak yapısal analiz gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle; analiz sonucunda bulunan gerilme ve deformasyon değerleri güvenilir olmaktadır.

BÖLÜM 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan çalışmalar neticesinde treyler rampasının statik mukavemet analizleri gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan modeller kritik noktaları ile yüklemelerin uygunluğu teyit edilmiştir.

Sonuç olarak çalışmamızdan elde edilen önemli bulgular aşağıdaki gibi ifade edilmektedir.

- a. Şekil 5.1.'de görüldüğü üzere Lowbed yarı römork rampası 196,13 kN' luk statik kuvvet etkisi altında iken yapılan yapısal analiz sonuçlarına göre; meydana gelen eşdeğer gerilme değeri 300 MPa ile 672 MPa değerleri arasında değişmektedir. Tespit edilen en yüksek eşdeğer gerilme değeri malzemenin akma sınırının çok altında bir değerdir. Ayrıca en yüksek eşdeğer gerilme malzemenin gerinim-gerilme grafiğinde elastik bölgede çalıştığını göstermektedir.
- b. Yapısal analiz sonuçlarına göre; en yüksek eşdeğer gerilme değerleri rampanın kuyruk ve gövde arasındaki bölgede gözükmektedir. Ancak 6. yükleme pozisyonunda görülen gövdenin ortasındaki eşdeğer gerilme değeridir. Bu değer akma dayanımının altında bir değerdir.
- c. Yapısal analiz sonuçlarına göre; Lowbed rampasının bazı bölgelerinde yapısal deformasyon tespit edilmiştir. Şekil 5.2.'de deformasyon ölçüsü z eksenine doğrultusunda 0 ile 10,525 mm aralığında değişmektedir. Bu deplasman değerleri elastik bölgede olduğu için mukavemet açısından sıkıntı teşkil etmemektedir.
- d. Yapılan çalışmada amaç ve hedeflere uygun olarak, eski tip rampa ve bu projede yapılan yeni tip rampa karşılaştırıldığında; %14,4 oranında ağırlık azaltılmıştır.

- e. Yeni tip rampa ile eski tip rampa arasında %10 oranında maliyet azaltma sağlanmıştır.
- f. Analiz sonuçları karşılaştırıldığında; bir önceki tasarlanan varyant ve bu çalışmadaki tasarlanan rampanın en yüksek gerilme değerleri kullanılan malzemenin akma dayanımındaki sınır gerilmesinin altındadır. Rampaların her ikisi de elastik bölgede çalışmaktadır. Bu değerler Şekil 5.4. ve Şekil 5.5.'de görülmektedir. Kullanılan rampa yapısının tipi ve sac kalınlıkları farklı tasarlanarak maliyet ve ağırlık azaltma yapılmıştır.
- g. Yapısal analiz sonuçlarına göre; en yüksek eşdeğer gerilme elastik bölgede güvenli bir şekilde çalıştığını ifade etmektedir. Rampada kullanılan kros ve televre kalınlıkları artırılarak maksimum gerilme değerleri daha da düşürülebilir. Ayrıca analiz programında uygulanan yük miktarı artırılarak en yüksek gerilme ve deplasman değerleri alınabilir.
- h. Analiz programının da maksimum gerilme değerlerinin görüldüğü bölgelere strange-gage' ler yapıştırılarak teste tabii tutulup gerçekteki veriler alınabilir. Bu veriler hemen hemen analiz programındakiler ile aynı olacaktır.

KAYNAKÇA

- Aksoy, M. (2014). *Ticari yarı römork tanker şasi yorulma dayanımının gerçek yol sinyalleri ile bilgisayar ortamında incelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). 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, İstanbul.
- ANSYS Tutorials. (2019).
- Arslan, M. Ö., Tuncer, A. ve Tandoğan, F. O. (2004). Kamyon Şasilerinde Titreşim Analizi, II. Otomotiv Teknolojileri Kongresi, Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye, 21-23 Haziran.
- Beerman, H. (1977). Warping inhibition in the joints of vehicle frames with open cross-section members, *Leichtbau der Verkehrsfahrzeuge*.
- Beerman, H. (1980). 'Torsion of commercial vehicle frames with open and closed cross section members'. 9, pp. 459-464.
- Beerman, H. (1984). Static Analyses of Commercial Vehicle Frames, *Int. J. Vehicle Design*, 5, pp.26-52.
- Benli, S. (2004). *Kaynaklı parçalarda oluşan artık gerilmelerin incelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İzmir.
- BPW, <https://www.bpw.de/en/products/running-gears/air-suspension> , erişim tarihi 19.04.2019

- Chowdhury, H., Moria, H., Ali, A., Khan, I., Alam, F., & Watkins, S. (2013). 'A study on aerodynamic drag of a semi-trailer truck',. (pp. 201-205). School of Aerospace, Mechanical and Manufacturing Engineering, RMIT University, Melbourne, VIC 3083, Australia, Procedia Engineering.
- Dinçer, S. (2004). Sonlu elemanlar yöntemi ile kapı dayanım analizleri, *II. Otomotiv Teknolojileri Kongresi. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü*, Bursa, Türkiye: 21-23 Haziran.
- Ereke, İ. M. (2006). 'Taşıt Modeli Geliştirmede Kullanılan İleri Tasarım Teknikleri'. Balıkesir: Timak.
- Ereke, İ. ve Yay, K. (1996). 'Çift katlı bir otobüs gövdesinin bilgisayar destekli yapısal optimizasyonu'. *7. Uluslararası Makina Tasarım ve İmalat Kongresi*, (s. 38-43). Ankara.
- Ereke, İ. ve Yay, K. (1997). 'Çift Katlı Otobüs Gövdesinin Bilgisayar Destekli Gerilme Analizi'. *Mamkon Makina Tasarım Kongresi*, (s. 54-62). İstanbul.
- Han, D., Shen, B., Zhou, W., Zhang, X. ve Li, Q. (2012). The study of tanker semi-trailers steering stability on the fluid-structure interaction, *Procedia Environmental Sciences*, (pp. 1082-1088).
- Karaoğlu, Ç. (1999). 'Kamyon şasilerinde ana profil kalınlığının gerilmeler üzerindeki etkisi'. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 1(3) 89-95.
- Karaoğlu, Ç. ve Kuralay, N. S. (2002). 'Stress Analysis of a Truck Chassis with Riveted Joints'. *Finite Elements in Analysis and Design*, (Vol. 38), p.1115.
- Karaoğlu, S. ve Karaoğlu, Ç. (2002). 'T Bağlantılarında Kaynak Eşiğindeki Gerilme Yığılması Faktörünün Sonlu Elemanlar Yöntemiyle İncelenmesi'. *DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, Cilt 4(Sayı 2)*, ss. 107-112.

- Kässbohrer Trailer, <https://www.kaessbohrer.com/en/products/low-bed-588-c>. erişim tarihi 21.04.2019
- Kwangju, L. ve Nicolaidis, E. (1992). 'Identification of Flexible Joints in Vehicle Structures'. *Aiaa Journal*, Vol. 30(2), pp. 482-489.
- Oehlschlaeger, H. (1977). 'Influence of the Nodal Design on the Torsional Stiffness and Torsional Stresses of torsionally Flexible Frames of Commercial Vehicle, Automobile Industrie, No 2, p. 69.
- Özgüç, M. (1977). 'Araç proje ve dizayn'. *Makine Mühendisleri Odası*, Vol. 43, p. 626.
- Reliance, T. (2017). *Reliance History*,
<http://www.reliancetrailer.com/site/trailers/>. erişim tarihi 26.01.2019
- Scania, S. (2017, 02 05). Çekiciler. 521. İsveç.
- Sektörü, T. T. (2012). *Treder*. 01 27, 2019 <http://www.treder.org.tr/tr/istatistik-goster.php?yil=2018&ay=0&tur=0>
- Sevin, B. ve Şahin, B. S. (2019). Determination of The Cross Types to be used in a Trailer Chassis by Finite Element Method. *Internasional Journal of Computational and Experimental Science and Engineering*, Vol. 5(No.1), pp. 10-18.
- Şen, Ş. (2017). 'Dorse tasarımında ağırlık optimizasyonu ve malzeme seçimi'. Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstriyel Tasarım Mühendisliği Bölümü.
- Şenalp, A. Z. ve Bezer, Y. İ. (2006). 'Treyler Şasinin Bilgisayar Destekli Tasarımı ve Sonlu Elemanlar Methoduyla Yapısal Analizi'. *Timak*, ss. 558-569.
- T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2019). Sanayi ve Ticaret Bakanlığı Mevzuat Şubesi: <https://www.sanayi.gov.tr/department.html?lang=tr#>
- T.C. Resmi Gazete, Motorlu Araçların ve Römorklarının Kütle ve Boyutları Hakkında Kanun, 'Araçların imal tadil ve montajı hakkında yönetmelik', 28986, 29 Nisan 2014.

Tırsan Treyler A.Ş. <https://tirsan.com.tr/platform-15-c>. erişim tarihi 19.04.2019

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

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

Yüksel, H. (2010). Taşıt tasarımında had kullanılabilirliği, *II. Ulusal Tasarım İmalat ve Analiz Kongresi*, Balıkesir, Türkiye, 11-12 Kasım.

Yüksel, H. (2013). *Taşıt konstrüksiyonu*. Ders Notu, Balıkesir: Doğukan Fotokopi.

ÖZGEÇMİŞ

Yasin Kütük, 23/06/1992' de Çankırı' da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Çankırı'da tamamladı. 2010 yılında Nevzat Ayaz Anadolu Öğretmen Lisesinden mezun oldu. 2010 yılında başladığı Gazi Üniversitesi Otomotiv Mühendisliği Bölümü'nü 2014 yılında bitirdi. 2016 yılında Sakarya Üniversitesi Otomotiv Mühendisliği Bölümü'nde yüksek lisans eğitimine başladı. 2016 yılında Başak Traktör firmasında ARGE Tasarım Mühendisi olarak başladı akabinde 2018 yılında Tırsan Treyler A.Ş.' nde ARGE Tasarım Mühendisi olarak devam etti. Halen Tırsan Treyler A.Ş.' nde ARGE Tasarım Mühendisi olarak görev yapmaktadır.