

Semih Furkan Kılıç, İbrahim Can Uçar, Aziz Başdemir, Işık Can Başak, Berkcan Özdilek, Mert Topaloğlu, Perim Uryan  
Danışmanlar: Dr. Mehmet Murat Topaç, Prof. Dr. Zeki Kırıl  
Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü

## ÖZET

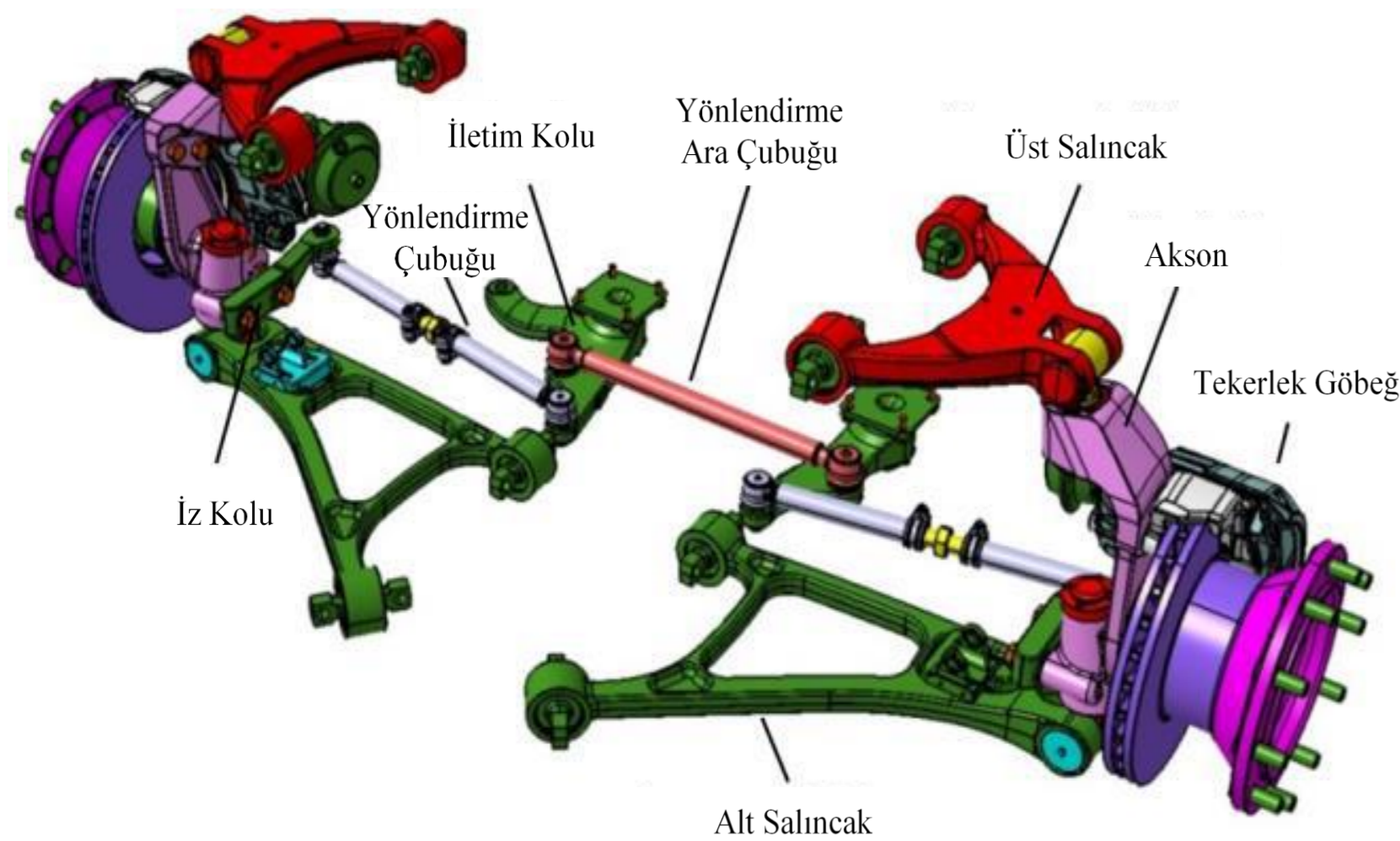
Bu proje kapsamında günümüz dünya standartlarına uygun bağımsız süspansiyonlu bir askeri taşıtın süspansiyon geometrisiyle uyumlu çalışabilecek direksiyon mekanizması tasarlanıp prototip üretimi yapılmıştır. Bu doğrultuda öncelikle tasarım kriterleri belirlenip uygun çözüm geliştirilmiş, bu kriterlere bağlı olarak Adams™ yazılımı üzerinden çoklu cisim modeli kurulum kinematik tasarım oluşturulmuş ve optimize edilmiştir. Solidworks katı model programında mekanik tasarım gerçekleştirilmiş olup, akabinde yönlendirme sırasında meydana gelen kuvvetler göz önünde bulundurularak Ansys™ yazılımı üzerinden sonlu elemanlar analizi ve optimizasyon işlemi yapılmıştır. En son aşamada piyasa araştırması ile birlikte maliyet analizi yapılmış prototip üretimi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. 4x4 Bağımsız Süspansiyonlu BMC VURAN [4]

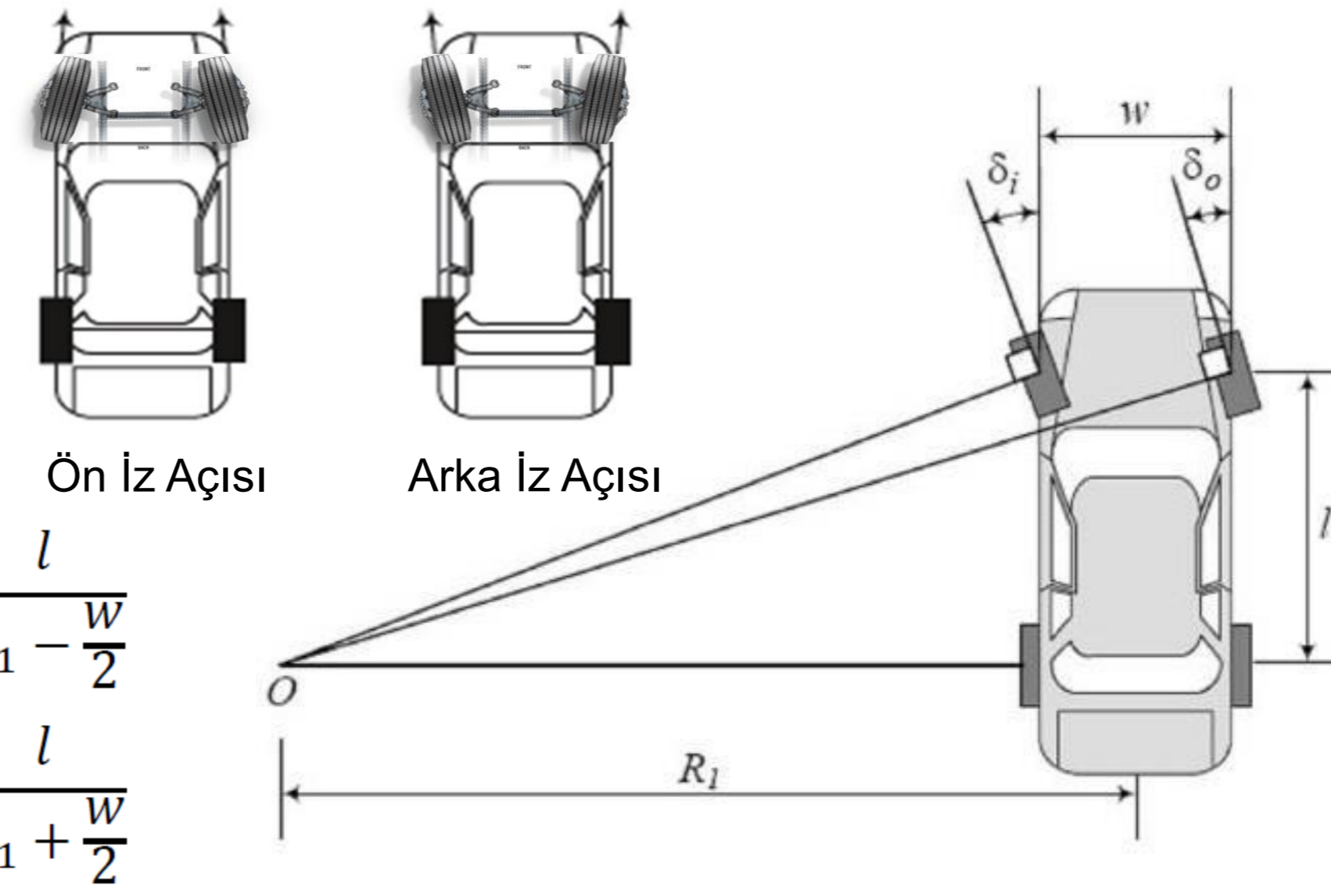
## GİRİŞ

Güçlenen motorlarla birlikte taşıtların seyir ve viraj dönüş hızlarında, ivmelenme ve frenleme kapasitelerindeki artışın yanında konfor beklentilerinin de yükselmesi daha iyi ve güvenli şasi sistemlerinin kullanılması ihtiyacını oluşturmuştur. Bağımsız askı sistemleri ise avantajları sayesinde bu ihtiyaçlara cevap verebilir nitelikte olduğundan taşıt endüstrisinde ilk yıllarda kullanılmış olan sabit dingillerin yerini almıştır. Bunun yanında bazı arazi araçlarıyla birlikte özellikle ağır ticari taşıtlarda sabit dingillerin kullanımı hala yaygındır. Bunun sebebi sabit dingillerin yüksek yük taşıma kapasitesi, basit yapısı yanında üretim maliyetlerinin düşük olmasıdır. Son yıllarda ise özellikle uluslararası taşımacılıkta kullanılan çekicilerde, otobüslerde ve askeri araçlarda bağımsız askı sistemlerinin kullanımı artmaktadır. [5] Yönlendirme sistemleri taşıtların genellikle ön tekerleklerinin yönlendirmesi için tasarlanmaktadır. Direksiyon simidinden tekerleklere kadar uzanan mekanizma bu sistemi oluşturan elemanları barındırır. Ön tekerlekler, aksa küresel mafsallarla salıncaklara ve rotlara bağlanırlar. Dingil başı, küresel mafsal sayesinde sağ ve sola dönebilir. Tekerlekler de dingil başlarına tespit edilmiş olduklarından dingil başının ya da direksiyon deveboynunun sağa sola hareketi tekerleklere de aynı hareketi yaptırır. Böylece araç istenilen yöne sevk edilmiş olur.



Şekil 2. Çift Salıncaklı Bağımsız Süspansiyon ve Çok Uzunlu Yönlendirme Sistemi Modeli [1-3]

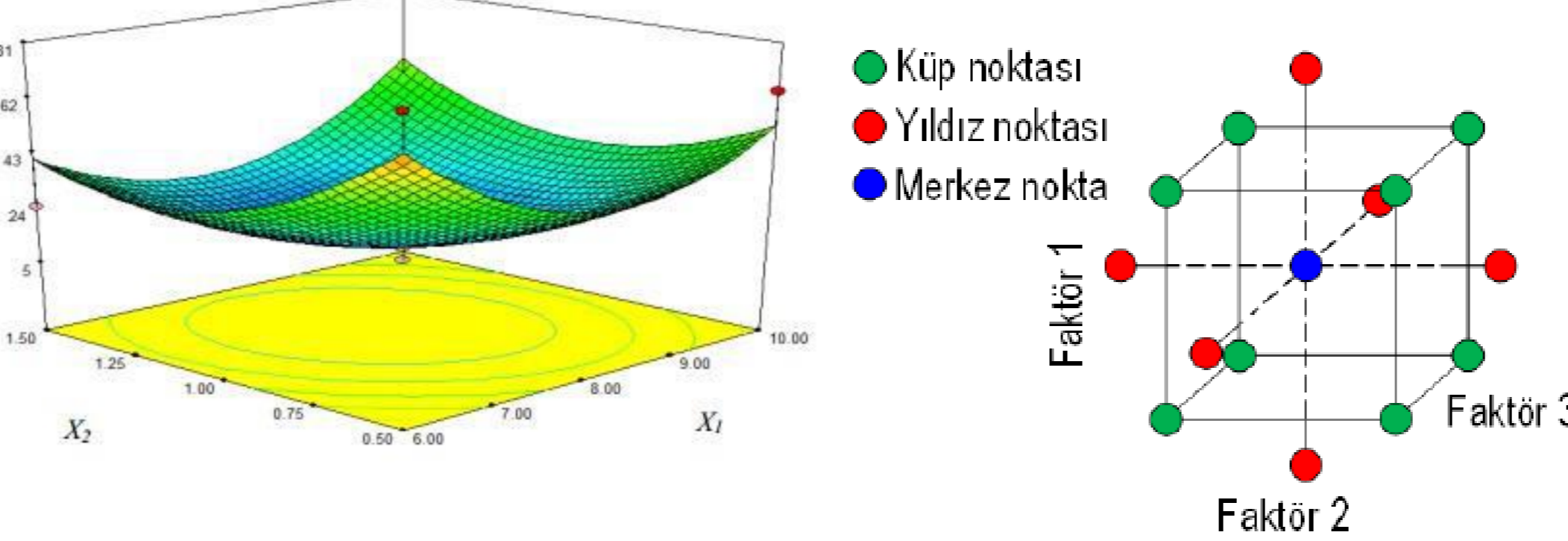
Dönüş esnasında taşıt kararlılığını korumak ve minimum tekerlek aşınması sağlamak için tekerleklerin kaymadan yuvarlanması gerekir. Bu da tekerleklerin taradıkları yayların merkezinin yani ani dönme merkezlerinin çakışık olması koşulundan geçer. Başka bir ifadeyle ani dönme merkezinden tekerleklerin izdüşümlerine uzatılan ışınlar, tekerlek izdüşümüne dik olmalıdır. Bu duruma ideal dönüş geometrisi veya Ackermann geometrisi adı verilir. Ackermann geometrisindeki tekerlek sapma açıları taşıt iz genişliği (w), aks aralığı (l) ve dönüş yarıçapına (R<sub>i</sub>) göre formüle edilebilir. Bir çift tekerleğin ön kenarları içe doğru bakıyorsa buna ön iz açısı; dışa doğru bakıyorsa arka iz açısı denir. İz açısı ayarları iki temel performansı etkiler; lastik aşınması ve düz çizgi istikrarı. Aşırı ön iz açısında, tekerleğin dış kenarları aşınır. Aşırı arka iz açısında, tekerleğin iç köşeleri aşınır. Ön iz açısı, yön istikrarını artırır. Arka iz açısı, yönlendirme tepkisini artırmaktadır. [2]



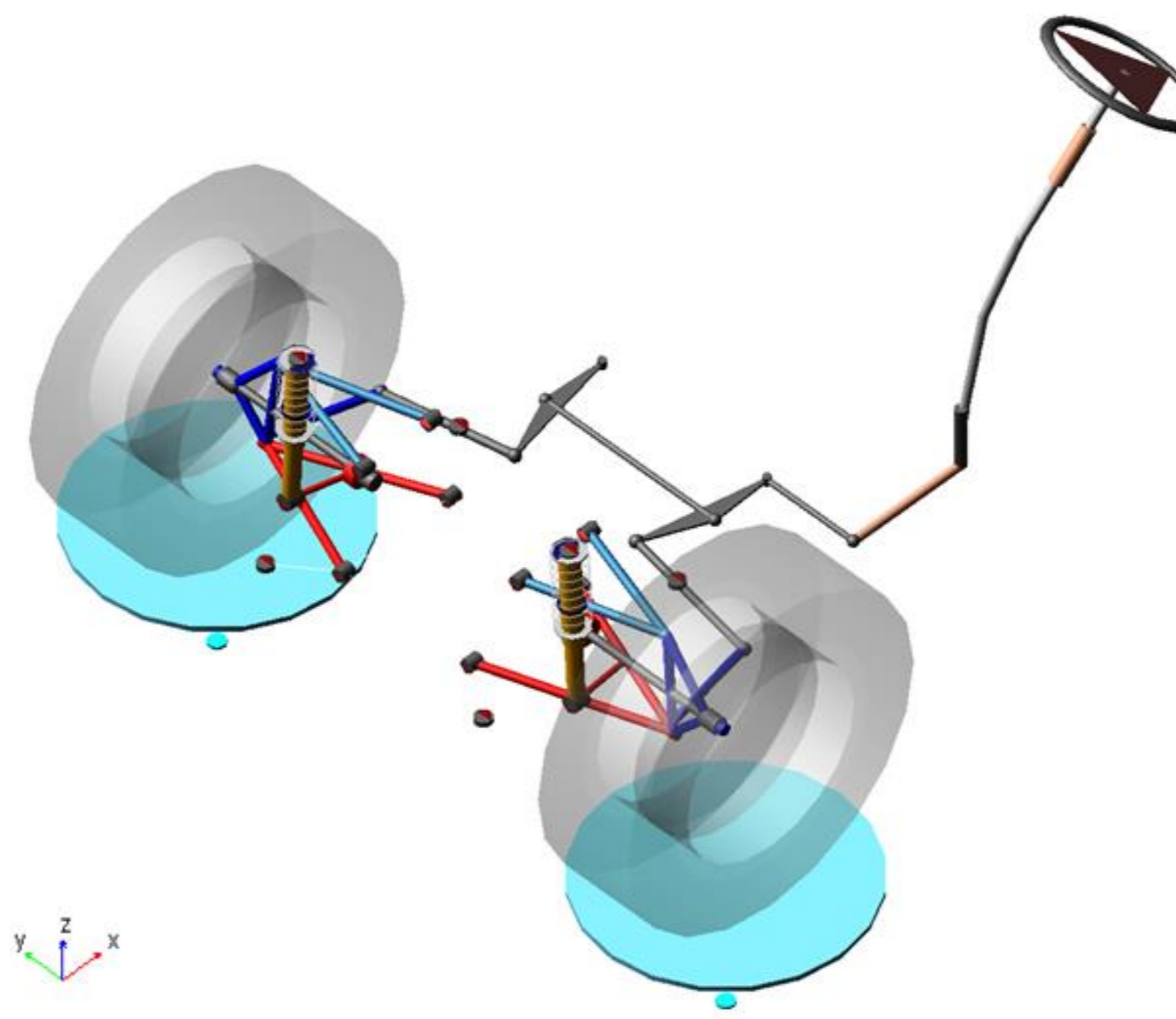
Şekil 2. İz Açısı ve Ackermann Prensipleri [6]-[7]

## YÖNTEM

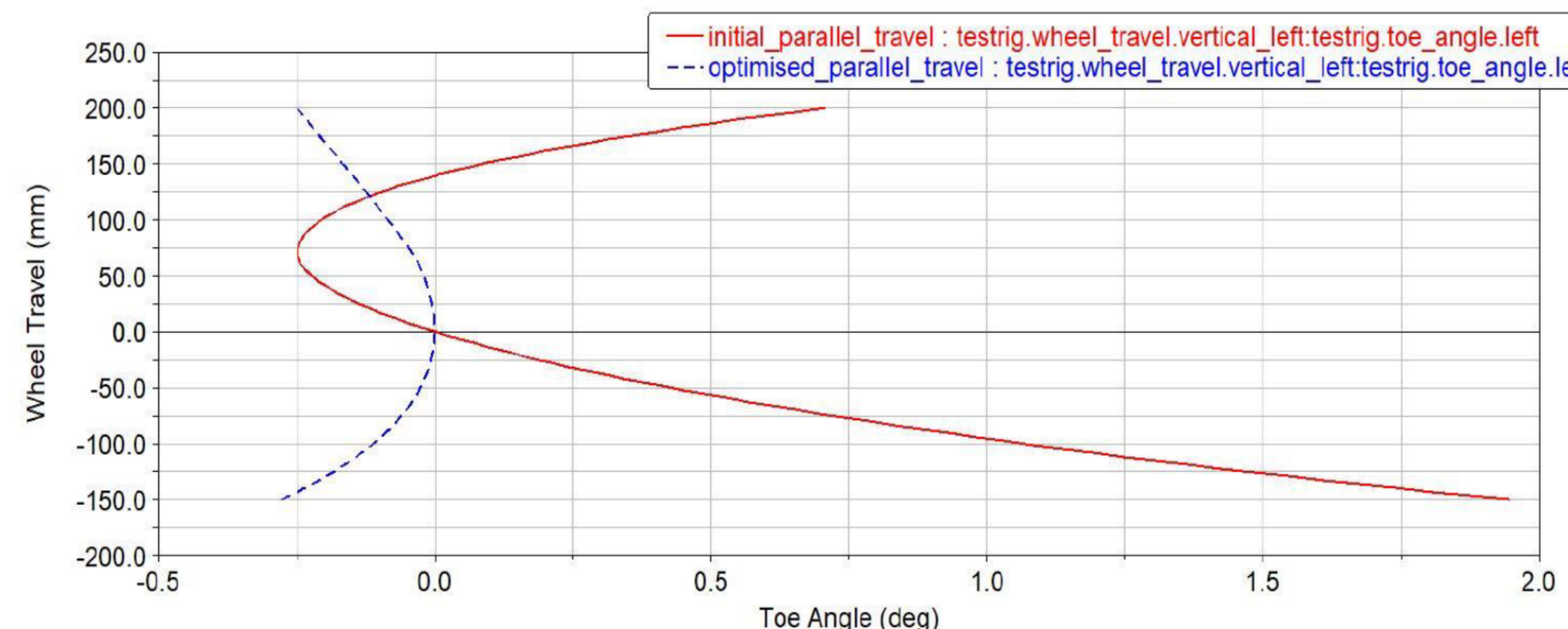
Projenin ilk aşamasında kinematik tasarım, Adams/Car™ programı üzerinden oluşturulmuş olup, ardından optimizasyon işlemi Adams/Insight™ modülündeki Yanıt Yüzey Yöntemi (YYY) ve Merkezi Kompozit Tasarım (MKT) metodları kullanılarak yapılmıştır.



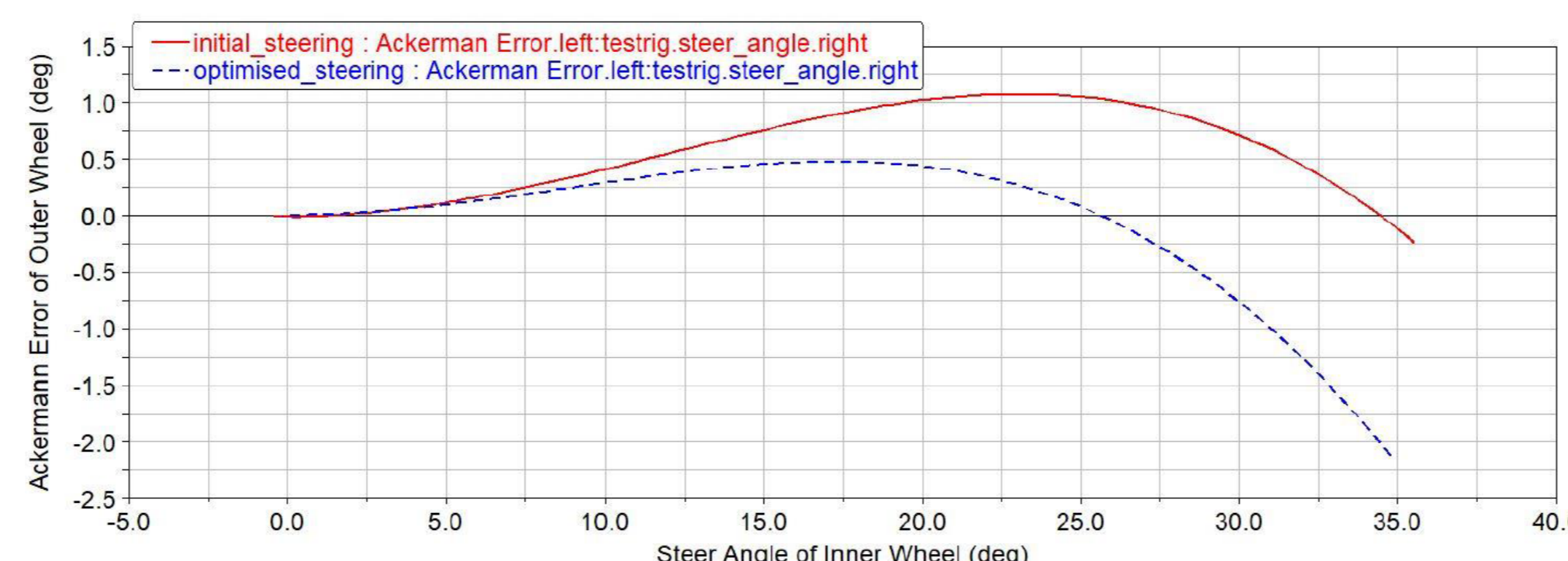
Şekil 3. Yanıt Yüzeyi ve Merkezi Kompozit Tasarım Noktaları [8]



Şekil 4. Adams/Car™ Yarımtaşı Modeli

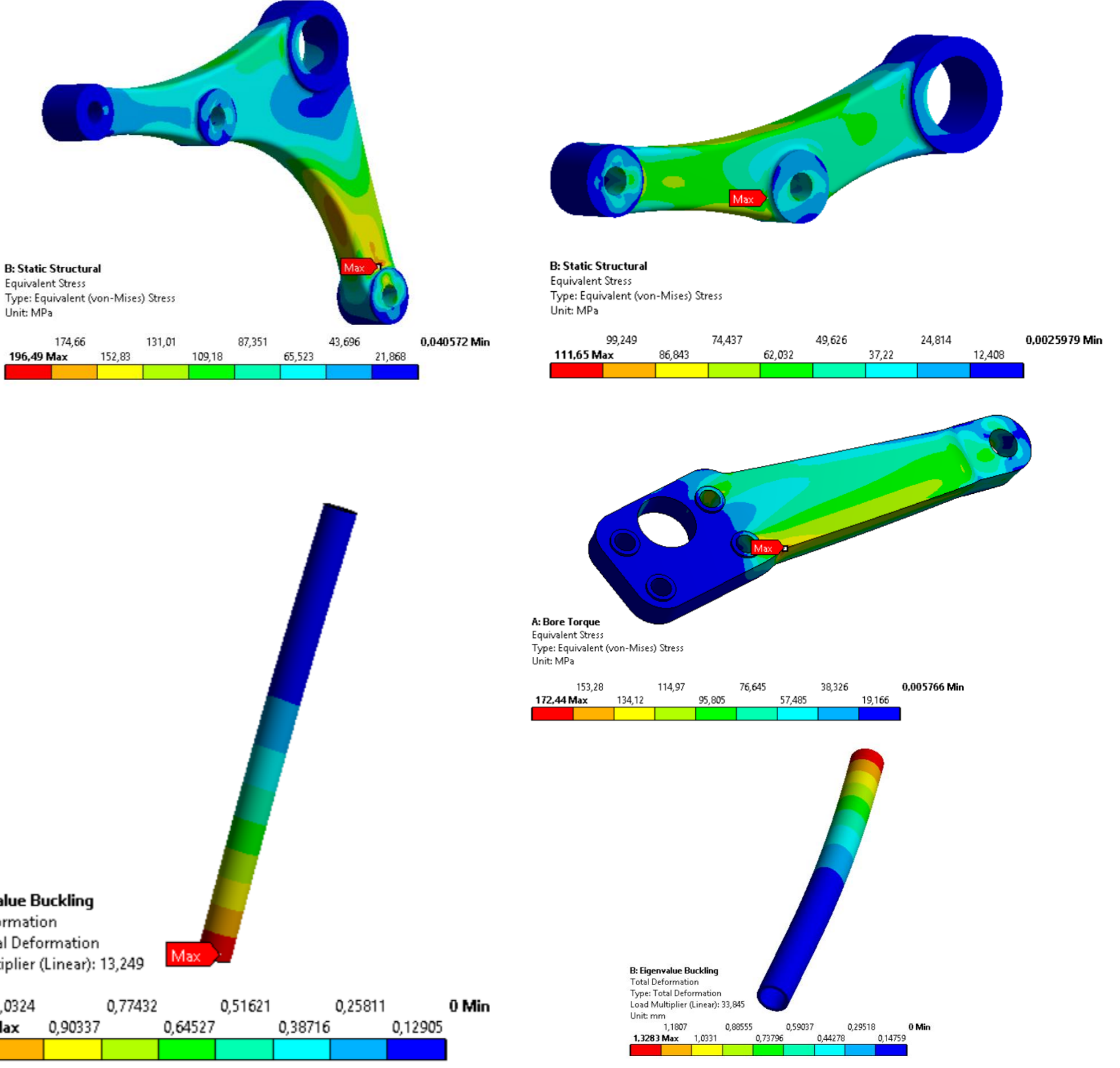


Şekil 5. Optimizasyon Öncesi ve Sonrası İz Açısı Değişimi

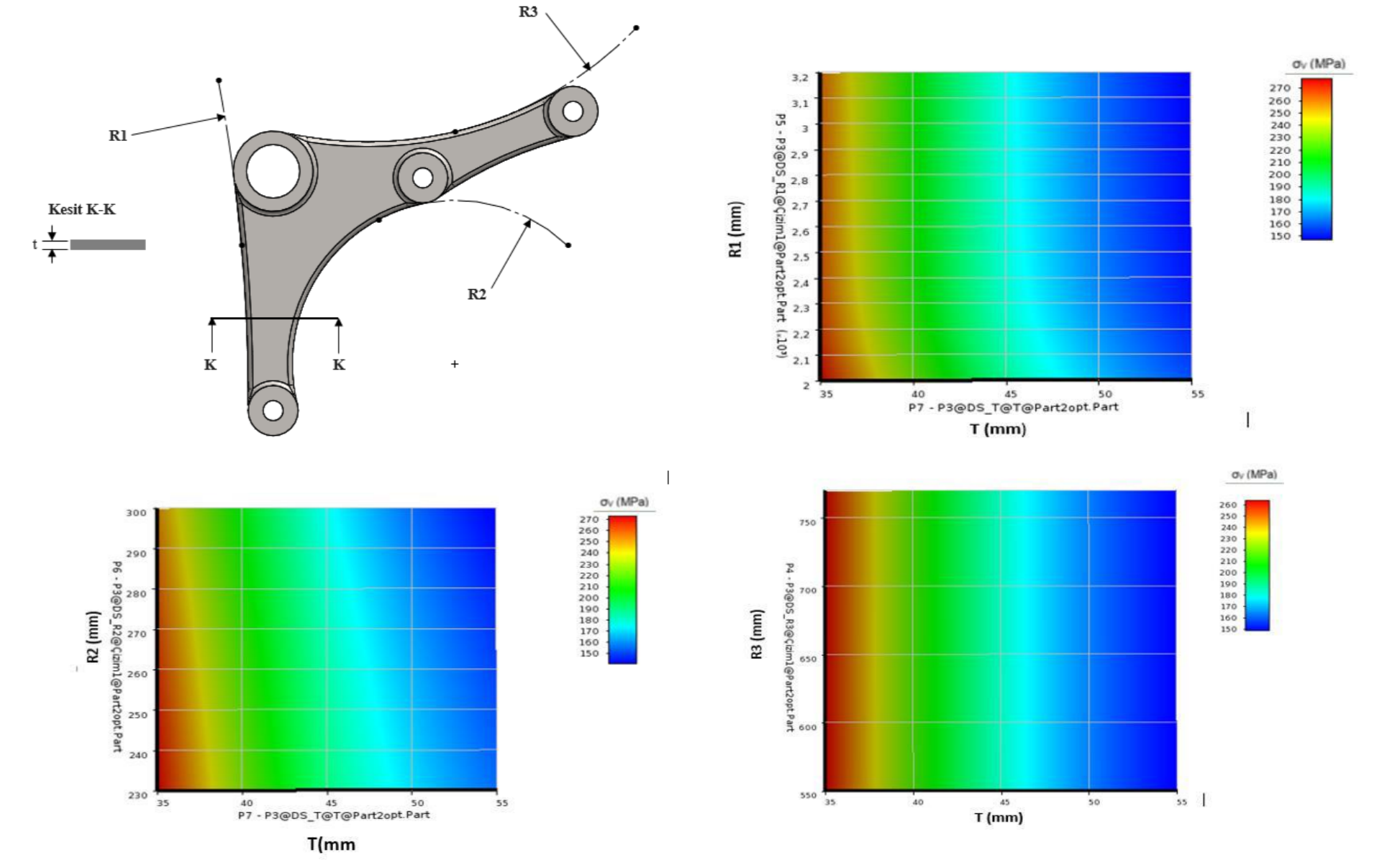


Şekil 6. Optimizasyon Öncesi ve Sonrası Ackermann Açısı Değişimi

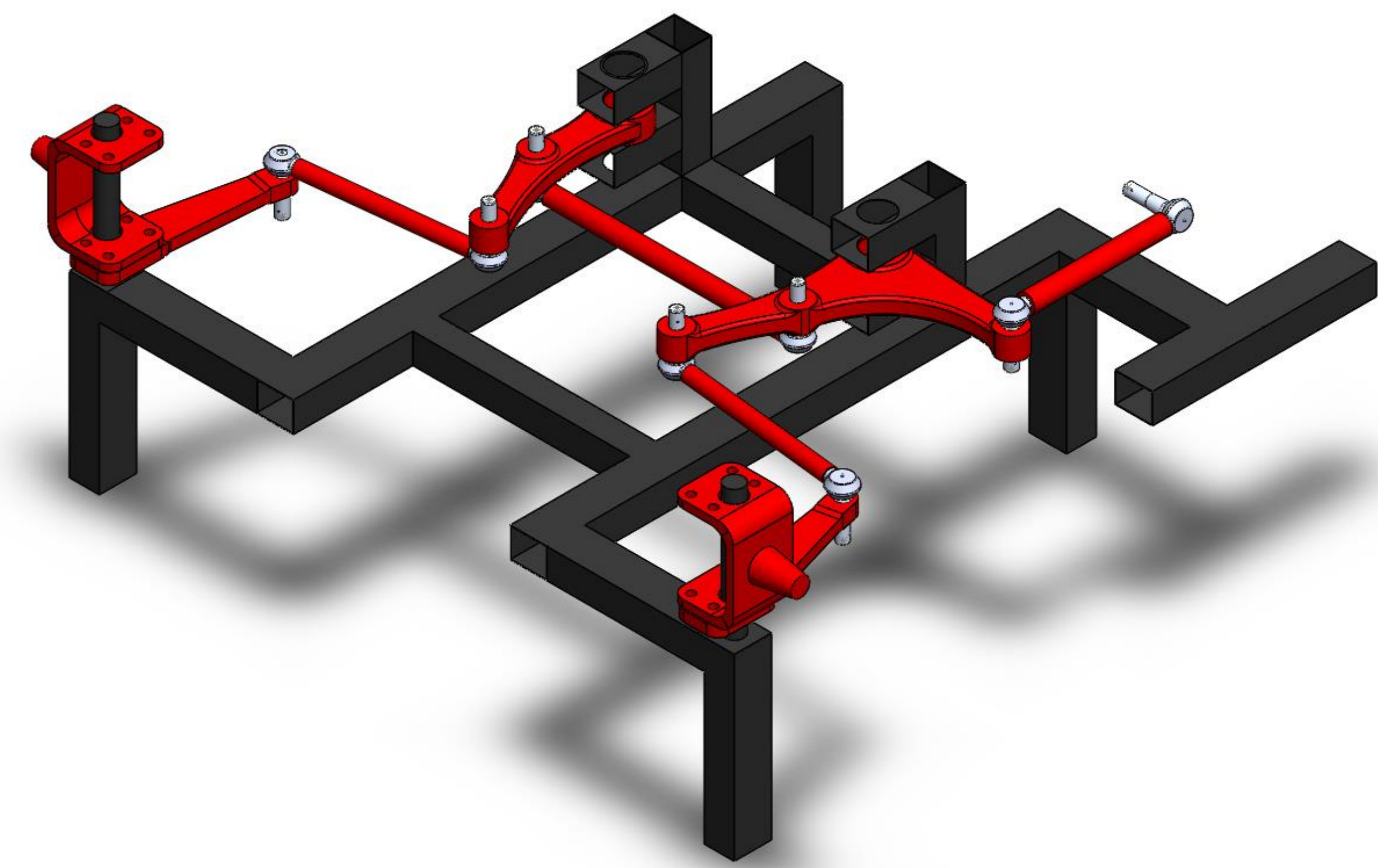
Kinematik tasarım sırasında Adams/Car™ programında belirlenen parça boyutlarının Solidworks yazılımı ile katı modellenmesi oluşturulmuştur. Taşıtın ani fren-tahrik, viraj alma anında üzerine binen yükler göz önüne alınarak sistem parçaları Ansys™ yazılımı üzerinden sonlu elemanlar analizine tabi tutulmuştur. Gerilme ve yorulma sonuçları Deney Tasarımı yöntemiyle optimize edilmiştir.



Şekil 7. Sistem Parçalarının Sonlu Elemanlar Analizleri



Şekil 8. İletim Kolunun Boyut Optimizasyonu İçin Elde Edilen Yanıt Yüzeyleri



Şekil 9. Çok Uzunlu Yönlendirme Sistemi Montajı

## SONUÇLAR

Tasarlanan ve prototip üretimi yapılan yönlendirme sistemi sayesinde askeri taşıtın;

- Daha iyi yol tutuş ve manevra kabiliyeti
- Ackermann hatasının ve iz açısı değişiminin azaltılması
- Lastik aşınmasının azalması
- Araçın doğru bir dönüş geometrisine sahip olması
- Taşıtın toplam kütlesi azaltılması

Kazanımları elde edilmiş olup sistem yerleştirilmiştir.

## TEŞEKKÜR

Araştırma bitirme projemizin başlangıcından bitimine kadar her aşamada projeyi yönlendiren, fikirlerini ve önerilerini bizlerle her an paylaşan, gerektiğinde kaynak desteğini hiçbir zaman esirgemeyen değerli hocalarımız Dr. Mehmet Murat TOPAÇ ve Prof. Dr. Zeki KIRAL'a; projenin oluşmasını mümkün kılan TÜBİTAK ve BMC Otomotiv Sanayii A.Ş.'ye yardımlarından dolayı teşekkürlerimizi sunarız.

## KAYNAKLAR

- [1] TOPAÇ, Mehmet Murat, et al. Optimal kinematic design of a multi-link steering system for a bus independent suspension: An application of response surface methodology. *Mechanics*, 2015, 21.5: 404-413.
- [2] Topaç MM, Karaca M, Deryal U, Atak M. Design and optimization of a bus steering linkage by using response surface methodology. *Jármaı K and Bolló B (Eds.): Vehicle and Automotive Engineering 2: Lecture Notes in Mechanical Engineering Series*, Chapter no: 52, pp. 597-610, 2018. Springer International Publishing AG. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-75677-6\\_52](https://doi.org/10.1007/978-3-319-75677-6_52).
- [3] Topaç MM, Karaca M, Atak M, Deryal U. Response surface-based design study of a relay lever for a bus independent suspension steering mechanism. *IJAET: International Journal of Automotive Engineering and Technologies* 2017;6(Issue 1):1-10. ISSN 2146 – 9067.
- [4] <http://www.bmc.com.tr/savunma-sanayi/savunma-sanayi-ve-ozel-projeler/>
- [5] Reimpell, Stoll ve Betzler, 2004; Heilşing ve Ersoy, 2011
- [6] JAZAR R. N., *Vehicle Dynamics: Theory and Applications*, Springer ,2008
- [7] Turning characteristic study of multi-axle compound steering vehicle GAO Fei, LI Xue-yuan
- [8] Doktora Tezi Cevap Yüzeyi Tasarımları Ve Sinir Ağları Yaklaşımı