

# Primjena digitalne platforme za upravljanje životnim ciklusom razvoja vozila

---

**Tucić, Martina**

**Graduate thesis / Diplomski rad**

**2024**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Economics and Business / Sveučilište u Zagrebu, Ekonomski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:148:426247>

*Rights / Prava:* [Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported/Imenovanje-Nekomercijalno-Dijeli pod istim uvjetima 3.0](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-20**



*Repository / Repozitorij:*

[REPEFZG - Digital Repository - Faculty of Economics & Business Zagreb](#)



**Sveučilište u Zagrebu**

**Ekonomski fakultet**

**Specijalistički diplomski stručni studij**

**Elektroničko poslovanje u privatnom i javnom sektoru**

**PRIMJENA DIGITALNE PLATFORME ZA UPRAVLJANJE ŽIVOTNIM  
CIKLUSOM RAZVOJA VOZILA**

**Diplomski rad**

**Martina Tucić**

**Zagreb, rujana, 2024.**

**Sveučilište u Zagrebu**

**Ekonomski fakultet**

**Specijalistički diplomski stručni studij**

**Elektroničko poslovanje u privatnom i javnom sektoru**

**PRIMJENA DIGITALNE PLATFORME ZA UPRAVLJANJE ŽIVOTNIM  
CIKLUSOM RAZVOJA VOZILA**

**APPLICATION OF DIGITAL PLATFORM FOR VEHICLE  
DEVELOPMENT LIFE CYCLE MANAGEMENT**

**Diplomski rad**

**Martina Tucić, JMBAG: 0010213645**

**Mentor: izv. prof. dr. sc. Božidar Jaković**

**Zagreb, rujan, 2024.**

## Sažetak

Digitalne platforme postaju izuzetno važne u razvoju i proizvodnji vozila, omogućujući bržu, učinkovitiju i precizniju realizaciju složenih projekata integriranjem svih faza životnog ciklusa proizvoda, od dizajna do proizvodnje i održavanja, podržavajući oblikovanje i stvaranje vozila.

Održivost i inovativnost u automobilske industriji postignute su digitalnom transformacijom, omogućujući proizvođačima da zadovolje sve veće zahtjeve za prilagodljivost, kvalitetu i ekološku prihvatljivost. Kroz analizu studija slučaja vodećih automobilske tvrtki, ovaj rad istražuje prednosti, izazove i učinke implementacije digitalnih platformi na procese razvoja vozila, s naglaskom na razvoj novih modela, unapređenje globalne suradnje, učinkovitiju koordinaciju, smanjenje poslovnih rizika te upravljanje i sigurnost podataka.

Cilj rada je analizirati razvoj PLM softvera i utjecaj digitalnih platformi na razvoj vozila u automobilske industriji, identificirati ključne prednosti i izazove te pružiti preporuke za efikasniju suradnju, smanjenje rizika i sigurnost podataka.

Očekivani stručni doprinos obuhvaća sveobuhvatni pregled i analizu primjene digitalne platforme za upravljanje životnim ciklusom proizvoda, čime se pruža dublji uvid u utjecaj digitalnih tehnologija na inovacije, učinkovitost i konkurentnost automobilske industrije te važne informacije stručnjacima u industriji s rezultatima istraživanja kao temelj za daljnja istraživanja i praktične primjene. Kako bi se povećala inovativnost i učinkovitost, smanjili poslovni rizici te unaprijedila globalna suradnja i sigurnost podataka, posebno su važne konkretne preporuke za optimizaciju implementacije digitalnih platformi u razvoju vozila.

Ključne riječi: digitalne platforme, automobilska industrija, životni ciklus proizvoda, globalna suradnja, smanjenje rizika, sigurnost podataka

## Summary

Digital platforms are becoming extremely important in the development and production of vehicles, enabling faster, more efficient and more precise implementation of complex projects by integrating all phases of the product life cycle, from design to production and maintenance, supporting the design and creation of vehicles.

Sustainability and innovation in the automotive industry have been achieved through digital transformation, enabling manufacturers to meet ever-increasing demands for adaptability, quality and environmental friendliness. Through the analysis of case studies of leading automotive companies, this paper explores the benefits, challenges and effects of implementing digital platforms on vehicle development processes, with an emphasis on the development of new models, the improvement of global cooperation, the effectiveness of coordination, the reduction of business risks, and the management and security of data.

The aim of the paper is to analyze the development of PLM software and the impact of digital platforms on the development of vehicles in the automotive industry, to identify key advantages and challenges, and to provide recommendations for more efficient cooperation, risk reduction and data security.

The expected professional contribution includes a comprehensive review and analysis of the application of a digital platform for product life cycle management, which provides a deeper insight into the impact of digital technologies on innovation, efficiency and competitiveness of the automotive industry, as well as important information to industry experts with research results as a basis for further research and practical applications. In order to increase innovation and efficiency, reduce business risks and improve global cooperation and data security, specific recommendations for optimizing the implementation of digital platforms in vehicle development are particularly important.

Keywords: digital platforms, automotive industry, product life cycle, global collaboration, risk reduction, data security

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je diplomski rad / seminarski rad / prijava teme diplomskog rada isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem da nijedan dio rada / prijave teme nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog izvora te da nijedan dio rada / prijave teme ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem, također, da nijedan dio rada / prijave teme nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

*Martina Tović*

(vlastoručni potpis studenta)

*ZAGREB, 30. rujna 2024.*

(mjesto i datum)

## STATEMENT ON THE ACADEMIC INTEGRITY

I hereby declare and confirm by my signature that the final thesis is the sole result of my own work based on my research and relies on the published literature, as shown in the listed notes and bibliography.

I declare that no part of the thesis has been written in an unauthorized manner, i.e., it is not transcribed from the non-cited work, and that no part of the thesis infringes any of the copyrights.

I also declare that no part of the thesis has been used for any other work in any other higher education, scientific or educational institution.

*Martina Tović*

(personal signature of the student)

*ZAGREB, 30. september 2024.*

(place and date)

## SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
1.1. OBRAZLOŽENJE RADA .....	1
1.2. METODOLOGIJA RADA.....	2
1.3. STRUKTURA DIPLOMSKOG RADA.....	3
<b>2. TEHNOLOGIJE UPRAVLJANJA ŽIVOTNIM CIKLUSOM PROIZVODA</b> .....	<b>4</b>
2.1. POVIJESNI RAZVOJ SOFTVERA UPRAVLJANJA ŽIVOTNIM CIKLUSOM PROIZVODA .....	4
2.2. OSNOVNE FUNKCIONALNOSTI SOFTVERA UPRAVLJANJA ŽIVOTNIM CIKLUSOM PROIZVODA.....	8
2.2.1. <i>Osnovne funkcionalnosti PLM-a</i> .....	8
2.2.1.1. Funkcionalnosti PLM-a u razvoju električnog automobila i specifični alati .....	10
2.2.2. <i>Funkcionalnosti PLM-a u praksi</i> .....	11
2.2.3. <i>Studije slučaja i specifični uzroci problema</i> .....	16
2.2.4. <i>Praćenje poslovnih procesa</i> .....	18
2.2.5. <i>Dodatne funkcionalnosti PLM-a</i> .....	19
2.3. PREDNOSTI I IZAZOVI IMPLEMENTACIJE SOFTVERA UPRAVLJANJA ŽIVOTNIM CIKLUSOM PROIZVODA ..	20
2.3.1. <i>Prednosti i izazovi implementacije softvera upravljanja životnim ciklusom razvoja vozila</i> .....	24
2.3.2. <i>Izazovi u reciklaži otpadnih vozila</i> .....	25
2.4. PRIMJENA DIGITALNIH TEHNOLOGIJA U UPRAVLJANJU ŽIVOTNIM CIKLUSOM PROIZVODA .....	26
2.4.1. <i>Primjena tehnologije u kružnom gospodarstvu</i> .....	30
2.5. RAZVOJ U BUDUĆNOSTI SOFTVERA UPRAVLJANJA ŽIVOTNIM CIKLUSOM PROIZVODA.....	31
<b>3. STUDIJE SLUČAJA PRIMJENE SOFTVERA UPRAVLJANJA ŽIVOTNIM CIKLUSOM RAZVOJA VOZILA</b> .....	<b>34</b>
3.1. STUDIJE SLUČAJA INOVACIJA U RAZVOJU NOVIH VOZILA I UNAPREĐENJE GLOBALNE SURADNJE .....	34
3.2. STUDIJA SLUČAJA IMPLEMENTACIJE SOFTVERA ZA EFIKASNIJU SURADNJU I SMANJENJE POSLOVNIH RIZIKA.....	42
3.3. STUDIJA SLUČAJA UPRAVLJANJEM I SIGURNOSTI PODATAKA .....	47
<b>4. KOMPARATIVNA ANALIZA SOFTVERA UPRAVLJANJA ŽIVOTNIM CIKLUSOM RAZVOJA VOZILA</b> .....	<b>51</b>
4.1. USPOREDBA PRIMJENE SOFTVERA U GLOBALNOJ SURADNJI, SMANJENJU POSLOVNIH RIZIKA I SIGURNOSTI PODATAKA .....	51
4.2. PREDNOSTI I NEDOSTACI U RAZLIČITIM PODRUČJIMA AUTOMOBILSKE INDUSTRIJE .....	60
<b>5. ZAKLJUČAK</b> .....	<b>66</b>
<b>LITERATURA</b> .....	<b>68</b>
<b>POPIS SLIKA</b> .....	<b>73</b>
<b>POPIS TABLICA</b> .....	<b>73</b>
<b>POPIS GRAFIKONA</b> .....	<b>73</b>
<b>ŽIVOTOPIS</b> .....	<b>74</b>
<b>PRILOG: POPIS ATRIBUTA - TABLICA</b> .....	<b>75</b>

# 1. UVOD

## 1.1. Obrazloženje rada

Tema diplomskog rada je „Primjena digitalne platforme za upravljanje životnim ciklusom razvoja vozila“. Digitalne platforme su postale iznimno važan alat u razvoju i proizvodnji vozila koje pružaju ključnu podršku u oblikovanju i stvaranju vozila, čime omogućuju bržu, učinkovitiju i precizniju realizaciju složenih projekata. Digitalna platforma omogućuje integraciju svih faza životnog ciklusa proizvoda, od dizajna do proizvodnje i održavanja, transformirajući način na koji se vozila razvijaju, proizvode i održavaju.

Digitalnom transformacijom postiže se održivost i inovativnost u današnjem dinamičnom i konkurentnom tržištu automobilske industrije. Implementacija naprednih digitalnih platformi omogućuje proizvođačima vozila da odgovore na sve veće zahtjeve za prilagodljivost, kvalitetu i ekološku prihvatljivost, odnosno da upravljaju bolje sa složenim procesom dizajna i proizvodnje, što dovodi do unapređenja kvalitete proizvoda te smanjenja vremena potrebnog u razvoju novih modela. Također, razvijaju se i strategije za dugoročnu održivost i konkurentnost na globalnom tržištu.

Kroz analizu studija slučaja automobilskih tvrtki istražuje se primjena digitalne platforme u njihovim procesima razvoja vozila. Uspoređivanjem iskustva tvrtki dobivaju se konkretni primjeri u uspjehu i izazovima implementacije platforme, kao i najbolje prakse za optimalnu integraciju tehnologija u postojeće poslovne procese radi minimalizacije rizika i postizanja maksimalnog učinka.

Ovaj rad će biti usmjeren na istraživanje primjene digitalne platforme u razvoju vozila u automobilskoj industriji. Usredotočenost rada će biti na analizi studija slučaja vodećih tvrtki koje koriste ovu platformu kako bi se istražile prednosti, izazovi i učinci implementacije na procese razvoja vozila, s naglaskom na razvoj novih vozila i unapređenje globalne suradnje, za efikasniju suradnju i smanjenje poslovnih rizika te upravljanjem i sigurnosti podataka.



Ciljevi ovog rada su izraditi analizu povijesti i razvoja PLM (Product Lifecycle Management) softvera te istražiti njegovo značenje u modernoj automobilske industriji. Također, istražuje se utjecaj digitalnih platformi na razvoj vozila u različitim tvrtkama, analizirajući različite pristupe i rezultate te identificirajući ključne prednosti, izazove te posebno naglašavajući razvoj novih vozila i unapređenje globalne suradnje. Rasprava o rezultatima istraživanja uspoređuje pristupe implementacije platformi te nudi preporuke za poboljšanje efikasnosti suradnje, smanjenje poslovnih rizika te upravljanje i sigurnost podataka. Na kraju, rad ispituje mogućnosti poboljšanja i pruža preporuke za daljnju primjenu i razvoj digitalnih platformi u automobilske industriji, s naglaskom na razvoj novih vozila i poboljšanje globalne suradnje.

Očekivani stručni doprinos ovog rada obuhvaća sveobuhvatni pregled i analizu primjene digitalne platforme za upravljanje životnim ciklusom proizvoda. Time se pruža dublji uvid u utjecaj digitalnih tehnologija na inovacije, učinkovitost i konkurentnost automobilske industrije, odnosno kako mogu transformirati procese razvoja novog vozila, smanjiti poslovne rizike te optimizirati proizvodnju. Rezultati istraživanja mogu poslužiti kao temelj za daljnja istraživanja i praktične primjene, pružajući važne informacije stručnjacima u industriji. Konkretno preporuke za optimizaciju implementacije digitalnih platformi u razvoj vozila mogu povećati inovativnost i učinkovitost proizvodnih procesa, smanjiti poslovne rizike te unaprijediti globalnu suradnju i sigurnost podataka.

## **1.2. Metodologija rada**

U svrhu izrade diplomskog rada korišteni su primarni izvori podataka, a to su u ovom slučaju studije slučaja. Uspoređivanjem studija slučaja vodećih automobilske tvrtki, poput implementacije digitalnih platformi, istražiti će se kako različiti pristupi utječu na efikasnost, inovativnost, globalnu suradnju, smanjenje poslovnih rizika te upravljanje i sigurnost podataka u procesima razvoja vozila.

Svrha analize je procjena prednosti i izazova te detaljan pregled primjene digitalne platforme za upravljanje životnim ciklusom razvoja vozila u automobilske industriji na temelju dvanaest studija slučaja različitih tvrtki.

Sekundarni podaci obuhvaćaju povijesne podatke o razvoju PLM (Product Lifecycle Management) softvera, kao i važne članke i knjige o upravljanju životnim ciklusom vozila.

### **1.3. Struktura diplomskog rada**

Diplomski rad sadrži pet poglavlja popraćeni popisom literature, slika, tablica i životopisa. Nakon prvog poglavlja, uvodnog dijela koji sadrži obrazloženje rada, metodologiju rada te strukturu diplomskog rada, rad detaljnije opisuje tehnologiju upravljanja životnim ciklusom proizvoda kako bi se kasnije orijentirao na životni ciklus vozila. U drugom poglavlju, pod nazivom 'Tehnologije upravljanja životnim ciklusom proizvoda', nalazi se uvid u povijesni razvoj softvera za upravljanje životnim ciklusom proizvoda, osnovne funkcionalnosti softvera, prednosti i izazove implementacije softvera, primjenu digitalnih tehnologija u upravljanju životnim ciklusom proizvoda te budući razvoj softvera.

Iduće, treće poglavlje fokusira se na studije slučaja primjene softvera za upravljanje životnim ciklusom vozila. U tom poglavlju obrađuju se studije vezane za inovacije u razvoju novih vozila, unapređenje globalne suradnje, implementaciju softvera za efikasniju suradnju i smanjenje poslovnih rizika te upravljanje i sigurnost podataka.

Nakon teorijskog i istraživačkog dijela koji sadrži studije slučaja, četvrto poglavlje rada obuhvaća komparativnu analizu softvera za upravljanje životnim ciklusom razvoja vozila. To poglavlje uspoređuje primjenu softvera u globalnoj suradnji, smanjenju poslovnih rizika i sigurnosti podataka te prednosti i nedostatke u različitim područjima automobilske industrije.

Rad završava petim poglavljem, Zaključkom koji sadrži kratak opis cijelog rada te zaključke temeljene na istraživanju primjene digitalnih tehnologija u upravljanju životnim ciklusom vozila.

## **2. TEHNOLOGIJE UPRAVLJANJA ŽIVOTNIM CIKLUSOM PROIZVODA**

### **2.1. Povijesni razvoj softvera upravljanja životnim ciklusom proizvoda**

PLM (Management Lifecycle Management) prema Gartneru je filozofija, proces i disciplina koja koristi softverska rješenja za upravljanje proizvodima kroz sve faze životnog ciklusa, od stvaranja do završne faze. Koncept PLM-a prvi je put predstavljen 1980-ih kao poslovno orijentirani pristup za implementaciju i integraciju PDM-a, upravljanja poslovnim podacima i drugih IT sustava. U prvoj fazi, PLM se fokusirao na smanjenje troškova razvoja, kao što su sistematizacija standardnih dijelova i organizacija, te upravljanje promjenama (Balagić, 2021).

PLM paradigma je nastala početkom 21. stoljeća kao odgovor na potrebu za integriranim pristupom upravljanju proizvodima. Dok je prethodna paradigma bila usmjerena na tehničke aspekte i fragmentirane poslovne procese, PLM se fokusira na integraciju svih aspekata poslovanja, koristeći digitalne tehnologije za optimizaciju podataka o proizvodima. Ovaj holistički pristup omogućuje tvrtkama veću efikasnost, inovativnost i prilagodljivost suvremenim tržišnim zahtjevima (Stark, 2020).

PLM 2.0 predstavlja transformaciju potaknutu potrebom za razvojem standardnog sustava podrške upravljanju komponentama (tehničkim ili industrijskim), zahtjevima i promjenama, kao i integracijom s različitim CAD alatima. Uvođenje ERP-PLM veze ključno je za efikasnost i koordinaciju svih aspekata proizvodnog procesa (Balagić, 2021).

Stark (2020) navodi da je pojava PLM-a 2001. godine kao koncepta za integraciju proizvoda u integrirani životni ciklus označila značajne promjene u organizaciji i poboljšanju procesa razvoja proizvoda. Prije pojave PLM-a 2001. godine, procesi razvoja proizvoda bili su linearni i sekvencijalni, s izoliranim odjelima poput marketinga, inženjeringa, proizvodnje i servisa. To je ometalo komunikaciju i suradnju među timovima, jer je svaki odjel bio usmjeren na unaprjeđenje vlastitih procesa neovisno, kroz velike projekte, pri čemu su poboljšanja često bila izolirana. Uvođenje PLM-a nakon 2001. integriralo je procese preko odjela i cijelog životnog ciklusa proizvoda, a promjene u industrijskim praksama poput benchmarkinga u 1980-ima postavile su temelje za kasniju nadogradnju PLM-a. Povećani obujam podataka, razdjeljenost između odjela, loše upravljanje promjenama te izazovi integracije alata za upravljanje projektima dodatno su naglasili potrebu za PLM-om. Ovaj sustav je optimizirao upravljanje

podacima i procesima kroz kompleksnost upravljanja životnim ciklusom proizvoda, prilagođavajući se dinamičnom poslovnom okruženju (Stark, 2020).

Slika 1 Evolucija PLM sustava od PLM 1.0 do PLM 4.0.



Izvor: Balagić (2021)

PLM 3.0 predstavlja odgovor na ubrzanu evoluciju industrije sredinom devedesetih godina. Sustavno programsko i projektno vođenje omogućilo je bolju organizaciju i smanjenje vremena izrade proizvoda, što je dovelo do potrebe za dodatnim informatičkim sustavima poput ALM-a, MES-a i njihove integracije s PLM-om radi zajedničkog upravljanja životnim ciklusom proizvoda. Osim toga, počelo se razvijati okruženje za Cloud servise, što je sve zajedno rezultiralo tim konceptom (Balagić, 2021).

PLM 4.0 predstavlja trenutnu fazu u razvoju, gdje su Cloud, BI (Business Intelligence) i Dashboards svakodnevni pojmovi kako u privatnom tako i u poslovnom životu te aktivno prati nove tehnologije kroz stalne nadogradnje, poboljšanja i integraciju sa svim sustavima unutar procesa pojedinih organizacija (Balagić, 2021).

Razvoj PLM-a je napredovao kroz različite faze te je započeo od potrebe za sustavima praćenja kvalitete i reakcijom na proizvodne probleme u ranim fazama. Primjeri velikih proizvodnih problema s kojima su se suočile svjetske tvrtke od 2001. do 2016. godine jasno pokazuju povijesni razvoj PLM-a, često imajući širok utjecaj na gospodarstvo, sigurnost potrošača i reputaciju kompanija (Stark, 2020).

„Upravljanje životnim ciklusom proizvoda (PLM) je novija filozofija koja poboljšava strateško inženjering za upravljanje informacijama, procesima i resursima kako bi podržala životni ciklus proizvoda, od njegove koncepcije, razvoja, lansiranja do povlačenja“ (Nosenzo et al., 2014, str. 91).

Prema Starku (2020), Ford je, primjerice, bio prisiljen povući 13 milijuna guma zbog visokih stopa kvarova, što je imalo značajan financijski i reputacijski utjecaj. Nissan, Toyota, Volkswagen, General Motors i Samsung su isto iskusili ozbiljne probleme u proizvodnji svojih proizvoda, kao što su problemi s papučicama gasa i ključevima, što je rezultiralo masovnim povlačenjima vozila ili prekidom proizvodnje.

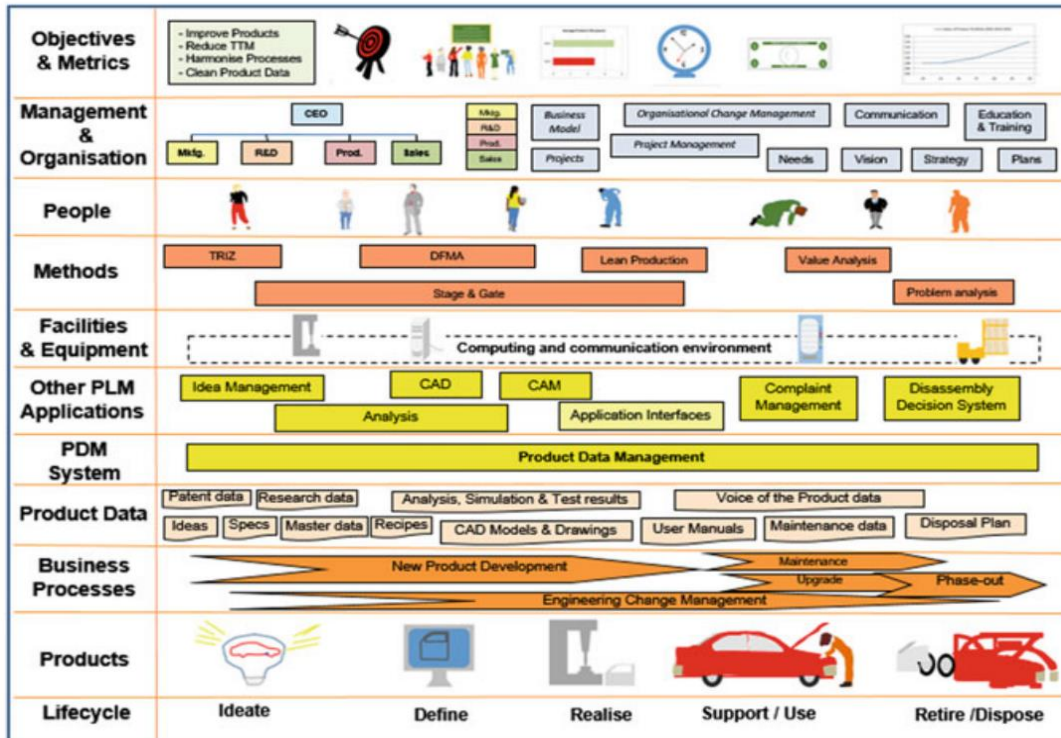
Sigurnosni problemi s vozilima i financijska kriza iz 2007-2008. dodatno su naglasili potrebu za učinkovitim sustavima upravljanja promjenama i osiguravanja sigurnosti proizvoda. Suvremeni PLM sustavi integriraju napredne tehnologije poput digitalnih dvojnica proizvoda, analitičkih alata za predviđanje problema te podršku za globalnu suradnju putem cloud tehnologija što omogućava organizacijama bolje upravljanje kvalitetom, smanjenje troškova te brži razvoj proizvoda. Ovi slučajevi jasno pokazuju važnost PLM sustava u kontroli kvalitete, upravljanju rizicima te brzom reakciji na nedostatke, čime se naglašava kontinuirani razvoj PLM-a i važnost učinkovitog upravljanja proizvodima tijekom njihovog cijelog životnog ciklusa, što je ključno za uspješno poslovanje u današnjim industrijskim okruženjima. S time, PLM sustavi su i važni strateški elementi za osiguranje konkurentnosti i održivosti u suvremenim globalnim tržištima, a ne samo tehnološki alati (Stark, 2020).

Stark (2020) navodi da je neovisni rad funkcionalnih odjela, kao što su marketing, proizvodnja i inženjering, često prouzročio probleme u koordinaciji i komunikaciji, dok su se proizvodi razvijali u odvojenim koracima. U 1970-ima se utvrdilo da serijski pristup uzrokuje greške, gubitak vremena i povećane troškove, što je dovelo do razvoja metoda kao što su Istovremeni inženjering (Concurrent Engineering) i Simultani inženjering (Simultaneous Engineering) za promoviranje integriranog rada timova iz različitih odjela.

U 1980-ima, stil X (DFX), koji obuhvaća industrijski dizajn (DFM) i ekološki dizajn (DFE), ostvario je uspon. Koncepti kao što su procjena životnog ciklusa (LCA) i životni ciklus troškova (LCC), koje su promovirali rani korisnici (EMI) i rani korisnici (ESI) u kasnom 20. i ranom 21. stoljeću, koriste se za rješavanje cjelokupnog životnog ciklusa proizvoda. Cijeli životni ciklus

proizvoda (LCX) postao je popularan holističkim pristupom proizvodu, od koncepta do obrade, uz minimalizaciju otpada i efikasnu obradu. Ova povijesna struktura važna je za razumijevanje trenutne prakse u PLM-u (Stark, 2020).

Slika 2 The PLM Grid



Izvor: Stark (2020, str. 8)

Opseg PLM-a predstavljen je mrežom 5\*10, gdje vodoravna os prikazuje pet faza životnog ciklusa proizvoda, a okomita os deset komponenti, poput podataka, aplikacija i aktivnosti, čime PLM mreža, prikazana na slici, ilustrira složenost i izazove upravljanja proizvodima kroz njihov životni ciklus (Stark, 2020).

Stark (2020) navodi da se pristup upravljanju podacima o proizvodima povijesno razvijao kao odgovor na sve veće izazove i promjene u industriji i tehnologiji, uključujući ključne odrednice i događaje. Računala su se koristila za razvoj proizvoda od 1950-ih, ali rane aplikacije bile su izolirane i često nisu međusobno komunicirale, svaka s vlastitom bazom podataka i specifičnim formatima podataka, stvarajući 'otoke automatizacije' i 'otoke informacija', što je potaknulo razvoj boljih načina za prijenos informacija unutar i između aplikacija.

Primjerice, različite vrste podataka, kao što su CAD modeli, popisi materijala, tehničke specifikacije i dokumentacija, uzrokovale su probleme u upravljanju i integraciji jer su se podaci često sastojali od višestrukih ili dupliciranih verzija, što je povećavalo mogućnost pogrešaka i komplikacija. Zrakoplovi i elektrane su dugovječni proizvodi koji zahtijevaju dugoročno upravljanje podacima koje može trajati desetljećima, uključujući pohranjivanje podataka, čuvanje povijesnih podataka te osiguravanje dostupnosti i relevantnosti podataka tijekom cijelog vijeka trajanja proizvoda (Stark, 2020).

PLM 5.0 donosi sa sobom sve izazove industrije koji su pred nama, dok se organizacije pripremaju za daljnje inovacije i tehnološke napretke (Balagić, 2021).

Prema Bhise (2017), u knjizi *Automotive Product Development: A Systems Engineering Implementation*, razvoj softvera za upravljanje životnim ciklusom proizvoda (PLM) u automobilskoj industriji usko je povezan s napretkom tehnologije, pri čemu je početno ručno upravljanje, oslanjajući se na fizičke dokumente i jednostavne metode dizajna, zamijenjeno digitalizacijom putem CAD sustava krajem 1980-ih i 1990-ih godina, što je omogućilo preciznije modeliranje i integraciju različitih sustava. Odražavanje evolucije automobilske industrije od jednostavnih proizvoda prema složenim, visoko integriranim sustavima očituje se u usavršavanju PLM sustava u 2000-tim godinama kroz integraciju CAD-a, automatsku kontrolu promjena i standardizirane procese, što je poboljšalo učinkovitost i smanjilo greške, dok današnja suvremena PLM rješenja koriste cloud computing, mobilne tehnologije, IoT i Big Data za praćenje performansi proizvoda u stvarnom vremenu i optimizaciju dizajna.

## **2.2. Osnovne funkcionalnosti softvera upravljanja životnim ciklusom proizvoda**

### **2.2.1. Osnovne funkcionalnosti PLM-a**

Stark (2020) navodi osnovne funkcionalnosti kao što je praćenje važnosti i širokog raspona vrsta proizvoda, pružanje alata za upravljanje specifičnim instancama proizvoda i njihovim verzijama, upravljanje velikim brojem proizvoda i njihovim verzijama, osiguranje usklađenosti s regulacijama za opasne proizvode te omogućavanje prepoznavanja zajedničkih elemenata među proizvodima, čime se optimizira učinkovitost i usklađenost kroz cijeli proces.

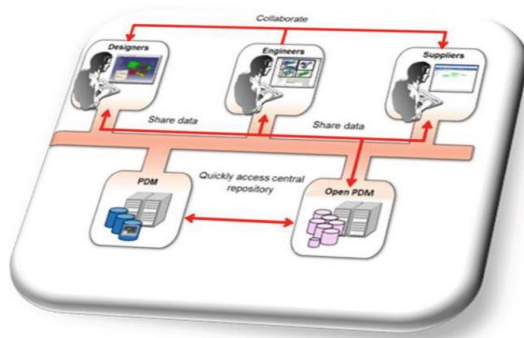
„Napredak u umjetnoj inteligenciji (AI), strojnom učenju (ML) i Internetu stvari (IoT) olakšavaju poboljšano prikupljanje podataka i analizu u modernim poduzećima. Ova sposobnost potiče poboljšanu produktivnost i izglede za smanjenje troškova, pozicionirajući tvrtke za veću učinkovitost i konkurentnost. Potraga za tehnologijom također stvara mogućnosti za bolju komunikaciju“ (Panda, Dyadyura i Mokiy, 2024).

Nadalje, Stark (2020) navodi da funkcionalnosti uključuju upravljanje svim dijelovima i elementima proizvoda, praćenje širokog spektra dijelova od jednostavnih do složenih sklopova te upravljanje dijelovima koji su proizvedeni ili kupljeni, što rezultira boljim upravljanjem tijekom životnog ciklusa proizvoda. Također, jedna od funkcionalnosti je upravljanje jedinstvenim identifikatorima za proizvode i dijelove, uključujući serijske brojeve i bar kodove, kao i različite nazive i opise za različita tržišta, čime se osigurava precizno praćenje proizvoda kroz sve faze, uz pružanje informacija i zaštitu od krivotvorenja s pomoću zaštitnih znakova.

Osim toga, funkcionalnosti PLM sustava podržavaju globalni razvoj proizvoda, uključujući razumijevanje različitih vrsta zahtjeva, kao što su specifični i nematerijalni čimbenici. Ovo uključuje prilagođavanje proizvoda lokalnim propisima, jezicima i kulturama te pružanje detaljne dokumentacije i specifikacija (Stark, 2020).

„Upravljanje životnim ciklusom proizvoda (PLM) je strateški pristup upravljanju informacijama, procesima i resursima za podršku životnom ciklusu proizvoda, od njegove koncepcije, razvoja, lansiranja i povlačenja. PLM nije samo računalna tehnologija, već integrirani pristup koji se temelji na skupu tehnologija (CAD / CAE / CAM) i na definiranju procesa“ (Nosenzo, Tornincasa, Bonisoli i Brino, 2013, str. 91).

*Slika 3 PLM skica i tokovi podataka*



*Izvor: Nosenzo, Tornincasa, Bonisoli i Brino (2013, str. 92)*

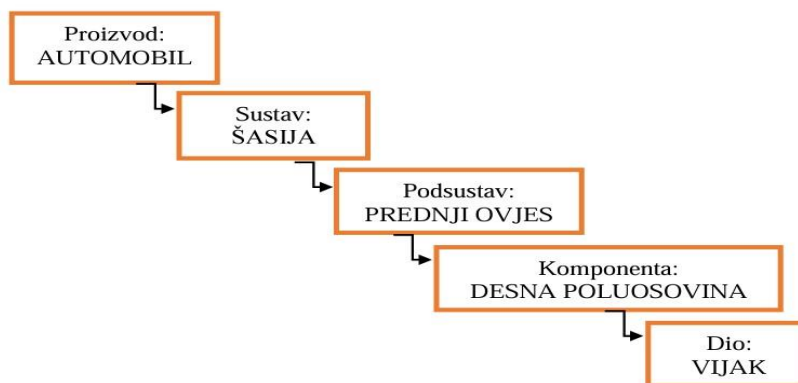


### 2.2.1.1. Funkcionalnosti PLM-a u razvoju električnog automobila i specifični alati

Prema Šariću (2019), upravljanje životnim ciklusom električnog automobila obuhvaća funkcionalnosti vozila, uključujući različite sustave i podsustave ključne za operativnost i korisničke potrebe. U ovom kontekstu, karoserija, izrađena od monocoque konstrukcije od karbonskih vlakana, osigurava čvrstoću i laganu konstrukciju te integrira baterijski set za dodatnu krutost. Pogonski sustav uključuje integraciju elektromotora i mjenjača, uz sustave hlađenja komponenti i klimatizacijski sustav kabine, dok interijer i eksterijer vozila obuhvaćaju dizajn sjedala, upravljača, svjetlosnih sklopova i zrcala, s naglaskom na ergonomiju i aktivne sigurnosne sustave poput zračnih jastuka i sigurnosnih pojaseva, dok se šasija razvija i optimizira kroz analize dinamike vozila.

Digital Mock-Up (DMU) pomaže u nadzoru razvojnog procesa i osigurava pravilnu integraciju komponenti bez sukoba među sustavima, dok se aerodinamika i hlađenje vozila analiziraju s pomoću CFD analize radi optimizacije otpora zraka i učinkovitosti hlađenja, električna arhitektura obuhvaća ožičenje i integraciju elektroničkih uređaja, a sigurnosni sustavi osiguravaju simulacijama sudara i analizama čvrstoće (Šarić, 2019).

Slika 4 Prikaz strukture razina automobila

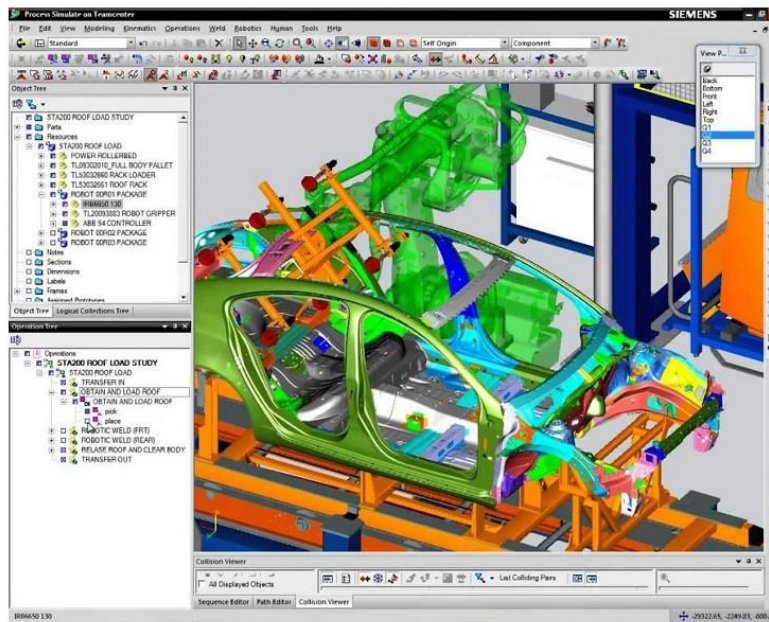


Izvor: Šarić (2019, str. 21)

Nadalje, Šarić (2019) navodi da za upravljanje komponentama električnih automobila specifični softverski alati unutar PLM sustava, poput Siemens NX koji omogućuje precizno CAD modeliranje i CAE simulacije za analizu baterija i elektromotora, te Dassault Systèmes 3DEXPERIENCE s CATIA i SIMULIA koje pružaju detaljno CAD modeliranje i CFD simulacije za poboljšanje aerodinamike i efikasnosti vozila, značajno poboljšavaju proces razvoja vozila. Za integraciju složenih procesa razvoja električnih automobila, Autodesk Fusion

360 pruža CAD modeliranje i simulacije za ubrzanje iteracije dizajna, PTC Windchill nudi alate za upravljanje dokumentacijom i suradnju u realnom vremenu, dok ARAS PLM omogućuje integraciju s različitim CAD, CAE i CAM alatima putem standardnih formata, čime se efikasno upravlja cijelim životnim ciklusom proizvoda, smanjujući troškove i ubrzavajući vrijeme razvoja.

Slika 5 Simulacija proizvodnog procesa u Siemens Teamcenter sustavu



Izvor: Šarić (2019, str. 44)

### 2.2.2. Funkcionalnosti PLM-a u praksi

PLM sustav upravlja cijelim životnim ciklusom proizvoda, od koncepta do proizvodnje, fokusirajući se na upravljanje podacima koji obuhvaćaju dizajn, proizvodnju, podršku, korištenje i reciklažu. Kvaliteta podataka je ključ uspjeha proizvoda jer omogućava učinkovitu prodaju i podršku te sprječava probleme u upravljanju, budući da su tijekom razvoja podaci jedini oblik kontrole zbog nepostojanja fizičkog proizvoda, dok nakon proizvodnje tvrtke pristupaju samo podacima. Dobra organizacija podataka pomaže u brzom pronalaženju informacija i automatskom generiranju izvještaja, dok loša organizacija može biti skupa i neučinkovita. Stoga podaci moraju biti potpuni, točni, upotrebljivi, sigurni i dobro upravljani. Također, upravljanje životnim ciklusom proizvoda (PLM) obuhvaća još funkcionalnosti, a to su upravljanje dokumentacijom, organizaciju podataka te primjenu metoda za poboljšanje procesa i optimizaciju troškova (Stark 2020).

„Predloženo tehničko rješenje sastoji se od platforme s dozvoljenim pristupom temeljene na blockchainu, koja pomaže u rušenju graničnih prepreka za pronalaženje podataka o proizvođačima, vozilima, korisnicima i svim ostalim dionicima, prateći cijeli životni ciklus proizvoda“ (Barolli i Zeneli, 2023, str. 9).

Slika 6 Glavni sustavi i njihovi podsustavi u tipičnom automobilskom proizvodu

<b>Vehicle System</b>	<b>Subsystems of the System</b>	<b>Sub-Subsystems or Components of the Subsystem</b>
Body system	Body-in-white	Body frame, cross members, body panels, front and rear fascia/bumpers
	Closures system	Doors (door frame, exterior panels, hinges, latches, inside trim panel power window mechanisms, door handles, window and mirror controls), hood and trunk-lid (or liftgate)
	Seat system	Driver's seat, front passenger seat, and rear seat(s)
	Instrument panel	Instrument panel fascia, instrument cluster, switches, glove box, brackets (for other components such as climate controls, entertainment and navigation controls and displays, passenger airbag) and trim components
	Exterior lamps	Front lighting system (headlamps and front signal lamps), rear signal system (tail lamps, stop lamps, turn signal lamps, back-up lamps, license plate lamps, rear reflectors), and side marker and clearance lamps
	Glass system	Windshield, backlite, side window glasses (also called <i>glazing surfaces</i> )
	Rear vision system	Inside mirror and outside mirrors, camera systems, and rear and side target sensing systems
Chassis system	Underbody frame work	Front subframe, rear subframe (cradle), cross members for mounting other chassis systems such as steering system and brake system
	Suspension system	Front and rear suspensions (includes arms, links, knuckles, joints, springs, shock absorbers)
	Steering system	Steering linkages, steering column, steering wheel and stalk controls
	Braking system	Brake disks/drums, brake pads and actuators, master cylinder, and pedal linkages
Powertrain system	Wheels and tires	Wheels and tires
	Engine	Engine block and cylinder heads, power conversion system (pistons, connecting rods, crank shaft, bearings), intake and exhaust system, fuel supply system, engine electrical and control system, cooling system, and lubrication system
	Transmission	Transmission casing, gears and shafts, clutches, valves and linkages, sensors, lubrication and oil cooling system
	Shafts and joints	Drive shaft, universal joints, convel joints and bearings
	Final drive and axles	Differential casing, shafts, gears, and bearings

Izvor: Bhise (2017.str. 12)

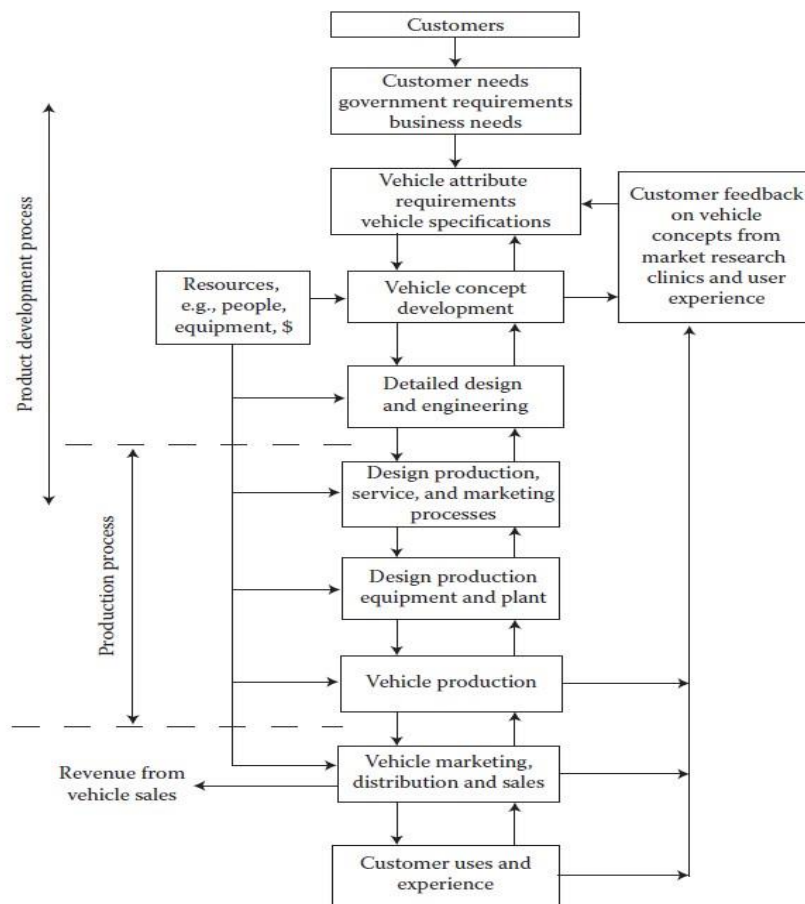
Slika 7 Glavni sustavi i njihovi podsustavi u tipičnom automobilskom proizvodu

Vehicle System	Subsystems of the System	Sub-Subsystems or Components of the Subsystem
Fuel system	Fuel tank	Tank, fuel system module (fuel pump, pressure valve, fuel filter, fuel level sensor), carbon canister, filler pipe and fuel cap
	Fuel lines	Fuel lines, hoses, and connectors
Electrical system	Battery	Battery
	Alternator	Casing, rotor, and stator
	Wiring harnesses	Wiring harnesses, connectors, and clips
	Power controls	Switches, sensors, relays, electronic control units, fuse box and fuses
Climate control system	Heater	Heat exchanger, blower, air ducts, valves, and hoses
	Air conditioner	Heat exchanger, compressor, valves, tubing, hoses, and refrigerant
	Climate controls	Controls and displays (for setting temperature, fan speed, and mode)
Safety and security system	Air bag system	Air bag units, sensors and actuators, wiring, electronic control units
	Seat belt system	Seat belts, belt anchors, belt buckles, belt movement control mechanisms, sensors, and wiring
	Wiping and defroster systems	Windshield wipers, wiper motors, wiper control system, defroster system, and defroster control system
	Security lighting and locking systems	Exterior courtesy lamps, door locks, locking mechanisms, theft protection system, wiring and control units
	Driver assistance systems	Collision avoidance systems such as automatic braking, lane-departure warning system, driver alertness system, and adaptive cruise control system
Driver interface and infotainment system	Primary and secondary vehicle controls and displays	Driver controls and displays, wiring, and connectors
	Audio system	Audio controls and displays, audio chassis and circuit board, antenna, wiring, USB port
	Navigation system	Microprocessor, display, wiring, antenna, map database, and data ports
	CD/DVD player	CD/DVD player chassis and mechanism, microprocessor, wiring, USB port

Izvor: Bhise (2017, str. 12)

Prema Starku (2020), upravljanje podacima o proizvodu (PDM) odnosi se na aktivnosti vođenja i organiziranja podataka o proizvodu putem specijaliziranih računalnih sustava (PDM sustava), koji omogućuju učinkovitije upravljanje i pohranu tih podataka. U planiranju se koriste različiti podatkovni modeli, uključujući konceptualne, logičke i fizičke modele. Konceptualni model je razumljiv svima, logički model detaljno prikazuje poslovne zahtjeve, a fizički model je specifičan za tehnologiju koja se implementira. Kompleksnost i količina podataka u razvoju vozila mogu biti izuzetno velike, ali PDM sustavi omogućuju učinkovitije organiziranje i pohranu tih podataka, čime se direktno doprinosi uspjehu PLM strategije kroz optimizaciju upravljanja podacima i poboljšanje cjelokupnog procesa razvoja proizvoda te omogućuje bolju kontrolu nad informacijama.

Slika 8 Tok razvoja proizvoda i proizvodnje u automobilskoj industriji



Izvor: Bhise (2017, str.9)

Dijagram na slici 8. prikazuje ključne faze od koncepta do proizvodnje i povratnih informacija o proizvodu, pružajući pregled kako PLM sustav podržava i upravlja cijelim životnim ciklusom proizvoda u automobilskoj industriji (Bhise, 2020, str. 9).

Softver koji se koristi u okruženju PLM obuhvaća mnoge alate koji podržavaju sve faze životnog ciklusa proizvoda, od dizajna i proizvodnje do održavanja i zbrinjavanja. CAD (računalno potpomognuti dizajn) softver omogućuje stvaranje 2D i 3D modela, dok CAE (računalno potpomognuto inženjerstvo) softver pruža vizualizaciju i analizu za prepoznavanje problema u dizajnu. CAM (računalno potpomognuta proizvodnja) omogućuje programiranje CNC strojeva kombiniranjem CAD modela s proizvodnim procesima. PDM (sustav za upravljanje podacima o proizvodima) organizira i pohranjuje sve tehničke podatke i dokumentaciju vezane uz proizvod. ALM (upravljanje životnim ciklusom aplikacija) sustav upravlja razvojem i održavanjem softverskih aplikacija, dok aditivna proizvodnja (3D ispis) omogućuje brzu izradu prototipova (Stark, 2020).

Stark (2020) također navodi da umjetna inteligencija (AI) i strojno učenje poboljšavaju analizu i donošenje odluka, dok proširena stvarnost (AR) i virtualna stvarnost (VR) unapređuju vizualizaciju i simulaciju proizvoda. DMU (digitalni mock-up) softver omogućuje analizu i vizualizaciju proizvoda, dok ERP (planiranje resursa poduzeća) integrira poslovne procese, uključujući proizvodnju. MRP II (planiranje proizvodnih resursa) optimizira upravljanje materijalima, dok SCM (upravljanje konfiguracijom softvera) prati promjene i verzije softverskih proizvoda. DECM (digitalno upravljanje inženjerskim sadržajem) upravlja tehničkim katalogom i sustavima za prilagodbu proizvoda, dok Internet stvari (IoT) upravlja povezanim uređajima i prikuplja podatke.

„Prijedlog je digitalizirati sve transakcije u decentraliziranoj, dostupnoj i distribuiranoj knjizi, što bi moglo pokrenuti nove inicijative u policama osiguranja, poput modela plaćanja po vožnji ili bonus-malus koncepta“ (Barolli i Zeneli, 2023, str. 9).

Automatizacija tvornice koristi industrijska računala za optimizaciju proizvodnje, dok FEA (analiza konačnih elemenata) analizira stanje materijala pod različitim uvjetima. CAPP (računalno potpomognuto planiranje procesa) bavi se planiranjem proizvodnje, a CASE (računalno potpomognuto inženjering softvera) podržava sve faze razvoja softverskih rješenja. Katalog dijelova i biblioteke dijelova pružaju informacije o komponentama, omogućujući bolje upravljanje dijelovima i materijalima. Zajedno, ovi alati i aplikacije omogućuju organizacijama učinkovito upravljanje složenim proizvodima tijekom cijelog njihovog životnog ciklusa (Stark, 2020).

Prema Šariću (2019), V-model sistemskog inženjeringa omogućuje detaljno konstruiranje, testiranje i validaciju svih sustava električnog automobila kroz različite faze, osiguravajući iterativni razvoj s naglaskom na provjeru svih dijelova, uključujući karoseriju, trimove, šasiju, pogonske i električne sustave. U kombinaciji s alatima kao što su CAD (Computer-Aided Design) i CAE (Computer-Aided Engineering), ovaj model omogućuje precizno dizajniranje i optimizaciju komponenti vozila. CAD alati omogućuju stvaranje detaljnih 2D i 3D modela, što pomaže u vizualizaciji i simulaciji dizajna prije fizičke proizvodnje, dok CAE alati omogućuju analize performansi, uključujući strukturne, termalne i dinamičke testove, što pomaže u optimizaciji dizajna za izdržljivost i funkcionalnost.

Nadalje, simultani inženjering, koji omogućuje paralelni razvoj svih podsustava, uključujući fizičke testove kao što su crash testovi i aerodinamičke analize te digitalne simulacije komponenti, ubrzava proces i smanjuje potrebu za kasnijim inženjerskim promjenama. Integracija ovih alata s V-modelom sistemskog inženjeringa, uz podršku PLM (Product Lifecycle Management) sustava, omogućuje efikasno upravljanje podacima i optimizaciju procesa razvoja automobila, čime se poboljšava koordinacija timova i skraćuje vrijeme potrebno za plasiranje proizvoda na tržište (Šarić, 2019).

### **2.2.3. Studije slučaja i specifični uzroci problema**

Stark (2020) navodi pojedine funkcionalnosti PLM-a kroz neke studije slučaja i specifične uzroke problema. Nesreća Challenger uključivala je fizičke uzroke s neprikladnim O-prstenovima za niske temperature, tehničke uzroke s neadekvatnim dizajnom, organizacijske uzroke s ignoriranjem zahtjeva istraživača zbog pritiska menadžera, dok su kulturni uzroci uključivali kulturu prihvaćanja rizika. Time se obuhvaćaju funkcionalnosti upravljanja dokumentacijom i poboljšanja komunikacije među timovima.

Fizički uzroci nesreće u studiji Columbia obuhvaćaju toplinsko oštećenje izolacije od pjene, tehnički uzroci odnose se na neadekvatno testiranje, organizacijski uzroci uključuju loše upravljanje i koordinaciju, dok kulturni uzroci temelje na prošlom uspjehu umjesto na najboljim praksama, čime se obuhvaćaju funkcionalnosti analize problema, prevencije problema te dizajna i poboljšanja procesa. Studija Ariane 5 uključivala je tehničke uzroke u softverskoj grešci, organizacijske uzroke u nedovoljnoj analizi i testiranju te kulturne uzroke u nedostatku transparentnosti među partnerima, čime se obuhvaćaju funkcionalnosti analize uzroka problema, upravljanja procesima dizajna i testiranja te prevencije problema (Stark, 2020).

„Ovi koraci u stvarnom životnom ciklusu vozila ponavljaju se mnogo puta, a praćenje transakcija za vozila je transparentno, precizno i rješava probleme poput prijave s kilometražom i 'rolling wrecks' koje su prisutne u trenutnom sustavu“ (Barolli i Zeneli, 2023, str. 12).

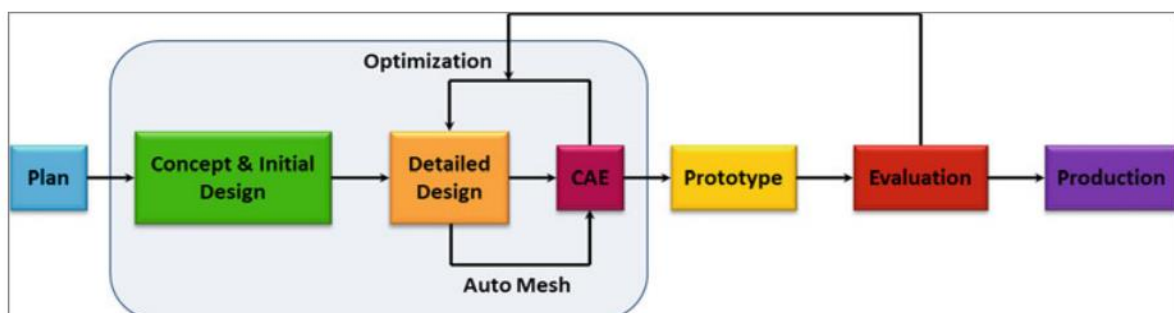
Šarić (2019) navodi da usporedba s velikim industrijskim napretkom, poput Fordove trake za serijsku proizvodnju, pokazuje da primjena PLM-a donosi značajne koristi, ali može biti otežana zbog otpora prema promjenama u dugotrajnim tvrtkama i visokih početnih troškova. Osim toga, studije slučaja ilustriraju kako PLM može unaprijediti učinkovitost i kako problemi

u upravljanju dokumentacijom i komunikaciji mogu ozbiljno utjecati na razvoj vozila, posebno na sigurnosne testove i optimizaciju dizajna. Na primjer, Toyota je 2018. povukla više od 2,4 milijuna hibridnih vozila zbog problema s ožičenjem, ali je PLM omogućio brz uvid u zahvaćene modele i tržište, smanjujući rizik od ljudskih žrtava i pravnih troškova. S druge strane, Grand Soleil je ubrzao konstruiranje i dokumentaciju, uštedjevši vrijeme, dok je Maschio smanjio vrijeme plasiranja proizvoda za 55 % i poboljšao kvalitetu za 60 %.

Nadalje, Mercedes-Benz je povećao broj modela i ubrzao razvoj proizvoda zahvaljujući PLM-u, a Volvo je s ulaganjem od više od 10 milijardi dolara optimizirao proizvodne procese i uštedio više od 50 % sredstava. Iako studije pokazuju koristi od PLM-a, kao što su poboljšana brzina, učinkovitije upravljanje dokumentacijom i komunikacijom, te povećana konkurentnost, specifični izazovi uključuju otpor prema promjenama u dugotrajnim tvrtkama, visoke početne troškove implementacije te potrebu za brzom prilagodbom i upravljanjem rizicima (Šarić, 2019).

„Gore spomenuta studija slučaja pokazuje da se trenutna razina CAD/CAE integracije u IVECO-u može opisati dijagramom na slici 23, koji predstavlja tipični CAD-centrični pristup, široko prihvaćen u trenutnom procesu dizajna“ (Nosenzo, Tornincasa, Bonisoli i Brino, 2013, str. 97).

Slika 9 Trenutačni IVECO CAD/CAE integracijski sustav

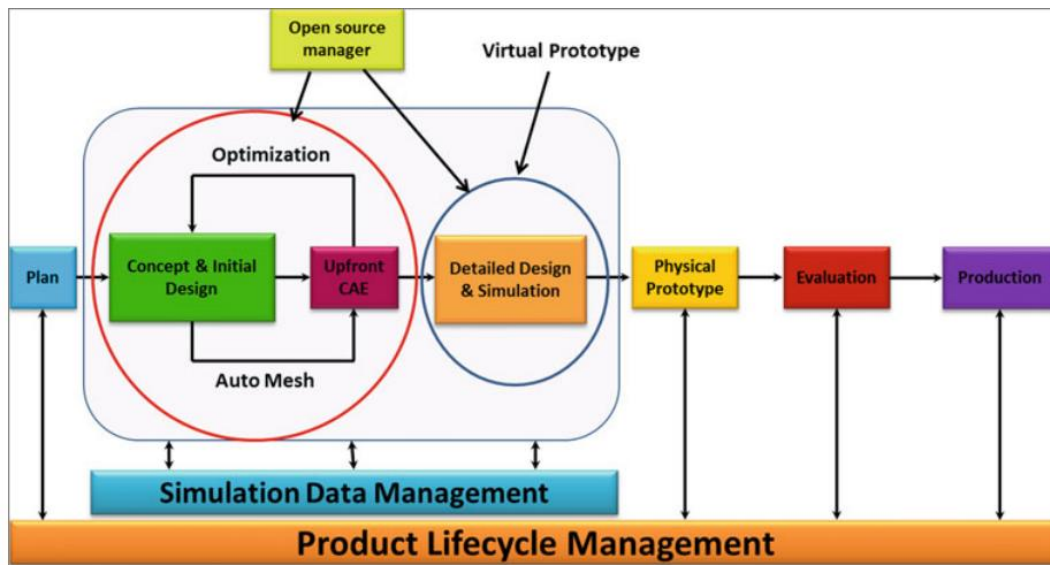


Izvor: Nosenzo, Tornincasa, Bonisoli i Brino (2013, str. 103)

Važnost nove paradigme CAD/CAE integracije proizlazi iz uključivanja računalno potpomognutog inženjeringa (CAE) u ranim fazama životnog ciklusa proizvoda, što poboljšava dijeljenje informacija i znanja o proizvodu, smanjuje rizik i troškove, ubrzava vrijeme izlaska na tržište, povećava kvalitetu i zadovoljstvo kupaca te doprinosi rastu prihoda i tržišnog udjela (Nosenzo, Tornincasa, Bonisoli i Brino, 2013).



Slika 10 Nova paradigma CAD/CAE integracije



Izvor: Nosenzo, Tornincasa, Bonisoli i Brino (2013, str. 103)

#### 2.2.4. Praćenje poslovnih procesa

Stark (2020) navodi da je za detaljno praćenje poslovnih procesa potrebna operativna dokumentacija, odnosno dokumenti procesa. Top-down i bottom-up modeli pomažu u pojednostavljanju složenih okruženja te olakšavaju komunikaciju između različitih timova koji sudjeluju, naprimjer u razvoju vozila. Dijagrami toka prikazuju niz koraka i odluka donesenih tijekom vremena dok sudionici organiziraju aktivnosti u vodoravne dijelove koji pokazuju uloge i odgovornosti.

Ključni pokazatelj uspješnosti (KPI) za poslovne procese, naprimjer u razvoju vozila mjeri učinkovitost i napredak te pomaže u postavljanju ciljeva i unapređenju. Specifični, kvantificirani, mjerljivi i vremenski ograničeni ciljevi usmjeravaju sve aktivnosti PLM-a, poput smanjenja troškova kvalitete ili skraćivanja vremena dolaska proizvoda na tržište, pomažući u razvoju strategije, planova i pružanju jasnih smjernica za postizanje željenih rezultata. Razvoj vizije predstavlja dugoročni okvir i glavne karakteristike budućih aktivnosti PLM-a u razvoju proizvoda, odnosno vozila, pružajući zajedničku sliku i smjer za sve sudionike, pri čemu vizija treba biti specifična za industriju vozila, realna, konzistentna i dokumentirana, omogućujući donošenje odluka i planiranje budućih aktivnosti. Postizanje strateških poslovnih rezultata i uspješno upravljanje životnim ciklusom proizvoda, odnosno vozila ovise o kombinaciji jasno definiranih ciljeva i dugoročne vizije (Stark, 2020).

Bhise (2017) navodi da veliki programi u razvoju automobila, koji uključuju razvoj novih platformi i proizvoda, mogu trajati od 12 do 48 mjeseci, ovisno o kompleksnosti, dok manji programi fokusiraju na osvježavanje postojećih modela. Procjena trajanja i troškova temelji se na zadacima, potrebnim resursima i troškovima, uzimajući u obzir varijacije u timovima, proračunu i tehnologiji, što naglašava važnost organizacije i optimizacije.

Praćenje procesa sadrži ključne elemente kao što su simultani inženjering za skraćivanje vremena razvoja, zajednički rad timova za bolju komunikaciju, stalno ažuriranje podataka kako bi se smanjila kašnjenja, smanjenje promjena dizajna nakon odobrenja specifikacija, korištenje računalno potpomognutih metoda za optimizaciju dizajna te recenzije dizajna za prepoznavanje i rješavanje problema. Rano donošenje odluka o ključnim parametrima dizajna može minimizirati kasnije troškove i promjene, dok praćenje pristupnika, odnosno prekretnica pomaže u koordinaciji aktivnosti i osigurava napredak prema planu, a često postavljana pitanja o izvedivosti, konkurentnosti i kvaliteti proizvoda dodatno pomažu u uspješnom upravljanju razvojem (Bhise, 2017).

„U kontekstu projekata, pristup održivog životnog ciklusa znači uzeti u obzir sve faze projekta u kontekstu održivosti, kao i životni ciklus proizvoda projekta. Faze će varirati od jednog projekta do drugog, ali će uvijek uključivati (možda pod različitim nazivima) inicijaciju, planiranje, izvođenje, zatvaranje, korištenje i održavanje proizvoda te moguće njegovo odlaganje“ (Kuchta, 2023, str. 135).

#### **2.2.5. Dodatne funkcionalnosti PLM-a**

Stark (2020) ističe da internet, kao globalna komunikacijska mreža, omogućuje prikupljanje i distribuciju informacija o proizvodima u svim aspektima njihovog životnog ciklusa, čime različite komponente Interneta stvari (IoT) pridonose važnim procesima upravljanja proizvodima. Prikupljanje podataka o performansama i zdravlju proizvoda, odnosno stanju vozila putem IoT uređaja, uključujući senzore i procesore, poboljšava kontrolu i analizu u PLM-u, dok pametni proizvodi, odnosno pametni automobili i druga vozila omogućuju napredne funkcionalnosti kao što je automatsko prilagođavanje na temelju podataka senzora, a prijenos podataka putem interneta omogućuje integraciju podataka s proizvoda i uređaja povezanih u sustav upravljanja životnim ciklusom.

Za implementaciju sustava usluga proizvoda usmjerenih na održive poslovne modele, usluge kao što su car-sharing, ride-hailing i pretplate mogu smanjiti ekološke utjecaje, dok pružaju konkurentne prednosti kao što su održavanje i osiguranje, što dovodi do diversifikacije prihoda koja nadilazi tradicionalnu prodaju vozila, stvarajući stabilne i predvidljive prihode (Sharma, Yadav i Singh, 2023).

Pristup informacijama o proizvodu i upravljanje njima s bilo kojeg mjesta omogućuje tehnologija mobilnih telefona, dok tehnologije lociranja, kao što su GPS i RFID, omogućuju precizno praćenje proizvoda, odnosno vozila, a cloud pruža pohranu i obradu podataka, dopuštajući pristup i analizu bez potrebe za IT infrastrukturom na licu mjesta. Kibernetička sigurnost ključna je za zaštitu informacija i podataka od kibernetičkih prijetnji, dok IoT platforma omogućuje upravljanje svim aspektima povezanih proizvoda, odnosno vozila uključujući integraciju sa sustavima za analitiku, sigurnost i upravljanje zdravljem (Stark 2020).

Šarić (2019) ističe da dodatne funkcionalnosti obuhvaćaju specifične tehnologije poput naprednih sustava za pomoć vozaču (ADAS), uključujući adaptivni tempomat, sustav za pomoć pri održavanju trake i automatsko kočenje u nuždi, čime se unapređuju ukupne performanse vozila i iskustvo korisnika.

### **2.3. Prednosti i izazovi implementacije softvera upravljanja životnim ciklusom proizvoda**

„Poslovni modeli su ključni za tvrtku, a dobar poslovni model može u potpunosti iskoristiti snage tvrtke za bolje poslovne rezultate“ (Xiaohui i sur., 2021, str. 2).

Balagić (2021) ističe da početak, odnosno uvođenje promjena u postojeću organizaciju, označava implementaciju PLM-a, koja opstaje jedino ako je organizacija svjesna nužnosti promjene i zna njome upravljati. Svaka promjena izaziva otpor, stoga joj je potrebno pristupiti pažljivo i planirano. Uvođenje novog sustava u organizaciju zahtijeva najvažniji posao menadžmenta, a to je jasna vizija implementacije, odnosno jasan smjer i jasan angažman te jasno definirana strategija implementacije, odnosno jasni i mjerljivi ciljevi s odgovorima na pitanje – kako postići definiranu viziju, pri čemu je implementacija timski rad koji zahtijeva sudjelovanje članova i konzultanata te mora biti pažljivo planirana i provedena.

„Centraliziranjem informacija o proizvodu u PLM-u, omogućuje svim dionicima, od inženjera do marketinških stručnjaka, za pristup ažurnim podacima, osiguravajući da se donošenje odluka temelji na najnovijim informacijama. Ovo centraliziranje informacija o proizvodu ne samo da usmjerava NPI proces, već i značajno smanjuje pogreške i redundancije, ubrzavajući vrijeme izlaska na tržište“ (SolidCAD, 2024).

Uz jasno definirane uloge, odgovornosti i ciljeve, implementacija PLM-a može biti jednostavna i učinkovita, pod uvjetom da se vizija i strategija temelje na vrsti poslovanja, a ne na mogućnostima sustava te da PLM omogućava učinkovit protok podataka kroz organizaciju, gdje ne postoji vlasništvo nad podacima, već se odgovornosti za sadržaj temelje na fazama životnog ciklusa uz dijeljenje podataka. Razumijevanje, definiranje i dokumentiranje granice i opsega PLM-a unutar organizacije, osnovnih principa PLM-a, mogućnosti novih tehnologija i procesa unutar organizacije operativno je bitno, pri čemu implementacija zahtijeva interdisciplinarne timove koji sustavno pristupaju ovim aspektima i provode sustav postepeno u fazama, dok najvažnije prednosti mogu uključivati povećanje učinkovitosti, konkurentnosti te stvaranje nove kulture i kvalitetnijeg radnog okruženja (Balagić, 2021).

„Kako bismo uspjeli sa sveobuhvatnom implementacijom SE i razvojem načina razmišljanja, predložimo radnje koje su se pokazale ključnima u našim eksperimentima: (a) prvo treba postaviti IT, uključujući članove odbora organizacije; (b) uloga uključenosti zaposlenika je vitalna i olakšava brza poboljšanja u smislu razumijevanja i prihvaćanja (nove inženjerske metode); (c) pustiti zaposlenike da se igraju i stvaraju vlastite strukture primjenjujući načela SE; (d) obučavati zaposlenike na radionicama – golem napredak može se postići primjenom tehnike učenja kroz rad nakon predstavljanja temeljnih dijelova SE teorije“ (Kolossváry, Feszty i Dóry, 2023, str. 8).

Prema Starku (2020), implementacija PLM-a donosi značajne prednosti uključujući poboljšanu efikasnost i kvalitetu proizvoda, smanjenje troškova i ubrzanje vremena izlaska na tržište, smanjenje ciklusa razvoja te unaprijeđenu suradnju među različitim funkcijama i lokacijama, što sve zajedno doprinosi većem zadovoljstvu kupaca. Također, omogućava brže i preciznije obavljanje zadataka, smanjenje otpada, povećanje prihoda, standardizaciju i smanjenje grešaka te bolju optimizaciju resursa kroz standardizaciju faza životnog ciklusa proizvoda. Ipak, implementacija PLM-a susreće izazove kao što su nedostatak standardizacije u imenovanju i opsegu procesa, što može uzrokovati zabunu i otežati suradnju, dok nedostatak podrške

menadžmenta i otpor prema promjenama dodatno pogoršavaju situaciju.

„Iako se čini da je ključ za prevladavanje vjerojatno nastalih poremećaja u promjenama jasan: ljudi na ključnim pozicijama trebali bi biti uključeni od samog početka, plus, biti integrirani dio stvaranja specifičnog SE modela organizacije s vidljivom slobodom i odgovornošću“ (Kolossváry, Feszty i Dóry, 2023, str. 8).

Učinkovito modeliranje podataka i organizacija velikih količina informacija omogućeni su modernim softverskim alatima, čime se poboljšava preciznost i efikasnost u upravljanju proizvodima uslijed stalnih promjena i ažuriranja podataka. UML dijagrami omogućuju vizualizaciju statičkih i dinamičkih aspekata objekata i aktivnosti, pomažući tako u boljem razumijevanju njihove strukture, ponašanja i interakcija, što unapređuje suradnju i komunikaciju među timovima. Složenost upravljanja velikim brojem aktivnosti i sudionika u modelima tijekom podataka može učiniti izradu, promjenu i upravljanje modelima zahtjevnim, dok detaljni modeli često postaju teški za razumijevanje. Održavanje dosljednosti i točnosti ključno je u svim modelima, a redovito ažuriranje i provjera točnosti modela nužni su za njihovu učinkovitost i korisnost (Stark, 2020).

Stark (2020) izdvaja opće PLM aplikacije koje nude široku primjenu u različitim industrijama i organizacijama pružajući osnovne funkcionalnosti poput upravljanja podacima, procesima i projektima te omogućuju efikasnu suradnju i vizualizaciju. Međutim, njihova implementacija može biti složena zbog potrebe za integracijom i prilagodbom. Za razliku od toga, specijalne PLM aplikacije pružaju napredne funkcionalnosti za specifične industrije i zadatke, što omogućuje precizno upravljanje specifičnim izazovima, ali može zahtijevati složeniju implementaciju i dodatne resurse. U svakom slučaju, ključ za uspjeh leži u pažljivom planiranju i obuci. Prednosti PLM-a u automobilske i zrakoplovnoj industriji uključuju brže lansiranje novih proizvoda i bolje upravljanje konfiguracijom, dok izazovi uključuju usklađenost s propisima i složenost proizvoda. U visokoj tehnologiji, PLM omogućava bržu proizvodnju i učinkovitije upravljanje dokumentacijom, suočavajući se pritom s izazovima brzih tržišnih promjena.

Primjena raznih metoda u okviru PLM-a donosi brojne prednosti i izazove u svim fazama životnog ciklusa proizvoda, prema Starku (2020), značajno poboljšavajući performanse od početne ideje do povlačenja s tržišta. Na primjer, u upravljanju projektima poboljšava se

koordinacija, no složenost može predstavljati izazov. QFD usklađuje proizvode s korisničkim zahtjevima, ali može produžiti razvojni proces. Roadmapping pomaže u planiranju novih prilika, no prilagodba može biti teška. Inženjering pouzdanosti povećava pouzdanost proizvoda, ali je zahtjevan i skup. Robusni inženjering osigurava otpornost na varijacije, ali može biti skupo za implementaciju. Simultano inženjering ubrzava razvoj kroz timsku suradnju, no zahtijeva dobru koordinaciju.

Metodologije razvoja softvera kao što je Agile pružaju fleksibilnost i stalnu povratnu informaciju, dok tradicionalni Waterfall pristup može biti manje prilagodljiv. Timski rad poboljšava rezultate, no može biti izazovno upravljati različitim članovima tima (Stark, 2020).

Prema Starku (2020), uloga Organizacijskog Menadžmenta Promjena (OCM) u procesu implementacije PLM-a uključuje mnoge prednosti, kao što su poboljšanje procesa razvoja proizvoda, bolja organizacija podataka o proizvodima te uvođenje novih uloga i odgovornosti. Također, uključuje smanjenje rizika i maksimiziranje vrijednosti proizvoda tijekom cijelog životnog ciklusa. Zbog trenutnih pritisaka za postizanje kratkoročnih ciljeva, menadžeri različitih funkcija mogu biti nezainteresirani za dugoročne koristi PLM-a, dok organizacijski lideri trebaju imati sposobnost komunikacije i koordinacije među različitim funkcijama te upravljanja promjenama u složenom okruženju.

PLM inicijative često ne uspijevaju bez odgovarajuće primjene Organizacijskog upravljanja promjenama (OCM), jer promjene nisu pravilno implementirane, što može rezultirati nepostizanjem poslovnih ciljeva, nesigurnošću među zaposlenicima, smanjenom upotrebom novih sustava i nezadovoljstvom u timu. Kako bi PLM bio uspješan, potrebno je pažljivo planirati, komunicirati i pružiti podršku kroz cijeli proces promjena, što može smanjiti otpor i osigurati uspješnu provedbu (Stark, 2020).

Iako postavljanje specifičnih i mjerljivih ciljeva može biti zahtjevno i dugotrajno te uključivati kompleksnost dokumentacije, kao i potrebu za značajnim resursima i s vremenom, dobro definirani ciljevi omogućuju precizno praćenje napretka i učinkovitosti, motiviraju zaposlenike i olakšavaju razvoj strategija i planova, unatoč poteškoćama u usklađivanju i komunikaciji unutar tvrtke (Stark, 2020).

Suprotno tome, vizija PLM-a pruža jasnu sliku budućeg smjera, olakšava usklađivanje napora svih članova tima i komunikaciju među zainteresiranim stranama te pomaže u razvoju strategije i planova, omogućujući prilagodbu novim prilikama i izazovima. Međutim, iako razvoj i komunikacija vizije mogu biti složeni, usklađivanje s realnošću zahtijeva stalne prilagodbe zbog brzih promjena u tehnologiji i tržištu, dok realizacija vizije često zahtijeva značajne resurse i potpunu posvećenost cijele organizacije (Stark, 2020).

### **2.3.1. Prednosti i izazovi implementacije softvera upravljanja životnim ciklusom razvoja vozila**

Prema Šariću (2019), prednosti implementacije PLM-a uključuju poboljšanje kvalitete proizvoda i smanjenje troškova, pri čemu je Maschio smanjio vrijeme plasiranja proizvoda za 55 % i poboljšao kvalitetu konstrukcija za 60 %, dok je Toyota smanjila troškove povlačenja proizvoda s tržišta. Također, u primjerima Grand Soleil i Mercedes-Benza, prednosti obuhvaćaju bržu reakciju na tržišne promjene i povećanu produktivnost. Iako uspješna primjena PLM-a zahtijeva pažljivo planiranje kako bi se prevladali izazovi poput otpora prema promjenama u dugotrajnim kompanijama, visokih početnih troškova i kompleksnosti integracije s postojećim sustavima, ona može omogućiti ostvarivanje maksimalnih prednosti.

„Kibernetička sigurnost postala je jedan od najvažnijih izazova u životnom ciklusu razvoja automobila. Nadolazeći standard ISO/SAE 21434 pruža samo opći okvir koji je nedovoljan za izradu konkretnih metodologija dizajna“ (Dobaj i sur., 2023).

Prema Dobaj i sur. (2023), izazovi kibernetičke sigurnosti zahtijevaju od automobilske industrije značajna ulaganja i napore u definiranju regulativa i standarda. Iako standardi kao što su IEC 62443 i ISO 27000 serija nisu izravno usmjereni na razvoj vozila, oni su relevantni za procese proizvodnje i razvoj sustava u pozadini.

Kampf i sur. (2016) navode da proces nabave kamiona uključuje kalkulaciju troškova životnog ciklusa (LCC), koja predstavlja ključan alat za optimizaciju troškova analizom početnih, operativnih, održavanja i zbrinjavanja troškova, omogućavajući tvrtkama da usporede dugoročne troškove različitih opcija, uključujući nova i rabljena vozila. Metode kao što su Neto Sadašnja Vrijednost (NPV) te stohastički i deterministički pristupi koriste se u LCC metodologiji za kvantificiranje troškova i koristi, što je pokazalo da, iako početni troškovi nove poluprikolice mogu biti viši, ona je dugoročno isplativija zbog nižih operativnih troškova i

održavanja u usporedbi s rabljeno vozilom.

Unatoč izazovima poput složenosti izračuna, neizvjesnosti troškova, potrebe za preciznim pretpostavkama, upravljanja velikim količinama podataka i prilagodbe interne metodologije, prednosti LCC-a, uključujući sveobuhvatnost troškova, poboljšanu odluku o nabavci, povećanu efikasnost, bolje financijsko planiranje i mogućnost analize ekološkog utjecaja, mogu značajno unaprijediti donošenje odluka, uz uvjet da tvrtka uspješno primijeni ovu metodologiju i riješi nastale izazove (Kampf, Potkány, Krajčirová i Marcinekova, 2016).

### **2.3.2. Izazovi u reciklaži otpadnih vozila**

Prema Simiću (2013), značajan ekološki problem predstavljaju otpadna vozila, poznata kao ELV (End-of-Life Vehicles), zbog rastuće količine i prisutnosti opasnih tvari, što upravljanje životnim ciklusom proizvoda (PLM) čini izazovnim i kompleksnim. Recikliranje ELV-a ne samo da pomaže u očuvanju okoliša već i podržava ekonomsku održivost kroz oporabu i ponovnu upotrebu materijala, dok implementacija softvera za PLM donosi brojne prednosti.

Brzi razvoj digitalnih tehnologija (DT), poput Interneta stvari (IoT), kibernetско-fizičkih sustava (CPS), računalstva u oblaku, umjetne inteligencije (AI), analitike velikih podataka i digitalnih blizanaca, mobilizira automatizaciju i razmjenu podataka u procesu pametne proizvodnje kako bi se smanjila prekomjerna potrošnja i proizvodne pogreške te poboljšala učinkovitost, čime se potiče održivi razvoj (Han et al., 2023).

S druge strane, Simić (2013) navodi da su izazovi dodatno komplicirani složenošću u upravljanju različitim materijalima i ekološkim aspektima vezanim uz štetne tvari koje se nalaze u vozilima, kao i potrebom za usklađivanjem sa zakonodavnim okvirima poput EU Direktive 2000/53/EC o ELV-ima, koja postavlja zahtjeve za poboljšanje reciklaže i smanjenje utjecaja na okoliš. Pružanje boljih alata za upravljanje životnim ciklusom proizvoda, optimizaciju reciklažnih procesa i usklađivanje s regulativama kroz integraciju softvera može pomoći u adresiranju izazova u reciklaži otpadnih vozila, no uspjeh ovisi o učinkovitom implementiranju tehnologija i pravilnom usklađivanju s postojećim zakonodavnim zahtjevima.

Za učinkovito adresiranje izazova u reciklaži otpadnih vozila, kao što su procjena ekološke održivosti, optimizacija lokacija reciklažnih objekata, planiranje proizvodnje i odabir



materijala, potrebni su specifični metodološki pristupi i modeli koji nude konkretne metodologije za rješavanje tih problema. Primjerice, modeli za planiranje proizvodnje rješavaju izazove učinkovite reciklaže vozila, dok metodologija LCA analizira ekološku učinkovitost različitih scenarija reciklaže kako bi se procijenila njihova održivost, a optimalno lociranje reciklažnih objekata igra ključnu ulogu u implementaciji softverskih rješenja za upravljanje životnim ciklusom proizvoda. Naposljetku, još jedan važan element u unapređenju upravljanja životnim ciklusom proizvoda je odabir materijala, koji se bavi dizajnom i materijalima vozila radi poboljšanja reciklaže, čime ovi metodološki pristupi i modeli pružaju konkretne strategije za optimizaciju i poboljšanje procesa reciklaže otpadnih vozila (Simić, 2013).

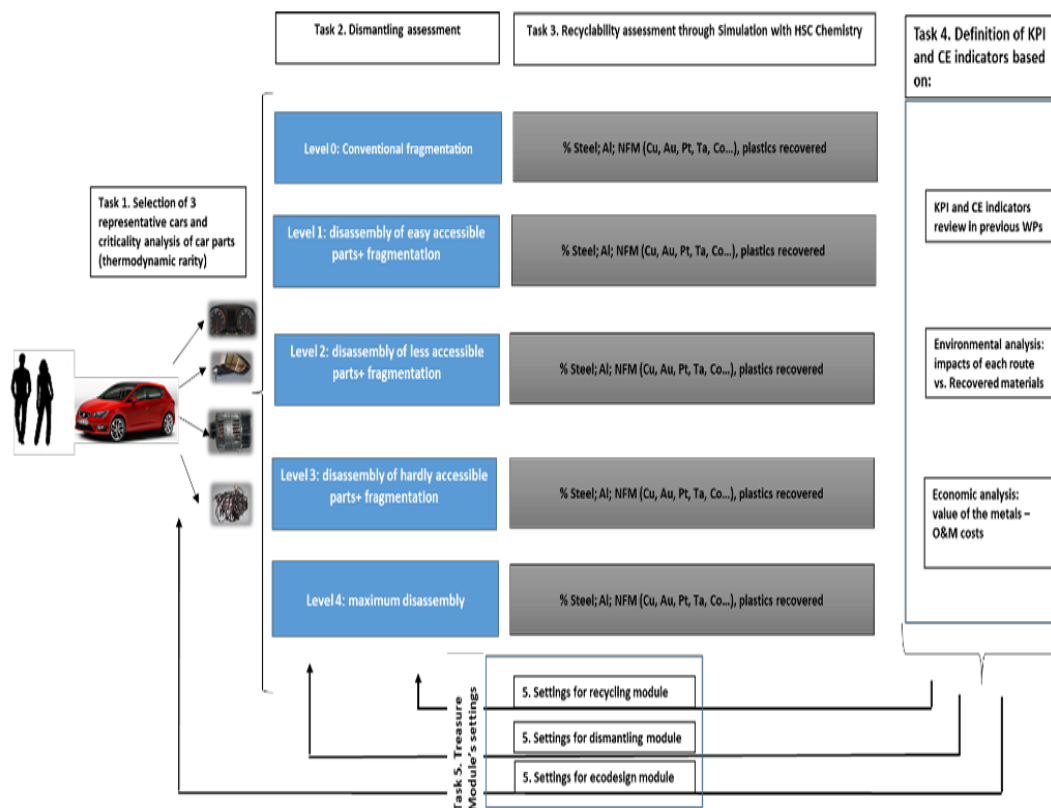
Digitalne tehnologije mogu postići ciljeve kružne ekonomije kroz međusobno povezane funkcije praćenja, kontrole, optimizacije i automatizacije (Han et al., 2023).

#### **2.4. Primjena digitalnih tehnologija u upravljanju životnim ciklusom proizvoda**

Stark (2020) navodi da digitalne tehnologije značajno unapređuju upravljanje životnim ciklusom proizvoda (PLM) kroz razne inovacije koje poboljšavaju kvalitetu, brzinu i učinkovitost procesa, točnost i pristup podacima. Detaljno modeliranje i optimizacija proizvoda omogućena je integracijom CAD-a, dok virtualno izrada prototipa eliminira potrebu za fizičkim prototipovima koristeći simulacije za testiranje i provjeru valjanosti dizajna.

„Jedna od najvažnijih aktivnosti u TREASURE bit će prikupljanje fizičkih i virtualnih podataka za stjecanje početnih znanja i utvrđivanje preporuka u smislu: 1) ekološkog dizajna; 2) rastavljanja; 3) recikliranja; i 4) uključivanja potrošača“ (Rosa i Terzi, 2023, str. 4).

Slika 11 Identifikacija i izbor reprezentativnih vozila



Izvor: Rosa i Terzi (2023, str. 4)

Prikupljanje podataka u stvarnom vremenu putem Internet stvari (IoT) poboljšava praćenje i analizu proizvoda, dok analiza tih podataka koristi sofisticirane algoritme za obradu velikih količina informacija, što omogućuje donošenje boljih odluka i optimizaciju procesa (Stark, 2020).

„Korištenje tehnologije digitalnog blizanca u modernim energetske sustavima omogućit će prikupljanje podataka iz raznih stvarnih objekata te automatizaciju prikupljanja i obrade velikih podataka primjenom metoda umjetne inteligencije, što će na kraju omogućiti upravljanje životnim ciklusom energetske opreme“ (Khalyasmaa i sur., 2023, str. 1).

S pomoću cloud tehnologija, odnosno tehnologija u oblaku, moguće je postići fleksibilnost i skalabilnost u pohrani i pristupu podacima s bilo koje lokacije. Brza proizvodnja fizičkih prototipova i dijelova putem 3D printanja omogućuje ubrzanje razvoja i testiranja, dok proširena stvarnost (AR) i virtualna stvarnost (VR) nude novu dimenziju u vizualizaciji i testiranju, poboljšavajući komunikaciju s digitalnim modelima proizvoda te unapređujući obuku i suradnju (Stark, 2020).

Sistemi kao što su ALM (Application Lifecycle Management) i ERP (Enterprise Resource Planning) upravljaju određenim podacima, ali nisu fokusirani na sveobuhvatno upravljanje proizvodnim podacima kao PDM sistemi. Digitalnom tehnologijom osigurava se učinkovito upravljanje podacima o proizvodima, uključujući CAD crteže, tehničku dokumentaciju i rezultate testiranja, putem PDM sustava. Ovi sustavi koriste digitalne baze podataka za pohranu informacija i uključuju komponente koje koriste digitalnu tehnologiju za učinkovito upravljanje podacima o proizvodima. Neki od komponenti, poput informacijskog skladišta koje koristi digitalne baze podataka za pohranu podataka te upravitelja informacija za digitalno upravljanje pristupom, sigurnošću i integritetom tih podataka, ključni su za učinkovito upravljanje podacima. S pomoću digitalne infrastrukture, koja uključuje mreže, računare i softver, podržava se rad PDM sistema. Komunikacija s PDM sistemom omogućena je putem modula sučelja koji koristi digitalna sučelja, dok modul definicije strukture omogućava digitalno definiranje tokova rada i strukture informacija (Stark, 2020).

Prema Starku (2020.), digitalne tehnologije olakšavaju praćenje aktivnosti, integraciju s poslovnim sustavima poput ERP-a, CRM-a i SCM-a, odnosno stvaraju učinkovita sučelja između njih te procjenu i standardizaciju PLM aplikacija, čime se osigurava digitalizacija procesa, optimizacija poslovnih procesa i poboljšana komunikacija unutar organizacije. Smanjenje nejasnoća postiže se standardizacijom terminologije, dok API-ji i integracijski alati poboljšavaju povezanost između aplikacija, odjela unutar tvrtke i vanjskih dobavljača. Povećanje učinkovitosti postiže se kroz middleware rješenja i centralizirano upravljanje podacima, dok cloud tehnologije i virtualizacija smanjuju ograničenja platformi i čuvaju stare aplikacije, a automatizirani sustavi poboljšavaju upravljanje verzijama.

Stark (2020) navodi da upravljanje velikim podacima (Big Data) kroz sve faze životnog ciklusa proizvoda (PLM) postaje moguće zahvaljujući digitalnim tehnologijama koje omogućuju tvrtkama prikupljanje, pohranu i analizu ogromnih količina informacija iz različitih izvora poput društvenih mreža, industrijskih senzora i e-mail-ova. Učinkovito upravljanje tim podacima omogućuju tehnologije kao što su cloud computing i distribuirane baze podataka.

S pomoću analitičkih alata kao što su Hadoop i Spark te softvera za vizualizaciju podataka poput Tableau i Power BI, prema Starku (2020), moguće je otkrivati obrasce, trendove i skrivene uvide u podacima, što doprinosi optimizaciji dizajna proizvoda putem CAD softvera, poboljšanju proizvodnih procesa, unapređenju korisničke podrške, smanjenju troškova te

učinkovitijem upravljanju podacima kroz PDM sustave.

Prema Starku (2020), digitalna replika fizičkog proizvoda ili procesa, poznata kao Digitalni bliznac, omogućuje simulaciju i analizu u virtualnom okruženju za optimizaciju dizajna i performansi, dok Umjetna inteligencija (AI) automatizira složene zadatke i procese, a strojno učenje, kao podskup AI-a, omogućuje računalima da uče iz podataka i prilagođavaju se bez eksplicitnog programiranja, čime poboljšava performanse kroz vrijeme.

Poboljšanje dizajna proizvoda, obuke i vizualizacije stvaranjem virtualnih simulacija i dodatnih informacija u stvarnom svijetu osiguravaju Virtualna stvarnost (VR) i proširena stvarnost (AR). Automatizacija fizičkih zadataka u proizvodnji i logistici s pomoću robotike i automatski vođenih vozila (AGV) povećava učinkovitost i smanjuje potrebu za ljudskim radom, dok aditivna proizvodnja (3D printanje) omogućuje stvaranje slojevitih objekata iz digitalnih modela, ubrzavajući prototipiranje i prilagodbu proizvoda (Stark, 2020).

Šarić (2019) navodi da upravljanje ciklusom električnog automobila primjenjuje tehnologiju digitalnog blizanca, koja predstavlja virtualnu repliku fizičkog automobila i u stvarnom vremenu se prilagođava okolini, omogućujući proizvođačima praćenje, analizu i održavanje vozila putem naprednih senzora i aktuatora za prikupljanje podataka, logike upravljanja te povezivanja na internet radi pohrane podataka na oblak i povezivanja između vozila i platforme.

Pravi digitalni bliznac zahtijeva dodatnu infrastrukturu, dok se CAD i CAE alati koriste za razvoj modela automobila koji se mogu smatrati djelomičnim digitalnim blizancima zbog simulacije stvarnih situacija, pri čemu je posebno naglašena važnost osiguravanja sigurnosti podataka, filtriranja velike količine informacija generiranih tijekom korištenja automobila te primjene naprednih analitičkih metoda i neuronskih mreža za obradu tih podataka (Šarić, 2019).

Primjena digitalnog blizanca u tvrtkama Siemens i Maserati koristi se za automatiziranu proizvodnju, što rezultira smanjenjem vremena plasiranja proizvoda na tržište, dok se u tvrtki Rimac C\_Two koristi za praćenje performansi u realnom vremenu i autonomnu vožnju, čime se ističe kako digitalni bliznac unapređuje razvoj, praćenje i održavanje automobila, iako se suočava s izazovima poput upravljanja velikim količinama podataka i osiguravanja privatnosti korisnika (Šarić, 2019).

#### **2.4.1. Primjena tehnologije u kružnom gospodarstvu**

Prema European Environment Agency (2017), kako bi se ostvarile prednosti kružnog gospodarstva, primjena digitalnih tehnologija poput Big Data analitike, Interneta stvari (IoT) i umjetne inteligencije u upravljanju životnim ciklusom proizvoda ključna je za smanjenje ekološkog utjecaja i ovisnosti o vanjskim resursima kroz bolju analizu resursa, optimizaciju energetske učinkovitosti i unaprijeđeno upravljanje otpadom.

„Usvajanje CE načela u fazi projektiranja (uzvodno) omogućuje nam da se usredotočimo na podrijetlo ekoloških problema, a ne na fazu potrošnje i odlaganja (nizvodno). Korištenjem ove perspektive integrirano je usvajanje specifičnih ekoloških inovacija povezanih s dizajnom proizvoda i njihovim utjecajem na načela CE-a iz perspektive poslovnih modela (CBM)“ (Triguero, Moreno-Mondéjar, i Sáez-Martínez, 2023, str. 2319).

„Centraliziranje svih alata za razvoj proizvoda, suradnju i upravljanje podacima na platformi za inovacije kao što je platforma 3D EXPERIENCE® u oblaku omogućuje proizvođačima jednostavno povezivanje podataka, znanosti, modeliranja i simulacija na jednom mjestu s Virtual Twin Experiences“ (Rouhani, 2024).

„Prema predloženoj definiciji, digitalni blizanci mogu se definirati na temelju osam ključnih karakteristika: digitalni blizanac je (i) virtualna zbirka informacija za (ii) određeni (planirani ili postojeći) proizvod, (iii) koji je opisan iz atomske do makro razine, (iv) slijedeći distribuiranu, decentraliziranu strukturu za upravljanje informacijama (v) tijekom cijelog životnog ciklusa proizvoda, (vi) na temelju fizičke informacijske veze sa stvarnim proizvodom i na (vii) (ako je moguće) sustav prijenosa podataka u stvarnom vremenu (viii) ugrađen u odgovarajuće softversko i hardversko okruženje“ (Bressanelli et al., 2022, str. 2).

Napredni sustavi za praćenje i identifikaciju materijala pomažu u očuvanju njihove vrijednosti i održavanju čistoće, čime omogućuju učinkovito recikliranje, dok digitalne tehnologije omogućuju praćenje i analizu emisija stakleničkih plinova u realnom vremenu, što dodatno doprinosi smanjenju emisija smanjenjem potražnje za novim materijalima i energijom u okviru kružnog gospodarstva. Nadalje, digitalne tehnologije poput blockchaina omogućuju preciznije praćenje i upravljanje vrijednostima proizvoda i materijala kroz cijeli životni ciklus, dok digitalni alati za dizajn i simulaciju pomažu u stvaranju proizvoda lakših za popravak, ponovnu uporabu i recikliranje, čime se značajno unapređuje učinkovitost kružnih ekonomskih praksi,

doprinosi održivijem gospodarskom modelu kroz bolju optimizaciju resursa i smanjenje ekološkog utjecaja (European Environment Agency, 2017).

„Prema ovom članku, koncept digitalnog blizanca ovisi o kontroli cijelog životnog ciklusa proizvoda kroz integraciju fizičkog i virtualnog svijeta putem kibernetičko-fizičkih sustava kroz kibernetički prostor“ (Selim, Tolba i Saleh, 2024, str. 1).

Selim i suradnici (2024) navode da digitalni blizanci značajno mijenjaju način na koji se odvijaju komercijalne i industrijske aktivnosti, omogućujući efikasno daljinsko upravljanje, rano prepoznavanje kvarova i brze reakcije na probleme, čime se smanjuju troškovi povezani s neočekivanim prekidima. Također, integracija podataka između fizičkih objekata i njihovih digitalnih verzija pomaže tvrtkama u optimizaciji performansi proizvoda i donošenju informiranih odluka tijekom cijelog životnog ciklusa proizvoda.

## **2.5. Razvoj u budućnosti softvera upravljanja životnim ciklusom proizvoda**

Prema Starku (2020), razvoj u budućnosti PLM-a zahtijeva integrirani pristup koji obuhvaća promjenu organizacijske kulture i stava prema inovacijama, čime se omogućava uspješnija implementacija poslovnih procesa. Kako bi tvrtke mogle efikasno reagirati na promjene na tržištu, ključna je spremnost menadžera i zaposlenika na prihvaćanje inovacija, jer otpor prema promjenama može ozbiljno ugroziti uspjeh PLM-a. S obzirom na to, podrška višeg menadžmenta je od presudne važnosti, kao što pokazuje primjer COO-a jedne globalne tvrtke, čija je aktivna uključenost bila ključna za uspjeh ove inicijative. Ako se poslovni procesi ne integriraju adekvatno u PLM inicijative, projekti mogu propasti, stoga budući razvoj PLM-a mora osigurati stalnu usklađenost svih procesa s ciljevima organizacije.

„Međutim, mnogi konkretni primjeri pojavili su se na temelju korištenja dijela IoT-a i dijela PLM-a; tj. prediktivno održavanje, pregled dizajna prototipa i daljinsko praćenje imovine zahtijevaju informacije i s proizvoda kao i iz IoT senzora ili aktuatora za rad“ (Barrios, Danjou i Eynard, 2022, str. 3).

Optimizacija poslovnih procesa igra ključnu ulogu u budućem razvoju PLM-a, budući da poboljšanja u tim procesima mogu značajno skratiti vrijeme potrebno za uvođenje proizvoda na tržište, neovisno o IT sustavu. S druge strane, pri implementaciji novih procesa i sustava potrebno je pažljivo planiranje koje uključuje temeljito planiranje, testiranje i prilagodbu, budući da primjer u kojem je nova implementacija PDM sustava izazvala probleme i dovela do njegovog uklanjanja naglašava važnost izbjegavanja kompleksnog planiranja poslovnih procesa, zbog čega budući razvoj PLM-a treba koristiti jednostavnije, ali učinkovite metode planiranja (Stark, 2020).

Stark (2020) navodi da će se usmjerenost razvoja PLM-a u budućnosti fokusirati na unapređenje upravljanja podacima o proizvodu kroz povećanje točnosti i kvalitete podataka uz pomoć sofisticiranih alata za validaciju i integraciju umjetne inteligencije, koja će omogućiti automatsku analizu velikih količina podataka, smanjujući potrebu za ručnim unosom i povećavajući preciznost.

Unaprijeđena zaštita podataka bit će osigurana naprednim sigurnosnim protokolima i tehnologijama šifriranja, dok će razvoj biti usmjeren na standardizaciju i unapređenje definicija podataka, evoluciju PDM sustava prema integraciji s drugim poslovnim sustavima te modeliranje podataka radi dosljednosti i funkcionalne usklađenosti. Vizualizacija podataka bit će poboljšana jednostavnijim i pristupačnijim konceptualnim modelima uz razvijene interaktivne alate (Stark, 2020).

Prema Starku (2020), uloge izvršnih direktora u upravljanju životnim ciklusom proizvoda (PLM) vjerojatno će se razvijati kako bi uključivale veću odgovornost za inovacije i strategije temeljene na podacima, pri čemu bi uloga Chief Product Officer-a (CPO) mogla obuhvatiti upravljanje analitikom proizvoda u stvarnom vremenu, dok bi CIO mogao igrati ključnu ulogu u integraciji naprednih tehnologija poput Interneta stvari (IoT) i strojnog učenja u PLM sustave.

Uloga CEO-a će vjerojatno postati sve važnija u upravljanju i usmjeravanju digitalnih transformacija i inovacija u PLM inicijativama, s očekivanjem da će se proširiti na odgovornost za integraciju novih tehnologija te za strategije vezane uz održivost i društvenu odgovornost, dok će uloga PLM Initiative Sponsor-a vjerojatno biti usmjerena na vođenje inicijativa koje uključuju napredne analitičke tehnike i digitalnu transformaciju, uključujući odgovornost za osiguranje usklađenosti tih inicijativa sa strategijama temeljenim na podacima i novim

tehnologijama (Stark, 2020).

Prema Bhise (2017), razvoj automobilskih proizvoda sadržava kompleksan proces koji uključuje faze od pretprogramiranja, preko razvoja koncepta, inženjerskog dizajna, proizvodnje, do distribucije i zbrinjavanja, pri čemu softver za upravljanje životnim ciklusom proizvoda (PLM) igra ključnu ulogu u integraciji svih aspekata razvoja, od početne ideje do finalne proizvodnje.

Kroz funkcionalnosti PLM-a, alati pomažu u praćenju napretka projekta, upravljanju promjenama i osiguravanju da su svi zahtjevi zadovoljeni. Također olakšavaju koordinaciju između različitih timova, upravljanje dokumentacijom i komunikacijom, omogućuju analizu i izvještavanje te podržavaju faze dizajna i proizvodnje. Time se optimiziraju procesi, smanjuju rizici i omogućava brza prilagodba promjenama, što je ključno za uspjeh proizvoda na dinamičnom tržištu (Bhise, 2017).

„Integracija između PLM i MES osigurava kvalitetu proizvoda tijekom dugih vremenskih razdoblja. Ova integracija omogućava stvaranje mehanizma povratnih informacija koji može poboljšati performanse proizvodnog procesa i kvalitetu proizvedenih dijelova“ (D’Antonio et al., 2016, str. 787).



### **3. STUDIJE SLUČAJA PRIMJENE SOFTVERA UPRAVLJANJA ŽIVOTNIM CIKLUSOM RAZVOJA VOZILA**

#### **3.1. Studije slučaja inovacija u razvoju novih vozila i unapređenje globalne suradnje**

Prema Starku (2020), jedno od analiziranih studija slučaja u automobilskoj industriji fokusira se na tvrtku B koja je veliki proizvođač automobila s tvornicama u nekoliko zemalja i globalnom prodajom te je posljednjih nekoliko godina dominirala domaćim tržištem, dok je također imala značajan udio na stranim tržištima. Tvrtka se suočila i s velikim izazovima koji obuhvaćaju globalnu konkurenciju, potpunu kvalitetu, pritiske na okoliš i brzo napredovanje tehnologije, pri čemu glavnim problemom postaje sve veća konkurencija koja uzrokuje pad prodaje i gubitak tržišnog udjela. Unatoč brzom reagiranju na promjene i značajnim ulaganjima u tehnologiju i automatizaciju, slijedeći učinkovite metode japanske industrije, stvarni napredak je bio ograničen, što je rezultiralo velikim financijskim gubicima i smanjenjem tržišnog udjela.

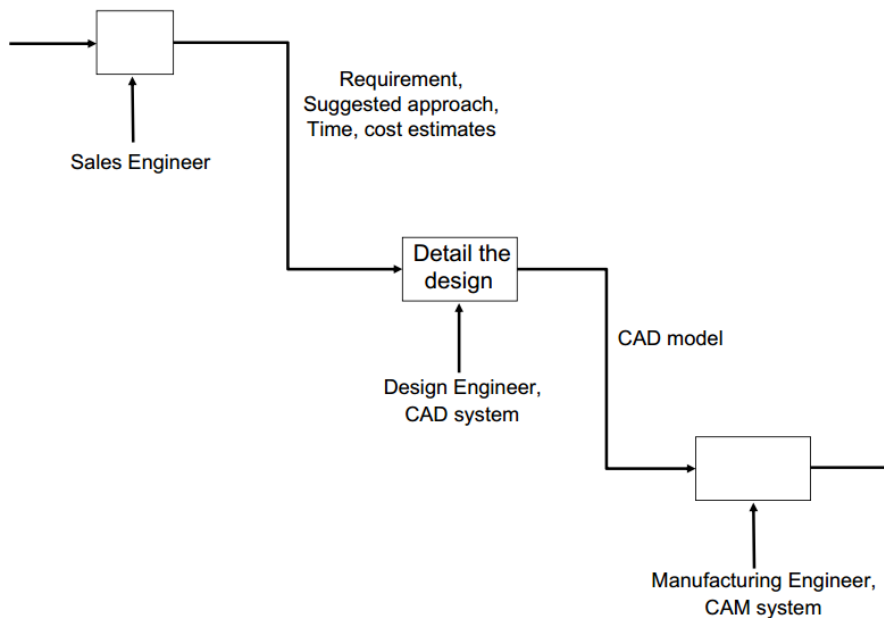
Analiziranjem je pokazano da su problemi proizašli iz nedostatka strategije razvoja proizvoda i loše koordinacije između odjela, dok se top menadžment fokusirao na druge prioritete, zanemarujući ključne tehničke izazove. Danas vrlo malo poslovnih vođa razumije zahtjeve razvoja novih proizvoda, često ostavljajući inženjerstvu slobodu da stvara proizvode koji ne zadovoljavaju potrebe kupaca, dok se top menadžment zbunjuje zbog neučinkovitog korištenja postojećih resursa i sporog razvoja, dok menadžment inženjeringa prepoznaje probleme, ali se suočava s preprekama zbog slabog razumijevanja procesa inženjeringa i čestih smanjenja troškova, koji bez obzira na sve smanjuju broj zaposlenih i njihove sposobnosti (Stark, 2020).

„Cilj projekta je izraditi dijagnostičko izvješće o analizi problema i nacrt za pilotiranje razmjene podataka u ekosustavu dionika kružnog gospodarstva. Automobilska industrija je zanimljiva za analizu praćenja kružnog gospodarstva jer je jedna od glavnih industrija u europskom gospodarstvu koja će biti pogođena tranzicijom prema kružnom gospodarstvu. Dio te tranzicije uključuje strože zahtjeve koji će se uvesti kako bi se smanjila upotreba primarnih sirovina u novim proizvodima, kao i bolja ponovna uporaba i recikliranje materijala na kraju životnog vijeka kako bi se osiguralo da vrijedni resursi ne budu izgubljeni kao otpad“ (Rukanova et al., 2023, str. 548).

U bliskoj budućnosti, s obzirom na nedostatak podrške uprave, Stark (2020) navodi da će najisplativiji pristup biti uvođenje novog procesa razvoja proizvoda u manje od godinu dana, dok će inženjering biti odgovoran za spašavanje svoje situacije bez financiranja za velike projekte poput 10-godišnjeg CIE. Zbog nedostatka gotovine i dvogodišnjeg kašnjenja u lansiranju modela, tvrtka sada postavlja prikupljanje dovoljnog kapitala kao ključni cilj kako bi mogla pravovremeno plasirati nove proizvode i spriječiti konkurente da preuzmu tržište.

Tvrtka je primijetila da su konkurenti uspješno kombinirali niske troškove i visoku dodanu vrijednost koristeći postojeće kapacitete za nove modele i razvijajući proizvode s kratkim životnim ciklusima i minimalnim vremenima, što im omogućuje učinkovitiju proizvodnju po narudžbi i u malim količinama te proizvodnju bilo gdje u svijetu. Tvrtka B pokušala je implementirati PDM sustav za upravljanje CAD datotekama i arhiviranje sredinom 1980-ih s lošim rezultatima zbog slabe integracije, ali je kasnije uvela novi, centralizirani PDM sustav s digitalnom definicijom modela, alatima za suradnju i poboljšanom kontrolom uređivanja kako bi poboljšala kvalitetu i učinkovitost u razvoju proizvoda (Stark, 2020).

Slika 12 Dijagram protoka podataka



Izvor: Stark (2020, str. 174)

Prijenos informacija između inženjera, prema Starku (2020), prikazan je dijagramom protoka podataka (Data-flow diagram), odnosno top-down<sup>7</sup> modelom, gdje svaka aktivnost sadrži tri strelice: ulaznu za potrebne podatke, izlaznu za rezultat aktivnosti i vertikalnu za mehanizam izvršenja, pri čemu izlaz jedne aktivnosti postaje ulaz druge. Time se omogućuje vizualizacija protoka podataka kroz životni ciklus proizvoda u PLM okruženju, olakšavajući razumijevanje odnosa između procesa.

Jedan od globalno priznatih proizvođača električnih vozila sa sjedištem u Kini, tvrtka NIO, posvećena je pružanju vrhunskih korisničkih iskustava kroz inovativne tehnologije i održiva rješenja. Nudi raznovrstan portfelj električnih vozila, uključujući SUV modele ES6 i ES8, sportski SUV EC6 i luksuzni sedan ET7 te napredne baterijske tehnologije poput Battery as a Service (BaaS) i postaja za brzu zamjenu baterija. Usluge tvrtke NIO obuhvaćaju infrastrukturna rješenja kao što su NIO Power Home za kućno punjenje i javne stanice za brzo punjenje, pametne usluge poput NIO Pilot za autonomnu vožnju i NIO OS za unaprijeđeno korisničko iskustvo, kao i mobilnu aplikaciju NIO App, ekskluzivne NIO House centre i proizvode povezane sa životnim stilom kroz NIO Life (NIO, n.d.).

Prema Dassault Systèmes (2020), inovatoru u industriji električnih vozila, NIO je značajno ubrao razvoj svojih proizvoda s pomoću platforme 3DEXPERIENCE i rješenja Electro Mobility Accelerator. Omogućavanje razvoja novih ideja o električnim vozilima, istraživanje regionalnih opcija, virtualnu simulaciju i provjeru performansi na jednoj sigurnoj i moćnoj platformi ostvaruje se putem rješenja Electro Mobility Accelerator, dok za analiziranje društvenih medija, procjenu tržišne potražnje te razvoj i isporuku inovacija na tržište brže i učinkovitije služe 3DEXPERIENCE aplikacije, dostupne na oblaku i on-premise. Platforma poboljšava koordinaciju između timova u Kini, SAD-u i Europi, rješava izazove globalne suradnje i brze ekspanzije na međunarodnom tržištu te omogućuje uspješnu integraciju disciplina. Kao rezultat, model ES8 lansiran je u tri godine umjesto četiri ili više, a vrijeme utovara vozila u proizvodnju smanjeno je s tri sata na 15 minuta. Time omogućava bržu suradnju, skraćuje vrijeme razvoja i poboljšava pristup podacima.

NIO, prema Dassault Systèmes (2020), se usredotočuje na mlade ljude i obitelji koji žive u gradovima prvog i drugog reda te okolnim urbanim područjima, gdje njihovi automobili konkuriraju vrhunskim svjetskim markama i električnim vozilima visokih performansi. Njihova vizija održivije budućnosti, izražena u kineskom nazivu „Weilai“ (plavo nebo koje dolazi),

odražava zabrinutost zbog zagađenja i nastoji učiniti električna vozila prirodnim izborom za sve, premašujući očekivanja korisnika i simbolizirajući posvećenost zelenijem sutra. NIO se razlikuje od tradicionalnih proizvođača automobila svojim modernim pristupom koji se oslanja na mobilni internet i fleksibilne IT sustave, čime omogućuje bržu i učinkovitiju isporuku inovacija u električnim vozilima. Iako je teško uvjeriti potrošače da kupe pametne električne automobile, unatoč tome što im se sviđaju besplatne usluge osiguranja kvalitete, pomoći na cesti i povezivanja automobila koje NIO pruža tijekom životnog vijeka vozila, to pokazuje njihovu konkurentnost u industriji.

Tablica 1 Vremenska linija razvoja NIO vozila

Godina	Model	Naziv	Razvoj vozila
2017	ES8	Prvi električni SUV	Postavlja temelje za premium segment vozila; inovativne tehnologije i dizajn.
2018	ES6	Kompaktni SUV	Napredne tehnologije i performanse, usmjeren na obitelji.
2020	EC6	Sportski SUV	Dinamički dizajn; uključuje autonomne značajke.
2021	ET7	Luksuzni električni sedan	Najnovije tehnologije; napredni sustavi vožnje i autonomije.
2021	ET5	Kompaktni električni sedan	Fokus na pristupačnost i tehnologiju; osmišljen za mlade kupce.
2022	ES7	Novi SUV model	Poboljšane performanse; dodatne funkcije i udobnost.
2022	EL7	Novi SUV model	Kombinira praktičnost i performanse; fokus na gradske vozače.
2023	EL6	Novi model	Inovativne značajke i dizajn; usmjeren na održivost.
2023	EC7	Luksuzni SUV	Napredna tehnologija; naglasak na udobnosti i inovacijama.
2023	EL8	Najnoviji SUV model	Kombinira luksuz s naprednim značajkama; konkurent na tržištu.

<b>2024</b>	<b>ET9</b>	Očekivani model	Unaprijeđene autonomne funkcije i performanse; cilj na visokokvalitetnu vožnju.
<b>2024</b>	<b>ET5T</b>	Očekivani model	Novi kompaktni električni sedan s poboljšanjima; fokus na mlade obitelji.

Izvor: Autorski rad (2024)

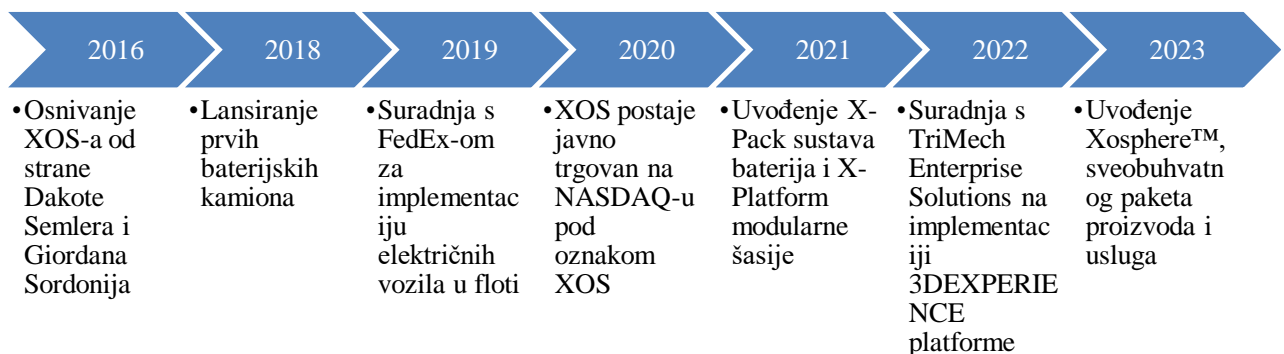
Američka tvrtka XOS iz Los Angelesa, osnovana 2016. godine od strane Dakote Semler i Giordana Sordoni, specijalizirana je za potpuno električna srednja i teška gospodarska vozila s nultom emisijom, s ciljem dekarbonizacije komercijalnog prijevoza i olakšavanja prijelaza vlasnicima voznih parkova s tradicionalnih motora na 100 % električna vozila. Tvrtka nudi baterijske kamione, infrastrukturu za punjenje i platformu za upravljanje voznim parkom, uključujući vlastiti sustav baterija X-Pack i modularnu šasiju X-Platform, čime pomaže u optimiziranju ukupnog troška vlasništva (TCO) smanjenjem troškova održavanja i energije, a prisutna je u komercijalnim flotama kao što su FedEx i Loomis, dok od 2020. godine kotira na NASDAQ-u pod oznakom XOS i ima dodatne proizvodne pogone u Tennesseeju i Meksiku (XOS, n.d.).

S porastom potražnje za električnim kamionima i uslugama voznog parka, prema TriMech Enterprise Solutions (2022), tvrtka je uočila potrebu za naprednom tehnološkom platformom koja bi omogućila upravljanje svim fazama razvoja proizvoda i ubrzanje vremena izlaska na tržište, zbog čega je surađivala s TriMech Enterprise Solutions na implementaciji 3DEXPERIENCE Cloud Platforme. Korištenjem te platforme, koja uključuje aplikacije poput CATIA, ENOVIA i DELMIA i omogućuje objedinjavanje procesa dizajna, inženjeringa i proizvodnje u sigurnom standardiziranom okruženju, tvrtka je uspjela integrirati sve dijelove proizvodnje, odnosno industrijalizaciju proizvodnje i upravljanja životnim ciklusom svakog vozila, čime je omogućila brži razvoj i lansiranje novih proizvoda. Najviše su u sektoru komercijalnih kamiona suočeni s globalnim izazovima dekarbonizacije, s obzirom na značajan izvor emisija stakleničkih plinova, kao što je, na primjer, 27 % ukupnih emisija u SAD-u, čime je tvrtka prepoznala potrebu za inovativnim rješenjima za smanjenje emisija, a njihova 100 % električna vozila nude održiva rješenja za dostavne rute koje se svakodnevno vraćaju u bazu.

Prema TriMech Enterprise Solutions (2022), kako bi tvrtka održala tempo s razvojem novih proizvoda i usluga te zabilježila značajan rast i povećanje kapaciteta, potrebna joj je platforma

koja omogućuje učinkovitu suradnju s globalnim partnerima, pri čemu ENOVIA na toj platformi omogućuje sigurnu suradnju i pristup potrebnim podacima u stvarnom vremenu, čime se poboljšava koordinacija i brzina razvoja. Za izbjegavanje potrebe za velikim IT ulaganjima i infrastrukturom te omogućavanje brze implementacije potrebnih alata i procesa, XOS je koristio oblak, što je omogućilo globalnu suradnju i nastavak rada na projektima bez prekida timovima u različitim vremenskim zonama, čime se povećala produktivnost i efikasnost tvrtke. Trenutno je tvrtka u procesu implementacije DELMIA-e za projektiranje i upravljanje sve većim brojem proizvodnih pogona, dok u ponudi imaju Xosphere™, sveobuhvatan paket proizvoda i usluga koji korisnicima pruža infrastrukturu za punjenje, održavanje vozila te mogućnosti leasinga i financiranja, sve dostupno na jednoj intuitivnoj korisničkoj platformi za lakši prijelaz na električna vozila.

Slika 13 Vremenska linija razvoja tvrtke XOS



Izvor: Autorski rad (2024)

Prema Contechs (n.d.), usluge tvrtke Contechs uključuju potpuno upravljane dizajnerske i inženjerske timove ili integrirane resurse koji rade na licu mjesta, koristeći globalnu mrežu dizajnera i stručnjaka za udovoljavanje zahtjevima kupaca, kontrolu troškova i razvoj specijaliziranih usluga, dok njihovi nagrađivani stručnjaci pružaju smjernice tijekom cijelog procesa razvoja proizvoda i grade dugoročne odnose s klijentima, čime poboljšavaju svoju reputaciju kao vodeće konzultantske tvrtke za automobilski dizajn i inženjering.

Stručnjak za dizajn i inženjering u Ujedinjenom Kraljevstvu, prema TriMech Enterprise Solutions (2023), iz tvrtke Contechs koja djeluje u automobilskoj industriji, suočava se s izazovima upravljanja složenim odnosima s OEM-ovima i dobavljačima razine 1 i razine 2, kao i s potrebom za prilagodljivim dizajnom na brzo rastućem tržištu. Ti izazovi uključuju spajanje podataka o dizajnu iz različitih izvora i formata, kao i potrebu za učinkovitom suradnjom s partnerima koji razvijaju vozila s unutarnjim izgaranjem, električna i autonomna vozila. Sa sveobuhvatnim alatom za digitalno upravljanje dizajnom i projektima, 3DEXPERIENCE platformom te poznatim CAD alat CATIA-om, koju je implementirala tvrtka, digitalizirani su svi aspekti projektiranja, povećana učinkovitost, smanjeni troškovi i prošireni inženjerski i dizajnerski kapaciteti, čime su povezani timovi, poboljšana suradnja i osnaženo povjerenje između svih strana zahvaljujući sigurnosti podataka, što doprinosi izgradnji povjerenja s klijentima.

Slika 14 Usluge tvrtke Contechs

**USLUGE TVRTKE CONTECHS**

- 1 Studio za dizajn**
  - Vrhunska vizualizacija
  - UI/UX dizajn
  - AR/VR recenzije
- 2 Sustavi za interijer i eksterijer**
  - CAE, CFD, Toolmaker Standard Mouldflow, Trim Development, DFM i DFA
  - Dizajn i provjera pasivnog sigurnosnog sustava
- 3 Karoserija i šasija**
  - Kinematičko, modalno/NVH modeliranje i potpuna simulacija vozila
  - FEA, CFD i 1D simulacija
  - Lagan dizajn i VA/VE optimizacija troškova
- 4 EV & električni sustavi**
  - Razvoj EE arhitekture
  - ADAS i sustavi upravljanja
  - Električni sustav vozila
  - Infrastruktura za punjenje
- 5 Povezani automobilski sustavi**
  - Dizajn i razvoj SDV arhitekture vozila
  - Funkcionalna sigurnost (FuSa i SOTIF)
  - Mobilna aplikacija za vozila
- 6 Proizvodno inženjerstvo**
  - Process Designer, eM-Plant, Delmia, V5 V6 i AutoCAD
  - Simulacija procesa i projektiranje postrojenja
- 7 Homologacija i certifikacija**
  - Euro NCAP, Global NCAP i FMVSS
  - Dinamika vozila (modalna analiza, simulacija, CAE)

Izvor: Autorski rad (2024)

Prema TriMech Enterprise Solutions (2022), u poboljšanom globalnom lancu opskrbe, kamioni su ključni za prijevoz robe koja se prevozi po cijelom svijetu. Volvo Trucks, poznat po svojim teškim kamionima, autobusima, građevinskoj opremi, dizelskim motorima i brodskim aplikacijama, sve se više fokusira na električna vozila i koristi inovativnu tehnologiju Virtual Twin za poboljšanje aerodinamičkih karakteristika i smanjenje svog utjecaja na okoliš te tako doprinosi globalnim naporima za zaštitu okoliša i smanjenje emisija stakleničkih plinova u složenoj kamionskoj industriji. Unatoč nedostatku širokog usvajanja električnih vozila, tvrtka je predana razvoju održivih transportnih rješenja koja smanjuju emisije stakleničkih plinova iz dizelskih kamiona kao prijelazno rješenje.

Projekt SuperTruck, započet 2011. godine i sponzoriran od Ministarstva energetike, imao je cilj poboljšanja učinkovitosti tereta za 50 %. Za aerodinamičku certifikaciju (CO<sub>2</sub>) sjevernoameričkog portfelja Volvo odgovoran je Raja Sengupta. U drugom projektu, SuperTruck II, postavljen je ambiciozan cilj poboljšanja učinkovitosti od 100 %. Tim koji je radio na oba projekta bio je fokusiran na tri ključna područja, smanjenje težine traktora i prikolice, poboljšanje učinkovitosti pogonskog sklopa i drastično smanjenje aerodinamičkog otpora (TriMech Enterprise Solutions, 2022).

Kombiniranjem napredne tehnologije digitalnih blizanaca, prema TriMech Enterprise Solutions (2022), koja uključuje virtualni 3D dizajn i slojevite CFD (Computational Fluid Dynamics) simulacije, Volvo Trucks omogućuje Raji i njegovom timu da u 'Digitalnom zračnom tunelu' testiraju tisuće varijacija s točnošću u stvarnom životu, što značajno smanjuje vrijeme i troškove u usporedbi s fizičkim prototipovima. Sličan konceptnom automobilu, ovaj projekt uključuje mnoga poboljšanja koja će biti komercijalno dostupna, dok su neka još u fazi razvoja zbog troškova.

TriMech Enterprise Solutions (2022) navodi da je nedavno najavljeno kako će SuperTruck III biti fokusiran na električna vozila s baterijama i gorivim ćelijama, pomičući industriju kamiona iz prijelaznog razdoblja s nižim emisijama stakleničkih plinova prema nultoj emisiji. Inženjeri koriste softver za simulaciju računalne dinamike tekućina, poput paketa PowerFLOW, kako bi procijenili izvedbu proizvoda rano u procesu dizajna prije izrade prototipa, kada su promjene najvažnije za dizajn i proračune, a PowerFLOW uvozi složenu geometriju modela i točno izvodi aerodinamičke, aero akustičke i toplinske simulacije.



Tablica 2 Pregled projekata SuperTruck Volvo Trucks

Projekt	Cilj	Ključni fokus	Tehnologije	Status
<b>SuperTruck I</b>	Poboljšanje učinkovitosti za 50 %	Smanjenje težine, poboljšanje učinkovitosti pogonskog sklopa, smanjenje aerodinamičkog otpora	Digitalni blizanci, aerodinamička certifikacija (CO2)	Završeno
<b>SuperTruck II</b>	Poboljšanje učinkovitosti za 100 %	Smanjenje težine, povećanje aerodinamičnosti, poboljšanje performansi vozila	Virtualni 3D dizajn, CFD simulacije	Završeno
<b>SuperTruck III</b>	Prelazak na nultu emisiju	Fokus na električna vozila s baterijama i gorivim ćelijama	Softver za simulaciju, PowerFLOW	U razvoju

Izvor: Autorski rad (2024)

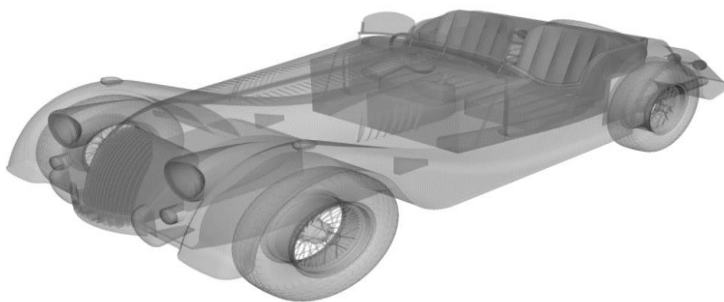
### 3.2. Studija slučaja implementacije softvera za efikasniju suradnju i smanjenje poslovnih rizika

Prema Morgan Motor Company (n.d.), vodeći svjetski proizvođač karoserija, Morgan Motors u svom povijesnom domu na Pickersleigh Roadu od 1914. godine ručno izrađuje vozila kombinirajući zanatske vještine prenesene kroz generacije s modernom tehnologijom i ključnim elementima poput jasena, aluminijske i kožne, stvarajući jedinstvenu mješavinu opisanu kao izrada karoserija 21. stoljeća. Izrada okvira svakog Morgana koristi engleski jasen, koji je lagan, izdržljiv i fleksibilan te se koristi za izradu okvira modela Plus Four i Plus Six; okvir je dizajniran u CAD-u, ali ručno izrađen od strane vrhunskih obrtnika, pri čemu tradicionalne tehnike osiguravaju preciznost svakog spoja i laminirane krivulje.

Još od 1909. godine, tvrtka Morgan Motor Company ne samo da je zadržala svoju prepoznatljivost kroz kultne ručno izrađene britanske sportske automobile i impresivne

proizvodne vještine, već stalno nastoji unaprijediti svoje poslovanje, ulažući u prilike za zaštitu i poboljšanje svoje profitabilnosti, rasta, linije proizvoda i korisničkog iskustva. Nadogradnjom na platformu 3DEXPERIENCE putem Pravila dizajna njihovog dugoročnog partnera, sada TriMech Enterprise Solutions, tvrtka je olakšala modernizaciju svojih naslijeđenih sustava i procesa. Rekordni rok od osam tjedana za implementaciju platforme omogućio je tvrtki da brzo prepozna ključne prednosti, uključujući efikasniju suradnju kroz integraciju različitih CAD rješenja, smanjenje nepotrebnih troškova i kašnjenja uz automatsko generiranje datoteka smanjenje poslovnih rizika podrškom za hardver i softver te integracijom s CAD sustavima dobavljača. Korištenjem CATIA-e i ENOVIA-e iz Dassault Systèmes 3DEXPERIENCE portfelja, tvrtka je postigla značajne koristi i identificirala rješenja koja podržavaju njihovu kontinuiranu inovaciju, kontrolu, predviđanje i odgovaranje na organizacijske i tržišne izazove na najbolji mogući način (TriMech Enterprise Solutions, 2023).

*Slika 15 Morgan Plus 4 3D model*

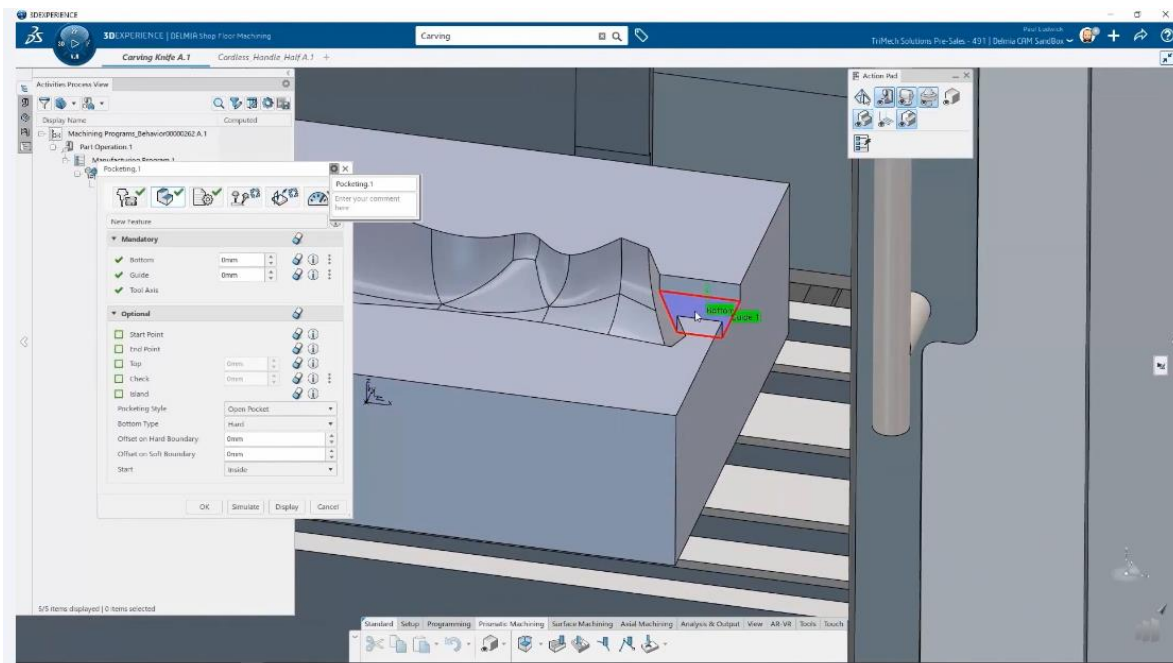


*Izvor: 3D CAD Browser (n.d.)*

Kontinuirano ulaganje poduzeća TEH-CUT, osnovanog 1991. godine, u infrastrukturu, modernu opremu i CAD-CAM znanja omogućava mu proizvodnju i prodaju visokokvalitetnih alata za tlačni lijev aluminijske, injekcijsko prešanje polimera i oblikovanje kompozita, čime svoje proizvode čini konkurentnijima na tržištu. Moderniziranje njihove alatnice 2004. godine uvođenjem strojeva za elektroeroziju (EDM) i CNC obradnih centara omogućilo im je da prilagodi svoju proizvodnju promjenjivom tržištu i primijeni moderne CAD-CAM tehnologije, dok je od 2017. godine usmjerena na automatizaciju i digitalizaciju procesa strojne obrade kroz zapošljavanje novih CAD/CAM inženjera i kontinuirano osposobljavanje zaposlenika, a dodatno je investirala u Cloud uslugu za arhiviranje ključnih proizvodnih podataka i u program Tibco Spotfire za analizu prikupljenih podataka iz proizvodnje čime je unaprijedila svoje operativne kapacitete i analitičke sposobnosti (TEH-CUT, n.d.).

Prema CadCam Group (n.d.), kako bi se povezali i automatizirali interni procesi u cilju poboljšanja učinkovitosti, tvrtka TEH-CUT, specijalizirana za izradu opreme za aluminijske odljevke, kalupa za injektiranje polimera i alata za oblikovanje kompozita, suočavala se s izazovima kao što su nepovezanost i nedostatak automatizacije u internim procesima, što je dovelo do smanjene učinkovitosti, pogreške u proizvodnji zbog nedostatka integriranog upravljanja podacima i radnim tokovima te neadekvatnu komunikaciju među različitim službama unutar tvrtke. Implementiranjem platforme 3DEXPERIENCE®, tvrtka je uspostavila radne tokove, automatizirala i optimizirala interne procese, povezala se sa softverom trećih ponuđača te implementirala upravljanje podacima i rješavanje problema. Time je omogućila bolju integraciju s postojećim softverskim rješenjima, centralizaciju i bolju kontrolu nad podacima te razvoj namjenskih skripti za automatizaciju procesa, uključujući generiranje troškovnika i praćenje promjena u proizvodnji, čime se izbjegavaju pogreške u budućnosti.

Slika 16 CAM mogućnosti u pregledniku



Izvor: TriMech. (n.d.)

Prema Jaksche (n.d.), tvrtka u Bosni nudi cijeli spektar usluga, uključujući konstrukciju, obrnutu inženjering, izradu modela i alata te serijsku proizvodnju plastičnih dijelova, dok austrijska tvrtka Jaksche Kunststofftechnik fokusira na razvoj i aditivnu proizvodnju, uz pružanje dugogodišnjeg iskustva i individualnog savjetovanja kao pouzdani partner u razvoju, konstrukciji i proizvodnji plastičnih dijelova.

Tvrtka je kompetentna u dizajnu, konstrukciji, simulaciji, aditivnoj proizvodnji, izradi alata, serijskoj proizvodnji, lakiranju i logistici, dok bosanska lokacija, certificirana za serijsku proizvodnju, pruža alate, kontrolne kalibre i radnu opremu izrađene po mjeri, zadovoljavajući potrebe klijenata iz raznih industrija kao što su građevinske mašine, komunalna vozila, poljoprivredne mašine, komercijalna vozila, mašine za reciklažu, kamp prikolice, opće inženjerstvo i šinska vozila (Jaksche, n.d.).

Tijekom proteklih 45 godina, srednje velika tvrtka Jaksche Technology, koja projektira i proizvodi komponente za automobilsko tržište, suočila se s izazovima u upravljanju projektima i učinkovitom komunikacijom između odjela. Njihova studija slučaja pokazuje kako se efikasnost suradnje može znatno poboljšati i poslovni rizici smanjiti korištenjem softverske platforme 3DEXPERIENCE. Time se omogućava brže razvijanje proizvoda putem objedinjene definicije, poboljšava komunikaciju i suradnju među timovima te osigurava potpuno praćenje svih promjena u dizajnu i projektiranju, postignuti su podatkovno zasnovani odabiri, unaprijeđeno upravljanje projektima, smanjenje troškova razvoja i poboljšanje ukupne konkurentnosti tvrtke, čime je povećana operativna učinkovitost i smanjeni poslovni rizici, što je ključno za održavanje visoke razine preciznosti i pouzdanosti u automobilskoj industriji (CadCam Group, n.d.).

Prema Technia (n.d.), Allgair Automotive, vodeći inovator u području oblikovanja limova i specijaliziran za laganu proizvodnju, s globalnim prisustvom u južnoj i istočnoj Njemačkoj, Francuskoj, Meksiku i Kini, usklađuje maksimalnu fleksibilnost s visokim standardima kvalitete koji se dosljedno održavaju širom svijeta i smatra se važnim partnerom u međunarodnoj automobilskoj industriji.

Tvrtka je, suočena s izazovima u usporedbi modela i dokumentaciji, implementirala xCompare softver, razvijen od strane Technia, kako bi poboljšala preciznost u usporedbi komponenti i proizvodnih procesa. Za osiguranje bolje kontrole nad promjenama i održavanje visokih standarda kvalitete na globalnoj razini, ovaj alat, dizajniran za usporedbu modela u formatima CATIA V5, SMG i JT, omogućio je brzo i točno identificiranje razlika u geometriji i strukturi modela, čime su povećani efikasnost, smanjeni poslovni rizici i poboljšana preciznost dokumentacije (Technia, n.d.).



Izvor: Technia (n.d.)

Experience Packaged, integriran u platformu 3DEXPERIENCE, pomogao je Hondi, globalnom lideru u automobilskoj industriji poznatom po inovacijama i kvaliteti, u prevladavanju izazova integracije mnogih domena i sustava te problema krivulje učenja novog sučelja koje je ometalo produktivnost korisnika. Studija slučaja pokazuje uspješnu suradnju između Hondinog istraživačkog i razvojnog centra i TECHNIA softverskih rješenja, koja je rezultirala poboljšanjem fleksibilnosti, mogućnosti nadogradnje i produktivnosti te uspješnim ujedinjenjem mnogih tijekova rada i unapređenjem cjelokupne funkcionalnosti platforme, omogućujući tvrtki da održi svoju konkurentsku prednost i poveća operativnu učinkovitost. Rješenja kroz Experience Packaged unutar platforme 3DEXPERIENCE, koji obuhvaćaju Structure Browser i File Manager s mogućnostima povlačenja i ispuštanja te pametno korisničko sučelje za upravljanje datotekama, osigurala su očuvanje postojećih radnih stilova, integraciju ključnih procesa, ubrzanje implementacije i poboljšanje brzine prilagođenih prikaza za 80 % (Technia, n.d.).

Vodeći svjetski dobavljač sigurnosnih rješenja za automobile je Autoliv koji je osnovan 1953. godine i trenutno zapošljava više od 68.000 zaposlenika u 27 zemalja od kojih je 5.000 usmjereno na istraživanje, razvoj i inženjering te na kvalitetu bez kompromisa. Danas njihov sustav upravlja ne samo složenim informacijama o proizvodima, već i o opskrbnom lancu i proizvodnji, dok je njihovo PLM putovanje započelo prije više od 20 godina upravljanjem CAD podacima i implementacijom manjih integracija s dodatnim uslugama. Izazovi tvrtke uključivali su upravljanje velikim brojem integracija u njihovom PLM sustavu i potrebu za učinkovitijim praćenjem tih integracija, dok su istovremeno nastojali omogućiti usvajanje platforme za 15.000 višefunkcionalnih korisnika kroz jednostavno korisničko sučelje prilagođeno različitim razinama stručnosti, uz napore digitalizacije i povezivanje sustava kako bi se osigurao pouzdan izvor podataka kao jedinstveni izvor istine za sve informacije o proizvodu (Technia, n.d.).

Prema Technia (n.d.), rješenje kojim bi se smanjila količina prilagođenog Java kodiranja i ubrzao razvoj web usluga, dok bi istovremeno njihov softver omogućio ispunjenje pet ključnih vrijednosti za integraciju PLM sustava, a to su konsolidirani pogled na integracije, jednostavnu i dosljednu integracijsku postavku, dvosmjernu integraciju podataka, PLM API upravljanje te skupni mehanizam za žigosanje PDF-ova i ažuriranje svojstava DOC-ova. Uspješno stvorena intuitivna korisnička sučelja omogućuju 80 % korisnicima da pronađu informacije u jedan ili dva klika s pomoću rješenja TECHNIA Value Components (TVC), dok rješenje TECHNIA Integration Framework (TIF) omogućuje prilagodljivo upravljanje API-jem i olakšava izvođenje postojećih i planiranih integracija uz jasno i jednostavno praćenje i upravljanje više od tisuću integracija, čime je smanjena potreba za prilagođenim kodiranjem i ubrzan razvoj web usluga.

Povećanje učinkovitosti kroz upotrebu konzistentnih i prilagodljivih alata za upravljanje integracijama omogućilo je tvrtki bolju kontrolu i praćenje sustava te smanjilo vrijeme potrebno za rješavanje problema, dok je jednostavnost TVC-a omogućila korisnicima brzo pronalaženje potrebnih informacija i time poboljšala korisničko iskustvo i zadovoljstvo, a poboljšanje suradnje unutar organizacije integracijom različitih sustava i smanjenje poslovnih rizika efikasnijim upravljanjem informacijama i integracijama povećalo je pouzdanost informacija ključnih za sigurnost i funkcionalnost njihovih proizvoda (Technia, n.d.).

### **3.3. Studija slučaja upravljanjem i sigurnosti podataka**

Prema TriMech Enterprise Solutions (2023), menadžer legendarnog trkačkog tima, Guy Ligier, osnovao je Ligier Automotive 1969. godine kako bi proizveo vlastite natjecateljske automobile, a tvrtka je revitalizirana 2013. godine partnerstvom između Guya Ligiera i Jacquesa Nicoleta. Ponuda tvrtke sastoji se od savršeno dovršenih proizvoda koji kombiniraju performanse, sigurnost i pouzdanost, uz stalnu posvećenost inovacijama i razvoju u svijetu trkaćih automobila. U Francuskoj tim dizajnira, razvija i podržava sportske automobile za natjecanje u legendarnim utrkama poput 24 sata Le Mansa, dok u Sjedinjenim Državama tim obavlja iste dužnosti za automobile serije Formule u Sjevernoj i Južnoj Americi.

Kao glavni inženjer za operacije u Sjevernoj Americi, Chris Ruthstrom, prema TriMech Enterprise Solutions (2023), pridružio se tvrtki i odabrao odgovarajući softver, 3DEXPERIENCE, za suradnju s ostalim uključenim proizvođačima. Ovom odlukom, tvrtka je

prešla s tradicionalnog softverskog okruženja na novu tehnologiju koja osigurava bolju koordinaciju između timova i ureda, centralizirano upravljanje podacima te pristup najnovijim i ispravnim verzijama, što je posebno važno za točnost i pravovremenost informacija.

Također, navođenje odjela nabave na korištenje platforme, dodavanje dokumentacije proizvodnog procesa i stvaranje izravne veze između dizajna i proizvodnje doprinose boljoj integraciji procesa, dok centralizacija podataka u oblaku omogućuje bolju zaštitu i lakše praćenje promjena, smanjujući rizik od grešaka i poboljšavajući učinkovitost (TriMech Enterprise Solutions, 2023).

Prema Combis (n.d.), riječ je o tehnološkoj tvrtki Rimac Automobili, specijaliziranoj za razvoj i proizvodnju električnih automobila i visoko učinkovitih pogonskih sustava, osnovanoj 2009. godine od strane Mate Rimca, koji je čvrsto vjerovao da se električni pogonski sustavi mogu koristiti za napajanje nove generacije sportskih automobila i da ih mogu učiniti boljim, bržim i uzbudljivijim, a tvrtka je poznata po svojim vrhunskim električnim vozilima, uključujući prvi električni hiperautomobil, Concept\_One. Pod vlastitom markom tvrtka proizvodi i prodaje vozila visokih performansi, ali također razvija i proizvodi baterije, pogonske sustave i kompletna vozila za druge prestižne marke kao što su Aston Martin, Porsche, Hyundai, Koenigsegg i druge. Ambicija tvrtke, koja je 2018. godine predstavila hiperautomobil C\_Two sljedeće generacije, tehnološki najnaprednije vozilo na svijetu, je postati punopravni partner za elektrifikaciju mnogih OEM proizvođača, a danas broji više od 700 zaposlenika i etablirala se kao lider u visoko konkurentnoj industriji.

Ispunjavanje zahtjeva za moderne inženjere koji rade s grafički intenzivnim CAD/CAM aplikacijama poput Catia i 3DEXPERIENCE zahtijeva skalabilnost, optimizaciju, snagu i sigurnost, s obzirom na to da te aplikacije trebaju snažne CPU i grafičke kapacitete, a takve radne stanice često su teško dobavljive. Izazov u izvanrednim situacijama poput COVID-19 krize, kada isporuka specijalističke opreme gotovo potpuno staje i kada je većina od preko 700 zaposlenika radila od kuće uz visoke sigurnosne standarde, postaje još izraženiji zbog toga što su i inače potrebni mjeseci za dobavljanje takve opreme, dok licence za CAD/CAM softver, koje su vrlo skupe i moraju biti strogo kontrolirane kako bi se optimizirali troškovi i zadržalo kvalitetno korisničko iskustvo, zahtijevaju i omogućavanje neometanog pristupa resursima kako bi veliki broj vanjskih partnera iz cijelog svijeta mogao svakodnevno obavljati svoj posao (Combis, n.d.).

Rješenja partnera Combis, uključujući VMware, HPE i NVIDIA, omogućila su Rimac Automobilima personalizirane CAD/CAM virtualne radne stanice dostupne s bilo koje lokacije i uređaja, dok su ostalim zaposlenicima dodijeljene Windows 10 VDI radne stanice bez grafičkih kartica. U fizičkim poslužiteljima unutar rješenja nalaze se NVIDIA V100 grafičke kartice koje upravljaju grafičkim opterećenjem putem NVIDIA GRID sustava, dok VMware vSAN poboljšava skalabilnost kombiniranjem compute, storage i mrežnih resursa, a VMware Horizon omogućuje pristup virtualnim radnim stanicama i aplikacijama iz bilo kojeg uređaja, što je bilo ključno tijekom COVID-19 krize. Napredne mrežne i sigurnosne funkcionalnosti VMware NSX, koje razdvajaju mrežne funkcije od fizičkih uređaja i omogućuju sigurno upravljanje mrežnim komponentama, zajedno sa softverski definiranim podatkovnim centrima osiguravaju visoku sigurnost podataka u virtualiziranom okruženju. Buduće planiranje uključuje proširenje sustava na sve zaposlenike te virtualizaciju dodatnih radnih površina, odnosno VDI, za inženjere koji rade na proizvodnim procesima i drugim pozicijama unutar tvrtke, kao i za vanjske partnere, uz dobru suradnju i implementirana rješenja (Combis, n.d.).

Tablica 3 Alati i tehnologije studije slučaja Rimac Automobili

Sigurnosni alat	Funkcija	Tehnologija	Ključne značajke	Prednosti	Ograničenja
VMware NSX	Sigurnost mrežnih segmenata	Virtualizacija mreže	Segmentacija mreže, virtualni firewall, VPN	Sigurnost mreže, fleksibilnost, kontrola	Kompleksnost integracije, visoki troškovi
VMware vSAN	Upravljanje pohranom podataka	Virtualizacija pohrane	Kombiniranje compute i storage resursa	Povećava skalabilnost, smanjuje troškove	Ovisnost o infrastrukturi, zahtjevna podrška
NVIDIA GRID	Upravljanje grafičkim kapacitetima	Grafička virtualizacija	Virtualizacija GPU kapaciteta, GPU dijeljenje	Povećana brzina obrade grafike, optimizacija resursa	Trošak implementacije, ograničenja za starije aplikacije



<b>VMware Horizon</b>	Udaljeni pristup (VDI)	Udaljena virtualizacija	Pristup aplikacijama s bilo koje lokacije	Omogućuje rad s bilo kojeg uređaja, jednostavno upravljanje	Ograničenja u performansi u okruženjima s niskom širinom pojasa
<b>NVIDIA V100</b>	AI optimizacija	Grafička infrastruktura	AI optimizacija, obrada visokih grafičkih opterećenja	Povećana učinkovitost obrade podataka, pogodno za AI aplikacije	Visoka cijena hardvera

Izvor: Autorski rad (2024)

## **4. KOMPARATIVNA ANALIZA SOFTVERA UPRAVLJANJA ŽIVOTNIM CIKLUSOM RAZVOJA VOZILA**

### **4.1. Usporedba primjene softvera u globalnoj suradnji, smanjenju poslovnih rizika i sigurnosti podataka**

Kako tehnologija napreduje i konkurencija raste, tvrtkama postaje sve teže održati konkurentnost, smanjiti poslovne rizike i zaštititi osjetljive podatke. Tradicionalne metode upravljanja i razvoja često se suočavaju s izazovima poput loše unutarnje koordinacije i sporijeg razvoja proizvoda, što može rezultirati financijskim gubicima i smanjenjem tržišnog udjela. Suvremena softverska rješenja nude značajne prednosti u ovim područjima. Kroz analizu različitih studija slučaja, prikazat će se kako nova tehnologija poboljšava operativnu učinkovitost, sigurnost podataka, ubrzava razvoj proizvoda i smanjuje troškove, pružajući time konkurentsku prednost.

#### **TVRTKA B**

Unatoč velikom ulaganju u tehnologiju i automatizaciju, usvajanju japanskih metoda, tvrtka B, veliki proizvođač automobila, suočava se sa značajnim izazovima zbog globalne konkurencije, okolišnih čimbenika i brzog tehnološkog napretka, što dovodi do financijskih gubitaka i pada tržišnog udjela ne samo zbog pogrešaka strategije razvoja proizvoda, ali i na lošu unutarnju koordinaciju. Nakon zanemarivanja uprave o ključnim tehničkim aspektima i borbe inženjera da smanje troškove ili resurse, tvrtka planira implementirati novi proces razvoja proizvoda u roku od godine dana i prikupiti sredstva za nove modele koji će biti lansirani na vrijeme. PDM sustav tvrtke je nadograđen kako bi poboljšao kvalitetu i učinkovitost svojih proizvoda, dok su konkurenti postigli slične rezultate optimizirajući svoje mogućnosti i životni ciklus proizvoda za niske troškove i visoku dodanu vrijednost (Stark, 2020).

#### **NIO**

Prema Dassault Systèmes (2020), NIO je značajno unaprijedio razvoj svojih električnih vozila koristeći platformu 3DEXPERIENCE i rješenje Electro Mobility Accelerator od Dassault Systèmes, što omogućuje virtualnu simulaciju i istraživanje regionalnih opcija, ubrzavajući inovacije, smanjujući vrijeme za lansiranje modela na tri godine i skraćujući vrijeme utovara na 15 minuta. Tvrtka se usredotočuje na mlade ljude i obitelji u urbanim područjima, koristeći

fleksibilne IT sustave za bržu isporuku inovacija.

## **XOS**

S druge strane, američka tvrtka XOS, koja se usredotočuje na dekarbonizaciju komercijalnog transporta, surađivala je na implementaciji 3DEXPERIENCE Cloud platforme koja omogućava integraciju dizajna, inženjeringa i sigurne proizvodnje, ubrzavajući razvoj i lansiranje proizvoda te podržava njihov cilj razvoja potpuno električnih vozila i smanjenja emisija stakleničkih plinova (TriMech Enterprise Solutions, 2022).

## **CONTECHS**

Slično tome, prema TriMech Enterprise Solutions (2023), Contechs je koristio platformu 3DEXPERIENCE za poboljšanje suradnje s proizvođačima originalne opreme i dobavljačima, dok je implementacija CATIA-e omogućila digitalizaciju svih aspekata dizajna, što je rezultiralo povećanom učinkovitošću, smanjenjem troškova i boljom koordinacijom između timova, čime je ojačano povjerenje među partnerima.

## **VOLVO TRUCKS**

Projekti SuperTruck i SuperTruck II tvrtke Volvo Trucks koriste tehnologiju virtualnih blizanaca za poboljšanje aerodinamičkih karakteristika vozila i smanjenje emisije stakleničkih plinova, pri čemu simulacije omogućuju testiranje različitih varijanti i smanjenje troškova, dok je fokus na razvoju električnih vozila s baterijama i gorivim ćelijama (TriMech Enterprise Solutions, 2022).

## **MORGAN MOTOR**

Prema TriMech Enterprise Solutions (2023), za modernizaciju integracije CAD rješenja i poboljšanje učinkovitosti suradnje, tvrtka Morgan Motor nadogradila je svoje postojeće sustave na 3DEXPERIENCE platformu, što je tijekom implementacije od osam tjedana smanjilo troškove i kašnjenja te poboljšalo suradnju unutar tima i s dobavljačima zahvaljujući automatskom generiranju datoteka.

## **TEH-CUT**

S druge strane, implementacijom platforme 3DEXPERIENCE, TEH-CUT je poboljšao integraciju s postojećim softverskim rješenjima, unaprijedio globalnu suradnju, smanjio poslovne rizike povezane s greškama u proizvodnji te povećao sigurnost informacija i kontrolu

podataka (CadCam Group, n.d.).

### **JAKSCHE TECHNOLOGY**

Također, prema CadCam Group (n.d.), tvrtka Jaksche Technology koristi platformu 3DEXPERIENCE za poboljšanje suradnje i smanjenje poslovnih rizika, čime je omogućila brži razvoj proizvoda, bolje upravljanje projektima, unaprijeđenu globalnu komunikaciju, ujedinjenu definiciju proizvoda, smanjenje troškova razvoja te sigurniju pohranu i razmjenu informacija, što je smanjilo rizik od grešaka i kašnjenja te povećalo zaštitu podataka.

### **ALLGAIER AUTOMOTIVE**

Osiguravanje brze identifikacije razlika u modelima putem xCompare softvera, koji je Allgaier Automotive implementirao radi poboljšanja preciznosti usporedbe komponenti i proizvodnih procesa, povećalo je efikasnost dokumentacije, globalnu usklađenost u kvaliteti, smanjilo poslovne rizike, poboljšalo koordinaciju među timovima te osiguralo veću sigurnost informacija kroz bolju kontrolu podataka i promjena (Technia, n.d.).

### **HONDA**

Prema Technia (n.d.), implementacija rješenja Experience Packaged unutar platforme 3DEXPERIENCE u Hondi poboljšala je fleksibilnost i produktivnost integracijom ključnih procesa, povećala brzinu prilagođenih prikaza za 80 %, smanjila poslovne rizike te osigurala veću sigurnost podataka kroz poboljšano upravljanje datotekama i integraciju sustava.

### **AUTOLIV**

Nasuprot tome, korištenje dvaju softvera TECHNIA Value Components i TECHNIA Integration Frameworka omogućilo je Autolivu smanjenje prilagođenog kodiranja i ubrzanje razvoja web usluga, što je rezultiralo poboljšanom kontrolom i praćenjem sustava, većom pouzdanošću informacija te unaprijeđenjem korisničkog iskustva (Technia, n.d.).

### **LIGIER**

Za unapređenje koordinacije između timova, centralizirano upravljanje podacima, bolju integraciju dizajna i proizvodnje te bolju zaštitu i preciznost informacija, što je ključno za povećanje učinkovitosti u industriji visokih performansi poput motorsporta, tvrtka Ligier je prešla s tradicionalnog softverskog rješenja na platformu 3DEXPERIENCE (TriMech Enterprise Solutions, 2023).

## RIMAC AUTOMOBILI

Prema Combis (n.d.), upotreba platforme 3DEXPERIENCE u tvrtki Rimac Automobili značajno unapređuje učinkovitost i sigurnost u kompleksnom okruženju visoke tehnologije, poboljšavajući suradnju i zaštitu podataka, podržavajući razvoj visokih performansi vozila i pružajući sveobuhvatan uvid u informacije o proizvodima, dok implementacija rješenja od partnera poput VMware, HPE i NVIDIA omogućuje personalizirane CAD/CAM virtualne radne stanice i visoku sigurnost podataka, osobito tijekom izazova poput COVID-19 krize.

Tablica 4 Karakteristike softvera/rješenja u upravljanju podacima i korisničkom iskustvu

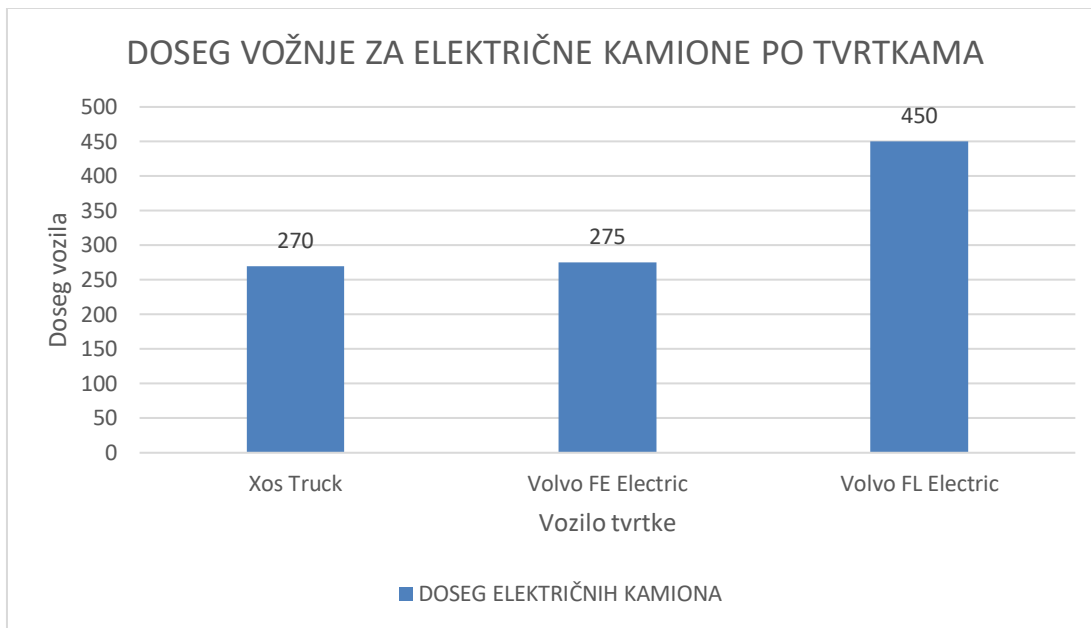
Softver/Rješenje	Intuitivnost sučelja	Integracija s ostalim alatima	Količina programiranja	Podrška u obradi podataka	Podrška i dokumentacija
<b>3DEXPERIENCE i Electro Mobility Accelerator</b>	Pruža intuitivno sučelje za simulaciju	Omogućava integraciju s CAD, BOM i simulacijom proizvodnje	Minimalna potreba za programiranjem	Učinkovita obrada raznih formata	Snažna online podrška
<b>3DEXPERIENCE Cloud platforma</b>	Olakšava korištenje	Poboljšava protok informacija	Niska potreba za kodiranjem	Podrška za obradu podataka	Olakšava učenje i implementaciju
<b>CATIA i 3DEXPERIENCE</b>	Digitalizacija dizajna	Povezivanje s dobavljačima	Smanjuje potrebu za kodiranjem	Pomaže u analizi podataka	Dobra dostupnost dokumentacije
<b>Virtualni blizanci</b>	Simulacije za testiranje dizajna	Centralizirana platforma	Automatizacija procesa	Omogućuje analizu u stvarnom vremenu	Pružena podrška
<b>xCompare</b>	Poboljšava preciznost u upravljanju dokumentima	Poboljšava komunikaciju	Niska potreba	Poboljšava preciznost obrade	Dobra dostupnost resursa

<b>Experience Packaged</b>	Pojednostavljuje upravljanje projektima	Integrira ključne procese	Smanjuje prilagodbu	Unaprjeđuje obradu podataka	Snažna podrška
<b>TECHNIA Value Components i Integration Framework</b>	Smanjuje potrebu za kodiranjem	Omogućava bolju kontrolu podataka	Povećava pouzdanost informacija	Učinkovita obrada složenih podataka	Poboljšava pristup informacijama

Izvor: Autorski rad (2024)

Tablica 4 prikazuje različita softverska rješenja i njihove ključne karakteristike u upravljanju podacima i korisničkom iskustvu. Softverska rješenja značajno doprinose industriji povećanjem efikasnosti, inovacijama u razvoju, boljom suradnjom, pristupačnošću i održavanjem kontrole. Intuitivna sučelja omogućuju bržu obradu podataka i upravljanje projektima, dok simulacije pomažu u testiranju dizajna i smanjenju rizika od grešaka. Integracija s različitim alatima poboljšava komunikaciju među timovima, dok platforme koje olakšavaju učenje i implementaciju omogućuju korisnicima brže usvajanje novih vještina. Uz to, rješenja koja poboljšavaju kontrolu podataka i pouzdanost informacija ključna su za donošenje informiranih odluka. Sve ove prednosti omogućuju tvrtkama brže prilagođavanje tržištu i unapređenje poslovnih procesa.

Grafikon 1 Usporedba doseg vožnje za električne kamione po tvrtkama



Izvor: Autorski rad (2024)

U Grafikonu 1 prikazani su podaci o doseg vozila iz četiri studije slučaja koje se fokusiraju na inovacije u razvoju novih vozila i unapređenje globalne suradnje. Tvrtka NIO nije uključena u analizu zbog toga što se radi o osobnom vozilu, dok je Contechs isključen jer se bavi inženjeringom i proizvodnjom, uključujući dizajn i razvoj komponenti te prototipiranje i testiranje električnih i hibridnih sustava. U analizi su zastupljeni električni kamioni kao što su Xos Truck, Volvo FL Electric i Volvo FE Electric. Volvo FL Electric nudi doseg do 450 km, dok Volvo FE Electric i Xos Truck imaju dosege od 275 km i 270 km, što predstavlja izazov za duže rute, ali je adekvatno za kratke dostave u manjim područjima. Ova usporedba pomaže u razumijevanju životnog ciklusa vozila, naglašavajući kako inovacije i dosezi utječu na održivost i učinkovitost te ističući važnost grafikona kao alata za donošenje informiranih odluka o izboru vozila prema specifičnim potrebama, što doprinosi smanjenju troškova, optimizaciji infrastrukture punjenja i smanjenju ekološkog utjecaja tijekom njihovog životnog ciklusa.

Tablica 5 Efikasnost i stabilnost razvoja vozila kroz softversku implementaciju

KARAKTERIS TIKE / STUDIJE	ALLGAIER AUTOMOTIVE	HONDA	AUTOLIV	JACKSHE	TEHCUT	MORGAN
POVEĆANA EFIKASNOST	Brže i pouzdane usporedbe modela	Smanjeno vrijeme implementacije	80 % korisnika može pronaći informacije u 1-2 klika	Unaprijeđene procedure za brže ispunjavanje zahtjeva	Automatizacija procesa smanjila vrijeme rada	Smanjeno vrijeme analize podataka
SMANJENJE GREŠAKA	100 % točne usporedbe modela	N/A	Smanjenje problema kroz praćenje integracija	N/A	Smanjenje broja grešaka	N/A
JEDINSTVENI IZVOR INFORMACIJA	Integracija specijaliziranog softvera	Prilagodljivo korisničko sučelje	Korištenje TECHNIA Value Components	N/A	Centralizacija informacija	N/A
SMANJENJE TROŠKOVA	N/A	N/A	N/A	Optimizacija resursa smanjila operativne troškove	N/A	N/A
POBOLJŠANA SURADNJA	N/A	N/A	N/A	Bolja komunikacija unutar timova	N/A	N/A
SMANJENJE RIZIKA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	Ojačano upravljanje projektima

Izvor: Autorski rad (2024)

Tablica 5 sadrži ključne karakteristike implementacije softvera za efikasniju suradnju i smanjenje poslovnih rizika, koji značajno poboljšavaju razvoj ciklusa vozila. Ove karakteristike uključuju povećanje efikasnosti i preciznosti, smanjenje grešaka i operativnih troškova te unapređenje suradnje među timovima. Jedinstveni izvor informacija olakšava pristup podacima, dok smanjenje rizika stvara stabilniji razvojni proces. Sve to omogućava bržu



adaptaciju na tržišne promjene i tehnološke inovacije, čime se poboljšava konkurentnost i održivost kompanija u automobilskoj industriji.

Tablica 6 Sigurnost i upravljanje podacima razvoja vozila kroz softversku implementaciju

KARAKTERISTIKA	LIGIER AUTOMOTIVE	RIMAC AUTOMOBILI
<b>POTREBA ZA SOFTVEROM</b>	Prelazak na 3DEXPERIENCE platformu radi upravljanja podacima i integracije PLM sustava	Virtualizacija radnih stanica za CAD/CAM inženjere putem VMware Horizon, što omogućuje sigurno upravljanje podacima na daljinu
<b>UPRAVLJANJE PODACIMA</b>	Sigurnost i točnost podataka putem PLM sustava koji osigurava najnovije i točne verzije dijelova	Centralizirano upravljanje i pohrana podataka u podatkovnim centrima za osiguranje maksimalne sigurnosti
<b>SIGURNOSNI PRISTUP</b>	Platforma omogućuje sigurno dijeljenje podataka između različitih timova i odjela	VMware NSX osigurava virtualnu sigurnost i kontrolu nad pristupom mrežnim resursima

Izvor: Autorski rad (2024)

Tablica 6 prikazuje ključne karakteristike upravljanja i sigurnosti podataka, ističući napredne softverske sustave koji osiguravaju točnost i sigurnost informacija te omogućuju centralizirano upravljanje i efikasno dijeljenje podataka među timovima, čime se unapređuje upravljanje životnim ciklusom vozila, smanjuje mogućnost grešaka i ubrzavaju razvojni procesi. Uz to, zaštita podataka doprinosi očuvanju intelektualnog vlasništva i usklađenosti s regulatornim zahtjevima, dok fleksibilnost rješenja omogućuje brze prilagodbe tržišnim promjenama, čime se povećava kvaliteta, sigurnost i brzina razvoja vozila.

Tablica 7 Izazovi, rješenja i postignuti rezultati u razvoju softverskih rješenja

SOFTVER/RJEŠENJE	IZAZOVI	RJEŠENJA	POSTIGNUTI REZULTATI
<b>3DEXPERIENCE i Electro Mobility Accelerator</b>	Potreba za bržim razvojem i lansiranjem električnih vozila	Virtualna simulacija, istraživanje regionalnih opcija	Smanjeno vrijeme lansiranja modela na tri godine; smanjeno vrijeme utovara vozila s tri sata na 15 minuta
<b>3DEXPERIENCE Cloud platforma</b>	Globalna suradnja i brz razvoj proizvoda	Integracija dizajna, inženjeringa i proizvodnje	Ubrzanje razvoja, poboljšana koordinacija između timova u različitim regijama
<b>CATIA i 3DEXPERIENCE</b>	Složeni odnosi s OEM-ovima i dobavljačima	Digitalizacija dizajna i inženjeringa	Povećana učinkovitost, smanjenje troškova, bolja suradnja
<b>Virtualni blizanci</b>	Potreba za poboljšanjem aerodinamičkih karakteristika vozila	Testiranje u "Digitalnom zračnom tunelu"	Smanjenje troškova i vremena u razvoju, poboljšanje performansi
<b>xCompare</b>	Neprecizna usporedba komponenti	Implementacija xCompare softvera	Povećana efikasnost dokumentacije
<b>Experience Packaged</b>	Nedostatak fleksibilnosti i produktivnosti	Integracija ključnih procesa	Povećana produktivnost, smanjenje poslovnih rizika
<b>TECHNIA Value Components i Integration Framework</b>	Povećana složenost kodiranja	Smanjenje prilagođenog kodiranja	Unaprijeđeno korisničko iskustvo i veća pouzdanost informacija

Izvor: Autorski rad (2024)

Tablica 7 prikazuje ključne informacije o izazovima s kojima se automobilske tvrtke suočavaju, poput globalne konkurencije i brzog tehnološkog napretka. U njoj su navedena rješenja poput platformi 3DEXPERIENCE i CATIA, koja su poboljšala suradnju i ubrzala razvoj proizvoda. Također, tablica naglašava postignute rezultate, uključujući smanjenje vremena razvoja,

troškova i uspješnija lansiranja novih modela. Ovaj pregled pruža uvid u utjecaj tehnologije na uspješnost u automobilskoj industriji.

#### **4.2. Prednosti i nedostaci u različitim područjima automobilske industrije**

Omogućavanje bržeg projektiranja i lansiranja novih električnih vozila putem 3DEXPERIENCE platforme, prema Dassault Systèmes (2020), dalo je inženjerima NIO-a stalni pristup podacima, skratilo razvojne cikluse, smanjilo troškove i omogućilo lansiranje modela ES8 u samo tri godine, što je znatno brže od konkurencije. Također, tvrtka za osiguranje brže inovacije i globalnu zrelost proizvoda koristi prednosti ove tehnologije, uključujući daljnje istraživanje autonomne vožnje i planiranje novih platformi poput NP2.0.

Unatoč prednostima povezivanja dizajna i proizvodnje, što povećava učinkovitost i smanjuje pogreške, izazovi platforme uključuju visoke početne troškove, složenost rada globalnih timova i ovisnost o jednoj tehnologiji, što predstavlja rizik u slučaju tehničkih problema (Dassault Systèmes, 2020).

Prema TriMech Enterprise Solutions (2022), tvrtka Xos koristi platformu 3DEXPERIENCE koja integrira sve faze dizajna, inženjeringa i proizvodnje u jedinstvenom sustavu, čime ubrzava razvoj proizvoda, skraćuje vrijeme izlaska na tržište te poboljšava suradnju i transparentnost putem globalne suradnje u stvarnom vremenu i sigurnog upravljanja podacima. Također, za prilagodbu proizvoda različitim potrebama tržišta, modularna platforma i vlastiti sustav baterija omogućuju tvrtki smanjenje kapitalnih troškova IT infrastrukture i ukupnog troška vlasništva (TCO) zahvaljujući nižim troškovima goriva i održavanja kod električnih kamiona, čime se povećava konkurentnost i fleksibilnost.

Platforma, pokraj brojnih prednosti, ima i nedostatke, uključujući tehničku ovisnost o vanjskim pružateljima usluga u oblaku koja može uzrokovati probleme s povezivanjem i tehničke poteškoće, sigurnosne rizike vezane uz cyber prijetnje i zaštitu podataka te visoke troškove implementacije, licenciranja i obuke zaposlenika. Nadalje, tvrtka se suočila s ekološkim posljedicama proizvodnje baterija i električnih komponenti, regulatornim izazovima zbog stalnih promjena u regulativama vezanim uz emisije i sigurnost te kompleksnošću sustava koja uzrokuje probleme u integraciji s postojećim procesima i privremene smetnje u radu, kao i otporom zaposlenika prema promjenama (TriMech Enterprise Solutions, 2022).

Tvrtki Contechs, prema TriMech Enterprise Solutions (2022), korištenje platforme 3DEXPERIENCE donosi brojne prednosti, uključujući povećanu učinkovitost projektiranja kroz bržu razvojnu fazu i bolju koordinaciju između timova. Digitalizacija optimizira resurse smanjenjem potrebe za stvaranjem novih rješenja iz temelja i smanjuje troškove održavanja zahvaljujući manjoj potrebi za fizičkom pohranom podataka i održavanjem različitih IT sustava. Također, platformom se povećava suradnja i komunikacija centraliziranjem podataka na jednoj platformi, što olakšava pristup informacijama, smanjuje potrebu za komunikacijom putem e-pošte i proračunskih tablica, poboljšava transparentnost procesa za praćenje napretka i ranu identifikaciju problema te osigurava visoku razinu zaštite podataka, čime štiti povjerljive informacije, održava povjerenje s klijentima i omogućuje brže prilagodbe dizajna u skladu s promjenama na tržištu i tehnološkim inovacijama.

Unatoč brojnim prednostima, uvođenje platforme može donijeti nekoliko nedostataka, uključujući visoke troškove implementacije zbog značajnih početnih ulaganja za licenciranje, obuku i integraciju s postojećim sustavima, kao i tehničke izazove prilikom integracije različitih softverskih paketa, što može zahtijevati dodatne resurse (TriMech Enterprise Solutions, 2022).

Prema TriMech Enterprise Solutions (2022), prednosti korištenja Virtual Twin tehnologije i naprednih CFD simulacija u tvrtki Volvo Trucks uključuju značajno poboljšanje aerodinamičkih performansi vozila, smanjenje potrošnje goriva i emisija stakleničkih plinova, povećanu efikasnost razvoja proizvoda kroz brže testiranje dizajnerskih varijacija, poboljšanje performansi vozila smanjenjem veličine motora i težine te omogućavanje brže inovacije.

Postoje i brojni nedostaci, kao što su ovisnost o tehnologiji simulacija koja može uzrokovati probleme zbog mogućih pogrešaka u modeliranju i potrebu za stalnim nadogradnjama, potreba za fizičkim testiranjem radi osiguravanja usklađenosti sa stvarnim uvjetima, mogući utjecaji promjena u dizajnu na stabilnost i udobnost vozila, visoki troškovi razvoja i održavanja softverskih alata koji mogu biti prepreka za manje tvrtke te kompleksnost modela koja može otežati interpretaciju rezultata i donošenje odluka (TriMech Enterprise Solutions, 2022).

Simulacija i analiza tvrtke Morgan, prema TriMech Enterprise Solutions (2022), omogućuju napredne simulacije i brže testiranje proizvoda, štedeći vrijeme i resurse. Dizajn i inženjering koriste 3D CAD modele za povećanje učinkovitosti i preciznosti, smanjenje troškova i kašnjenja te omogućuju suradnju u realnom vremenu. U marketingu se koristi 3DEXCITE za

stvaranje visokokvalitetnih digitalnih prikaza i interaktivnih prezentacija, dok upravljačke platforme poput ENOVIA poboljšavaju centralizirano upravljanje podacima i suradnju, a DELMIA optimizira proizvodnju i opskrbni lanac.

Uz prednosti, postoje i nedostaci, kao što je ovisnost o mreži koja može otežati rad, dok uvođenje novih alata može izazvati početne smetnje i zahtijevati stalnu tehničku podršku, napredne simulacije i upravljačke platforme često su skupe i zahtijevaju visokokvalificirane stručnjake, a visoki početni troškovi i tehnička složenost mogu povećati operativne troškove, dok stalno ažuriranje marketinških materijala može biti izazovno (TriMech Enterprise Solutions, 2022).

Prema CadCam Group (n.d.), tvrtka Tech Cut koristi platformu s brojnim prednostima, uključujući povezivanje službi unutar iste platforme radi održavanja konzistentnosti i točnosti podataka, poboljšanu internu komunikaciju putem automatizacije i sinkronizacije koja smanjuje vrijeme i nedorazume te optimizaciju procesa i upravljanje radnim tokovima koje smanjuju potrebu za ručnim radom i ubrzavaju proizvodnju. Nadalje, platforma za preciznije planiranje budžeta koristi praćenje promjena i integraciju s drugim softverom za ranije otkrivanje i ispravljanje pogrešaka, poboljšava upravljanje životnim ciklusom proizvoda (PLM) putem bolje kontrole svih faza od dizajna do održavanja uz centralizirano upravljanje dokumentacijom, specifikacijama i troškovnicima te omogućava smanjenje nepotrebnih troškova i prilagodbu specifičnim potrebama tvrtke uz podršku njenom rastu zahvaljujući svojoj fleksibilnosti i skalabilnosti.

Međutim, postoje i mnogi nedostaci, a to su tehnički problemi i rizici vezani uz sigurnost podataka zbog ovisnosti o tehnologiji, visoki troškovi implementacije uključujući početne investicije i dugoročne troškove održavanja, izazovi u obuci zaposlenika, problemi s integracijom postojećih sustava te prilagodba na promjene i ovisnost o dobavljaču koja može uzrokovati otpor unutar tvrtke i rizike povezane s podrškom ili budućim nadogradnjama (CadCam Group, n.d.).

U tvrtki Jaksche, prema CadCam Group (n.d.), implementirana platforma 3DEXPERIENCE uključuje prednosti kao što su poboljšano upravljanje projektima sa smanjenom složenošću i bržim donošenjem odluka, efikasniju komunikaciju među timovima, smanjenje troškova razvoja kroz optimizaciju resursa i automatizaciju procesa te brži razvoj proizvoda s kraćim

vremenskim okvirima za iteracije i preciznijim praćenjem kvalitete.

Nasuprot tome, nedostaci implementacije uključuju visoke početne troškove, potrebu za obukom i prilagodbom, kompleksnost sustava koja može otežati početnu adaptaciju, izazove u integraciji s postojećim sustavima te rizik od tehničkih problema i sigurnosnih prijetnji zbog zavisnosti od tehnologije ako zaštitne mjere nisu adekvatne (CadCam Group, n.d.).

Prema Technia (n.d.), softver xCompare za tvrtku Allgaier automotive donosi mnoge prednosti koje uključuju bržu i precizniju usporedbu modela kroz automatizaciju, eliminaciju pretvorbe podataka, te visoku preciznost i detaljnost u analizi i dokumentaciji promjena, uz prilagodljivost specifičnim potrebama klijenta i dugoročnu stabilnost zahvaljujući partnerstvu.

Softver donosi i nedostatke koji uključuju potrebu za dodatnom obukom za napredne funkcionalnosti, visoka početna ulaganja, moguće probleme s kompatibilnošću zbog tehnoloških ograničenja, potrebu za stalnim održavanjem i ažuriranjem te ograničenu fleksibilnost za druge korisnike zbog specifične prilagodbe (Technia, n.d.).

Prednosti softvera u tvrtki Honda, prema Technia (n.d.), obuhvaćaju olakšanu tranziciju kroz intuitivno korisničko sučelje, smanjenje vremena implementacije za 80 %, što omogućuje brže uvođenje novih tehnologija i optimizaciju procesa te povećanu produktivnost kroz brže usvajanje alata i tehnologija, dok fleksibilnost i nadogradnje omogućuju dugoročno održavanje i evoluciju sustava.

Unatoč prednostima, nedostaci obuhvaćaju otpornost među korisnicima na promjene radnih stilova, visoke troškove prilagodbe, moguće probleme s kompatibilnošću s postojećim sustavima te početnu zbunjenost i prilagodbu koja može usporiti radne procese i povećati troškove obuke (Technia, n.d.).

Prema Technia (n.d.), implementacija TECHNIA Value Components (TVC) i TECHNIA Integration Framework (TIF) u tvrtki Autoliv pruža mnoge prednosti, a to su povećana efikasnost i produktivnost kroz intuitivna sučelja i smanjenje potrebe za dubokim tehničkim znanjem, bolja kontrola i praćenje zahvaljujući jedinstvenom pregledu integracija i brzom otkrivanju problema, precizno praćenje podataka koje omogućuje unapređenje kvalitete i sigurnosti proizvoda te konfigurabilnost TIF-a koja pruža fleksibilnost i skalabilnost sustava.

Nasuprot tome, nedostaci implementacije uključuju ovisnost o vanjskim rješenjima i dobavljaču, visoke troškove početne implementacije i održavanja, kompleksnost integracije s postojećim sustavima te potencijalne sigurnosne rizike, što može predstavljati izazove u prilagodbi i održavanju sustava (Technia, n.d.).

Prema TriMech Enterprise Solutions (2023), prednosti platforme 3DEXPERIENCE u tvrtki Ligier Automotive su centralizacija podataka koja poboljšava dostupnost informacija i povećava efikasnost dizajna i proizvodnje, poboljšano praćenje proizvodnje, poticanje inovacija i suradnje u istraživanjima te unapređenje kvalitete proizvoda i marketinga.

Nasuprot tome, nedostaci obuhvaćaju otežano istraživanje zbog kompleksnosti novih tehnologija i potrebe za dodatnom obukom, visoke troškove implementacije, krivolju učenja, složenu integraciju s postojećim sustavima te ovisnost o tehnologiji koja može uzrokovati tehničke probleme, dok koordinacija između timova može predstavljati izazov u marketingu (TriMech Enterprise Solutions, 2023).

Prednosti primjene virtualizacije grafičkih radnih stanica u tvrtki Rimac Automobili, prema Combis (n.d.), obuhvaćaju optimizaciju troškova smanjujući dugoročne troškove kroz bolju kontrolu licenci i smanjenje fizičkog hardvera, skalabilnost koja pomaže brzo rastućim tvrtkama u prilagodbi resursa te povećanu fleksibilnost i mobilnost koja omogućuje inženjerima rad s visokim performansama aplikacija s bilo kojeg mjesta, čime se poboljšava produktivnost i olakšava integracija novih zaposlenika.

Pored toga, nedostaci primjene su ovisnost o stabilnosti mreže, visoki početni troškovi, tehnička kompleksnost implementacije, potreba za redovitim održavanjem i potencijalni problemi s performansama, posebno za inženjere koji zahtijevaju visoke performanse grafičkih aplikacija (Combis, n.d.).

Tablica 8 Prednosti i nedostaci implementacije 3DEXPERIENCE platforme i tehnologija

SOFTVER/RJEŠENJE	PREDNOSTI	NEDOSTACI
<b>3DEXPERIENCE i Electro Mobility Accelerator</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Brže projektiranje i lansiranje novih vozila</li> <li>- Stalni pristup podacima</li> <li>- Smanjenje troškova razvoja</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Visoki početni troškovi</li> <li>- Složenost rada globalnih timova</li> <li>- Ovisnost o jednoj tehnologiji</li> </ul>
<b>3DEXPERIENCE Cloud platforma</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Centralizacija podataka</li> <li>- Ubrzanje razvoja proizvoda</li> <li>- Povećana konkurentnost i fleksibilnost</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Visoki troškovi implementacije</li> <li>- Ovisnost o vanjskim pružateljima usluga</li> </ul>
<b>CATIA i 3DEXPERIENCE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Povećana efikasnost i preciznost</li> <li>- Brže testiranje i suradnja u realnom vremenu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Visoki troškovi implementacije</li> <li>- Složenost integracije s postojećim sustavima</li> </ul>
<b>Virtualni blizanci</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Poboljšanje aerodinamičkih performansi</li> <li>- Brža inovacija i smanjenje potrošnje goriva</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ovisnost o tehnologiji simulacija</li> <li>- Potreba za fizičkim testiranjem</li> </ul>
<b>xCompare</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Brža i preciznija analiza</li> <li>- Visoka preciznost u dokumentaciji promjena</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Visoka početna ulaganja</li> <li>- Potreba za dodatnom obukom</li> </ul>
<b>Experience Packaged</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Smanjenje troškova održavanja</li> <li>- Brže donošenje odluka</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tehnička složenost</li> <li>- Ovisnost o vanjskim dobavljačima</li> </ul>
<b>TECHNIA Value Components i Integration Framework</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Povećana efikasnost i produktivnost</li> <li>- Bolja kontrola i praćenje</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Visoki troškovi održavanja</li> <li>- Kompleksnost integracije s postojećim sustavima</li> </ul>

Izvor: Autorski rad (2024)

Tablica 8 prikazuje prednosti i nedostatke različitih softverskih rješenja povezanih s 3DEXPERIENCE platformom. Implementacija platforme poboljšava upravljanje životnim ciklusom vozila centralizacijom podataka, olakšavajući suradnju i donošenje odluka. Tehnologije omogućuju brže inovacije i skraćuju vrijeme lansiranja novih modela. Unaprijeđeno praćenje podataka povećava kvalitetu i sigurnost vozila, dok optimizacija resursa smanjuje troškove i poboljšava konkurentnost. Sustavi za upravljanje olakšavaju planiranje održavanja i poboljšavaju postprodajne usluge, čime se povećava zadovoljstvo kupaca.



## 5. ZAKLJUČAK

Upravljanje životnim ciklusom proizvoda prošlo je značajan razvoj softvera, prelazeći s inicijalnog usmjerenja na smanjenje troškova i organizaciju podataka na sofisticirana rješenja poput digitalnih dvojnika, cloud computinga i naprednih analitičkih alata, čime je poboljšana koordinacija između faza razvoja proizvoda, povećana kvaliteta, smanjeni troškovi i ubrzane inovacije. Povijesni pregled PLM aplikacija pokazuje kako se tehnologija i organizacijski pristupi mijenjaju, pri čemu integracija i centralizacija informacijskih sustava postaju ključni za uspjeh modernih tvrtki u upravljanju proizvodnim procesima i inovacijama.

Analiziranje slučaja sa specifičnim uzrocima problema pokazuje da implementacija softvera za upravljanje životnim ciklusom proizvoda automobilske industrije poboljšava učinkovitost i kvalitetu razvoja, omogućava brži izlazak na tržište i veću produktivnost, no suočava se s izazovima poput otpora prema promjenama i visokih troškova, dok tehnologije poput IoT-a i 3D printanja dodatno unapređuju procese, ali zahtijevaju pažljivo planiranje i specifične pristupe za optimizaciju poslovnih procesa i poboljšanje kvalitete proizvoda.

Studije slučaja pružaju bitne informacije kako PLM može poboljšati upravljanje složenim projektima i osigurati sigurnost i učinkovitost u industriji vozila kroz bolje upravljanje dokumentacijom, analizu problema te unapređenje komunikacije i procesa. Iako ove platforme donose izazove poput visokih troškova i sigurnosnih rizika, specifični alati za CAD modeliranje, simulacije i upravljanje dokumentacijom unutar PLM sustava u automobilskoj industriji osigurava efikasnost i preciznost. Naime, i dalje se suočava s izazovima poput povećanog obujma podataka i potrebe za stalnim prilagodbama, što naglašava važnost kontinuiranih inovacija i integracije sa suvremenim tehnologijama.

Moderna softverska rješenja, kao što su 3DEXPERIENCE i Electro Mobility Accelerator, značajno nadmašuju tradicionalne metode u globalnoj suradnji, smanjenju poslovnog rizika i sigurnosti podataka. Rimac Automobili koristi 3DEXPERIENCE uz VMware, HPE i NVIDIA za virtualne radne stanice, čime poboljšava suradnju i sigurnost, osobito u kriznim situacijama, poput COVID-19. Tvrtke poput NIO, XOS i Contechs primjenjuju ove platforme za unapređenje integracije podataka, ubrzavanje inovacija i smanjenje troškova. Primjena virtualnih blizanaca u Volvo Trucks omogućuje optimizaciju dizajna i smanjenje emisija, dok su Morgan Motor i TEH-CUT poboljšali svoju suradnju i učinkovitost kroz digitalizaciju

procesa. Ove inovacije pokazuju kako moderna rješenja omogućuju brži razvoj i bolju prilagodbu u dinamičnom okruženju automobilske industrije.

Komparativnom analizom otkriveno je da moderne platforme, unatoč visokim početnim troškovima, nude značajne prednosti u brzini razvoja i operativnoj učinkovitosti, posebno u kontekstu inovacija u razvoju novih vozila i unapređenja globalne suradnje. Implementacija softvera za efikasniju suradnju značajno smanjuje poslovne rizike, omogućava bolje upravljanje projektima i poboljšava komunikaciju među timovima. Također, upravljanje i sigurnost podataka predstavljaju kritične izazove, ali moderna rješenja pomažu u optimizaciji procesa i osiguravaju zaštitu informacija. Ove inovacije, uz podršku tehnologija poput platforme 3DEXPERIENCE, dovode do skraćivanja vremena razvoja i lansiranja novih modela, smanjenja troškova i povećanja operativne efikasnosti, što je vidljivo kroz uspjehe kompanija kao što su NIO, XOS i Contechs. Unatoč izazovima, kao što su visoki početni troškovi i ovisnost o tehnologiji, jasno je da su integracija naprednih softverskih rješenja i jačanje globalne suradnje ključni za održavanje konkurentnosti u dinamičnom okruženju automobilske industrije. Nasuprot tome, tradicionalne metode često rezultiraju sporijim razvojem i lošijom koordinacijom, što poboljšava konkurentnost i operativnu učinkovitost tvrtki koje primjenjuju moderne tehnologije. Svaka platforma ima svoje specifične prednosti, pri čemu neke omogućuju brže inovacije i razvoj, dok se druge usmjeravaju na poboljšanje suradnje, digitalizaciju i optimizaciju performansi, što pomaže tvrtkama da unaprijede svoje razvojne i proizvodne procese na različite načine.

Sektor automobilske industrije primjenom digitalnih platformi za upravljanje životnim ciklusom vozila omogućava bržu i precizniju realizaciju složenih projekata te bolju integraciju svih faza razvoja proizvoda. Za prevladavanje navedenih izazova, najbolje prakse uključuju pravovremeno planiranje, kontinuirano usavršavanje te daljnja ulaganja u razvoj i optimizaciju digitalnih platformi, što će poboljšati njihovu funkcionalnost i smanjiti troškove implementacije.

# LITERATURA

Knjige:

1. Bhise, V. D. (2017.). *Automotive product development: a systems engineering implementation*. Boca Raton: CRC Press
2. Stark, J. (2020.). *Product Lifecycle Management (Volume 1) 21st Century Paradigm for Product Realisation*. Fourth Edition. Switzerland: Springer Nature AG.

Internetski izvori:

1. 3D CAD Browser. (n.d.). *Morgan Plus 4 3D model [Slika]*. Preuzeto 22. kolovoza 2024. s <https://www.3dcadbrowser.com/3d-model/morgan-plus-4>
2. Balagić, I. (28. kolovoz 2021). *Evolucija PLM sustava od PLM 1.0 do PLM 4.0 [Slika]*. Preuzeto 11. srpnja 2024. s <https://plmadventure.com/2021/08/28/povijest-plm-a/>
3. Balagić, I. (28. kolovoz 2021). *Implementacija PLM-a*. Preuzeto 25. srpnja 2024. s <https://plmadventure.com/2021/08/30/implementacija-plm-a/>
4. Balagić, I. (28. kolovoz 2021). *Povijest PLM-a*. Preuzeto 11. srpnja 2024. s <https://plmadventure.com/2021/08/28/povijest-plm-a/>
5. Balagić, I. (28. kolovoz 2021). *Što je PLM?*. Preuzeto 11. srpnja 2024. s <https://plmadventure.com/2021/08/28/sto-je-plm/>
6. Barolli, L., i Zeneli, L. (2023). A proposed blockchain-based solution for a data-driven vehicle lifecycle management. *6th International Scientific Conference ITEMMA 2022 – Proceedings*. <https://doi.org/10.31410/ITEMMA.2022.9>
7. Barrios, P., Danjou, C., i Eynard, B. (2022). *Literature Review and Methodological Framework for Integration of IoT and PLM in Manufacturing Industry*. Elsevier. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166361522000859>
8. Bressanelli, G., Adrodegari, F., Pigosso, D. C. A., i Parida, V. (2022). Circular Economy in the Digital Age. *Sustainability*, 14(9), 5565. <https://doi.org/10.3390/su14095565>
9. CadCam Group. (n.d.). *Jaksche Technology studija slučaja - CAD/CAM Group*. Preuzeto 22. kolovoza 2024. s [https://www.cadcam-group.eu/hr/case\\_studies/jaksche-technology/](https://www.cadcam-group.eu/hr/case_studies/jaksche-technology/)
10. CadCam Group. (n.d.). *Studija slučaja: TEH-CUT - CAD/CAM Group*. Preuzeto 22. kolovoza 2024. s [https://www.cadcam-group.eu/hr/case\\_studies/teh-cut/](https://www.cadcam-group.eu/hr/case_studies/teh-cut/)
11. Combis. (n.d.). *Case study: Rimac Automobili [PDF]*. Preuzeto 23. kolovoza 2024. s [https://www.combis.hr/wp-content/uploads/2020/09/CASE\\_STUDY\\_RIMAC\\_FINAL.pdf](https://www.combis.hr/wp-content/uploads/2020/09/CASE_STUDY_RIMAC_FINAL.pdf)

12. D'antonio, G., Bedolla, J. S., Genta, G., Ruffa, S., Barbato, G., Chiabert, P., i Pasquettaz, G. (2016). PLM-MES integration: a case-study in automotive manufacturing. *In Product Lifecycle Management in the Era of Internet of Things: 12th IFIP WG 5.1 International Conference, PLM 2015, Doha, Qatar, October 19-21, 2015, Revised Selected Papers 12* (pp. 780-789). Springer International Publishing. [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-33111-9\\_71](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-33111-9_71)
13. Dassault Systèmes. (2020). *NIO case study*. Preuzeto 20. kolovoza 2024. s <https://www.3ds.com/sites/default/files/2020-06/nio-case-study-web-2020.pdf>
14. Dobaj, J., Macher, G., Ekert, D., Riel, A., i Messnarz, R. (2023). Towards a security-driven automotive development lifecycle. *Journal of Software: Evolution and Process*, 35(8), e2407. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdfdirect/10.1002/smr.2407>
15. European Environment Agency. (2017). *Circular by design: Products in the circular economy*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. <https://www.eea.europa.eu/publications/circular-by-design>
16. Han, Y., Shevchenko, T., Yannou, B., Ranjbari, M., Shams Esfandabadi, Z., Saidani, M., ... i Li, G. (2023). Exploring how digital technologies enable a circular economy of products. *Sustainability*, 15(3), 2067. <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/3/2067>
17. How We Work | Contechs. (n.d.). *Your strategic partner*. Preuzeto 21. kolovoza 2024. s <https://www.contechs.com/about/how-we-work?source=google.com>
18. Jaksche. (n.d.). *Usluge*. Preuzeto 22. kolovoza 2024. s <https://www.jaksche.eu/bs/usluge>
19. Kampf, R., Potkány, M., Krajčírová, L. i Marcinekova, K. (2016). Life Cycle Cost Calculation and its Importance in Vehicle Acquisition Process for Truck Transport. *NAŠE MORE*, 63 (3 Special Issue), 129-133. <https://doi.org/10.17818/NM/2016/SI10>
20. Khalyasmaa, A. I., Stepanova, A. I., Eroshenko, S. A., i Matrenin, P. V. (2023). Review of the digital twin technology applications for electrical equipment lifecycle management. *Mathematics*, 11(6), 1315. <https://www.mdpi.com/2227-7390/11/6/1315>
21. Kolossváry, T., Feszty, D., i Dóry, T. (2023). Systems engineering in automotive product development: A guide to initiate organisational transformation. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 9(4), Article 100160. <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2023.100160>

22. Kuchta, D. (2023). Project implementation scenario selection for sustainable project and product lifecycle management. *Application of network data envelopment analysis. Operations Research and Decisions*, 33(4), 133-154. [https://cejsh.icm.edu.pl/cejsh/element/bwmeta1.element.desklight-62a98a86-f6ea-4d47-80b1-00e2e290bfef/c/ord2023vol33no4\\_8.pdf](https://cejsh.icm.edu.pl/cejsh/element/bwmeta1.element.desklight-62a98a86-f6ea-4d47-80b1-00e2e290bfef/c/ord2023vol33no4_8.pdf)
23. Morgan Motor Company. (n.d.). *21st century coach building*. Preuzeto 22. kolovoza 2024. s <https://morgan-motor.com/our-story/21st-century-coach-building/>
24. NIO – Home. (n.d.). *NIO*. Preuzeto 20. kolovoza 2024. s <https://www.nio.com/?noredirect>
25. Nosenzo, V., Tornincasa, S., Bonisoli, E., i Brino, M. (2014). Open questions on Product Lifecycle Management (PLM) with CAD/CAE integration. *International Journal of Interactive Design and Manufacturing*, 8(2), 91-107. <https://doi.org/10.1007/s12008-013-0184-1>
26. Panda, A., Dyadyura, K., i Moki, A. (2024). Nonlinear dynamics methods applications to product lifecycle management. *MM Science Journal*, June, Article 2024001. [https://doi.org/10.17973/MMSJ.2024\\_06\\_2024001](https://doi.org/10.17973/MMSJ.2024_06_2024001)
27. Rosa, P., i Terzi, S. (2023). Supporting the development of circular value chains in the automotive sector through an information sharing system: the TREASURE project. In *IFIP International Conference on Product Lifecycle Management (pp. 76-85)*. Cham: Springer Nature Switzerland. [https://re.public.polimi.it/bitstream/11311/1262131/1/Rosa%20%26%20Terzi\\_Supporting%20the%20development%20of%20CVCs%20v2.pdf](https://re.public.polimi.it/bitstream/11311/1262131/1/Rosa%20%26%20Terzi_Supporting%20the%20development%20of%20CVCs%20v2.pdf)
28. Rouhani, C. (26. veljače 2024.). Transformacija razvoja proizvoda za bolju održivost s PLM-om temeljenim na oblaku. *Oblak*. Preuzeto 15. srpnja 2024. s <https://blog.3ds.com/topics/cloud/transforming-product-development-sustainability-cloud-based-plm/>
29. Rukanova, B., Ubacht, J., Turner, B., Tan, Y.-H., Schmid, J., Rietveld, E., i Hofman, W. (2023). *A Framework for Understanding Circular Economy Monitoring: Insights from the Automotive Industry*. In 24th Annual International Conference on Digital Government Research - Together in the unstable world: Digital government and solidarity (DGO 2023), July 11–14, 2023, Gdańsk, Poland (pp. 547-548). ACM. <https://doi.org/10.1145/3598469.3598530>
30. Selim, S. S., Tolba, A. S., i Saleh, S. A. F. (2024). Digital Twin of Product Life Cycle Cost Management: Review and Theoretical Framework. [https://journals.ekb.eg/article\\_347746\\_5d2e58d4d58b18319d6c3828705e3322.pdf](https://journals.ekb.eg/article_347746_5d2e58d4d58b18319d6c3828705e3322.pdf)

31. Shaping Future Mobility | Contechs. (n.d.). *Developing the vehicles of tomorrow*. Preuzeto 21. kolovoza 2024. s <https://www.contechs.com/about/shaping-future-mobility?source=google.com>
32. Sharma, D., Yadav, V., i Singh, D. (2023). Advancements and Implications of Product Service Systems in the Automobile Industry: A Comprehensive Review. *Engineering Proceedings*, 59(1), 98. <https://www.mdpi.com/2673-4591/59/1/98>
33. Simić, V. (2013). *End-of-life vehicle recycling: A review of the state-of-the-art*. Tehnički vjesnik. 20(2), 371-380. [https://www.researchgate.net/publication/279914203\\_End-of-life\\_vehicle\\_recycling-A\\_review\\_of\\_the\\_state-of-the-art](https://www.researchgate.net/publication/279914203_End-of-life_vehicle_recycling-A_review_of_the_state-of-the-art)
34. SolidCAD. (4. ožujka 2024.). Uloga PLM-a u racionalizaciji razvoja novih proizvoda. Preuzeto 11. srpnja 2024. s <https://www.solidcad.ca/the-role-of-plm-in-streamlining-new-product-development/>
35. Šarić, A. (2019). *Upravljanje životnim ciklusom električnog automobila* (Diplomski rad). Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje. <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:491754>
36. TECHNIA. (n.d.). *Autoliv case study*. Preuzeto 22. kolovoza 2024. s <https://www.technia.com/case-studies/autoliv/>
37. TECHNIA. (n.d.). *Allgaier Automotive case study: Xcompare and Allgaier Automotive*. Preuzeto 22. kolovoza 2024. s <https://www.technia.com/case-studies/xcompare-and-allgaier-automotive/>
38. TECHNIA. (n.d.). *Honda case study*. Preuzeto 22. kolovoza 2024. s <https://www.technia.com/case-studies/honda/>
39. Technia. (n.d.). *xCompare and Allgaier Automotive*. [Slika]. Preuzeto 22. kolovoza 2024. s <https://www.technia.com/case-studies/xcompare-and-allgaier-automotive/>
40. TEH-CUT. (n.d.). *O nama*. Preuzeto 22. kolovoza 2024. s <https://www.teh-cut.hr/o-nama/>
41. Triguero, Á., Moreno-Mondéjar, L., i Sáez-Martínez, F. J. (2023). Circular economy and firm performance: The influence of product life cycle analysis, upcycling, and redesign. *Sustainable Development*, 31(4), 2318-2331. <https://doi.org/10.1002/sd.2509>
42. TriMech Enterprise Solutions. (December 29, 2022). *Volvo Trucks North America use SIMULIA analysis to achieve sustainable transport solutions*. Preuzeto 21. kolovoza 2024. s <https://enterprise.trimech.com/volvo-trucks-north-america-use-simulia-analysis-to-achieve-sustainable-transport-solutions/>

43. TriMech Enterprise Solutions. (December 29, 2022). *Xos Decarbonize Truck Deliveries with the 3DEXPERIENCE Platform - TriMech Enterprise*. Preuzeto 20. kolovoza 2024. s <https://enterprise.trimech.com/xos-decarbonize-truck-deliveries-with-the-3dexperience-platform/>
44. TriMech Enterprise Solutions. (January 23, 2023). *Contechs design cars of the near future with 3DEXPERIENCE*. Preuzeto 21. kolovoza 2024. s <https://enterprise.trimech.com/contechs-designing-cars-of-the-near-future/>
45. TriMech Enterprise Solutions. (January 24, 2023). *Morgan Motors Accelerate Their Business with 3DEXPERIENCE*. Preuzeto 22. kolovoza 2024. s <https://enterprise.trimech.com/morgan-motors-accelerate-their-business-with-3dexperience/>
46. TriMech Enterprise Solutions. (January 6, 2023). *Ligier Automotive and 3DEXPERIENCE Getting Up to Speed*. Preuzeto 23. kolovoza 2024. s <https://enterprise.trimech.com/ligier-automotive-and-3dexperience-getting-up-to-speed/>
47. TriMech. (n.d.). *What is 3DEXPERIENCE? [Slika]*. Preuzeto 22. kolovoza 2024. s <https://store.trimech.com/blog/what-is-3dexperience>
48. Xiaohui, Z., Abdullah, R. N., Lihua, L., i Jing, L. (2024). New Paradigm for Business Model Design and Innovation: An Insight of Product Lifetime Value Based on Electric Vehicle. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 528, p. 03007). EDP Sciences. [https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2024/58/e3sconf\\_net-ic2024\\_03007.pdf](https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2024/58/e3sconf_net-ic2024_03007.pdf)
49. Xos | Commercial Fleet Electrification. (n.d.). *The easiest way to go electric*. Preuzeto 20. kolovoza 2024. s <https://www.xostrucks.com/>
50. Xos | Investor Overview. (n.d.). *Investor Relations*. Preuzeto 20. kolovoza 2024. s <https://www.xostrucks.com/investor-overview/>

## POPIS SLIKA

Slika 1 Evolucija PLM sustava od PLM 1.0 do PLM 4.0.....	5
Slika 2 The PLM Grid.....	7
Slika 3 PLM skica i tokovi podataka .....	9
Slika 4 Prikaz strukture razina automobila.....	10
Slika 5 Simulacija proizvodnog procesa u Siemens Teamcenter sustavu .....	11
Slika 6 Glavni sustavi i njihovi podsustavi u tipičnom automobilskom proizvodu .....	12
Slika 7 Glavni sustavi i njihovi podsustavi u tipičnom automobilskom proizvodu .....	13
Slika 8 Tok razvoja proizvoda i proizvodnje u automobilskoj industriji .....	14
Slika 9 Trenutačni IVECO CAD/CAE integracijski sustav .....	17
Slika 10 Nova paradigma CAD/CAE integracije .....	18
Slika 11 Identifikacija i izbor reprezentativnih vozila .....	27
Slika 12 Dijagram protoka podataka.....	35
Slika 13 Vremenska linija razvoja tvrtke XOS.....	39
Slika 14 Usluge tvrtke Contechs.....	40
Slika 15 Morgan Plus 4 3D model.....	43
Slika 16 CAM mogućnosti u pregledniku .....	44
Slika 17 Model automobila u xCompare softveru .....	46

## POPIS TABLICA

Tablica 1 Vremenska linija razvoja NIO vozila .....	37
Tablica 2 Pregled projekata SuperTruck Volvo Trucks .....	42
Tablica 3 Alati i tehnologije studije slučaja Rimac Automobili.....	49
Tablica 4 Karakteristike softvera/rješenja u upravljanju podacima i korisničkom iskustvu .....	54
Tablica 5 Efikasnost i stabilnost razvoja vozila kroz softversku implementaciju .....	57
Tablica 6 Sigurnost i upravljanje podacima razvoja vozila kroz softversku implementaciju .....	58
Tablica 7 Izazovi, rješenja i postignuti rezultati u razvoju softverskih rješenja .....	59
Tablica 8 Prednosti i nedostaci implementacije 3DEXPERIENCE platforme i tehnologija .....	65

## POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1 Usporedba dosega vožnje za električne kamione po tvrtkama .....	56
--	----



# ŽIVOTOPIS



## Martina Tucić

**Datum rođenja:**  
28. studenoga 1993.


**Državljanstvo:** hrvatsko

**Spol:** Žensko

### KONTAKT

 Ulica Ivana Rogića 4,  
10020 Novi Zagreb, Hrvatska  
(Kućna)

 [martina133615@gmail.com](mailto:martina133615@gmail.com)

 (+385) 0959031607



### O MENI

Ovdje možete unijeti svoj opis...

### RADNO ISKUSTVO

- **17. PROSINCA 2018. – TRENUTAČNO** Zagreb, Hrvatska  
**Računovodstveno-knjigovodstvena referentica** Ured pučke pravobraniteljice
  - rad u SAP sustavu
  - rad u SPI sustavu
  - plaćanje i kontiranje računa
- **01. SRPNJA 2013. – 30. LIPNJA 2014.** Zagreb, Hrvatska  
**Računovodstveno-knjigovodstvena referentica** Ministarstvo prostornoga uređenja, graditeljstva i državne imovine
  - obavljanje osnovnih administrativnih poslova
  - rad u SAP sustavu
  - rad u programu KONTO

### OBRAZOVANJE I OSPOSOBLJAVANJE

- **01. LISTOPADA 2022. – TRENUTAČNO** Zagreb, Hrvatska  
**Stručna specijalistica za elektroničko poslovanje u privatnom i javnom sektoru** Ekonomski fakultet Zagreb  
Internetske stranice <https://www.efzg.unizg.hr/>
- **01. RUJNA 2014. – 18. LIPNJA 2018.** Osijek, Hrvatska  
**Prvostupnik ekonomije** Ekonomski fakultet u Osijeku  
Internetske stranice <http://www.efos.unios.hr/>
- **01. RUJNA 2008. – 24. LIPNJA 2012.** Velika Gorica, Hrvatska  
**Ekonomist** Ekonomska škola Velika Gorica  
Internetske stranice <http://ss-ekonomska-velikagorica.skole.hr/>

### JEZIČNE VJEŠTINE

**MATERINSKI JEZIK/JEZICI:** hrvatski

**Drugi jezici:**

engleski

Slušanje B2

Čitanje B1

Pisanje A2

**Govorna produkcija A2**

**Govorna interakcija A2**

*Razine: A1 i A2: temeljni korisnik; B1 i B2: samostalni korisnik; C1 i C2: iskusni korisnik*

### VOZAČKA DOZVOLA

- **Vozačka dozvola:** B

## PRILOG: POPIS ATRIBUTA - tablica

<b>ATRIBUT</b>	<b>OPIS</b>
<b>TVRTKA</b>	Ime tvrtke koja implementira softver
<b>TEHNOLOŠKA RJEŠENJA</b>	Korišteni softver i platforme (npr. 3DEXPERIENCE, CATIA)
<b>KLJUČNI IZAZOVI</b>	Glavni problemi s kojima se tvrtka suočava (npr. globalna konkurencija, brz tehnološki napredak)
<b>POSTIGNUTI REZULTATI</b>	Rezultati implementacije softvera (npr. smanjenje vremena razvoja, troškova)
<b>PREDNOSTI</b>	Prednosti korištenja softverskih rješenja (npr. poboljšana suradnja, sigurnost podataka)
<b>NEDOSTACI</b>	Mogući nedostaci ili izazovi korištenja softverskih rješenja
<b>SIGURNOST PODATAKA</b>	Mjere zaštite i upravljanja podacima
<b>GLOBALNA SURADNJA</b>	Utjecaj na suradnju s partnerima i dobavljačima
<b>UBRZANJE RAZVOJA PROIZVODA</b>	Kako je softver pomogao u ubrzanju procesa razvoja
<b>DOSEG VOZILA</b>	Maksimalna udaljenost koju vozilo može prijeći s punom baterijom ili punjenjem
<b>SMANJENJE TROŠKOVA</b>	Utjecaj na smanjenje operativnih troškova
<b>INTEROPERABILNOST</b>	Mogućnost integracije s postojećim sustavima
<b>KORISNIČKO ISKUSTVO</b>	Kako softver utječe na korisničko iskustvo i zadovoljstvo
<b>INTEGRACIJA S POSTOJEĆIM SUSTAVIMA</b>	Koliko je lako integrirati novi softver s postojećim rješenjima
<b>PRILAGODLJIVOST PROMJENAMA</b>	Spremnost softvera na brze promjene u zahtjevima
<b>SMANJENJE RIZIKA</b>	Kako softver smanjuje poslovne i razvojne rizike