

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

**ELEKTRİKLİ TİCARİ ARAÇ UYGULAMALARI İÇİN HAFİF  
(ALÜMİNYUM) ARKA TAMPON TASARIMI VE  
GELİŞTİRİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Tuncay ÇALIŞKAN**

**Enstitü Anabilim Dalı : İMALAT MÜHENDİSLİĞİ**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Nuri AKKAŞ**

**Temmuz 2021**

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

**ELEKTRİKLİ TİCARİ ARAÇ UYGULAMALARI İÇİN HAFİF**  
**(ALÜMİNYUM) ARKA TAMPON TASARIMI VE**  
**GELİŞTİRİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Tuncay ÇALIŞKAN**

**Enstitü Anabilim Dalı : İMALAT MÜHENDİSLİĞİ**

**Bu tez 26/07/2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.**

<b>JÜRİ</b>	<b>BAŞARI DURUMU</b>
Jüri Başkanı: Prof. Dr. Salim ASLANLAR	BAŞARILI
Üye: Doç. Dr. Nuri Akkaş	BAŞARILI
Üye: Dr. Öğretim Üyesi Volkan ONAR	BAŞARILI

## **BEYAN**

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

Tuncay ÇALIŞKAN

29/03/2021

## TEŞEKKÜR

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

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmalarım esnasında gösterdikleri hoşgörü ve destekleri için başta yöneticilerim olmak üzere tüm Anadolu Isuzu Otomotiv San. ve Tic. A.Ő. çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım.

Analiz çalışmaları konusunda anlayış ve yardımlarını esirgemeyen Anadolu Isuzu Otomotiv San. ve Tic. A.Ő. Ar-Ge departmanının Ürün ve Doğrulama müdürlüğü ekibinde görev yapan Sn. A. Salih YILMAZ'a, Sn. Berk ALPASLAN'a ve ekip arkadaşlarıma teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

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

### BÖLÜM 1.

GİRİŞ .....	1
1.1. Tezin Amacı .....	1
1.1.1. Tezin İkincil Amacı .....	2
1.2. Literatür Araştırması .....	2

### BÖLÜM 2.

#### TİCARİ ARAÇLARDA KULLANILAN RUP'LAR VE R58-02 REGÜLASYONA UYGUNLUĞUNUN ARAŞTIRILMASI.....

2.1. Ticari Araçlarda Kullanılan RUP'lar .....	7
2.2. C Tipi RUP R58-02 Dinamik Analizi ve İncelenmesi-6T. ....	9
2.2.1. C Tipi RUP R58-02 Malzeme Özellikleri-6T. ....	9
2.2.2. C Tipi RUP R58-02 Analiz Sınır Şartları-6T. ....	10
2.2.3. C Tipi RUP R58-02 Dinamik Analiz Sonucu-6T.....	10
2.3. C Tipi RUP R58-02 Dinamik Analizi ve İncelenmesi-12.5T. ....	14
2.3.1. C Tipi RUP R58-02 Malzeme Özellikleri-12.5T. ....	14
2.3.2. C Tipi RUP R58-02 Analiz Sınır Şartları-12.5T. ....	15
2.3.3. C Tipi RUP R58-02 Dinamik Analiz Sonucu-12.5T.....	15
2.4. C Tipi RUP R58-02 Ağırlıkları .....	18

### **BÖLÜM 3.**

<b>UNECE R58 REGÜLASYONU VE ARAÇ SINIFLARI.....</b>	<b>19</b>
3.1. UNECE R58 Regülasyonu ve Amacı.....	19
3.1.1. UNECE R58 Regülasyon Kapsamı .....	19
3.1.2. UNECE R58-02 ile R58-03 Regülasyon Farklılıkları .....	20
3.1.3. UNECE R58-03 Regülasyon RUP Test Noktaları ve Kuvvetleri .....	22
3.2. RUP Montaj Türleri.....	25
3.3. UNECE R58-03 Regülasyon Araç Sınıfları .....	27
3.3.1. M Sınıfı Araçlar .....	27
3.3.2. N Sınıfı Araçlar.....	28
3.3.3. O Sınıfı Araçlar.....	28

### **BÖLÜM 4.**

<b>TASARIM BULGULARI.....</b>	<b>29</b>
4.1. Analize Giriş.....	29
4.1.1. Analiz Sınır Şartları .....	30
4.2. Tasarım A ve B Boru Kesitli RUP Analizi .....	30
4.2.1. Tasarım A Boru Kesitli RUP Analizi (Metal) .....	31
4.2.2. Tasarım B Boru Kesitli RUP Analizi (Metal) .....	32
4.2.3. Tasarım A ve B Malzeme Özellikleri .....	33
4.2.4. Tasarım A ve B Dinamik Analiz Sonuçları .....	33
4.3. Tasarım C Boru Kesitli RUP Analizi .....	36
4.3.1. Tasarım C Boru Kesitli RUP Analizi (Metal) .....	36
4.3.2. Tasarım C Malzeme Özellikleri.....	37
4.3.3. Tasarım C Dinamik Analiz Sonuçları.....	38
4.4. Tasarım D Özel Kesitli Dikdörtgen RUP Analizi .....	41
4.4.1. Tasarım D Özel Kesitli Dikdörtgen RUP Analizi (Alüminyum) .....	41
4.4.2. Tasarım D Malzeme Özellikleri .....	42
4.4.3. Tasarım D Dinamik Analiz Sonuçları .....	42

### **BÖLÜM 5.**

<b>SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>48</b>
-------------------------------	-----------

<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>52</b>
------------------------	-----------

<b>EKLER.....</b>	<b>55</b>
-------------------	-----------

## KISALTMALAR

AIOS	: Anadolu Isuzu Otomotiv Sanayi
Ar-Ge	: Araştırma ve Geliştirme
A.ř.	: Anonim řirketi
Co.	: Company
CW	: Curb Weight (Boş bir aracın toplam ağrlığı)
ECE	: United Nations Economic Commission for Europe
EV	: Electric Vehicle
Fak.	: Fakülte
FEA.	: Finite Element Analysis
FEM.	: Finite Element Method
FUPD.	: Front Underrun Protection Device
GWR	: Gross Weight Rating
Müh.	: Mühendislik
MYO	: Meslek Yüksekokulu
R58	: Rear Underrun Protection Devices Regulation No.58
R58-01	: Rear Underrun Protection Devices Regulation No.58 - Revision 1
R58-02	: Rear Underrun Protection Devices Regulation No.58 - Revision 2
R58-03	: Rear Underrun Protection Devices Regulation No.58 - Revision 3
R93	: Front Underrun Protection Devices Regulation No.93
RUP.	: Rear Underrun Protection
RUPD.	: Rear Underrun Protection Device
San.	: Sanayi
Tic.	: Ticaret
UNECE	: United Nations Economic Commission for Europe

## SİMGELER

Al	: Alüminyum
CO <sub>2</sub>	: Karbondioksit
GPa	: Gigapascal
Kg	: Kilogram
kN	: Kilonewton
L	: Litre
Mg	: Magnezyum
mm	: Milimetre
ms	: Milisaniye
MPa	: Megapascal
N	: Newton
P <sub>1</sub>	: UNECE R58 RUP test kuvveti (RUP uç kısmı)
P <sub>2</sub>	: UNECE R58 RUP test kuvveti (RUP bağlantı kısmı)
P <sub>3</sub>	: UNECE R58 RUP test kuvveti (RUP ortası – Araç eksen)
Si	: Silisyum
t	: Zaman
T	: Ton
TPU	: Termoplastik Poliüretan
Zn	: Çinko



## TABLolar LİSTESİ

Tablo 1.1: Araç ağırlığının yakıt tüketimi ve taşıma kapasitesine etkisi. ....	1
Tablo 2.1: R58-02 6T. RUP malzemesi özellikleri.....	9
Tablo 2.2: R58-02 12.5T. RUP malzemesi özellikleri.....	14
Tablo 2.3: R58-02 3.5T., 6T. ve 12.5T. RUP ağırlıkları.....	18
Tablo 3.1: R58-03 RUP ölçüleri (L). ....	20
Tablo 3.2: R58-03 RUP ölçüleri (H).....	20
Tablo 3.3: R58-03 RUP ölçüleri (G).....	21
Tablo 3.4: R58 RUP Regülasyon test kuvvetlerinin değişimi. ....	24
Tablo 3.5: M sınıfı araçlar.....	27
Tablo 3.6: N sınıfı araçlar. ....	28
Tablo 3.7: O sınıfı araçlar. ....	28
Tablo 4.1: R58-03 12.5T. RUP sınır şartları.....	30
Tablo 4.2: R58-03 12.5T. RUP malzeme özellikleri (Tasarım A ve B). ....	33
Tablo 4.3: R58-03 12.5T. RUP malzeme özellikleri (Tasarım C). ....	38
Tablo 4.4: R58-03 12.5T. RUP malzeme özellikleri (Tasarım D).....	42
Tablo 5.1: Tampon ağırlıkları ve sonuçlar .....	48
Tablo 5.2: Tampon ağırlıkları ve sonuçlar – 2 .....	48
Tablo 5.3: Tampon Tercih Kriterleri .....	51

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1: Ağır ticari taşıtlarda kullanılan “Özel” formlu arka tampon. ....	7
Şekil 2.2: Ağır ticari taşıtlarda kullanılan “Yuvarlak” formlu arka tampon. ....	8
Şekil 2.3: Ağır ticari taşıtlarda kullanılan “C Tipi” formlu arka tampon. ....	8
Şekil 2.4: Ağır ticari taşıtlarda kullanılan “Kare” formlu arka tampon. ....	8
Şekil 2.5: R58-02 3.5T. (sol) ve 6T. (sağ) RUP tasarımları... ..	9
Şekil 2.6: R58-02 6T. RUP kuvvet uygulama noktaları. ....	10
Şekil 2.7: R58-02 6T. RUP P <sub>2</sub> noktasındaki deformasyon. ....	10
Şekil 2.8: R58-02 6T. RUP P <sub>1</sub> kuvvet uygulama noktası. ....	11
Şekil 2.9: R58-02 6T. RUP P <sub>1</sub> noktası zaman-şekil değişim grafiği. ....	11
Şekil 2.10: R58-02 6T. RUP P <sub>2</sub> kuvvet uygulama noktası. ....	12
Şekil 2.11: R58-02 6T. RUP P <sub>2</sub> noktası zaman-şekil değişim grafiği. ....	12
Şekil 2.12: R58-02 6T. RUP P <sub>3</sub> kuvvet uygulama noktası. ....	13
Şekil 2.13: R58-02 6T. RUP P <sub>3</sub> noktası zaman-şekil değişim grafiği. ....	13
Şekil 2.14: R58-02 12.5T. RUP tasarımı. ....	14
Şekil 2.15: R58-02 12.5T. RUP kuvvet uygulama noktaları ....	15
Şekil 2.16: R58-02 12.5T. RUP P <sub>1</sub> kuvvet uygulama noktası. ....	15
Şekil 2.17: R58-02 12.5T. RUP P <sub>1</sub> noktası zaman-şekil değişim grafiği. ....	16
Şekil 2.18: R58-02 12.5T. RUP P <sub>2</sub> kuvvet uygulama noktası. ....	16
Şekil 2.19: R58-02 12.5T. RUP P <sub>2</sub> noktası zaman-şekil değişim grafiği. ....	16
Şekil 2.20: R58-02 12.5T. RUP P <sub>3</sub> kuvvet uygulama noktası. ....	17
Şekil 2.21: R58-02 12.5T. RUP P <sub>3</sub> noktası zaman-şekil değişim grafiği. ....	17
Şekil 3.1: R58-03 RUP ölçüleri (H, L ve G).....	20
Şekil 3.2: R58-03 RUP ölçüleri (G için istisna).....	21
Şekil 3.3: R58-03 RUP ölçüleri (A ve B). ....	22
Şekil 3.4: R58-03 RUP uygulanacak kuvvet aralıkları. ....	22
Şekil 3.5: R58-03 RUP P <sub>1</sub> kuvveti 50% GWR veya max. 100 kN. ....	23
Şekil 3.6: R58-03 RUP P <sub>2</sub> kuvveti 80% GWR veya max. 180 kN. ....	23
Şekil 3.7: R58-03 RUP P <sub>3</sub> kuvveti 50% GWR veya max. 100 kN. ....	24
Şekil 3.8: R58-03 RUP test düzeneği yapısı. ....	24
Şekil 3.9: Sabit / Sökülebilir RUP yapısı. ....	25
Şekil 3.10: Katlanabilir RUP yapısı. ....	26
Şekil 3.11: Sürgülü / Ayarlanabilir RUP yapısı. ....	26
Şekil 3.12: R58-03 araç sınıfları (M, N ve O). ....	27
Şekil 3.13: M sınıfı araçlar. ....	27
Şekil 3.14: N sınıfı araçlar. ....	28
Şekil 4.1: Tasarım A RUP FEA modeli. ....	31
Şekil 4.2: Tasarım A RUP yan ve üst görünüş FEA modeli. ....	31
Şekil 4.3: Tasarım B RUP FEA modeli. ....	32

Şekil 4.4: Tasarım B RUP yan ve üst görünüş FEA modeli .....	32
Şekil 4.5: Tasarım A ve B RUP FEA modeli. ....	33
Şekil 4.6: Tasarım A ve B RUP'a uygulanan $P_3$ kuvvet eğrisi .....	33
Şekil 4.7: Tasarım A ve B RUP Sehim Sonuçları ( $t=0ms$ ) .....	34
Şekil 4.8: Tasarım A ve B RUP Sehim Sonuçları ( $t=145ms$ ) .....	34
Şekil 4.9: Tasarım A ve B RUP Sehim Sonuçları ( $t=275ms$ ) .....	34
Şekil 4.10: Tasarım A ve B RUP Sehim Sonuçları ( $t=360ms$ ) .....	34
Şekil 4.11: Tasarım A ve B RUP ve Braket Sehim Sonuçları ( $t=280ms$ ) .....	35
Şekil 4.12: Tasarım A RUP zaman-şekil değişim grafiği .....	35
Şekil 4.13: Tasarım B RUP zaman-şekil değişim grafiği .....	36
Şekil 4.14: Tasarım C RUP FEA modeli .....	36
Şekil 4.15: Tasarım C RUP yan ve üst görünüş FEA modeli .....	37
Şekil 4.16: Tasarım C RUP detay görünüş FEA modeli.....	37
Şekil 4.17: Tasarım C RUP FEA modeli. ....	38
Şekil 4.18: Tasarım C RUP'a uygulanan $P_3$ kuvvet eğrisi.....	38
Şekil 4.19: Tasarım C RUP Sehim Sonuçları ( $t=0ms$ ).....	39
Şekil 4.20: Tasarım C RUP Sehim Sonuçları ( $t=145ms$ ).....	39
Şekil 4.21: Tasarım C RUP Sehim Sonuçları ( $t=275ms$ ).....	39
Şekil 4.22: Tasarım C RUP Sehim Sonuçları ( $t=360ms$ ).....	40
Şekil 4.23: Tasarım C RUP zaman-şekil değişim grafiği .....	40
Şekil 4.24: Tasarım D RUP FEA modeli .....	41
Şekil 4.25: Tasarım D RUP kesit görünüşü .....	41
Şekil 4.26: Tasarım D RUP FEA modeli – 2 .....	42
Şekil 4.27: Tasarım D RUP'a uygulanan $P_3$ kuvvet eğrisi.....	43
Şekil 4.28: Tasarım D RUP Gerilme Sonuçları (5mm) .....	43
Şekil 4.29: Tasarım D RUP'a uygulanan $P_3$ kuvveti sehim değeri $\sim 3,4mm$ .....	43
Şekil 4.30: Tasarım D RUP'a uygulanan $P_2$ kuvveti sehim değeri $\sim 10,4mm$ .....	44
Şekil 4.31: Tasarım D RUP'a uygulanan $P_1$ kuvveti sehim değeri $\sim 25mm$ .....	44
Şekil 4.32: Tasarım D RUP braketinde $P_3$ kuvveti gerilme değeri $\sim 275MPa$ .....	45
Şekil 4.33: Tasarım D RUP braketinde $P_2$ kuvveti gerilme değeri $\sim 522MPa$ .....	45
Şekil 4.34: Tasarım D RUP braketinde $P_1$ kuvveti gerilme değeri $\sim 503MPa$ .....	46
Şekil 4.35: Tasarım D RUP zaman-şekil değişim grafiği .....	46
Şekil 4.36: Tasarım D RUP üzerindeki gerilme değeri max.267MPa .....	47
Şekil 5.1: Tasarım D RUP Gerilme Sonuçları (4mm). ....	49
Şekil 5.2: Tasarım D RUP Gerilme Sonuçları (3.5mm). ....	49
Şekil 5.3: Tasarım D RUP Genel görünüm.....	50

# ELEKTRİKLİ TİCARİ ARAÇ UYGULAMALARI İÇİN (ALÜMİNYUM) ARKA TAMPON TASARIMI VE GELİŞTİRİLMESİ

## ÖZET

Eylül 2021'de tam olarak yürürlüğe girecek olan endüstriyel araçlar için arka alt koruma tamponlarını düzenleyen yeni R58-03 yönetmeliğiyle, araç üreticileri veya üstyapıcılarının araçlarını bu yasal güncellemeye uygun arka alt koruma tamponları ile donatması gerekecektir. R58-03 ile birlikte mevcut regülasyon R58-02 yönetmeliğine uygun bir arka alt koruma tamponuna ilave olarak %70 ve %100 oranında daha fazla test kuvveti uygulanacaktır. Aynı zamanda tasarım ölçüleri de endüstriyel araçlara arkadan çarpmalı kazalarında yaralanma ve ölüm oranını azaltmak amacı ile iyileştirmeler yapılmıştır. Yeni regülasyonun devreye girmesi ile birlikte en sık kullanılan metal arka alt korumaların yeni test şartlarını sağlayabilmeleri için belirli bir miktar ağırlık artışı kaçınılmaz olacaktır. Ayrıca endüstriyel EV'de kullanılan bataryaların diesel bir araç komponentlerine göre daha ağır olması nedeni ile CW yüksek oranda artmaktadır. Bu da EV'lerde hem taşıma kapasiteleri hem de katedeceği mesafelerin azalması anlamını taşımaktadır. Özellikle EV'lerde ilave ağırlık artışının minimize edilebilmesi ile birlikte endüstriyel araçların taşıma kapasiteleri diesel araca yaklaşabilir ve katedeceği mesafe arttırılabilir. Diesel araçlarda CW'nin artması yakıt tüketimini arttırdığı gibi CO<sub>2</sub> salınımını da arttırmaktadır. Enerjinin verimli kullanımı, çevreci bir yaklaşım için düşük yoğunluklu ve yüksek mukavemetli ürünlerin kullanımı üzerinde araştırma yapılmıştır.

Çalışma kapsamında, farklı arka alt koruma tampon kesitlerin R58-03 test kuvvetlerine verdikleri tepki sonucunda en ideal arka alt koruma tampon kesitinin nasıl olması gerektiği ve R58-03 şartlarına uygun metal arka alt koruma tamponları ile alternatif alüminyum arka alt koruma tampon çeşitleri kullanımı sonucunda ağırlık değişimi araştırılmıştır.

Çalışmadan elde edilen veriler doğrultusunda mevcut R58-02'ye uygun C tipi arka alt koruma tamponların R58-03 şartlarını sağlayabilmesi için artan test şartları doğrultusunda güçlendirilmesi gerekliliği ve ağırlık artışı ortaya çıkmıştır. Alternatif olarak yuvarlak standart profil şeklinde tasarlanan arka alt koruma tamponlarında da R58-03 şartlarını sağlayabilmesi ağırlık artışı olmadan yapılan tasarımlar sağlanamamıştır. Ağırlığı artışı ile test şartlarını sağlayabilmiştir. Dikdörtgen kesitli tasarlanan orta mukavemet sınıfındaki alüminyum arka alt koruma tamponu ağırlık düşüşü ile testi geçmiştir. Ayrıca yüksek mukavemetli alüminyum tercihi ile R58-03 şartlarını yukarılak kesitli arka alt koruma tamponuna göre ~10 Kg (%42) daha hafif olarak sağlamıştır

Anahtar Kelimeler: Arka Tampon, Tampon, Alüminyum Tampon, Çarpışma Testi, UNECE R58-03, Sonlu Elemanlar Yöntemi

# **DESIGN AND DEVELOPMENT OF (ALUMINUM) REAR BUMPER FOR ELECTRIC COMMERCIAL VEHICLE APPLICATIONS**

## **SUMMARY**

With the new R58-03 regulation regulating rear underrun bumpers for industrial vehicles, which will come into full force in September 2021, vehicle manufacturers or bodybuilders will need to equip their vehicles with rear underrun bumpers in accordance with this legal update. With R58-03, 70% and 100% more test force will be applied in addition to a rear underrun bumper in accordance with the current regulation R58-02 regulation. At the same time, improvements have been made in design measures to reduce the rate of injury and death in rear-end crashes in industrial vehicles. With the introduction of the new regulation, a certain amount of increase in weight will be inevitable for the most frequently used metal rear underrun protection to meet the new test conditions. In addition, CW increases at a high rate due to the fact that the batteries used in industrial EV are heavier than diesel vehicle components. This means that both the carrying capacity and the distance traveled in EVs decrease. Especially with the ability to minimize the additional weight increase in EVs, the carrying capacity of industrial vehicles can approach the diesel vehicle and the distance it will travel can be increased. Increasing CW in diesel vehicles not only increases fuel consumption but also increases CO<sub>2</sub> emission. Research has been carried out on the efficient use of energy and the use of low density and high strength products for an environmentally friendly approach.

Within the scope of the study, as a result of the reaction of different rear underguard bumper sections to R58-03 test forces, how the most ideal rear underguard bumper section should be and the weight change as a result of the use of metal rear under protection bumpers in accordance with R58-03 conditions and alternative aluminum rear underrun protection bumpers. It has been investigated.

In line with the data obtained from the study, it has been revealed that the C type rear under protection bumpers in accordance with R58-02 must be strengthened in line with the increasing test conditions and weight increase in order to meet the requirements of R58-03. Alternatively, the rear bottom protection bumpers designed in the form of a round standard profile could not be achieved without the weight increase, which could meet the R58-03 requirements. With the increase in weight, it was able to meet the test conditions. The aluminum rear lower protection bumper, designed with a rectangular cross-section, in the medium strength class, passed the test with weight reduction. In addition, with its high-strength aluminum preference, it has achieved the R58-03 conditions as ~ 10 Kg (42%) lighter than the upward section rear lower protection bumper.

**Keywords:** Rear Bumper, Bumper, Aluminum Bumper, Crash Test, UNECE R58-03, Finite Element Method

## BÖLÜM 1. GİRİŞ

Ulaşım sektöründe araçların tercih kriterleri göz önünde bulundurulduğunda şüphesiz ki enerji sarfiyatı büyük bir etken olarak karşımıza çıkmaktadır. Günümüzde taşıtlarda enerji verimliliğini arttırmak üzere birçok farklı yönde uygulamalar yapılmaktadır. Gerek komponentlerin geliştirilmesi gerekse aerodinamik formlar ile rüzgâr direncini düşürmek bu uygulama yöntemlerinden bazılarıdır.

### 1.1. Tezin Amacı

Yukarıdaki uygulamaların yanı sıra özellikle otomobillerde ve hava araçlarında ağırlık azaltma uygulamaları da enerji tüketimini ciddi derecede düşürmektedir. Ticari taşıtlarda ise ağırlık azaltma çalışmaları sonucunda taşıt boş durumdayken düşük enerji sarfiyatı sağladığı gibi maksimum taşıma kapasitesi sabit olduğundan dolayı daha fazla yük alabilme olanağı sağlamaktadır. Aşağıdaki Tablo 1.1’de maksimum taşıma kapasitesi 10.000 Kg. olan aynı aracın ağırlık farkları dikkate alındığında (ağırlığı azaldığında) boş halde enerji tüketiminin azaldığı ve yük taşıma kapasitesinin arttığı gösterilmiştir. Ayrıca aynı araç için aerodinamik yapısında sağlanacak gelişmeler ile enerji tüketimi azaltılabilir fakat ağırlık değişmediğinde taşıma kapasitesi artmaz. Ford Motor Co. nin 1994 yılında aynı model orta boy kırk araçta yaptığı toplam 310 kg lık bir hafifletme, tüm araçlar için %8 e varan yakıt tasarrufu sağlamıştır.

Tablo 1.1: Araç ağırlığının yakıt tüketimi ve taşıma kapasitesine etkisi.

Taşıt Kapasitesi (En Fazla)	Yüksüz Ağırlığı	Yüksüz Durumda Yakıt Tüketimi	Yük Taşıma Kapasitesi
10.000 Kg.	3.850 Kg	★★★☆☆	6.150 Kg.
10.000 Kg.	3.750 Kg	★★★★☆	6.250 Kg.
10.000 Kg.	3.500 Kg	★★★★★	6.500 Kg.

Özellikle havacılık ve uzay araçlarının yakıt tüketimlerinin çok fazla olmaması için gerek aerodinamik yapılarda üretilmesi gerekse alüminyum, kompozit ve benzeri hafif metal ve ametallerin kullanımı sıklıkla görülmektedir.

### **1.1.1. Tezin İkincil Amacı**

EV araçlarında daha uzun mesafelerde aracın seyredebilmesi için ilave batarya ağırlığının olumsuz etkisi ile boş araç ağırlıklarında ağırlık artış olmaktadır. Ticari araçların yolcu veya yük taşıma kapasitelerinde buna bağlı olarak düşüş yaşanmaktadır. Bu etkiyi ortadan kaldırmak için birçok araç üreticisi ağırlık azaltma çalışmaları üzerinde durmaktadır. Arka tamponların UNECE R58-03 geçişi ile ağırlıklarının daha da artması kaçınılmaz olacaktır. Daha fazla test yüklerine maruz kalacak arka tamponların ağırlığının değişmemesi için yüksek mukavemetli hafif metallerin kullanılması ağırlık artışını tolere edebilecektir. Yapılan yeni alüminyum arka tampon çalışmasında UNECE R58-03 regülasyonuna uygun test yüklerini taşıyabilecek ve ilave ağırlık artışı olmayacak tasarım yapılması üzerinde durulmuştur.

### **1.2. Literatür Araştırması**

Literatürde arka tamponların hafif metallerden oluşturulmasına dair birçok araştırma konusu mevcuttur. EV araçların revaşa olması ve hafif metallerin ısı işlem ile yüksek mukavemetlere ulaşması ve kolay temin edilebilmesi ile araç ağırlık konuları üzerinde ciddi manada çalışmalar başlatılmıştır. Birçok otomotiv üreticisi EV araçlarının bataryalarının çok ağır olması nedeni ile diğer ekipmanların üzerinde ağırlık azaltma çalışmaları üzerinde yoğunlaşmıştır. Ticari araçlarda karayolları tarafından izin verilen en fazla yükler sınırlandırılmış olup sadece boş aracın hafifletilebilmesi ile taşıma kapasitesi arttırılabilmektedir. Bataryaların boş araç ağırlığına olumsuz etkisinin azaltılmasına yönelik birçok alanda hafif metallerin kullanımı üzerine durulmaktadır.

Serkan Özel, Selçuk Karagöz, Hüseyin Beytüt ve Mehmet Kıvanç Turan tarafından yapılan “Taşıt Tampon Malzemesi Olarak Alüminyum Alaşımlarının Kullanılmasının Taşıt Çarpışma Performansına Etkisi” üzerinde çalışma yapılmıştır. “Burada alüminyum’un aynı zamanda enerji sönmüleme yeteneği ile kazalarda meydana gelebilecek hasarın indirgenebildiği üzerinde durulmuştur. Alüminyum’un hafif olması

yanı sıra kullanılması durumunda kazalardan dolayı doğacak hasarı indirgeyebilmesi büyük bir avantaj olarak karşımıza çıkmaktadır”. Trafik kazaları, tüm dünyada ciddi sosyal problemlerdir. Özellikle araç sayısının artmasıyla beraber oluşan trafik kazaları da sürekli artmaktadır. Dolayısıyla, güvenliği arttırmak büyük zorunluluktur. En çok karşılaşılan çarpışma türü önden çarpışmalardır. Araçlarda bulunan tampon, özellikle önden çarpışmalarda, aracın sahip olduğu kinetik enerjiyi deformasyon enerjisine dönüştürerek araç sürücüsünün ve yolcuların minimum hasarla kazayı atlattığını sağlamaktadır. Alüminyumun çeliğe göre daha hafif olmasından dolayı araç tampon malzemesi olarak alüminyum alaşımlarının kullanılması son zamanlarda yaygınlaşmıştır. Kullanılan alüminyum alaşımının enerji sönümleme kabiliyeti güvenlik açısından önemlidir. Bu çalışmada 3 farklı alüminyum alaşımı ve çelik malzemenin çarpışma performansları çalışılmıştır.

Murat Dündar ve Göksal Güngör tarafından yapılan “Otomotiv Sektöründe Alüminyum Uygulamaları ve Sürekli Döküm Tekniği ile Üretilmiş Alüminyum Levha Alaşımları” üzerinde çalışma yapılmıştır. “Burada alüminyumun kullanımının araç ağırlığına etki ile birlikte yakıt tüketimine katkı sağlaması ve CO<sub>2</sub> salınımını da azalttığı üzerinde durulmuş ayrıca profil malzeme yanı sıra döküm yapıları ile de ağırlık azaltılabileceği gündeme alınmıştır. Hem maddi hem de çevreci bir yaklaşım için alüminyumun tercih edilmesi üzerine çalışma yapılmıştır. Aynı zamanda alüminyumun enerji sönümleyebilme yeteneğinden bahsedilmiştir”. Teknolojik geçmişi sadece yüzyılın başlarına uzanan alüminyum, hafifliği, yüksek ısı ve elektrik iletkenliği, korozyon dayancısı ve dekoratif özellikleri ile fiyatı ikinci öncelikli olmak üzere çok farklı uygulamalarda vazgeçilmez malzeme olma özelliğini taşımaktadır. Otomotiv sektörünün çevre, petrol türevi yakıtlarda karşılaşılan darboğazlar, yolcu ve araç güvenliği gibi birbirini doğrudan etkileyen ve bunlarında tasarımda değişiklikleri zorunlu kıldığı bir ortam alüminyuma yönelimini hızlandırmıştır. Döküm ve ekstrüzyon metodu ile üretilmiş alüminyum parçaların otomotivde kullanımı fiyat engeline nispeten daha az takılırken, levha ürünlerinin hala çelik eşdeğerleri ile arasındaki fiyat farkı levha ürünlerinin sınırlı miktarda araçlarda kullanımına sebep olmaktadır. Boksit cevherinden primer alüminyum üretimi girdi maliyetinin çok büyük bir oranını işgal eder. Haddeleme ve ısıl işlem maliyetleri ise levha ürünleri maliyetini belirleyen diğer temel unsurlardır. Primer alüminyum fiyatı baz kalmak üzere proses maliyetlerinde yapılabilecek iyileşmeler



alüminyum levha fiyatlarını maliyet fayda analizinde avantajlı konuma getirecektir. Alternatif alüminyum levha üretim metodlarından olan sürekli döküm tekniği, son yıllardaki yoğun Ar-Ge faaliyetleri sayesinde, otomotiv sınıfı alaşımların üretimini de gerçekleştirilmesini sağlamıştır. Operasyonel maliyetler, esnek üretim yapısı ve kontrol altına alındığı sürece üstün performans sağlayan malzeme özellikleri yakın gelecekte çeliğin ve kendi sektöründe rekabet ettiği konvansiyonel metodlarla üretilen alüminyum alaşımlarının yerini alacaktır. Bu çalışma sürekli döküm tekniği ile üretilmiş alüminyum alaşımlarının otomotiv sektöründeki spesifik uygulamalarını içermektedir.

Emre Doruk, Tanya A. Başer ve İsmail Durgun tarafından yapılan “Taşıt Elemanlarında Kullanılan Alüminyum Alaşımlarının Enerji Sönümlenme Yeteneklerinin İncelenmesi” üzerinde çalışma yapılmıştır. “Burada yine alüminyumun kullanımının araç ağırlığına etki ile birlikte yakıt tüketimine katkı sağlaması ve CO<sub>2</sub> salınımını da azalttığı üzerinde durulmuştur. Hem maddi hem de çevreci bir yaklaşım için alüminyumun tercih edilmesi üzerine çalışma yapılmıştır. Aynı zamanda alüminyumun enerji sönümleyebilme yeteneğinden bahsedilmiştir” Otomotiv endüstrisi, ekolojik dengeyi bozan CO<sub>2</sub> emisyon miktarını azaltmak için daha düşük yakıt tüketimi sağlayacak teknolojileri üreterek ve geliştirerek yakıtı minimum şekilde kullanabilme yoluna gitmektedir. Taşıt konforunun artması ve yolcu güvenliğinin önemsemesi ile yeni aksamlar eklenmekte ve bu da taşıt ağırlığında artışa neden olmaktadır. Yüksek yakıt tasarrufu için en etkin çözüm taşıttaki hafif alaşımlı parça miktarını arttırmaktır. Bu nedenle alüminyum alaşımları otomotiv endüstrisinde geniş kapsamlı kullanılmaktadır. Alüminyumun tercih edilmesinin diğer nedeni ise, araç tasarımı alanında en önemli husus olan yolcu güvenliğidir. Çarpma sırasında ortaya çıkan enerji yolcular tarafından değil darbe emiciler tarafından absorbe edilmelidir. Alüminyum bu amaç için en uygun elementtir. Hem taşıt ağırlığını azaltma, hem de güvenlik önlemlerini iyileştirmek için alüminyum alaşımları kullanımı tercih nedenidir. Bu çalışma kapsamında araçlarda kullanılan farklı Al-Mg-Si ve Al-Zn alaşımlı darbe sönümleyici parçaların enerji sönümlenme performansları, gerçekleştirilen çarpışma simülasyonları ile HyperWorks yazılımında incelenmiştir.

Recep ÇAĞLAYAN tarafından yapılan “Taşıtlarda Ağırlık Azaltımında Hafif Malzeme Olarak Alüminyum Kullanımı ve Optimizasyon” üzerinde yüksek lisans tezi çalışması yapılmıştır. “Burada alüminyumun metale göre avantajlarına önem verilerek kullanılmasının sağladığı katkılara değinilmiştir. Özellikle metale göre hafif olmasının

yanı sıra kolay işlenebilir olması, korozyon direncinin daha iyi olması gibi avantajlarına değinilmiştir. Aynı şekilde çevreci bir çözüm olduğundan bahsedilmiştir. Yüksek mukavemet gerektiren bölgeler için alüminyumun ısıtılarak uygulanarak 700MPa mertebelerine ulaşabildiğinden bahsedilmektedir. Ayrıca yüksek elektrik ve ısı iletkenliği sayesinde tercih nedeni olduğu ana komponentlerden (radyatör vb.) avantaj sağlaması dile getirilmiştir”. Teknolojinin gelişmesi ile birlikte başta güvenlik gereksinimleri olmak üzere konfor ve performans talepleri gibi artan istekler araçların ağırlığını artırmıştır. Bu çalışmada taşıt ağırlığının zamanla artma nedenleri incelenmiştir. Artan taşıt ağırlığı nedeniyle oluşan sorunlar ve ağırlık azaltma çalışmaları incelenmiştir. Ağırlık azaltmada en çok kullanılan hafif metal olarak alüminyum incelenmiştir. Alüminyumun taşıtlarda kullanımı ile sağlanan faydalara değinilmiştir. Ağırlık azaltımında alüminyum kullanımının yanında bilgisayar destekli optimizasyon teknikleri ile daha iyi sonuçlar elde edilebilmesi araştırılmıştır. Salıncak kolu tasarımında çelik malzeme yerine alüminyum alaşımı kullanımı ile hafifletme sağlanmaya çalışılmıştır.

Tevfik Can Özgür tarafından yapılan “Araç Tamponlarında Farklı Malzeme ve Konstrüksiyonların Çarpma Dayanımına Etkisinin Araştırılması” üzerinde yüksek lisans tez çalışması yapılmıştır. Burada alüminyuma alternatif olarak T300 karbon fiber malzeme ile ilgili araştırma yapılmıştır. Bu çalışmada; araçlarda darbe sönümleme amacıyla kullanılan çarpma kutusu ve tampon raylarının yenilikçi malzeme ve kesit tasarımlarının yapılması ve deneysel geliştirme ile çarpma dayanımına etkisi araştırılmıştır. Tampon rayının ardında konumlandırılan darbe sönümleyici çarpma kutuları, darbenin aracın şasisine aktarılmasını en aza indirme fonksiyonuna sahiptir. Metal kutularda katlanarak şekil değiştirme yolu ile darbenin absorbe edilmesi veya kutu içerisine konan malzemeler yardımıyla sönümlenmesi ve tampon rayı bölgesinde dayanımın artırılması gibi temel hedefler göz önüne alınmıştır. Araçlarda kullanılan tampon rayları ve çarpma kutuları olası bir kaza durumunda ortaya çıkan çarpma enerjisini sönümleyerek aracın şasi bağlantısına bu etkinin daha az bir şekilde iletilmesini sağlayan sönümleyici komponentlerdir. Bu görevlerinden dolayı araçlarda bu parçalar kritik öneme sahiptir. Gelişen otomobil teknolojisiyle birlikte ağırlık azaltma çalışmaları büyük bir öneme sahip olacaktır. Bu çalışmada, farklı tampon tasarımları yapılarak, bu tasarımlar içerisinde optimum iki tasarım seçilerek aralarındaki yapısal farklar gözlemlenecektir. İlk tasarımda metal çarpma kutuları içerisine sönümleme kabiliyetini

arttırma amaçlı alüminyum köpük kullanılacaktır. Tampon rayı ile arka kapak arasında T300 karbon fiber malzeme kullanılarak analizlerde etkisi araştırılacaktır. İkinci tasarımda ise çarpma kutuları için bal peteği yapısı denemesi uygulanacaktır. Çarpma kutusunun dış yanakları metal, içerisine termoplastik malzeme olan TPU. malzemesi ile deneme yapılacaktır. TPU. termoplastik malzemesinin analizlerde etkisi araştırılacaktır. Tasarım değişkeni olarak bir önceki tasarımda olduğu gibi T300 karbon fiberin de dayanıma etkisi incelenecektir. TPU. termoplastik malzemenin kullanıldığı bal peteği yapısının hangi yönde daha fazla enerji sönümlediği konusunda yön tercihi için sonlu eleman analizleri yapılacaktır. Fiziksel testlerle sanal analizlerin doğrulaması yapılacaktır.

Nagaraj Goud Bodige ve Avinash Pachori tarafından yapılan “Alüminyum Köpük Kullanılarak Araç Arka Çalışma Altında Koruma Cihazı (RUPD) İncelenmesi” üzerinde çalışma yapılmıştır. Binek otomobiller, ağır hizmet tipi kamyonla arkadan kazayla karşılaştıklarında, kamyon römorku altında sürüş kazası adı verilen kamyon yatağının altına girme eğiliminde olacaktır. Bu, ciddi yaralanmalara ve nokta ölümlerine neden olan binlerce kazadan sorumludur. Bu çoğunlukla etkili koruma sisteminin olmamasından kaynaklanmaktadır. Bu makale, kamyonun çarpışma etkisi altında bir Arka Çalışma Altında Koruma Cihazı'nın (RUPD) enerji soğurma mekanizmasına önem vermektedir. Çalışmanın amacı, Çelik RUPD'yi alüminyum köpükle değiştirerek, aracın çarpışmaya dayanıklılığını iyileştirmenin yanı sıra aracın ağırlığını azaltmaktır. Alüminyum köpük, yüksek özgül mukavemet ve özgül sertlik nedeniyle seçilmiştir. Bu doğuştan karakter, otomobil mühendisliğindeki modern hafif yapılarda, yolcuların güvenliğine ek olarak kilometre performansının iyileştirilmesine katkıda bulunabilecek ümit verici bir aday haline getiriyor.

## **BÖLÜM 2. TİCARİ ARAÇLARDA KULLANILAN RUP’LAR VE R58-02 REGÜLASYONA UYGUNLUĞUNUN ARAŞTIRILMASI**

Ticari araçlarda kısa vadede daha uygun maliyetli olduğu düşünüldüğü için genellikle çelik yapıların kullanımını sıklıkla görmekteyiz. Fakat uzun vadede düşünüldüğünde ise kullanıcılara daha fazla enerji veya yakıt sarfiyatı, çevreye ise daha fazla CO<sub>2</sub> salınımı olarak geri dönmektedir. Burada kullanılan yapılar özel formlu, C tipi, kare veya yuvarlak gibi değişken türlerde olabilmektedir (Şekil 2.1, Şekil 2.2, Şekil 2.3, Şekil 2.4).

### **2.1. Ticari Araçlarda Kullanılan RUP’lar**

Taşıtlarda kullanılan arka tamponun form yapısı ve regülasyon şartları detaylı olarak UNECE R58-03 nolu regülasyonda verilmiştir ve bir arka tamponun taşıtta kullanılabilmesi için test kuruluşlarınca parçanın analiz sonuçları ve fiili olarak testi yapılarak onaylanması ile kullanılabilir.



Şekil 2.1: Ağır ticari taşıtlarda kullanılan “Özel” formlu arka tampon.



Şekil 2.2: Ağır ticari taşıtlarda kullanılan “Yuvarlak” formlu arka tampon.



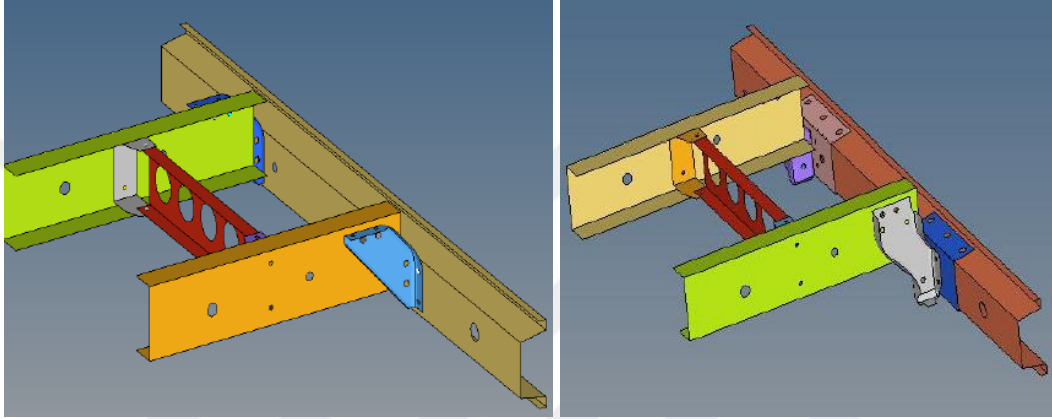
Şekil 2.3: Ağır ticari taşıtlarda kullanılan “C Tipi” formlu arka tampon.



Şekil 2.4: Ağır ticari taşıtlarda kullanılan “Kare” formlu arka tampon.

## 2.2. C Tipi RUP R58-02 Dinamik Analizi ve İncelenmesi-6T.

6T. araçta kullanılmak üzere tasarlanan C Tipi arka koruma donanımının (RUPD) UNECE R58-02 regülasyon şartlarına uygun dinamik analizi gerçekleştirilmiştir. 3.5T. araç için mevcut bulunan tasarımın, 6T. aracı için uygun olmadığı yapılan dinamik analizlerde görülmüştür. Regülasyonda belirtilen deformasyon şartlarının sağlanabilmesi için tasarıma, 9.8T araç braketleri referans alınarak yeni braket ve tampon sacına 2 adet U takviye eklenmiştir.



Şekil 2.5: R58-02 3.5T. (sol) ve 6T. (sağ) RUP tasarımları.

### 2.2.1. C Tipi RUP R58-02 Malzeme Özellikleri-6T.

Tampon sacı için ERD7136, braketler, kros ve kros braketleri için ERD4244, şase kolları için ERD3946 malzeme değerleri kullanılmıştır.

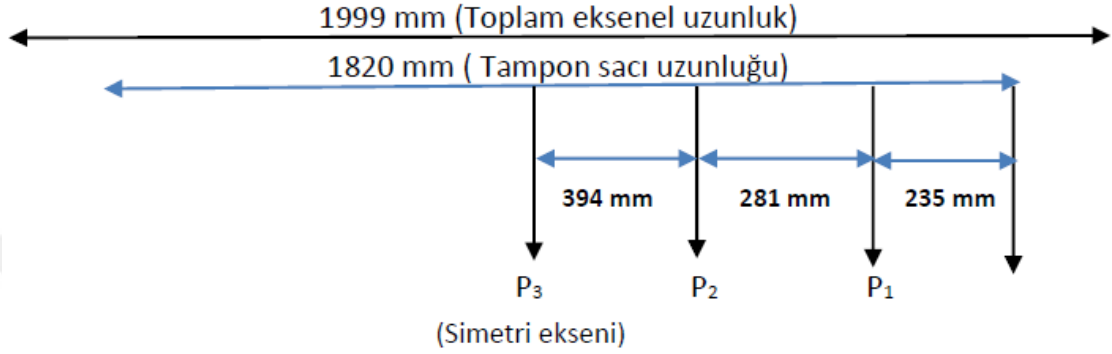
Tablo 2.1: R58-02 6T. RUP malzemesi özellikleri.

Malzeme	Akma Dayanımı	Çekme Dayanımı	Poisson Oranı	Elastiklik Modülü
ERD7136	380-480 MPa.	440-580 MPa.	0,3	210 GPa.
ERD4244	275 MPa.	410-560 MPa.	0,3	210 GPa.
ERD3946	290-420 MPa.	420-500 MPa.	0,3	210 GPa.

Bu değerler Johnson-Cook malzeme modeli formülünde yerlerine konularak model oluşturulmuştur.

### 2.2.2. C Tipi RUP R58-02 Analiz Sınır Şartları-6T.

RUPD sonlu eleman modeli oluşturulurken, şase kollarından rijitlerle bağlanarak orta noktasından sabitlenmiştir. Kuvvet uygulama noktaları ise UNECE R58-02 regülasyonunda belirtilen P1, P2 ve P3 noktalarından uygulanmıştır. Bu noktaların birbirlerine olan uzaklıkları Şekil 2.6'da verildiği gibidir.

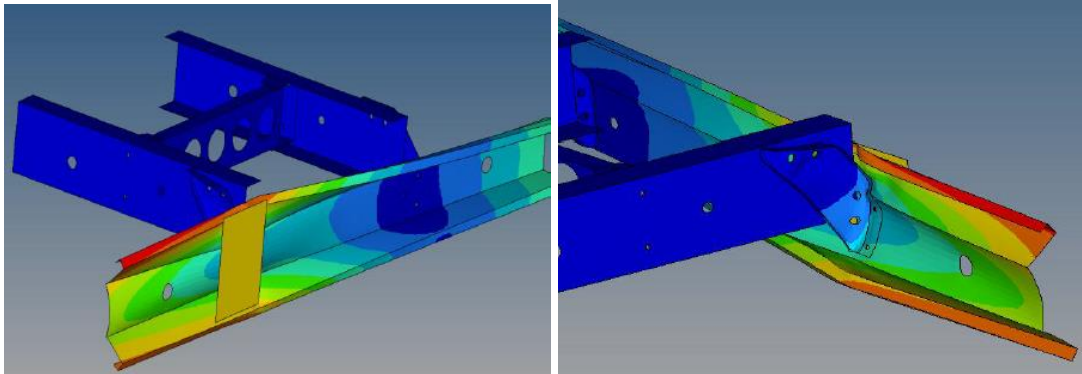


Şekil 2.6: R58-02 6T. RUP kuvvet uygulama noktaları.

P<sub>1</sub> ve P<sub>3</sub> noktasından, aracın en fazla yüklü ağırlığının %25'i 15 kN. ve P<sub>2</sub> noktasından da aracın en fazla yüklü ağırlığının %50'si 30 kN. kuvvet uygulanmıştır.

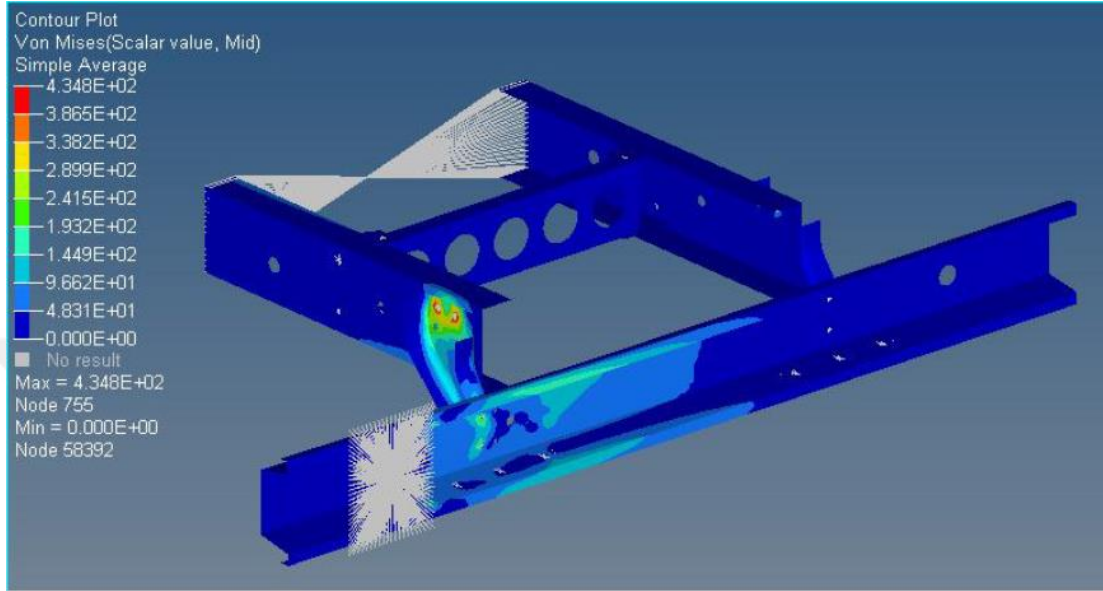
### 2.2.3. C Tipi RUP R58-02 Dinamik Analiz Sonucu-6T

3.5T. araç için kullanılan RUPD ile yapılan dinamik analizler sonucu, P<sub>2</sub> noktasından 30 kN. kuvvet uygulandığında 2.5 mm. kalınlığındaki braketlerin ve 2mm. kalınlığındaki tampon sacının yükü taşıyamadığı görülmüştür.

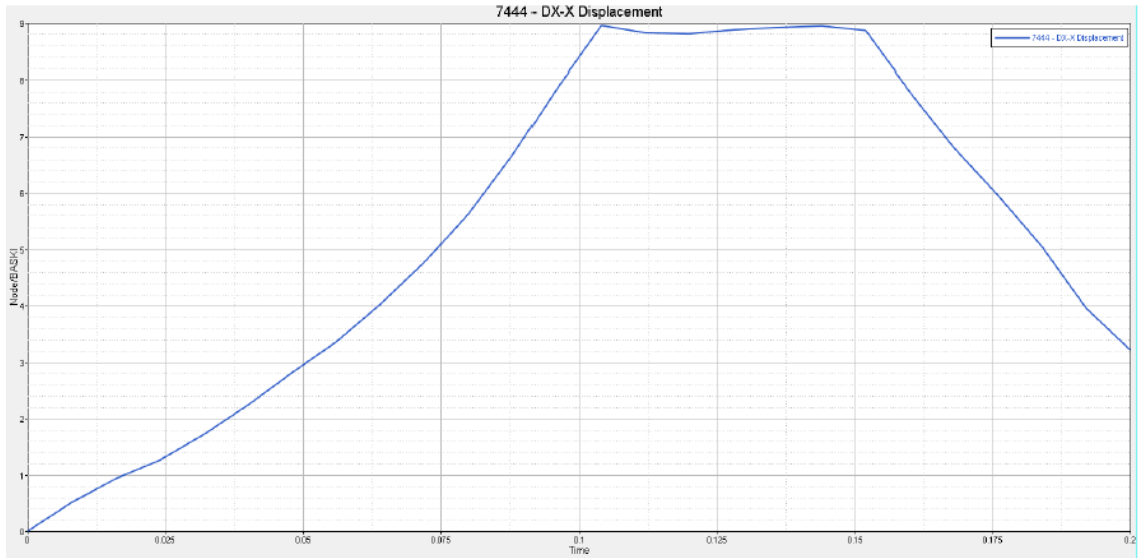


Şekil 2.7: R58-02 6T. RUP P<sub>2</sub> noktasındaki deformasyon.

9.8T araçlarda kullanılan arka koruma donanımı referans alınarak; 4mm. kalınlığındaki braketler ve 2 adet U plaka tampon sacına destek olarak ilave edilmiştir. Yeni tasarımda,  $P_1$  noktasından 15 kN. kuvvet uygulandığında en fazla şekil değişiminin 9 mm. olduğu görülmektedir.



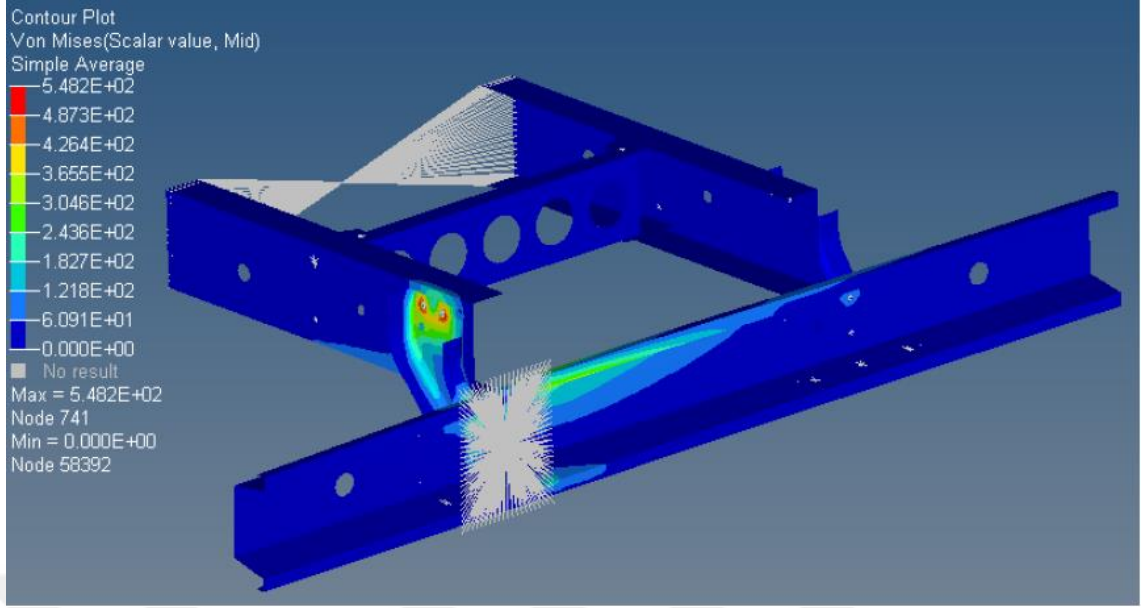
Şekil 2.8: R58-02 6T. RUP  $P_1$  kuvvet uygulama noktası.



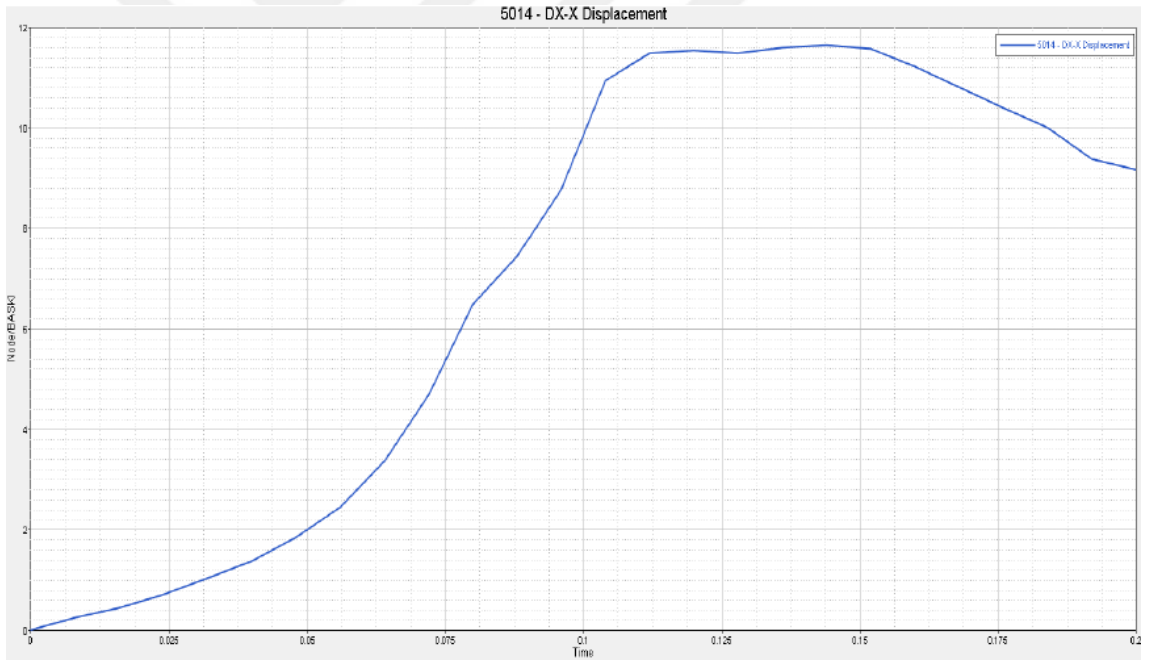
Şekil 2.9: R58-02 6T. RUP  $P_1$  noktası zaman-şekil değişim grafiği.

$P_2$  noktasından 30 kN. kuvvet uygulandığında en fazla şekil değişimi miktarının 11.5 mm. civarında olduğu görülmektedir.



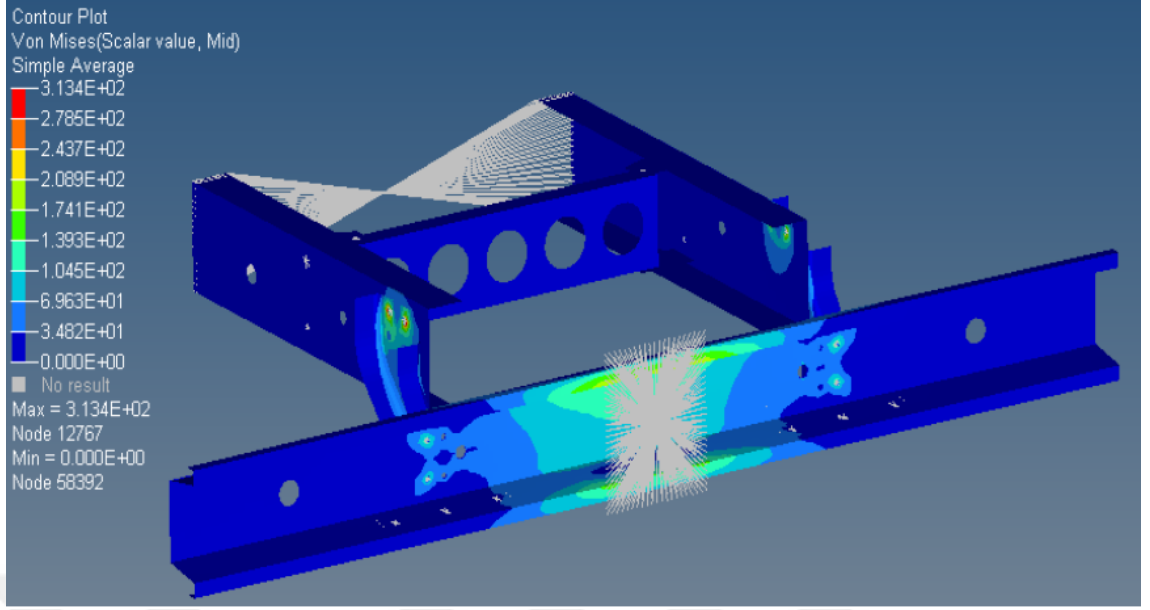


Şekil 2.10: R58-02 6T. RUP P<sub>2</sub> kuvvet uygulama noktası.

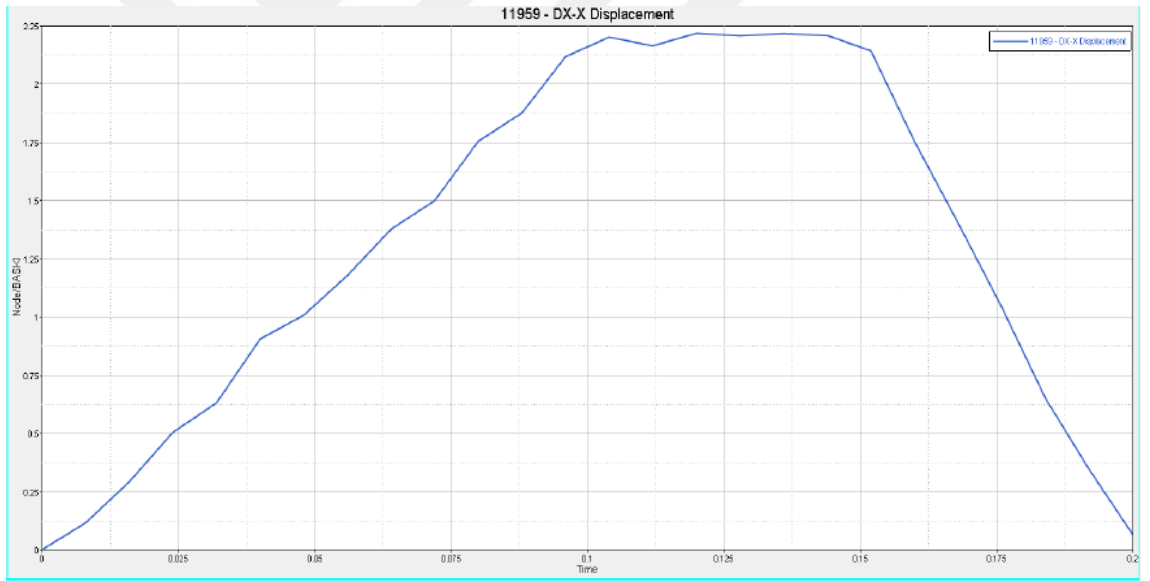


Şekil 2.11: R58-02 6T. RUP P<sub>2</sub> noktası zaman-şekil değişim grafiği.

P<sub>3</sub> noktasından 15 kN. kuvvet uygulandığında; en fazla şekil değişim miktarının 2.25 mm. olduğu görülmektedir.



Şekil 2.12: R58-02 6T. RUP P<sub>3</sub> kuvvet uygulama noktası.

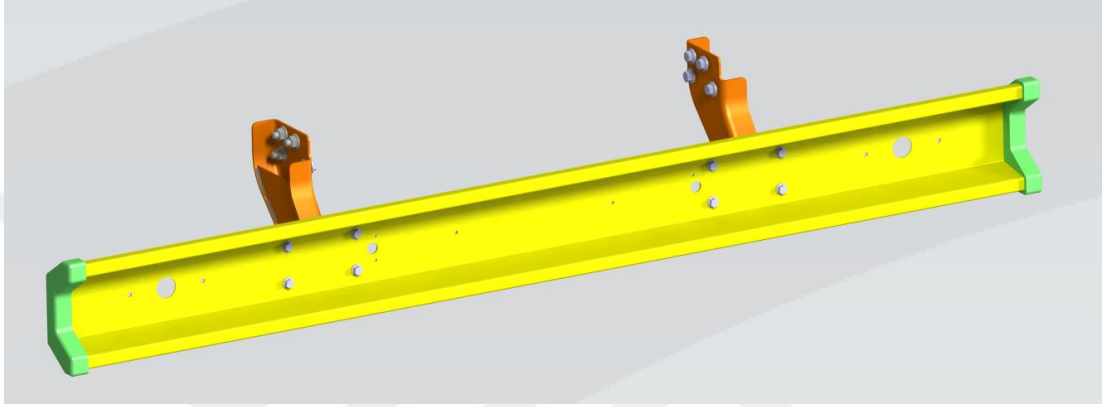


Şekil 2.13: R58-02 6T. RUP P<sub>3</sub> noktası zaman-şekil değişim grafiği.

Tasarımın, regülasyonda belirtilen 3 noktada da gerekli kuvvetleri karşılayabildiği görülmüştür.

### 2.3. C Tipi Tamponun R58-02 Dinamik Analizi ve İncelenmesi - 12,5T.

12.5T araçta kullanılmak üzere tasarlanan C Tipi arka koruma donanımının (RUPD) UNECE R58-02 regülasyon şartlarına uygun dinamik analizi gerçekleştirilmiştir. 6T. araç için mevcut bulunan tasarımın, 12.5T. aracı için uygun olmadığı yapılan dinamik analizlerde görülmüştür. Regülasyonda belirtilen deformasyon şartlarının sağlanabilmesi için tasarıma, 12.5T. araca ilave U takviye eklenmiştir.



Şekil 2.14: R58-02 12.5T. RUP tasarımı.

#### 2.3.1. C Tipi RUP R58-02 Malzeme Özellikleri-12.5T.

Tampon sacı için ERD7136, tampon desteği ERD3946 ve braketler için ERD4244, şase kolları için ERD4936 malzeme değerleri kullanılmıştır.

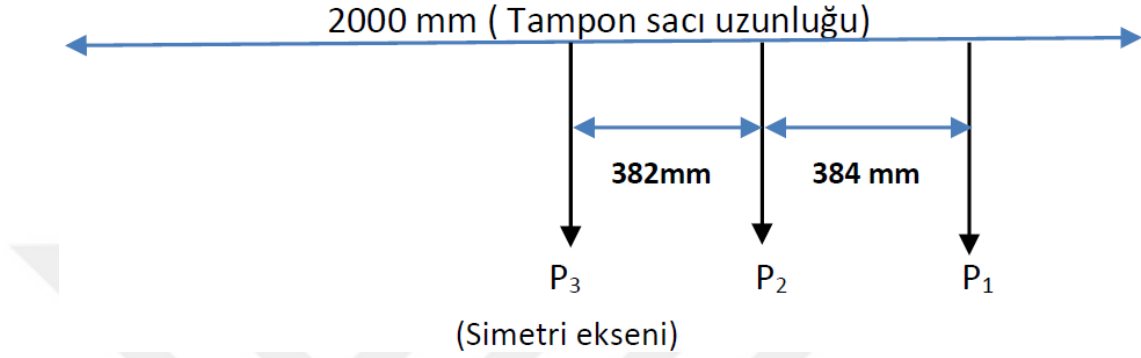
Tablo 2.2: R58-02 12.5T. RUP malzemesi özellikleri.

Malzeme	Akma Dayanımı	Çekme Dayanımı	Poisson Oranı	Elastiklik Modülü
ERD7136	380-480 MPa.	440-580 MPa.	0,3	210 GPa.
ERD3946	290-420 MPa.	420-500 MPa.	0,3	210 GPa.
ERD4244	275 MPa.	410-560 MPa.	0,3	210 GPa.
ERD 4936	355 MPa.	430-550 MPa.	0,3	210 GPa.

Bu değerler Johnson-Cook malzeme modeli formülünde yerlerine konularak model oluşturulmuştur.

### 2.3.2. C Tipi RUP R58-02 Analiz Sınır Şartları-12.5T.

RUPD sonlu eleman modeli oluşturulurken, şase kollarından rijit bağlanarak orta noktasından sabitlenmiştir. Kuvvet uygulama noktaları ise UNECE R58-02 regülasyonunda belirtilen  $P_1$ ,  $P_2$  ve  $P_3$  noktalarından uygulanmıştır. Bu noktaların birbirlerine olan uzaklıkları Şekil 2.15'te verildiği gibidir.

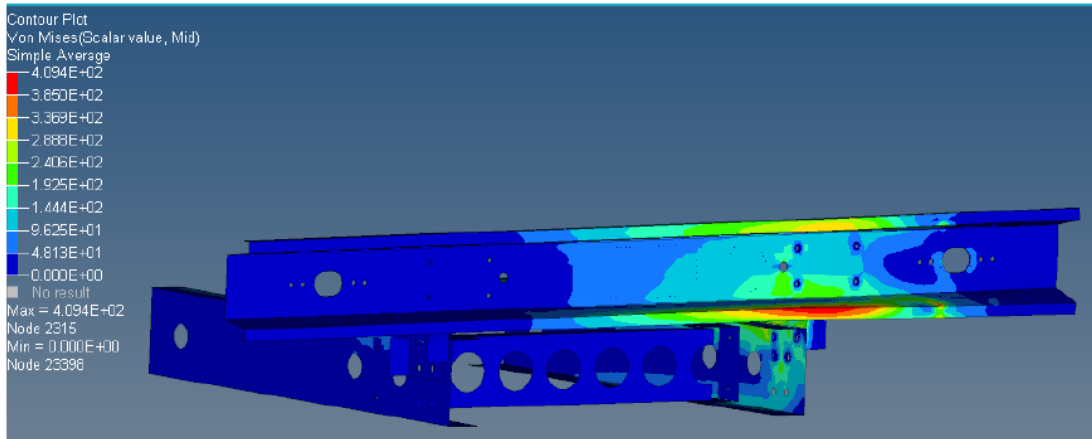


Şekil 2.15: R58-02 12.5T. RUP kuvvet uygulama noktaları.

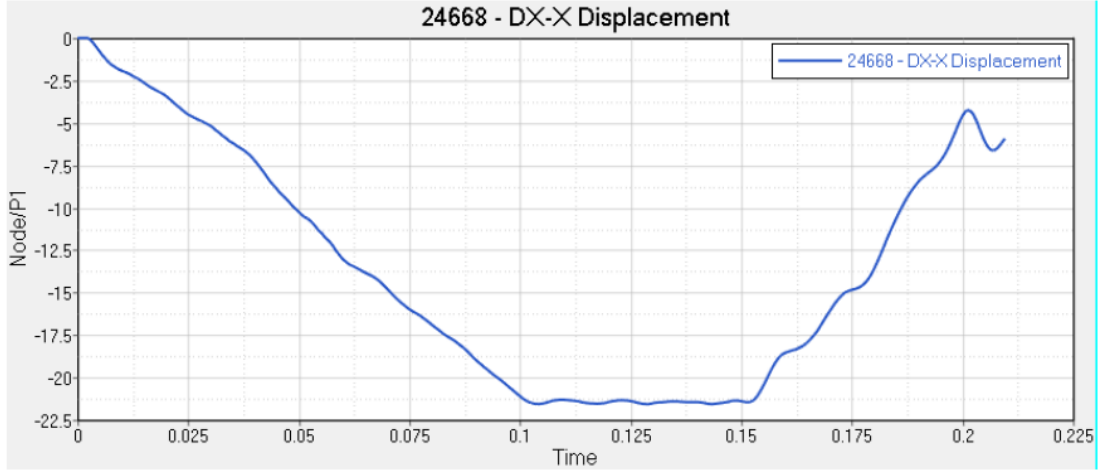
$P_1$  ve  $P_3$  noktasından, aracın en fazla yüklü ağırlığının %25'i 31 kN. ve  $P_2$  noktasından da aracın en fazla yüklü ağırlığının %50'si 62 kN. kuvvet uygulanmıştır.

### 2.3.3. C Tipi RUP R58-02 Dinamik Analiz Sonucu-12.5T.

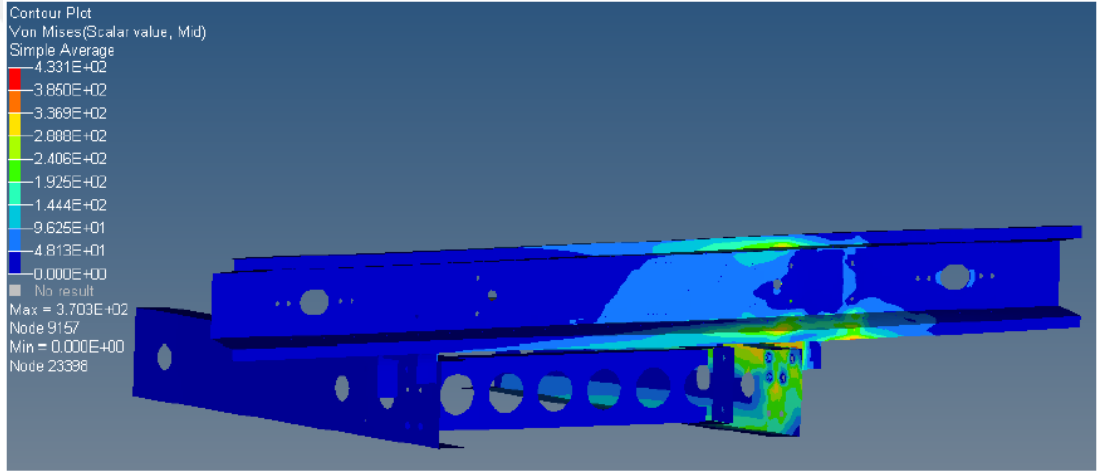
12.5T. araç için kullanılan RUPD ile yapılan dinamik analizler sonucu,  $P_2$  noktasından 62 kN. kuvvet uygulandığında ECE R58-02 regülasyonuna uygun olduğu görülmüştür.



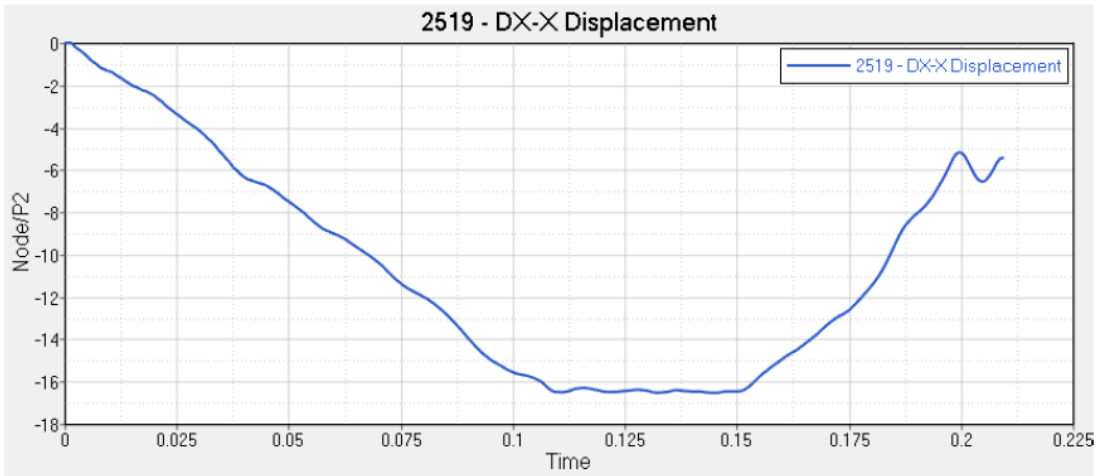
Şekil 2.16: R58-02 12.5T. RUP  $P_1$  kuvvet uygulama noktası.



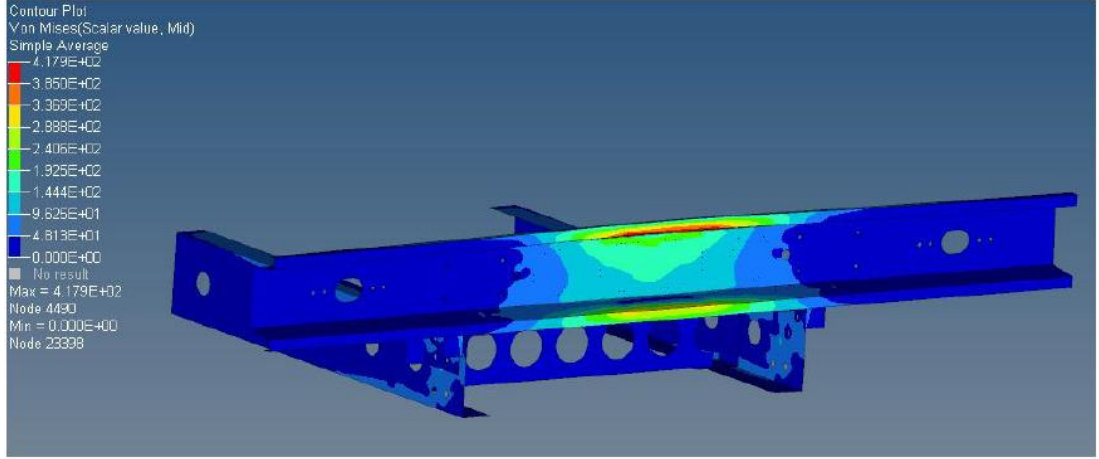
Şekil 2.17: R58-02 12.5T. RUP P<sub>1</sub> noktası zaman-şekil değişim grafiği.



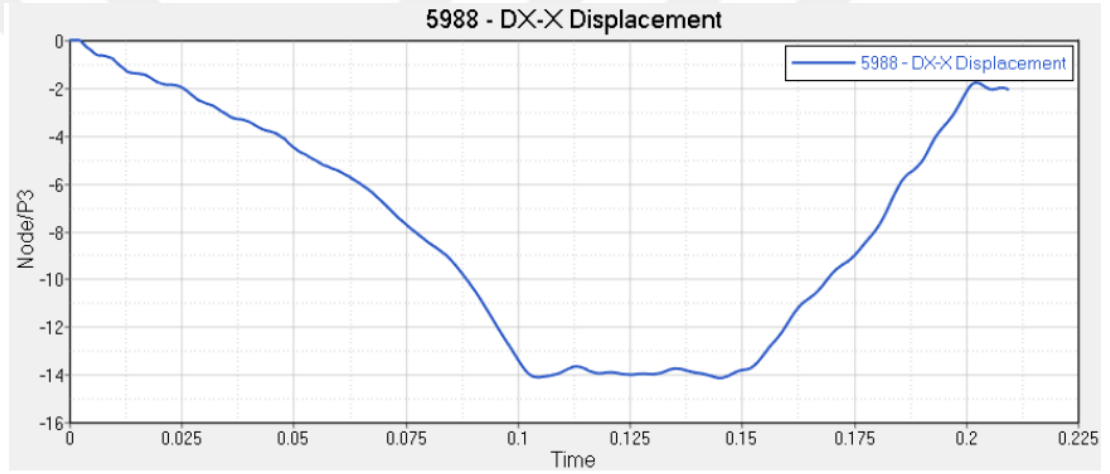
Şekil 2.18: R58-02 12.5T. RUP P<sub>2</sub> kuvvet uygulama noktası.



Şekil 2.19: R58-02 12.5T. RUP P<sub>2</sub> noktası zaman-şekil değişim grafiği.



Şekil 2.20: R58-02 12.5T. RUP P<sub>3</sub> kuvvet uygulama noktası.



Şekil 2.21: R58-02 12.5T. RUP P<sub>3</sub> noktası zaman-şekil değişim grafiği.

Tasarımın, regülasyonda belirtilen 3 noktada da gerekli kuvvetleri karşılayabildiği görülmüştür. ECE R58-02 regülasyonunda belirtilen limit değer (400 mm) altında kaldığından RUP tasarımının regülasyon açısından uygun olduğu görülmüştür.

#### 2.4. C Tipi RUP R58-02 Ağırlıkları

UNECE R58-02 regülasyonuna uygun C Tipi 3.5T., 6T. ve 12.5T. araçlarında kullanılan metal RUP'ların toplam ağırlığı yaklaşık olarak 27 Kg. mertebelerinde çıkmaktadır. Metal RUP'un kendisi ise yaklaşık 21.4 Kg. olduğunda R58-02 test şartlarını ancak sağlayabilmektedir. (Tablo 2.3).

Tablo 2.3: R58-02 3.5T., 6T. ve 12.5T. RUP ağırlıkları.

Malzeme	RUP 3.5T.	RUP 6T.	RUP 12.5T.
Montaj Braketi - Sağ	0.70 Kg.	1.67 Kg.	2,79 Kg.
Montaj Braketi - Sol	0.70 Kg.	1.67 Kg.	2,79 Kg.
RUP.	10.13 Kg.	11.02 Kg.	21,36 Kg.
<b>Toplam Ağırlık</b>	<b>11,53 Kg.</b>	<b>14.36 Kg.</b>	<b>26,94 Kg.</b>

Yeni regülasyon UNECE R52-03 ile tamponlara uygulanan kuvvetler bölüm 3'te belirtildiği gibi %60 ve %100 oranlarında arttırılmıştır. Hali hazırda 21.4 Kg. olan tampon yeni regülasyon şartlarını sağlayamamıştır.

## **BÖLÜM 3. UNECE R58 REGÜLASYONU VE ARAÇ SINIFLARI**

### **3.1. UNECE R58 Regülasyonu ve Amacı**

1 Eylül 2019'dan bu yana, alt koruma için yeni düzenlemeler geçerlidir: UNECE R58-03 Yönetmelik, yeni düzenlemede öngörülen daha büyük kuvvetlere dayanacak şekilde tasarlanması ve test edilmesi gereken bileşenler üzerinde doğrudan bir etkiye sahiptir. R58-03, tüm yeni tip onaylı araçlar için geçerlidir. Yönetmelik, 1 Eylül 2021 tarihinden itibaren tüm yeni tescilli araçlar için de geçerli olacaktır. UNECE tarafından yolcu güvenliğini güvence altına alan regülasyon araçlara takılacak olan arka tampon ile ilgili zorunlulukları UNECE R58 regülasyonunda belirtmiştir ve bu regülasyon sınıfındaki araçların trafiğe çıkabilmesi için regülasyon şartlarını sağlaması gerekmektedir. Amacı hiç şüphesiz ulaşım endüstrisi için daha katı kurullarla ilgili güvenliği iyileştirmektir. UNECE R58-03 geçişi ile daha güvenli ölçüler ve daha ağır test kuvvetleri uygulanmaktadır. Araçlara göre çok daha düşük hızlarda seyreden ticari araçlara arkadan çarpmalar sonucunda birçok ölümlü kazalar yaşanmaktadır. Trafikte birçok ticari aracın arka tamponlarının UNECE R58 regülasyonlarına uygun olmaması bu tür ölümlü kaza sayılarının artmasına neden olmaktadır.

#### **3.1.1. UNECE R58 Regülasyon Kapsamı**

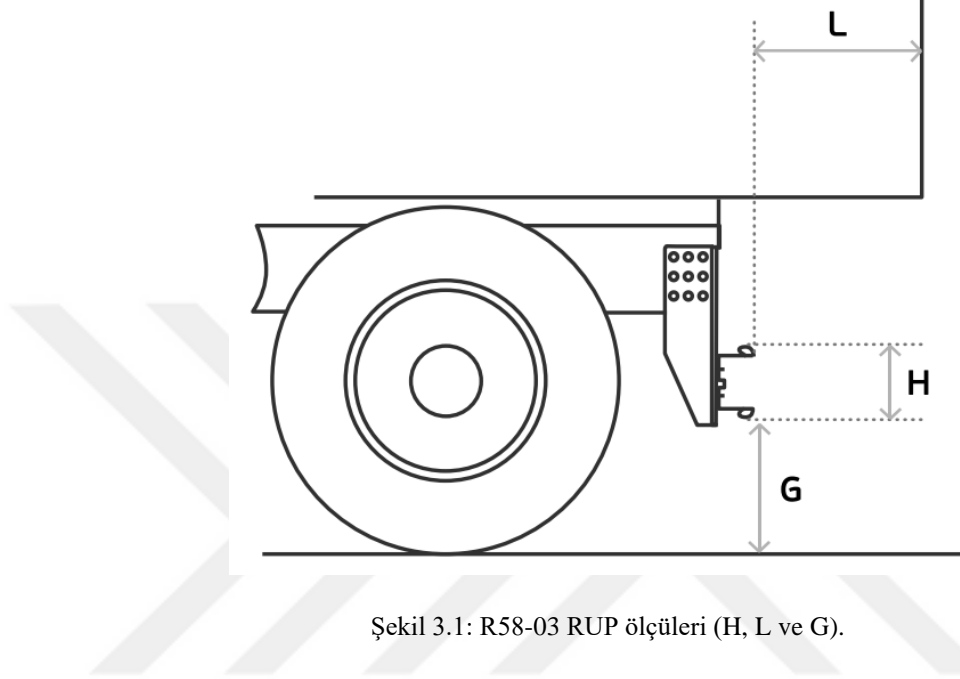
UNECE R58 regülasyonu aşağıdakiler araç sınıfları için geçerlidir:

- M, N ve O sınıfındaki araçlara takılacak arka tamponlar.
- Tip onaylı arka tampon araçlarına montaj (M, N, O).
- Ayrı olarak onaylanmamış veya bileşen parçalarının arka tamponun işlevini tamamen veya kısmen yerine getirdiği kabul edilebilecek şekilde tasarlanmış ve / veya donatılmış bir arka tampon ile donatılmış araçlar (M, N, O)



### 3.1.2. UNECE R58-02 ile R58-03 Regülasyon Farklılıkları

Verilecek boyutlar, araç kategorisine ve süspansiyon tipine göre değişebilir. UNECE R58-02 regülasyonunda “L” izin verilen maksimum kasa çıkıntısı 400mm idi. UNECE R58-03 regülasyonunda ise bu değer 300 mm’ye düşürülmüştür.



Şekil 3.1: R58-03 RUP ölçüleri (H, L ve G).

Tablo 3.1: R58-03 RUP ölçüleri (L).

Ölçüler (En Fazla)	Araç Kategorisi
300 mm./400 mm.*	N2 (> 8 ton), N3, O3, O4 platform asansörü ile veya damperli römork olarak tasarlanmış
200 mm./300 mm.*	O3, O4 platform asansörü olmadan ve damperli römorklar olarak tasarlanmamış
400 mm.*	M, N1, N2 (<8 ton), O1, O2

\*) Test kuvveti altındaki maksimum toplam deformasyonla azalır (hangisi daha azsa)

UNECE R58-02 regülasyonunda “H” koruyucu kirişin minimum kesit yüksekliği 100mm. idi. UNECE R58-03 regülasyonunda ise bu değer 120mm.’ye çıkarılmıştır.

Tablo 3.2: R58-03 RUP ölçüleri (H).

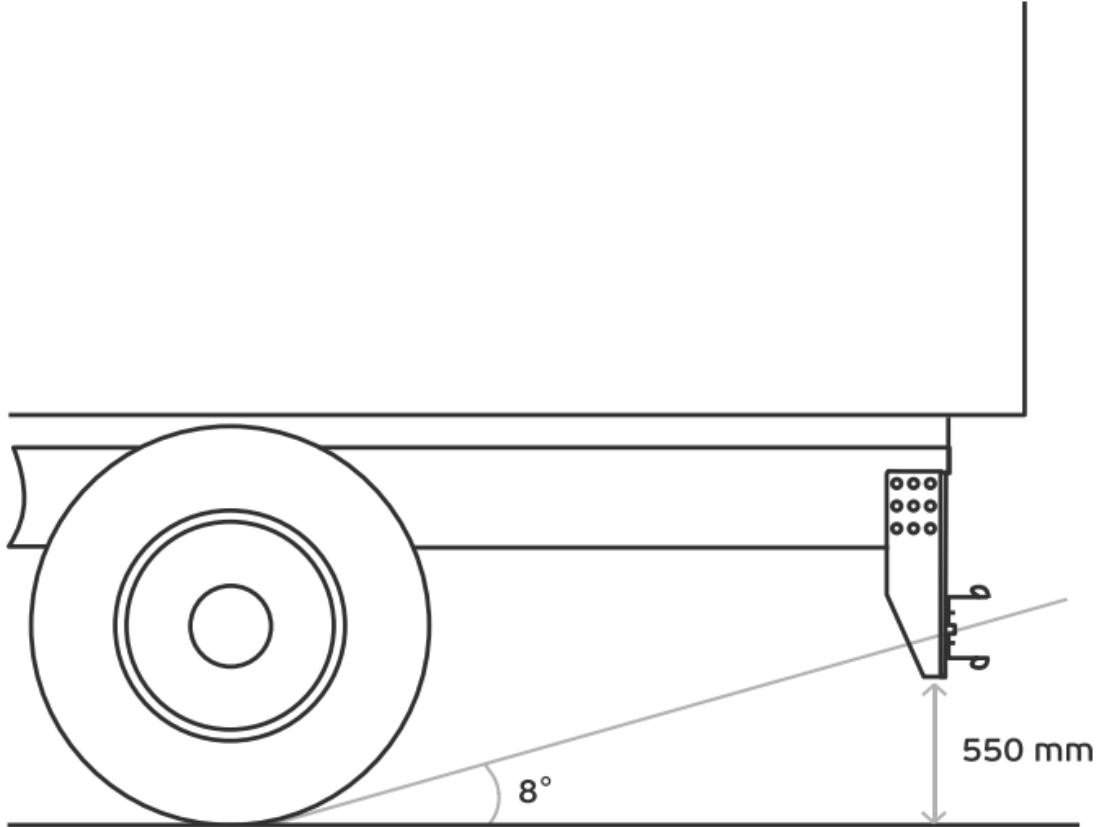
Ölçüler	Araç Kategorisi
≥100 mm.	8 tonun altında M, N1, N2 sınıfı araçlarda
≥120 mm.	yukarıdakinin haricinde

UNECE R58-02 regülasyonunda “G” izin verilen maksimum yerden yükseklik (yüksüz araç) 550 mm. idi. UNECE R58-03 regülasyonunda ise bu değer 450 mm.’ye düşürülmüştür.

Tablo 3.3: R58-03 RUP ölçüleri (G).

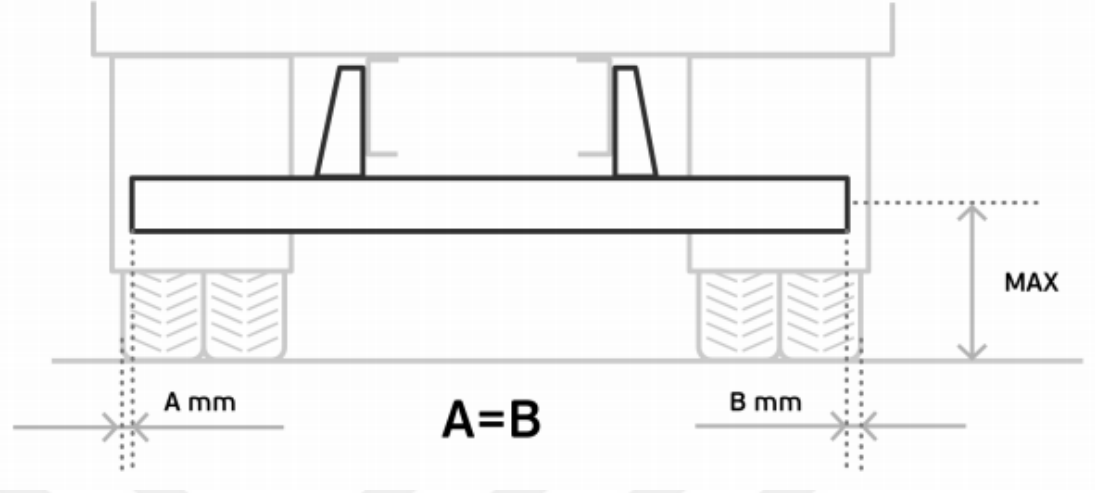
Zemin Mesafesi (En Fazla)	Araç Kategorisi
450 mm.	N2 (> 8 ton), N3, O3, O4 Pnömatik / hidro-pnömatik süspansiyonlu
500 mm.	N2 (> 8 ton), N3, O3, O4 Diğer süspansiyon ile
550 mm.	M, N1, N2 (<8 ton), O1, O2

8 derecelik bir kalkış açısına ulaşamıyorsa, 550 mm.'ye kadar yerden yükseklik kabul edilebilir.



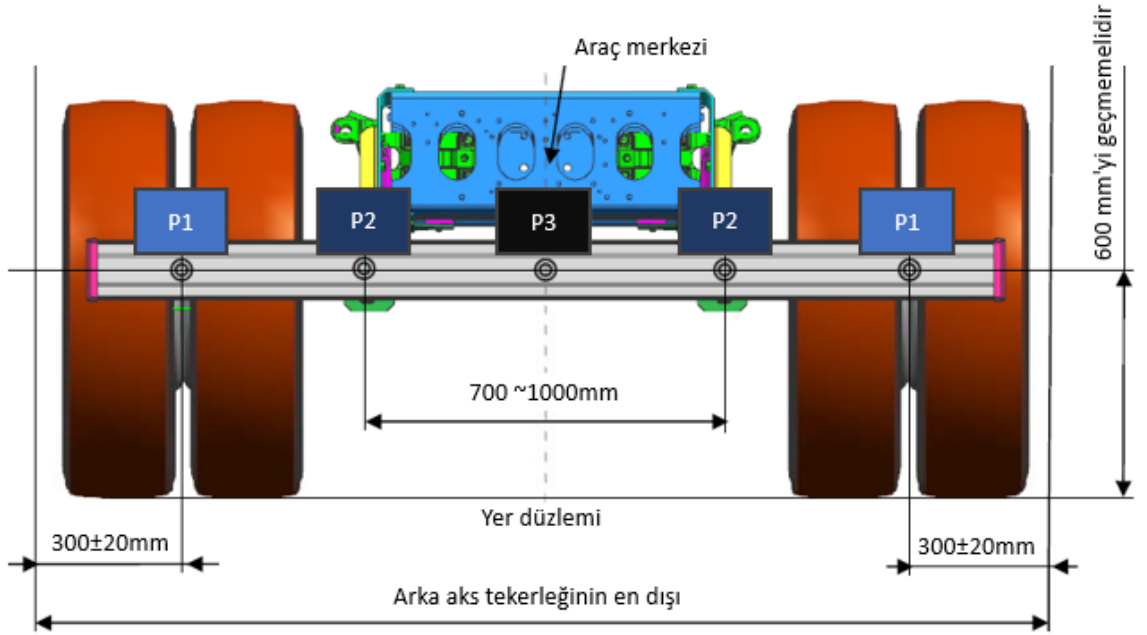
Şekil 3.2: R58-03 RUP ölçüleri (G için istisna).

A = B Arka tamponun kenarları 0-100 mm. aralığında olmalıdır. A ve B eşit büyüklükte olmalıdır.

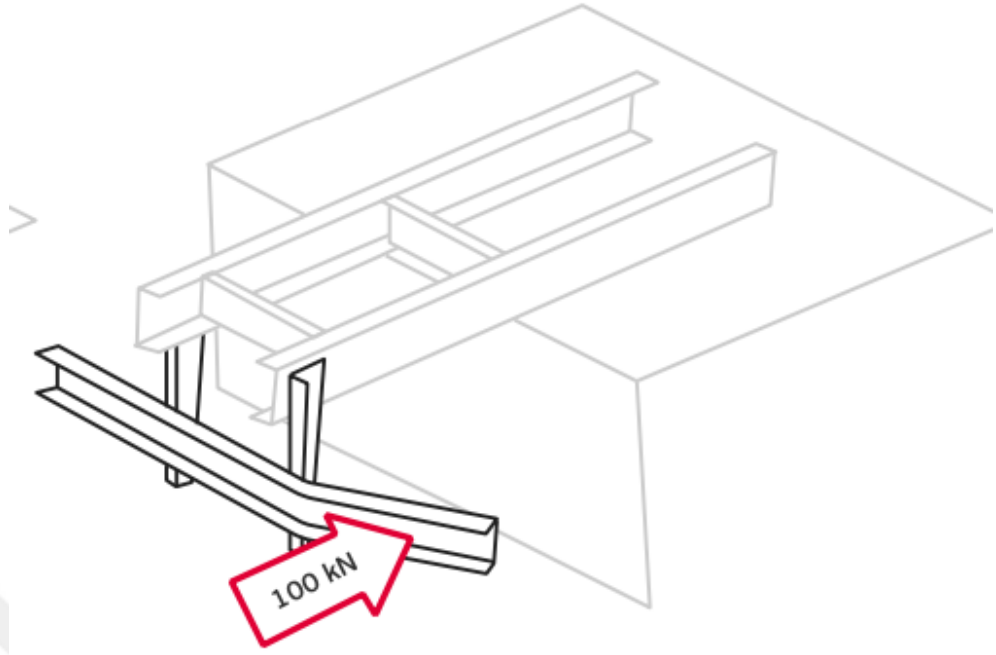


Şekil 3.3: R58-03 RUP ölçüleri (A ve B).

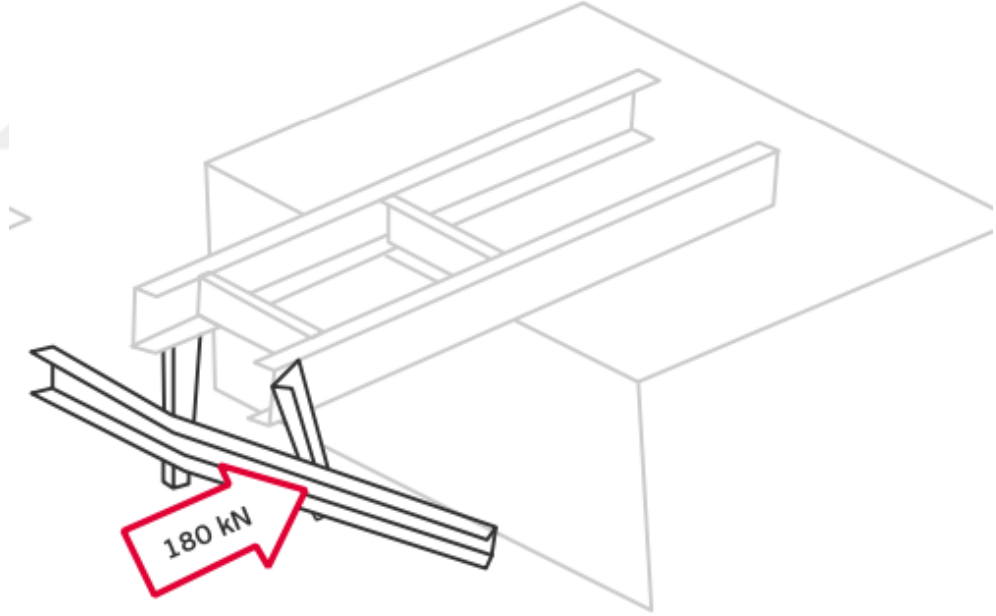
### 3.1.3. UNECE R58-03 Regülasyon RUP Test Noktaları ve Kuvvetleri



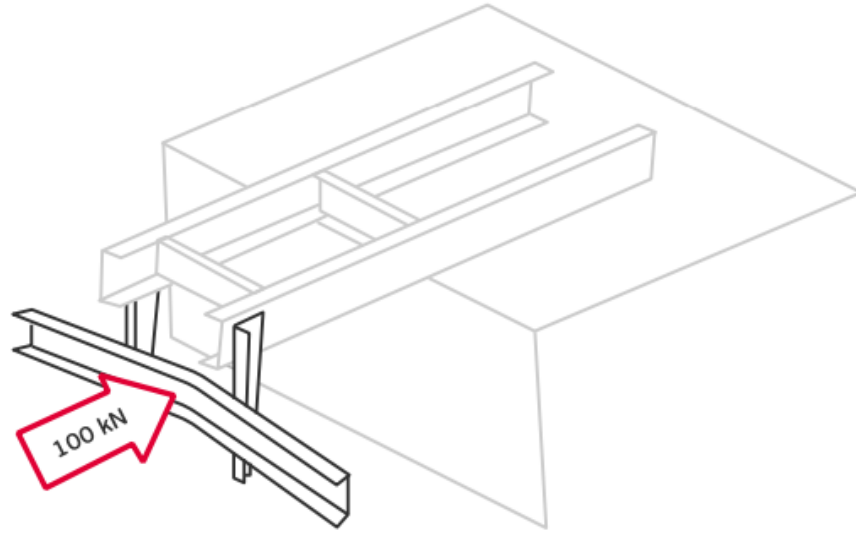
Şekil 3.4: R58-03 RUP uygulanacak kuvvet aralıkları.



Şekil 3.5: R58-03 RUP P<sub>1</sub> kuvveti 50% GWR veya max. 100 kN.



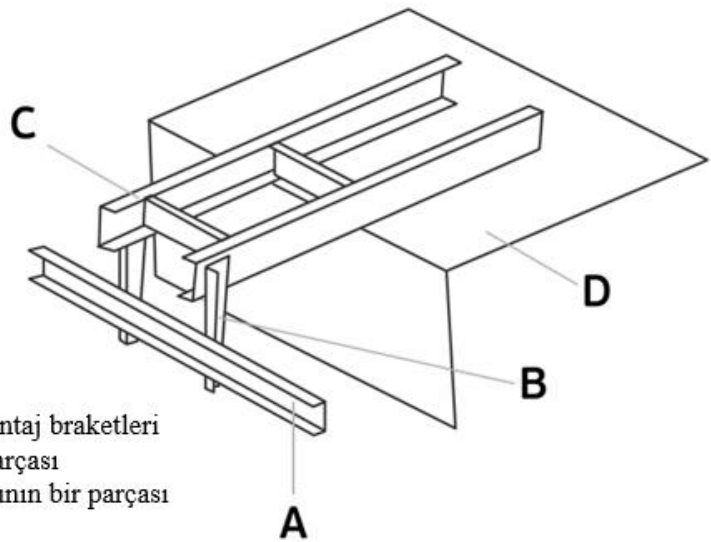
Şekil 3.6: R58-03 RUP P<sub>2</sub> kuvveti 80% GWR veya max. 180 kN.



Şekil 3.7: R58-03 RUP  $P_3$  kuvveti 50% GWR veya max. 100 kN.

Tablo 3.4: R58 RUP Regülasyon test kuvvetlerinin değişimi.

Test Kuvvetleri	$P_1$	$P_2$	$P_3$
UNECE R58-01 (1983)	12,5% GWR max. 25 kN.	50% GWR max. 100 kN.	12,5% GWR max. 25 kN.
UNECE R58-02 (2008)	25% GWR max. 50 kN.	50% GWR max. 100 kN.	25% GWR max. 50 kN.
UNECE R58-03 (2016)	50% GWR max. 100 kN.	85% GWR max. 180 kN.	50% GWR max. 100 kN.

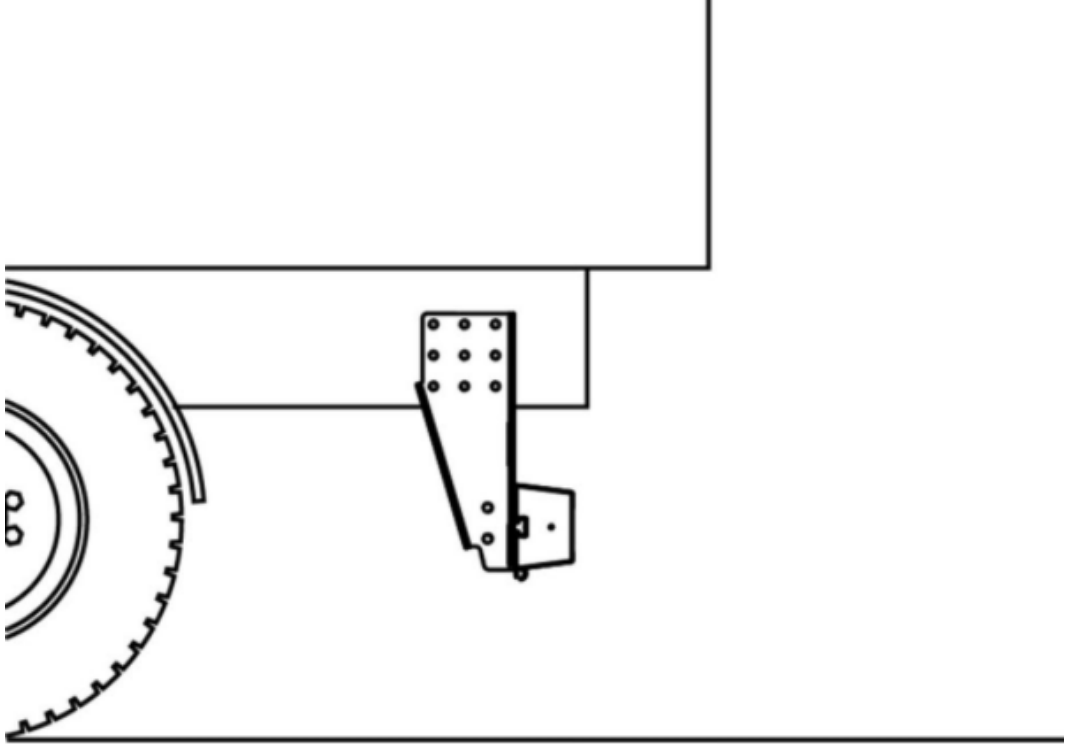


- A: Test edilen arka tampon  
 B: Test edilen arka tampon şasi montaj braketleri  
 C: Şasi düzeneği, test tezgahının parçası  
 D: Rijit montaj bölgesi, test tezgahının bir parçası

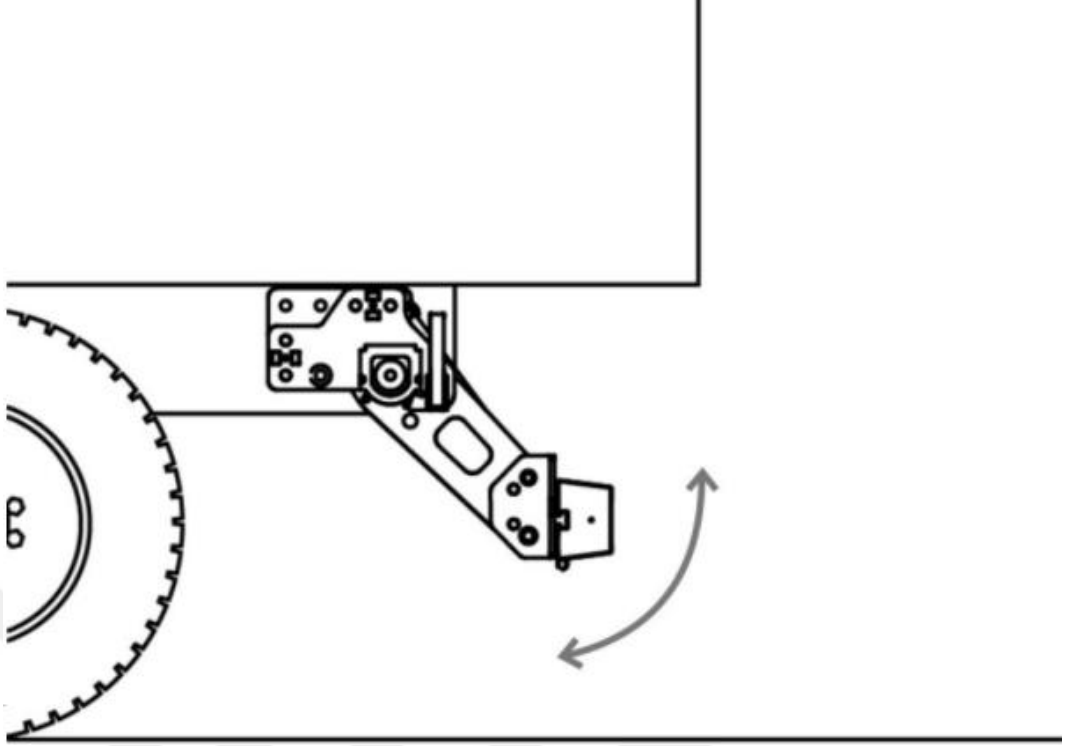
Şekil 3.8: R58-03 RUP test düzeneği yapısı.

### 3.2. RUP Montaj Türleri

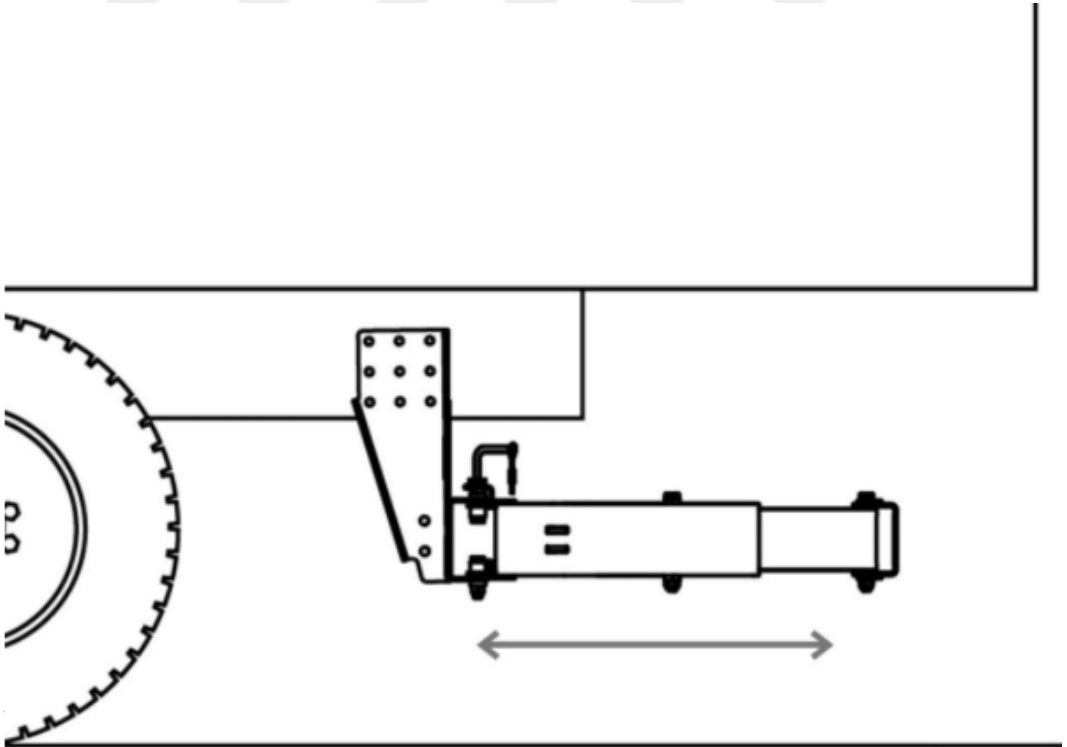
Üç ana RUP montaj çözümü vardır. Bunlar araçlara uygun olarak seçilmektedir. Ticari araç üreticileri genellikle maliyet açısından en az parça barındıran ve fiyatının daha uygun olması sebebi ile sabit tip RUP montaj yapısını kullanmaktadır. Piyasada da genellikle özel bir amaca hizmet etmeyen ticari taşıtların üzerinde fabrikasyon ürünü olan sabit RUP kullanımını devam eder. Fakat özel bir ihtiyaç durumunda diğer alternatif “Katlanabilir” veya “Sürgülü, Ayarlanabilir” RUP montaj yapıları ya da kullanıma özel yapılar tercih edilebilmektedir. Yapı her ne tür olursa olsun regülasyon şartlarını sağlamalıdır. Birçok ana RUP üreticisi dizayn ettikleri RUP’ların regülasyon testlerini de hazırlayarak ürünlerini piyasaya sürerler. Fakat karayollarında bu regülasyon şartlarını sağlamayan RUP kullanımları da dikkatlerden kaçmamaktadır. Özellikle çekicilerde RUP bulunmamasının nedeni ise arkadan çarpmalarda çarpan aracın çekicinin altına gireceği bir bölgenin olmamasıdır. RUP kullanımının ana amacı arkadan çarpan aracın çarptığı aracın altına girmesini engellemektir.



Şekil 3.9: Sabit / Sökülebilir RUP yapısı.



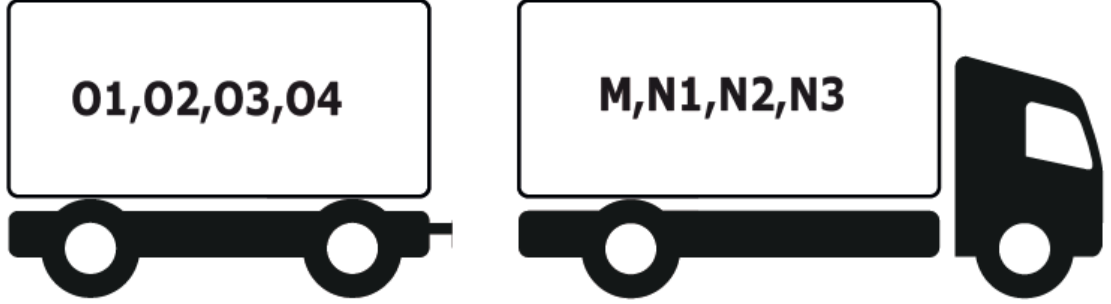
Şekil 3.10: Katlanabilir RUP yapısı.



Şekil 3.11: Sürgülü / Ayarlanabilir RUP yapısı.

### 3.3. UNECE R58-03 Regülasyon Araç Sınıfları

UNECE R58-03 regülasyonu M, N ve O sınıfı araçlar için geçerlidir.



Şekil 3.12: R58-03 araç sınıfları (M, N ve O).

#### 3.3.1. M Sınıfı Araçlar

Bu sınıf M1, M2 ve M3 olarak 3'e ayrılır. M sınıfı araç sınıfları: En az dört tekerlekli ve yolcu taşımada kullanılan motorlu araçlardır.



Şekil 3.13: M sınıfı araçlar.

Tablo 3.5: M sınıfı araçlar.

Sınıf	Açıklama
M1	Yolcu taşımada kullanılan ve sürücü dahil en fazla 9 oturma yeri olan motorlu araçtır.
M2	Yolcu taşımada kullanılan, sürücü dahil 9'dan fazla oturma yeri olan ve azami ağırlığı 5 tonu aşmayan motorlu araçtır.
M3	Yolcu taşımada kullanılan, sürücü dahil 9'dan fazla oturma yeri olan ve azami ağırlığı 5 tonu aşan motorlu araçtır.



### 3.3.2. N Sınıfı Araçlar

N sınıfı araç kategorisi 3 farklı sınıfa ayrılır. N araç sınıfları: En az dört tekerlekli ve yük taşımada kullanılan motorlu araçlardır.



Şekil 3.14: N sınıfı araçlar.

Tablo 3.6: N sınıfı araçlar.

Sınıf	Açıklama
N1	Yük taşımada kullanılan ve azami ağırlığı 3.5 tonu aşmayan motorlu araçtır.
N2	Yük taşımada kullanılan ve azami ağırlığı 3.5 tonu aşan, ancak 12 tonu aşmayan motorlu araçtır.
N3	Yük taşımada kullanılan ve azami ağırlığı 12 tonu aşan motorlu araçtır.

### 3.3.3. O Sınıfı Araçlar

Bir motorlu araç tarafından çekilen römork veya yarı römork motorsuz yük taşıma araçlarıdır.

Tablo 3.7: O sınıfı araçlar.

Sınıf	Açıklama
O1	Azami ağırlığı 0.75 tonu aşmayan motorsuz yük taşıma aracıdır.
O2	Azami ağırlığı 0.75 tonu aşan, ancak 3.5 tonu aşmayan motorsuz yük taşıma aracıdır.
O3	Azami ağırlığı 3.5 tonu aşan, ancak 10 tonu aşmayan motorsuz yük taşıma aracıdır.
O4	Azami ağırlığı 10 tonu aşan motorsuz yük taşıma aracıdır.

## **BÖLÜM 4. TASARIM BULGULARI**

AIOS Ar-Ge merkezinde UNECE R58 arkadan çarpışmaya karşı koruma sistemleri (RUPD) ve UNECE R93 önden çarpışmaya karşı koruma sistemleri (FUPD) regülasyonlarına göre bilgisayar ortamında sonlu elemanlar analizleri yapılabilmektedir. Regülasyon değişikliği sonucunda, N serisi ve türev araçlarında kullanılan arka koruma donanımlarının hafifletilmiş ve güçlendirilmiş yeni tasarlanan arka tampon (RUPD) UNECE R58-03 regülasyon şartlarına uygunlukları analiz edilmiştir. UNECE R58-03 çalışmaları aşağıdaki adımları izler;

- RUPD ve FUPD sistemleri için sonlu elemanlar modellerinin (FEM) hazırlanması,
- Sonlu elemanlar analizlerinin (FEA) yapılması,
- Gerekli durumlarda yeni model revizyonları ve iterasyonlar,
- FEM Analizi sonuçlarının raporlanması,
- UNECE R58 ve UNECE R93 Analiz raporlarının hazırlanması,

### **4.1. Analize Giriş**

12.5T. ve türevlerinde kullanılan arka koruma (RUP) donanımını ilgilendiren regülasyon UNECE R58-02'den UNECE R58-03 'e geçilmiştir. Regülasyon değişmesi neticesinde, arka koruma donanımına gelen yüklerde revize edilmiştir. 2020-SAFE-01 raporunda araç üzerinde kullanılan tamponların revize yükleri karşılamadığı belirtilmiştir. Bunun üzerine arka koruma tamponunda tasarım değişikliği gerçekleştirilmiştir. UNECE R58-03 uygun metal ve alüminyum tasarımın yapılarak alüminyumun ne kadar ağırlık avantajı sağladığı üzerinde çalışma yapılacak ve sonuçları yorumlanacaktır.

#### 4.1.1. Analiz Sınır Şartları

Tablo 4.1: R58-03 12.5T. RUP sınır şartları.

Değerler	UNECE R58-03	Tasarım
G (Şekil 3.1)	max. 500 mm.	500 mm.
H (Şekil 3.1)	$H \geq 120$ mm.	150 mm.
L (Şekil 3.1)	300 mm/400 mm.*	300 mm.
A=B (Şekil 3.3)	0-100 mm.	64,5 mm.
P <sub>1</sub> mesafesi (Şekil 3.4)	300±25 mm.	300 mm.
P <sub>1</sub> kuvveti	50% GWR, en fazla 100 kN.	61,3125 kN.
P <sub>2</sub> mesafesi (Şekil 3.4)	700-1000 mm.	896 mm.
P <sub>2</sub> kuvveti	80% GWR, en fazla 180 kN.	98,1 kN.
P <sub>3</sub> mesafesi (Şekil 3.4)	Araç Merkezi	Araç Merkezi
P <sub>3</sub> kuvveti	50% GWR, en fazla 100 kN.	61,3125 kN.

\*) Test kuvveti altındaki maksimum toplam deformasyonla azalır (hangisi daha azsa)

#### 4.2. Tasarım A ve B Boru Kesitli RUP Analizi

İki tasarım arasında sadece tampon bağlantı braketlerinde değişiklik vardır. Ayrıca tasarım B’de RUP’u yarım saran ekstra braket mevcuttur.

UNECE R58-02’den UNECE R58-03’e geçildiğinde uygulanan kuvvetlerde P<sub>1</sub> ve P<sub>3</sub> kuvvetlerinde % 100, P<sub>2</sub> kuvvetinde ise % 60 oranlarında artış olmuştur.

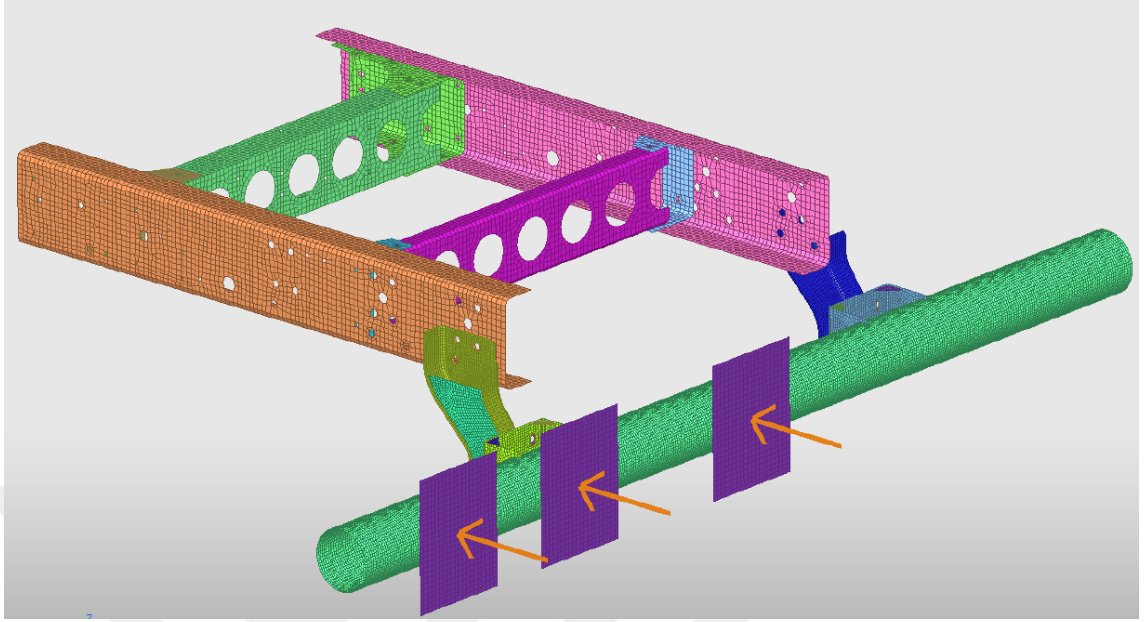
##### Uygulanan kuvvetler;

$$P_1 = 61321.5 \text{ N,}$$

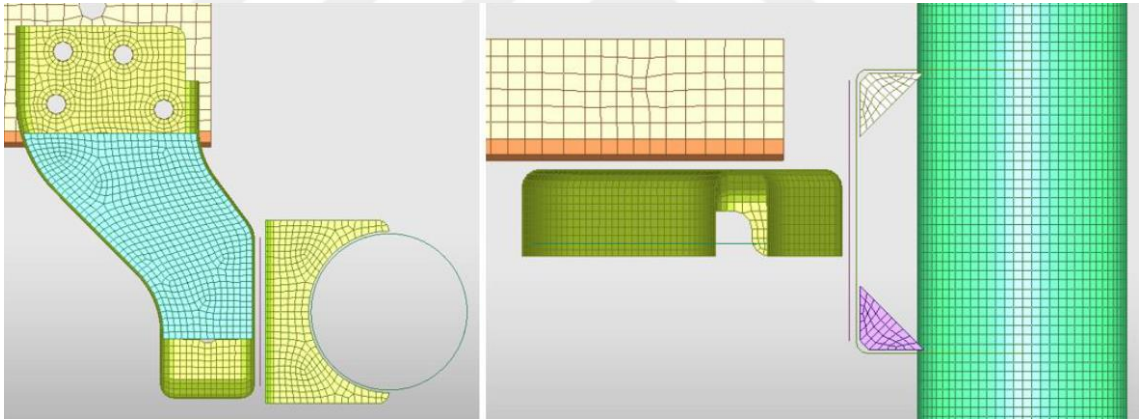
$$P_2 = 104231.25 \text{ N,}$$

$$P_3 = 61321.5 \text{ N' dur ve sırasıyla } P_3 - P_2 - P_1 \text{ noktalarına uygulanmıştır.}$$

#### 4.2.1. Tasarım A Boru Kesitli RUP Analizi (Metal)

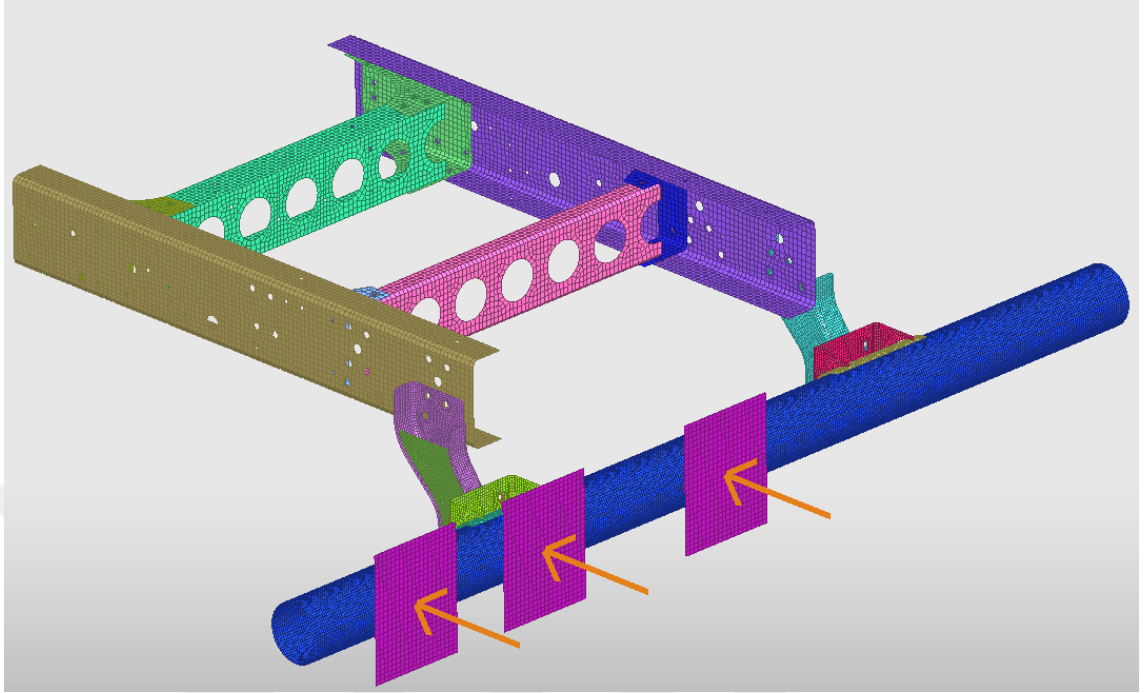


Şekil 4.1: Tasarım A RUP FEA modeli.

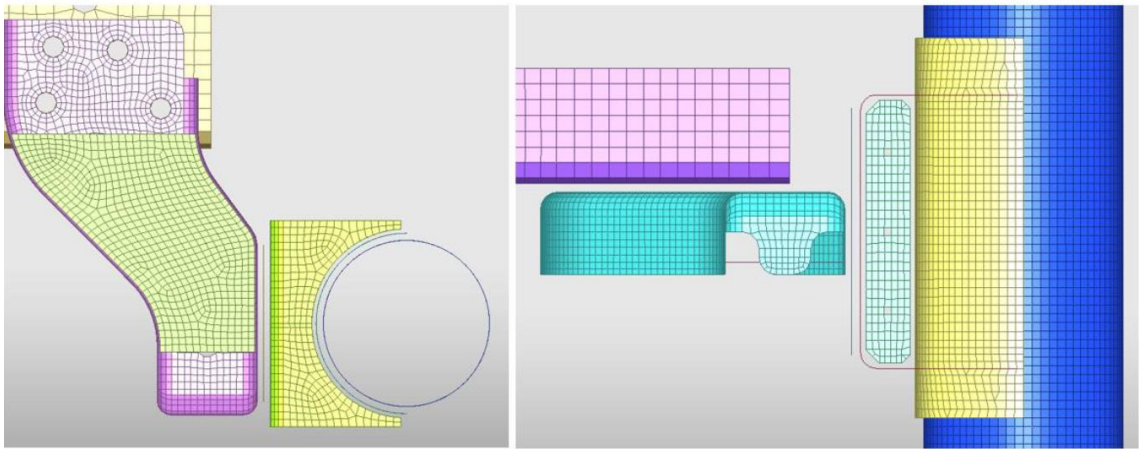


Şekil 4.2: Tasarım A RUP yan ve üst görünüş FEA modeli.

#### 4.2.2. Tasarım B Boru Kesitli Tampon Analizi (Metal)



Şekil 4.3: Tasarım B RUP FEA modeli.



Şekil 4.4: Tasarım B RUP yan ve üst görünüş FEA modeli.

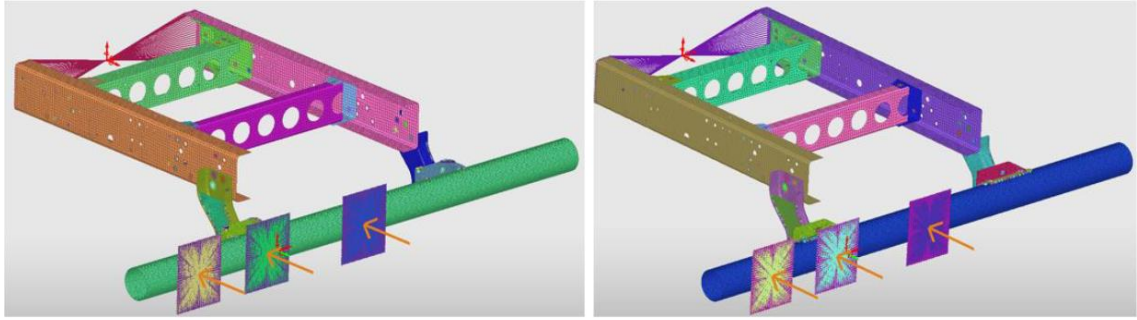
#### 4.2.3. Tasarım A ve B Malzeme Özellikleri

Kullanılan malzemeler; Şasi, kros ve tampon arkasındaki ara bağlantı braketleri “ERD4936” kodlu çelik malzeme. Şasi bağlantı braketleri “ERD4942” kodlu çelik malzeme. Tampon ise, “ERD3252” kodlu çelik malzemeden yapılmıştır.

Tablo 4.2: R58-03 12.5T. RUP malzeme özellikleri (Tasarım A ve B).

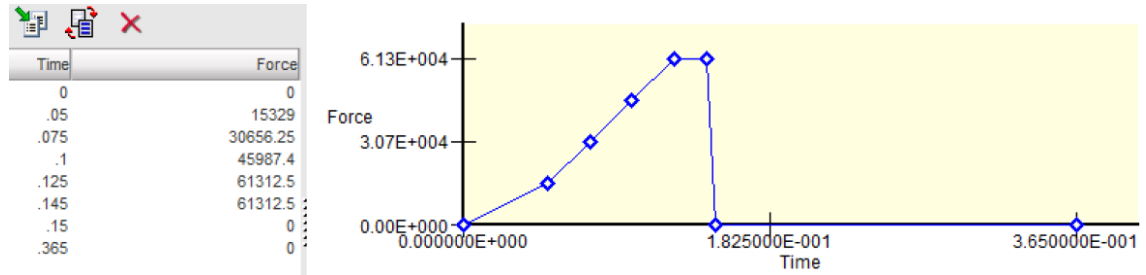
Malzeme	Akma Dayanımı	Çekme Dayanımı	Poisson Oranı	Elastiklik Modülü
ERD4942	420 MPa.	480-620 MPa.	0,3	210 GPa.
ERD4936	355 MPa.	430-550 MPa.	0,3	210 GPa.
ERD3252	355 MPa.	470-630 MPa.	0,3	210 GPa.

#### 4.2.4. Tasarım A ve B Dinamik Analiz Sonuçları



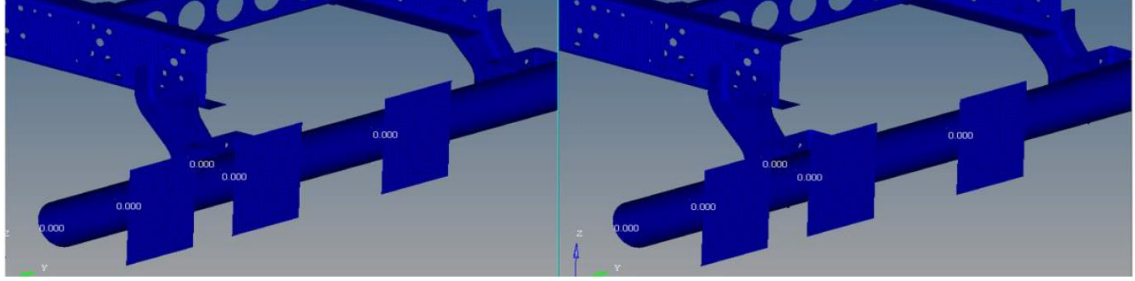
Şekil 4.5: Tasarım A ve B RUP FEA modeli.

7.5T./8.5T./9.8T./12.5T. araçlarında kullanılan ortak tampona en ağır tonajlı araç olan 12.5T. yükleri uygulanmıştır. Sırasıyla P3, P2 ve P1 noktalarına kuvvetler sıra halinde zamana göre uygulanmıştır.

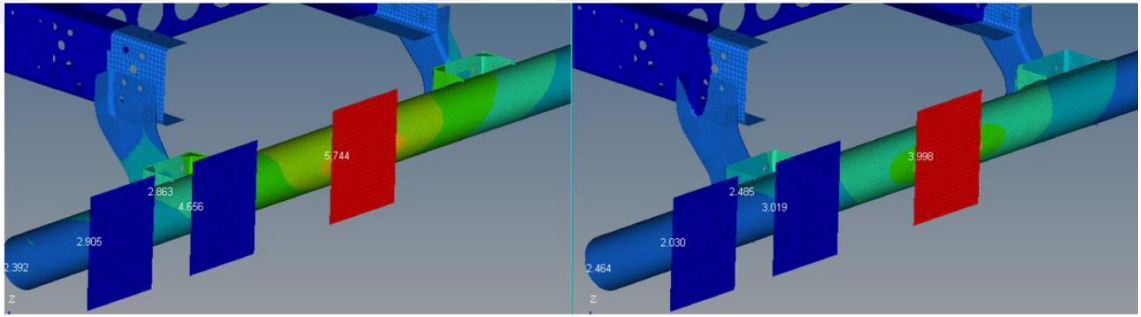


Şekil 4.6: Tasarım A ve B RUP'a uygulanan P<sub>3</sub> kuvvet eğrisi.

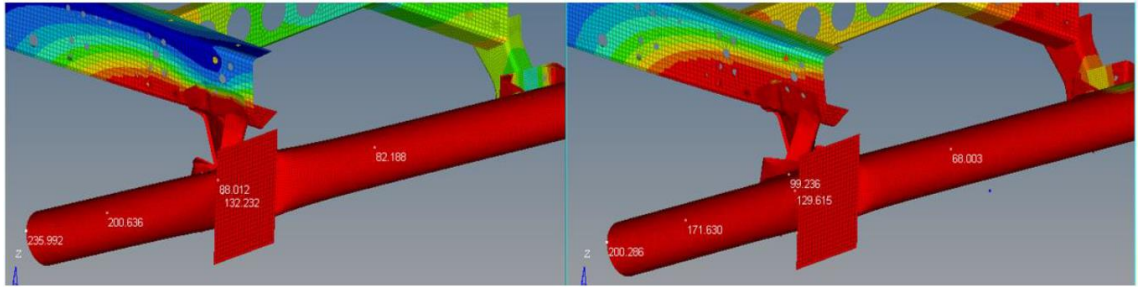
HyperWorks ile yapılan dinamik analizler neticesinde, 2 farklı kamyon arka donanımlarının ECE R58-03 yüklerini karşılayamadığı, şasi bağlantı braketlerinde kalıcı hasar görülmüştür.



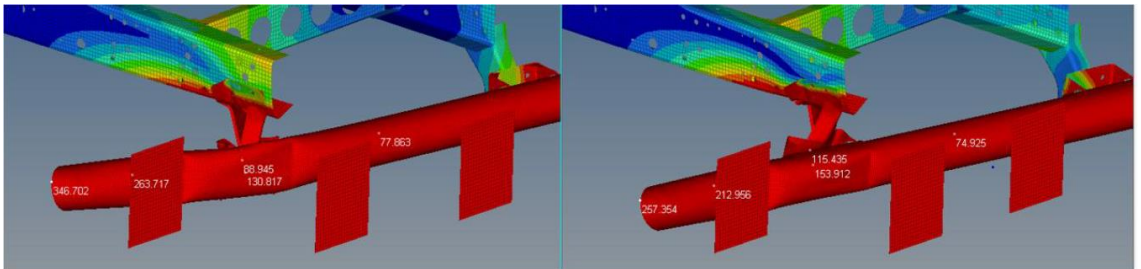
Şekil 4.7: Tasarım A ve B RUP Sehim Sonuçları (t=0ms)



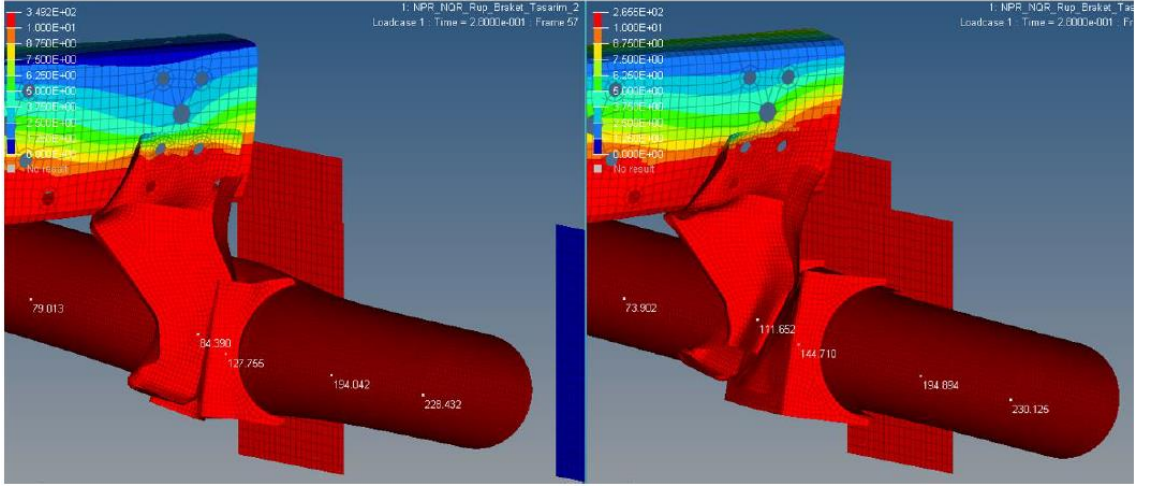
Şekil 4.8: Tasarım A ve B RUP Sehim Sonuçları (t=145ms)



Şekil 4.9: Tasarım A ve B RUP Sehim Sonuçları (t=275ms)

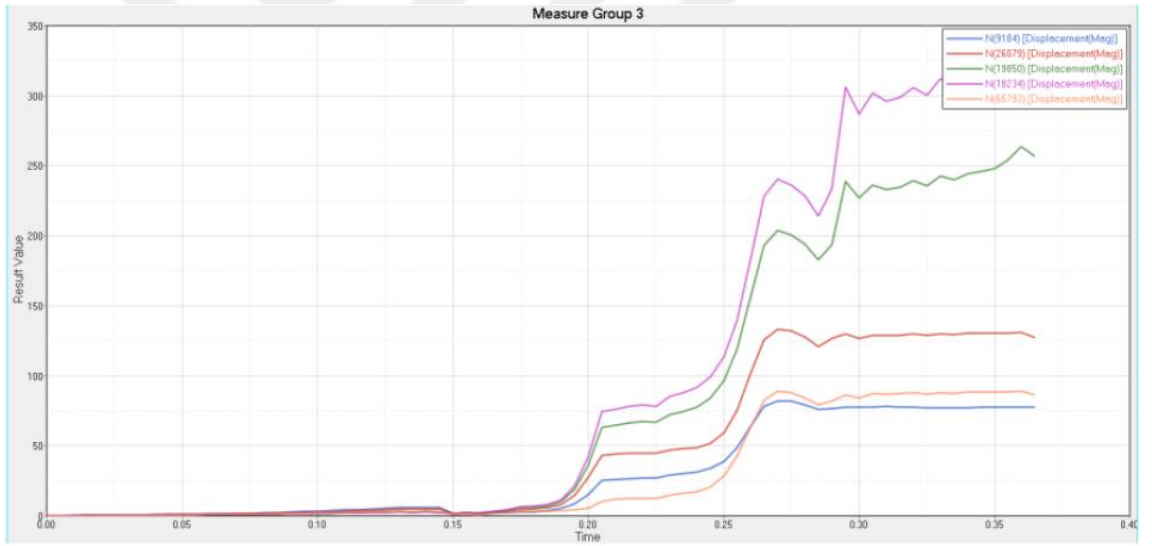


Şekil 4.10: Tasarım A ve B RUP Sehim Sonuçları (t=360ms)



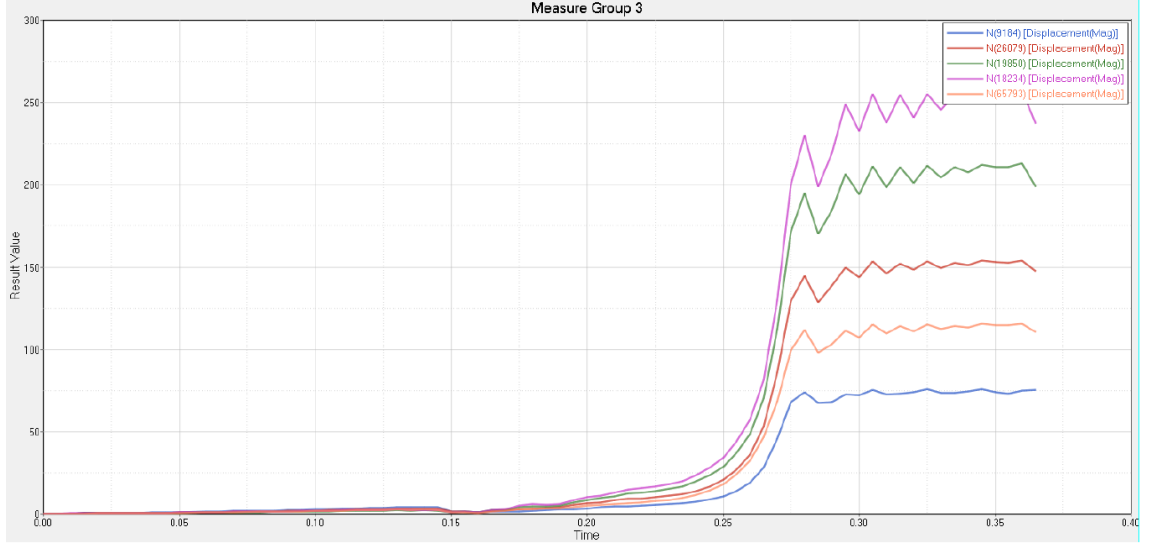
Şekil 4.11: Tasarım A ve B RUP ve Braket Sehim Sonuçları (t=280ms)

R58-03 kapsamında gerçekleştirilen dinamik analiz neticesinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 4.12: Tasarım A RUP zaman-şekil değişim grafiği.



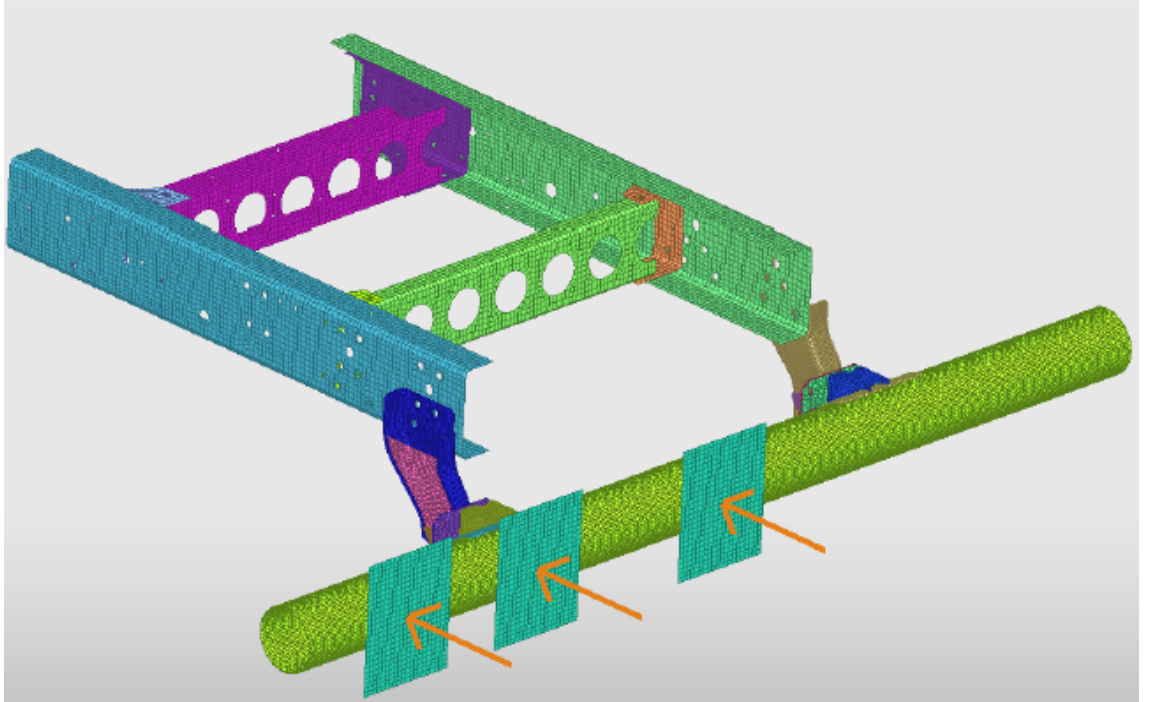


Şekil 4.13: Tasarım B RUP zaman-şekil değişim grafiği.

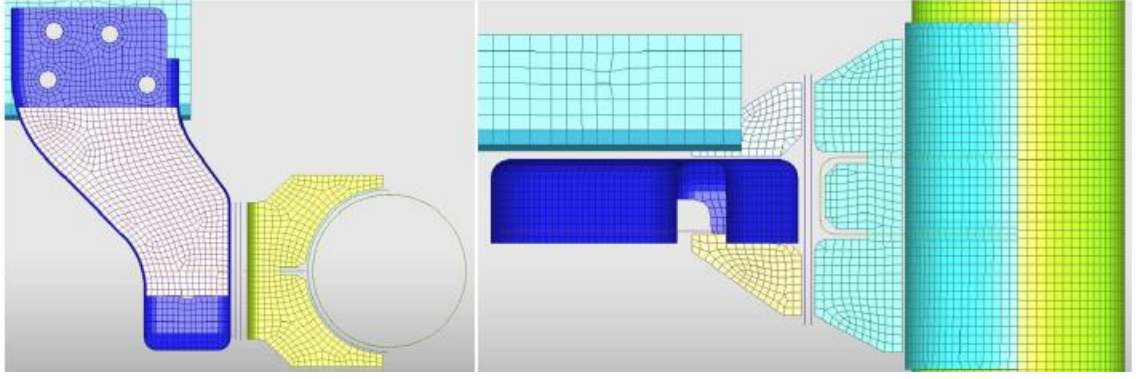
### 4.3. Tasarım C Boru Kesitli RUP Analizi

Tasarım C malzeme kalınlıkları ve montaj braketi güçlendirilmiş yapıda tekrar dizayn edilmiştir.

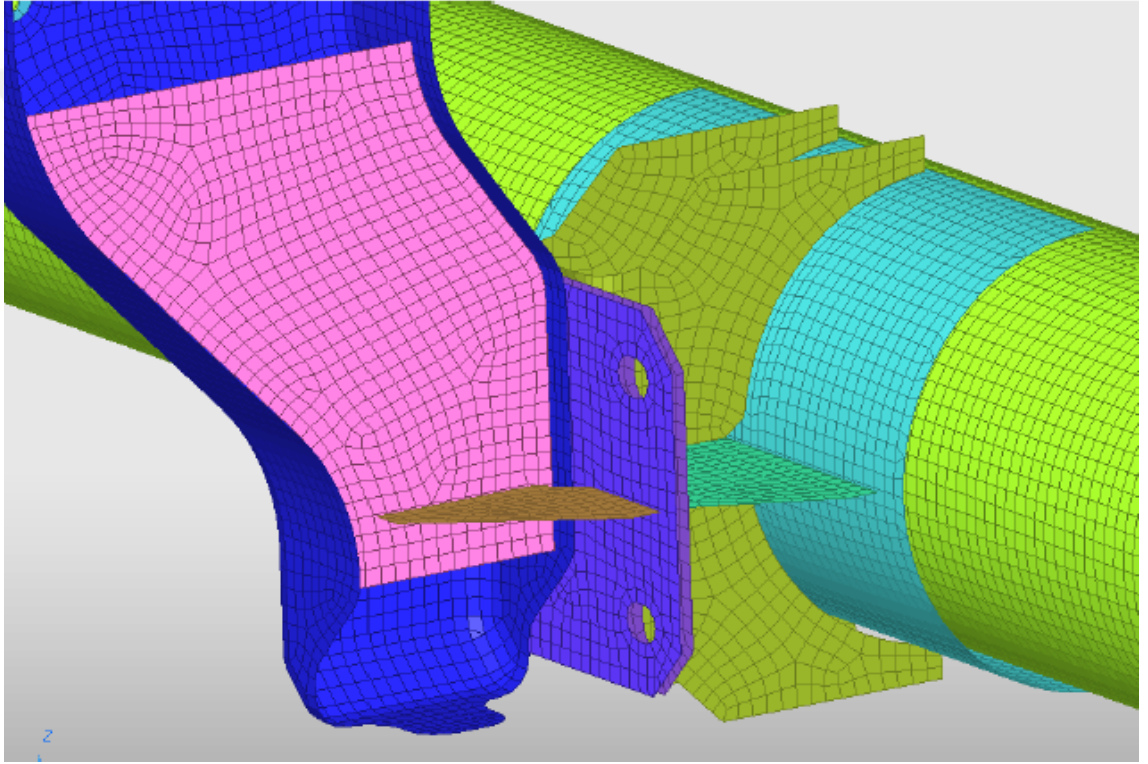
#### 4.3.1. Tasarım C Boru Kesitli RUP Analizi (Metal)



Şekil 4.14: Tasarım C RUP FEA modeli.



Şekil 4.15: Tasarım C RUP yan ve üst görünüş FEA modeli.



Şekil 4.16: Tasarım C RUP detay görünüş FEA modeli.

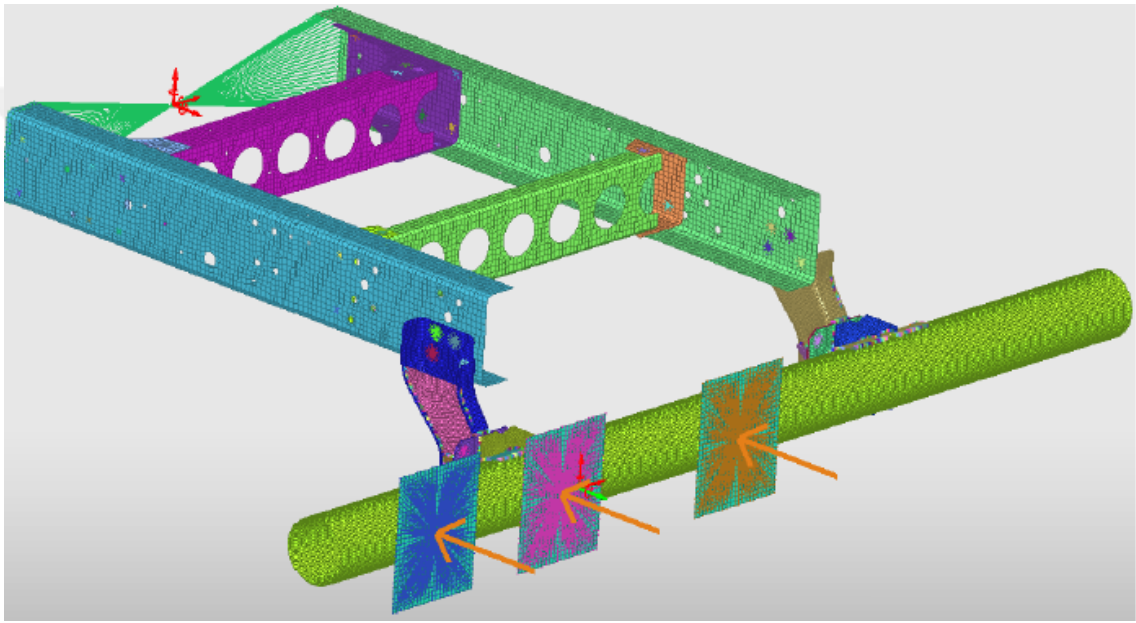
#### 4.3.2. Tasarım C Malzeme Özellikleri

Kullanılan malzemeler; Şasi, kros ve tampon arkasındaki ara bağlantı braketleri “ERD4936” kodlu çelik malzeme. Şasi bağlantı braketleri “ERD4942” kodlu çelik malzeme. Tampon ise, “ERD3252” kodlu çelik malzemedendir.

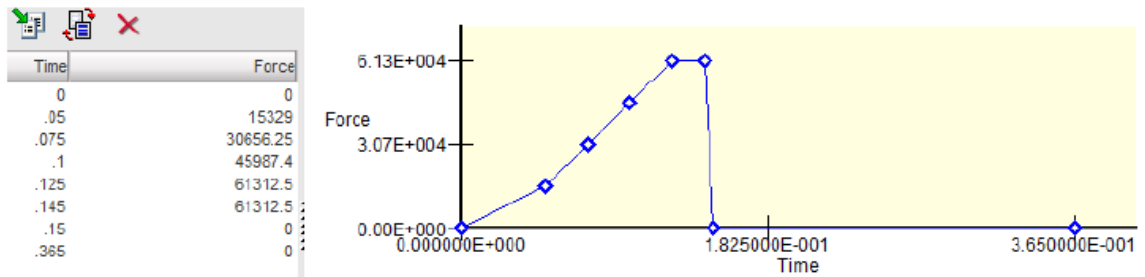
Tablo 4.3: R58-03 12.5T. RUP malzeme özellikleri (Tasarım C).

Malzeme	Akma Dayanımı	Çekme Dayanımı	Poisson Oranı	Elastiklik Modülü
ERD4942	420 MPa.	480-620 MPa.	0,3	210 GPa.
ERD4936	355 MPa.	430-550 MPa.	0,3	210 GPa.
ERD3252	355 MPa.	470-630 MPa.	0,3	210 GPa.

### 4.3.3. Tasarım C Dinamik Analiz Sonuçları

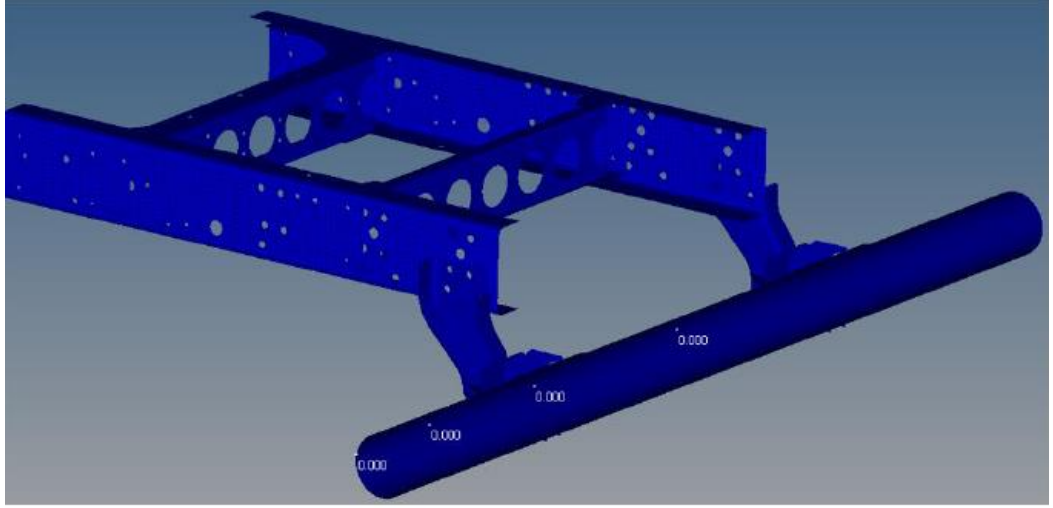


Şekil 4.17: Tasarım C RUP FEA modeli

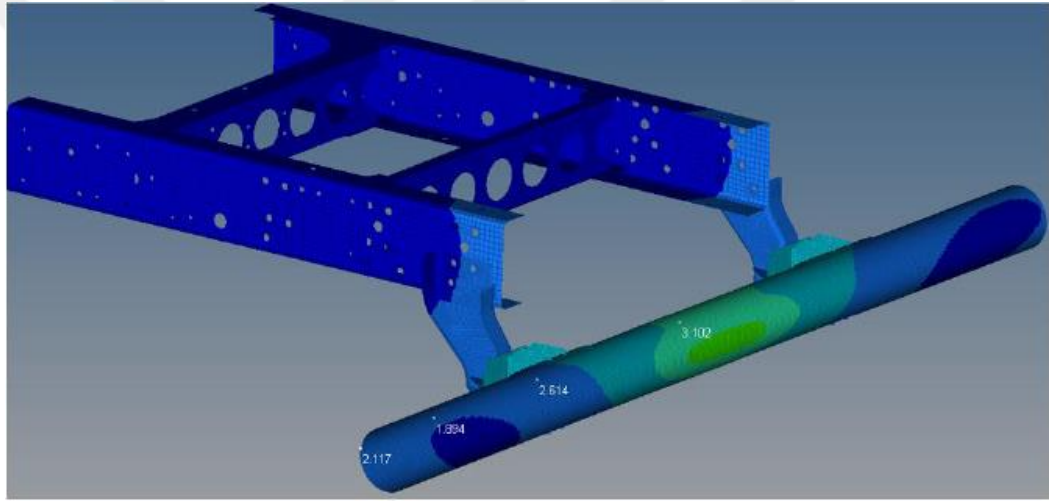


Şekil 4.18: Tasarım C RUP'a uygulanan P<sub>3</sub> kuvvet eğrisi.

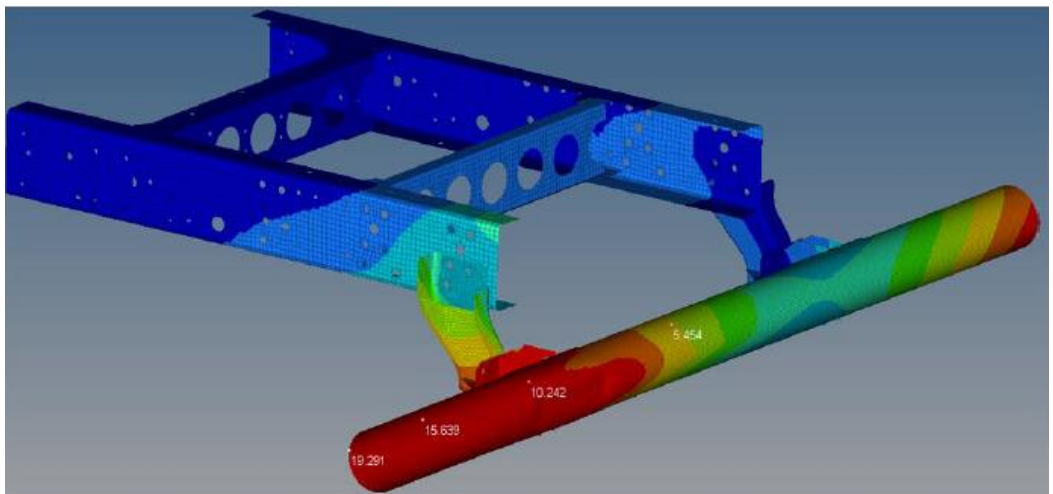
HyperWorks ile yapılan dinamik analizler neticesinde, yeni tasarlanan kamyon arka donanımının ECE R58-03 yüklerini karşıladığı, yeni regülasyon şartlarını karşıladığı görülmüştür.



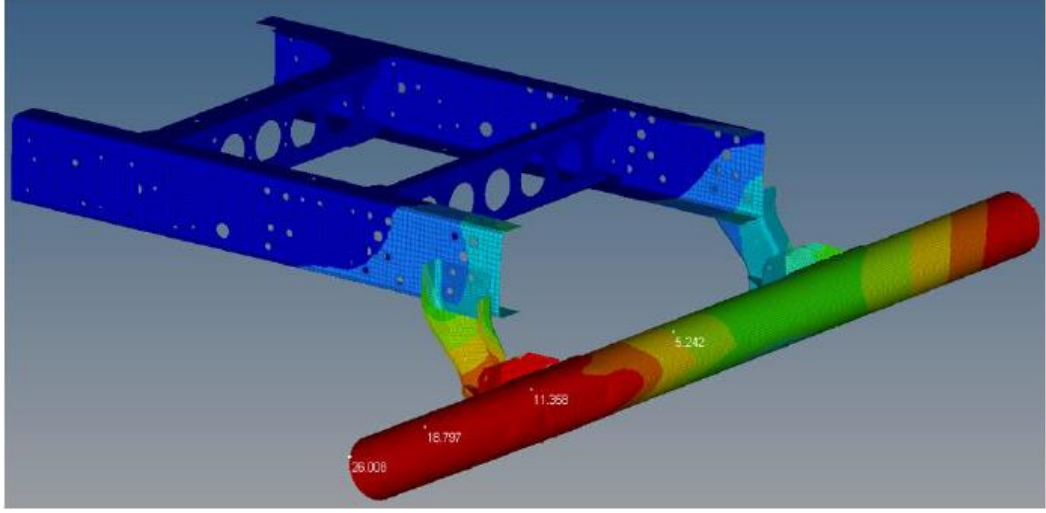
Şekil 4.19: Tasarım C RUP Sehim Sonuçları ( $t=0\text{ms}$ )



Şekil 4.20: Tasarım C RUP Sehim Sonuçları ( $t=145\text{ms}$ )



Şekil 4.21: Tasarım C RUP Sehim Sonuçları ( $t=275\text{ms}$ )



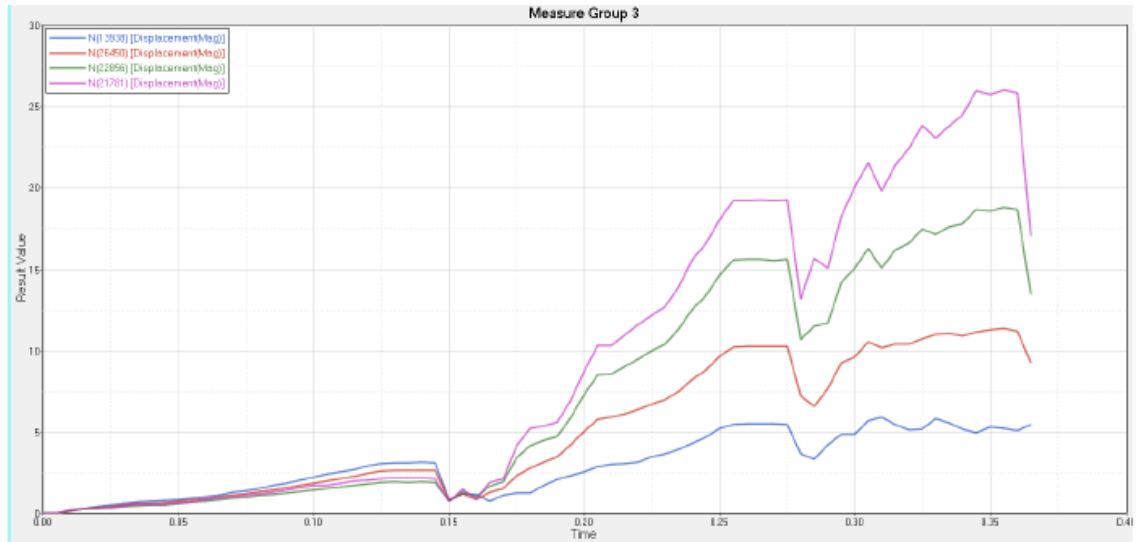
Şekil 4.22: Tasarım C RUP Sehim Sonuçları (t=360ms)

R58-03 kapsamında gerçekleştirilen dinamik analiz neticesinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

P1: 3,1 mm sehim

P2: 19,29 mm sehim

P3: 26 mm sehim



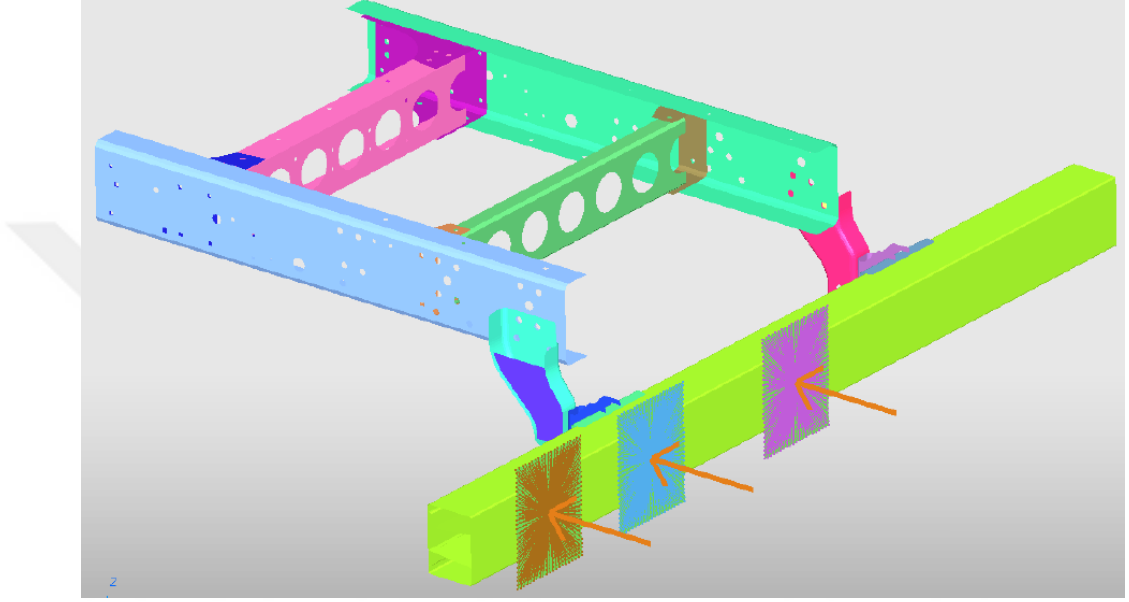
Şekil 4.23: Tasarım C RUP zaman-şekil değişim grafiği

#### 4.4. Tasarım D Özel Kesitli Dikdörtgen RUP Analizi

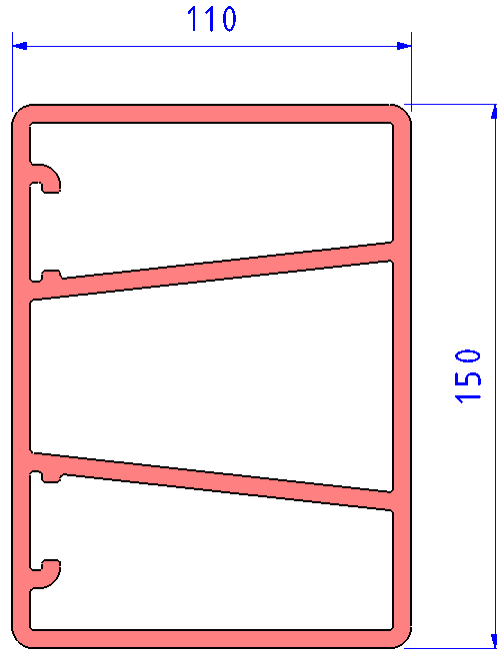
Daha mukavemetli bir yapı ve daha hafif bir alaşım üzerinde durulmuştur.

##### 4.4.1. Tasarım D Özel Kesitli Dikdörtgen RUP Analizi (Alüminyum)

Kutu profil tasarımı ve ağırlık azaltmak için malzemesi alüminyum seçilmiştir.



Şekil 4.24: Tasarım D RUP FEA modeli.



Şekil 4.25: Tasarım D RUP kesit görünüşü

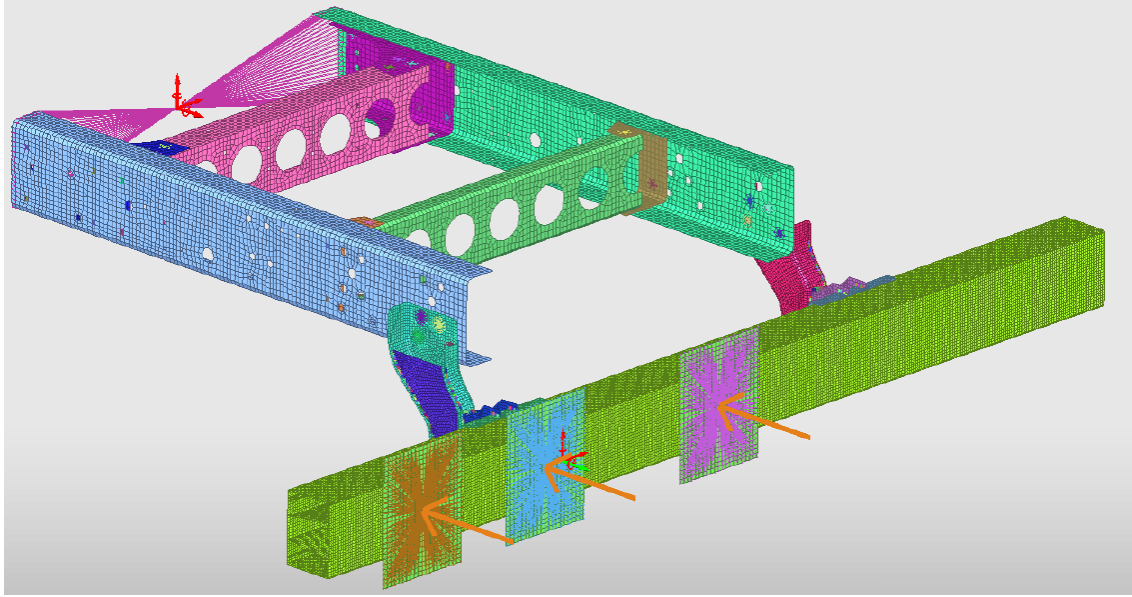
#### 4.4.2. Tasarım D Malzeme Özellikleri

Kullanılan malzemeler; Şasi, kros ve tampon arkasındaki ara bağlantı braketleri “ERD4936” kodlu çelik malzeme. Şasi bağlantı braketleri “ERD4942” kodlu çelik malzeme. Tampon ise, 6063 T832 kodlu alüminyum malzemeden yapılmıştır.

Tablo 4.4: R58-03 12.5T. RUP malzeme özellikleri (Tasarım D)

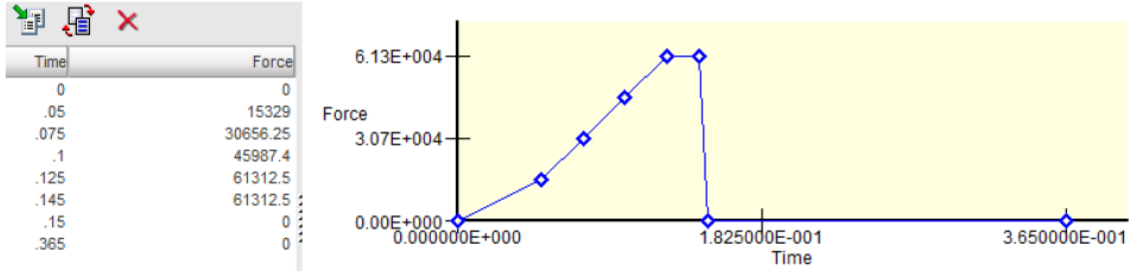
Malzeme	Akma Dayanımı	Çekme Dayanımı	Poisson Oranı	Elastiklik Modülü
ERD4942	420 MPa.	480-620 MPa.	0,3	210 GPa.
ERD4936	355 MPa.	430-550 MPa.	0,3	210 GPa.
6063 T832	269 MPa.	290 MPa.	0,33	69 GPa.

#### 4.4.3. Tasarım D Dinamik Analiz Sonuçları

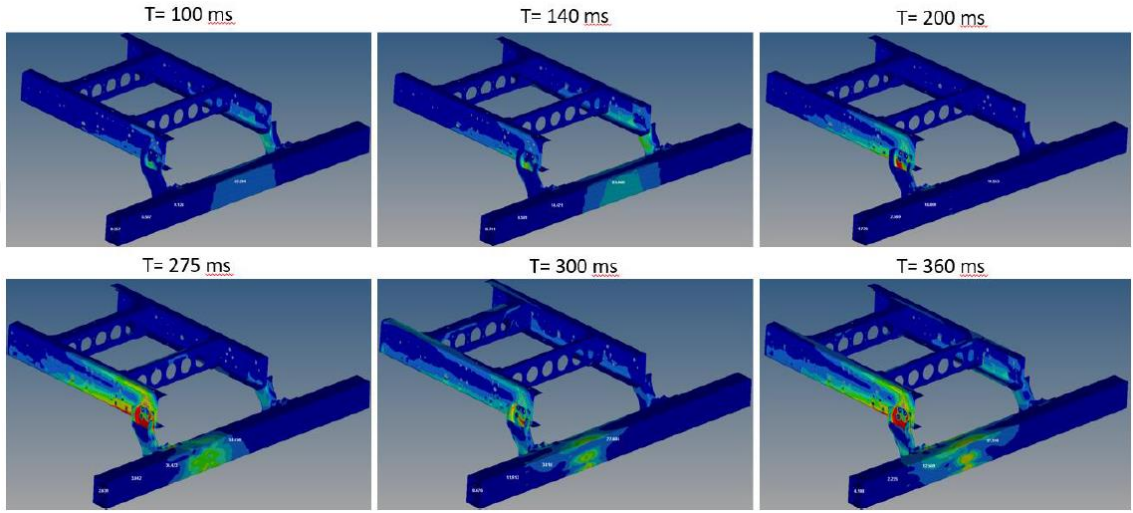


Şekil 4.26: Tasarım D RUP FEA modeli - 2.

7.5T./8.5T./9.8T./12.5T. araçlarında kullanılan ortak tampona en ağır tonajlı araç olan 12.5T. yükleri uygulanmıştır. Sırasıyla P<sub>3</sub>, P<sub>2</sub> ve P<sub>1</sub> noktalarına kuvvetler sıra halinde zamana göre uygulanmıştır.



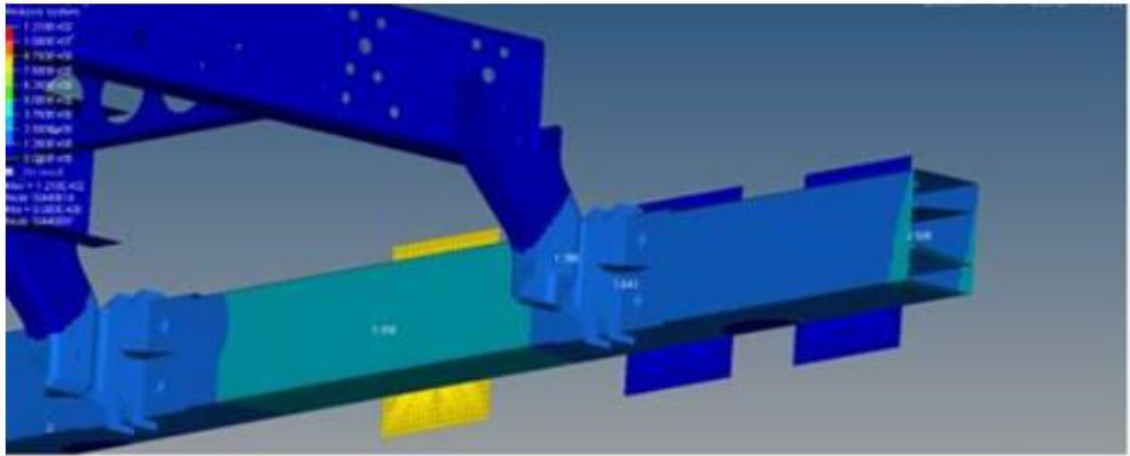
Şekil 4.27: Tasarım D RUP'a uygulanan  $P_3$  kuvvet eğrisi.



Şekil 4.28: Tasarım D RUP Gerilme Sonuçları (5mm).

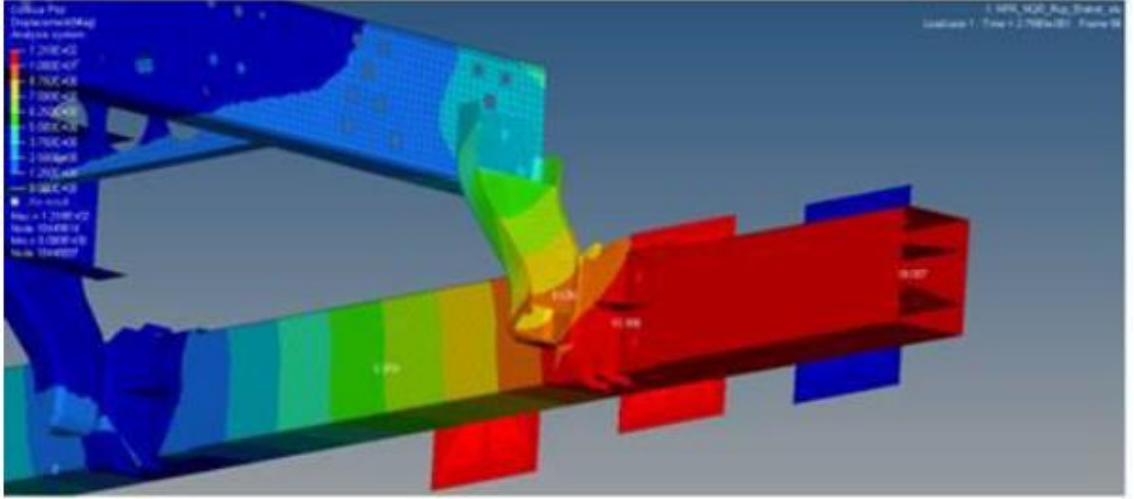
UNECE R58-03 kapsamında gerçekleştirilen dinamik analiz neticesinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

En yüksek sehim miktarları aşağıdaki gibidir.

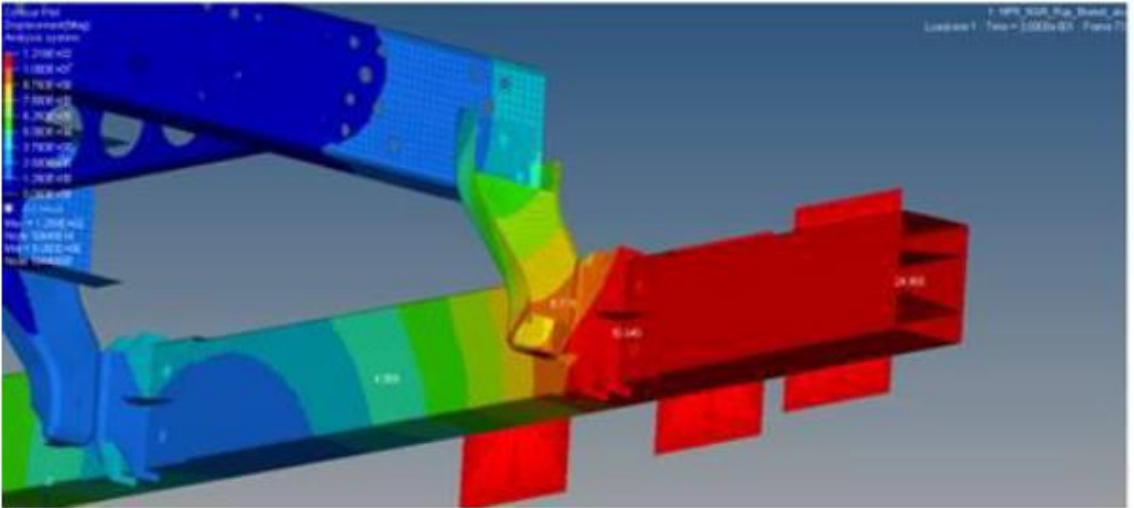


Şekil 4.29: Tasarım D RUP'a uygulanan  $P_3$  kuvveti sehim değeri  $\sim 3,4$ mm.



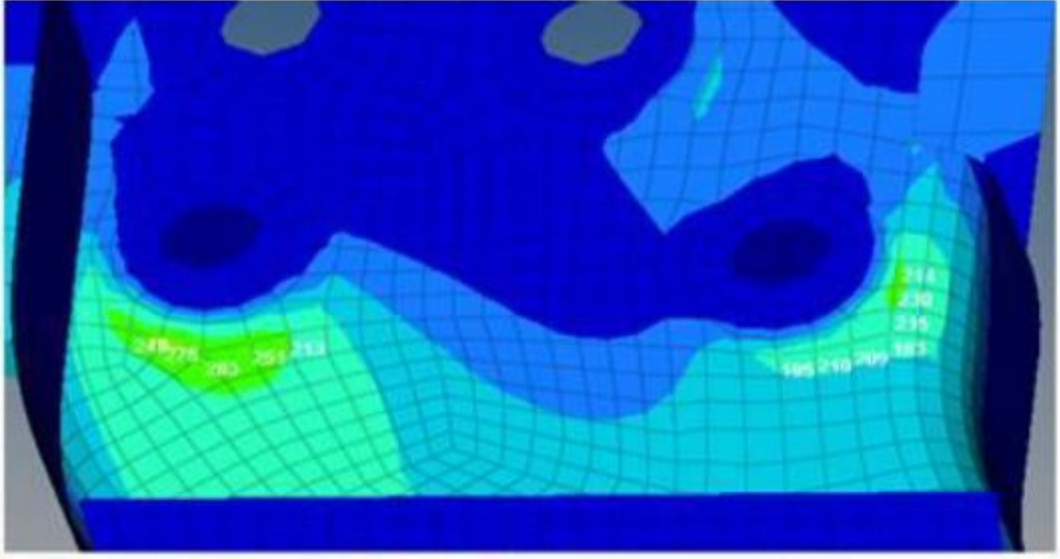


Şekil 4.30: Tasarım D RUP'a uygulanan  $P_2$  kuvveti sehım değeri ~10,4mm.

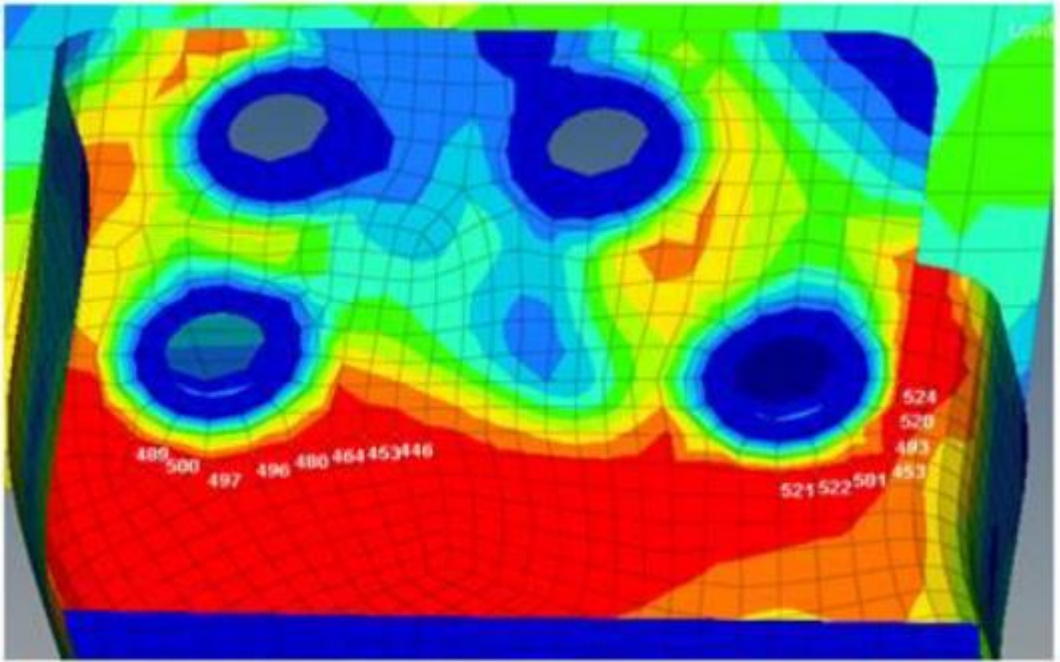


Şekil 4.31: Tasarım D RUP'a uygulanan  $P_1$  kuvveti sehım değeri ~25mm.

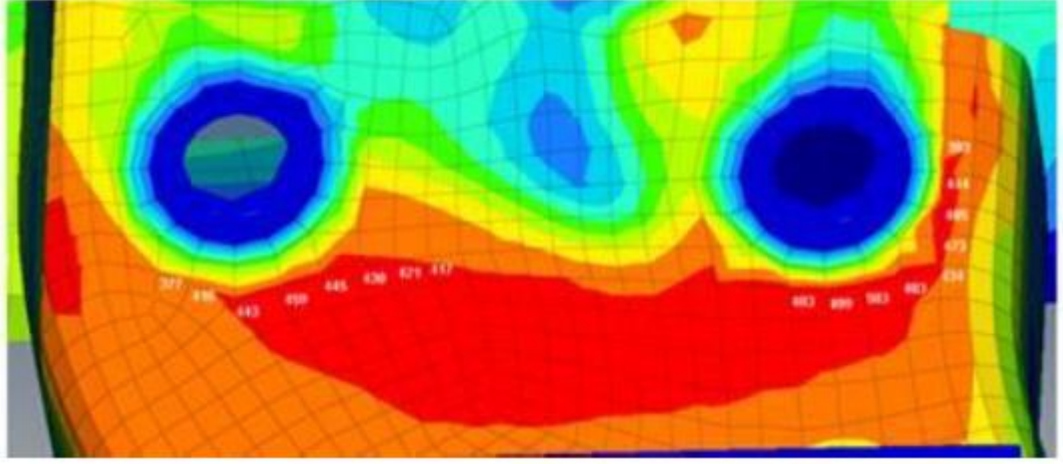
N3 sınıfı 12.5T. aracının tampon montaj braketinde uygulanan kuvvetler;  $P_1= 61321.5 \text{ N}$ ,  $P_2= 104231.25 \text{ N}$ ,  $P_3= 61321.5 \text{ N}$ ' dur ve sırasıyla  $P_3 - P_2 - P_1$  noktalarına uygulanmıştır. Tampon montaj braketleri üzerinde oluşan en yüksek gerilme değerleri aşağıdaki gibidir. Tampon montaj braketleri akma değeri 420MPa üzerinde görüldüğünden dolayı ERD4942 yerine ERD4955 malzeme kullanılması gerekmektedir.



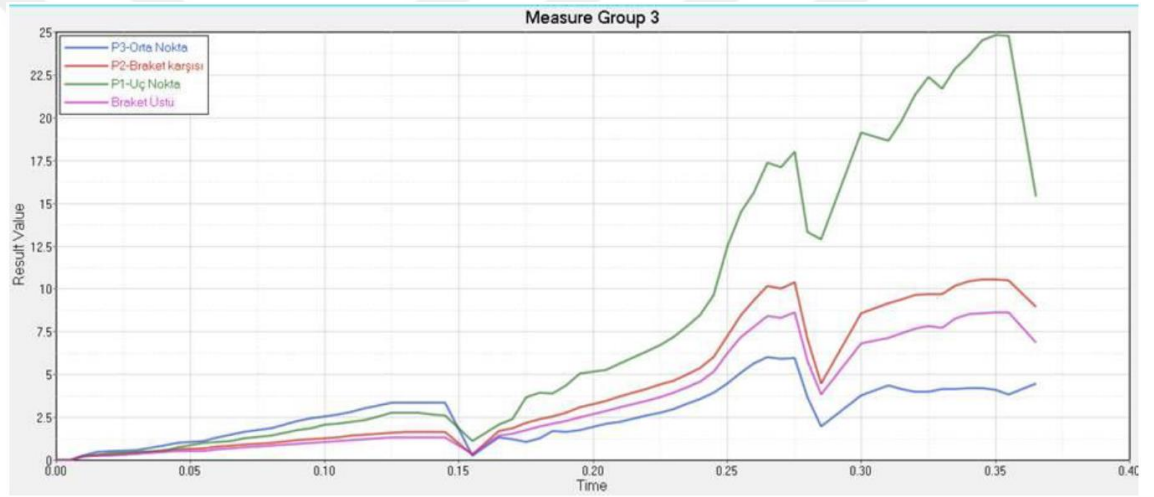
Şekil 4.32: Tasarım D RUP braketinde  $P_3$  kuvveti gerilme değeri  $\sim 275$ MPa.



Şekil 4.33: Tasarım D RUP braketinde  $P_2$  kuvveti gerilme değeri  $\sim 522$ MPa.



Şekil 4.34: Tasarım D RUP braketinde P<sub>1</sub> kuvveti gerilme değeri ~503MPa.

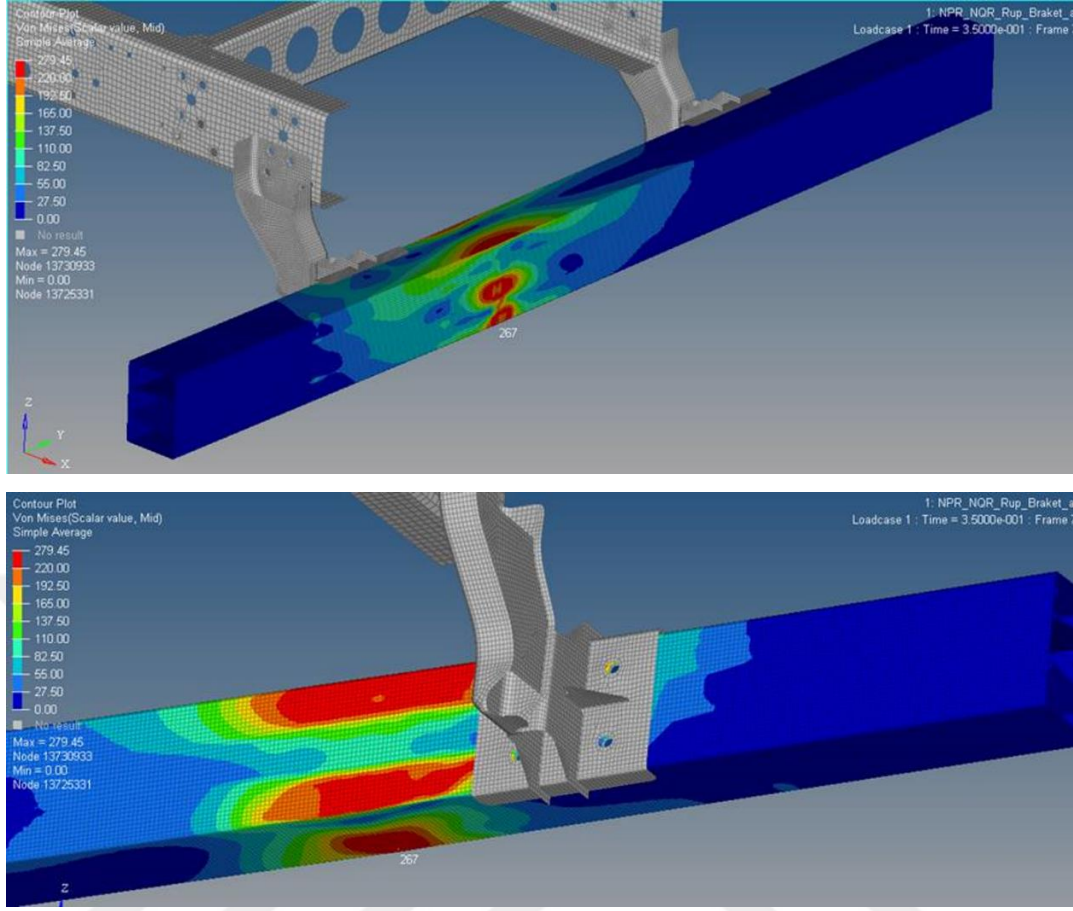


Şekil 4.35: Tasarım D RUP zaman-şekil değişim grafiği.

Alüminyum tamponda ise en yüksek gerilme değeri 267 MPa olduğu görülmüştür. Tampon malzemesi Alüminyum T6 ‘nın akma dayanımını 269 MPa olduğundan dolayı akma sınırında olduğu görülmüştür.

Bu değerler aşağıda belirtilen değerlere göre yorumlanmıştır.

Gerilme sonuçlarına bakıldığında, şasi bağlantı braketü üzerinde en yüksek gerilmeler görülmüştür. P<sub>2</sub> kuvveti ile braket üzerinde 522 MPa gerilme değeri görülmüştür. Braket malzemesi ERD4942 ( S420MC) ‘nin akma dayanımını geçtiği fakat kopma değerinin altında kaldığı görülmüştür.



Şekil 4.36: Tasarım D RUP üzerindeki gerilme değeri max.267MPa.

### Sonuç olarak,

Gerilme değerleri olarak şasi braketinde kullanılan malzemenin akma dayanımını geçtiği, arka tamponda ise akma değeri sınırında olduğu görülmüştür.

Güçlendirme yapılarak, şasi ve tampon üzerinde çıkan gerilme değeri düşürülebilir. ( UNECE R58-03 Regülasyonunda şartları için gereklilik değildir ).

Tampon üzerinde en fazla 25 mm sehim olduğu görülmüştür. Sehim olarak UNECE R58-03 regülasyonunda belirtilen deformasyon aralığında olduğu görülmüştür.

**Not:** Malzemelerin akma dayanımları katalog değerlerine göre alınmıştır. Gerçekte farklılık gösterebilir.

Analizler sonlu elemanlar yöntemi kabulleriyle yapıldığından dolayı, sonuçların testlerle doğrulanması gerekmektedir.

## BÖLÜM 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sonlu elemanlar dinamik analizlerinden çıkan sonuçlar neticesinde, kamyonlarda kullanılan arka korumalıkların (RUPD) yeni regülasyon standartlarını Tasarım A ve B'nin karşılamadığı fakat Tasarım C ve D'nin karşıladığı, görülmüştür. Hem metal hem de alüminyum olarak tasarlanan tamponlarda tasarım değişiklikleri ile regülasyonlara uygun tampon imal edilmesi mümkündür. Alüminyum olarak tasarlanan arka tamponun diğer metal tamponlara göre ağırlık durumu aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 5.1: Tampon ağırlıkları ve sonuçlar.

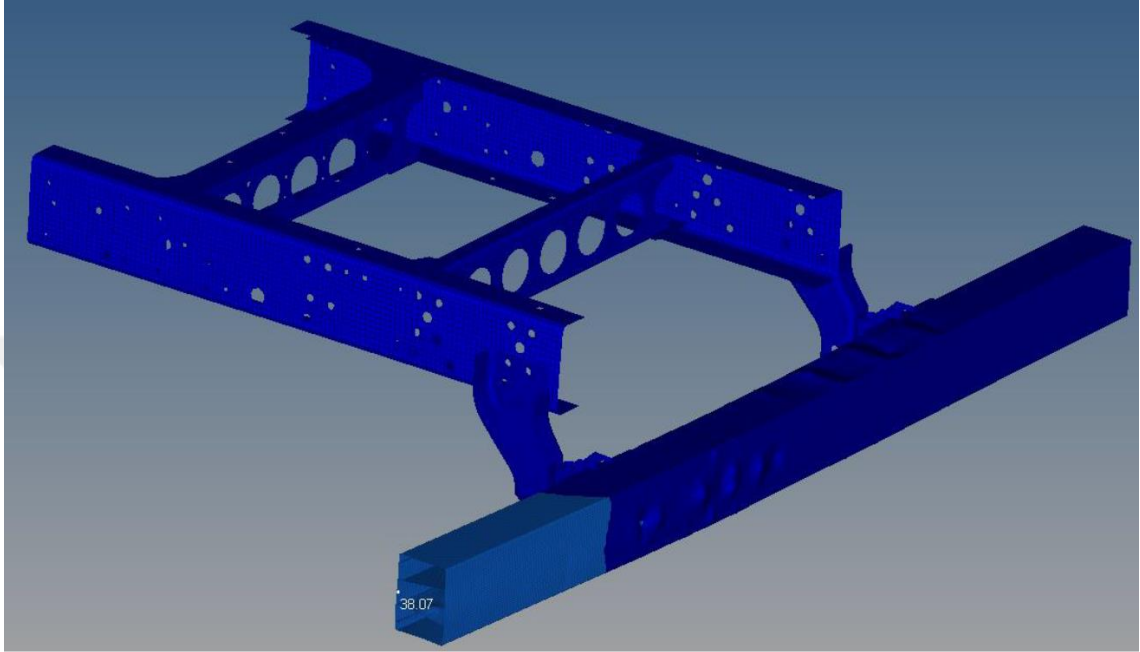
Tasarım	Regülasyon	Braketler (2x) Kg.	Tampon Kg.	Toplam Ağırlık Kg.	Uygunluk ECE R58-03
Mevcut N Serisi	ECE R58-02	5,584	21,360	26,944	Uygun Değil
Tasarım A	ECE R58-03	7,546	22,886	30,432	Uygun Değil
Tasarım B	ECE R58-03	12,964	22,886	35,830	Uygun Değil
Tasarım C	ECE R58-03	11,902	24,263	36,165	Uygun
Tampon D	ECE R58-03	13,180	19,416	32,596	Uygun

Tampon D (Alüminyum) akma değeri 269MPa olmasına rağmen 35,591cm<sup>2</sup> kesit yüzey alanına sahip ve ECE E58-03 regülasyon şartlarını sağlamaktadır. Tampon C (Metal) akma değeri 355MPa ve 15,457cm<sup>2</sup> kesit yüzey alanına sahip ve ECE E58-03 regülasyon şartlarını sağlamaktadır.

Sonuç olarak ağırlık faktörü göz önünde bulundurulduğunda Tampon D (Alüminyum) daha düşük akma değerine sahip olmasına rağmen ECE R58-03 regülasyonunu sağlayan Tampon C'ye (Metal'e) göre 4,847 Kg. (%20) daha hafiftir.

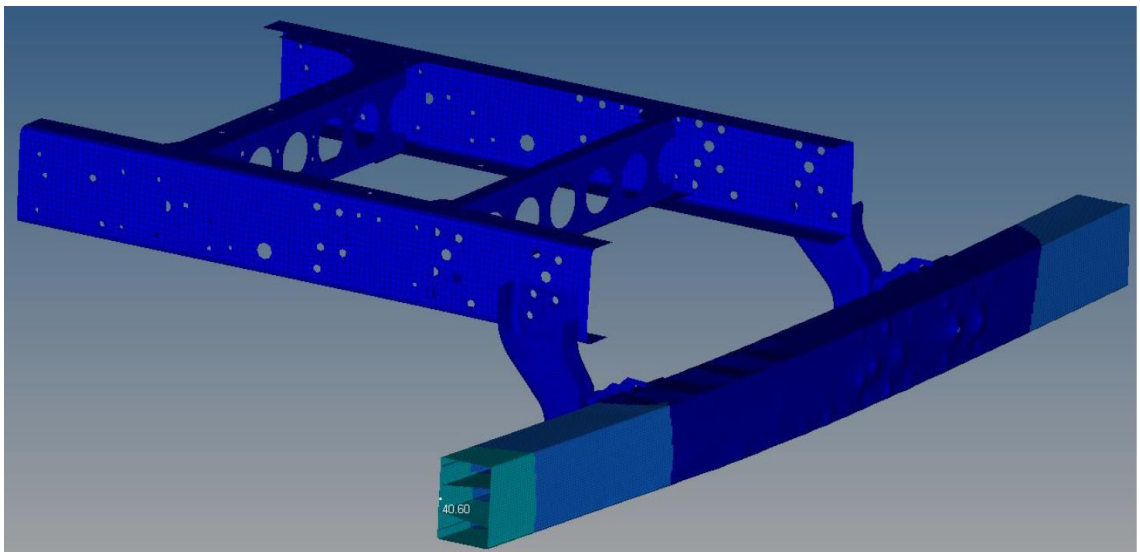
Öneri olarak Tampon D (Alüminyum) için daha yüksek mukavemetli 7000 serisi alüminyum kullanılması ile tampon kalınlığı azaltılabilir ve ağırlık avantajı artırılabilir.

Tampon D analizi üzerinde yüksek mukavemetli Alüminyum 7075-T6 veya 7075-7651 malzeme tanımlayarak malzemenin akma değerini 269MPa'dan 503MPa'a yükseltip kalınlığı 5mm'den 4mm'ye düşürdüğümüzde ECE R58-03 değerleri içerisinde kaldığı ve maksimum 38,07mm sehimi yaptığı görülmüştür.



Şekil 5.1: Tasarım D RUP Gerilme Sonuçları (4mm).

Aynı analiz üzerinde kalınlığı 4mm'den 3,5mm'ye düşürdüğümüzde de ECE R58-03 değerleri içerisinde kaldığı ve maksimum 40,60mm sehimi yaptığı görülmüştür.

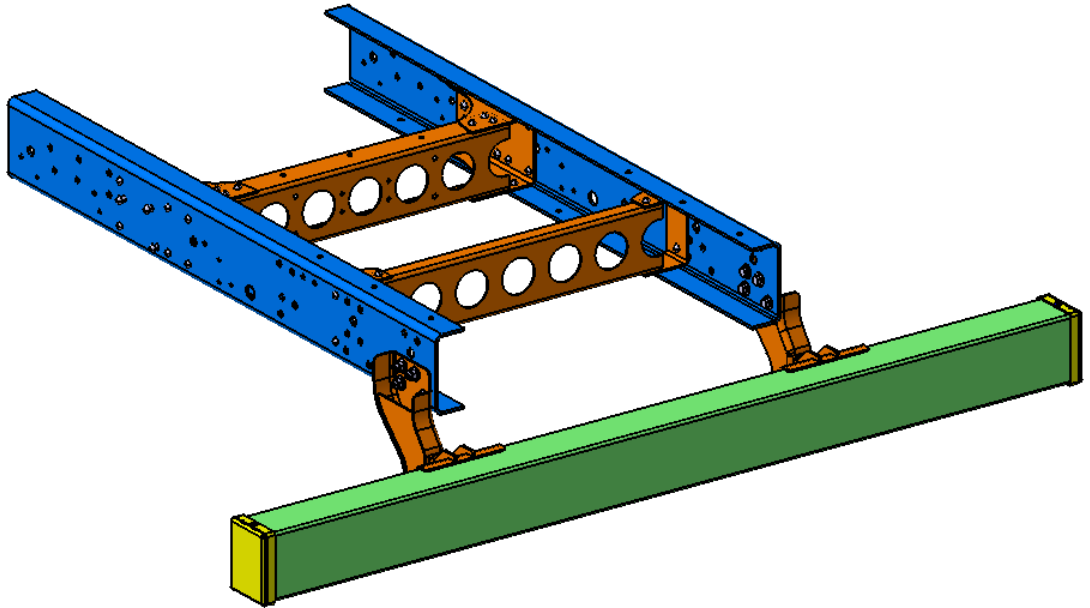


Şekil 5.2: Tasarım D RUP Gerilme Sonuçları (3.5mm).

Tablo 5.2: Tampon ağırlıkları ve sonuçlar – 2

Tasarım	Regülasyon	Braketler (2x) Kg.	Tampon Kg.	Toplam Ağırlık Kg.	Uygunluk ECE R58-03
Mevcut N Serisi	ECE R58-02	5,584	21,360	26,944	Uygun Değil
Tasarım A	ECE R58-03	7,546	22,886	30,432	Uygun Değil
Tasarım B	ECE R58-03	12,964	22,886	35,830	Uygun Değil
Tasarım C	ECE R58-03	11,902	24,263	36,165	Uygun
Tampon D (5mm)	ECE R58-03	13,180	19,416	32,596	Uygun
Tampon D (4mm)	ECE R58-03	13,180	15,950	29,130	Uygun
Tampon D (3,5mm)	ECE R58-03	13,180	13,960	27,140	Uygun

Sonuç olarak ağırlık faktörü göz önünde bulundurulduğunda Tampon D (Alüminyum) malzemede yüksek mukavemetli bir malzeme seçilmesi ve kalınlığının düşürülmesi ile ECE R58-03 regülasyonunu sağlayan Tampon C'ye (Metal'e) göre 10,303 Kg. (%42) daha hafif tampon elde etmek mümkündür. Değişik varyasyonlarla bu değerler daha da arttırılabilir. Ayrıca araç kapasitesine göre dış boyutları korunarak farklı kalınlıklar üzerinde çalışılabilir. Ağırlık değerinin düşürülmesi için tampon genişliği 150mm'den regülasyonun izin verdiği 120mm ve 100mm ebatlarına çekilebilir.



Şekil 5.3: Tasarım D RUP Genel görünüm.

Tablo 5.3: Tampon Tercih Kriterleri

Tasarım	Regülasyon R58-03	Taşıma Kapasitesi	Tampon Ağırlığı	Yakıt Tüketimi	CO <sub>2</sub> Salınımı	Fiyat
Mevcut N Serisi	Uygun Değil	★★★★☆	★★★★☆	★★★★☆	★★★★☆	★★★★☆
Tasarım A	Uygun Değil	★★★★☆	★★★★☆	★★★★☆	★★★★☆	★★★★★
Tasarım B	Uygun Değil	★★★★☆	★★★★☆	★★★★☆	★★★★☆	★★★★★
Tasarım C	Uygun	★★★☆☆	★★★☆☆	★★★☆☆	★★★☆☆	★★★★★
Tampon D (5mm)	Uygun	★★★★☆	★★★★☆	★★★★☆	★★★★☆	★★★★☆
Tampon D (4mm)	Uygun	★★★★☆	★★★★☆	★★★★☆	★★★★☆	★★★★☆
Tampon D (3,5mm)	Uygun	★★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★☆

Yukarıda görüleceği üzere ECE R58-03 regülasyonuna uygun tamponlar arasında fiyat avantajı en iyi olan tampon standart profilden tasarlandığı için “Tasarım C” olarak görünmektedir. Ağırlığı göz önünde bulundurulduğunda ise “Tasarım C” yaşam döngüsü boyunca bir miktar daha az yük taşıma, bir miktar daha fazla yakıt tüketme ve bir miktar daha fazla CO<sub>2</sub> salınımı ile bütçeye ve çevreye daha fazla zarar verecektir. Fakat yüksek mukavemetli alüminyum tampon kullanımı en ideal tasarım kriterleri ile birleştirilebilirse “Tasarım D (3,5mm)” den daha da hafif tampon oluşturulabilir. Böylece birim maliyeti olarak tek sefere mahsus yüksek fiyatlı tampon yaşam döngüsü boyunca, bütçeye ve çevreye daha da duyarlı olacaktır.



## KAYNAKLAR

- Abid, H.M., Roslin, E.N. ve Abdul Jalal, R.I., (2019), “Performance of Rear Under-Ride Protection Device(RUPD) During Car to Heavy Truck Rear Impact”, *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)*, ISSN: 2249–8958, Volume-8, Issue-6, August 2019, University of Kuala Lumpur erişim tarihi: 27 Mart 2021, erişim adresi <https://www.ijeat.org/wp-content/uploads/papers/v8i6/F9504088619.pdf> ve [https://www.researchgate.net/profile/Rifqi-Irzuhan-Abdul-Jalal/publication/336058254\\_Performance\\_of\\_Rear\\_Under-Ride\\_Protection\\_Device\\_RUPD\\_During\\_Car\\_to\\_Heavy\\_Truck\\_Rear\\_Impact/links/5d8c7653a6fdcc25549a5b66/Performance-of-Rear-Under-Ride-Protection-Device-RUPD-During-Car-to-Heavy-Truck-Rear-Impact.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Rifqi-Irzuhan-Abdul-Jalal/publication/336058254_Performance_of_Rear_Under-Ride_Protection_Device_RUPD_During_Car_to_Heavy_Truck_Rear_Impact/links/5d8c7653a6fdcc25549a5b66/Performance-of-Rear-Under-Ride-Protection-Device-RUPD-During-Car-to-Heavy-Truck-Rear-Impact.pdf)
- Beşer, T.A. (2013), ‘Aluminyum Alasımları ve Otomotiv Endustrisinde Kullanımı’, *Mühendis ve Makina*, Sayı 635, Cilt 53, (Sayfa.51-58), erişim tarihi: 25 Mart 2021, erişim adresi [http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya\\_ekler/14e1c16c4e4b2f3\\_ek.pdf](http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/14e1c16c4e4b2f3_ek.pdf)
- Çağlayan, R. (2020), “Taşıtlarda Ağırlık Azaltımında Hafif Malzeme Olarak Alüminyum Kullanımı Ve Optimizasyon” erişim tarihi: 25 Mart 2021, erişim adresi [https://acikerisim.uludag.edu.tr/bitstream/11452/15278/1/Recep\\_ÇAĞLAYAN.pdf](https://acikerisim.uludag.edu.tr/bitstream/11452/15278/1/Recep_ÇAĞLAYAN.pdf)
- Doruk, E., Beşer, T.A. ve Durgun, İ., (2016), “Taşıt Elemanlarında Kullanılan Alüminyum Alaşımlarının Enerji Sönümlenme Yeteneklerinin İncelenmesi” *Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği METALURJİ VE MALZEME MÜHENDİSLERİ ODASI*, Sayı 178, (Sayfa.49-52), erişim tarihi: 25 Mart 2021, erişim adresi [https://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi178/d178\\_4952.pdf](https://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi178/d178_4952.pdf)
- Dur’an Parada, C.A., (2020), “Analysis of stress simulation: a case study for the evaluation of a homologation test procedure for the design of rear underrun protection” *Instituto de Ingenier’ia Mec’anica, Materiales y Fabricaci’on - Escuela T’ecnica Superior de Ingenier’ia Industrial - Universidad Polit’ecnica de Cartagena - C/Dr. Fleming s/n - E-30202 Cartagena*, erişim tarihi: 27 Mart 2021, erişim adresi <https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/8994/tfm-durana.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Dündar, M. ve Güngör, G., (t.y.), “Otomotiv Sektöründe Alüminyum Uygulamaları ve Sürekli Döküm Tekniği İle Üretilmiş Alüminyum Levha Alaşımları”, erişim

- tarihi: 25 Mart 2021, erişim adresi  
<https://www.assanaluminyum.com/~media/files/arge/yayinlar/p3.ashx?la=tr-tr>
- Ertuğ, B. ve Kumruoğlu, L.C., (t.y.), “Alüminyum Alaşımlarının Otomotiv Endüstrisinde Uygulama Alanları”, erişim tarihi: 25 Mart 2021, erişim adresi  
<https://metaldunyasi.com.tr/tr/arsiv/2015/21/aluminyum-alasimlarinin-otomotiv-endustrisinde-uygulama-alanlari.html>
- Johansson, T., (t.y.), “UNECE regulation 58 rev. 3 Improving safety by stricter rules for the transportation industry”, erişim tarihi: 25 Mart 2021, erişim adresi  
[https://cdn2.hubspot.net/hubfs/2640104/VBG/VBG\\_Content\\_Offer/Content\\_offer\\_documents/EN/R58/R58\\_VBG\\_EN.pdf](https://cdn2.hubspot.net/hubfs/2640104/VBG/VBG_Content_Offer/Content_offer_documents/EN/R58/R58_VBG_EN.pdf)
- Joseph, G., Shinde, D. ve Patil G., (2013), “Design and Optimization of the Rear Under-Run Protection Device Using LS-DYNA”, *International Journal Of Engineering Research And Applications (IJERA) Vol. 3, Issue 4, Jul-Aug 2013, pp.152-162*, erişim tarihi: 27 Mart 2021, erişim adresi  
[https://www.ijera.com/papers/Vol3\\_issue4/Z34152162.pdf](https://www.ijera.com/papers/Vol3_issue4/Z34152162.pdf)
- Gogte, S. ve Vijendran, N., (2014), “Conceptual design and development of movable rear underrun protection”, *Department of Product and Production Development - CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, Gothenburg, Sweden 2014*, erişim tarihi: 27 Mart 2021, erişim adresi  
<https://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/202882/202882.pdf>
- Goud, B. Nagaraj ve Pachori, A., (2017), “Investigation of Vehicle Rear Under Run Protection Device (RUPD) Using Aluminium Foam” erişim tarihi: 27 Mart 2021, erişim adresi  
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/225/1/012289/pdf>
- Özel, S., Karagöz, S., Beytüt, H. ve Turan, M. K. (2018). “Taşıt Tampon Malzemesi Olarak Alüminyum Alaşımlarının Kullanılmasının Taşıt Çarpışma Performansına Etkisi”, *1st International Symposium on Light Alloys and Composite Materials (ISLAC'18), (Sayfa.451). Türkiye: Karabük Üniversitesi, Mart 22-24.* erişim tarihi: 25 Mart 2021, erişim adresi  
[http://indexive.com/uploads/papers/pap\\_indexive15945862532147483647.pdf](http://indexive.com/uploads/papers/pap_indexive15945862532147483647.pdf)
- Özgür, T.C., (2020), “Araç Tamponlarında Farklı Malzeme Ve Konstrüksiyonların Çarpma Dayanımına Etkisinin Araştırılması”, erişim tarihi: 25 Mart 2021, erişim adresi  
<https://acikerisim.uludag.edu.tr/bitstream/11452/11741/1/621574.pdf>
- Url-1 <<https://www.vbg.eu/en/products/underrun-protection/>>, erişim tarihi 25.03.2021.
- Url-2 <<https://www.vbg.eu/en/products/underrun-protection/hinged/>>, erişim tarihi 27.03.2021.
- Url-3 <<https://www.pommier.eu/en/enall-our-products/fixe-urb/xfix-p610d-underrun-bar-r58-03-rectangular-aluminum-profile-112x155>>, erişim tarihi 27.03.2021.

- Url-4 <<https://www.pommier.eu/en/enall-our-products/fixe-d-urb/xfix-p610e-underrun-bar-r58-03-aluminum-light-mounting-profile-145x240>>, erişim tarihi 27.03.2021.
- Url-5 <<https://unece.org/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/2017/R058r3e.pdf>>, erişim tarihi 27.03.2021.
- Url-6 <<https://unece.org/DAM/trans/doc/2013/wp29grsg/GRSG-105-20e.pdf>>, erişim tarihi 27.03.2021.
- Url-7  
<[https://til.scania.com/groups/bwd/documents/bwm/mdaw/mzgx/~edisp/bwm\\_0000781\\_01.pdf](https://til.scania.com/groups/bwd/documents/bwm/mdaw/mzgx/~edisp/bwm_0000781_01.pdf)>, erişim tarihi 27.03.2021.
- Url-8 <[https://www.shinkoboeki.co.jp/pdf/TAKLER/TAK\\_CATALOGUE\\_2019.pdf](https://www.shinkoboeki.co.jp/pdf/TAKLER/TAK_CATALOGUE_2019.pdf)>, erişim tarihi 27.03.2021.
- Url-9 <[https://treaties.un.org/Pages/ViewDetails.aspx?src=TREATY&mtdsg\\_no=XI-B-16-58&chapter=11&clang=\\_en](https://treaties.un.org/Pages/ViewDetails.aspx?src=TREATY&mtdsg_no=XI-B-16-58&chapter=11&clang=_en)>, erişim tarihi 27.03.2021.
- Url-10  
<[https://www.erdemir.com.tr/Sites/1/upload/files/Yassi\\_Urun\\_Katalogu\\_2020\\_TR-4649.pdf](https://www.erdemir.com.tr/Sites/1/upload/files/Yassi_Urun_Katalogu_2020_TR-4649.pdf)>, erişim tarihi 27.03.2021.
- Url-11 <<https://www.gabrian.com/wp-content/uploads/2018/09/6063-Aluminum-Alloy-Properties.pdf>>, erişim tarihi 27.03.2021.
- Url-12 <<https://www.gabrian.com/wp-content/uploads/2018/09/7075-Aluminum-Alloy-Properties.pdf>>, erişim tarihi 27.03.2021.

## **EKLER**

**EK A:** ERD4244 ve ERD3252 Kimyasal Bileşimleri

**EK B:** ERD4244 ve ERD3252 Mekanik Özellikleri

**EK C:** ERD3946 Kimyasal Bileşenleri ve Mekanik Özellikleri

**EK D:** ERD4936, ERD4942 ve ERD4955 Kimyasal Bileşenleri ve Mekanik Özellikleri

**EK E:** ERD7136 Kimyasal Bileşenleri ve Mekanik Özellikleri

**EK F:** Alüminyum 6063-T832 Kimyasal Bileşenleri ve Mekanik Özellikleri

**EK G:** Alüminyum 7075-T6 Kimyasal Bileşenleri ve Mekanik Özellikleri

## EK A: ERD4244 ve ERD3252 Kimyasal Bileşimleri

Sıcak Haddelenmiş  
Yassı Çelik Ürünler

### Çelik Kaliteleri

#### Sıcak Haddelenmiş, Alaşimsız Yapı Çelikleri

Standart: EN 10025-2:2004

#### Kimyasal Bileşim (%)

Standart Karşılığı	ERDEMİR Kalite No	C			Mn	P	S	Si	Cu	Nb	CE(IV) max (%)			
		≤16	16<d≤40	40<d≤100							≤30	30<d≤40	40<d≤100	
EN 10025-2	S235JR	3237	0.17	0.17	0.20	1.40	0.035	0.035	0.40	0.55	0.012	0.35	0.35	0.38
EN 10025-2	S235JR	3137	0.17	0.17	0.20	1.40	0.035	0.035	0.40	0.55	0.012	0.35	0.35	0.38
EN 10025-2	S235JR	3281 <sup>1207</sup>	0.17	0.17	0.20	1.40	0.035	0.035	0.14-0.25	0.55	0.012	0.35	0.35	0.38
EN 10025-2	S235JR	4237 <sup>8</sup>	0.17	0.17	0.20	1.20	0.025	0.035	0.03	0.55	0.012	0.35	0.35	0.38
EN 10025-2	S235JR	4260 <sup>2110</sup>	0.050-0.096	-	-	0.30-0.45	0.015	0.025	0.05	0.55	0.012	0.35	-	-
EN 10025-2	S235JR	4437 <sup>899</sup>	0.17	-	-	1.40	0.035	0.035	0.03	0.55	0.012	0.35	0.35	0.38
EN 10025-2	S235JR	5437 <sup>8113</sup>	0.17	0.17	0.20	1.40	0.035	0.035	0.14-0.25	0.55	0.012	0.35	0.35	0.38
EN 10025-2	S235J2	6237 <sup>10513</sup>	0.17	0.17	0.17	1.40	0.025	0.025	0.14-0.25	0.55	-	0.35	0.35	0.38
EN 10025-2	S235J2 / S235J2+N	4239 <sup>912113</sup>	0.17	0.17	-	1.40	0.025	0.025	0.03	0.55	-	0.35	-	-
EN 10025-2	S275JR	3244 <sup>8</sup>	0.21	0.21	0.22	1.50	0.030	0.030	0.40	0.55	0.012	0.40	0.40	0.42
EN 10025-2	S275JR	4244 <sup>209</sup>	0.20	0.21	0.22	1.40	0.025	0.025	0.03	0.55	0.012	0.40	0.40	0.42
EN 10025-2	S275J2	6244 <sup>913013</sup>	0.18	0.18	0.18	1.50	0.025	0.025	0.14-0.25	0.55	-	0.40	0.40	0.42
EN 10025-2	S275J2	4246 <sup>991213</sup>	0.18	0.18	-	1.50	0.025	0.025	0.03	0.55	-	0.40	-	-
EN 10025-2	S355JR	3252 <sup>20713</sup>	0.24	0.24	0.24	1.60	0.035	0.035	0.55	0.55	0.012	0.45	0.47	0.47
EN 10025-2	S355JR	4250 <sup>209</sup>	0.24	0.24	0.24	1.60	0.030	0.035	0.03	0.55	0.012	0.45	-	-
EN 10025-2	S355J0	5252 <sup>209113</sup>	0.20	0.20	0.22	1.60	0.030	0.030	0.55	0.55	0.012	0.45	0.47	0.47
EN 10025-2	S355J2	4252 <sup>209113</sup>	0.20	-	-	1.60	0.025	0.025	0.03	0.55	-	0.45	0.47	0.47
EN 10025-2	S355J2	4255 <sup>991213</sup>	0.15	-	-	1.60	0.025	0.025	0.03	0.15	-	0.40	-	-
EN 10025-2	S355J2	6252 <sup>99121113</sup>	0.20	0.20	0.22	1.60	0.025	0.025	0.55	0.55	-	0.45	0.47	0.47
EN 10025-2	S355J2 Çevir	6256 <sup>99121113</sup>	0.18-0.22	0.18-0.22	-	1.40-1.60	0.025	0.025	0.40-0.55	0.55	-	0.55	-	-
EN 10025-2	S355J2	6284 <sup>20911113</sup>	0.20	0.20	0.22	1.60	0.025	0.025	0.55	0.55	-	0.45	0.47	0.47
EN 10025-2	S355K2+N	7252 <sup>20911113</sup>	0.20	0.20	0.22	1.60	0.025	0.025	0.55	0.55	-	0.45	0.47	0.47

#### Açıklamalar

- 1) Çeliğin kimyasal bileşiminde min. % 0.020 Al olduğu takdirde, N üst sınır değeri uygulanmaz.
- 2) Kalınlığı 30 mm'nin üstünde olan ürünler için C değeri max. % 0.22'dir.
- 3) Max. C eşdeğeri (CE), % Si ≤ 0.030 için % 0.02, % Si ≤ 0.25 için % 0.01 arttırılır.
- 4) Müşterilerle yapılan anlaşmalar çerçevesinde, max. C eşdeğeri (CEV), % Cu: 0.25-0.40 arasında ise % 0.02 arttırılır.
- 5) C eşdeğeri, % CE (IV) = C + Mn / 6 + (Cr + Mo + V) / 5 + (Ni + Cu) / 15 formülüne göre hesaplanır.
- 6) % C ve % Mn değeri 4237 kaliteye göre farklılık göstermektedir.
- 7) % Cu: 0.25 - 0.35 içerir.
- 8) % C ve % Mn değeri 3237 kaliteye göre farklılık göstermektedir.
- 9) "Class1" olarak galvaniz kaplamaya uygundur.
- 10) "Class3" olarak galvaniz kaplamaya uygundur.
- 11) Üretim pratikleri doğrultusunda 5252,6252 kalitelerde d: 16 mm kalınlıklarda ve 7252 kalitelerde d: 16 mm kalınlıklarda "Class 3" olarak galvaniz kaplamaya uygundur, 4246 kalitesinde d ≤ 16 kalınlığında Si % ≤ 0.030 olduğundan "Class 1" olarak galvaniz kaplamaya uygun olup, 16 < d ≤ 25 kalınlık aralığında Si % 0.14≤Si≤0.25 aralığında olduğundan "Class 3" olarak galvaniz kaplamaya uygundur. Galvanizlenmiş uygunluk sınıfları sadece rulo ve rulodan üretilen ürünler için geçerlidir. "Class 1" ve "Class 3" galvaniz kaplamaya uygunluk sınıfları aşağıdaki tabloya göre uygulanır.

"Class 1" ve "Class 3" galvaniz kaplamaya uygunluk sınıfları aşağıdaki tabloya göre uygulanır.

Sınıf	Elementler (%)		
	Si	Si+2,5P	P
Class 1	≤ 0.030	≤ 0.090	-
Class 3	0.14 ≤ Si ≤ 0.25	-	≤ 0.030

- 12) Bu kalite ürünler tam durgun olarak üretilmektedir. Bu nedenle Al/N minimum 2:1 oranındadır.
- 13) Bu kalite İsdemir tesislerinde üretilen olup, Erdemir tesislerinde üretimi görmüşmeye tabiidir.
- 14) Belirtilen limit değerler müşteriyle yapılan anlaşma çerçevesinde belirlenmiştir.
- 15) Nb %: 0.015-0.050 içerir.
- 16) Üretim sonuçlarına bağlı olarak Ti ilavesi yapılabilir.

## EK B: ERD4244 ve ERD3252 Mekanik Özellikleri

Sıcak Haddelenmiş  
Yassı Çelik Ürünler

Çelik Kaliteleri

### Sıcak Haddelenmiş, Alaşimsız Yapı Çelikleri

Standart: EN 10025-2:2004

#### Mekanik Özellikler

Standart	Kalite <sup>1)</sup>	ERDEMİR Kalite No	R <sub>e</sub> (min) N/mm <sup>2</sup> (kg/mm <sup>2</sup> )					R <sub>m</sub> <sup>2)</sup> N/mm <sup>2</sup> (kg/mm <sup>2</sup> )		A (%) min. d(kalınlık, mm)						Darbe <sup>3)</sup> (Boyuna)		
			d(kalınlık, mm)					d(kalınlık, mm)		A <sub>50</sub>			A <sub>80</sub>			Sec	KV <sub>2</sub>	
			≤16	>16 ≤40	>40 ≤63	>63 ≤80	>80 ≤100	≤3	>3 ≤100	>1 ≤1.5	>1.5 ≤2	>2 ≤2.5	>2.5 ≤3	>3 ≤40	>3 ≤63			>63 ≤100
EN 10025-2	S235JR	3237	235 (24.0)	225 (23.0)	215 (21.9)	215 (21.9)	215 (21.9)	360-510 (36.7-52.0)	360-510 (36.7-52.0)	16	17	18	19	24	23	22	+20	27 <sup>4)</sup>
EN 10025-2	S235JR	3137 <sup>5)</sup>	235 (24.0)	-	-	-	-	360-510 (36.7-52.0)	360-510 (36.7-52.0)	16	17	18	19	24	-	-	+20	27 <sup>6)</sup>
EN 10025-2	S235JR	3281 <sup>7)</sup>	235 (24.0)	225 (23.0)	-	-	-	360-510 (36.7-52.0)	360-510 (36.7-52.0)	16	17	18	19	24	-	-	+20	27 <sup>8)</sup>
EN 10025-2	S235JR	4237 <sup>9)</sup>	235 (24.0)	225 (23.0)	-	-	-	360-510 (36.7-52.0)	360-510 (36.7-52.0)	16	17	18	19	24	-	-	+20	27 <sup>10)</sup>
EN 10025-2	S235JR	4260 <sup>11)</sup>	260-360 (26.5-36.7)	-	-	-	-	370-460 (37.7-46.9)	370-460 (37.7-46.9)	32	32	32	32	24	-	-	+20	27 <sup>12)</sup>
EN 10025-2	S235JR	4437 <sup>13)</sup>	235 (24.0)	-	-	-	-	360-510 (36.7-52.0)	360-510 (36.7-52.0)	16	17	18	19	24	-	-	+20	27 <sup>14)</sup>
EN 10025-2	S235JR	5437	235 (24.0)	225 (23.0)	215 (21.9)	215 (21.9)	215 (21.9)	360-510 (36.7-52.0)	360-510 (36.7-52.0)	16	17	18	19	24	23	22	+20	27 <sup>15)</sup>
EN 10025-2	S235J2	6237	235 (24.0)	225 (23.0)	215 (21.9)	215 (21.9)	215 (21.9)	360-510 (36.7-52.0)	360-510 (36.7-52.0)	16	17	18	19	24	23	22	-20	27
EN 10025-2	S235J2 / S235J2+N	4239	235 (24.0)	225 (23.0)	-	-	-	360-510 (36.7-52.0)	360-510 (36.7-52.0)	16	17	18	19	24	-	-	-20	27
EN 10025-2	S275JR	3244	275 (28.1)	265 (27.0)	255 (26.0)	245 (25.0)	235 (24.0)	430-580 (43.9-59.2)	410-560 (41.8-57.1)	14	15	16	17	21	20	19	+20	27 <sup>16)</sup>
EN 10025-2	S275JR	4244 <sup>17)</sup>	275 (28.1)	265 (27.0)	-	-	-	430-580 (43.9-59.2)	410-560 (41.8-57.1)	14	15	16	17	21	20	19	+20	27 <sup>18)</sup>
EN 10025-2	S275J2	6244	275 (28.1)	265 (27.0)	255 (26.0)	245 (25.0)	235 (24.0)	430-580 (43.9-59.2)	410-560 (41.8-57.1)	14	15	16	17	21	20	19	-20	27
EN 10025-2	S275J2	4246	275 (28.1)	265 (27.0)	-	-	-	430-580 (43.9-59.2)	410-560 (41.8-57.1)	14	15	16	17	21	-	-	-20	27
EN 10025-2	S355JR	3252	355 (36.2)	345 (35.2)	335 (34.2)	325 (33.2)	315 (32.2)	510-680 (52.0-69.3)	470-630 (47.9-64.2)	13	14	15	16	20	19	18	+20	27 <sup>19)</sup>
EN 10025-2	S355JR	4250 <sup>20)</sup>	355 (36.2)	-	-	-	-	510-680 (52.0-69.3)	470-630 (47.9-64.2)	13	14	15	16	20	-	-	+20	27 <sup>21)</sup>
EN 10025-2	S355J0	5252	355 (36.2)	345 (35.2)	335 (34.2)	325 (33.2)	315 (32.2)	510-680 (52.0-69.3)	470-630 (48.0-64.2)	13	14	15	16	20	19	18	0	27
EN 10025-2	S355J2	4252 <sup>22)</sup>	355 (36.2)	-	-	-	-	510-680 (52.0-69.3)	470-630 (47.9-64.2)	13	14	15	16	20	-	-	-20	27
EN 10025-2	S355J2	4255	355 (36.2)	-	-	-	-	510-680 (52.0-69.3)	470-630 (47.9-64.2)	13	14	15	16	20	-	-	-20	27
EN 10025-2	S355J2	6252	355 (36.2)	345 (35.2)	335 (34.2)	325 (33.2)	315 (32.2)	510-680 (52.0-69.3)	470-630 (47.9-64.2)	13	14	15	16	20	19	18	-20	27
EN 10025-2	S355J2 Özel	6258 <sup>23)</sup>	355 (36.2)	345 (35.2)	-	-	-	510 (52.0)	470 (47.9)	13	14	15	16	20	-	-	-20	27
EN 10025-2	S355J2	6284	355 (36.2)	345 (35.2)	335 (34.2)	325 (33.2)	315 (32.2)	510-680 (52.0-69.3)	470-630 (47.9-64.2)	13	14	15	16	20	19	18	-20	27
EN 10025-2	S355K2+N	7252	355 (36.2)	345 (35.2)	335 (34.2)	325 (33.2)	315 (32.2)	510-680 (52.0-69.3)	470-630 (48.0-64.2)	13	14	15	16	20	19	18	-20	40

#### Açıklamalar

- 1) Çekme testi değerleri 'erine' test numunelerine uygulanır.
- 2) Darbe testi isteğe bağlı olarak yapılır.
- 3) Kalınlığı 6 mm nin altında olan ürünler için darbe testi yapılmaz.
- 4) Max. 8 mm kalınlığa kadar üretilir.
- 5) Max. 25 mm kalınlığa kadar üretilir.
- 6) Max. 16 mm kalınlığa kadar üretilir.
- 7) 3137 kalitesi sadece boru üretimi siparişleri için ve max. 8 mm'ye kadar üretilir.
- 8) JR notasyonu içeren kaliteler "AF" olarak üretilir. J0, J2 notasyonu içeren kaliteler, normalzeli veya normalzeli eşdeğer haddelenme ile üretilir.
- 9) K2 notasyonu içeren kalite, normalzeli veya normalzeli eşdeğer haddelenme ile üretilir.
- 10) Bu tabloda belirtilen limit değerler müşteriyle yapılan anlaşma çerçevesinde belirlenmiştir.
- 11) Müşteriyle yapılan anlaşma çerçevesinde çekme üst limiti uygulanmamaktadır.

## EK C: ERD3946 Kimyasal Bileşenleri ve Mekanik Özellikleri

Sıcak Haddelenmiş  
Yassı Çelik Ürünler

### Çelik Kaliteleri

#### Müşteri Spesifikasyonu Baz Alınarak Üretilen Jant Yapımında Kullanılan Çelikler

Standart : Muhtelif

##### Kimyasal Bileşim (%)

Standart Karşılığı			ERDEMİR® Kalite No	C max.	Mn max.	P max.	S max.	Si max.	Al	N max.	Nb max.	Cu+Cr+Ni max.
Standart Malzeme Kalitesi	Kalite	Benzer Standart/Kalite										
JMW	MW01	Alağımsız Yapı Çeliği	3901	0.025-0.130	0.150 0.575	0.020	0.020	0.05	max 0.05	-	-	-
JMW	MW05	EN 10149-2 /S420MC	3905	0.10	1.40	0.025	0.015	0.12	max 0.06	-	0.065	0.30
MW/HL3 MS-03	1932-01	Alağımsız Yapı Çeliği	3922 <sup>1)</sup>	0.14	0.70	0.020	0.015	0.10	0.020-0.070	0.009	0.09	0.30
MW/HL3 MS-03	1932-01	Alağımsız Yapı Çeliği	3922 <sup>2)</sup>	0.14	0.70	0.020	0.015	0.10	0.020-0.070	0.009	0.09	0.30
MW/HL3 MS-03	1937-02	Alağımsız Yapı Çeliği	3940 <sup>3)</sup>	0.10	0.80	0.020	0.015	0.05	0.015-0.070	0.009	0.09	0.30
MW/HL3 MS-03	1937-03	Alağımsız Yapı Çeliği	3946 <sup>4)</sup>	0.18	1.25	0.020	0.015	0.10	0.020-0.070	0.009	0.09	0.30
MW/HL3 MS-03	1953-01	Alağımsız Yapı Çeliği	3949 <sup>5)</sup>	0.19	1.60	0.025	0.020	0.30	0.020-0.070	0.009	0.09	0.30
MW/HL3 MS-03	2242-01	EN 10149-2/S420MC	3957 <sup>6)</sup>	0.12	1.60	0.025	0.010	0.50	0.015-0.060	0.008	0.09	-
MW/HL3 MS-03/ JMW	2661-00/ MW06	DP600/MW06 (Dual faz ferrit- martenzit)	3660 <sup>7)</sup>	0.12	1.40	0.085	0.008	0.50	0.020-0.060	0.009	0.09	1.30
MW/HL3 MS-03	6000-02	İnce taneli Yapı Çeliği	3960 <sup>8)</sup>	0.10	1.60	0.020	0.008	0.15	0.020-0.060	0.009	0.09	0.20

##### Açıklamalar

- 1) Cr max.% 0.90 olmalıdır.
- 2) Nb max.% 0.09, Sn max.% 0.02 ve Ti max.% 0.22 ile sınıflandırılmış olup Nb + Ti + V toplamı max. % 0.22 olmalıdır.
- 3) Bu kalite Isdemir tesislerinde üretilmektedir.
- 4) Bu tabloda belirtilen kaliteler, sadece ilgili standardın yer aldığı spesifikasyonda belirtilen kimyasal ve mekanik özelliklere uygun olarak tablodaki koşullarda üretilmektedir.

##### Mekanik Özellikler

Standart Karşılığı		ERDEMİR Kalite No	Çekme Testi <sup>1)</sup> Numune Yönü	R <sub>e</sub> N/mm <sup>2</sup> (kg/mm <sup>2</sup> )	R <sub>m</sub> N/mm <sup>2</sup> (kg/mm <sup>2</sup> )		Uzama (%)		Katlama (Enine, 180°) kırma (d : kalınlık)	Darbe (Boyuna)	
Standart	Kalite				t ≤ 3	t > 3	A <sub>5</sub> min.	A <sub>10</sub> min		Sıcaklık C	KV <sub>min.</sub> J
JMW	MW01	3901	Enine	240 - 340 (24.5 - 34.6)	360-470 (36.7 - 47.9)	340-470 (34.7 - 47.9)	A <sub>5</sub> min 26(t ≤ 3)	A <sub>10</sub> min 26 (t > 3)	-	20	27
JMW	MW05	3905 <sup>1)</sup>	Enine	420-530 (42.8-54.1)	470-600 (47.3-61.2)		A <sub>5</sub> min 18 (t ≤ 3)	A <sub>10</sub> min 22 (t > 3)	-	-20	27
MW/HL3 MS-03	1932-01	3922 <sup>2)</sup>	Enine	235-320 (24.0-32.6)	350-430 (35.7-43.8)		35		0.5	-20	27
MW/HL3 MS-03	1932-01	3922 <sup>3)</sup>	Enine	235-320 (24.0-32.6)	350-430 (35.7-43.8)		35		0.5	-20	27
MW/HL3 MS-03	1937-02	3940 <sup>4)</sup>	Enine	290-350 (28.8-35.7)	390-460 (39.8-46.9)		28		0.5	-	-
MW/HL3 MS-03	1937-03	3946 <sup>5)</sup>	Enine	290-420 (29.6-42.8)	420-500 (42.9-51.0)		29		0.5	-	-
MW/HL3 MS-03	1953-01	3949	Enine	330-410 (33.7-41.8)	480-570 (48.0-58.2)		25		2.0	-	-
MW/HL3 MS-03	2242-01	3957 <sup>6)</sup>	Boyuna	420 min. (42.9)	490-600 (49.0-61.2)		24		0.5	-20	40
MW/HL3 MS-03/ JMW	2661-00 /MW06	3660 <sup>7)</sup>	Boyuna	300-470 (30.6-47.9)	580-670 (59.2-68.4)		24		1.0	-20	40
MW/HL3 MS-03	6000-02	3960 <sup>8)</sup>	Boyuna	450-550 (45.9-56.1)	550-650 (56.1-66.3)		22		0.5	-	-

##### Açıklamalar

- 1) Kalınlığı 6 mm nin altında olan ürünler için darbe testi yapılmaz. 6 mm ve üstü kalınlıklarda görmeye tabidir.
- 2) Max. 5 mm kalınlığa kadar üretilir.
- 3) Max. 8 mm kalınlığa kadar üretilir.
- 4) Max. 4 mm kalınlığa kadar üretilir.
- 5) Kaliteler "İzomomekanik haddelenme" ile üretilmektedir.
- 6) Tabloda belirtilen sınır değerler, tabloda belirtilen numune yönünde yapılmış olan testlerde garanti edilir.

erdemironline.com

## EK D: ERD4936, ERD4942 ve ERD4955 Kimyasal Bileşenleri ve Mekanik Özellikleri

Sıcak Haddelenmiş  
Yassı Çelik Ürünler

### Çelik Kaliteleri

#### Soğuk Şekillendirmeye Uygun, Yüksek Akma Dayanımlı, Sıcak Haddelenmiş Çelikler

Standart: EN 10149-2:2013

##### Kimyasal Bileşim (%)

Standart Karşılığı		ERDEMİR Kalite No <sup>1)</sup>	C max.	Mn max.	P max.	S max.	Si max.	Al min.	Nb <sup>2)</sup> max.	Ti <sup>2)</sup> max.	V <sup>2)</sup> max.	Mo max.	B max.
Standart	Kalite												
EN 10149-2	S315MC	4932	0.12	1.30	0.025	0.020	0.50	0.02	0.09	0.15	0.20	-	-
EN 10149-2	S355MC	4936	0.12	1.50	0.025	0.020	0.50	0.02	0.09	0.15	0.20	-	-
EN 10149-2	S420MC	4942	0.12	1.60	0.025	0.015	0.50	0.02	0.09	0.15	0.20	-	-
EN 10149-2	S420MC(CTA)	4943	0.12	1.60	0.024	0.015	0.03	0.020	0.09	0.15	0.20	-	-
EN 10149-2	S460MC	4946	0.12	1.60	0.025	0.015	0.50	0.015	0.09	0.15	0.20	-	-
EN 10149-2	S460MC(CTA)	4947 <sup>3)</sup>	0.12	1.60	0.024	0.015	0.03	0.015	0.09	0.15	0.20	-	-
EN 10149-2	S500MC	4950	0.12	1.70	0.025	0.015	0.50	0.015	0.09	0.15	0.20	-	-
EN 10149-2	S550MC	4955	0.12	1.80	0.025	0.015	0.50	0.015	0.09	0.15	0.20	-	-
EN 10149-2	S600MC	4960	0.12	1.90	0.025	0.015	0.50	0.015	0.09	0.22	0.20	0.50	0.005
EN 10149-2	S650MC	4965	0.12	2.00	0.025	0.015	0.60	0.015	0.09	0.22	0.20	0.50	0.005
EN 10149-2	S700MC	4970	0.12	2.10	0.025	0.015	0.60	0.015	0.09	0.22	0.20	0.50	0.005

##### Açıklamalar

- 1) Bütün kaliteler "termomekanik haddeleme" yöntemi ile üretilmektedir.
- 2) Nb + Ti + V ≤ % 0,22
- 3) Kategori A olan kaliteler Si ≤ 0,03 ve Si+2,5P ≤ 0,09% olarak üretilir.

##### Mekanik Özellikler

Standart Karşılığı		ERDEMİR Kalite No	R <sub>L</sub> N/mm <sup>2</sup> (kg/mm <sup>2</sup> ) min.	R <sub>m</sub> <sup>1)</sup> N/mm <sup>2</sup> (kg/mm <sup>2</sup> )	A (%)		Darbe <sup>2)</sup> KV, (Boyuna) Sıcaklık: -20°C min.	Kalıma (Enine, 180°) İmç (t kalınlık)
Standart	Kalite				d<3 A <sub>50</sub> min.	d≥3 A <sub>50</sub> min.		
EN 10149-2	S315MC	4932	315 (32.1)	390 - 510 (39.8 - 52.0)	20	24	40 J	0
EN 10149-2	S355MC	4936	355 (36.2)	430 - 550 (43.9 - 56.1)	19	23	40 J	0.5 d
EN 10149-2	S420MC	4942	420 (42.9)	480 - 620 (49.0 - 63.2)	16	19	40 J	0.5 d
EN 10149-2	S420MC (CTA)	4943	420 (42.9)	480 - 620 (49.0 - 63.2)	16	19	40 J	0.5 d
EN 10149-2	S460MC	4946	460 (46.9)	520 - 670 (53.1 - 68.4)	14	17	40 J	1 d
EN 10149-2	S460MC (CTA)	4947	460 (46.9)	520 - 670 (53.1 - 68.4)	14	17	40 J	1 d
EN 10149-2	S500MC	4950	500 (51.0)	550 - 700 (56.1 - 71.4)	12	14	40 J	1 d
EN 10149-2	S550MC	4955	550 (56.1)	600 - 760 (61.20 - 77.5)	12	14	40 J	1.5 d
EN 10149-2	S600MC	4960	600 (61.2)	650 - 820 (66.3 - 83.6)	11	13	40 J	1.5 d
EN 10149-2	S650MC	4965 <sup>2)</sup>	650 (66.3)	700 - 880 (71.4 - 89.7)	10	12	40 J	2.0 d
EN 10149-2	S700MC	4970 <sup>2)</sup>	700 (71.4)	750 - 950 (76.5 - 96.9)	10	12	40 J	2.0 d

##### Açıklamalar

- 1) Çekme testi değerleri 'boyuna' test numunelerine uygulanır.
- 2) Kalınlığı 6 mm ve üstünde olan ürünler için isteğe bağlı olarak darbe testi yapılır.
- 3) 8.00 mm üzerindeki kalınlıklarda minimum akma mukavemeti tabloda belirtilen değerden 20 N/mm<sup>2</sup> az olabilir.



## EK E: ERD7136 Kimyasal Bileşenleri ve Mekanik Özellikleri

Soğuk Haddelenmiş  
Yassı Çelik Ürünler

Çelik Kaliteleri

Soğuk Şekillendirmeye Uygun, Yüksek Akma Dayanımlı, Soğuk Haddelenmiş Çelikler  
Standart: EN 10268:2006+A1:2013

### Kimyasal Bileşim (%)

Standart Karşılığı		ERDEMİR Kalite No	C max.	Si max.	Mn max.	P max.	S max.	Al min.	V max.	B max.	Nb <sup>1)</sup> max.	Ti <sup>1)</sup> max.
Standart	Kalite											
EN 10268	HC260LA	7125	0.10	0.50	1.0	0.030	0.025	0.015	-	-	0.050	0.15
EN 10268	HC300LA	7128	0.12	0.50	1.4	0.030	0.025	0.015	-	-	0.050	0.15
EN 10268	HC340LA	7132	0.12	0.50	1.5	0.030	0.025	0.015	-	-	0.050	0.15
EN 10268	HC380LA	7136	0.12	0.50	1.60	0.030	0.025	0.015	-	-	0.050	0.15
EN 10268	HC420LA	7140	0.14	0.50	1.60	0.030	0.025	0.015	-	-	0.050	0.15
EN 10268	HC460LA	7146	0.14	0.60	1.80	0.030	0.025	0.015	-	-	0.050	0.15
EN 10268	HC500LA	7150	0.14	0.60	1.80	0.030	0.025	0.015	-	-	0.050	0.15

Açıklamalar

- 1) Nb + Ti + V + B ≤ % 0.22.

### Mekanik Özellikler

Standart Karşılığı		ERDEMİR Kalite No	Enine <sup>1)2)</sup>			Boyuna <sup>1)2)</sup>		
Standart	Kalite		R <sub>eL</sub> /R <sub>L</sub> N/mm <sup>2</sup> (kg/mm <sup>2</sup> )	R <sub>L</sub> N/mm <sup>2</sup> (kg/mm <sup>2</sup> )	A <sub>50</sub> <sup>3)</sup> (%) min.	R <sub>L</sub> N/mm <sup>2</sup> (kg/mm <sup>2</sup> )	R <sub>L</sub> N/mm <sup>2</sup> (kg/mm <sup>2</sup> )	A <sub>50</sub> <sup>3)</sup> (%) min.
EN 10268	HC260LA	7125	260-330 (26.6-33.6)	350-430 (35.7-43.8)	26	240-310 (24.5-31.6)	340-420 (34.7-42.8)	27
EN 10268	HC300LA	7128	300-380 (30.6-38.7)	380-480 (38.7-48.9)	23	280-360 (28.6-36.7)	370-470 (37.8-47.9)	24
EN 10268	HC340LA	7132	340-420 (34.7-42.8)	410-510 (41.8-52.0)	21	320-410 (32.7-41.8)	400-500 (40.8-51.0)	22
EN 10268	HC380LA	7136	380-480 (38.7-48.9)	440-580 (44.9-59.1)	19	350-450 (35.7-45.9)	430-550 (43.9-56.0)	20
EN 10268	HC420LA	7140	420-520 (42.8-53.0)	470-600 (47.9-61.2)	17	390-500 (39.8-51.0)	460-580 (46.9-59.1)	18
EN 10268	HC460LA	7146	460-580 (46.9-59.1)	510-660 (52.0-67.2)	13	420-560 (42.9-57.0)	480-630 (49.0-64.2)	14
EN 10268	HC500LA	7150	500-620 (51.1-63.2)	550-710 (56.2-72.4)	12	460-600 (46.9-61.2)	520-690 (53.1-70.4)	13

Açıklamalar

- 1) Çekme testi değerleri "enine" test numunelerine uygulanır.
- 2) Talep edilmesi durumunda anlaşmaya bağlı olarak, çekme testi değerleri "boyuna" test numunelerine uygulanır.
- 3) % uzama değeri, 0.5 mm < d ≤ 0.7 mm kalınlık aralığında olan ürünler için 2 birim azaltılır. Kalınlığın d ≤ 0.5 mm olduğu durumda minimum % uzama değeri 4 birim azaltılır.
- 4) Tabloda belirtilen mekanik özellikler, malzemenin üretildiği ve sevke hazır olduğu bildirildiği tarihten başlayarak 6 ay için garanti edilir.

## EK F: Alüminyum 6063-T832 Kimyasal Bileşenleri ve Mekanik Özellikleri



# 6063 Aluminum Alloy: Properties

### General Characteristics

Characteristic	Appraisal
Strength	Medium
Corrosion Resistance	Good
Weldability & Brazability	Good
Workability	Good
Machinability	Fair

### Chemical Composition

Element	Minimum %	Maximum %
Magnesium	0.45	0.9
Silicon	0.2	0.6
Iron	No Min	0.35
Copper	No Min	0.1
Manganese	No Min	0.1
Chromium	No Min	0.1
Zinc	No Min	0.1
Titanium	No Min	0.1
Other Elements	No Min	0.05 each, 0.15 in total

### Physical Properties

Property	6063-T5	6063-T6	6063-T832
Density	2.70 g/cc   0.0975 lb/in <sup>3</sup>	2.70 g/cc   0.0975 lb/in <sup>3</sup>	2.70 g/cc   0.0975 lb/in <sup>3</sup>

### Mechanical Properties

Property	6063-T5	6063-T6	6063-T832
Tensile Strength	186 MPa   27000 psi	241 MPa   35000 psi	290 MPa   42000 psi
Yield Strength	145 MPa   21000 psi	214 MPa   31000 psi	269 MPa   39000 psi
Modulus of Elasticity	68.9 GPa   10000 ksi	68.9 GPa   10000 ksi	69.0 GPa   10000 ksi

### Thermal Properties

Property	6063-T5	6063-T6	6063-T832
Coefficient of Thermal Expansion @ 20.0 - 100 °C Temp	21.8 µm/m-°C   12.1 µin/in-°F	21.8 µm/m-°C   12.1 µin/in-°F	21.8 µm/m-°C   12.1 µin/in-°F
Thermal Conductivity	209 W/m-K   1450 BTU-in/hr-ft <sup>2</sup> -°F	200 W/m-K   1390 BTU-in/hr-ft <sup>2</sup> -°F	200 W/m-K   1390 BTU-in/hr-ft <sup>2</sup> -°F

## EK G: Alüminyum 7075-T6 Kimyasal Bileşenleri ve Mekanik Özellikleri



# 7075 Aluminum Alloy: Properties

### General Characteristics

Characteristic	Appraisal
Strength	High
Corrosion Resistance	Average
Weldability & Brazability	Poor
Workability	Poor
Machinability	Fair

### Chemical Composition

Element	Minimum %	Maximum %
Silicon	No Min	0.4
Iron	No Min	0.5
Copper	1.2	2
Manganese	No Min	0.3
Magnesium	2.1	2.9
Chromium	0.18	2
Zinc	5.1	6.1
Titanium	No Min	0.2
Other Elements	No Min	0.05 each, 0.15 in total

### Physical Properties

Property	7075-O	7075-T6, -T651	7075-T73, -T7351
Density	2.81 g/cc   0.102 lb/in <sup>3</sup>	2.81 g/cc   0.102 lb/in <sup>3</sup>	2.81 g/cc   0.102 lb/in <sup>3</sup>

### Mechanical Properties

Property	7075-O	7075-T6, -T651	7075-T73, -T7351
Tensile Strength	228 MPa   33000 psi	572 MPa   83000 psi	505 MPa   73200 psi
Yield Strength	103 MPa   15000 psi	503 MPa   73000 psi	435 MPa   63100 psi
Modulus of Elasticity	71.7 GPa   10400 ksi	71.7 GPa   10400 ksi	72.0 GPa   10400 ksi

### Thermal Properties

Property	7075-O	7075-T6, -T651	7075-T73, -T7351
Coefficient of Thermal Expansion @ 20.0 - 100 °C Temp	23.4 µm/m-°C   13.0 µin/in-°F	23.4 µm/m-°C   13.0 µin/in-°F	23.4 µm/m-°C   13.0 µin/in-°F
Thermal Conductivity	173 W/m-K   1200 BTU-in/hr-ft <sup>2</sup> -°F	0.960 J/g-°C   0.229 BTU/lb-°F	155 W/m-K   1080 BTU-in/hr-ft <sup>2</sup> -°F