

The Key to Future Industrial Transformation: CAD

Çınar Akın AK^{1*}, Ömer Faruk EFE², Koray ALTUN³

^{1*}Department of Smart Systems Engineering, Bursa Technical University, Bursa, Turkey

²Department of Industrial Engineering, Bursa Technical University, Bursa, Turkey

³Department of Industrial Engineering, Bursa Technical University, Bursa, Turkey

Abstract: This study examines the role and impact of computer-aided design (CAD) in industrial transformation. It highlights how CAD systems provide flexibility and freedom compared to traditional methods, offering functionality across a broad spectrum from product design to prototype production. The study emphasizes that CAD is more than just a tool; it serves as a driver of innovation and competitive advantage and details its applications across various industrial sectors. Additionally, it uses the design and analysis of a bus superstructure as an example to illustrate the advantages and potential of leading CAD systems, aiming to help readers better understand CAD's capabilities and how to apply them in their professional fields.

Keywords: Design, Analysis, CAD-System, Digital Engineering, Design Tools

Geleceğin Endüstriyel Dönüşümünün Anahtarı: CAD

Özet: Bu çalışma, bilgisayar destekli tasarımın (CAD) endüstriyel dönüşümdeki rolünü ve etkilerini inceler. CAD sistemlerinin geleneksel yöntemlere göre sağladığı esneklik ve özgürlüğü vurgular, ürün tasarımından prototip üretimine kadar geniş bir yelpazede işlevsellik sunduğunu belirtir. CAD'in bir araç olmaktan öte, inovasyon ve rekabet gücü sağladığına dikkat çeker ve farklı endüstriyel sektörlerdeki kullanım alanlarını detaylandırır. Ayrıca, CAD ile bir otobüs üst yapısının tasarımını ve analizini örnek olarak ele alarak, önde gelen CAD sistemlerinin avantajlarını ve potansiyelini anlamalarına yardımcı olmayı amaçlar.

Anahtar Kelimeler: Tasarım, Analiz, CAD-Sistem, Dijital Mühendislik, Tasarım Araçları

Reference to this paper should be made as follows (bu makaleye aşağıdaki şekilde atıfta bulunulmalı):

AK, Ç. A., EFE, Ö. F., ALTUN, K., 'The Key to Future Industrial Transformation: CAD', Elec Lett Sci Eng , 20(2) , (2024), 70-90.

1. Giriş

Günümüz endüstrisinde, teknolojik gelişmeler ve dijitalleşme sürekli olarak ilerlemekte ve endüstriyel süreçleri kökten değiştirmektedir. Bu değişimin öncülerinden biri de bilgisayar destekli tasarım (CAD) teknolojisi olarak karşımıza çıkıyor (Selçuk ve Zengin, 2021). CAD, mühendislikten mimariye, sanattan endüstriyel üretime kadar geniş bir yelpazede kullanılan ve tasarım süreçlerini dijitalleştiren bir araç olarak ön plana çıkıyor. CAD, bilgisayar tabanlı yazılımların kullanımıyla tasarım süreçlerinin gerçekleştirilmesini sağlayan bir teknolojidir (Junk ve Burkart, 2021). Bu yazılımlar, mühendislerin, mimarların, tasarımcıların ve diğer profesyonellerin ürünlerini dijital ortamda tasarlamalarına, analiz etmelerine ve görselleştirmelerine olanak tanır. CAD yazılımları, karmaşık geometrik şekillerin oluşturulması,

* Corresponding author; cinarakin.ca@gmail.com

düzenlenmesi ve analiz edilmesi gibi süreçleri kolaylaştırır. Ayrıca, tasarım hatalarının erken aşamalarda tespit edilmesine ve düzeltilmesine yardımcı olarak ürün kalitesini artırır ve üretim maliyetlerini düşürmektedir (Heidari ve Losifidis, 2024). Endüstri 5.0 ile dijitalleşme aracı olarak CAD kavramı daha önemli bir seviyeye gelecektir (Güdek, 2023).

Gelecekte, bilgisayar destekli tasarım (CAD) teknolojisinin daha da gelişmesi ve yaygınlaşması beklenmektedir. Bu, endüstrinin dijitalleşmesinin daha da derinleşeceği anlamına gelir ve tasarım süreçlerinin daha da optimize edilmesini sağlayacaktır. Ayrıca, yapay zekâ ve diğer yeni teknolojilerin CAD ile entegrasyonu, tasarım süreçlerini daha da zenginleştirerek ve iyileştirecektir. Öncelikle, CAD nedir ve hangi sektörlerde kullanılır bunlarla ilgili bilgiler ışığında CAD programlarından bilgiler verilecektir. Uygulama çalışması yapılarak konu açıklanmaya çalışılacaktır. Bu çalışma CAD için bir rehber sunmaktadır (Akdulum, 2013).

1.1. Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD): Dijital Tasarımın Derinlemesine İncelenmesi

Bilgisayar destekli tasarım (CAD), ürün tasarım sürecini dijital bir ortamda gerçekleştirmeyi sağlayan bir teknolojidir. Bu teknoloji, mühendislerin, mimarların ve tasarımcıların karmaşık ürünlerin, yapıların veya bileşenlerin üç boyutlu modellerini oluşturmalarına olanak tanır (Kulkarni & Vishwanath, 2024). CAD yazılımları, sadece geometrik şekilleri tasarlamakla kalmaz, aynı zamanda malzeme özellikleri, mekanik özellikler ve analitik veriler gibi birçok detayı içerecek şekilde tasarım yapmayı mümkün kılar (Balzerkiewitz ve Stechert, 2023).

Tablo 1. Bilgisayar destekli tasarım (CAD) sisteminin endüstriyel dönüşüme sağladığı avantajlar.

Avantajlar	Tanımlaması
Çeşitlilik	Bilgisayar destekli tasarım (CAD), mimari projelerden elektronik bileşenlere kadar geniş bir yelpazede kullanılabilir, bu da farklı endüstrilerdeki ihtiyaçları karşılamak için esneklik sağlar.
Analiz ve Simülasyon	CAD yazılımları, tasarımların gerçek dünya koşullarında nasıl davranacağını tahmin etmek için analiz ve simülasyon araçları içerir, böylece tasarım hataları önceden tespit edilebilir.
İşbirliği ve Entegrasyon	Modern CAD platformları, birden fazla kullanıcının aynı projede birlikte çalışmasını ve farklı sistemlerle entegrasyonu kolaylaştırır, böylece verimliliği artırır.
Otomasyon	Bilgisayar destekli imalat (CAM), üretim süreçlerinin otomatikleştirilmesini sağlayarak, insan müdahalesini minimize eder ve tekrar edilebilirliği artırır.
Hassasiyet	Sayısal kontrollü bilgisayar (CNC) makineleri gibi bilgisayar kontrollü ekipmanlar, yüksek hassasiyet ve tekrar edilebilirlik sağlayarak ürün kalitesini artırır.
Üretim Hızı	CAM yazılımları, üretim süreçlerini optimize ederek, daha kısa üretim süreleriyle yüksek hacimli üretimi mümkün kılar, böylece rekabet avantajı sağlar.
Sürdürülebilirlik	Dijital tasarım ve üretim süreçleri, atık ve enerji kullanımını azaltarak sürdürülebilir üretimi teşvik eder, çevresel etkiyi minimize eder.

Özelleştirme	CAD, müşteri taleplerine hızlı bir şekilde adapte olabilecek esneklikte üretim sağlar, böylece müşteri memnuniyetini artırır.
Küresel Rekabet	Dijitalleşme, uluslararası pazarlarda rekabet edebilirliği artırır, şirketlerin küresel ölçekte başarılı olmasını sağlar.
Dijitalleşmenin Öncüsü	CAD uygulamaları, endüstride dijitalleşmenin öncüleri olarak kabul edilir, teknolojik ilerlemeye liderlik eder.

Bilgisayar destekli tasarım (CAD), tasarımcılara ve mühendislere ürünlerini daha hızlı ve daha doğru bir şekilde geliştirme, prototip oluşturma ve üretim süreçlerini optimize etme imkanı sunar (Kılıçarpa ve diğ., 2022). Bu sayede, tasarım süreci daha hızlı ve verimli hale gelir, hatalar minimize edilir ve genel maliyetlerde önemli bir azalma sağlanır.

Bilgisayar destekli tasarım (CAD) tasarımcıların farklı senaryoları kolayca değerlendirmelerine ve tasarımlarını optimize etmelerine olanak tanır (Huang ve diğ., 2015). CAD, endüstriyel tasarım, inşaat, otomotiv, havacılık, savunma, tıp ve birçok başka sektörde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu teknolojinin kullanımı, ürünlerin daha karmaşık hale gelmesiyle birlikte giderek daha önemli hale gelmiştir (Dubovska ve diğ., 2014).

CAD yazılımları, tasarımcılara ve mühendislere yaratıcılıklarını ifade etme ve tasarımlarını gerçeğe dönüştürme konusunda geniş olanaklar sunar. Tablo 1’de verildiği gibi bu avantajlar sayesinde, CAD/CAM teknolojisi geniş bir kullanım alanına sahip olup, endüstrinin çeşitli alanlarında verimliliği artırır, maliyetleri düşürür ve ürün kalitesini yükseltir. CAD, CAM, CNC ve CAE, mühendislik ve üretim süreçlerinde kullanılan temel yazılım ve teknolojilerdir. Bunlar;

- CAD (Bilgisayar Destekli Tasarım): Dijital ortamda 2D ve 3D tasarımlar oluşturmayı sağlar, bu sayede mühendisler ve tasarımcılar ürünleri dijital olarak görselleştirip, simüle ederek tasarımlarını hızlıca güncelleyebilir ve optimize edebilir.
- CAM (Bilgisayar Destekli İmalat): CAD ile yapılan tasarımları CNC makinelerine aktararak üretim sürecini otomatikleştirir, böylece karmaşık parçalar hızlı ve verimli bir şekilde üretilir ve üretim hataları minimize edilir.
- CNC (Bilgisayar Sayısal Kontrol): Bilgisayar kontrollü makineler aracılığıyla malzemeleri yüksek hassasiyetle kesme, şekillendirme ve delme işlemlerini gerçekleştirir, bu da seri üretimde tutarlılık ve kalite sağlar.
- CAE (Bilgisayar Destekli Mühendislik): Ürünlerin performansını ve dayanıklılığını simülasyonlarla analiz ederek, tasarım sürecinde maliyetleri düşürür ve ürünlerin uzun vadeli güvenilirliğini artırır.

CAD ile dijital 2D ve 3D modeller oluşturulur, CAM bu tasarımları CNC makinelerine aktararak üretimi otomatikleştirir. CNC makineleri bu verilerle malzemeleri hassas şekilde işler.

CAE ise ürün performansını analiz ederek, tasarımın farklı koşullarda nasıl çalışacağını simüle eder. Bu süreçler birlikte daha verimli, hatasız ve maliyet etkin üretim sağlar.

1.2. Bilgisayar Destekli Tasarım'ın (CAD) Kullanıldığı Bazı Ana Sektörler

Bilgisayar destekli tasarım (CAD) yazılımları, mühendislik, mimarlık, otomotiv, havacılık ve daha birçok sektörde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yazılımlar, tasarım süreçlerini dijitalleştirerek verimliliği artırır, maliyetleri düşürür ve ürün kalitesini artırır. Özellikle, karmaşık geometrik şekillerin tasarımı ve analizi gibi alanlarda CAD yazılımlarının kullanımı vazgeçilmezdir. CAD teknolojisinin tercih edilmesinin bir diğer nedeni, tasarım süreçlerini hızlandırması ve ürün geliştirme sürecinde daha etkili kararlar alınmasını sağlamasıdır (Huang ve diğ., 2015).

Bu yazılımlar, tasarımcılara ve mühendislere benzersiz bir özgürlük ve esneklik sunar, böylece daha yaratıcı ve yenilikçi çözümler üretebilirler. Ayrıca, CAD 'in simülasyon ve analiz araçları sayesinde tasarımların gerçek dünya koşullarında nasıl davranacağı önceden tahmin edilebilir, bu da tasarımların optimize edilmesine ve hata maliyetlerinin azaltılmasına olanak tanır. Bu nedenle, mühendislik ve tasarım alanında çalışan profesyoneller için vazgeçilmez araçlardır (Huczala ve diğ., 2024).

Mühendislik ve İmalat:

Mühendislik alanlarında kullanılan bilgisayar destekli tasarım (CAD), otomotiv, havacılık, makine mühendisliği, elektrik ve elektronik gibi sektörlerde, ürün tasarımı, parça modelleme, montaj tasarımı ve imalat süreçlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Chaudhari ve diğ., 2024). Bu yazılım, yeni ürünlerin tasarımından imalat süreçlerine kadar geniş bir yelpazede kullanılan temel bir araçtır, mühendislerin ve tasarımcıların projelerini başarıyla yönetmelerini sağlar.

Mimarlık ve İnşaat:

Mimari tasarım, yapısal analiz, iç mekan tasarımı ve bina bilgi modellemesi (BIM) gibi alanlarda bilgisayar destekli tasarım (CAD), bina tasarımı ve proje yönetimi için temel bir araçtır. CAD yazılımları, mimarların ve mühendislerin binaların tasarımı ve geliştirilmesi sürecinde önemli bir rol oynar. Bu yazılımlar, mimari projelerin oluşturulmasından başlayarak, detaylı planlamaya, tasarımın görselleştirilmesine ve sonunda inşaatın yönetimine kadar geniş bir yelpazede işlevsellik sunar. Ayrıca, CAD teknolojisi sayesinde mimarlar ve mühendisler, projelerindeki değişiklikleri hızlı bir şekilde uygulayabilir, tasarımlarını optimize edebilir ve projelerini daha etkili bir şekilde yönetebilirler. Böylece, CAD, mimari ve inşaat sektörlerinde

verimliliği artırırken, daha güvenilir ve estetik açıdan tatmin edici sonuçlar elde edilmesine olanak tanır.

Endüstriyel Tasarım:

Endüstriyel tasarım alanlarında kullanılan bilgisayar destekli tasarım (CAD), tüketici ürünleri, mobilya, ambalaj tasarımı, moda ve takı gibi çeşitli sektörlerde ürün tasarımı ve prototipleme süreçlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yazılım, farklı endüstrilerde ürün tasarımıyla ilgilenen profesyonellere geniş bir yelpazede işlevsellik sunar, tasarım süreçlerini optimize eder ve yenilikçi ürünlerin geliştirilmesine olanak tanır.

Enerji ve Yenilenebilir Enerji:

Bilgisayar destekli tasarım (CAD), enerji santralleri, rüzgar türbinleri, güneş panelleri ve enerji iletim hatları gibi enerji projelerinin tasarımı ve analizi için kritik bir araç olarak kullanılır. Bu projelerde, CAD, tesislerin yerleşim düzenlemelerini, ekipman yerleşimlerini ve yapısal tasarımlarını oluştururken, simülasyon ve analiz yetenekleriyle performansı değerlendirir.

Tıp ve Sağlık:

Bilgisayar destekli tasarım (CAD), tıbbi cihaz tasarımı, protez ve implant tasarımı ile hastane planlaması ve sağlık tesislerinin tasarımı gibi sağlık sektörü alanlarında sıkça kullanılır. Bu alanlarda, CAD yazılımları, tasarım süreçlerini sağlık profesyonellerine ve tasarımcılara kolaylaştırır ve tesislerin yerleşim düzenlemelerini ve iç mekan planlarını oluşturmak için kullanılır.

Eğitim ve Akademik Araştırmalar:

Mühendislik, mimarlık ve tasarım eğitimi alanlarında bilgisayar destekli tasarım (CAD), öğrencilerin pratik deneyim kazanmasını ve teorik bilgilerini uygulamaya dönüştürmelerini sağlar. Ayrıca, CAD, öğrencilere projelerini dijital ortamda oluşturma ve sunma becerileri kazandırarak, gelecekteki kariyerleri için önemli bir temel oluşturur.

Grafik Tasarım ve Animasyon:

Film ve video oyun endüstrilerinde, bilgisayar destekli tasarım (CAD) yazılımları, karakter tasarımı, set tasarımı, efektlerin oluşturulması ve animasyon gibi alanlarda kritik bir rol oynar. Bu yazılımlar, sanatçılara ve tasarımcılara dijital ortamda kreatif projeler geliştirme imkanı sunar ve görsel hikayelerin oluşturulmasını destekler.

2. Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD) Programları

CAD (Bilgisayar Destekli Tasarım) programları, mühendislik, mimarlık, iç mimarlık, endüstriyel tasarım ve çeşitli diğer alanlarda kullanılan yazılımlardır. Bu programlar, kullanıcıların üç boyutlu nesnelerin tasarımını oluşturmasına, düzenlemesine ve analiz etmesine

olanak tanır (Özkan ve diğ., 2014). CAD programları tercih edilirken, sektör ihtiyaçları, kullanıcı deneyimi, entegrasyon yetenekleri ve desteklenen dosya formatları gibi faktörler göz önünde bulundurulmalıdır (Junk ve Burkart, 2021). Örneğin, mekanik tasarım için SolidWorks veya Catia gibi programlar tercih edilebilirken, mimari tasarım için AutoCAD daha uygun olabilir.

AutoCAD:

Autodesk tarafından geliştirilen ve geniş bir kullanıcı kitlesine sahip popüler bir bilgisayar destekli tasarım (CAD) yazılımıdır. Mimari tasarım, mühendislik, inşaat gibi pek çok endüstride yaygın olarak kullanılır. Esnek ve kapsamlı özellikleri, kullanıcılara 2D ve 3D çizimler oluşturma, düzenleme ve analiz etme imkanı sunar. Ayrıca, modüler yapısı farklı sektörlerdeki özel ihtiyaçlara uyum sağlar. Kullanıcı dostu arayüzü ve geniş öğrenim kaynakları, yeni kullanıcıların hızla programı öğrenmesine yardımcı olurken, deneyimli kullanıcılar için de etkili bir çalışma ortamı sunar. Bu nedenlerle, AutoCAD endüstri standartlarından biri olarak kabul edilir ve profesyoneller arasında yaygın olarak tercih edilir (Chaudhari ve diğ., 2024).

Siemens Nx:

Siemens PLM Software tarafından geliştirilen NX, endüstriyel kullanıcılar için tasarlanmış bir CAD/CAM/CAE yazılımıdır ve kapsamlı tasarım, analiz ve üretim özellikleri sunar. 3D modelleme, montaj tasarımı, mühendislik simülasyonu ve CNC işleme gibi işlevselliklerle çeşitli endüstrilerde kullanılır; bu sayede kullanıcılar, ürün geliştirme süreçlerini optimize edebilir ve verimliliklerini artırabilme imkanı sunar (Junk ve Burkart, 2021).

SolidWorks:

Dassault Systèmes'un geliştirdiği SolidWorks, makine mühendisliği ve ürün tasarımı alanlarında sıkça kullanılan güçlü bir 3D CAD yazılımıdır. Özellikle katı modelleme ve montaj tasarımı konularında etkilidir. Kullanıcılarına geniş bir özellik yelpazesi sunar ve karmaşık tasarım problemlerini çözmek için çeşitli araçlar sağlar (Abdallah ve diğ., 2022). Kullanıcı dostu arayüzü ve hızlı öğrenme eğrisi, verimliliği artırır ve tasarım süreçlerini daha etkili hale getirir. Bu da mühendislerin ve tasarımcıların daha hızlı ve doğru sonuçlar elde etmelerini, ürün geliştirme süreçlerini optimize etmelerini ve rekabet avantajı sağlamalarını sağlar (Özkan ve diğ., 2014).

Fusion 360:

Autodesk'un bulut tabanlı bir CAD/CAM/CAE platformudur. Tasarım, simülasyon ve üretim gibi birçok süreci bir araya getirir. Kullanıcılar, işbirliği yapma ve verimliliği artırma imkanına sahiptir. Bulut tabanlı yapısı, herhangi bir cihazdan ve herhangi bir yerden erişim sağlar. Simülasyon özellikleri, tasarımın gerçek dünya koşullarında nasıl davranacağını analiz etme ve optimize etme yeteneği sunar. (Junk ve Burkart, 2021).

SketchUp:

Trimble tarafından geliştirilen SketchUp, mimarlık ve iç mekan tasarımında kullanılan kullanıcı dostu bir 3D modelleme yazılımıdır. Basit arayüzü sayesinde hızlı modelleme imkanı sunar ve geniş eklenti kitaplığı ile tasarım süreçlerini özelleştirir. Ayrıca, görsel sunumlar ve işbirliği için ideal bir platform sağlar, böylece tasarımcılar projelerini etkili bir şekilde iletişim kurabilir ve paylaşabilir. (Carmona ve diğ., 2021)

Catia:

Dassault Systems'un geliştirdiği Catia, endüstriyel tasarım ve mühendislik alanlarında kullanılan kapsamlı bir yazılımdır (Dubovska ve diğ., 2014). Özellikle uçak, otomobil, gemi gibi karmaşık projelerde tercih edilir. Catia, tasarımcılara ve mühendislere geniş bir işlevsellik sunar ve katı modelleme, yüzey modelleme, montaj tasarımı, simülasyon ve veri yönetimi gibi çeşitli özelliklere sahiptir (Akdulum, 2013). Bu, farklı disiplinler arasında işbirliği yapmayı ve projenin tüm yönlerini etkili bir şekilde yönetmeyi sağlar. Catia'nın güçlü ve esnek yapısı, endüstriyel tasarım ve mühendislik projelerinde verimliliği artırır ve yenilikçi ürünlerin geliştirilmesine olanak tanır. Bu program ile bir uygulama çalışmada verilmiştir (Junk ve Burkart, 2021).

BricsCAD:

Bricsys tarafından geliştirilen ve AutoCAD'e benzer bir CAD yazılımıdır. Hem 2D hem de 3D tasarım işlemleri için kullanılabilir. Kullanıcı dostu arayüzü ve geniş özellik yelpazesıyla profesyonel bir çözüm sunar. AutoCAD'e geçiş kolaydır ve yeni kullanıcıların hızla öğrenmelerini sağlar. Esnek tasarım yetenekleri farklı endüstrilerdeki ihtiyaçları karşılar. Uygun maliyeti ve yüksek performansıyla profesyoneller arasında tercih edilir, bu nedenle AutoCAD'e alternatif olarak popülerdir.

Ansys:

Karmaşık mühendislik analizleri için güçlü bir yazılımdır. Yapısal analiz, akışkanlar dinamiği, ısı transferi gibi birçok analiz türünü destekler. Ayrıca, elektromanyetik alan simülasyonları, manyetik analizler, titreşim analizleri ve yorgunluk analizleri gibi çeşitli mühendislik problemlerini çözmek için geniş bir araç seti sunar. Yüksek doğruluk ve hassasiyetiyle tercih edilir (Menter, 2012). Geniş simülasyon ortamı, farklı mühendislik disiplinleri arasında etkileşimi kolaylaştırır. Bu nedenle, karmaşık problemleri çözmek ve ürün geliştirme sürecinde verimliliği artırmak için güvenilir bir çözümdür (Uludamar ve Tüccar, 2017). Bu program ile bir uygulama çalışmada verilmiştir.

2.1. Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD) Programı Seçimi

CAD dünyasında birçok farklı program bulunmaktadır. Hangi CAD programının seçileceği, kullanıcıların ihtiyaçlarına, deneyimlerine ve tercihlerine bağlıdır. Her programın farklı özellikleri, arayüzleri ve yetenekleri vardır, bu nedenle bir kullanıcının seçim yaparken dikkate alması gereken birçok faktör bulunmaktadır.

Bu nedenle, CAD programı seçerken dikkatli bir değerlendirme yapmak ve kullanıcı ihtiyaçlarını en iyi şekilde karşılayacak olanı seçmek önemlidir. CAD programı seçerken göz önünde bulundurulması gerekenler kısaca;

- **Kullanıcı İhtiyaçları:** İlk olarak, kullanıcıların ihtiyaçlarına ve beceri düzeylerine göre bir CAD programı seçilmelidir. Başlangıç seviyesinde kullanıcılar için kullanımı kolay ve öğrenmesi hızlı olan bir program tercih edilirken, deneyimli profesyoneller için daha gelişmiş özelliklere sahip olan bir program daha uygun olabilir.
- **Fonksiyonellik:** CAD programlarının sunduğu fonksiyonellikler büyük farklılıklar gösterebilir. Tasarım, analiz, simülasyon, veri yönetimi ve işbirliği gibi alanlarda ihtiyaç duyulan özelliklere göre bir program seçilmelidir.
- **Maliyet:** CAD programlarının maliyeti, genellikle kullanıcıların bütçelerini etkileyen önemli bir faktördür. Programın satın alma maliyeti yanı sıra bakım, güncelleme ve lisanslama maliyetleri de göz önünde bulundurulmalıdır.
- **Güvenilirlik ve Performans:** Seçilen CAD programının güvenilir ve performanslı olması önemlidir. Programın stabilitesi, hızı ve kullanılabilirliği, tasarım sürecinin verimliliğini doğrudan etkiler.
- **Gelecek Güvencesi:** Seçilen CAD sağlayıcısının gelecekteki güncellemeleri ve geliştirmeleri sunma yeteneği de göz önünde bulundurulmalıdır. Teknolojinin sürekli olarak ilerlediği bir ortamda, programın gelecekteki ihtiyaçlara cevap verebilmesi.

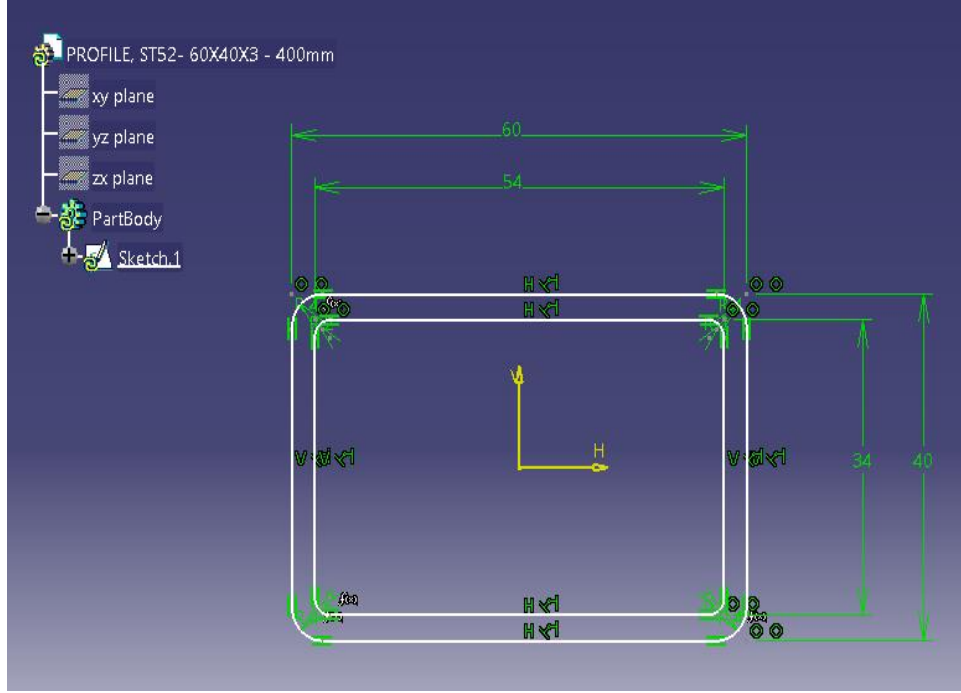
3. Materyal ve Metot

Bu örnek çalışma için, maliyeti ve fonksiyonellik gibi sebeplerden dolayı Catia ve Ansys programı tercih edilmiştir. Bir otobüsün üst yapısının modüller ile yapılışı Catia üzerinde anlatılmış ve bir tasarım süreci nasıl başlanmalı, nelere dikkat edilmeli, hangi modüller ile neler yapılabileceği açıklanmıştır. Ardından analiz çalışması için Ansys programı tercih edilmiş ve şasi üzerine yük verilerek dayanım testi yapılmıştır.

3.1. Catia Uygulaması

3.1.1. Part design modülü (parça tasarımı)

Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD) yazılımlarında parça tasarımının temelini oluşturan ve 3 boyutlu parça modellemesi için kritik bir modüldür. Tasarımcılara parçaları oluşturma, düzenleme yeteneği sağlar (Roj, 2014). Özellikle ürün geliştirme sürecinin başlangıcında kullanılan bu modül, tasarımın şeklini ve boyutlarını belirlemede hayati bir rol oynar.

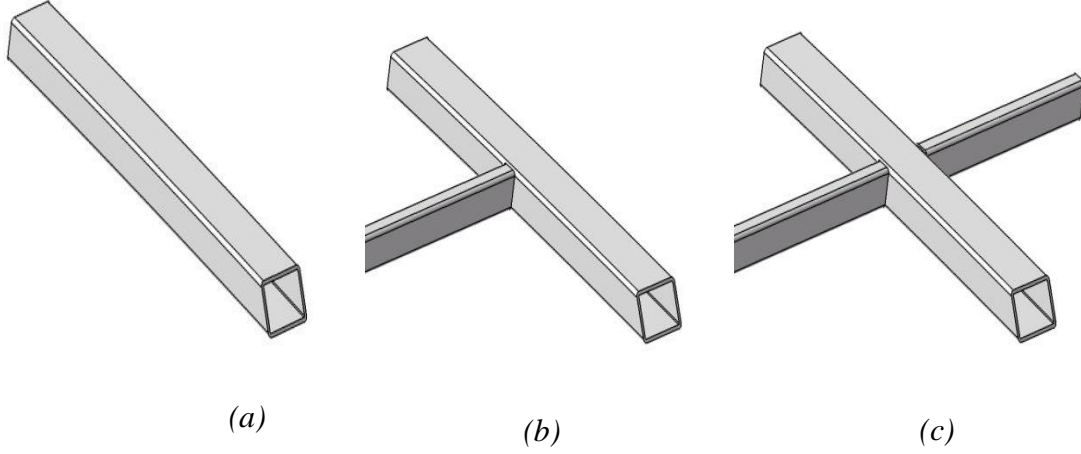


Şekil 1. Profilin Catia sketch ortamında iki boyutlu ilk çizimi.

Mühendisler ve tasarımcılar, ölçülendirme, kesme, birleştirme ve diğer çeşitli operasyonları gerçekleştirerek parçaları oluşturma aşamasında bu modülden yararlanırlar (Özkan ve diğ., 2014). Çalışmamız, profillerden oluşan bir üst yapı tasarımı olduğundan, bu modül ilk adımda kullanılmaktadır. Otobüs şasisinin tasarım sürecine, Şekil 1’de gösterildiği gibi, profillerin iki boyutlu olarak çizilmesiyle başlanır. Bu aşamada, profillerin temel şekilleri ve ölçüleri belirlenir.

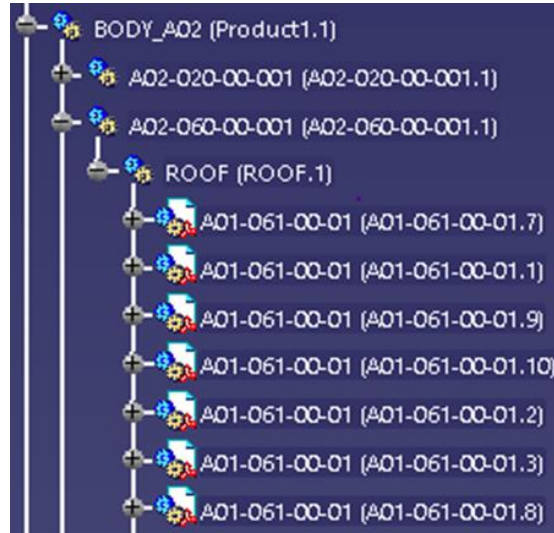
Ardından, katı modelleme işlemi ile bu iki boyutlu çizimlere boyut kazandırılır ve Şekil 2(a)’da gösterildiği gibi üç boyutlu nesnelere oluşturulur. Her profil, tek tek çizilerek yapı oluşturulmaya çalışılır, ancak aynı boyut ve tipteki profillerin tekrar tekrar çizilmesine gerek kalmadan, “Assembly Design” modülü yardımıyla çoğaltılır ve montajlanır. Bu montaj işlemi, tasarım sürecinin hızlanmasına ve tekrar eden işlemlerin kolaylaşmasına olanak tanır. Bu

aşamadan sonra, bir sonraki modülde süreç daha detaylı anlatılacaktır. İlk tasarım süreci bu adımlarla başlatılır ve devam eder.



Şekil 2. Katı modelleme ile oluşturulan profillerin eklenmesi ile üst yapının örülmesi, (a) İlk çizilen tek profil modeli, (b) ilk profile, İkinci farklı tip profilin aynı yöntem ile eklenmesi, (c) İkinci profilin tekrar çizilmeden çoğaltılması ile yapının örülmesi.

3.1.2. Assembly design modülü (montaj tasarımı)



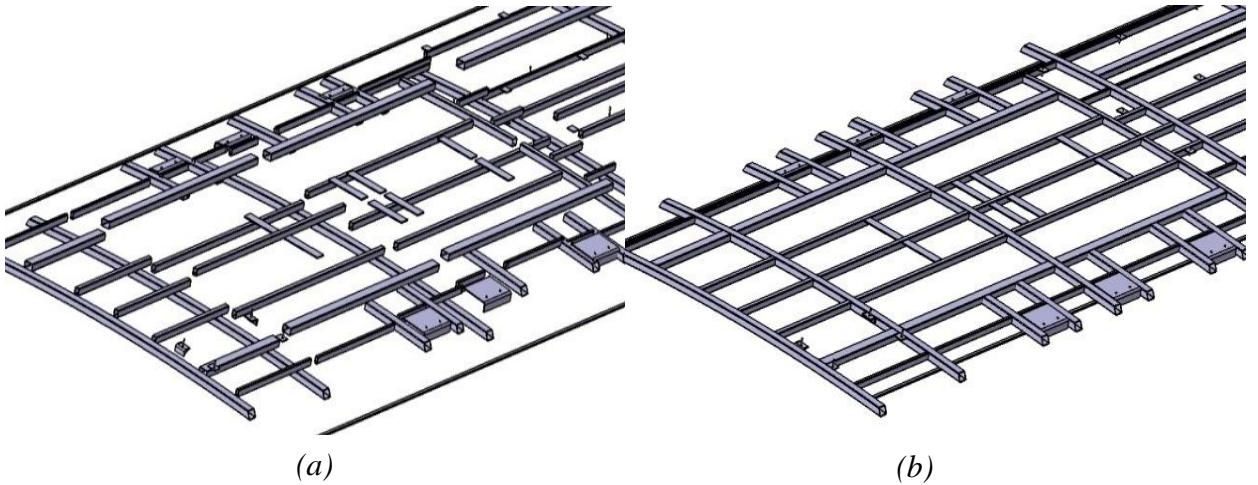
Şekil 3. Catia programının montaj modülü ürün ağacı.

Assembly Design, CAD yazılımlarında özellikle ürün geliştirme sürecinde önemli bir rol oynayan bir modüldür. Bu modül, parçaların bir araya getirilip monte edilmesini kolaylaştırarak tasarım sürecini hızlandırır ve verimliliği artırır. Ayrıca, montajların oluşturulması ve yönetilmesi gibi işlemlerle birlikte parçalar arasındaki etkileşimleri simüle etme ve montajların uygunluğunu kontrol etme yetenekleri sunar.

Ürünün malzeme listesinin (BOM) görüldüğü kısımdır. Tüm profiller bu komut ile istenilen şekilde montajlanır. Ayrıca, her bir parçanın adı ve özellikleri Şekil 3'te gösterildiği gibi sol üst köşeye yazılarak, parçanın ne olduğu ve boyutları belirtilir. Farklı tiplerdeki her parça farklı kod alırken, aynı parçanın birden fazla kullanılması durumunda farklı kod almayarak aynı kod ile kullanılmaktadır.

Bu listedeki her bir parça, montaj modülü kullanılarak adım adım bir araya getirilecek ve sonunda tek bir bütünleşik yapı elde edilecektir. Şekil 4(a)'de gösterildiği gibi, montaj öncesinde parçalar bir araya getirilmiş ve uygun konumlarına yerleştirilmiştir. Bu aşamada, parçaların birbirleriyle olan uyumu ve yerleşimi kontrol edilerek, her birinin doğru pozisyonda olduğundan emin olunmaktadır.

Ardından, Şekil 4(b)'de görüldüğü üzere, parçalar montaj işlemi tamamlanarak birleştirilmiş ve tam bir yapı oluşturulmuştur. Bu süreçte, her bir parçanın doğru sıralamayla monte edilmesi, yapının sağlamlığı ve işlevselliği açısından kritik öneme sahiptir. Montaj işlemi tamamlandığında, tüm parçalar tek bir entegre sistem olarak çalışmaya hazır hale gelir.

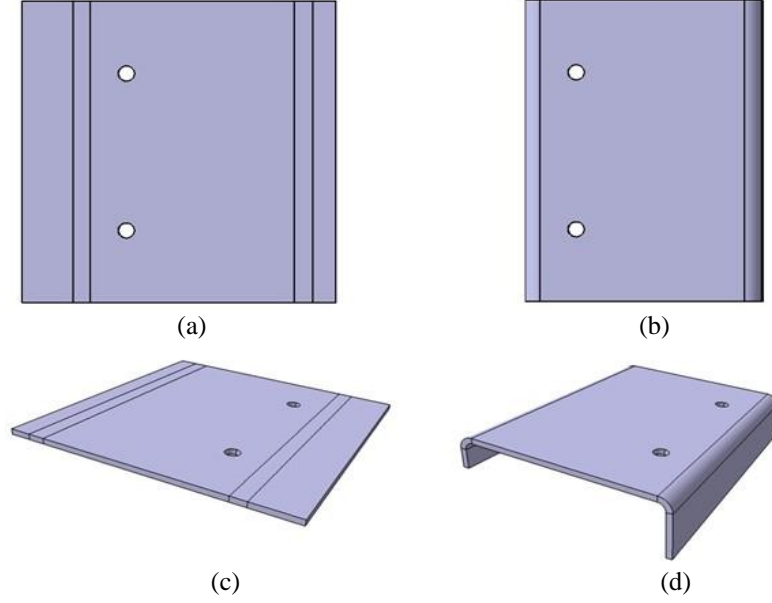


Şekil 4. Teker teker ayrı çizilen, üst yapı profillerinin montaj çalışması, (a) Patlatılmış (modellenmiş) ve montajlanmayı bekleyen profiller, (b) Montaj çalışması ile üst yapının oluşturulması.

3.1.3. Generative sheet design Mmodülü (sac tasarımı)

Endüstriyel tasarım ve mühendislik alanlarında kullanılan önemli bir modüldür. Bu modül, levha malzemelerin şekillendirilmesini sağlar ve geleneksel tasarım yöntemlerinden farklı olarak geometrik kısıtlamaları azaltarak tasarımcılara özgürlük sunar. Levha metal tasarımı, otomotiv, havacılık gibi sektörlerde yaygın olarak kullanılmaktadır çünkü bu sektörlerde parçaların hafif, sağlam ve karmaşık geometrilere sahip olması gerekmektedir. Levha malzemelerin incelikle

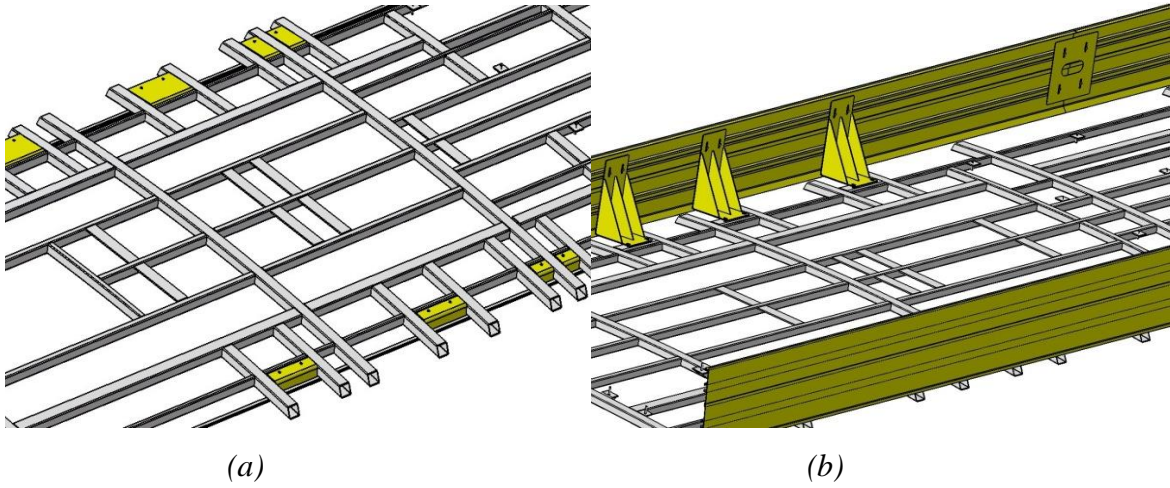
şekillendirilmesi, ürünlerin işlevselliğini ve estetik özelliklerini iyileştirirken aynı zamanda üretim sürecini de optimize eder. Levha metal tasarımında sunduğu bu avantajlar, modern mühendislik uygulamalarında vazgeçilmez bir hale gelmiştir.



Şekil 5. Sheet design modülü ile çizilen modelin, büküm öncesi ve sonrası görünümleri, (a) Büküm yapılmamış, iki boyutlu görünüş, (b) Büküm yapılmamış, üç boyutlu izometrik görünüş, (c) Büküm yapılmış, iki boyutlu görünüş (d) Büküm yapılmış, üç boyutlu izometrik görünüş.

Üst yapının braket, lama, sac gibi çeşitli parçaları, Şekil 5'te gösterildiği gibi, bu modül kullanılarak detaylı bir şekilde tasarlanmaktadır. Bu tasarım aşamasında, her bir parça dikkatle boyutlandırılır ve yapının genel dizaynına uyumlu olacak şekilde modellenir. Bu parçalar, tasarım tamamlandıktan sonra montaj modülüne aktarılır ve yapı üzerindeki ilgili kısımlara doğru bir biçimde monte edilir. Montaj işlemi sırasında, her parçanın doğru yerleştirildiğinden emin olunur, böylece yapının bütünlüğü ve dayanıklılığı sağlanır.

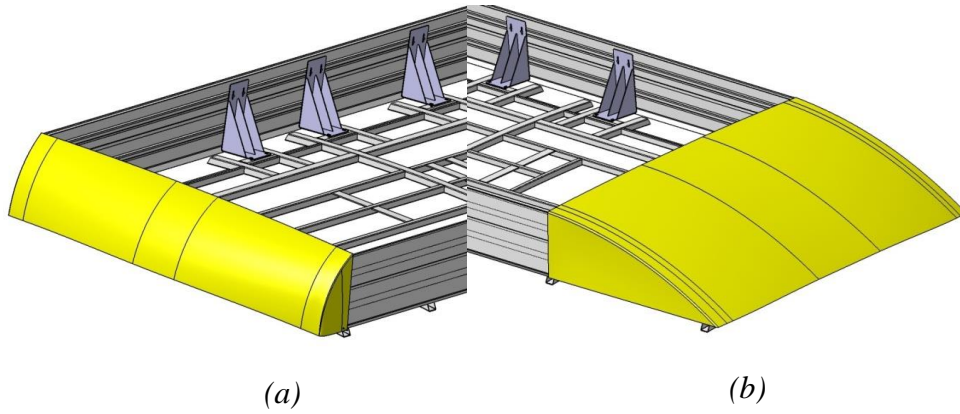
Sonraki adımda, Şekil 6'da gösterildiği gibi, diğer sac levhalar ve sac parçalar da aynı süreçten geçirilerek tasarlanmış ve ilgili alanlara monte edilmiştir. Bu montaj aşaması, tüm parçaların birbirine uyumlu bir şekilde birleştirilmesi ile yapının tamamlanmasını sağlar. Tüm bu süreçler, yapının dayanıklılığı, işlevselliği ve estetik bütünlüğü açısından büyük önem taşır.



Şekil 6. Generative sheet design modülü ile tasarlanan trim parçaların montajı (Sarılar), (a) Büküm işlemi yapılanbraketlerin montajı, (b) Sac levhaların montajı.

3.1.4. Generative shape design modülü (yüzey tasarımı)

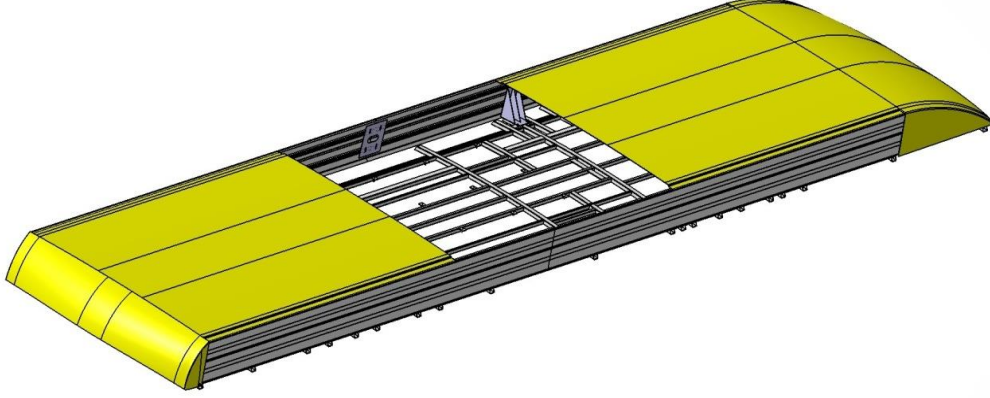
CAD yazılımlarında serbest formda ve organik geometrilerin oluşturulduğu önemli bir modüldür. Bu modül, karmaşık ve estetik olarak çeşitli şekillerin oluşturulması için tasarlanmıştır. Tasarımcılara, organik formların, eğrilerin ve yüzeylerin oluşturulması için çeşitli araçlar ve işlevler sunar. Yüzey, trim tasarımında sektördeki en iyi program Catia'dır. Bu sebeple otomotiv sektöründe en yaygın programdır.



Şekil 7. Aracın üst yapısının ön ve arka kısımları için Shape design modülü ile tasarlanan dış trim parçaları (Sarılar), (a) Üst yapı arka dış trim fiber parçası, (b) Üst yapı ön dış trim fiber parçası.

Araçların iç ve dış yüzeylerinde yer alan tüm plastik aksamlar, bu modül kullanılarak titizlikle tasarlanmaktadır. Özellikle, Şekil 7'de gösterildiği gibi aracın aerodinamik performansını iyileştirmek ve rüzgar direncini minimize etmek amacıyla dış yüzeye özel trim malzemeleri tasarlanmıştır. Bu trim malzemeleri, araç gövdesinin dış hatlarına uyum sağlayacak şekilde tek tek çizilmiş ve montaj modülü (Assembly Design) yardımıyla üst yapıya entegre edilmiştir. Bu

süreçte, her bir parçanın boyutları ve şekilleri aracın genel yapısına uygun olacak şekilde düzenlenmiş, tüm parçalar birbirine uyumlu bir şekilde monte edilmiştir.

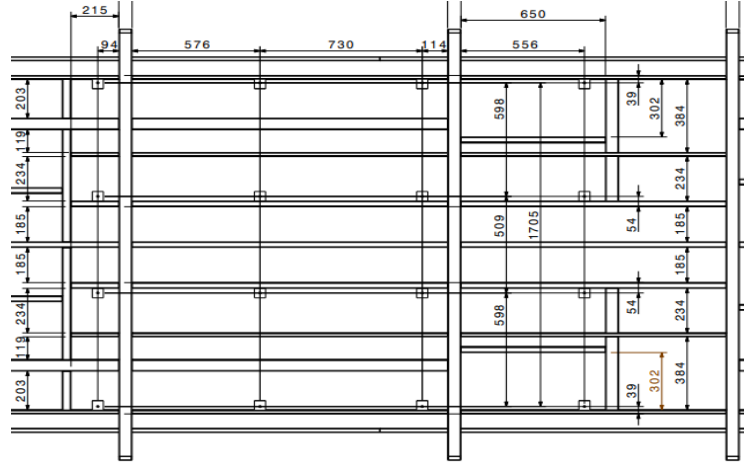


Şekil 8. Üst yapının tüm dış trim çalışmalarının bir arada montajlanmış görünümü (Sarılar).

İlk olarak, yapı profillerin çizimi ile oluşturulmaya başlanmış, bu temel iskelet üzerine diğer trim malzemeleri eklenerek Şekil 8'deki gibi yapı tamamlanmıştır. Bir sonraki aşamada, bu yapının analiz çalışması gerçekleştirilerek, yapının dayanıklılığı ve performansı test edilecektir.

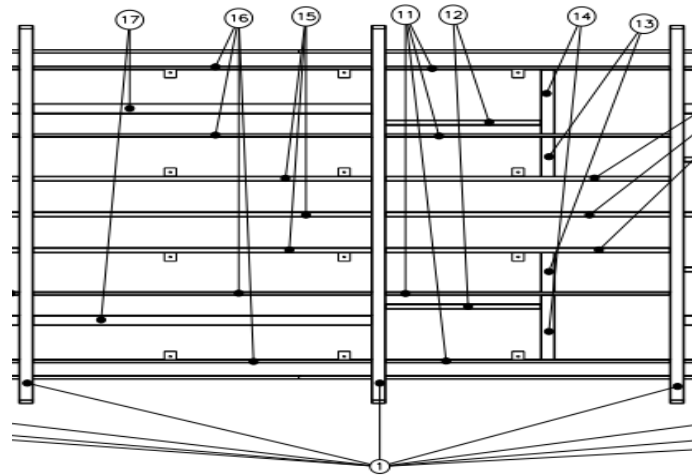
3.1.5. Drafting modülü (teknik çizim)

Drafting, mühendislik ve mimarlık gibi disiplinlerde hayati bir öneme sahip olan bir modüldür. Bu modül, çeşitli tasarım ve mühendislik projelerinde kullanılmak üzere detaylı 2D çizimlerin hazırlanmasını sağlar. Teknik çizimler, tasarımın ve ürünün detaylarını net bir şekilde gösterir ve inşaat projelerinden makine parçalarına kadar geniş bir endüstriyel yelpazede kullanılır. Bu modül, kullanıcıların tasarımlarını detaylandırmasına, ölçeklendirmesine, ölçümler eklemesine ve çeşitli teknik özellikleri belirtmesine olanak tanır. Drafting modülü, bilgisayar destekli tasarım (CAD) yazılımları aracılığıyla gerçekleştirilir ve tasarımcılara daha verimli bir çalışma ortamı sunar. Üst yapı üzerindeki tüm çalışmaların üretimi için teknik resimlere ihtiyaç vardır. Teknik resim üzerinde Şekil 9'da ve Şekil 10'da verildiği gibi gerekli tüm bilgiler bulunmaktadır. Bu şekillerde tüm teknik resim verilmemiş, sadece resmin bir kesiti verilmiştir.



Şekil 9. Profillerin ölçüsel montajı için oluşturulan teknik resim.

Şekil 9’da verilen teknik resimde profillerin konumlandırma ölçüleri verilmiştir. Profiller fikstür üzerine yerleştirildikten sonra ölçülerin teyitini yardımcı olmaktadır. Fikstürsüz üretim içinde kullanılabilir.



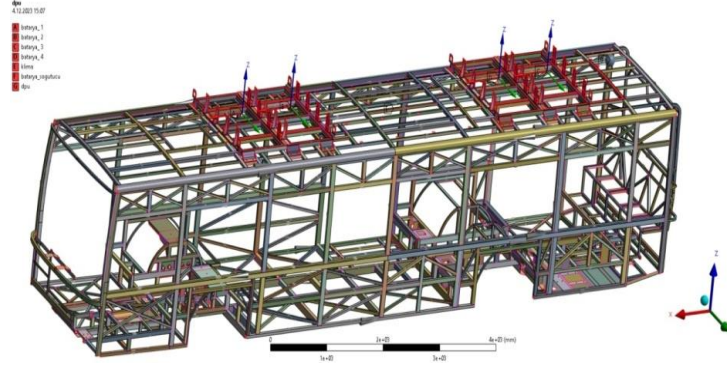
Şekil 10. Profillerin bir fikstür üzerinde konumlandırılması için oluşturulan teknik resim.

Şekil 10’da verilen teknik resimde profillerin fikstür üzerinde konumlandırma yapılabilmesine olanaklanır. Birden fazla aynı tip profil var ise aynı numara ile ifade edilir. Her numara bir profil tipini ifade eder ve fikstürdeki ilgili kısma yerleştirilmesi yapılır.

3.2. Ansys Analiz Uygulaması

Ansys, mühendislik analiz yazılımı olarak öne çıkmakta ve entegre CAD yazılımlarıyla birlikte kullanıldığında tasarım sürecine önemli katkılar sunmaktadır. Bu entegrasyon, tasarım ile analiz arasındaki veri alışverişini kolaylaştırarak, tasarımın erken aşamalarında analiz yapma ve geliştirme sürecini optimize etme imkanı sağlamaktadır (Wang ve diğ., 2023). Bataryanın yüklerinin uygulanacağı konumlara ansys ile analiz yapılmaktadır. İlk önce yük uygulanan kısımlar Şekil 11’de gösterilmiş ve toplamda 4 adet batarya üst yapıya etki edecektir. Analiz

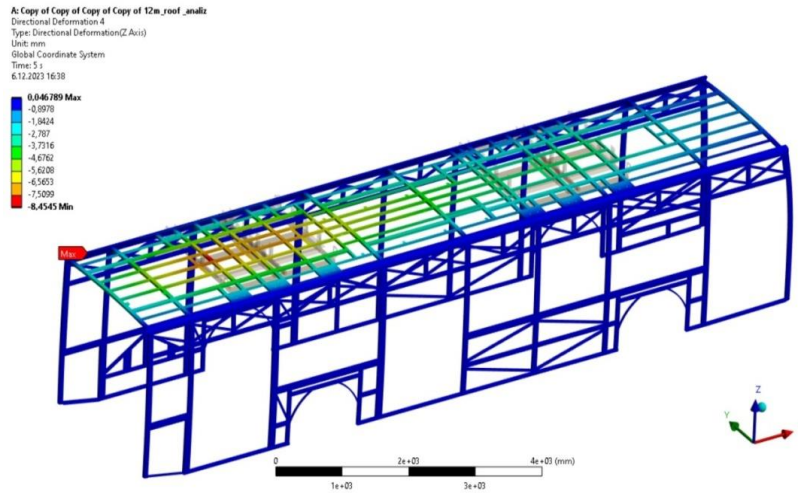
sonucunda yapının uygunluğu onaylandığında, teknik resimler oluşturulacak ve üretim aşamasına geçilecektir. Bu teknik resimler, tüm parçaların detaylarını, boyutlarını ve montaj süreçlerini içerecek şekilde hazırlanarak, imalat sürecine rehberlik edecektir.



Şekil 11. Otobüs üst yapısındaki batarya taşıyıcılarına yük uygulanması. Batarya ağırlığı üst yapıya etki analizi.

4. Bulgular ve Tartışma

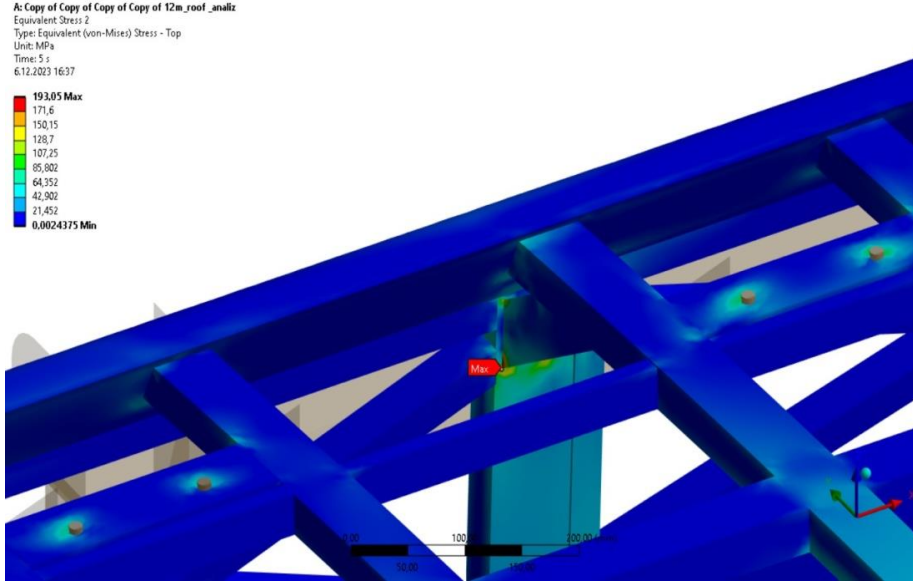
Yapılan üst yapı için bir statik analiz gerçekleştirilmiştir. Tavan üzerinde Catia modülü olan, Generative Sheet Design modülü ile yapılan kısımlara, batarya montajı gerçekleşeceği için yük uygulanmıştır. Şekil 11’de üzerinde belirtildiği gibi batarya yükleri (toplam 500kg+) araç tavanına uygulanmıştır. Yapı malzemesi otomotiv sektöründe en yaygın kullanılan malzemelerden ST52 tercih edilmiştir. Analiz sonucunda Şekil 12’deki deformasyon sonucu elde edilmiştir (Özlu ve diğ., 2023).



Şekil 12. Üst yapı üzerindeki aksel deformasyon.

Kırmızı deformasyonun en fazla olduğu bölgeler, yapının en yüksek stres seviyelerini taşıyan kısımlarını temsil ederken, mavi renk tonları en az etkilenen alanları göstermektedir. Şekil 13’de, yükün doğrudan etki ettiği bölgelerden ziyade, yükü dağıtan ana profillerde belirgin bir

deformasyon tespit edilmiştir. Bu durumda, ilave stresleri yaymak amacıyla profile veya lama eklenmesi önerilmektedir. Tasarımın temel hedeflerinden biri, yapının büyük bir kısmına stresin dağıtılması ve böylece mavi renk tonlarının artırılmasıdır.



Şekil 13. Üst yapı ve yan iskelet birleşim kısımlarında yüksek deformasyon tespiti.

Ayrıca, üst yapı ile sağ ve sol yapıların ana taşıyıcı montaj kısımlarında maksimum stres seviyeleri gözlemlenmiştir. Bu bölgelerde biriken stresin dağıtılması için ilave lamaların kullanılması mümkünken, bu tür bir eklemenin gerekliliği, kullanılan malzemenin akma gerilimine bağlı olarak değerlendirilecektir.

Tablo 2. Ansys analiz sonucu

Malzeme Özellikleri	Birim	ST52 (S355JR)
Batarya Taşıyıcıda Görülen Deformasyon	mm	4,44
Araç İskelet Yapısında Görülen Eksenel Deformasyon	mm	8,454
Otobüs Tavanındaki Maksimum Eşdeğer Gerilme	mpa	193,05
Batarya Taşıyıcı Üzerinde Oluşan Eşdeğer Gerilme	mpa	175,25

Yapılan analizlerde, üst yapıdan aşağı yönde 4,44 mm'lik bir esneme meydana geldiği tespit edilmiştir ve bu değer, kabul edilebilir sınırlar içinde kalmaktadır. ST52 malzemesinin akma gerilimi 355 MPa olarak belirlenmişken, yüklerin oluşturduğu gerilim 193 MPa olarak hesaplanmıştır. Bu durumda, malzemenin aksam gerilme sınırının çok altında kaldığı için

tasarımın uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Güvenlik katsayısı ise $193/355 = 0.54$ MPa olarak hesaplanmıştır.

Bu bilgiler ışığında, bir otobüs üst yapısı için tercih edilen yazılımlar ile gerçekleştirilen tasarım süreci, başlangıç aşamasından analiz aşamasına kadar kapsamlı bir uygulama sunmaktadır. Analiz sonuçları, kullanılan malzemenin sınırları dahilinde kalmış ve tasarımın güvenilirliği ortaya konulmuştur. Bu analiz çalışması, fiziksel üretim aşamasına geçilmeden önce, çeşitli analiz yöntemlerinin nasıl uygulanabileceğine dair önemli bir örnek teşkil etmektedir. Böylece, mühendislik tasarımında karşılaşılabilecek olası problemler önceden tespit edilerek, tasarım sürecinin daha verimli hale gelmesi sağlanmaktadır.

5. Sonuç ve Değerlendirme

Günümüz endüstrisinde, teknolojik yeniliklerin merkezinde yer alan Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD) yazılımları, mühendislikten mimarlığa, otomotivden havacılığa kadar pek çok sektörde kritik bir rol oynamaktadır. Bu yazılımlar, karmaşık tasarım süreçlerini daha erişilebilir ve yönetilebilir hale getirirken, aynı zamanda üretkenliği ve verimliliği de artırmaktadır. Hızla değişen endüstri ve sürekli gelişen teknolojik ilerlemeler, bilgisayar destekli tasarım yazılımlarının gelecekteki önemini daha da belirgin hale getirmektedir.

Bu bağlamda, "CAD nedir?" ve "Neden tercih edilir?" sorularına yanıt vererek, bu sistemlerin uygulandığı sektörlerdeki kullanımlarına dair derinlemesine bir anlayış geliştirilmiştir. Her sektörde farklı amaçlar için kullanılan CAD yazılımları hakkında detaylı bilgi verilmiş ve bu yazılımların seçim kriterleri açıklanmıştır.

CAD sistemleri, bir ürünün fiziksel olarak üretilmesine gerek kalmadan yaşam döngüsü boyunca karşılaşacağı tüm etkenlerin kapsamlı bir şekilde analiz edilmesine olanak tanır. Bu süreç, ürünün tasarım aşamasında potansiyel sorunların önceden tespit edilmesine ve gerekli revizyonların zamanında yapılmasına imkan sağlar. Fiziksel üretim gereksiniminin ortadan kalkması, geniş analiz olanakları ve zaman ile maliyet kaybını en aza indirme potansiyeli, CAD sistemlerinin önemini artıran başlıca unsurlardır. Özellikle inşaat sektöründe, bir binanın yaşam döngüsünün yalnızca CAD ortamında gerçekleştirilen detaylı analizlerle belirlenebilmesi, fiziksel test imkanlarının sınırlı olduğu durumlarda kritik bir avantaj sağlamaktadır.

CAD kullanarak tüm modüller entegre edilerek bir otobüs üst yapısı tasarımı gerçekleştirilmiş ve kapsamlı analiz süreçleri uygulanmıştır. Bu süreçte fiziksel bir ürün üretimi gerektirmeksizin, tüm tasarım çalışmaları bilgisayar ortamında gerçekleştirilmiştir. Bu sayede, hem önemli ölçüde

zaman hem de maliyet tasarrufu sağlanmış, aynı zamanda ürünün yaşam döngüsü boyunca karşılaşılabileceği potansiyel sorunlar detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. CAD sistemlerinin sunduğu geniş analiz imkanları, tasarım aşamasında risklerin önceden tespit edilmesine olanak tanırken, mühendislerin ve tasarımcıların daha güvenilir ve etkili çözümler geliştirmelerini sağlamıştır. Bu durum, endüstriyel süreçlerde etkinliği artırarak, projenin genel başarısını olumlu yönde etkilemiştir.

Sonuç olarak, CAD yazılımlarının endüstriyel dönüşüm sürecindeki rolü her geçen gün daha da önem kazanmaktadır. Bu teknolojilere yatırım yapmak ve onları etkin bir şekilde kullanmak, sadece mevcut rekabet avantajını sürdürmekle kalmayıp, aynı zamanda gelecekteki inovasyon ve sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada da kritik bir unsur haline gelmektedir. CAD sistemleri, tasarım ve mühendislik dünyasını dönüştürerek, sektördeki en iyi uygulamaları benimsemeye ve sürekli olarak gelişen teknolojiye ayak uydurmaya teşvik eder. Bu nedenle, CAD yazılımlarının benimsenmesi, endüstriyel başarının temel anahtarlarından biri olarak karşımıza çıkmaktadır.

Referanslar

- [1] Özlü Ö., Kılınç S., İmren R., & Şimşir Ö. (2023). Elektrikli Otobüslerde Batarya Taşıyıcı Sistemi İçin Optimum Malzeme Seçimi.
- [2] Özkan, L., Özkan, F., & Aykut, Ş. Krank Milinin Modelleme Ve Analizinin Catia Programında Yapılması Modeling And Analysis Of A Crankshaft By 3d Cad Design Software Catia. (2014)
- [3] Junk, S., & Burkart, L. (2021). Comparison Of Cad Systems For Generative Design For Use With Additive Manufacturing. *Procedia Cirp*, 100, 577-582.
- [4] Wang, Y., Xiao, M., Xia, Z., Li, P., & Gao, L. (2023). From Computer-Aided Design (Cad) Toward Human-Aided Design (Had): An Isogeometric Topology Optimization Approach. *Engineering* 22: 94–105.
- [5] Akdulum, A. *Fotoğrafi Çekilen Parçaların Catia Cad Ortamında Otomatik Modellenmesi* (Master's Thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).(2013)
- [6] Balzerkiewitz, H. P., & Stechert, C. (2023). Methodology For An Automatic Creation Of Solid Models From Surface Models Used In Vr. *Procedia Cirp*, 119, 758-763.

- [7] Huang, B., Xu, C., Huang, R., & Zhang, S. (2015). An Automatic 3d Cad Model Errors Detection Method Of Aircraft Structural Part For Nc Machining. *Journal Of Computational Design And Engineering*, 2(4), 253-260.
- [8] Roj, R. (2014). A Comparison Of Three Design Tree Based Search Algorithms For The Detection Of Engineering Parts Constructed With Catia V5 In Large Databases. *Journal Of Computational Design And Engineering*, 1(3), 161-172.
- [9] Dubovska, R., Jambor, J., & Majerik, J. (2014). Implementation Of Cad/Cam System Catia V5 In Simulation Of Cnc Machining Process. *Procedia Engineering*, 69, 638-645.
- [10] Heidari, N., & Iosifidis, A. (2024). Geometric Deep Learning For Computer-Aided Design: A Survey. Arxiv Preprint Arxiv:2402.17695.
- [11] Huczala, D., Siegele, J., Thimm, D. A., Pfulner, M., & Schröcker, H. P. (2024). Rational Linkages: From Poses To 3d-Printed Prototypes. Arxiv Preprint Arxiv:2403.00558.
- [12] Uludamar, E., & Tüccar, G. (2017). Design And Analysis Of Hydraulic Truck Unloading Platforms. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32(4), 55-61.
- [13] Selçuk, F. A., & Zengin, A. T. (2021). Bilgisayar Destekli Teknik Tasarım Dersleri İçin Açık Kaynak Kodlu Müfredat Önerisi. *İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 3(1), 26-29.
- [14] Kılıçarpa, Ua, Yıldız, Bs Ve Yıldız, Ar (2022). Ticari Araçlardaki Termopiston Desteğinin Yapısal Tasarım Ve Sonlu Elemanlar Yöntemleri Kullanılarak Optimum Tasarımı. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi* , 27 (3), 1137-1146.
- [15] Menter, F. R. (2012). Best Practice: Scale-Resolving Simulations In ANSYS CFD. *ANSYS Germany GmbH*, 1, 1-70.
- [16] Carmona-Medeiro, E., Antequera-Barroso, J. A., & Domingo, J. M. C. (2021). Future Teachers' Perception Of The Usefulness Of Sketchup For Understanding The Space And Geometry Domain. *Heliyon*, 7(10).
- [17] Abdallah, R., Alsurakji, T., Juaidi, A., Abdel-Fattah, S., Haniyeh, M., Albatayneh, A. Ve Çamur, H. (2022). Filistin'deki Rüzgar Türbinlerinin Değerlendirilmesinde Solidworks'ün Kullanımı. *Enerji Nexus* , 7 , 100135.

- [18] Zhang, L., Berisha, B. Ve Lobov, A. (2021). Güvenilirliği Dikkate Alınarak Siemens NX İle Göbek Kablosunun Parametrik Modeli. *IFAC-Papersonline* , 54 (1), 187-192.
- [19] Gdek, B. (2023). Endüstriyel dönüşüm ve endüstri 5.0. Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 16(4), 1129-1142.
- [20] Kulkarni, A., & Vishwanath, A. M. (2024). Optimizing Body Structures Designs to Minimize Environmental Impact.
- [21] Chaudhari, Y. N., Dwivedi, S. S., & Gupta, M. S. (2024). Design and Analysis of Coil Ramp, Coil Car and Coil Mandrel Systems.