

# Dizajn procesa proizvodnje električnih automobila

---

**Arbanas, Ivan**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2023**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zadar / Sveučilište u Zadru**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:162:079324>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-10**



**Sveučilište u Zadru**  
Universitas Studiorum  
Jadertina | 1396 | 2002 |

*Repository / Repozitorij:*

[University of Zadar Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Sveučilište u Zadru

Odjel za ekonomiju

Sveučilišni diplomski studij menadžmenta (jednopedmetni)

**Ivan Arbanas**

**Dizajn procesa proizvodnje električnih automobila**

**Diplomski rad**

Zadar, 2023.

Sveučilište u Zadru

Odjel za ekonomiju

Sveučilišni diplomski studij menadžmenta (jednopedmetni)

Dizajn procesa proizvodnje električnih automobila

Diplomski rad

Student/ica:

Ivan Arbanas

Mentor/ica:

Izv. prof. dr. sc. Berislav Bolfek

Zadar, 2023.



## Izjava o akademskoj čestitosti

Ja, **Ivan Arbanas**, ovime izjavljujem da je moj **diplomski** rad pod naslovom **Dizajn procesa proizvodnje električnih automobila** rezultat mojega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na izvore i radove navedene u bilješkama i popisu literature. Ni jedan dio mojega rada nije napisan na nedopušten način, odnosno nije prepisan iz necitiranih radova i ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem da ni jedan dio ovoga rada nije iskorišten u kojem drugom radu pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj, obrazovnoj ili inoj ustanovi.

Sadržaj mojega rada u potpunosti odgovara sadržaju obranjenoga i nakon obrane uređenoga rada.

Zadar, 2. svibanj 2023.

## Sadržaj

1. Uvod.....	1
1.1. Predmet i cilj rada .....	1
1.2. Istraživačka pitanja.....	2
1.3. Metode istraživanja .....	2
1.4. Struktura rada.....	2
2. Opći pojam i procesi proizvodnje.....	4
2.1. Opći pojam i klasifikacija proizvodnje.....	4
2.1.1. Pojedinačna proizvodnja.....	5
2.1.2. Masovna proizvodnja .....	6
2.1.3. Procesna proizvodnja .....	7
2.2. Općenito o proizvodnim sustavima i procesima .....	8
2.3. Upravljanje proizvodnim sustavom.....	12
2.3.1. Zadaci i aktivnosti proizvodnog menadžmenta poduzeća.....	13
2.3.2. Upravljanje proizvodnim procesima .....	15
3.1. Povijesni razvoj automobilske industrije.....	19
3.2. Karakteristike suvremene industrije proizvodnje automobila .....	23
3.3. Trendovi budućeg razvoja automobilske industrije .....	27
4. Proces proizvodnje električnog automobila.....	32
4.1. Općenito o električnim automobilima .....	32
4.2. Proces proizvodnje na primjeru Rimac Nevere .....	35
4.2.1. Plan proizvodnje.....	36
4.2.2. Proces obrade dijelova.....	37
4.2.3. Proces proizvodnje komponenti.....	39
4.2.4. Proces montaže .....	41
4.2.5. Proces inženjeringa .....	42

5. Zaključak.....	52
Literatura.....	54
Popis slika.....	57

## Sažetak

Automobilska industrija jedna je od relativno mladih svjetskih industrija za koju se ne može istaknuti kako seže daleko u povijest. Naime, svoj procvat doživjela je tek u 19. stoljeću, ali ono što je ključno je da od tada njezin razvoj nikad nije prestao. Put njezinog razvoja obilježen je vrlo važnim svjetskih inovacijama, poput parnih strojeva, diesel i benzinskih motora, te elektromotora. Pritom, iako se za električne automobile ne može reći kako su novost na tržištu, posebno iz razloga što je njihov razvoj započeo prije više od 100 godina, no tek u suvremenom svijetu ostvarili su zapažene rezultate na tržištu automobila. Naime, povećanje svijesti vozača o očuvanju okoliša, smanjenju buke te emisije štetnih plinova u atmosferu, zajedno s prihvatljivijom cijenom samih električnih automobila, unaprijeđenom proizvodnjom te boljim performansama potaknuli su njihovo sve veće korištenje u suvremenom svijetu. Upravo iz tog razloga cilj ovog rada je prikazati proces proizvodnje električnog automobila, zajedno sa svim njegovim karakteristikama te u empirijskom dijelu rada prikazati i konkretan primjer proizvodnog procesa i njegov dizajn kada je riječ o električnom automobilu koji se proizvodi na području Republike Hrvatske, u tvrtki Rimac Automobili d.o.o., model Nevera. Model Nevera pripada kategoriji električnih hiper automobila koji trenutno drži 23 svjetska rekorda kada su u pitanju performanse automobila, a vrlo je važna činjenica kako se glavnina njegove proizvodnje kao i samih potrebnih dijelova proizvodi u matičnoj zemlji.

**Ključne riječi:** dizajn procesa proizvodnje, električni automobil, proizvodnja, proces proizvodnje

## **Abstract**

### **Production process design of electric cars**

The automotive industry is one of the relatively young world industries that cannot be said to have a long history. Namely, it flourished only in the 19th century, but what is crucial is that since then its development has never stopped. The path of its development is marked by very important global innovations, such as steam engines, diesel and gasoline engines, and electric motors. At the same time, although electric cars cannot be said to be new on the market, especially for the reason that their development began more than 100 years ago, they have achieved notable results on the car market only in the modern world. Namely, the increase in driver awareness of environmental protection, reduction of noise and emission of harmful gases into the atmosphere, together with the more acceptable price of electric cars themselves, improved production and better performance have encouraged their increasing use in the modern world. Precisely for this reason, the aim of this work is to show the production process of an electric car, together with all its characteristics, and in the empirical part of the work to show a concrete example of the production process and its design when it comes to an electric car that is produced in the Republic of Croatia, in the company Rimac Automobili d.o.o., Nevera model. The Nevera model belongs to the category of electric hypercars, which currently holds 23 world records when it comes to car performance, and the fact that most of its production and the necessary parts are produced in the home country is very important.

**Keywords:** electric car, production, production process, production process design



## **1. Uvod**

Proizvodnja se smatra jednom od temeljnih ljudskih gospodarskih aktivnosti koja svoje korijene vuče još od samog nastanka ljudske civilizacije. Kroz vrijeme, procesi i sustavi koji čine proizvodnju znatno su napredovali na svim poljima, pa je stoga primjetno kako je od ručne proizvodnje gotovo svih predmeta koje je čovjek koristio, u suvremenom svijetu u primjeni snaga visoke tehnologije i strojeva koji većinu aktivnosti mogu obaviti bez prisustva ljudskog rada i čovjeka općenito. Jedan od takvih promjera zasigurno je i automobilska industrija, koja bilježi značajne stope napretka od trenutka njezina pokretanja, pa sve do danas. Prvi automobili proizvedeni su korištenjem manufakture, a kasnije i proizvodnih linija, a za sve se može generalno reći kako imaju značajan broj zajedničkih karakteristika. Suvremeni svijet, međutim, prepoznaje više desetaka brandova automobila, na stotine oblika različitog dizajna, različitih vrsta pogonskog goriva i motora, a posljednje otkriće odnosi se i na primjenu struje kao pogonskog goriva. Iako električni automobil nije novost, neki od negativnih globalnih trendova, kao što je onečišćenje zraka i okoliša, doveli su do potrebe za zamjenom dosada korištenih fosilnih goriva s učinkovitijom verzijom motora po pitanju okoliša. Upravo u tu kategoriju pripadaju električni automobili. Znatno smanjena razina zvuka motora, nepostojanje ispušnih plinova i nekorištenje fosilnih goriva u pogonu samo su neke od prednosti. Prvotni nedostaci su se ticali, svakako snage i dometa električnog automobila, međutim razvojem baterija te proizvodnje hiper automobila i takvi su nedostaci otklonjeni. Jedan od takvih oblika automobila proizvodi se i na području Republike Hrvatske i to u okvirima Rimac automobila d.o.o., a nosi naziv Nevera. Zajedno s prethodnim Concept\_One modelom istog proizvođača, predstavlja prvi električni hiper automobil čija se glavnina proizvodnog procesa odvija na području Republike Hrvatske.

### **1.1. Predmet i cilj rada**

Predmet ovog rada prikaz je dizajna procesa proizvodnje s posebnim naglaskom na proizvodnju električnih automobila, s primjerom procesa proizvodnje električnog automobila na području Republike Hrvatske, Rimac Nevere.

Cilj ovog rada jest istražiti proces razvoja proizvodnje i proizvodnih sustava, s posebnim osvrtom na proizvodni proces u automobilskoj industriji i proizvodnji električnih automobila. Kako bi bilo moguće ostvariti postavljeni cilj diplomskog rada nužno je prikazati opće pojmove proizvodnje, proizvodnih sustava i procesa, istražiti razvoj i karakteristike suvremene proizvodnje automobila. Osim toga, detaljno će biti opisan proizvodni proces u izradi električnog automobila tvrtke Rimac pod nazivom C\_Two odnosno Nevera.

## **1.2. Istraživačka pitanja**

Istraživačka pitanja na koja će se dati odgovori u ovom diplomskom radu su:

1. Na koji se način razvijala autoindustrija od početnog koncepta proizvodnje do suvremenog?
2. Na koji su način električni automobili ušli na suvremeno tržište?
3. Razlikuje li se i u čemu proces proizvodnje klasičnog i električnog automobila?
4. Kako je dizajniran proces proizvodnje električnog automobila Rimac Nevera?

## **1.3. Metode istraživanja**

Rad je izrađen uz pomoć znanstvenih metoda kao što su: metoda analize, metoda sinteze, metoda klasifikacije, metoda kompilacije te case study metoda. Pomoću definiranih ključnih riječi pretražene su i znanstvene baze podataka kao što je Hrčak Srce, Research Gate, EBSCO, Google Scholar i Scice Direct.

## **1.4. Struktura rada**

Rad se sastoji od nekoliko osnovnih poglavlja. Prvo poglavlje prikazuje opći pojam proizvodnje te njegovu klasifikaciju na pojedinačnu, masovnu te procesnu proizvodnju. Osim toga, istaknuti su i proizvodni sustavi te osnovne karakteristike proizvodnih procesa. Nadalje, opisani su i postupci upravljanja proizvodnim procesima, kroz zadatke i aktivnosti

koji pripadaju domeni proizvodnog menadžmenta te proces upravljanja proizvodnim procesima. Drugo poglavlje odnosi se na karakteristike i trendove koji su prisutni u automobilskoj industriji. Tako je riječ o njezinom povijesnom razvoju, karakteristikama koje se povezuju sa suvremenom proizvodnjom automobila te trendovi koji se očekuju u budućnosti razvoja automobilske industrije. Posljednje poglavlje rada odnosi se na kreiranje procesa proizvodnje električnog automobila i to ne primjeru proizvodnje modela Nevera tvrtke Rimac automobili d.o.o. koji se u glavnini svojih procesa proizvodi na području republike Hrvatske.

## 2. Opći pojam i procesi proizvodnje

### 2.1. Opći pojam i klasifikacija proizvodnje

Proizvodnja dobara i/ili usluga temeljna je ljudska djelatnost, svakako se smatra najzaslužnijom za ostvarenje materijalnog bogatstva društva u cjelini. Zemlje s jakom proizvodnjom, uglavnom industrijske zemlje poput Njemačke, su one čiji građani uživaju najviši životni standard na svijetu (Roger i Scroeder, 1999).

Proizvodnja se smatra procesom svjesnog ljudskog djelovanja, koji je ujedno i prostorno i vremenski određen, utemeljen na znanstvenim zakonitostima, u kojem postoji smišljena korelacija više čimbenika, uključujući elementarnu ljudsku djelatnost, sredstva nužna za rad i predmete rada, te s osnovnom svrhom stvaranje materijalnih dobara i usluga. Rezultat svake proizvodnje predstavlja određeni proizvod ili usluga. Pritom, predmetom rada te sredstvima rada smatraju se materijalni sastojci proizvodnog procesa, koji se pokreću ljudskim radom. Zadaća svakog oblika proizvodne funkcije unutra organizacije je proizvesti određenu vrstu proizvoda ili usluga u određenim količinama te na zadovoljavajućim razinama kvalitete, u određenom vremenu uz najmanje troškove, u skladu sa strukturom i karakterom stalnih sredstava, te kvalifikacijskom strukturom zaposlenih i njihovim radnim iskustvom, pri čemu je od ključne važnosti i osiguranje kontinuiteta proizvodnje kako bi se kapacitet s kojim organizacija raspolaže mogao optimalno koristiti, a zastoji sveli na minimum (Vračević, 2022).

Za sam proces proizvodnje vrlo je važno da njegova priprema i procesi održavanja budu organizirani kao jedna funkcionalna cjelina. Stupanj organiziranosti, ali i pripreme u većem broju slučajeva ovisi i o vrsti i naravi samog procesa proizvodnje, te ima osnovnu zadaću pokazuje kada će priprema završiti, tko će je raditi i koliko je detaljna.

Zadaci u procesu pripreme proizvodnje uključuju nekoliko određenih kategorija koje se odnose na:

- Izradu tehnološkog procesa
- Poslove povezane s konstrukcijom i osiguranjem alata
- poslovi povezane sa studijom rada i racionalizacijom
- proces planiranja proizvodnje i određivanja materijalnih resursa

- izradu i lansiranje operativnih dokumenata,
- proces praćenja proizvodnje (Vračević, 2022).

Organizacijska jedinica za obavljanje ovih poslova je tehničko-pogonska spremnost (uključujući planiranje, terminiranje, puštanje u promet i kontrolu proizvodnje). Poslovi pogonske spremnosti su od posebne važnosti, posebno iz razloga jer se na temelju takvog oblika aktivnosti utvrđuje okvirni plan razvoja procesa proizvodnje, ali i osiguravaju potrebne količine proizvodnih resursa. Međutim, kada se analizira struktura opskrbnih (operativnih) usluga, može se uočiti i činjenica kako iste nisu uvijek u potpunosti funkcionalne. Razlog tomu je uglavnom nepravilno tretiranje istih. Za razliku od primjene tehnologije, operativna obuka se odvija prije svakog pokretanja procesa proizvodnje, odnosno onoliko puta godišnje koliko se slične proizvode (serije proizvoda) stavljaju u proizvodnju, a na temelju podataka o procesu i potrebnom broju proizvedenih gotovih proizvoda (Dobovick, 2022).

Proces proizvodnje, ukoliko se u obzir uzme vrsta i količina proizvedenih jedinica može se podijeliti u kategorije kako slijedi:

- Pojedinačna ili maloserijska proizvodnja
- Masovna odnosno velikoserijska proizvodnja
- Procesna proizvodnja (Štefačić, Tošanović, 2013)

### **2.1.1. Pojedinačna proizvodnja**

Povijesno gledano, pojedinačna se proizvodnja smatra najstarijim oblikom proizvodnje, a prvenstveno je postojala u obliku različitih obrta ili zanata, a sami zanati su najviše ovisili o vještini samih radnika. Kod ovakvog načina izrade svaka jedinica proizvoda ima obilježje originalnosti i izrađuje se po narudžbi. Danas se u ovoj vrsti proizvodnje izrađuju isključivo visokospecijalizirani oblici proizvoda, poput energetskih transformatora, parnih turbina, brodova itd. Općenito, naporan je i vrlo zahtjevan u usporedbi s visokokvalificiranim radom, što ne znači da se prilikom ovakvog procesa proizvodnje ne mogu koristiti neki od standardiziranih oblika opreme. Ovaj oblik proizvodnog procesa je neučinkovit u suvremenom svijetu, te se ujedno nalazi i na najnižoj razini, u usporedbi s drugim vrstama proizvodnje (Roger, Schroeder, 1999).

U osnovne karakteristike ovog oblika proizvodnje moguće je ubrojiti slijedeće:

- Izrada proizvoda ili usluga sukladno zahtjevima kupaca
- Svaka proizvedena jedinica proizvoda je različita
- Nužno je raspolagati visokokvalificiranim radnicima
- Podrazumijeva se postojanje nestalne razine kvalitete proizvoda
- Moguće je održavati isključivo male razine zaliha
- Veliki su troškovi proizvodnje po jedinici proizvoda (Štefanić, Tošanović, 2013).

### **2.1.2. Masovna proizvodnja**

Poslovni sustavi koji su se razvijali tijekom ranog 20. stoljeća, a uključivali su organizaciju, proces upravljanja razvojem proizvoda i proizvodnih procesa, nabavom te odnosima s kupcima uključivali su prve pretpostavke postojanja masovne proizvodnje. U njezine osnovne karakteristike moguće je ubrojiti postojanje:

- Organizacije i podjele poslova na „radnike koji misle“ i „radnike koji rade“
- Velikih serija proizvedenih jedinica proizvoda
- Male raznolikosti proizvoda
- Niskih troškova i cijena proizvoda
- Zamjenjivih dijelova
- Velikih količina zaliha gotovih proizvoda
- Visokog stupnja automatizacije proizvodnog procesa
- Krute organizacijske hijerarhije
- Sekvencijalnih oblika proizvodnje
- Neredovite isporuke sirovina, materijala i poluproizvoda u značajno velikim količinama
- Prognoza koje se povezuju s planiranjem procesa proizvodnje, a koje se u značajnom broju slučajeva pokazuju pogrešnim, što rezultira guranjem proizvoda prema kupcima korištenjem različitih strategija, kako bi se mogle isprazniti zalihe

Masovna se proizvodnja može podijeliti u dvije osnovne kategorije kako slijedi:

- Kruta masovna proizvodnja

- Fleksibilna masovna proizvodnja (Bister, 2015)

Kruta masovna proizvodnja obilježena je visokim stupnjem standardizacije u pogledu rada i svih ostalih procesa koji se odvijaju unutar same organizacije. To zahtijeva velika kapitalna ulaganja koja podrazumijevaju kupnju opreme, ali i ulaganje u tehnologiju koja se koristi za proizvodnju značajno velikih količina proizvoda. Projektiranje tehnološkog procesa i održavanje učinkovitosti tehničkih instalacija zahtijeva visoku razinu znanja i iskustva, za razliku od proizvodnih radnika, koji su obično niže stručne spreme. Organizacije koje podrazumijevaju postojanje krute masovne proizvodnje nužno moraju svoje kupce naviknuti na prilagođavanje njihovih ukusa i potreba uskom rasponu proizvoda koji su rezultat takvog oblika proizvodnje. Samo uz ispunjenje ovog uvjeta ova vrsta proizvodnje može postići visoke razine proizvodnje, a time i visoku isplativost (Ćosić, 2012).

Fleksibilni oblici masovne proizvodnje smatraju se poboljšanim oblicima krute masovne proizvodnje, koja se sastoji od proizvodnje velikih količina gotovih proizvoda za koje se ne može reći kako imaju standardnu kvalitetu i tip. Tvrtka Mercedes, primjerice, koristi takozvanu krutu masovnu proizvodnju za proizvodnju osnovnih dijelova za svoja vozila (dijelovi motora, šasije, kočioni sustav i slično) i oslanja se na veliku diverzifikaciju u fazi zadnjeg stadija proizvodnje svojih vozila, odnosno nudi proizvode koji se u konačnici mogu prilagoditi ukusima i preferencijama brojnih i raznolikih skupina potrošača, koje karakterizira neujednačena i široko disperzirana kupovna moć. Zahvaljujući svojoj fleksibilnosti, ova vrsta proizvodnje postaje sve popularnija i zastupljena je u velikim industrijskim tvrtkama koje postižu vrlo visoke proizvodne brojke, a time i profitabilnost. (Bister, 2015).

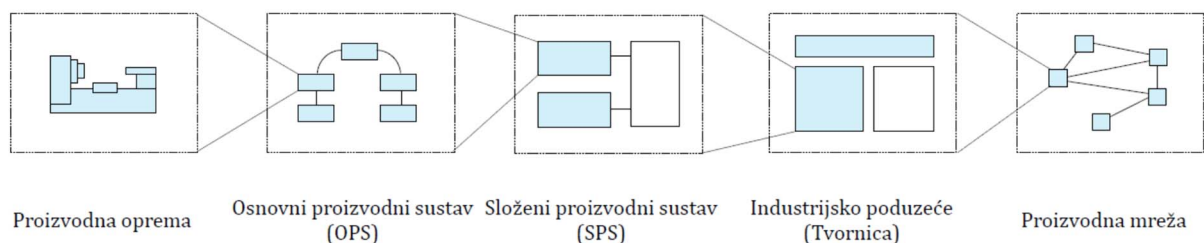
### **2.1.3. Procesna proizvodnja**

Procesni oblik proizvodnje podrazumijeva korištenje jedinstvene tehnologije koja pretvara zadani skup ulaza sustava u predvidljiv skup izlaza sustava. Dobiveni gotovi proizvodi neprestano se razvijaju tijekom tehnoloških promjena i služe za zadovoljenje različitih potreba proizvodnje i krajnje upotrebe. Prikladni primjeri su za ovakav tip proizvodnje su rafinerije nafte te farmaceutske tvrtke. Procesni proizvodni sustav smatra se visoko mehaniziranim i automatiziranim, što zahtijeva i postojanje velikih kapitalnih ulaganja.

Sam po sebi, sustav se smatra vrlo učinkovitim jer ima mogućnost kontinuirano i svakodnevno tijekom cijele godine osim tijekom trajanja procesa održavanja. Iz tog razloga nije iznenađujuće da procesni oblik proizvodnje dovodi do vrlo visoke propusnosti, a time i do isplativosti. (Bister, 2015).

## 2.2. Općenito o proizvodnim sustavima i procesima

Osnovna bit svakog oblika proizvodnje je njezin proizvodni sustav, čije osnovne sastavnice čine skupovi objekata ili elementi sustava koje je nužno međusobno povezati, a ujedno svi povezani elementi čine smislenu i potrebnu cjelinu. Svaki sustav ujedno je i podsustav nekog od većih nadsustava. Takav oblik podsustava predstavlja okruženje višeg nadsustava s kojim dijeli materiju, energiju ili informaciju. Proizvodni sustav pretvara svoje izlazne količine u specifične proizvodne količine, koje se zatim dijele na upotrebljive proizvodne količine i neiskorištene proizvodne količine. Proizvodni sustav smatra se još i organizacijskom jedinicom koja se može smatrati integriranim skupom funkcionalnih jedinica u poslovnom sustavu. Ovisno o promatranim razinama unutar proizvodnih sustava u višim poslovnim sustavima, svaki od proizvodnih sustava može varirati ovisno o vlastitoj razini složenosti te veličini (Wiendahl, Reichardt, Nyhuis, 2015).



Slika 1. Klasifikacija proizvodnih sustava

Izvor: Tominić, S., Konceptualno projektiranje proizvodnog sustava u automobilske industriji, Rijeka: Sveučilište u Rijeci, 2022.



Svaki sustav nužno mora sadržavati određeni broj mjerljivih ciljeva koji taj isti sustav čine upravljivim. U administraciji sustava, u sustav se dodaju nove informacije, što u konačnici rezultira smanjenjem entropije unutar cijelog sustava. Cilj svakog proizvodnog sustava je proizvesti proizvode najviše kvalitete uz najniže moguće troškove i u najkraćem mogućem roku. Iz toga je moguće definirati i specifične ciljeve kao što su: produktivnost kroz izbjegavanje stvaranja bilo kakvog otpada, održavanje razine kvalitete kroz provedbu pouzdanih procesa, fleksibilnost postojećih i stvaranje novih radnih mjesta te najveće moguće razine uvažavanja znanja svih zaposlenika unutar organizacije. Središte proizvodnog sustava prije svega čine i organizacijski i ljudski modeli koji se povezuju s proizvodnjom te koji se temelje na motivaciji, kreativnosti i vještinama zaposlenika. S ekonomskog aspekta proizvodnje i samog proizvodnog sustava teži se maksimiziranju profita koji se postiže uz što niže troškove proizvodnje i najbolju moguću kvalitetu. (Duboviček, 2022).

Kako bi bilo moguće razvijati osnovne ideje, modele ili vizije koji se tiču kreiranja proizvodnih sustava unutar bilo koje od organizacija nužno je adekvatno praćenje nekih od slijedećih pretpostavki:

1. Točnost: isto pretpostavlja da proizvodni sustavi moraju biti u stanju isporučiti željeni proizvod kupcu i to u njemu željenoj količini, u željeno vrijeme i željene razine kvalitete. Prema tome, sve želje kupaca moraju biti jasno izražene prilikom procesa naručivanja samog proizvoda. Isporuka na vrijeme podrazumijeva da je zbroj svakog potrebnog vremena (tiče se vremena isporuke materijala, vremena proizvodnje proizvoda te vremena isporuke potrebnih količina gotovih proizvoda) manji od željenog vremena isporuke proizvoda od strane kupca. Međutim, to nije u svim slučajevima moguće, a niti ekonomski opravdano, tako da se u opskrbnom lancu stvaraju takozvane točke podjele reda.
2. Fleksibilnost proizvodnje: Ova pretpostavka omogućuje sustavu brz i isplativ odgovor na bilo kakav oblik promjene u proizvodima. Razine fleksibilnosti proizvoda, a koje se neometano mogu odvijati unutar proizvodnog sustava u najvećem dijelu ovise o veličinama grupa proizvoda koje se mogu obraditi. Što više različitih proizvoda proizvodni sustavi mogu obraditi, veća je razina fleksibilnosti unutar tog istog proizvodnog sustava. Nadalje, proizvodni sustavi koje karakterizira visoka fleksibilnost proizvodnje vrlo je ekonomičan jer se unutar jednog proizvodnog sustava može prerađivati više proizvoda i stoga nisu

potrebna daljnja ulaganja u potpuno nove proizvodne sustave, kako bi se proizvodio samo jedan dodatni proizvod.

3. Kvantitativna fleksibilnost: ova pretpostavka osigurava proizvodnom sustavu da na učinkovit način odgovori na sve nužne potrebe tržišta za proizvodima koji se mijenjaju tijekom vremena. Ovisno o kvantitativnoj volatilnosti, mogu se razlikovati dvije osnovne vrste proizvodnih sustava: namjenski oblici proizvodnih sustava i fleksibilni oblici proizvodnih sustava. Namjenski oblici proizvodnih sustava karakterizirani su visokim stupnjem automatizacije unutar pojedinačnih proizvodnih procesa, dugo vrijeme postavljanja i niski zahtjevi za osobljem. Primjer takvog oblika proizvodnje je pristup ranijoj proizvodnji i gomilanje zaliha proizvoda kako bi se mogla zadovoljiti kasnije količine tržišne potražnje koja je na znatno većim razinama od ponude u tom trenutku. Nasuprot tome, fleksibilni proizvodni sustavi karakterizirani su maksimalnom pokrivenosti kolebanja u količini kako bi se proširile ekonomske granice organizacije. To omogućuje ekonomičnu proizvodnju čak i za vrlo male narudžbe.
4. Održivi razvoj: ova pretpostavka omogućuje sposobnost zadovoljenja sadašnjih potreba bez ugrožavanja stečenih sposobnosti da nove i buduće generacije zadovolje svoje vlastite. Koncept održivog razvoja ima i ekonomsku, ali i ekološku i društvenu dimenziju. S ekonomskog gledišta, ne isplati se pokušavati maksimizirati kratkoročnu dobit nauštrb okoliša, inače će doći do zatvaranja trenutnog tržišta. S ekološkog gledišta preporučljivo je ne koristiti više resursa nego što se može ponovno koristiti, obnoviti ili zamijeniti nekim drugim i jednako kvalitetnim materijalom, dok je sa socijalnog gledišta održivi razvoj okrenut protiv izrabljivanja radnika koji rade u svim organizacijama koje nude neadekvatne radne uvjete. Stoga voditelji proizvodnje, ali i planeri proizvodnje imaju jedan od najznačajnijih utjecaja na koncept održivosti jer odlučuju o razini produktivnosti, uvjetima rada i potrošnji energije. (Tominić, 2022).

Proizvodni procesi smatraju se temeljima svake industrijske proizvodnje i uključuju sve aktivnosti unutar organizacija, ali i aktivnosti koje dovode do pretvorbe sirovina (osnovne sirovine, poluproizvodi) u gotov proizvod. Uključuju svu imovinu i osoblje pomoću kojih se obavljaju aktivnosti, od skladištenja sirovina do skladištenja gotovih proizvoda. Z

aproizvodne se procese može reći i kako ih sačinjavaju tehnološki procesi, transportni procesi, organizacijski procesi i informacijski procesi, te stoga predstavljaju neodvojivu cjelinu koja uključuje tehniku, tehnologiju, organizaciju i ekonomiju. Proizvodni se proces može podijeliti na: rad unutar proizvodnih stanica, kontrolu kvalitete, unutarnji transport, skladištenje, zdravstvene i sigurnosne mjere, preventivne procese održavanja opreme za rad, opskrbu energijom i vodom. Proizvodni proces ujedno sadrži i različite tehnološke procese za koje se smatra kako neposredno uzrokuju promjenu u sirovini, obliku, veličini, svojstvu agregatnih stanja, površini te pretvorbu iz jedne tvari u drugu. Svaki od tehnoloških procesa, također se sastoji od značajnog broja radnih procesa, koji se nadalje mogu podijeliti na postupke, operacije, intervencije, pokrete i mikrokretanja. (Wiendahl, Reichardt, Nyhuis, 2015).

Sikavica i Hernaus (2011) ističu da se svaki od poslovnih procesa može razumjeti razlikovanjem njihovih osnovnih vrsta, a ne isključivo učenjem o funkcijama, elementima i terminima. Također se mogu podijeliti prema pravilima. Iako, kako se ističe, potrebno je istaknuti tri temeljne dimenzije na temelju kojih se definiraju poslovni procesi, a to su:

- položaji i smjerovi procesa
- prirode procesa
- vrijednosti procesa.

Iako postoji značajan broj podjela, jedna od najprihvaćenijih ističe kako postoje slijedeći oblici poslovnih procesa:

1. Procesni upravljanja ili vođenja koji, kao što ime govori, služe u svrhu usmjeravanja i vođenja tvrtke. Više ili više rukovodstvo sudjeluje u tim poslovnim procesima kako bi postavilo organizacijske ciljeve, razvilo i implementiralo strategije za postizanje unaprijed definiranih ciljeva.
2. Operativni oblici procesa su za koje se smatra kako odražavaju neke od jedinstvenih komponenti organizacije. Za iste se kaže da su procesi koji počinju i završavaju s krajnjim potrošačima i dimenzionirani su u velike procese pomoću kojih se povezuje više organizacijskih jedinica.
3. Administrativni procesi predstavljaju procese koji podržavaju funkcioniranje poduzeća i učinkovitu provedbu ekonomskih i upravljačkih, ali i operativnih procesa. Oni donose dodanu vrijednost za vanjske kupce (Sikavica, Hernaus, 2011).

U druge klasifikacijske oblike poslovnih procesa može se uključiti podjela na (Krmpotić, 2022):

1. Individualne poslovne procese koje provode pojedinci unutar organizacija
2. Vertikalne poslovne procese koji se smatraju sastavnicama određenih funkcijskih jedinica
3. Horizontalne poslovne procese koji se smatraju karakterističnima za nekoliko funkcijskih jedinica

Poslovni procesi se na najlakši i najjednostavniji način definiraju tako da se krene od definicije krajnjih potrošača, a da se pritom pokušava razumjeti kako oni percipiraju organizaciju, te se potom stvara slika procesa koja ide u korist samih potrošača. Potrebno je definirati koje skupine predstavljaju krajnje potrošače za koje se smatra da od njih organizacija ima koristi, koje su to aktivnosti za koje se vjeruje kako stvaraju vrijednost, koje su to ključne usluge ili proizvodi koji utječu na zadovoljavanje potreba potrošača te koje je korake potrebno poduzeti za proizvodnju proizvoda. To su unutarnji i vanjski pristupi koje organizacija mora uskladiti prije nego što nastavi s analizom ključnih poslovnih procesa za potrošača (Brumec, Brumec, 2018).

### **2.3. Upravljanje proizvodnim sustavom**

Upravljanje proizvodnjom smatra se specijaliziranom djelatnosti koja u svom sastavu podrazumijeva planiranje, organizaciju, upravljanje i kontrolu područja djelatnosti proizvodnje proizvoda i pružanja usluga koje zadovoljavaju potrebe kupaca. Ovu aktivnost provode viši menadžeri i voditelji proizvodnje (Čala, 2009).

Specifičnost upravljanja proizvodnjom proizlazi iz osnovnih karakteristika proizvodnog procesa u gospodarskom ciklusu poduzeća. Proces proizvodnje vođen je potrebama kupaca i sposobnošću tvrtke da zadovolji te iste potrebe. Stoga se upravljanje proizvodnjom smatra usko povezanim s marketingom, financijama, ljudskim resursima, istraživanjem i razvojem. Proces proizvodnje ujedno uključuje i korištenje ljudskih i materijalnih resursa za stvaranje novih i postojećih proizvoda i usluga unutar organizacije. Podrazumijeva skladan spoj proizvodnih elemenata u kvaliteti, količini i vremenu (Nikolić, Čala, Kostešić, 2010).

### 2.3.1. Zadaci i aktivnosti proizvodnog menadžmenta poduzeća

Od ključne je važnosti da rukovodeće strukture u organizaciji, neovisno o području njezina poslovanja osigura postizanje konačnih ciljeva koji se klasificiraju kao:

1. Pravovremena proizvodnja
2. Postizanje određenih razina kvalitete proizvoda
3. Minimalizacija troškova proizvodnje
4. Proizvodnja traženih količina gotovih proizvoda (Čala, 2009).

Kako bi se na najučinkovitije načine mogli ostvariti postavljeni ciljevi, svi oblici rukovodećih struktura u organizaciji moraju omogućiti neometano funkcioniranje unutar organizacijskog ciklusa koji se sastoji od prodaje, proizvodnje i nabave. Pritom, postojanje proizvodnog menadžmenta uključuje i određene aktivnosti kao što je:

- planiranje
- organiziranje
- vođenje
- kontrola

Planiranje proizvodnog procesa smatra se primarnom funkcijom za proizvodni menadžment, a pritom je obuhvaćeno odlučivanje o ciljevima koji se dijele na strateške i operativne. Strateški ciljevi proizvodnje, usmjereni su na:

- Proizvod: Strategija proizvoda usmjerava se prema odabiru one vrste asortimana koji najbolje zadovoljava potrebe krajnjih kupaca. Proizvod je moguće razlikovati ovisno o tome rade li se prema narudžbi kupca ili pak imaju neku od standardnih namjena. Ovisno o namjeni proizvoda pristupa se procesu odabira odgovarajuće strategija čiji je cilj postizanje najveće moguće dobiti po jedinici uloženi sredstava.
- Proizvodni proces: Strategija koja uključuje proizvodni procesa sastoji se u odlučivanju o odgovarajućoj tehnologiji kako bi se osigurala racionalna uporaba kapitala.

- Iskorištenost kapaciteta: Strategija iskorištenja kapaciteta uključuje menadžerske aktivnosti i fokusira se na odabir adekvatne organizacijske strukture procesa proizvodnje sukladno asortimanu, a prije izrade bilo kojega plana proizvodnje nužno je izraditi i plan prodaje.

Kada je riječ o postojanju operativnih ciljeva i zadataka unutar svakog dijela proizvodnog procesa, odnosno prilikom planiranja istoga nužno je pristupiti i razradi strateških planova na zadatke manjeg opsega, a pritom je potrebno uključiti i određene segmente koji podrazumijevaju da:

- Organizacija proizvodnog procesa uključuje i određene upravljačke aktivnosti koje uključuju razvoj organizacijskih rješenja na globalnim razinama, a koja su vezana uz ulogu i mjesto proizvodnje unutar poslovnog procesa organizacije. Ako se organizacija odluči za proizvodne procese koji se odvijaju isključivo prema narudžbama kupaca, proizvodnja po narudžbi se smatra odgovarajućim oblikom organizacije. Ako se organizacija odluči za proizvodnju standardnih proizvoda, masovna proizvodnja se pritom smatra odgovarajućim oblikom organizacije.
- Upravljanje proizvodnjom temelji se na racionalnom korištenju ljudskih resursa. Strateški oblici vođenja uključuju provođenje kadrovske politike, međuljudske odnose i motivacijska načela, za što je prvenstveno odgovoran viši menadžment. Za izravnu komunikaciju s kooperantima zadužen je menadžment proizvodnje koji ima detaljan uvid u moguće namjene i učinak svakog pojedinog zaposlenika te može odabrati odgovarajuće načine motiviranja.
- Kontrola proizvodnje smatra se funkcijom upravljanja proizvodnjom koja integrira upravljačke aktivnosti unutar proizvodnog sektora organizacije. Strateška i operativna strategija karakteristična je za kontrolu proizvodnje. Ciljevi i temeljna načela upravljanja proizvodnjom definiraju se u sklopu strateških odluka. Stoga se na tim razinama provodi operativni nadzor koji uključuje praćenje realizacije pojedinih ciljeva i poduzimanje mjera za osiguranje ispunjenja zadaća. Pritom, postojanje sustava kontrole zahtijeva osiguravanje dovoljne količine informacija o ulaganjima i uspješnosti pojedinih poslovnih jedinica kako bi se na vrijeme prepoznali uzroci negativnih planskih odstupanja te pokrenule odgovarajuće mjere za postizanje planiranih ciljeva (Bahunek, 2013).

### 2.3.2. Upravljanje proizvodnim procesima

Poslovni procesi utječu na oblikovanje svake pojedine organizacije, bez obzira na njezinu djelatnost. U današnje vrijeme često se ističe kako je primjena koncepta upravljanja poslovnim procesima unutar organizacije ujedno i jedan od najvažnijih segmenata za njihovo funkcioniranje. Upravljanje poslovnim procesima (BPM) smatra se disciplinom koja podrazumijeva korištenje skupa metoda u procesima dokumentiranja, dizajna, analize i optimizacije poslovnih i proizvodnih procesa unutar organizacije. Poslovni proces predstavlja i niz međusobno povezanih radnih koraka odnosno različitih oblika aktivnosti koje imaju svoju svrhu unutar organizacijskog sustava. Prema Bosilju Vukšiću, Hernausu i Kovačiću (2008), nije baš svaki proces nužno adekvatan proces, odnosno svaki proces za kojega se vjeruje kako ispunjava unaprijed pretpostavljene uvjete i propisane standarde ne jamči u konačnici postizanje uspjeha. Osim toga, svaki oblik procesa za koji se vjeruje kako ima potencijal za uspjeh trebao bi uključivati:

- Procese koji su usmjereni najvećim dijelom na krajnje kupce ili potrošače
- Outpute unutar procesa koji ostvaruju određene oblike dodane vrijednosti
- Svaki proces nužno mora imati svog upravitelja
- Svaki proces treba biti formiran tako da je svima razumljiv ta da svi sudionici procesa imaju mogućnost odlučivanja o istom
- Svaki proces podrazumijeva i određene definirane mjere uspješnosti samog procesa
- Svaki je proces potrebno kontinuirano unaprjeđivati (Bosilj Vukšić, Hernaus, Kovačić, 2008)

Može se istaknuti da se za poboljšanje poslovnih procesa prvo moraju temeljito ispitati svi poslovni i proizvodni procesi u svakoj organizaciji, a prije stvarne implementacije procesa poboljšanja moraju se razviti i dodatni poslovni procesi ovisno o organizacijskoj situaciji. Brojni autori smatraju da prije početka implementacije poboljšanja procesa, organizacija mora izraditi plan poboljšanja, a prvi korak svakog oblika plana je vlastita procjena. Osim toga, da bi organizacija bila uspješna u poboljšanju poslovnih i proizvodnih procesa, potrebno je izraditi plan evaluacije tog procesa poboljšanja, koji će na kraju omogućiti poduzimanje značajnog broja konkretnih radnji u slučajevima da se dogodi greška ili odstupanje u provedbi poboljšanja. (Brumec, Brumec, 2018).

Na suvremenim tržištima postoji značajan broj različitih alata koji se koriste u slučajevima modeliranja poslovnih i proizvodnih procesa, a kao rezultat velikih promjena i interesa organizacija, neprestano se radi i na procesima koji omogućuju poboljšanje postojećih alata i stvaranje novih, još učinkovitijih alata koji su obogaćeni dodatnim funkcionalnim sposobnostima za kreiranje ili poboljšanje poslovnih procesa. Ističe se i kako je moguće razlikovati dvije osnovne skupine alata, a to su alati koji se koriste prilikom procesa modeliranja i analize poslovnih i proizvodnih procesa i alati koji se koriste prilikom upravljanja poslovnim i proizvodnim procesima. Može se tvrditi da, iako već postoje brojni alati za modeliranje poslovnih procesa, uvijek su potrebni novi i još bolji (Gverijeri, 2022).

Životni ciklusi za sve poslovne procese, započinju od koraka koji uključuje definiranje problema. Nakon provođenja postupka definiranja problema, poslovni proces se modelira pomoću različitih verzija modela, a zatim se implementira unutar same organizacije. Sljedeći korak životnog ciklusa je analiza poslovnih i proizvodnih procesa koja je karakterizirana prepoznavanjem procesnih problema, a posljednji korak je optimizacija čijim se krajnjim ciljem smatra poboljšanje poslovnog i proizvodnog procesa, ali i izrada dodatnih modela upravljanja procesima. (Brumec, Brumec, 2018).

Uobičajena podjela procesa pripreme proizvodnje odnosi se na dvije kategorije, odnosno može biti tehnološka ili operativna priprema. U tehnološku pripremu procesa proizvodnje mogu se ubrojiti postupci

- projektiranja i konstruiranja proizvoda
- pripreme tehnoloških procesa ili postupaka.

Srž navedenih aktivnosti sastoji se u odabiru takvih tehničko-tehnoloških rješenja koja omogućuju stvaranje odgovarajućih uporabnih vrijednosti uz što veću učinkovitost u korištenju ljudskih i materijalnih resursa. Dizajn i konstrukcija proizvoda određuju tehnička svojstva svih budućih proizvoda. Budući da su svi proizvodi namijenjeni prodaji na različitim tržištima, potrebno je dizajn i konstrukciju prilagoditi potrebama kupca odnosno potrošača. Organizacija koja se bavi proizvodnjom se treba rukovoditi konstruktivnim rješenjima i izborom materijala (osnovnih i pomoćnih) koji će osigurati najpovoljnije ekonomske, tehnološke i uporabne učinke te na odgovarajući način izraditi projektne nacрте zajedno s popratnom tehničkom dokumentacijom. Proces pripreme tehnoloških procesa ili tehnološki postupak smatra se skupom radnji kojima se mijenjaju sastavi, kvaliteta, oblici i



dimenzije osnovnih i pomoćnih materijala radi dobivanja željenog proizvoda. Tehnološki procesi podrazumijevaju i kemijske promjene, zajedno s mehaničkim promjenama u materijalu. Kako bi se na odgovarajući način moglo pristupiti procesu razrade tehnoloških procesa odnosno postupaka, nužno je da se raspolaže s određenim podacima, kao što su:

- Sve komponente za svaki pojedini proizvod
- Međusobne funkcionalne veze koje se tiču dijelova i sklopova
- Popis strojeva na kojima će se izvoditi određene aktivnosti i operacije
- Vrste i oblici materijala od kojih se proizvodi izrađuju

Prilikom pripreme svih tehnoloških procesa ili postupka potrebno je odlučiti o najprikladnijem načinu obrade materijala koji će se koristiti u procesu izradu dijelova ili cjelina proizvoda, uporabi strojeva, opreme ili alata kojim će se vršiti proces obrade materijala, redoslijedu operacija i aktivnosti koje će se koristiti pri obradi materijala. Da bi se isto moglo postići nužno je izraditi proračunske tablice koje nužno uključuju i sve radne i operativne standarde (Bahunek, 2013).

Unutar operativne pripreme proizvodnog procesa, koristeći informacije iz tehnološke pripreme, radnih elaborata, projektantskog ureda i skladišta, stručnjaci izrađuju gantograme za proizvodnju svakog od proizvoda (pretpostavljaju stvarni proizvodni ciklus svake serije proizvoda) prema normama rada i operativnim listama, a pritom je moguće proizvode proizvesti u velikim količinama. Osim toga, kada je poznat puni proizvodni kapacitet, pojedina radna mjesta kreiraju se kako bi zadovoljila potrebu i za proizvodima koji se kreiraju po narudžbi (manje serije proizvoda). Temeljem predviđenog i raspoloživog fonda potrebnog radnog vremena, stručnjaci za operativnu spremnost prezentiraju objektivne vještine koje su im potrebne u uslužnom ili komercijalnom području na radnom sastanku na kojem nužno moraju prisustvovati stručnjaci za prodaju, proizvodnju i nabavu. Naravno, kako bi se izvršile ove pred-produkcijske aktivnosti, nužno je ostvariti praktičnu suradnju sa svim odjelima unutar tvrtke, a u najvažnije se ubrajaju prodaja, nabava i proizvodnja (Čala, 2009).

Uspjeh svakog procesa proizvodnje ne odvija se isključivo unutar proizvodnih pogona, već je pod snažnim utjecajem niza pripremnih radova, počevši od uloge ureda za projektiranje procesa ili pogona, pa sve do pratećih aktivnosti kao što su procesi održavanja, kontrole kvalitete, internog transporta i slično (Montgomery, Runger, 2010).

Kontinuitet proizvodnog procesa osigurava se održavanjem radne opreme. Ispravnost opreme za rad, a posebno proizvodnih pogona nužan je uvjet za dobro funkcioniranje organizacije. Visoka opremljenost većine industrijskih organizacija, ali i drugih oblika proizvodnih poduzeća, podrazumijeva i visoke troškove koji se tiču održavanja pogonske opreme. Stoga uprava proizvodnje poduzima sve potrebne mjere za racionalizaciju rada na održavanju. Jedna od tih aktivnosti je i proces preventivnog održavanja opreme za rad, koje zahtijeva intervenciju i prije nego što dođe do kvara. U slučaju pojave kvara, postoje troškovi povezani sa zaustavljanjem proizvodnje. Ovi troškovi također povećavaju cijenu krajnjeg proizvoda, što dodatno utječe na smanjuje konkurentnosti organizacije na tržištu.

Tehnički nadzor mora osigurati primjenu pravila i propisa u procesu proizvodnje proizvoda. Upravljanje proizvodnjom od strane odjela tehničke kontrole, ima značajan utjecaj na kvalitetu gotovih proizvoda, pridonoseći tako uspjehu tvrtke. Osim pravila i propisa, uputa o tehničkom pregledu može sadržavati i dopuštena odstupanja od očekivane kvalitete gotovog proizvoda (odstupanja u obliku, veličini, boji, težini i dr.), ali samo ako to kupci prihvate.

Unutarnji transport znači ukupnost kretanja materijala korištenog tijekom proizvodnog procesa, odnosno transport mase i energije od mjesta ulaznog skladišta za sve materijale i energente do mjesta na kojemu se vrši završna faze obrade gotovih proizvoda i njihove isporuke do skladišta gotovih proizvoda. Upravljanje internim transportom osigurava daljnji kontinuitet proizvodnje, što pomaže u učinkovitoj provedbi planiranih radova (Montgomery, Runger, 2010)..

Vrlo je jednostavno za zaključiti kako proces planiranje unutar svakog proizvodnog poduzeća počinje izradom plana prodaje (percepcija potreba tržišta), koji se u kasnijim fazama razvija u plan proizvodnje. U ovom slučaju radi se o planiranju potrebnog vremena (poznavanje standarda i mogućnosti rada) i materijalnog planiranja (poznavanje standarda i stanja skladišta). Stvarni proizvodni plan sastoji se od proizvodnih planova (datuma za provedbu različitih faza) i planova zauzetosti tvornica, raščlanjenih po radnim centrima. U tu svrhu potrebno je koristiti i obraditi značajne količine informacija iz različitih područja tvrtke koje moraju nužno biti odmah i uvijek raspoložive, što ne bi bilo moguće bez postojanja adekvatnog informatičkog sustava. Ovi oblici informatičkih sustava, koji se koriste za upravljanje proizvodnim procesima bitna su logistička potpora za svako moderno upravljanje proizvodnjom ili projektom (Bahunek, 2013)

### **3. Karakteristike i trendovi u automobilskoj industriji**

#### **3.1. Povijesni razvoj automobilske industrije**

Iako je povijest automobilske industrije vrlo kratka u usporedbi s poviješću mnogih drugih industrija, vrlo je zanimljiva zahvaljujući svom ukupnom utjecaju na povijest cijelog 20. stoljeća. Iako je prvi automobil proizveden na području Europe krajem 19. stoljeća, Sjedinjene Američke Države u potpunosti su dominirale globalnom automobilskom industrijom tijekom prve polovice 20. stoljeća, prvenstveno izumivši metode masovne proizvodnje. Situacija se naglo promijenila u drugoj polovici stoljeća, kada su zemlje zapadne Europe, zajedno s Japanom postale najvažniji proizvođači i izvoznici automobila u svijetu (Orsato, Wels, 2006).

Jedan od francuskih izumitelja, Nicholas-Joseph Cugnot napravio je u 1769. godini parni stroj koji se kretao na tri kotača, a sve kako bi pomogao francuskoj vojsci u transportu topništva. Iako se njegov uređaj smatrao presporim i vrlo nepraktičnim, Cugnot je zaslužan za izum prvog motornog vozila ispravnog za promet. U 1805. godini Oliver Evans, koji je izumio nevjerojatno spor stroj za korištenje na kopnu i moru za tadašnji Gradski zdravstveni odjel Philadelphije, zaslužan je kao prvi Amerikanac koji je razvio motorizirano cestovno vozilo (Toronto public library, 2015.).

Prvi praktični automobil u upotrebi i proizvodnji, a koji je imao benzinski motor napravio je 1885. godine Karl Benz na području Mannheima u Njemačkoj. Benz je ujedno i patentirao svoj automobil, i to 29. siječnja 1886. godine te tako započeo i proizvodnju prvog automobila u 1888. godini. Prema riječima njegove supruge Berthe Benz, na prvom dužem putovanju u kolovozu 1888. godine (duljine 104 km, i to na relaciji od Mannheima do Pforzheima) dokazao je da je automobil apsolutno upotrebljiv u svakodnevnom životu. Memorijalna turneja pod nazivom Bertha Benz obilježava ovaj događaj na istoj relaciji od 2008. godine (Hawes, 2018).

Prvi moderni automobil je slavni Mercedes izrađen 1901. godine, kojeg je Wilhelm Maybach dizajnirao za Daimler Motor Company. Njegov motor od 35 KS težio je tada nevjerojatnih 14 kg po KS i postizao najveću moguću brzinu od 85 km/h. Godine 1909., Daimler, najintegriranija tvornica automobila na području Europe, zapošljavala je ukupno 1700 radnika i proizvodila nešto manje od tisuću automobila na godinu. Mercedesov

najveći konkurent bio je automobil nazvan Olds, kojeg je proizvodila tvrtka istog naziva, Olds Motor Vehicle Company. Glavni problem s kojim se automobilski inženjering suočavao u prvom desetljeću 20. stoljeća odnosio se na pomirenje naprednog dizajna Maybachovog Mercedesa iz 1901. godine s umjerenim cijenama i niskim troškovima rada Oldsa (Lewchuk, Stewart, Yates, 2001).

U ranim danima automobilske industrije, razvoj i ostalih tehnologija, poput upravljača, ubrzao je razvoj ina području automobilske industrije i olakšao upravljanje vozilima. Gotovo u isto vrijeme u Americi se gradila značajna infrastruktura koja je trebala biti temelj za širenje upotrebe automobila. Izdavale su se vozačke dozvole, otvarale benzinske postaje i prodavali automobili na kredit. Pritom, većina ranih proizvođača automobila postojala je u obliku malih radionica koje su proizvodile pregršt ručno izrađenih automobila, a gotovo svi su prestali poslovati nedugo nakon početka. Nekoliko preživjelih iz ere masovne proizvodnje imalo je nešto zajedničko. Naime, upali su u jednu od tri kategorije, odnosno proizvođače bicikala kao što su tvrtke Opel u Njemačkoj te Morris na području Velike Britanije, proizvođače automobila i proizvođače strojeva. Nakon početnog uspjeha benzinskog motora, započeli su opsežni eksperimenti s parom i električnom energijom. Za vrlo kratko vrijeme električni su automobili postali i najprodavaniji automobili jer je bili tihi i laki za vožnju, no ograničenja koja nameće kapacitet tadašnje baterije koja se ugrađivala pokazao se neisplativim. Električni automobili bili su osobito popularni među ženama i ostali su u prometu u ograničenom broju sve do 1920-ih. Česta pojava u otkrivanju novih tehnologija su natječaji za patente, kojih je bilo i u automobilskoj industriji SAD-a i Velike Britanije. Jedinstveni doprinos automobilske industrije za cjelokupan tehnološki napredak očituje se u uvođenju koncepta masovne proizvodnje, te procesa koji kombiniraju preciznost, standardizaciju, zamjenjivost, sinkronizaciju i kontinuitet. Masovna se proizvodnja, pritom, smatra jednom od američkih inovacija (Teece, 2019).

Za masovnu proizvodnju automobila prvenstveno je i s pravom zaslužan Henry Ford, no on nije bio jedini koji je vidio potencijal masovnog tržišta. Proizvođač Oldsa (Olds Mobile) također se okrenuo prema konceptu masovne proizvodnje. Iako je rani Oldsmobile bio jedan od popularnijih automobila, bio je ujedno i previše lagan da bi izdržao svakodnevnu upotrebu. Godine 1908., Henry Ford je predstavio svoj novi automobil pod nazivom Model T, a William Durant u isto vrijeme je osnovao General Motors (Hawes, 2018).

Do 1927. godine porast potražnje za novim modelima automobila premašio je potražnju vlasnika automobila i sadašnjih kupaca automobila. S obzirom na razinu tadašnjih prihoda, proizvođači automobila nisu više bili u poziciji da računaju na rastuće tržište. 1930-e

godine donijele su inovacije poput automatskih mjenjača i poboljšanog dizajna šasije. Kako bi se suočio s izazovima zasićenosti tržišta i tehnološke stagnacije, američki proizvođač General Motors je 1920-ih i 1930-ih uveo planirane neke nove inovacije te je stavljen naglasak na dizajnu. Naime, uobičajena praksa je bila da se svake godine lansira novi model drugačiji od prethodnog, samo u izgledu. Generalni remont modela i proizvodnje planiran je svake tri godine, s manjim godišnjim revizijama između njih. Između 1919. i 1939. godine također je došlo do značajnog porasta proizvodnje automobila u Europi, iako u znatno manjoj mjeri nego u SAD-u. Europska automobilska industrija kretala se u istom smjeru kao i američka, prema masovnom tržištu automobila, ali napredak je bio sporiji zbog pada životnog standarda s manjom kupovnom moći, manjim tržištima i restriktivnijom poreznom i tarifnom politikom (Lewchuk, Stewart, Yates, 2001).

Automobilska je industrija odigrala jednu od ključnih uloga i u proizvodnji vozila namijenjenih vojnim pothvatima i prijevozu ratnog materijala tijekom Prvog svjetskog rata. Za vrijeme Drugog svjetskog rata američki proizvođači automobila nisu proizveli samo nekoliko milijuna različitih oblika vojnih vozila, već i više od 75 osnovnih vojnih proizvoda, od kojih značajan broj nije bio ni povezan s automobilima (Hawes, 2018).

U periodu poslije Drugog svjetskog rata dolazi do velikog razvoja u proizvodnji motornih vozila. U 35 godina ukupna svjetska proizvodnja porasla je gotovo deset puta. Pritom, najznačajnija karakteristika ovog porasta je da se većina svih događanja odvila izvan Sjedinjenih Američkih Država. Međutim, kako proizvodnja i unutar SAD-a nije nastavila s rastom, njezin udio u ukupnim razinama svjetske proizvodnje automobila pao je s oko 80% na 20% ukupne proizvodnje. Po zemljama, Sjedinjene Američke Države bile su najveći proizvođač automobila sve do pojave recesije ranih 1980-ih godina. Nakon 1980. godine američka je automobilska industrija ostvarila značajan gubitak tržišnog udjela zbog kvalitetnijih, jeftinijih, ali i učinkovitijih automobila izraženih od strane japanskih proizvođača. Konstrukcija, dizajn i proizvodnja vozila postala je globalna. Taj se trend dodatno ubrzao 1990-ih godina zbog izgradnje tvornica u inozemstvu i spajanja međunarodnih proizvođača automobila. Ovo globalno širenje dalo je proizvođačima automobila priliku da brzo i po nižoj cijeni uđu na nova tržišta (Lewchuk, Stewart, Yates, 2001).

Najvažnije tehnološke promjene u autoindustriji za vrijeme Drugog svjetskog rata do danas su (Teece, 2019):

- Klima uređaji – klima uređaji za automobile pojavili su se na tržištu 1940-ih. "Packard" je bio prvi automobil opremljen klima uređajem, a do 1969. godine

više od polovice proizvedenih automobila imalo je klima uređaj. Danas je preko 99% svih novih automobila opremljeno klima uređajem.

- Elektroničko ubrizgavanje goriva – ovu je inovaciju predstavio Bosch 1966. godine. Ovaj je potez rezultirao boljom dovodom goriva u automobil i poboljšanim performansama motora, eliminirajući potrebu za pumpanjem plina ili pritiskanjem papučice gasa kako bi se gorivo unijelo u motor. Prvi automobil s ovom tehnologijom bio je Volkswagen 1600 iz 1967. godine.
- Sigurnosni pojasevi – Godine 1968. sigurnost je postala jedna od glavnih briga za proizvođače automobila. Državni standardi zahtijevaju od proizvođača automobila da prednja sjedala opreme pojasevima za ramena i trbušne pojaseve, a stražnja sjedala trbušnim pojasevima. Nakon nekog vremena, rameni pojasevi na prednjim i stražnjim sjedalima postali su standard.
- Zračni jastuci - Ugradnja zračnih jastuka u osobna vozila postala je proizvodni zahtjev za sva proizvedena osobna vozila nakon 1991. godine. Dok su najveći svjetski proizvođači automobila uveli zračne jastuke još 1970-ih godina, tehnologija se poboljšala i postala široko prihvaćena do kasnih 1990-ih.
- Hibridi – Iako hibridni automobili imaju značajno dugu proizvodnu povijest, njihov komercijalni uspjeh u Sjedinjenim Američkim Državama nisu doživjeli sve do razdoblja kasnih 1990-ih i ranih 2000-ih godina. Naime, uvođenje hibridne tehnologije čini takve automobile značajno manje ovisnima o gorivu, ali i ekološki prihvatljivima.
- Pametna tehnologija i pametni automobili - Potrebna je bolja tehnologija za stvaranje boljih automobila. Jedan od najvažnijih koraka u automobilskom inženjerstvu je korištenje naprednih tehnologija za razvoj pametnih automobila. Mehatronika, poznata i kao hibrid višestrukih inženjerskih disciplina, raširena je u automobilskom inženjerstvu, omogućujući proizvodnju visokokvalitetnih automobila s integriranim inteligentnim tehnologijama kao što su sustavi automatskog kočenja, senzori sudara i vožnja bez vozača.

### **3.2. Karakteristike suvremene industrije proizvodnje automobila**

U posljednjih nekoliko desetljeća automobilsko tržište se u potpunosti promijenilo. Naime, granice su u potpunosti izbrisane sve većim korištenjem interneta, razvojem tehnologije, elektroničkih oblika poslovanja i globalizacijom. Osim toga, tvrtke se suočavaju s drugim izazovima kao što su skraćeni životni vijek proizvoda i globalna konkurencija. Ovi čimbenici također ukazuju na radikalne promjene koje su se ostvarile u razvoju konkurentskih strategija te sukladno tome sva poduzeća donose odluke koje imaju utjecaj na njihovu dugoročnu tržišnu poziciju, učinkovitost te profitabilnost poslovanja (Durišova, 2011). Stoga su znanje, stručni radnici te modeli upravljanja znanjem, teme koje u suvremenom svijetu privlače veliku pažnju u različitim područjima ljudskog djelovanja. Mnogi autori ističu kako postoji pomak s postindustrijske na ekonomiju koja je u potpunosti temeljena na znanju (Khartikeyan, Muralidharan, 2010).

Ova promjena također utječe na automobilsku industriju koja bilježi kontinuiranu stopu rasta. Globalizacija nastavlja stvarati nove mogućnosti, ali i utječe na povećanje svjetske konkurenciju. Proizvođači automobila svakodnevno se suočavaju s ubrzanom globalizacijom svih tržišta i preseljenjem dobavljača u inozemstvo. U tom kontekstu, tvrtke preusmjeravaju svoju pozornost na kapital, odnosno pozornost se prebacuje s fizičkog kapitala (postrojenja i oprema) na intelektualni oblik kapitala (globalno znanje o proizvodima i procesima). Tvrtke diljem svijeta pokušavaju privući najbolje dostupne talente po razumnoj cijeni rada za radna mjesta, a na mnogim tržištima diljem svijeta zahtijevaju i više inovacija od svojih dobavljača i snižavaju njihove cijene. Istodobno, dobavljači zahtijevaju bližu suradnju i veće razine jamstva kako bi bili u mogućnosti opravdati sve veće troškove istraživanja i razvoja. Preprodavači traže bolji i sve veći asortiman proizvoda za prodaju svojim kupcima, kao i bolje alate te edukaciju za svoje prodavače i tehničare. Uz ovu povećanu složenost, očekivanja kupaca su također porasla, prisiljavajući zajedno sve proizvođače i dobavljače da neprestano razvijaju nove proizvode, često tehnološki sofisticiranije, ali i pouzdanije i sigurnije od prethodnih proizvoda, izrađene po mjeri i visoke kvalitete, kao i ekonomične, odnosno mora postojati „vrijednost za novac“. Stoga su potrebni novi organizacijski pristupi, ali i inovativni poslovni modeli kako bi se opravdala rastuća složenost u upravljanju znanjem, proizvodima i kupcima.

Tradicionalni birokratski dizajni koji su ujedno temeljeni na vertikalnoj kontroli i lateralnoj segmentaciji u suvremenom se poslovanju zamjenjuju organizacijskim modelima koji prožimaju sve organizacijske procese. Osim toga, brzi razvoj informacijske tehnologije transformirao je proces istraživanja i razvoja proizvoda u automobilskoj industriji u „digitalno poduzeće“, u kojem različiti digitalni informacijski formati, Internet, sveprisutno računalstvo i bežična komunikacija karakteriziraju poslovno okruženje. Proizvođači automobila također ističu kako moraju preispitati svoje ponude, vrijednosti i načine na koje se razlikuju od sve veće konkurencije. Isti zapravo usmjeravaju sve svoje resurse na temeljne vrijednosti kako bi stekli konkurentsku prednost i nadahnuli poslovne partnere da pristupe istim procesima. Pritom, područja u kojima se proizvođači automobila žele razlikovati od svojih konkurenata odnose se na razvoj novih proizvoda, inovacije i vrijeme trajanja proizvodnog ciklusa. To podrazumijeva i procese povezane s istraživanjem i dizajnom proizvoda i usluga koje se prodaju kupcu. Inovacija, skraćivanje vremena od proizvodnje do tržišta i razvoj željenih proizvoda važni su poslovni ciljevi svakog proizvođača automobila. Isto znači integraciju i suradnju s poslovnim partnerima kako bi se stvorila mogućnost odgovora na nove prilike, potrebe kupaca, ali i konkurentske prijetnje. Ciljevi koji se tiču svih poslovnih i proizvodnih procesa također uključuju i razvoj međusobnih poslovnih odnosa unutar cjelokupnog lanca vrijednosti, integrirane procese i sustave, dinamičke veze koje uključuju i isključuju članove lanca vrijednosti te formalizaciju znanja. (Ferreira, 2007).

Automobilska industrija dijeli neke karakteristike s drugim globaliziranim industrijama kao što su elektronika, tekstil i roba široke potrošnje, ali postoje i neke koje je razlikuju od drugih. Prva zajednička značajka ovih industrija, uključujući industriju proizvodnje automobila, je da su izravna strana ulaganja (FDI), globalna proizvodnja i prekogranična trgovina dramatično porasli od 1980-ih godina. Radnici u zemljama poput Brazila, Rusije, Kine i Indije (BRIC) privukli su značajne priljeve izravnih stranih ulaganja na lokalna tržišta i potaknuli dodatani izvoz u razvijene zemlje. Pritom, pojava takvih globalnih izvora olakšana je i potaknuta liberalizacijom trgovine i ulaganja prema sporazumu Svjetske trgovinske organizacije (WTO). Još jedna zajednička značajka je sve veći outsourcing i integracija daljnjih aktivnosti lanca vrijednosti s dobavljačima. Kao osnovni rezultat nameće se činjenica da su dobavljači iz razvijenih zemalja značajno povećali svoj udio u izravnim stranim ulaganjima i na području trgovine, dok su dobavljači stacionirani u zemljama u razvoju unaprijedili svoje sposobnosti i vještine. Glavni dobavljači, svi kojima



je sjedište u razvijenim zemljama, postali su „globalni dobavljači“ s multinacionalnim operacijama i sposobnošću opskrbe širokog spektra najvećih svjetskih proizvođača. Osim toga, automobilska industrija uvelike se razlikuje od ostalih po svojoj visoko koncentriranoj strukturi: mali broj velikih tvrtki ima izuzetnu moć nad velikim brojem malih tvrtki. Odnosno, jedanaest velikih tvrtki iz tri zemlje, Japan, Njemačka i Sjedinjene Američke Države, dominiralo je proizvodnjom na ključnim tržištima. Globalni doseg velikih kompanija i glavnih dobavljača proširen je od 1990-ih godina valom spajanja i akvizicija te saveza utemeljenih na kapitalu. Koncentracija velikih tvrtki, iako nije tako izražena kao u nekim industrijama poput komercijalnog zrakoplovstva, potkopala je napore da se uspostavi jedinstvena vrsta industrije unutar tehničkih standarda te poslovnih i proizvodnih procesa koji prevladavaju u značajno manje koncentriranim industrijama. Još jedna posebnost je i da se finalna montaža vozila, a time i većina proizvodnje dijelova, uglavnom odvija u blizini tržišta plasmana vozila, prvenstveno zbog političkih osjetljivosti. Osim navedenog, zasićenost tržišta, visoka razina automatizacije i trend proizvođača automobila da „grade gdje prodaju“ također pridonose širenju područja finalne montaže vozila, koja se danas odvija u značajno većem broju zemalja nego što je to bio slučaj prije 30 godina. Treći razlog za razlikovanje automobilske industrije, od ostalih industrija, je njezina snažna regionalna struktura. Kako se automobilska industrija sve više globalno integrirala od sredine 1980-ih godina, razvila je i snažne regionalne integracijske obrasce (Sturgeon, 2009). Nasuprot tome, neke druge, jednako velike industrije orijentirane na potrošnju, poput odjeće i elektronike, razvile su i modele globalne integracije. Četvrta karakteristika specifična za automobilsku industriju je da podrazumijeva postojanje nekoliko potpuno generičkih podsustava koji se mogu koristiti prilikom proizvodnje različitih krajnjih proizvoda bez opsežne prilagodbe. Pritom, dijelovi i podsustavi obično su specifični za određeni model vozila, za razliku od memorijskih čipova i mikroprocesora u elektroničkoj industriji te tkanina i pređe u tekstilnoj industriji. Nedostatak otvorenih standarda za cijelu industriju slabi lanac vrijednosti i povezuje dobavljače s velikim tvrtkama, ograničavajući nastanak ekonomije razmjera u procesu proizvodnje i dizajnu. Za neke varijante dijelova ili modula neki dobavljači su često jedini izvor. To zahtijeva blisku suradnju, povećava troškove za dobavljače s više klijenata i fokusira većinu dizajnerskog rada na tek nekolicinu geografskih klastera, koji se nalaze obično u blizini velikih korporativnih sjedišta. Najviša razina globalne integracije na području automobilske industrije razvila se na razini dizajna, s globalnim tvrtkama koje pokušavaju koristiti dizajn proizvoda kako bi osvojile što više tržišta krajnje upotrebe. Dizajn i razvoj vozila i dalje su koncentrirani u blizini sjedišta

tvrtke. Osim toga, dobavljači komponenti igraju sve važniju ulogu u inženjeringu i postavljaju svoje inženjerske centre u blizini ključnih kupaca kako bi optimizirali suradnju. Budući da se gotovo sva vozila dizajniraju i prilagođavaju lokalnom tržištu u proizvodnom centru, dijelovi se proizvode u mnogim područjima, aktivnosti dizajna i odnosi između kupca i dobavljača obično obuhvaćaju nekoliko proizvodnih područja. To je dovelo do pojave lokalnih, nacionalnih i regionalnih automobilskih lanaca vrijednosti koji su integrirani u globalnu organizacijsku strukturu i poslovne odnose vodećih tvrtki. (Sturgeon, 2009).

Moderna autoindustrija se može podijeliti u tri poslovna sektora (Saber, 2017):

1. Proizvođači automobila - Tvrtke u industriji koje primarno proizvode šasije za automobile i laka vozila te sudjeluju u procesu sastavljanja gotovih automobila i lakih vozila. Ovaj oblik vozila uključuje automobile, kamione, terenska gospodarska vozila i kombije. Mnogi dijelovi, pritom, dolaze od različitih dobavljača i konačno se sklapaju u tvornicama u vlasništvu proizvođača automobila. Vozilo se izrađuje iz dijelova, a u potpunosti sastavljeno vozilo na tržište se plasira pod imenom proizvođača.
2. Proizvođači automobilskih dijelova i pribora - Tvrtke u sektoru koje primarno proizvode dijelove te dodatni alat i pribor za automobile, isključujući motore, dijelove motora, baterije, gume, karoserije i šasije. Montaža motornih vozila ne spada u ovu granu. Proizvođači uglavnom isporučuju dijelove i pribor koji se koristi u proizvodnji kompletnih automobila ili zamjenskih dijelova u radionicama. Istim dijelovima opskrbljuju i benzinske postaje. Proizvodi u ovom segmentu predstavljaju električne i elektroničke komponente, volane, kočioni sustavi, zupčanici i sustavi prijenosa snage, presvlake za sjedala, klima uređaji, zračni jastuci i ostali dodaci.
3. Auto prodajni i servisni centri - Ovaj segment tvrtki primarno se bavi maloprodajom kako novih tako i rabljenih motornih vozila, prvenstveno putem zastupstava, agencije ili aukcija automobila. Autosaloni isporučuju gotova vozila kupcima. Bave se prodajom novih vozila, ali velika je potražnja i značajno tržište i za rabljena vozila. Trgovci mogu prodavati nove i rabljene automobile ili oboje. Osim toga, vlasnicima vozila nude i ostvarivanje dodatnih usluga kao što su održavanje vozila i servis rezervnih dijelova. Neki trgovci također nude mogućnosti financiranja kupcima vozila.

Utjecaj automobilske industrije na druge oblike industrije vrlo je značajan. Jedinstveni zahtjevi koji se tiču masovne proizvodnje automobila uvelike su utjecali na dizajn i razvoj, povezan s visoko specijaliziranim alatnim strojevima, pritom pokrećući tehnološki napredak u postupku rafiniranja nafte, proizvodnji proizvoda od čelika, bojanju, obradi lima i drugim industrijskim procesima. Neizravni učinci također su važni za nekoliko oblika tvrtki koje nude komplementarne proizvode, poput prijevoznih tvrtki i tvrtki za izgradnju cesta. Zbog automobilske industrije razvija se i infrastruktura u obliku autocesta koje pritom omogućuju puno bolju povezanost, ali s druge strane uništavaju i zdravlje okoliša uništavajući šume, atmosferu i općenito ljudsku okolinu (Saber, 2017).

### **3.3. Trendovi budućeg razvoja automobilske industrije**

Automobilska industrija, u suvremenom svijetu, stalno se suočava s novim izazovima. Procesi globalizacije, individualizacije, digitalizacije i sve veća globalna konkurencija stavljaju industriju pod pritisak. Osim toga, povećanje sigurnosnih zahtjeva i dobrovoljnih ekoloških obveza u automobilskoj industriji također su pridonijeli povećanom razvoju tvrtki. Biti veliki proizvođač automobila nije jamstvo uspjeha. Samo tvrtke koje inoviraju i pronalaze nove načine dodavanja vrijednosti mogu ostvariti napredak na ovom obliku tržišta. Na globalnu poziciju automobilske industrije utječu mnogi čimbenici koji utječu na povećanje složenosti i drastično mijenjaju ekonomske prilike za proizvođače automobila. Ti čimbenici su:

- Globalizacija, regionalizacija i tržišna konvergencija – s liberalizacijom nacionalna tržišta postaju sve više globalizirana. To tvrtkama nudi priliku da se prošire na nova tržišta, ali isto tako i krije rizik od pojave novih sudionika na tržištu pa samim time i povećane konkurencije.
- Sve veće promjene u ponašanju potrošača – potrošači više ne moraju prihvaćati isključivo standardizirane proizvode i žele proizvode kojima mogu zadovoljiti vlastite individualne potrebe. Stoga tvrtke smanjuju svoju ciljanu skupinu potrošača kako bi privukle kupce na proizvode koje nude, što znači da je kod svakog proizvoda moguće imati mnogo varijacija za svaku ciljanu skupinu. Međutim, zbog rastuće globalne konkurencije i većeg naglaska na cijeni umjesto

na lojalnosti marki, potrošače općenito ne privlače tvrtke prema proizvodu, već prema cijeni, koja može biti niska, srednja ili visoka za luksuzne marke.

- Ubrzane promjene i diversifikacija proizvoda - Tvrtke su primorane skratiti životni vijek trajanja vlastitih modela proizvoda kako bi ispunile očekivanja personaliziranih i brzo evoluirajućih zahtjeva potrošača u potrazi za inovativnim i drugačijim proizvodima. Prosječni životni ciklus gotovo svih proizvoda u automobilskoj industriji nekada je bio u prosjeku osam godina, a danas automobilska industrija svoje proizvode mijenja svake dvije do tri godine, u nekim slučajevima i češće.
- Integracija automobila s razvojem digitalne tehnologije – u 2002. godini dijelovi iz područja digitalne tehnologije u automobilima činili su prosječno 22% ukupne vrijednosti automobila, da bi već 2010. godine porasli na 35% ukupne vrijednosti. Integracija hardvera i softvera unutar automobila povećava njihovu funkcionalnost, ali i njegovu složenost. Ova složenost dovodi do prekovremenog rada u odjelima za razvoj automobila, kvarova proizvoda, viših troškova i jamstava te utječe na zadovoljstvo korisnika kada ispravnost ugrađene tehnologije zakaže. Kada se radi o kupnji automobila, istraživanja pokazuju kako su digitalni kanali već postali primarnim izvorom informacija za gotovo sve kupce. Za mnoge od njih, sljedeći korak bi mogla predstavljati i kupnja automobila putem interneta (Srinivasa Rao, 2017).

Imajući ove čimbenike na umu, od automobila se u budućnosti očekuju neke nove i poboljšane karakteristike. Trebao bi ispuštati manje količine ispušnih plinova u atmosferu i buke u okolinu jer bi trebao biti električan, trebao bi uzimati manje vremena jer može sam voziti i trebao bi biti jeftiniji jer za korištenje nije potrebna vozačka dozvola, a kupci će imati izravne koristi od toga. Ne treba ga odmah kupiti, već ga se može platiti isključivo za korištenje. Prema tome automobil budućnosti bi trebao uključivati slijedeće karakteristike (Saber, 2017):

- Električni automobil: prijelaz na mobilnost bez emisija štetnih plinova bio bi gotovo nemoguć bez elektrifikacije i pogona i motora. Problem sa sadašnjim komponentama je taj što automobili već ispuštaju vrlo male količine zagađivača, koje je teško dodatno reducirati. Vožnja bez emisija postaje sve globalnija inicijativa. Pritom, ideja je da električna energija koja se koristi prilikom

punjenja vozila dolazi isključivo iz obnovljivih izvora energije kako bi se mogla osigurati mobilnost bez emisije ugljika i drugih štetnih plinova u atmosferu.

- Autonomni automobili – Brzi napredak u području kao što je umjetna inteligencija, razvoj strojnog učenja i dubokih neuronskih mreža omogućuje ono što se donedavno činilo nemogućim: razvoj autonomnih vozila koja ne zahtijevaju ikakav oblik ljudske intervencije tijekom vožnje, čak niti u složenim situacijama na cesti. Ovo potpuno redefinira korištenje pojedinačnih platformi mobilnosti. Osim toga, pojavljuju se i novi scenariji koji su prije nekoliko godina bili nezamislivi.
- Zajednički automobili – mnogi veliki gradovi već nekoliko godina nude udruživanje automobila. Iako se koncept dijeljenja često provodi kao građanska inicijativa, postaje ekonomski održiv s pojavom autonomnih vozila. Više ne morate tražiti zajedničko vozilo u regiji, već možete jednostavno naručiti vozila na svojoj lokaciji putem praktične usluge.
- Umreženi automobili – četvrta značajka je veza automobila s vanjskim svijetom. Umreženi automobil u biti predstavlja dva različita koncepta u isto vrijeme. To znači umrežavanje jednog automobila s drugim automobilima ili umrežavanje automobila s cestovnom infrastrukturom (npr. semaforima) te umrežavanje putnika s ostatkom svijeta i svim sudionicima u prometu. Putnici će moći u budućnosti tijekom vožnje komunicirati s drugim uređajima i osobama, raditi, pretraživati internet ili koristiti multimedijske usluge.
- Godišnje ažuriranje – Tradicionalni životni ciklusi modela automobila od pet do osam godina u ovoj industriji uskoro bi mogli postati stvar prošlosti. Naime, umjesto toga, širina i raspon modela se proširuje svake godine kako bi uključio najnovije oblike hardvera i softvera. Budući da kupci ne žele svake godine kupovati novo vozilo, posebno zbog visokih troškova njegove nabave, kratki životni ciklusi i inovacije doći će na tržište prvenstveno kroz redovitu zajedničku nadogradnju automobila.

Tehnologije kao što je umjetna inteligencija, softver za analizu različitih oblika podataka, sučelje čovjek-stroj, blockchain, 3D printeri (aditivna proizvodnja) i Internet stvari (IoT) omogućuju stvaranje automobila s novim i poboljšanim mogućnostima. Tehnologije umjetne inteligencije kao što su strojno učenje, duboko neuronsko učenje i računalni vid

nalaze primjenu u automatizaciji strojeva ina području automobilske industrije. Te tehnologije pokreću automobile, upravljaju voznim parkovima, pomažu vozačima poboljšati sigurnost i poboljšati usluge kao što su inspekcija vozila i osiguranje. AI se također koristi u automobilskoj industriji, gdje ubrzava tempo proizvodnje, ali i sudjeluje u procesu smanjenja troškova. Prikupljeni podaci o vozilu omogućuju prediktivno održavanje, informiraju vozače o stanju njihovih vozila te imaju mogućnost upozoravanja službi uključenih u slučajeve nezgoda. Osim toga, prikupljanje podataka o kupcima iz automobilske industrije koristi se za povećanje prodaje, optimizaciju opskrbnih lanaca i poboljšanje dizajna proizvoda i proizvodnih procesa za nova vozila. Kako samovozeći automobili i dijeljenje automobila transformiraju automobilsku industriju, promijenit će se i način na koji vozači komuniciraju sa svojim vozilima. Sučelje čovjek-stroj koristi se glasom ili informacijama dobivenima iz dodira za upravljanje vozilima. Na takav način se proširuje raspon mogućnosti vozila i stvari kojima korisnici mogu upravljati tijekom svog boravka u vozilu. Blockchain ima mnoge primjene u automobilskoj industriji. Koristi se tijekom razmjene podataka o vozilu preko sigurnih mreža za povezivanje i dijeljena rješenja mobilnosti kao što su vožnja, javni prijevoz i dostave. Nadalje, 3D printeri (aditivna proizvodnja) unutar automobilske industrije sudjeluju na tri glavna načina. Prvo, omogućuju brzu izradu prototipova korištenjem ispisa 3D modela, ubrzavajući dizajn i testiranje. Drugo, omogućuju proizvođačima ispis zamjenskih dijelova koji zadovoljavaju njihove potrebe. Treće, aditivna proizvodnja kompozita dovodi do proizvodnje lakših, jačih i izdržljivijih automobilskih dijelova. Internet stvari (IoT) osigurava proces sigurne komunikacije između vozila te između vozila i različitih oblika cestovne infrastrukture. Primjena različitih tehnologija poboljšava sigurnost u prometu, rješava probleme prometne gužve, smanjuje onečišćenje okoliša i potrošnju energije (Srinivasa Rao, 2017).

Automobilska industrija velik je i raznolik konglomerat proizvodnih i uslužnih tvrtki koje prodaju, popravljaju, bojaju, čiste, popravljaju i u dogledno vrijeme zamjenjuju automobile i kamione. Automobili predstavljaju jedne od složenih strojeva koji uključuju sve sofisticiranija računala. Kao takvi, zahtijevaju i redovne i hitne servise, nove dijelove, bojanje, čišćenje, ugradnju ozvučenja i još mnogo toga. Tržište rezervnih dijelova za automobile nudi dijelove i usluge i raste čak i u vrijeme ekonomske nesigurnosti. U periodima kada se ne kupuju novi automobili, korisnici dulje drže svoje stare automobile. Također, sve veća složenost vozila često zahtijeva i stručnu obuku zaposlenika kako u proizvodnji tako i u procesu prodaje. Osim toga, tvrtke koje pružaju usluge popravka mogu

ostvariti prednost kroz specijalizaciju i uštedu energije. Međutim, ova specijalizacija može dovesti i do nedostatka kvalificiranih tehničara na tržištu (Teece, 2019).

## 4. Proces proizvodnje električnog automobila

### 4.1. Općenito o električnim automobilima

Električni automobil predstavlja vrstu automobila koji pokreće električni motor te koristi električnu energiju pohranjenu u bateriji ili drugom uređaju za pohranu energije. Već na prvi pogled, u usporedbi s klasičnim automobilima, izgledom se može vidjeti da se radi o električnom automobilu, prvenstveno zbog činjenice kako su uglavnom posebnog dizajna. U usporedbi s automobilima koje pokreću benzinski ili dizel motori, električne automobile karakteriziraju znatno niži gubici energije (veća učinkovitost) uz bolja vozna svojstva te motori ovih automobila tijekom rada ne proizvode štetne ispušne plinove, buku i vibracije. Načelno su tehnički jednostavniji, no najveći nedostatak su im relativno skupi i teški akumulatori, koji ovim automobilima ograničavaju domet kretanja. Što se tiče nekih od tehničkih rješenja koja su još uvijek nedovoljno razvijena, područje dizajna i proizvodnje električnih automobila trenutno se intenzivno istražuje, a postoji i velik broj konceptnih modela automobila koji se značajno razlikuju po dizajnu, ali samo mali dio njih je masovno proizveden. Ipak, s obzirom na brojne prednosti ovih automobila, a posebno smanjeni štetan utjecaj na cjelokupan ljudski okoliš, u budućnosti se očekuju značajne stope njihovog razvoja i šira uporaba, što već podržava i velik broj razvijenih zemalja svijeta. (Srinivasa Rao, 2017).

Električni automobili ne predstavljaju novost na tržištu, zapravo isti postoje i proizvode se već duže od 100 godina. Postali su popularnima još početkom 20. stoljeća, prestali su se proizvoditi tijekom prijeratnih razdoblja, te se ponovno vratili u upotrebu 1970-ih godina i sve više su se koristili kao način prijevoza na kojem se gradi budućnost prijevoza u svijetu, odnosno u 21. stoljeću. U ranim danima, neelektričnim automobilima trebalo je puno vremena da se pokrenu, bili su bučni i vozači su se morali naučiti koristiti mjenjačem brzina, što je zahtijevalo i određenu stručnost. S druge strane, električni automobili bili su tihi, laki za vožnju i, za razliku od drugih automobila tog vremena, nisu ispuštali nikakve štetne tvari u okoliš (Teece, 2019).

Trenutno se provodi značajan broj istraživanja o korištenju gotovo svih vrsta elektromotora, istosmjernih i izmjeničnih, za pogon električnih automobila. Bez obzira na vrstu, svi elektromotori smatraju se puno jednostavnijim od motora koji se pokreću unutarnjim



izgaranjem, uz to imaju i manji broj pokretnih dijelova, stoga traju dulje i ne zahtijevaju neke posebne oblike održavanja. Neki koncepti ovih automobila imaju središnji motor koji pokreće pogonske kotače putem mehaničkog mjenjača, dok u drugim konceptima, svaki kotač pokreće vlastiti električni motor u naplatku, čime se eliminira potreba za mehaničkim pogonom i osiguravaju optimalna svojstva vožnje. Inače je elektromotor hlađen zrakom, samo u iznimnim slučajevima vodenim, s hladnjakom. Osim elektromotora, bitna komponenta električnog pogona u električnom automobilu je upravljačka jedinica (tzv. kontroler), koji opskrbljuje motor potrebnom strujom ovisno o pritisku na papučici gasa. Budući da električni motor osigurava kontinuirano iskoristivu snagu čak i pri niskim brzinama motora, mehanički prijenos obično nije potreban u električnim automobilima, no zbog smanjenog okretnog momenta pri višim okretajima motora, neki koncepti razmatraju uvođenje takvog prijenosa. Dodatna prednost elektromotora u odnosu na motore s unutarnjim izgaranjem je ta što isti ne rade u periodima kada su vozila u stanju mirovanja i stoga mogu djelovati i kao kočnica i kao generator električne energije kada vozilo koči. Pretvaranjem kinetičke energije vozila u pohranjenu električnu energiju koja se kasnije može koristiti (regenerativno kočenje), može se uštedjeti i do 30% energije tijekom vožnje po gradu ili po zahtjevnijim terenima (Srinivasa Rao, 2017).



Slika 2. Električni automobil (Rimac Nevera)

Izvor: Rimac automobili, 2023.

Središnji tehnički problemi uočeni tijekom dosadašnjeg razvoja električnih automobila su baterije koje automobilu moraju omogućiti dovoljan domet uz najmanju moguću težinu i troškove, što kraće vrijeme punjenja, kao i što duži vijek trajanja samog automobila. Poseban elektronički sustav unutar električnih automobila, naziva BMS upravlja punjenjem i pražnjenjem baterija, prati njihovo stanje, temperaturu i slično. Baterije se mogu puniti iz kućne električne mreže (u obiteljskim kućama, na posebno opremljenim parkiralištima) ili na posebnim punionicama, koje osiguravaju punjenje u relativno kratkim rokovima. Javna infrastruktura za punjenje baterija upravo je uvedena u nekim zemljama, ponekad nudeći i mogućnost zamjene istrošenih baterija napunjenima (Srinivasa Rao, 2017).

Smatra se kako električni automobili imaju značajan broj prednosti u odnosu na klasične automobile koji su pogonjeni motorima s unutarnjim izgaranjem, ali isto tako, imaju i značajan broj nedostataka u usporedbi s istima. U osnovne prednosti električnih automobila u usporedbi s klasičnima moguće je ubrojiti:

- Eliminacija emisije CO<sub>2</sub> – nema emisije štetnih plinova za atmosferu pri vožnji električnog automobila. Električni sustavi unutar automobila utječu na pokretanje motora koji potom pokreće kotače, kao i svu pripadajuću električnu opremu poput svjetala ili klima uređaja.
- Ušteda goriva – na početku njihove proizvodnje električni su automobili bili znatno skuplji od automobila na benzinsko ili diesel gorivo, pogotovo kada je riječ o novim automobilima, ali s vremenom postaju pristupačniji jer vozač nema troška skupog goriva. Prema tome, jedna od glavnih prednosti električnih automobila činjenica da nije potrebno konstantno dolijevati gorivo kako bi automobil bio spreman za vožnju.
- Smanjeni troškovi održavanja – Električni automobili ne zahtijevaju promjenu ulja ili druge oblike održavanja. Također imaju mnogo manje pokretnih dijelova u usporedbi s običnim automobilima i stoga su znatno jeftiniji kada je u pitanju njihovo održavanje u usporedbi s benzinskim ili dizelskim automobilima.
- Smanjenje razine buke – Električni automobili su iznimno tihi, što može biti vrlo čudno za vozača pri prvoj vožnji. Nema glasnog pokretanja motora, ali nisu ni posve tihi. Motori su bučniji kada se pokrenu, a ugladenost motora olakšava čuti zvuk vjetra i guma.

U najveće nedostatke koji se povezuju s korištenjem električnih automobila moguće je ubrojiti sljedeće:

- Vrijeme punjenja - Punjenje automobila električnom energijom nije tako brzo kao primjerice punjenje fosilnim gorivom ili plinom. Ovo vrijeme varira od automobila do automobila te uvelike ovisi i o snazi punjača. Primjerice, Nissanov model Leaf od potpunog pražnjenja baterije može se ponovno napuniti za četiri sata. S druge strane, korištenjem super brzih punjača, automobili marke Tesla mogu se napuniti do razine od 80% u otprilike 30 minuta.
- Stanice za punjenje – značajan broj električnih automobila s GPS-om pronalazi vlastitu stanicu za punjenje, ali većina ih se nalazi u urbanim područjima. Cijena punjenja električnog automobila znatno je niža od cijene goriva, u nekim zemljama punjenje je još uvijek besplatno, dok neke od najvećih tvrtki proizvođača punjača korisnicima svoji automobila naplaćuju mjesečnu naknadu korištenja punjača.
- Duga putovanja – putovanja u slučaju kada osoba posjeduje električni automobil zahtijevaju puno više planiranja. Većina automobila ima doomet od preko 200 kilometara, što je i više nego dovoljno kada je u pitanju većina putnika. Problem nastaje na velikim udaljenostima koje zahtijevaju višestruko punjenje. Ako je tako, putovanje je nužno planirati i sa zaustavljanjima u urbanim područjima koja su opskrbljena stanicama za punjenje električnih vozila (Srinivasa Rao, 2017).

## **4.2. Proces proizvodnje na primjeru Rimac Nevere**

Tvrtka Rimac Automobili d.o.o. osnovana je 2009. godine u Svetoj Nedelji kraj Zagreba, s osnovnom djelatnosti proizvodnje potpuno električnih hipersportskih automobila. Prvi proizvedeni električni automobil ove kompanije, Rimac Concept\_One, predstavljen je tijekom sajma automobila u Frankfurtu još 2011. godine, a prvi proizvedeni model isporučen je kupcu 2013. godine. U narednih nekoliko godina broj zaposlenika unutar tvrtke višestruko se povećavao svake godine, i to sve do 2019. godine. U 2018. godini broj stalno zaposlenih djelatnika u svim odjelima iznosio je oko 500. Taj broj ljudi bio je

potreban je za razvoj novog automobila Rimac C\_two, koji je tvrtka predstavila u Ženevi 2018. godine, a prve proizvedene jedinice su do kupaca stigle u 2021. godini. Osim razvoja automobila, tvrtka sada razvija i tehnologije (pogoni, sustavi baterija, infotainment itd.) za druge proizvođače automobila (Koenigsegg, Aston-Martin i drugi). Također treba napomenuti da su strani investitori iz svijeta automobilizma (Porsche, Hyundai, Kia i ostali) sklopili partnerstvo sa spomenutom tvrtkom. Rimac Automobili jedina je tvrtka u Republici Hrvatskoj koja u potpunosti dizajnira, razvija i proizvodi električne automobile (Rimac Automobili, 2023).

Model Nevera proizvodna je varijanta konceptnog modela automobila tvrtke Rimac C\_Two koji je prvi put predstavljen na Ženevskom sajmu automobila 2018. Od trenutka njegova predstavljanja inženjeri tvrtke Rimac Automobila doradili novi model električnog automobila na svim razinama, što je ujedno i dio opsežnog razvojnog programa za stvaranje ultimativnog električnog hiperautomobila. Najveći dio ključnih komponenti modela Nevera razvijen je u sjedištu tvrtke Rimac Automobili u Republici Hrvatskoj, a svi ostali sustavi poboljšani su i ažurirani od oblika prvih prototipova sa svrhom postizanja ambicioznih ciljeva postavljenih na samom početku projekta još 2018. godine. Nevera, osim proizvodnje na području Republike Hrvatske također nosi i hrvatsko ime. Uz iznimnu brzinu i snagu, ovaj hiperautomobil tvrtke Rimac nema samo zvučno ime, već i nevjerojatan karakter. Poput sile prirode iz koje je rođen, može se transformirati iz sigurnog i udobnog grand tourera u automobil visokih performansi, i to u tren oka. Ključ izvanrednih performansi Nevere je ekskluzivni električni pogon. Svaki element Neverinog električnog pogona dizajniran je za veći okretni moment, postizanje boljih performansi i veće učinkovitost (Rimac Automobili, 2022.).

#### **4.2.1. Plan proizvodnje**

Planiranje procesa proizvodnje odvija se unutar prostorija u kojima se razvijaju i različite simulacije za izradu dijelova od karbonskih vlakana (ugljika). Tim koji je zadužen za planiranje procesa proizvodnje smatra se dizajnerskim timom i procesom inženjeringa u smislu završne obrade dijelova koji se namjeravaju proizvesti. Osoba koja radi unutar ovog tima dobiva specifičan dizajn i vrstu završne obrade koja je potrebna, a potom onda kreira upute za izradu za CNC stroj pomoću kojega se dijelovi izrađuju. U konkretnom slučaju

proizvodnje Romic Nevere, ovaj tim radi na velikom strojnom dijelu i njihova je glavna uloga postizanje visokih razina točnosti, što znači da dio koji je strojno obrađen izgleda kao pravi dio automobila, prava instrument ploča koja je sastavljena od više dijelova (Rimac Automobili, 2022).

S druge strane, plan rasporeda proizvodnje i proizvodnih procesa se stvara na temelju geometrije određenog automobilskog dijela, a zatim osoba koja je modelar definira položaj dijela izrađenog od karbonskih vlakana te definira kutove pod kojima su karbonska vlakna vidljiva. Iako se dizajn čini vrlo jednostavnim, ipak se radi o vrlo zahtjevnom zadatku, budući da su u njega uključeni gotovo svi zaposlenici tvrtke (Rimac Automobili, 2022.). Korištenje različitih programa pritom daje precizne smjernice za montažu svih slojeva te informacije o tome koji materijali koristiti i kojim redoslijedom, tako da svi proizvodni radnici dobiju i korisne upute za montažu (Rimac Automobili, 2022).

#### 4.2.2. Proces obrade dijelova

Planiranje proizvodnje prati tim za razvoj EMV koda za strojeve. Dijelovi se obrađuju strojnom obradom, i to na način da dizajneri dizajniraju dijelove koji su im potrebni, a zatim se kreira CEM kod za uređivanje geometrije alata. Nakon zaprimanja svih potrebnih ulaznih podataka, materijali za proizvodnju se razvijaju na glodalici. Sve izrađuje stroj, a primljeni podaci daju upute strojevima o tome kako proizvesti određene dijelove (Rimac Automobili, 2022).



Slika 3. Ulaz za obradu

Izvor: Rimac automobili (2022) First Production-Ready Rimac Nevera Takes to the Streets

S druge strane iste proizvodne prostorije nalaze se dijelovi koji se ugrađuju u automobil, kao i druge komponente poput jednodijelnog aluminijskog kućišta prijenosa, papučica kočnice, šarki vrata i većih dijelova poput kućišta pretvarača. Ovaj pogon sadrži i 3 i 5-osne glodalice za postizanje bržeg i fleksibilnijeg rada. Svi dijelovi se proizvode neovisno o brzini i fleksibilnosti, tako da se može dogoditi da je određeni dio dizajniran danas i montiran na automobil već sutra, eliminirajući na takav način duga vremena čekanja i nepotreban potrošni materijal. Iako su ovi odjeli vrlo dobro organizirani, to se može zahvaliti značajnom broju promjena u proizvodnim procesima koje su uvedene tijekom vremena (Rimac Automobili, 2022).

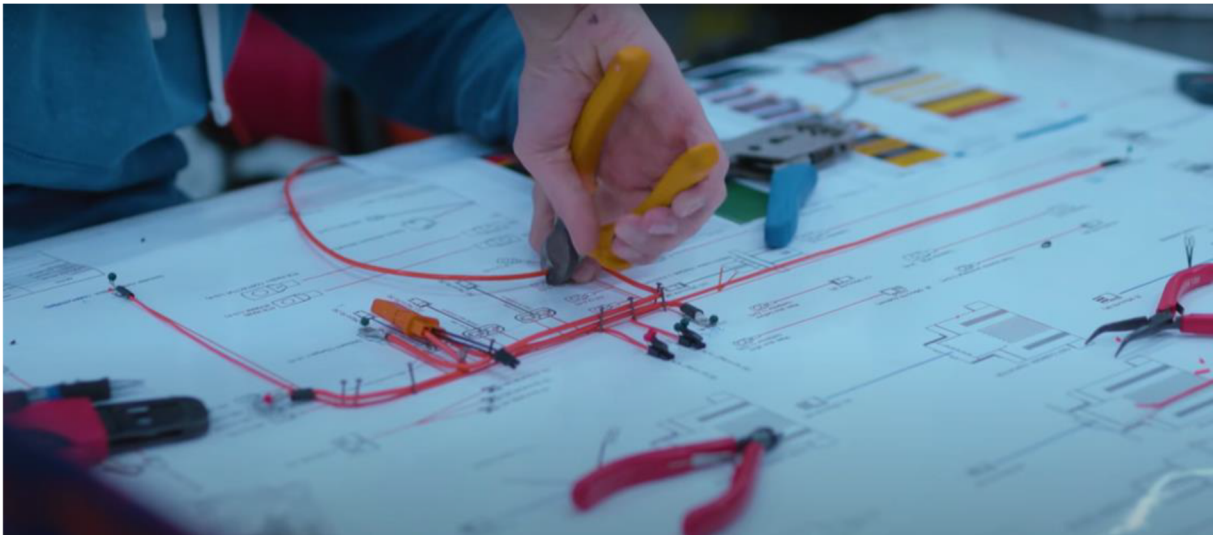
Nadalje odjel koji se bavi zavarivanjem ima zadatak sastavljanja cjeline automobila koja se sastoji od gotovo 300 različitih oblika i vrsta dijelova za čije bi zavarivanje inače bili potrebni mjeseci. Međutim, iako model Nevera ne zahtijeva zavarivanje okvira, proces zavarivanja se ipak mora provesti prilikom zavarivanju dijelova rashladnog sustava, rashladnih cijevi i drugih, manjih dijelova (Rimac Automobili, 2022).



Slika 4. Prikaz šasije modela Nevera

Izvor: Rimac automobili (2022) First Production-Ready Rimac Nevera Takes to the Streets

Nakon procesa zavarivanja dijelova u području na kojemu se sastavljaju komponente automobila, dovršava se i postavljanje kablenskog svežnja. Slika 5 prikazuje kablanski svežanj za bateriju St. Maarten, koji ujedno predstavlja visokonaponski kablanski svežanj koji se ugrađuje u ovaj modela električnog automobila. Nakon izrade i ugradnje predmetnog kablenskog svežnja, počinje proizvodnja PCB prototipa, koji predstavlja upravljačku jedinicu modela Nevera. Osim toga, postoji i mnogo takvih i sličnih dijelova u automobilu koji služe za kontrolu raznih funkcija ili dijelova te za postupak upravljanja baterijom unutar modelu Nevera. Nakon završetka procesa razvoja PBC upravljačke jedinice ili novog prvog prototipa, te se ručno izrade i ispune svi zahtjevi, ulazi se u proces masovne proizvodnje (Rimac Automobili, 2022).



Slika 5. Prikaz kablenskog svežnja

Izvor: Rimac automobili (2022) First Production-Ready Rimac Nevera Takes to the Streets

#### **4.2.3. Proces proizvodnje komponenti**

Nakon procesa ožičenja automobila slijedi njegov prelazak u odjel u kojem se vrši izrada i ostalih dijelova od kojih se najslabijom smatra izrada ključa. Na slici 6 prikazan je izgled ključa za model Nevera. Ključ kao jedan od dijelova je vrlo zanimljiv za izradu, posebno zbog elektronike koju sadrži. Izrada ključa uspoređuje se s izradom dragulja, prvenstveno



zbog potrebe ulaganja u detalje. Svaka tipka ključa presvučena je kožom ili tkaninom kakva se nalazi i unutar samog automobila (Rimac Automobili, 2022).



Slika 6. Prikaz ključa Rimac Nevere

Izvor: Rimac automobili (2022) First Production-Ready Rimac Nevera Takes to the Streets

Iako većinu dijelova namijenjenih proizvodnji proizvodi sama tvrtka, postoji jedan dio koji ne proizvodi sama, a to je baterijska ćelija, koja je cilindrična ćelija s aluminijskim kućištem. Sastav ovog oblika baterije ovisi najviše o njezinoj primjeni, odnosno ne postoji univerzalna baterija, već je istu potrebno prilagoditi cilju koji se projektom želi postići. Koliko je ćelija važna govori podatak da od 3000 dijelova potrebnih za izradu automobila 400 čine baterijske ćelije. Baterija se smatra osnovnim građevnim elementom u procesu proizvodnje električnog automobila (Rimac Automobili, 2022).





Slika 7. Baterijske ćelije

Izvor: Rimac automobili (2022) First Production-Ready Rimac Nevera Takes to the Streets

#### 4.2.4. Proces montaže

Na kraju procesa obrade i proizvodnje dijelova i materijala nalazi se odjel laminacije. Unutar odjela laminacije svi dijelovi podvrgavaju se postupku laminacije, a pritom se koristi značajan broj drugih materijala, od najjednostavnijih sirovih karbonskih vlakana pa sve do vrlo kompleksnih oblika materijala. Kada neki od djelatnika koji radi na stroju za karbonsko rezanje završi s radom, šalje detaljnije upute prema odjelu za plastificiranje. Upute objašnjavaju kako sastaviti materijale, poput lego kockica, i kojim redoslijedom to treba učiniti. Nakon procesa laminacije, dijelovi se pakiraju u vakuumske vreće, a zatim se šalju u prostore gdje se stvrđavaju pod utjecajem visokog pritiska i visokom temperaturom. Zatim se oslobađaju iz vreća izvane i režu, obrezuju, tapeciraju ili boje prema potrebi. Odjel bojanja slijedeći je na redu nakon odjela plastificiranja odnosno laminacije, što omogućuje zajednički rad timova i pronalaženje najboljih mogućih rješenja (Rimac Automobili, 2022).



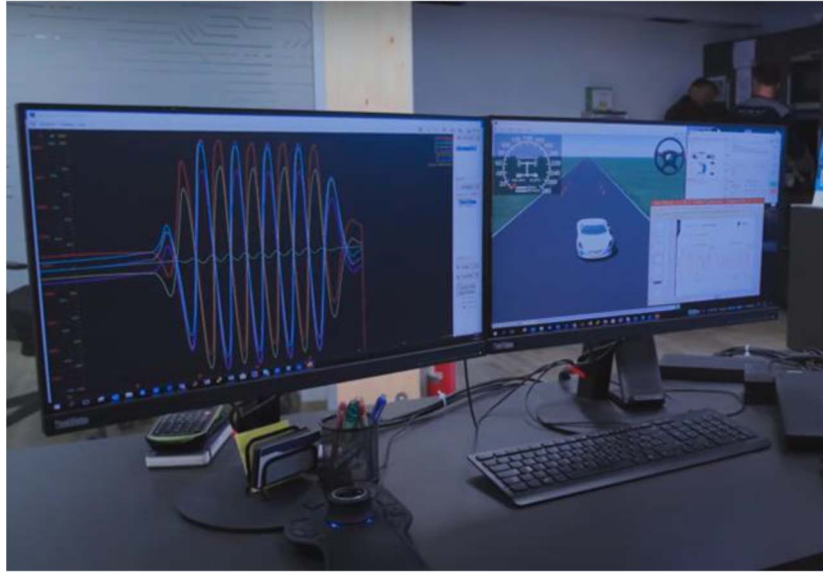
Slika 8. Odjel laminacije

Izvor: Rimac automobili (2022) First Production-Ready Rimac Nevera Takes to the Streets

Nakon napuštanja odjela za laminaciju i bijenje automobil mora proći i neka daljnja ispitivanja, prvenstveno kako bi se utvrdila razina sigurnosti automobila, ali i način njegova rada i ponašanja u različitim uvjetima koji se mogu pojaviti na cesti (Rimac automobili, 2022).

#### **4.2.5. Proces inženjeringa**

Inženjering je kombinacija svih odjela posvećenih poboljšanju specifikacija automobila. Prvi odjel u ovom procesu je strojarski odjel. Strojarsvo je dio inženjerstva u kojem se razvija prototip automobila kako bi se poboljšale specifikacije komponenti vozila za 5-10% ili više, ovisno o automobilskoj komponenti na kojoj se radi ili mogućnostima i performansama automobila. Tim koji djeluje u odjelu strojarstva je podijeljen u različita područja tako da svaki član tima radi na promicanju unutarnje izvedbe, ekonomičnosti i vanjske sigurnosti automobila te sudjeluje u razvoju električne arhitekture samog vozila. Stimulacije koje se provode radi promatranja pomaka nužne su u procesu integracije stimulacije strukture i testova sudara pogonskog sklopa (Rimac Automobili, 2022).



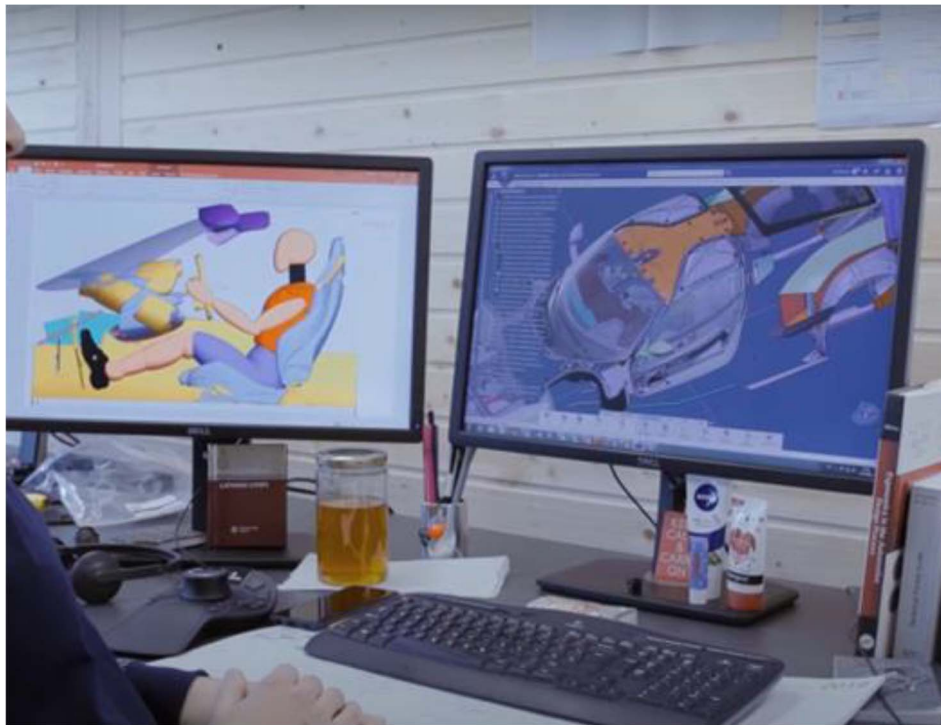
Slika 9. Simulacija dinamike vozila

Izvor: Rimac automobili (2022) First Production-Ready Rimac Nevera Takes to the Streets

Tim koji je odgovoran za dinamiku vožnje nije odgovoran samu za dinamiku, već radi i na procesu razvoja sustava za podešavanje šasije te kočionog sustava. Za izvođenje dinamike automobila, moguće je koristiti se različitim alatima za simulaciju više komponenti odjednom. Tim kontinuirano radi i surađuje na kinematici vozila i testovima usklađenosti prednje osovine. Radi također i na mnogim simulacijama vozila visoke razine s integrativnim cjelokupnim sustavom koristeći podatke iz stvarnog svijeta, prikupljene iz hidrodinamičkog pogona guma i drugih vrlo detaljnih automobilskih sustava (Rimac Automobili, 2022).

Svaki proizvedeni električni automobil u ovoj tvornici mora proći testove koji uključuju sustav kontrole klizanja ili momenta. Da bi se to moglo provjeriti, vrlo je važno poznavati stvarne karakteristike guma, kinematiku automobila, ovjese i raspodjelu težine svake komponente. Ponekad se nužno moraju istovremeni pokrenuti stotine simulacija kako bi proizvedeni električni automobil bio siguran za vožnju na cesti i u različitim uvjetima. Iako većina ljudi vjeruje da simulacije ne mogu proizvesti značajan broj točnih informacija, one uvelike smanjuju stupnjeve mogućnosti nastanka pogreške. Nakon odrađenog posla tima zaduženog za dinamiku vozila, dolazi se do tima za razvoj postavki vozila (Rimac Automobili, 2022).

Dizajnerski tim odgovoran je uglavnom za unutarnje dijelove te mali broj vanjskih dijelova. Ergonomija predstavlja jedan od vrlo važnih dijelova u poslu tima za razvoj šasijske, zajedno sa sigurnosnim sustavom, koji uključuje aktiviranje zračnih jastuka tijekom testa sudara. Simulacije se u ovom području provode redovito i sukladno planu proizvodnje (Rimac Automobile, 2022).

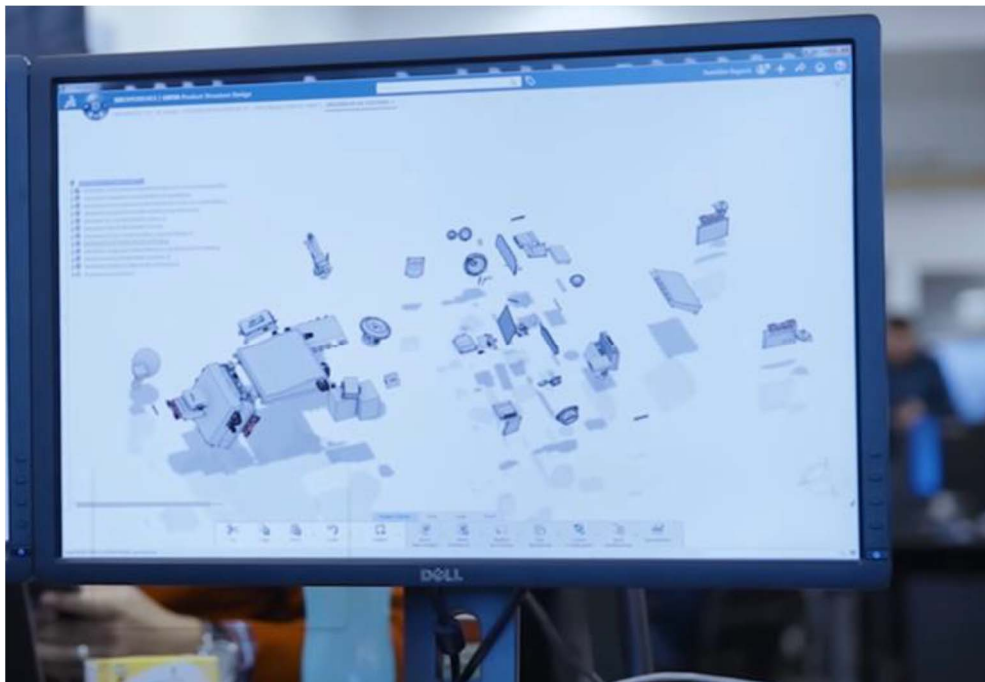


Slika 10. Prikaz simulacije zračnih jastuka

Izvor: Rimac automobili (2022) First Production-Ready Rimac Nevera Takes to the Streets

Nakon što je odjel za razvoj postavki obavio svoj posao, slijedi CAE odjel. CAE odjel izrađuje modele koji se tiču konačnih elemenata za procjenu internih događaja, opterećenja i zahtjeva za sigurnošću te ponašanje elemenata automobila na cesti. Primjer nekog od zadataka u CAE odjelu je certificiranje stražnjeg amortizera. Namjera ovog procesa je provjeriti strukturne oblike ponašanja komponenti automobila te njegovo ubrzanje kako bi se moglo procijeniti ponaša li se automobil prema prvobitnim očekivanjima. Ako su rezultati pozitivni, komponente se sklapaju. CAE odjel u uskoj je vezi s odjelom za razvoj aerodinamike i CFD-a. Odjel za aerodinamiku odgovoran je za područje postizanja aerodinamičkih ciljeva s fokusom na hlađenje kočnica.

Razvoj kontrolne logike zajedno sa strategijama za aktivnu proizvodnju automobilskih dijelova i sustava nužno je kako bi se dobila potpuna slika automobila te njegov jedinstveni kod. Tim koji je odgovoran za električnu integraciju, pritom konstantno radi na razvoju upravljačke jedinice. Pritom, važno je integrirati sve obvezne zahtjeve s onim što je jednostavnije, ali i nužno, što ulazi i izlazi iz automobila, prvenstveno zbog ožičenja automobila i spajanja komponenti (Rimac Automobili, 2022).



Slika 11. Prikaz arhitekture elektronike

Izvor: Rimac automobili (2022) First Production-Ready Rimac Nevera Takes to the Streets

Tim koji je odgovoran za integraciju svih električnih komponenti i komponenti vozila u skladu s arhitekturom, mora pokrenuti proces ožičenja za povezivanje svih uređaja u jedinstven sustav, ali pritom snosi i odgovornost za provjeru objekata koja je potrebna za pripremu opisa svih potrebnih programa i načina na koje ih je potrebno programirati.

Dizajnerski odjel također je vrlo važan odjel u proizvodnji električnog automobila. Posao dizajnera u ovom slučaju uključuje sve, počevši od prve skice pa sve do nacрта završnih površina koje se obrađuju, od grafičkog projekta, od vizualne identifikacije dizajna proizvoda, pa i do nove palete boja. Dizajneri nastoje spojiti u jednu cjelinu sve ono s čime

se kupac susreće i što isti percipira o automobilu. Na slici 12 prikazan je zid smjernica za izradu automobila modela nevera, ali i drugih automobilskih dijelova za druge tvrtke i kupce. Smatra se kako je skica dizajna automobila vrlo važna, ali ona čini samo jedan posto cjelokupnog procesa proizvodnje automobila. Skicu dizajna za model Nevera razvio je dizajnerski tim unutar tvrtke Rimac, ali kako bi proizvedeni automobil sigurno radio, dijelovi automobila se mijenjaju još stotinama puta ovisno o potrebama. Zbog razmjene informacija potreban je timski rad unutar svakog odjela i procesa. Primjer gdje bi timski rad trebao dobro funkcionirati je kada automobil treba prilagoditi da se ostvari samo nekoliko milimetara više prostora za noge, što podrazumijeva sate rada i stotine promjena na svim razinama proizvodnje (Rimac Automobili, 2022).



Slika 12. Smjernice izrade automobila

Izvor: Rimac automobili (2022) First Production-Ready Rimac Nevera Takes to the Streets

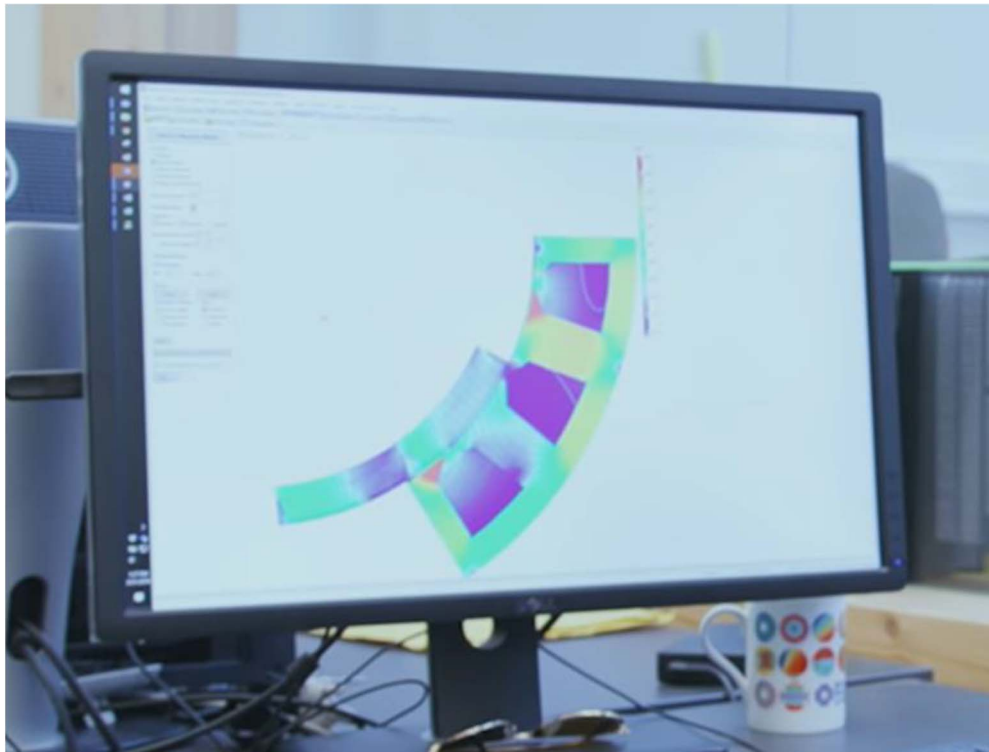
Budući da postoje smjernice koje se koriste u procesu izrade automobila, tvrtka daje i upute vlasniku automobila prilikom kupnje automobila. Priručnik s uputama služi kao pomoć novom vlasniku automobila kako bi lakše upravljao i razumio automobil. Priručnik se sastoji od osam cjelina, svaka stranica je osmišljena tako da nadopunjuje tekst slikama (Rimac Automobili, 2022).



Nakon odjela dizajna slijedi odjel industrijalizacije, usko povezan s tehnologijom proizvodnje. Odjel za industrijalizaciju utvrđuje zahtjeve i mijenja dizajn kako bi utvrdio postoji li problem s komponentama. Primjer problema mogu biti pogrešno postavljene vijci ili kriva veličina komponente. Odjel šalje svoje prijedloge izmjena inženjerima i projektantima, a također izrađuje upute za montažu upravljačkih jedinica za instalatere. Ukratko, zadatak odjela industrijalizacije je razviti tvrtku od proizvodnje malih prototipova do proizvodnje velikih količina. Stoga je potrebno razviti metodologiju i faze proizvodnje (Rimac Automobili, 2022).

Tim za industrijalizaciju uključuje i tim za validaciju kvalitete zdravlja i sigurnosti u kampusu i tim za razvoj autonomne vožnje čiji je osnovni zadatak da razvija algoritme za instruktore vožnje i druge projekte autonomnih vozila, dok su svi ostali odjeli zaposleni na izradi modela Nevera. Tim za industrijalizaciju usko surađuje i s drugim timovima, kao što je primjerice odjel za inženjerstvo hardvera i softvera, koji se smatra dijelom inženjeringa komponenti. Automobilaska elektronika kao što su infotainment sustavi, upravljačke jedinice i upravljanje pogonskim sklopom razvijeni su u hardverskom i softverskom inženjerstvu (Rimac Automobili, 2022).

Sljedeći je tim odgovoran je za razvoj motora u modelu Nevera. Način rada, određivanje komponenti te razvoj sustava za normalno funkcioniranje motora najvažniji je dio odgovornosti u odjelu za razvoj motora. Odjel ima mogućnost simulacije onoga što se događa unutar sustava motora kada struja teče kroz različite polove i može vidjeti i procijeniti kretanje magnetskih polja (Rimac-Automobile, 2022).



Slika 13. Prikaz simulacije mogućnosti motora

Izvor: Rimac automobili (2022) First Production-Ready Rimac Nevera Takes to the Streets

Iz simulacije odjel može prepoznati i gubitke motora, a pomoću ovog testa zaposlenici iz odjela za simulacije te CAE i CDF odjela mjere razine hlađenja potrebne za pravilno hlađenje motora. Gubici su samo jedan mali dio prikupljenih informacija. Osim toga, karakteristike zakretnog momenta također su važne za dinamiku vozila radi simulacije ubrzanja vozila. Od zahtjeva za visoku razinu performansi automobila, npr. ubrzanje od 0 do 60 ili 0 do 200, ide do karakteristika mjenjača, snage motora i slično, a sve se podešava i mijenja po potrebi. Neki parametri mogu promijeniti domet automobila ili neke druge parametre kao što je ubrzanje. Pritom, važno je istaknuti kako je cijeli sustav integriran i vrlo jedinstven, tako da je sve neophodno za postizanje postavljenog cilja objedinjeno unutar jednog sustava proizvodnje (Rimac Automobili, 2022).

Kod automobila prati razvojni tim infotainmenta. Ovaj tim je odgovoran rad na softveru infotainmenta, softveru visoke razine i povezivosti. Tim razvija grafički dio aplikacije, koji dizajnira i razvija inženjerski tim. Infotainment se razvija i za druge tvrtke, ne samo za Rimac automobile. Korištenjem infotainment sustava moguće je pratiti performanse vozila, statistiku baterije, sustave grijanja i hlađenja, navigacijske sustave u stvarnom vremenu koji



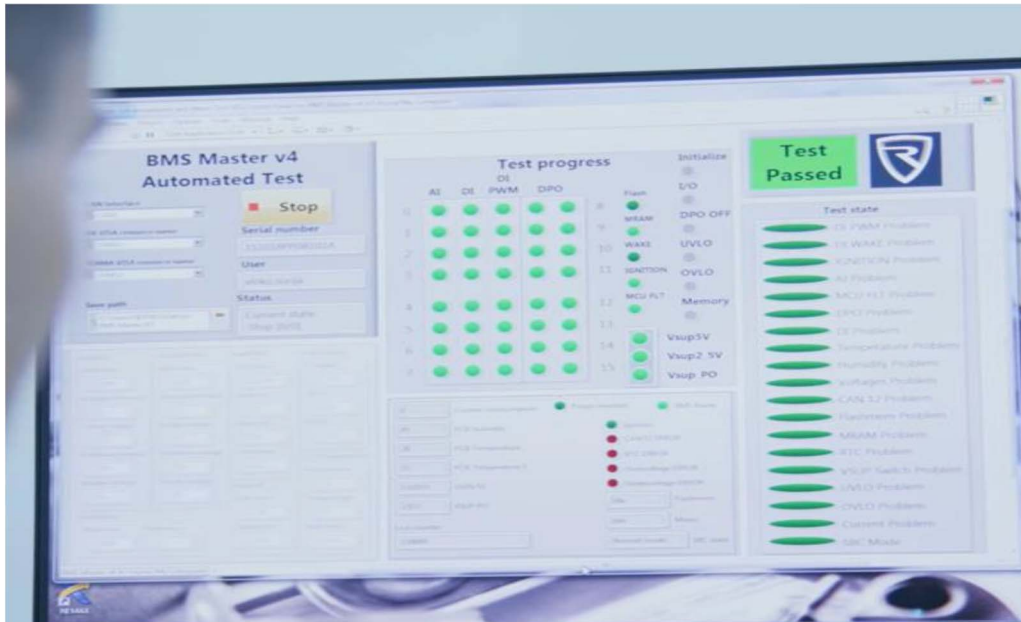
ujedno pružaju trodimenzionalni prikaz okoline, pojmove za pretraživanje i sve ostalo što vozači očekuju od modernih sustava (Rimac Automobili, 2022).



Slika 14. Prikaz infotainment sustava

Izvor: Rimac automobili (2022) First Production-Ready Rimac Nevera Takes to the Streets

Infotainment sustavi omogućuju potpuno prilagođavanje automobila željama vozača, na primjer u pogledu raspodjele snage i drugih oblika kontrole. Cilj infotainment sustava je poboljšati performanse sustava kako bi se optimizirao softver i hardver u jedinstven i besprijekoran sustav. Nakon implementacije infotainment sustava, automobil odlazi u laboratorij za baterije u kojem se testiraju ćelije. Provode se testovi ćelija za električna i kemijska svojstva. Baterijski laboratorij ispituje ćelije unutar različitih okruženja, temperatura, opterećenja i prilikom različitih brzina, a zatim matematički modelira i kemijska i električna svojstva baterijskih ćelija (Rimac Automobile, 2022).



Slika 15. Prikaz procesa testiranja baterije

Izvor: Rimac automobili (2022) First Production-Ready Rimac Nevera Takes to the Streets

Nakon niza testova na različitim temperaturama i brzinama, kreira se T-model koji se koristi za razvoj kretanja baterija i modula. Simulacije performansi ćelija izvode se kako bi se poboljšala performansa ćelija u automobilu, ali i različite simulacije su također važan ulaz za razvoj baterije. Test baterije šalje informacije baterijskoj tehnologiji koja radi na razvoju baterije. Tim od 40 inženjera zajedno surađuje tijekom procesa simulacije mehaničkih svojstava baterija i ponašanja baterija u slučaju prometne nesreće. Kada tim dobije relevantne informacije o matematičkim modelima i ciklusima vožnje automobila za koje je baterija razvijena, razvijaju se i druge tipologije metoda hlađenja baterijskih sustava (Rimac Automobili, 2022).

Zadnji na redu u procesu proizvodnje električnog automobila je podatkovni centar, gdje će se čuvaju svi relevantni podaci o obavljenom poslu u proizvodnji. Dio podatkovnog centra namijenjen je za korištenje i projektantskom uredu za razvoj autonomnih vozila (Rimac Automobili, 2022).



Slika 16. Prikaz računala za pohranu podataka

Izvor: Rimac automobili (2022) First Production-Ready Rimac Nevera Takes to the Streets

## 5. Zaključak

Proces globalizacije, zajedno s rastućim potrebama za kretanjem i privređivanjem potaknuo je razvoj značajnog broja područja, Prvenstveno riječ je o uređajima i strojevima čija je glavna zadaća bila olakšavanje procesa ljudskog djelovanja, a jedan od njih je i proizvodnja. Proizvodnja je u svijetu poznata od samog nastanka civilizacije, međutim, nije oduvijek bila u suvremenom obliku kakav se danas poznaje. Prvi oblici proizvodnje podrazumijevali su primjenu manufakture i takvim oblicima poslovanja nije se mogao baviti baš svatko, naime, s obzirom da je proizvodnja bila karakterizirana činjenicom da proizvod izrađuje jedna osoba i to uz pomoć vlastitih vještina i sposobnosti te primjenom isključivo jednostavnog alata. Razvoj strojeva, uređaja i složenijih alata doveo je i do nastanka masovne proizvodnje i procesne proizvodnje koje su postale djelomično ili u potpunosti automatizirane, a proizvodi su uglavnom izgubili status unikata, posebno iz razloga što se mogu proizvesti u većim ili manjim serijama, ovisno o potrebi i željama kupaca na tržištu. Razvoj različitih strojeva potaknuo je i razvoj automobilske industrije. Kasniji trendovi razvoja svjetskih ekonomija i gospodarstava samo su ubrzali procese te automobilsku industriju usmjerili i na druga područja, posebno vojna i ona koja su se ticala hitnih službi. Na automobilsku industriju najviše su utjecali razvoji motora s unutarnjim izgaranjem, benzinskih i diesel motora, koji cijelo vrijeme čine temelj njihova pogona i mogućnosti kretanja, međutim, razvoj elektromotora doprinio je novom smjeru kretanja proizvodnih procesa. Vrlo je važno za istaknuti kako automobili koji su pogonjeni motorima s unutarnjim izgaranjem u značajnoj mjeri utječu na onečišćenje okoliša, i to prvenstveno ispuštanjem opasnih i štetnih plinova u atmosferu, ali i stvaranjem određenih razina buke te korištenjem neobnovljivih izvora energije koji ih pokreću, odnosno fosilnih goriva. Prema tome, može se zaključiti kako razvoj autoindustrije u svijetu predstavlja zaista zapanjujući proces. S obzirom da se radi o visoko kapitalnoj industriji koja se kroz povijest razvijala u značajnom broju smjerova te prilagođavala potrebama tržišta, i na takav način je gotovo svake godine ostvarila bezbroj inovacija unutar svog područja, postala dijelom značajnog broja područja te dodatno utjecala na razvoj drugih područja.

Prije gotovo 100 godina jednu od značajnih inovacija predstavljao je i izum elektromotora, koji je potom ugrađen i u automobil, i predstavljao je okosnicu njegova pogona i zamjenu za motore s unutarnjim izgaranjem. Iako u tom periodu nije zaživio na tržištu, prvenstveno zbog cijene koštanja samog automobila ali i drugih nedostataka u obliku njegovih

performansi u odnosu na klasične automobile, poboljšanja i inovacija na tom području dovele su do njegove ponovne tržišne prihvatljivosti te povećanja broja električnih automobila na suvremenim cestama. Prema tome, za iste se ne može reći kako predstavljaju neku od inovacija u industriji i na tržištu. Istraživanje i razvoj proizvoda koje je usmjereno na otklanjanje nedostataka u proizvodnim procesima i na samim gotovim proizvodima u ovom slučaju rezultirali su pozitivnim pomakom u razvoju baterija, koje su ponovno potakle zanimanje za korištenje i kupnju električnih automobila. Osim toga, svijest kupaca, koja je potaknuta globalnim trendovima kao što su pojačane klimatske promjene, sve veće razine onečišćenja okoliša te troškovi koji proizlaze iz konstantnog dolijevanja vrlo skupog goriva, ali i nova cjenovna prihvatljivost ovih modela automobila.

Proces proizvodnje električnog automobila ne razlikuje se u mnogo stvari od procesa proizvodnje klasičnih automobila. Naime, dizajn procesa proizvodnje usmjeren je na smanjenje broja nepotrebnih aktivnosti, povećanje njegove učinkovitosti te proizvodnju uz maksimalno smanjenje broja grešaka. Sam proces započinje dizajnom automobila i kreativnim idejama, te se nastavlja na njegove tehničke i tehnološke karakteristike, proizvodnju i montažu proizvedenih dijelova te implementaciju informatičkih sustava, koji kasnije omogućavaju i individualizaciju automobila prema željama korisnika.

Tvrtka Rimac Automobili jedna je od najvećih tvrtki u Republici Hrvatskoj i njezina osnovna djelatnost je upravo proizvodnja i razvoj električnih hiper automobila za svjetsko tržište. Model Nevera njihov je zadnji plasirani model na tržište koji predstavlja jednu od značajnih prekretnica u svijetu električnih hiper automobila te je trenutni vlasnik značajnog broja svjetskih rekorda. Iako električni automobil nije inovacija na suvremenom tržištu za model Nevera tvrtke Rimac Automobili se zasigurno može reći kako on to uistinu i jeste. Naime, riječ je o potpuno električnom automobilu koji, osim što se gotovo u cijelosti proizvodi u matičnoj zemlji, raspolaže zavidnim performansama, koje su rijetkost na tržištu. Pritom, važno je naglasiti, da od trenutka njegova predstavljanja do trenutka prodaje prvog primjerka automobila načinjeno je više stotina izmjena po pitanju njegove brzine, ergonomije, performansi motora te informatičkih sustava, a sve to kako bi ostao jedan od najzapaženijih hiper automobila današnjice.

## Literatura

1. Bahunek, Z. (2013) Usporedba metoda unaprjeđenja proizvodnog procesa, Diplomski rad. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu
2. Bister, I., (2015) Poboljšavanje proizvodnih procesa, Diplomski rad, Zagreb: Sveučilište u Zagrebu
3. Bosilj Vukšić, V., Hernaus, T. Kovačić, A. (2008). *Upravljanje poslovnim procesima*. Zagreb: Školska knjiga.
4. Brumec, J., Brumec S. (2018). *Modeliranje poslovnih procesa*. Zagreb: Školska knjiga.
5. Čala, I., (2009) *Planiranje i praćenje proizvodnje*, Zagreb: Sveučilište u Zagrebu
6. Ćosić P., (2012) *Projektiranje tehnoloških procesa*, Zagreb: Zavod za industrijsko inženjerstvo
7. Doboviček, S. (2022) *Projektiranje proizvodnih sustava*, Rijeka: Tehnički fakultet Rijeka
8. Durišova, J. (2011.) Knowledge Life Cycle And Its Application In Automotive Industry, *Problems Of Management In The 21st Century* [Online] 2 (1) pp. 45-46, <raspoloživo na: <https://www.ceeol.com/search/article-detail?id=1035012> > [Pristupljeno: 19.06.2023.]
9. Ferreira, J., (2007.) Knowledge Management In Automobile Industry, *Proceedings of IFAC Conference on Cost Effective Automation in Networked Product Development and Manufacturing, Monterrey, México* [Online] pp. 1-6 <raspoloživo na: [https://www.researchgate.net/profile/Joao-Ferreira/publication/238067378\\_KNOWLEDGE\\_MANAGEMENT\\_IN\\_AUTOMOBILE\\_INDUSTRY/links/0c96052826bf8418c2000000/KNOWLEDGE-MANAGEMENT-IN-AUTOMOBILE-INDUSTRY.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Joao-Ferreira/publication/238067378_KNOWLEDGE_MANAGEMENT_IN_AUTOMOBILE_INDUSTRY/links/0c96052826bf8418c2000000/KNOWLEDGE-MANAGEMENT-IN-AUTOMOBILE-INDUSTRY.pdf) > [Pristupljeno; 19.06.2023.]
10. Gverijeri, M., (2022) Optimiziranje poslovnog procesa u proizvodnom sustavu, Diplomski rad. Osijek: Sveučilište J.J. Strossmayera
11. Hawes, M., (2018), UK Automotive Sustainability Report: The Society of Motor Manufacturers and Traders. [Online] <raspoloživo na:

- <https://link.springer.com/article/10.1007/s10551-008-9794-0> > [pristupljeno: 19.06.2023]
12. Karthikeyan, K., Muralidharan, R.R.A., (2010.) Impact of Knowledge Management Practices in Indian Automobile Industry – An Empirical Investigation, *International Journal of Information Technology and Knowledge Management* [Online] 2 (2) pp. 627-631 <raspoloživo na: [www.csjournals.com/IJITKM/PDF%203-1/88.pdf](http://www.csjournals.com/IJITKM/PDF%203-1/88.pdf) > [Pristupljeno: 19.06.2023.]
  13. Krmpotić, G. (2022). Mapiranje poslovnih procesa. [Online] <raspoloživo na: <https://gorankrmpotic.eu/mapiranje-poslovnih-procesa/> > [Pristupljeno: 19.06.2023.]
  14. Lewchuk, W., Stewart, P., Yates, C., (2001.), *Quality of Working Life in the Automobile Industry: A Canada-UK Comparative Study*. New Technology, Work and Employment
  15. Montgomery D.C., Runger G.C. (2010) *Applied Statistics and Probability for Engineers*, John Wiley & Sons
  16. Nikolić, G., Čala, I., Kostešić, V., (2010) *Metode planiranja u proizvodnji odjeće*, Zagreb: Zrinski d.d.
  17. Orsato, R., Wells, P., (2006)., The Automobile Industry & Sustainability. *Journal of Cleaner Production*, [Online] 28 (1), pp. 989-993. <raspoloživo na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652606003490> > [Pristupljeno: 19.06.2023]
  18. Rimac automobili, (2023) O nama. [Online] <raspoloživo na: <https://www.rimac-automobili.com/>> [Pristupljeno: 19.06.2023]
  19. Rimac automobili, (2022) First Production-Ready Rimac Nevera Takes to the Streets [Online] <raspoloživo na: <https://www.rimac-automobili.com/media/press-releases/first-production-ready-rimac-nevera-takes-to-the-streets/>> [Pristupljeno: 19.06.2023.]
  20. Roger G. Schroeder (1999) *Upravljanje proizvodnjom: Odlučivanje u funkciji proizvodnje*, Zagreb: MATE d.o.o.
  21. Saberi, B., (2017), The role of the automobile industry in the economy of developed countries. *International Robotics & Automation Journal*, 9. (1), pp. 179-180.
  22. Sikvica, P., Hernaus, T. (2011). *Dizajniranje Organizacije*. Zagreb: Novi informator.

23. Sturgeon, T.J., et al. (2009.) Globalisation of the automotive industry: main features and trends, *International Journal of Technological Learning, Innovation and Development* 2 (1), pp. 9-10
24. Srinivasa Rao, R., (2017), A Review on Competitive Structure of Automobile Industry. *Asian Journal of Applied Science and Technology (AJAST)*, [Online] 28 (2), pp. 175-185. <raspoloživo na: [ajast.net/data/uploads/2124.pdf](http://ajast.net/data/uploads/2124.pdf)> [Pristupljeno: 19.06.2023.]
25. Štefanić N., Tošanović. N. (2013) *Lean proizvodnja*, Zagreb: Zavod za industrijsko inženjerstvo, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilište u Zagrebu
26. Teece, D. J., (2019), China and the Reshaping of the Auto Industry: A Dynamic Capabilities Perspective. *Management and Organization Review*, [Online] pp. 177-199. <raspoloživo na: <https://www.cambridge.org/core/journals/management-and-organization-review/article/china-and-the-reshaping-of-the-auto-industry-a-dynamic-capabilities-perspective/E5E3F180025D428CF10842AAC25F239C>> [Pristupljeno: 19.06.2023.]
27. Tominić, S., (2022) Konceptualno projektiranje proizvodnog sustava u automobilske industriji, Doktorska disertacija, Rijeka: Sveučilište u Rijeci, 2022.
28. Toronto public library, (2015), A brief history of the automobile industry. [Online] <raspoloživo na: [https://torontopubliclibrary.typepad.com/business\\_personal\\_finance/2015/03/automobile-industry.html](https://torontopubliclibrary.typepad.com/business_personal_finance/2015/03/automobile-industry.html) [Pristupljeno: 19.06.2023.]
29. Vračević, S., (2022) Sigurnost proizvodnog procesa u automobilske industriji, Diplomski rad. Karlovac: Veleučilišta u Karlovcu
30. Wiendahl, H., Reichardt, J., Nyhuis, P. (2015) *Handbook Factory Planning and Design*, New York: Springer, New York



## Popis slika

Slika 1. Klasifikacija proizvodnih sustava .....	8
Slika 2. Električni automobil (Rimac Nevera) .....	33
Slika 3. Ulaz za obradu .....	37
Slika 4. Prikaz šasijske modela Nevera.....	38
Slika 5. Prikaz kableskog svežnja.....	39
Slika 6. Prikaz ključa Rimac Nevere .....	40
Slika 7. Baterijske ćelije.....	41
Slika 8. Odjel laminacije.....	42
Slika 9. Simulacija dinamike vozila .....	43
Slika 10. Prikaz simulacije zračnih jastuka.....	44
Slika 11. Prikaz arhitekture elektronike.....	45
Slika 12. Smjernice izrade automobila .....	46
Slika 13. Prikaz simulacije mogućnosti motora .....	48
Slika 14. Prikaz infotainment sustava.....	49
Slika 15. Prikaz procesa testiranja baterije.....	50
Slika 16. Prikaz računala za pohranu podataka .....	51