

UNIVERZA V LJUBLJANI
EKONOMSKA FAKULTETA

MAGISTRSKO DELO

**NAPOVEDOVANJE STROŠKOV RAZVOJA IZDELKOV V
IZBRANEM PODJETJU IZ AVTOMOBILSKE PANOGE**

Ljubljana, maj 2023

MITJA REJC

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani Mitja Rejc, študent Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani, avtor predloženega dela z naslovom Napovedovanje stroškov razvoja izdelkov v izbranem podjetju iz avtomobilske panoge, pripravljenega v sodelovanju s svetovalko red. prof. dr. Darjo Peljhan

IZJAVLJAM

1. da sem predloženo delo pripravil samostojno;
2. da je tiskana oblika predloženega dela istovetna njegovi elektronski obliki;
3. da je besedilo predloženega dela jezikovno korektno in tehnično pripravljeno v skladu z Navodili za izdelavo zaključnih nalog Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani, kar pomeni, da sem poskrbel, da so dela in mnenja drugih avtorjev oziroma avtoric, ki jih uporabljam oziroma navajam v besedilu, citirana oziroma povzeta v skladu z Navodili za izdelavo zaključnih nalog Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani;
4. da se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del (v pisni ali grafični obliki) kot mojih lastnih – kaznivo po Kazenskem zakoniku Republike Slovenije;
5. da se zavedam posledic, ki bi jih na osnovi predloženega dela dokazano plagiatorstvo lahko predstavljalo za moj status na Ekonomski fakulteti Univerze v Ljubljani v skladu z relevantnim pravilnikom;
6. da sem pridobil vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v predloženem delu in jih v njem jasno označil;
7. da sem pri pripravi predloženega dela ravnal v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil soglasje etične komisije;
8. da soglašam, da se elektronska oblika predloženega dela uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;
9. da na Univerzo v Ljubljani neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve predloženega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja predloženega dela na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija Univerze v Ljubljani;
10. da hkrati z objavo predloženega dela dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v njem in v tej izjavi.

V Ljubljani, dne _____

Podpis študenta: _____

KAZALO

UVOD	1
1 NAJPOGOSTEJŠE METODE ZAJEMANJA STROŠKOV	3
1.1 Tradicionalne metode spremljanja stroškov	3
1.1.1 Spremljanje stroškov po stroškovnih nosilcih	4
1.1.2 Spremljanje stroškov po stroškovnih mestih	4
1.1.3 Slabosti tradicionalnih metod	5
1.2 Stroški po aktivnostih poslovnega procesa ali ABC metoda.....	5
1.2.1 Prednosti ABC metode	6
1.2.2 Slabosti ABC metode	7
1.3 Ciljni stroški	8
1.3.1 Določanje ciljnih stroškov preko ciljnega dobička.....	10
1.3.2 Določanje ciljnih stroškov na podlagi funkcionalnosti izdelka.....	10
1.3.3 Kombinirana metoda	10
2 STEBRI KAKOVOSTI	11
2.1 Sistem vodenja kakovosti v avtomobilski industriji	12
2.2 Napredno načrtovanje razvoja izdelka – APQP	13
2.2.1 Vzpostavitev projekta	14
2.2.2 Načrtovanje in razvoj izdelka	15
2.2.3 Načrtovanje in razvoj proizvodnega procesa.....	16
2.2.4 Validacija izdelka in proizvodnega procesa	16
2.2.5 Stalen nadzor kakovosti in zbiranje povratnih informacij	16
2.3 Analiza možnih napak in posledic – FMEA	17
2.4 Načrtovanje merilnih sistemov – MSA	18
2.5 Statistično obvladovanje proizvodnega procesa – SPC	19
2.6 Proces potrditve serijske proizvodnje – PPAP.....	20
3 ORGANIZIRANOST RAZVOJNEGA PROCESA V SKLADU S SMERNICAMI FUNKCIJSKE VARNOSTI	21
3.1 Tradicionalna organiziranost procesov	22
3.2 Organiziranost procesov v podjetjih iz avtomobilske panoge	23
3.3 Organiziranost procesov v skladu s standardom Automotive SPICE	24
3.3.1 Procesi, usmerjeni v zagotavljanje kupčevih potreb	25

3.3.2	Podporni procesi.....	28
3.3.3	Organizacijski procesi	30
3.4	Novosti smernic funkcijske varnosti ISO 26262	31
3.5	Razširitev V-procesne strukture na ostale razvojne domene	31
3.5.1	Razvojni model strojne opreme.....	32
3.5.2	Razvojni model mehanskih elementov	33
4	ORGANIZIRANOST RAZVOJNEGA PROCESA V IZBRANEM PODJETJU	33
4.1	Predstavitev Skupine Kolektor.....	33
4.2	Zrelostne faze izdelka	35
4.3	Organizacijska struktura in upravljanje projekta.....	36
4.3.1	Načrtovanje izdelka.....	36
4.3.2	Razvoj proizvodnega procesa.....	39
4.4	Informacijski sistemi znotraj podjetja Kolektor Mobility	40
5	ANALIZA TRENUTNEGA PROCESA SPREMLJANJA STROŠKOV RAZVOJA	42
5.1	Opis razvojnih projektov	42
5.2	Spremljanje stroškov preko stroškovnih nalogov	43
5.2.1	Analiza stroškovnih nalogov na projektu A	45
5.2.2	Analiza stroškovnih nalogov na projektu B	47
5.2.3	Analiza stroškovnih nalogov na projektu C	49
5.3	Analiza razvojnih aktivnosti.....	51
6	MODEL SPREMLJANJA STROŠKOV RAZVOJA.....	54
6.1	Vzpostavitev modela za spremljanje razvojnih aktivnosti	54
6.1.1	Spremljanje razvojnih aktivnosti na sistemski ravni.....	55
6.1.2	Spremljanje razvojnih aktivnosti pri načrtovanju mehanskih sklopov in komponent.....	56
6.1.3	Spremljanje razvojnih aktivnosti na področju vgrajene programske opreme	57
6.1.4	Spremljanje razvojnih aktivnosti na področju strojne opreme	58
6.1.5	Spremljanje razvojnih aktivnosti na področju proizvodnega procesa.....	58
6.2	Uporaba modela za napovedovanje stroškov razvoja.....	59
6.3	Priporočila za učinkovitejše spremljanje celotnih stroškov razvoja	61
7	RAZPRAVA	63
SKLEP		64

LITERATURA IN VIRI	66
PRILOGE.....	71

KAZALO TABEL

Tabela 1: Osnovni gradniki sistema Polarion.....	42
Tabela 2: Razvojni stroški projektov A, B, C (Načrtovanje + Validacija).....	51
Tabela 3: Strošek razvojnih aktivnosti na projektu C	59
Tabela 4: Stroški razvoja mehanskih sklopov in komponent.....	60
Tabela 5: Stroški razvoja posameznih programskih različic	61
Tabela 6: Stroški razvoja strojne opreme	61

KAZALO SLIK

Slika 1: Procesno usmerjena metoda vrednotenja stroškov.....	7
Slika 2: Klasičen in japonski način razvoja izdelka	9
Slika 3: Koraki naprednega načrtovanja razvoja izdelka	14
Slika 4: Glavni dejavniki negotovosti	19
Slika 5: Poenostavljen procesni diagram Automotive SPICE.....	25
Slika 6: Razširitev Automotive SPICE procesne strukture	32
Slika 7: Organizacijska shema podjetja Kolektor.....	34
Slika 8: Analiza kakovosti dokumentiranih razvojnih ur	54

KAZALO PRILOG

Priloga 1: Stroškovna shema projekta A	1
Priloga 2: Stroškovna shema projekta B	2
Priloga 3: Stroškovna shema projekta C	3
Priloga 4: Stroškovna shema za področja Načrtovanje in Validacija.....	4
Priloga 5: Analiza potenciala za model spremljanja aktivnosti in napovedovanja stroškov dela razvojnega oddelka	5
Priloga 6: Modeli spremljanja aktivnosti razvoja in validacije	6

SEZNAM KRATIC

angl. – angleško

nem. – nemško

8D – (angl. Eight Disciplines Model); metoda 8D

ALM – (angl. Application Life Management); proces upravljanja življenjskega cikla vgrajene programske opreme

APQP – (angl. Advanced Product Quality Planning); napredno načrtovanje razvoja izdelka

Automotive SPICE – (angl. Automotive SPICE); procesni model ocenjevanja sposobnosti in zrelosti organizacijskih procesov za razvoj programske opreme

CAD – (angl. Computer-Aided Design); 3 dimenzionalni računalniški model

DFM/A – (angl. Design for manufacture); smernice za proces razvoja, ki upošteva omejitve proizvodnega procesa

DFMEA – (angl. Design Failure Modes and Effects Analysis); analiza napak in njihovih posledic na razvoju izdelka

EBITDA – (angl. Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization); dobiček pred obrestmi, davki in amortizacijo

FMEA – (angl. Failure Modes and Effects Analysis); analiza napak in njihovih posledic

IATF – (angl. International Automotive Task Force); standard za upravljanje kakovosti

ISO – (angl. International Organization for Standardization); mednarodna organizacija za standardizacijo

MSA – (angl. Measurement Systems Analysis); analiza merilnih sistemov

PDCA – (angl. Plan Do Check Act); Demingov krog

PFMEA – (angl. Process Failure Modes and Effects Analysis); analiza napak in njihovih posledic na razvoju proizvodnega procesa

PLM – (angl. Product Lifecycle Management); proces upravljanja celotnega življenjskega cikla izdelka

PPAP – (angl. Production Part Approval Process); proces potrditve serijske proizvodnje

PSW – (angl. Part Submission Warrant); sprostitev serijske proizvodnje

R&R – razvoj in raziskave

SMART – (angl. Specific, Measurable, Achievable, Relevant & Time-Bound); specifičen, merljiv, dosegljiv, relevanten, časovno omejen

SPC – (angl. Statistical Process Control); statistična kontrola procesov

SRS – Slovenski računovodski standardi

VDA – (nem. Verband der Automobilindustrie); nemško združenje proizvajalcev vozil

UVOD

Avtomobilska panoga v Evropski uniji prispeva več kot 7-odstotni delež bruto domačega proizvoda in zaposluje preko 13 milijonov ljudi (Evropska komisija, 2021). Je ena izmed najpomembnejših panog v svetovni ekonomiji, saj posredno povezuje številne proizvodne in storitvene panoge. Glavna poslovna strategija, ki se je tekom razvoja panoge uveljavila, je stroškovna učinkovitost. To je ena izmed najbolj osnovnih generičnih strategij, o kateri je pisal že Porter (1998, str. 12–14). Uspešnost tovrstne strategije v podjetjih je odvisna predvsem od standardizacije izdelkov ter ekonomije obsega.

S povečevanjem proizvedenih količin so se podjetja kmalu začela soočati z izzivom, kako z minimalnimi stroški zagotavljati enako raven kakovosti izdelkov. Potreba po zagotovitvi enotnih meril kakovosti je organizacije leta 1994 vodila k vzpostavitvi enotnega mednarodnega sistema za spremljanje kakovosti ISO 9000. Zaradi specifičnosti avtomobilske panoge se je iz omenjenega splošnega sistema za spremljanja kakovosti razvil sistem za obvladovanje kakovosti v avtomobilski industriji, sprva poznan kot ISO/TS 16949. Leta 2015 pa je standard prešel v upravljanjenje organizacije IATF, po kateri je dobil tudi novo ime IATF 16949 (Bureau Veritas, 2021a).

Vzpostavitev enotnih okvirjev za presojanje kakovosti je omogočala podjetjem spremljanje proizvodnega procesa z namenom preprečevanja reklamacij, odpoklicev ali celo tožb kupcev (Etienne, 2016, str. 290). Vendar stroški nastajajo že veliko prej, še preden izdelek preide v proizvodnjo. Prva podjetja, ki so se začela ukvarjati z optimizacijo stroškov v procesu razvoja, so bila japonska avtomobilska podjetja leta 1960 (Feil, Kim & Yook, 2004). Ta podjetja so razvila metodo ciljnih stroškov, katere glavna lastnost je, da upošteva prodajno ceno izdelka in načrtovani dobiček, iz katerega se izračuna maksimalen 'dovoljen' strošek ali lastno ceno izdelka (CRMT, 2012). Uporaba metode v zgodnji fazi življenjskega cikla izdelka – fazi razvoja je izjemno priporočljiva, saj s tehnološkimi rešitvami vplivamo na 80 % vseh proizvodnih stroškov ter na kar 95 % vseh stroškov, ki bodo nastali z izdelkom tekom celotnega življenjskega cikla (Broekman in drugi, 2017, str. 11).

Strožje okoljevarstvene politike, trajnostna mobilnost in tehnološke inovacije so v zadnjih nekaj letih povzročile številne izzive za podjetja, tako s tehnološkega kot tudi z ekonomskega vidika (Bureau Veritas, 2021b). Tehnološko so se nekoč enostavni mehanski izdelki preobrazili v zapletene mehatronske sisteme. Z razvojem elektronskih vezij in vgrajene programske opreme obstoječa orodja za zagotavljanje kakovosti v avtomobilski panogi niso bila več zadostna. Pojavila se je vrzel med tehnološko kompleksnostjo izdelkov in obstoječimi procesi zagotavljanja kakovosti. Dodatno novorazviti sistemi v avtomobilih prispevajo k povečevanju varnosti udeležencev v prometu. Uporaba obstoječih orodij za zagotavljanje kakovosti na novih izdelkih je pomenila drastično povečanje tveganja za nastanek dogodkov, v katerih bi lahko bila ogrožena tudi človeška življenja. Z namenom zmanjševanja tega razkoraka je avtomobilska panoga oblikovala dva ključna standarda: Automotive SPICE, ki oblikuje nove smernice za procesno orientirane organizacije, katere

delujejo na področju razvoja tehnološko kompleksnih izdelkov, in ISO 26262, ki se posveča zagotavljanju funkcionalne varnosti mehatronskih sistemov (Broekman in drugi, 2017, str. 31). Zbirka dobrih praks podjetjem omogočata vpeljavo V-razvojnega modela, ki zmanjšuje tveganje za nastanek napak tekom razvoja in nudi temeljni okvir za vzpostavitev modularnega načina razvoja. Ta omogoča razvoj enotne platforme, katero se lahko uporabi na več različnih izdelkih hkrati. V-model vključuje številne standardizirane podprocese, ki na t. i. levi razvojni strani obsegajo vse funkcionalnosti, od prepoznave zahtev kupca, zakonodaje, obstoječih praks in razvoja posameznih funkcionalnosti izdelka (slika 5, stran 25). Na t. i. desni strani V-modela pa standard predpisuje številne testne faze, ki jih mora izdelek prestat, da je dosežena zadostna raven kakovosti (Neemeh, 2020).

Glavni namen magistrskega dela je izboljšati zajem stroškov razvoja v avtomobilski panogi, konkretno v podjetju Kolektor Mobility, d.o.o. Analiza obstoječega sistema spremljanja stroškov, oblikovanje predlogov za njegovo izboljšavo in vzpostavitev modela spremljanja razvojnih aktivnosti, ki temelji na zbranih podatkih iz preteklih projektov, bodo povečali natančnost in uspešnost izračuna stroškov razvoja. S tem podjetje povečuje svojo konkurenčnost v hitrospreminjajoči avtomobilski panogi. Smernice, predlogi in nenazadnje tudi model spremljanja stroškov razvojnega oddelka so uporabni tudi za druga podjetja, ki delujejo v manj dinamičnih panogah.

Glavne cilje magistrskega dela bi lahko razdelili na tri enakovredne dele. Prvi cilj je predvsem s pomočjo sekundarnih podatkov iz realnega okolja analizirati in proučiti trenutni proces vrednotenja stroškov razvoja v podjetju. Izsledki predstavljajo glavni vhodni podatek za vzpostavitev novega modela vrednotenja stroškov razvoja, ki upošteva procesno strukturo organizacije v skladu s smernicami Automotive SPICE. Pomožni cilj pri prvem delu je predvsem najti posamezne povezave med stroškovnimi nalogi in procesi razvoja v avtomobilski panogi. Razvoj modela za spremljanje razvojnih aktivnosti in stroškov v skladu z V-razvojnim modelom je naslednji cilj magistrskega dela. Pomožni cilji bodo usmerjeni predvsem v stopnjo natančnosti modela ter smiselnost ločenega spremljanja aktivnosti znotraj posameznih procesov in podprocesov. Zadnji, tretji korak pa je vrednotenje rezultatov in ocena uporabnosti modela s stališča učinkovitega načina spremljanja stroškov razvoja.

Novorazviti numerični model vrednotenja aktivnosti in posledično stroškov razvoja bo nagovarjal naslednja raziskovalna vprašanja:

- Ali nove smernice razvoja v avtomobilski panogi omogočajo bolj natančno napovedovanje stroškov razvoja?
- Katere vrste stroškov je smiselno upoštevati pri izračunu stroškov razvoja?
- Kako modularni razvoj izdelka vpliva na stroške razvoja?

Prvi del magistrskega dela temelji na teoretičnem delu, ki obsega pregled domače in tuje strokovne literature s področja obstoječih, uveljavljenih sistemov zajema stroškov v

podjetjih, sistemih zagotavljanja kakovosti ter novi organiziranosti razvojnih procesov v skladu s smernicami Automotive SPICE. Poznavanje trenutnih sistemov vrednotenja stroškov je za nadaljnje raziskovanje zelo pomembno, saj lahko na podlagi analize izluščimo slabosti obstoječih modelov. S poznavanjem različnih stebrov kakovosti bomo bralca seznanili s kompleksnostjo in pomembnostjo posameznih procesov ter ga vodili skozi razvoj novih izdelkov. S predstavitvijo organiziranosti razvojnih procesov, ki sledijo novemu V-razvojnemu diagramu, bomo podali teoretične temelje, ki bodo zelo pomembni pri razumevanju drugega dela magistrskega dela. V teoretičnem delu pa sledi predstavitev Skupine Kolektor, njenega portfelja izdelkov ter organiziranosti razvojnih procesov.

Induktivno raziskovanje bo v drugem delu omogočalo popis vseh obstoječih praks zajema razvojnih stroškov v podjetju Kolektor Mobility, d.o.o. Pridobljene sekundarne podatke bomo s pomočjo kvalitativne in kvantitativne metode natančno analizirali, saj je treba pri analizi številskih vrednosti znotraj sheme razvojnih stroškov poznati tudi opisno klasifikacijo ter stroškovne postavke.

Stroškovna analiza bo obsegala tri avtomobilske razvojne projekte znotraj organizacije. Rezultati bodo podvrženi Cluster analizi, s pomočjo katere bomo lahko združili stroškovne postavke enakega izvora. Kombinacija različnih raziskovalnih metod bo omogočila pridobitev celostnega vpogleda v obstoječi proces zajema stroškov razvoja. S sintezo pridobljenih podatkov in procesne strukture, ki jih določajo smernice zagotavljanja funkcionalne varnosti, bomo vzpostavili model spremljanja razvojnih aktivnosti, ki bo omogočal izračun stroškov razvojnega oddelka tako na področju razvoja izdelka kot tudi razvoja proizvodnega procesa. Mogoč bo vpogled v razvojne aktivnosti posameznih razvojnih področij kot tudi posameznih sestavnih delov izdelka.

Proces vrednotenja rezultatov bo potekal v zadnjem delu, kjer bomo na podlagi rezultatov in primerjave med različnimi projekti analizirali obseg razvojnih aktivnosti in stroškov, opozorili na potencialna odstopanja in predlagali različne predloge za še uspešnejše in učinkovitejše spremljanje tako razvojnih aktivnosti kot tudi razvojnih stroškov. Ocena potenciala modela in nadaljnje možne izboljšave bodo predstavljene v zaključku raziskovalnega dela.

1 NAJPOGOSTEJŠE METODE ZAJEMANJA STROŠKOV

1.1 Tradicionalne metode spremljanja stroškov

Pri vseh poslovnih dejavnostih, kjer se ustvarja določene poslovne učinke, nastajajo stroški. So cenovno izraženi potroški, stroški prvin poslovnih procesov. Ker lahko nastajajo v različnih delih poslovnega procesa, jih je treba za njihovo pravilno vrednotenje pripisati dotičnemu poslovnemu učinku (Kavčič, Koželj & Turk, 2004, str. 40). Tradicionalne metode za razporejanje stroškov so se v podjetjih uporabljale v obdobju, ko sta bila delo in material

glavna proizvodna dejavnika. Tehnologija se ni spreminjala, splošni stroški so bili stvar procesa podpore proizvodnemu procesu, da je le-ta potekal nemoteno (Tekavčič, 1997, str. 66–67). Te metode še vedno uporabljajo nekatera podjetja, za katera velja, da imajo nizke režijske stroške in da proizvajajo en sam izdelek v visokih količinah. Večji obseg enakih izdelkov pomeni, da se delež režijskih stroškov razdeli na manjše dele, ki pa na koncu ne vplivajo bistveno na spremembo lastne cene izdelkov (Gaille, 2018). V nadaljevanju bomo predstavili dva načina spremljanja stroškov, in sicer spremljanje stroškov po stroškovnih nosilcih in stroškovnih mestih.

1.1.1 Spremljanje stroškov po stroškovnih nosilcih

Stroškovni nosilci so po definiciji izdelki ali storitve, zaradi katerih nastanejo stroški. Običajno se nosilci ne pojavljajo samo v obliki izdelkov in storitev, ki jih organizacija trži, temveč tudi v obliki tistih, ki se jih porablja tekom poslovnega procesa. Stroškovne nosilce zato delimo v dve skupini, in sicer začasne in končne stroškovne nosilce. Končne stroškovne nosilce povezujemo z izdelki in s storitvami, ki nam prinašajo ekonomske koristi ali prihodke. Začasni stroškovni nosilci pa so vse storitve, ki jih v podjetju opravijo podporne službe (nabavna služba, prodajna služba, razvoj in raziskave itd.). Največkrat govorimo tudi o splošnih stroških, ki jih je treba nekako razporediti na končne izdelke ali storitve (Kavčič, Koželj & Turk, 2004, str. 40–41). Na podlagi stroškovnih nosilcev ugotavljamo neposredne in posredne stroške. V skupino neposrednih stroškov uvrščamo vse, ki neposredno nastajajo v poslovnem procesu, gre za strošek vhodnih materialov, surovin in dela. Posredni stroški pa so vsi tisti stroški, ki jih ne moremo neposredno pripisati izdelkom. Takšni stroški so na primer strošek električne energije in strošek vzdrževanja (Kavčič, Koželj & Turk, 2004, str. 41–42).

1.1.2 Spremljanje stroškov po stroškovnih mestih

Računovodska gradiva opisujejo stroškovno mesto kot namensko, prostorsko in stvarno zaokroženo enoto v organizaciji, na kateri tekom poslovanja nastajajo stroški. Te stroške je mogoče razporejati neposredno ali posredno na poslovne učinke. Za njih skrbi odgovorna oseba. V splošnem ločimo tri glavne skupine stroškovnih mest, in sicer stroškovna mesta osnovne, stranske in pomožne dejavnosti (Kavčič, Koželj & Turk, 2004, str. 44). Stroškovna mesta osnovne dejavnosti zajemajo vse neposredne in posredne aktivnosti, ki so namenjene proizvodnji ali opravljanju storitev, za katere je bila organizacija ustanovljena. Poslovni učinki na sledečih stroškovnih mestih imajo naravo končnih stroškovnih nosilcev. Na stroškovnih mestih stranske dejavnosti se prav tako izvajajo različne aktivnosti proizvodnje ali opravljanje storitev, vendar te niso glavni namen oz. ne gre za osnovno dejavnost podjetja. Če organizacija nima tovrstne dejavnosti, tudi nima tovrstnih stroškovnih mest. Pomožna dejavnost pomaga primarni dejavnosti, brez katere le-ta ne bi bila izvedljiva (Kavčič, Koželj & Turk, 2004, str. 44–45).

1.1.3 Slabosti tradicionalnih metod

Z uveljavljanjem številnih sodobnih tehnologij se je korenito spremenilo poslovno okolje, v katerem organizacije delujejo (Koletnik, 2007, str. 318). V preteklosti so podjetja kot osnovo za razporejanje stroškov vzela neposredne delovne ure, saj je bila večina proizvodnje ročno delo. Po drugi svetovni vojni se je z razvojem novih oblik dela, predvsem z avtomatizacijo in robotizacijo delovnih mest, delež neposrednega stroška materiala ali dela zelo zmanjšal. Mnoga podjetja so zato kot osnovo za razvrščanje začela uporabljati število strojnih ur (Hočevnar, Čadež & Novak, 2012, str. 129). V 80. letih prejšnjega stoletja je razviti svet pričel spoznavati prednosti japonske poslovne strategije – vitko proizvodnjo. Ta je korenito posegla v izboljšanje točnosti dobav, zmanjšala je nepotrebne proizvodne procese, znižala čas dostav in zmanjšala količino zalog. Vpeljava številnih podprocesov vitke proizvodne je bila usmerjena v obvladovanje kakovosti izdelkov. Vse te spremembe so vodile k zmanjševanju deleža neposrednih stroškov dela. Konkretno so se neposredni stroški znižali na 5–10 % lastne cene izdelkov. Slabosti klasičnih metod so prvi opazili v podjetjih z visokoavtomatizirano proizvodnjo, v podjetjih s širokim obsegom proizvodnega portfelja ter v podjetjih, ki so imela sorazmeroma velik delež splošnih stroškov, ki niso bili vezani na obseg proizvodnje. Organizacije so bile na trgu soočene z dejstvom, da so njihove prodajne cene velikoserijskih izdelkov višje kot tiste od konkurenčnih japonskih podjetij. Pri maloserijskih izdelkih se je učinek napačnega izračuna cen izrazil v drugi smeri, in sicer v prenizkih cenah. Podjetja so v tem primeru poslovala z izgubo (Hočevnar, Čadež & Novak, 2012, str. 130).

1.2 Stroški po aktivnostih poslovnega procesa ali ABC metoda

Kot odgovor na slabosti klasičnih metod obvladovanja stroškov, ki so povzročile upad konkurenčnosti podjetij na zahodu, so v osemdesetih letih prejšnjega stoletja razvili novo metodo izračuna stroškov. Kaplan in Bruns sta kot prva v knjigi *Accounting and Managements* objavila metodo, ki temelji na predpostavki, da stroškov ne povzročajo samo izdelki, temveč tudi aktivnosti v podjetju. Te trošijo prvine poslovnega procesa, kar je neposredno povezano s procesom nastajanja stroškov (Hočevnar, Čadež & Novak, 2012 str. 131). Za procesno usmerjen način obvladovanja stroškov je značilno pravilnejše obračunavanje notranjih učinkov na področjih, ki posredno sodelujejo pri ustvarjanju izdelkov in tržnih storitev (Koletnik, 2007, str. 332). Aktivnosti so lahko zaključeni poslovni procesi ali pa samo deli posameznih procesov, za katere je mogoče ugotoviti, da so v soodvisnosti z nastajanjem posrednih stroškov posameznih poslovnih učinkov (LM Veritas, brez datuma).

Proces vzpostavitve metode sestoji iz 5 različnih stopenj:

- V prvi fazi je treba poslovni proces razdeliti na posamezne podprocese in aktivnosti. Razdelitev mora vključevati celoten proces od začetka do konca, od procesa nabave

materialov, nabavne logistike do konca prodajnih aktivnosti. Bolj kot bo natančna ločitev aktivnosti, tem bolj učinkovito bo razporejanje stroškov (Zamrud, Abu, Nurharyantie & Safeiee, 2020, str. 81).

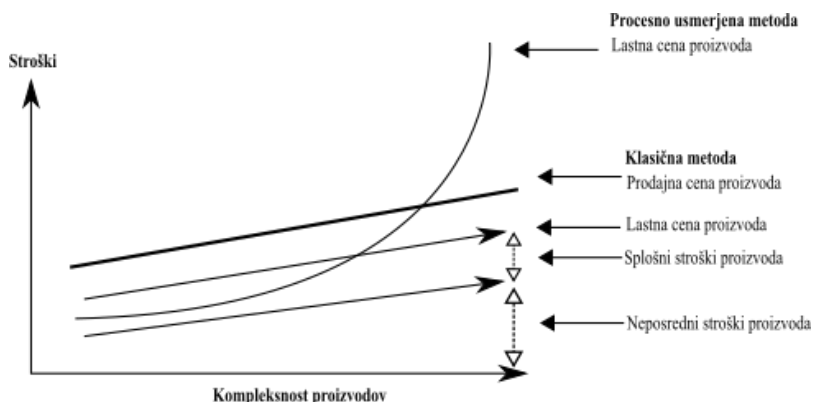
- Na podlagi prepoznanih aktivnosti in njihovega zaporedja lahko v drugi fazi določimo vse vrste stroškov, ki nastajajo pri njihovem izvajanju. Pomembno je, da se upošteva vse vrste stroškov, tako tiste, ki jih lahko neposredno pripišemo aktivnostim, kot tudi tiste, katerih le del stroškov nastane z izvajanjem. Podjetja s kompleksnimi poslovnimi procesi imajo običajno veliko različnih stroškov, zato je priporočljivo, da oblikujejo posamezne stroškovne skupine. Pri proizvodnih aktivnostih bi lahko na primer oblikovali stroškovne skupine, npr. stroški priprave proizvodnje, stroški proizvodnega procesa ter stroški kakovosti (Koletnik, 2007, str. 338–341).
- V tretjem koraku določimo povzročitelje stroškov (*ang. cost drivers*). Gre za vire stroškov na posameznih aktivnostih (Sakurai, 1996, str. 96). Le-ti določajo, zakaj aktivnost sploh obstaja, hkrati pa določajo tudi njeno kompleksnost in zahtevnost (Turney, 1996, str. 87). V splošnem delimo povzročitelje stroškov v dve različni skupini, in sicer povzročitelje, ki so odvisni od količine izdelanih izdelkov, in povzročitelje, ki so neodvisni od proizvedene količine. Strošek materiala je neposredno povezan s proizvodno količino, kar ga uvršča v prvo skupino. Medtem ko so stroški razvoja izdelka, validacije in proces vzpostavitve proizvodnega procesa neodvisni od proizvodne količine (Sakurai, 1996, str. 96). Uspešno določeni povzročitelji stroškov predstavljajo temelj za nadaljnjo optimizacijo stroškov v podjetju (Turney, 1996, str. 87). Na primeru proizvodnega obrata so tipični povzročitelji stroškov število zagonov proizvodne linije, število kontrol kakovosti in število strojnih ur dela (Koletnik, 2007, str. 337–342).
- V četrtem koraku izberemo ključne za razporejanje (*angl. performance measures*). Z njimi lahko vrednotimo dosežen rezultat ali delo, ki je bilo opravljeno znotraj posamezne aktivnosti, pravzaprav meri izkoristek aktivnosti (Turney, 1996, str. 88). V primeru proizvodnega podjetja bi stroške priprave proizvodnje izračunali s pomočjo ključev pogostosti menjav orodij in cene posamezne nastavitve (Koletnik, 2007, str. 337–342).
- V zadnjem koraku pa novoizračunane stroške pripišemo posameznim izdelkom, za katere izvajamo nastavitve proizvodnega procesa (Koletnik, 2007, str. 337–342).

1.2.1 Prednosti ABC metode

Procesno usmerjeno stroškovno računovodstvo ima veliko prednosti v primerjavi s klasičnimi metodami. Ta zagotavlja boljšo preglednost med posameznimi učinki in stroški na področju splošnih proizvodjalnih in neproizvodjalnih dejavnosti. Omogoča nam boljši nadzor nad stroški. Nudi možnost presojanja odločitve, ali je smiselno imeti več različnih dobaviteljev posameznih komponent (Koletnik, 2007, str. 357). Vpeljava metode je koristna predvsem v primerih, ko so podjetja soočena z višjimi proizvodnimi stroški kot njihova konkurenca, enako velja za neproizvodne stroške. Metoda je koristna tudi v primerih, ko gre za vrednotenje stroškov pri kompleksnih maloserijskih izdelkih. Številna podjetja so z opustitvijo tradicionalnih metod obvladovanja stroškov preprečila izgubo tržnega deleža na

delovno intenzivnih trgov. Tudi avtomobilska panoga velja za eno izmed najbolj stroškovno učinkovitih panog na svetu (Turney, 1996, str. 227–228). Slika 1 prikazuje, kako je procesno usmerjena metoda sposobna predvideti stroške posameznega izdelka glede na procese in z njimi povezane stroške. V primerjavi s klasičnimi metodami stroški niso linearno odvisni od stopnje kompleksnosti izdelkov (Koletnik, 2007, str. 357).

Slika 1: Procesno usmerjena metoda vrednotenja stroškov



Prirejeno po Koletnik (2007).

1.2.2 Slabosti ABC metode

Kljub številnim prednostim ima tehnika tudi nekaj pomanjkljivosti, in sicer odvisnost od razporeditve aktivnosti v podjetjih. Uspešnost metode je močno odvisna od deljenja poslovnega procesa na več področij oz. aktivnosti. Če je začetna delitev nepravilna, so tudi vsi povezani stroški napačni, kar lahko privede do napačnih odločitev vodstva podjetja (Woodruff, 2019). S tem namenom obstajajo številne izboljšave, ki predpisujejo različne ravni aktivnosti. Aktivnosti na ravni posamezne proizvodne enote združujejo proizvodne procese, skozi katere mora vsak izdelek. Primeri stroškov, ki jih uvrščamo v to kategorijo, so: strošek dela, materiala, strojnih ur in amortizacija naprav. Sekundarna raven aktivnosti so aktivnosti na ravni proizvodne serije. V to kategorijo uvrščamo predvsem stroške, ki so povezani z nastavitvijo linij, strošek logistike in strošek nadzora kakovosti. Najvišja raven pa so organizacijske aktivnosti. V to kategorijo se uvrščajo stroški, ki so povezani z vzdrževanjem proizvodnih kapacitet, in sicer organizacijski stroški, strošek ogrevanja in stavbna nadomestila (Sakurai, 1996, str. 113).

Dodatna omejitev metode so stroški, ki so povezani z njihovo vpeljavo. Sprememba načina obvladovanja stroškov iz klasičnega v procesno usmerjeno obvladovanje terja velike stroške tako na oddelku za kontroling kot tudi pri najemu zunanjih svetovalcev. Tu je treba omeniti tudi, da porazdeljevanje splošnih stroškov na povzročitelje še ne pomeni njihovega uspešnega obvladovanja. Zmanjševanje strojnih ur tudi ni neposredno povezano z zmanjševanjem splošnih stroškov podjetja (Hočevar, Čadež & Novak, 2012, str. 156).

1.3 Ciljni stroški

Tradicionalni načini obvladovanja stroškov so bili osredotočeni na posamezne procese v podjetjih. Konkurenčne prednosti, ki so izhajale iz tradicionalnih načinov, so v mnogih primerih veljale le za omejeno obdobje. Z razvojem sodobnih načinov se je proces obvladovanja stroškov razširil na celotno dobaviteljsko verigo v panogi. Poznavanje in njihova kontrola že dolgo nista več stvar posameznega podjetja, temveč gre za širši pomen. Od dobaviteljev osnovnih surovin pa vse do podjetij, ki prodajajo izdelke za končni trg. Uveljavilo se je t. i. vnaprejšnje obvladovanje stroškov, za katero je značilno, da daje večji poudarek fazi razvoja izdelka, saj takrat nastane največji delež stroškov. Tako kot prejšnje metode tudi te ne smejo zmanjševati zadovoljstva kupcev. Upravičeni so samo tisti stroški, ki so jih kupci pripravljeni plačati. Gre za proces obvladovanja stroškov po celotni dobaviteljski verigi (Koletnik, 2007, str. 363–364).

Ena izmed metod vnaprejšnjega obvladovanja stroškov je izračun ciljnih stroškov. Koncept so sprva uporabljali Japonci. Zaradi svoje uspešnosti in procesa globalizacije se je tehnika razširila tudi v zahodne države. V njih so številna podjetja prepoznala učinkovitejše obvladovanje stroškov in posledično utrjevanje konkurenčnega položaja na trgu (Koletnik, 2007, str. 366). Metodo v splošnem sestavljajo trije glavni procesi, in sicer tržna analiza ter določanje in obvladovanje ciljnih stroškov. Pri tržnih analizah je pomembno, da se vsaka kupčeva potreba odrazi v določeno funkcijo oz. lastnost izdelka. Za podjetje je pomembno, da vsak izdelek maksimalno povečuje zadovoljstvo kupcev. Proces določanja ciljnih stroškov je strateškega pomena, proces obvladovanja stroškov pa traja vso življenjsko dobo izdelka, in sicer od procesa razvoja, proizvodnje do poprodajnih aktivnosti (Sakurai, 1996, str. 47).

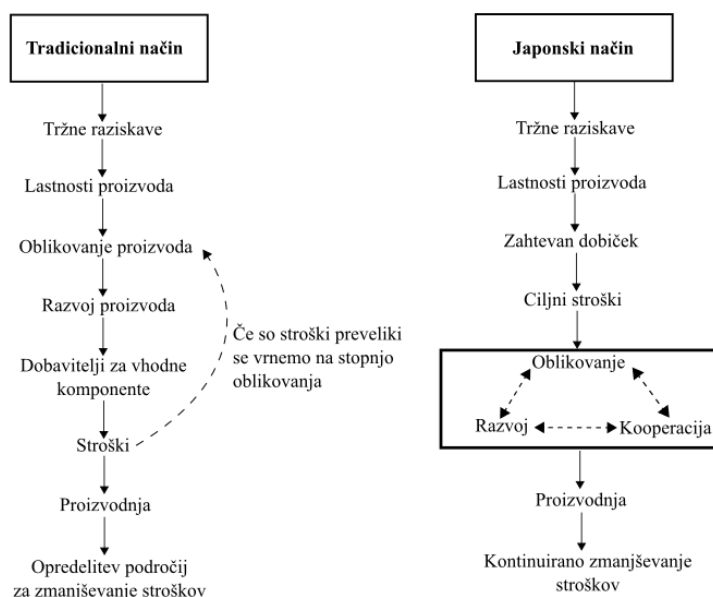
Ključno pri tej metodi je, da se začne spremljati stroške že v fazi razvoja. Takrat se določi 80 % vseh stroškov. Napačno izbran koncept, tehnologija izdelka, izbrane funkcionalnosti izdelka, ki v kupčevih očeh ne prinašajo dodane vrednosti, se na trgu izrazijo z zmanjšano prodajo in s poslabšanjem konkurenčnega položaja (Koletnik, 2007, str. 365). Glavni namen metode so predvsem ciljno in sinhrono delovanje vseh oddelkov znotraj podjetja. Vsi deležniki v procesu morajo delovati v smeri doseganja zahtevane donosnosti kapitala. Ta pa je dosegljiva samo s celostnim obravnavanjem stroškov (Koletnik, 2007, str. 367). Uspešnost in učinkovitost metode je odvisna od pestrosti skupine. Ključno je, da skupino sestavljajo menedžerji, ki skrbijo za prodajo različnih vrst izdelkov, ter tehnični strokovnjaki. Večja kot je multidisciplinarnost ekipe, večja je verjetnost, da bo postopek ugotavljanja ciljnih stroškov uspešno izveden (Stadtherr & Wouters, 2021, str. 11).

Metodo ciljnih stroškov bi lahko razdeli na več različnih faz. V začetni fazi podjetje s pomočjo tržnih raziskav dobi vpogled, kakšne lastnosti bi potencialni izdelek moral vsebovati. Ko imamo vhodne zahteve za izdelek, se je treba vprašati, koliko nas sme izdelek

stati. Vedno govorimo o dovoljenih stroških, ki bodo šele nastali, ne o preteklih stroških, kot je to veljalo za tradicionalni izračun stroškov (Koletnik, 2007, str. 368).

Slika 2 prikazuje shemo procesa razvoja izdelka na klasičen način in z metodo ciljnih stroškov. V prvem primeru podjetje najprej razvije izdelek. Procesi si sledijo zaporedno, brez vmesnih preverjanj ali povratnih zank. Vsak opravi svojo nalogo. Povratna informacija, ali je izdelek ustrezno razvit, nastopi šele, ko izdelek pride na trg. Takrat tržne razmere določijo, ali se bo izdelek prodajal ali ne. Če so potrebne kakršne koli spremembe, je strošek razvoja prve različice že nastal, proizvodni proces pa postavljen in določen. Razvoj nove različice izdelka ne bi samo podvojil stroškov razvoja, temveč bi povečal tudi stroške proizvodnje in prilagoditve procesa. V drugem primeru se razvojni proces prav tako začne s tržnimi raziskavami, s pomočjo katerih se ugotovi osnovne lastnosti izdelkov. S stroški se podjetje začne ukvarjati že v fazi izbire koncepta. Stroškovni vidik je enako pomemben kot lastnosti izdelka, katere so pridobljene s tržnimi raziskavami (Koletnik, 2007, str. 369–370).

Slika 2: Klasičen in japonski način razvoja izdelka



Prirejeno po Koletnik (2007).

Pred vpeljavo metode ciljnih stroškov je treba opredeliti vsebino in cilje projekta. Na podlagi tržnih raziskav se na tej stopnji določi nabor funkcij in lastnosti izdelka, ki bodo pravzaprav predstavljale izhodišče za izračun ciljnih stroškov. Poleg določanja lastnosti in oblik izdelka pa je treba določiti tudi tržno strategijo, ki bo skrbela za vstop na nove trge oz. področja trga. Tržne napovedi morajo vključevati ocene razvoja trga v prihodnosti, učinke vstopa na trg, gibanje prodajne cene izdelka ter pričakovane letne količine. Ker vseh vidikov ni mogoče upoštevati, je zelo pomembno, da se pripravi več različnih scenarijev. Tu govorimo o optimističnem, realističnem in pesimističnem scenariju (Koletnik, 2007, str. 371–373).

Poleg določanja tržnih okvirjev je pomembno pred začetkom analize postaviti tudi računovodska izhodišča za izračun ciljnih stroškov. Podjetje mora v tem koraku določiti, katere stroškovne postavke bo upoštevalo za kasnejši izračun. Običajno se v izračun ciljnih stroškov vključi strošek razvoja, proizvodne stroške, strošek vhodnega materiala, administrativne stroške, povezane s prodajo izdelka, reklamacij in stroške procesa reševanja težav na kupčevi strani (Stadtherr & Wouters, 2021, str. 11). Dodatno je treba določiti, kakšna bo natančnost izračuna. Le-ti lahko temeljijo bodisi na teoretičnih, izkustvenih ali povprečnih ocenah stroškov. Priporočljivo je, da se višina ciljnih stroškov določa za več različnih stopenj: razvoj izdelka, vzpostavljanje proizvodnega procesa in končne serijske proizvodnje (Yoshikawa, Innes, Falconer & Tanaka, 1993, str. 40–41). Ko imamo določen trg, vstopno strategijo, osnovni koncept izdelka in računovodska izhodišča, lahko začnemo z določanjem ciljnih stroškov. Tu v splošnem poznamo tri različne pristope.

1.3.1 Določanje ciljnih stroškov preko ciljnega dobička

Metoda temelji na izračunu ciljnih stroškov preko ciljnega dobička, ki ga v podjetju določa zahtevan donos lastniškega kapitala. Na podlagi tržnih raziskav podjetje določi najvišjo možno prodajno ceno izdelka. S poznavanjem letnih količin in ciljnega dobička lahko izračunamo ciljni strošek (Sharafoddin, 2016, str. 125).

1.3.2 Določanje ciljnih stroškov na podlagi funkcionalnosti izdelka

Kumulativna ali inženirska metoda temelji na študiji izvedljivosti, ki jo izvajajo običajno razvojni inženirji in jo lahko izvedemo na tri različne načine. Prvi način je, da uporabimo informacije iz preteklih podobnih izdelkov. Pri tem moramo paziti, da operiramo z relativnimi vrednostmi stroškov, saj so ti merjeni absolutno in se zaradi različnih količin lahko bistveno razlikujejo. Če bi v novem izdelku uporabili podobne funkcionalnosti, lahko stroške ustrezno popravimo z upoštevanjem krivulje učenja. Drug način izračuna vključuje statistične metode, običajno regresijsko analizo. Na podlagi preteklih podatkov lahko ocenimo, kolikšen naj bi bil strošek razvoja novega izdelka (Yoshikawa, Innes, Falconer & Tanaka, 1993, str. 44–45). Tretji način izračuna pa je določanje ciljnih stroškov s pomočjo ocene stroška posameznih funkcionalnosti in elementov novega izdelka. S seštevanjem posameznih prispevkov, cen vhodnih komponent in stroškov razvoja proizvodne tehnologije pridemo do skupne ciljne vrednosti (Stadtherr & Wouters, 2021, str. 7).

1.3.3 Kombinirana metoda

Ta metoda določa ciljne stroške s kombinacijo ciljnega dobička in kumulativne metode. V praksi gre za najbolj uporabno metodo, saj združuje tako tržni kot tudi inženirski vidik. Omogoča primerjavo vrednosti stroškov, ki izhajajo iz zahtevanega donosa lastniškega kapitala ter dovoljenih stroškov, ki izhajajo iz posameznih lastnosti izdelka, v katere je

vključen strošek razvoja, proizvodnega procesa in nabavnih cen komponent (Sakurai, 1996, str. 52). Če se vrednosti stroškov ujemata, lahko s projektom nadaljujemo. V nasprotnem primeru pa je potreben ponovni krog izračuna. Pred ponovnim izračunom ciljnih stroškov je treba določiti izhodišča stroškovne optimizacije. Ključno je, da je optimizacija usmerjena v sestavne dele, komponente in posamezne funkcionalnosti, ki povzročajo največji delež stroškov in hkrati ne igrajo pomembne vloge pri zadostitvi kupčevih potreb. Da je proces stroškovne optimizacije učinkovit, se vključi širši krog ljudi v podjetju in tudi izven njega. Metoda omogoča opolnomočenje sodelujočih, spodbuja njihovo sodelovanje, inovativnost in občutek pripadnosti. V proces je poleg zaposlenih z različnih področij priporočljivo vključiti tudi dobavitelje vhodnih materialov in proizvodne opreme. Širši krog ljudi kot zajememo, bolj uspešno bo metoda izvedena (Sharafoddin, 2016, str. 126).

Poleg poznavanja obstoječih načinov obvladovanja in spremljanja stroškov si zaradi boljšega razumevanja modela vrednotenja razvojnih aktivnosti oglejmo sistem upravljanja kakovosti, iz katerega izhaja V-razvojni organizacijski model, ki bo predstavljal glavni okvir kasnejših izračunov.

2 STEBRI KAKOVOSTI

Podjetja so sprva uveljavljala upravljanje kakovosti le znotraj svojih poslovnih procesov. Šele standardizacija nadzora kakovosti je vzpostavila določila za celostno obvladovanje kakovosti. Gre za prostovoljno in metodično izvajanje materialnih in nematerialnih procesov, ki koristijo skupnosti. Ključne prednosti so predvsem izboljševanje primernosti izdelanih izdelkov, procesov, storitev, preprečevanje ovir v trgovanju in spodbujanje tehničnega sodelovanja. Standard kakovosti omogoča enoten jezik, ki ga razumejo vsi deležniki, tako odjemalci kot tudi proizvajalci (Piskar & Dolinšek, 2006, str. 44–45). Vpeljava strukturiranega nadzora kakovosti podjetjem prinaša večjo odgovornost in zavzetost zaposlenih, boljšo izrabo delovnega časa, virov, človekovih zmožnosti, višjo doslednost in sledljivost izdelkov ter storitev, manj odpadkov in proces stalnega izboljševanja kakovosti in učinkovitosti. Finančno se koristi odražajo v lažjem obvladovanju stroškov in povečevanju tržnih priložnosti na obstoječih in novih trgih, kar je neposredno povezano tudi z dobičkom (Piskar & Dolinšek, 2006, str. 210). Različne interesne skupine so skušale strukturirati sistem vodenja kakovosti, vendar je šele leta 1994 prišlo do ustanovitve tehničnega odbora, ki je kasneje vzpostavil mednarodno družino standardov za zagotavljanje kakovosti ISO 9000 (Piskar & Dolinšek, 2006, str. 46).

Njihova vsebina je temeljila na podlagi večletnih analiz vplivov kakovosti na različna poslovna okolja in različne panoge. Standard se je tekom več ponovitev dopolnjeval, ampak v svojem temelju vsebuje osem načel, ki se osredotočajo predvsem na mnenje in zahteve odjemalcev, določanje odgovornosti vodstva za doseganje in vzpostavitev sistema zagotavljanja kakovosti ter na opolnomočenje zaposlenih na vseh ravneh organizacije. Le s

sistemskim pristopom lahko podjetja uspešno dosegajo zadane kazalnike uspešnosti ter proaktivno izvajajo proces nenehnega izboljševanja (Novak, 2001, str. 13–14).

2.1 Sistem vodenja kakovosti v avtomobilski industriji

Družina standardov ISO 9000 je bila razvita za podjetja in organizacije različnih gospodarskih panog. Zaradi splošnosti se je znotraj avtomobilske panoge izoblikovala potreba po nadgraditvi obstoječih norm, ki bodo na eni strani specifično naslavljale probleme avtomobilske panoge, na drugi strani predstavljale vstopno oviro drugim organizacijam, hkrati pa izboljšale nadzor dobaviteljev (Laskurain, Arana, Saizarbitoria & Boiral, 2020, str. 11–13). Rodil se je standard IATF 16949, ki vpeljuje sistem kakovosti, specializiranega za avtomobilsko industrijo. Za podjetja je prevzem tovrstnega standarda strateška odločitev, ki jo mora sprejeti najvišji organ upravljanja. Predpisuje celotno obvladovanje kakovosti na vseh ravneh podjetja. Z njim organizacije ne pridobijo samo ključne konkurenčne prednosti, temveč jim omogoči številne zmožnosti, da uspešno izpolnjujejo zahteve kupcev in veljavne zakonodaje, prinaša tudi številne potrebne kompetence na ravni obvladovanja tveganj in priložnosti. Uveljavitev standarda poveča kredibilnost organizacije do vseh sodelujočih – od kupcev, dobaviteljev ter tudi njihovih konkurentov. Uvaja t. i. procesni pristop, ki vključuje sistematično vodenje procesov ter njihovih interakcij, vse z namenom doseganja predvidenih ciljev v skladu s politiko kakovosti. Osnovni proces temelji na PDCA ciklu, ki omogoča boljše razumevanje in uspešno vpeljavo kupčevih zahtev, spodbuja procese, ki prinašajo dodano vrednost podjetju, ter na podlagi naučenih lekcij, zbranih podatkov in informacij spodbuja organizacije k stalnemu izboljševanju procesov (IATF, 2016, str. 4–5).

Podobno kot ISO 9001 tudi standard IATF 16949 v prvi vrsti nalaga odgovornost vodstvom podjetji, da bdijo nad uspešnim izvajanjem sistema kakovosti. Zagotavlja, da se politika kakovosti vpeljuje po celotni organizaciji in da je ta skladna s strateškimi usmeritvami podjetja. Odločevalci se zavezujejo, da bodo zagotovili potrebne vire za vzdrževanje sistema kakovosti in zaposlene stalno vključevali, jih usmerjali in izobraževali na tem področju. Organizacija kot celota pa mora uvesti korporativno politiko odgovornosti, odgovornost do naravnega okolja, etičnih moralnih vrednot, družbenega okolja in poslovnih partnerjev (IATF, 2016, str. 13–14).

Uveljavljanje sistema kakovosti, skladnega z IATF zahtevami, se začne pri imenovanju predstavnika vodstva za sistem vodenja kakovosti. Njegova naloga je vpeljava zahtev standarda v notranje procese podjetja. Pri načrtovanju sistema kakovosti je treba najprej določiti tveganja. Običajno so le-ta izkustvena, na podlagi preteklih odpoklicev, presoje izdelkov, popravil in reklamacij. Na podlagi rezultatov se vzpostavi sistem preventivnega ukrepanja, ki določa ukrepe za preprečevanje okoliščin, katere bi lahko vodile v nastanek neskladnosti. Tekom vpeljave norm iz standarda se tudi določi, kaj je glavni cilj kakovosti in kako ga bomo dosegli. Govorimo o SMART ciljih, ki morajo biti specifični, merljivi, dosegljivi, relevantni in časovno opredeljeni (IATF, 2016, str. 15–16).

Na področju načrtovanja in razvoja novih izdelkov standard uvaja posebne procese za pregled kupčevih zahtev, načrtovanje izdelka, študijo izvedljivosti ter njegovo vrednotenje. Gre za multidisciplinaren pristop, pri katerem sodeluje širši krog ljudi z različnimi kompetencami. Glavni orodji pristopa sta procesa Napredno načrtovanje razvoja izdelka (angl. Advanced Product Quality Planning, v nadaljevanju APQP) in Analiza možnih napak in posledic (angl. Failure Modes and Effects Analysis, v nadaljevanju FMEA), v kateri vrednotimo tehnična tveganja in določamo preventivne in korektivne ukrepe. Z zrelostjo izdelka se prične procesa vzpostavljanja merilnih sistemov (angl. Measurement Systems Analysis, v nadaljevanju MSA) in statističnega obvladovanja proizvodnega procesa (angl. Statistical Process Control, v nadaljevanju SPC). Njun glavni namen je merjenje in nadzor kakovosti v proizvodnem procesu. Peti steber kakovosti je namenjen potrjevanju serijske proizvodnje. V postopku sprostitev izdelkov in proizvodnih procesov je organizacija zavezana k predložitvi dokazov, ki kažejo na ustreznost izdelka in proizvodnega procesa s kupčevimi in zakonodajnimi zahtevami (IATF, 2016, str. 30–31).

Poleg petih glavnih stebrov kakovosti standard ITAF 16949 priporoča tudi vpeljavo vitke proizvodnje, ki prinaša sistem za nenehno izboljševanje kakovosti izdelka, nižje proizvodne in logistične stroške ter večjo konkurenčnost in sposobnost hitrega prilagajanja razmeram na trgu (IATF, 2016, str. 40–43).

2.2 Napredno načrtovanje razvoja izdelka – APQP

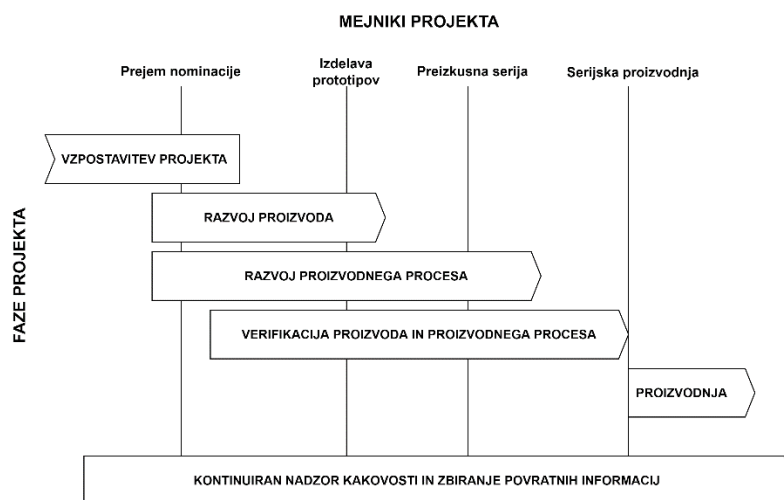
Metoda vključuje glavne smernice za razvoj izdelka in proizvodnega procesa, ki so plod številnih uspešno uveljavljenih procesov razvoja znotraj posameznih avtomobilskih podjetij. Ključne pridobitve dokumenta so predvsem zmanjševanje kompleksnosti in standardizacija procesa razvoja izdelka tako za razvijalce kot tudi odjemalce. Približno 75 % usmeritev predstavljajo smernice za zagotavljanje kakovosti razvojnega procesa skozi razvoj izdelka in proizvodnega procesa. Preostali del pa je namenjen zbiranju povratnih informacij s trga, ki se odraža skozi kupčevo zadovoljstvo z novorazvitim izdelkom, hkrati pa podaja smernice stalnega izpopolnjevanja procesa izdelave. Cilj naprednega načrtovanja razvoja izdelka je deterministično opisati posamezne korake razvoja, povečati zadovoljstvo kupcev, zmanjšati verjetnost poznih sprememb izdelka in izboljšati obvladovanje stroškov (Doshi & Desai, 2016, str. 515–516).

Pred samim začetkom razvoja novega izdelka je treba postaviti osnovna izhodišča projekta. Mednje spada organizacija razvojne ekipe. Gre za multidisciplinarni tim, ki mora vključevati razvojne inženirje, strokovnjake za materiale, prodajo, službo za nadzor kakovosti, pogodbene partnerje in tudi potencialne odjemalce. Ker gre za številčno ekipo, je pomembno, da ima vsak udeleženec svojo vlogo in zadolžitve. Vloge, odgovornosti in eskalacijske poti članov ekipe so popisane v matriki odgovornosti. Po vzpostavitvi ekipe je pomembno, da se določi časovni načrt projekta. Pri tem je treba upoštevati kompleksnost

izdelka, kupčeva pričakovanja in zmožnost podjetja, ki bo izdelek razvijalo in proizvajalo (Bobrek & Sokovic, 2005, str. 721–722).

Projekt običajno delimo na več različnih vzorčnih stopenj, ki so prikazane na sliki 3. Vsaka stopnja povečuje zrelost izdelka. Ker bo razumevanje procesa razvoja zelo pomembno za kasnejše vrednotenje stroškov, si v nadaljevanju oglejmo, kateri cilji morajo biti doseženi na posamezni stopnji razvoja.

Slika 3: Koraki naprednega načrtovanja razvoja izdelka



Prirejeno po Chrysler Corporation, Ford Motor Company & General Motors Corporation (1995).

2.2.1 Vzpostavitev projekta

Postopek vzpostavitve novega projekta se pravzaprav začne že z zbiranjem kupčevih potreb. Raziskovanje temelji na več različnih strategijah, najpogostejša pa je analiza trga. S pomočjo različnih intervjujev in anket kupcev skuša analiza čim bolj uspešno prepoznati kupčeve potrebe in težave. Alternativni način, ki ga priporoča standard, je posredna metoda, ki vključuje analizo člankov v medijih ter analizo institucionalnih regulativ in standardov. S poznavanjem norm in trendov lahko podjetja predvidijo, kaj bodo ključne kupčeve potrebe v naslednjem obdobju. Tretja metoda pa je analiza odpovedi in naučenih lekcij, na podlagi katerih lahko podjetje predvidi, s kakšnimi izzivi se spopadajo kupci, iz njih pa tvori rešitve. Slabost metode je, da jo lahko uporabljajo samo podjetja, ki že delujejo na avtomobilskem trgu (Chrysler Corporation, Ford Motor Company & General Motors Corporation, 1995, str. 7–8).

Če kupci izkažejo zanimanje za ponujene rešitve, proces vzpostavitve projekta stopi na naslednjo stopnjo, katera vključuje določanje maksimalnih stroškov razvoja, projektno časovnico, analizo kompetenc, cilje razvoja in stopnjo kakovosti izdelkov. Splošne časovne okvirje določa kupec. Naloga dobavitelja pa je, da določi podrobnejše mejnike projekta, in

sicer z začetki in zaključki posameznih vzorčnih stopenj. Ocena virov mora vključevati tako analizo zasedenosti kadra in njihovih kompetenc kot tudi analizo prostih kapacitet testnega laboratorija. Pri finančni sliki projekta je treba določiti finančni okvir razvoja izdelka in uskladiti načine plačila stroškov, saj gre običajno za visoke zneske in mora podjetje, ki bo izdelek razvijalo, rezervirati ustrezna finančna sredstva (Kerzner, 1998, str. 2). Po določitvi projektnih okvirjev sledi izdelava koncepta, ki služi odjemalcem kot orodje za preverjanje tehničnih kompetenc dobavitelja, podjetju, ki bo izdelek tržilo, pa koncept služi kot prva informacija o ustreznosti tehničnih rešitev. Rešitve se lahko izoblikujejo znotraj organizacije, lahko pa se podjetje odloči tudi za izvedbo konkurenčne analize, s katero dobi informacijo o stanju uporabljenih tehnologij na trgu. Izhod iz te stopnje predstavlja proces nominacije, v katerem kupec nominira podjetje za razvoj in proizvodnjo novega izdelka (Chrysler Corporation, Ford Motor Company & General Motors Corporation, 1995, str. 8–11).

2.2.2 Načrtovanje in razvoj izdelka

Po vzpostavitvi glavnih okvirjev projekta sledi načrtovanje in razvoj izdelka. Proces se prične s podrobnim pregledom kupčevih zahtev in z izvedbo študije izvedljivosti. Razvojna ekipa podrobno analizira in ovrednoti vsako lastnost in funkcijo izdelka. Posebna pozornost je namenjena zahtevam, ki opisujejo želeno raven kakovosti izdelka in njegovo življenjsko dobo. Rezultat študije je potrditev, da so vse kupčeve zahteve pravilno interpretirane in bodo upoštevane v procesu razvoja izdelka. Poleg tehničnih zahtev se v postopku določi tudi razvojne cilje in stopnjo zanesljivosti izdelka (Chrysler Corporation, Ford Motor Company & General Motors Corporation, 1995, str. 13). Po potrebi se uporabi metodo simultane razvoja izdelkov in proizvodnega procesa (angl. Design for manufacture – DFM/A), ki skuša tehnične rešitve čim bolj poenostaviti v smeri povečanja stopnje industrializacije in zmanjševanja stroškov v proizvodnem procesu. Čeprav se razvoj proizvodnega procesa še ni pričel, je zelo pomembno, da se pri tem upošteva tudi vse naučene lekcije podjetja. Njihova zgodnja vpeljava je lahko ključnega pomena (Chrysler Corporation, Ford Motor Company & General Motors Corporation, 1995, str. 14). Ob koncu načrtovanja izdelka sledi pregled dokumentacije. Le-ta vsebuje tehnične specifikacije, ki natančno določajo dimenzijske lastnosti izdelka in kosovnice, iz katere so razvidni vsi sestavni deli. Funkcijske lastnosti in sposobnosti izdelka pa je treba vključiti v ločene inženirske specifikacije, iz katerih kupec dobi informacijo o funkcijskih zmožnostih izdelka (Chrysler Corporation, Ford Motor Company & General Motors Corporation, 1995, str. 16). Zadnji, pomemben korak razvoja izdelka pa je evalvacija proizvodnih virov, s katero se določi lokacijo, velikost proizvodnega obrata, opremo in orodja (Chrysler Corporation, Ford Motor Company & General Motors Corporation, 1995, str. 17).

2.2.3 Načrtovanje in razvoj proizvodnega procesa

Namen načrtovanja in razvoja proizvodnega procesa je vzpostaviti delovni proces, ki bo omogočal izdelavo izdelkov ustrezne kakovosti. Na podlagi dokumentacije, tehničnih specifikacij in numeričnih modelov iz prejšnjega koraka je treba razviti proizvodni proces. Tako kot razvoj izdelkov se tudi načrtovanje proizvodnega procesa začne z izbiro koncepta proizvodne linije. Določi se velikost proizvodne površine, materialne tokove, vstopne točke za polizdelke in zaporedje operacij. Učinkovitost procesa se preveri s posebnimi simulacijskimi orodji, ki so sposobna predvideti ozka grla v proizvodnem toku. Izvedljiv koncept še ne pomeni učinkovite proizvodnje, zato so potrebne dodatne študije, ki so usmerjene predvsem v zagotavljanje ponovljivosti izdelkov skozi čas. Kriterije za ponovljivost običajno določijo kupci, vendar je odgovornost proizvajalca, da določi način nadzora. Proces načrtovanja kakovosti je zelo pomemben, saj je neposredno povezan s proizvodnimi stroški. Zaključna stopnja razvoja procesa vključuje poskusno obratovanje linije, ki vključuje preverjanje pretočnosti obrata in kakovosti izdelkov. Postopek je koristno uporabiti tudi za izobraževanje operaterjev (Chrysler Corporation, Ford Motor Company & General Motors Corporation, 1995, str. 18–22).

2.2.4 Validacija izdelka in proizvodnega procesa

Skrbno razvit izdelek in proizvodni proces je treba testirati in potrditi skladnost z vhodnimi zahtevami. Validacija oz. vrednotenje temelji na vzpostavitvi različnih testnih scenarijev, ki simulirajo delovanje izdelka tekom celotne življenjske dobe. Skladnost izdelka s kupčevimi zahtevami se potrdi takrat, ko so uspešno izvedeni vsi načrtovani testi. Pri validaciji proizvodnega procesa pa se poleg skladnosti s tehničnimi kupčevimi zahtevami preveri tudi kapacitete, pretok in ustrezno kakovost izdelkov. Sposobnost novorazvitega proizvodnega procesa se preveri s poskusnim zagonom, kjer se izdelane izdelke podrobno analizira. Če ni zaznanih odklonov, se proizvodni proces lahko sprosti za serijsko proizvodnjo, v nasprotnem primeru pa se sprožijo korektivni ukrepi za odpravo odstopanj. Poleg sposobnosti je treba preveriti, ali vsi proizvodni koraki vsebujejo navodila za uporaba strojev. Namreč operater mora biti informiran o delovanju strojev in kalibracijskih postopkih, saj bo le tako lahko dosegal ustrezno raven kakovosti. Proces testiranja se zaključi, ko celoten proizvodni proces dokaže sposobnost zagotavljanja kakovosti. Z izdelavo navodil za uporabo ter smernic za zagotavljanje varnosti pri delu proizvodni proces pridobi tudi dovoljenje za obratovanje (Chrysler Corporation, Ford Motor Company & General Motors Corporation, 1995, str. 33–37).

2.2.5 Stalen nadzor kakovosti in zbiranje povratnih informacij

Nadzor kakovosti izdelkov je stalen, neprekinjen proces, ki se zaključi šele ob zaključku serijske proizvodnje. Tekom izdelave se namreč ključni sestavni deli linij obrabljajo, na kadrovskega področju lahko pride do fluktuacije zaposlenih ... Vsi ti dejavniki povečujejo

negotovosti v procesu. Za uspešno spremljanje kakovosti imajo podjetja na voljo več statističnih orodij, s katerimi lahko zaznajo odstopanja in nemudoma sprožijo korektivne ukrepe. Poleg izvajanja nadzora v proizvodnji pa je pomemben tudi proces zbiranja povratnih informacij s terena. Spremljanje zadovoljstva kupca je ključnega pomena, saj z njim podjetje ne dobi samo informacij o uspešnosti izdelka, temveč tudi kupčeve potrebe za naslednji izdelek (Chrysler Corporation, Ford Motor Company & General Motors Corporation, 1995, str. 37–39).

2.3 Analiza možnih napak in posledic – FMEA

Analiza možnih napak in posledic je analitična metoda, s katero podjetja analizirajo možne napake in odpovedi izdelka ter predvidijo njihove posledice. Analiza pod drobnogled vzame celoten izdelek, vse njegove lastnosti in funkcije, ki lahko posredno ali neposredno vplivajo na delovanje kupčevega sistema. Poleg razvojnih inženirjev sodeluje v procesu tudi posebna ekipa strokovnjakov, znana kot FMEA moderatorji, ki vodijo in moderirajo proces. Ovrednotenje možnih napak je treba pričeti že na ravni kupčevih zahtev. Kaj se zgodi, če izdelek ne izpolnjuje določenih zahtev? Kakšna tveganja predstavlja za sistem, v katerega je izdelek vgrajen? Odkrita tveganja se z nadaljevanjem analize razčleni na posamezne podsisteme, sestave in komponente, ki sestavljajo izdelek. To je postopek dekompozicije, pri katerem se tveganje razdeli na več manjših delov, da postanejo bolj obvladljivi in jih lahko s pravnimi tehnološkimi rešitvami zmanjšamo ali celo odstranimo (Winkler, Musil, Musil & Biffl, 2016, str. 167).

Osnovna struktura FMEA metode je sestavljena iz vseh funkcij in lastnosti izdelka ali proizvodnega procesa, na podlagi katerih se določijo potencialne napake in njihove posledice na izdelek ter kupčev sistem. Poleg zaznavanja potencialnih napak tehnika vključuje tudi določitev preventivnih in korektivnih ukrepov. Ti ukrepi se nanašajo na razvojni proces izdelka in proizvodni proces. Pomembno je, da s pravilnim načrtovanjem zmanjšamo tveganja za nastanek napak. Poznamo več različnih vrst FMEA. Sistemski FMEA je najvišja raven, ki običajno vključuje tveganja, ki jih prepozna kupec tekom razvoja sistema in predstavljajo potencialne napake na funkcijah izdelka. To je tip FMEA analize, ki se prenaša po dobaviteljski verigi. DFMEA analiza obravnava tveganja za nastanek napak na ravni izdelka in vključuje lastnosti izdelka, tako dimenzijske kot tudi materialne značilnosti. PFMEA analiza pa vzame pod drobnogled tveganja, ki so bila zaznana v proizvodnem procesu. Analizi morata biti tesno povezani, saj če neko tveganje ni odstranjeno v procesu razvoja izdelka, ga je treba obravnavati v PFMEA analizi (Chrysler Corporation, Ford Motor Company & General Motors Corporation, 2008, str. 8–13).

Časovno je treba proces začeti že takoj na začetku, na stopnji oblikovanja koncepta. Takrat se namreč izoblikujejo prva tveganja in reševanje le-teh je takrat najlažje in najcenejše. V začetnih fazah se obravnava povezana tveganja z oblikovanjem izdelka in izbora tehnologije. V kasnejši, proizvodnji fazi pa FMEA analiza služi kot dobro orodje za vrednotenje težav,

reklamacij in tehnoloških izboljšav. Uporaba metode ni omejena samo na proizvodna podjetja, temveč nudi odlično podporo tudi podjetjem, ki se ukvarjajo s storitvami in z administrativnimi procesi (Chrysler Corporation, Ford Motor Company & General Motors Corporation, 2008, str. 3–6).

Vpliv odpovedi in tveganj se ovrednoti s pomočjo treh različnih kazalnikov ali meril:

- Učinek: Ocena, kakšen vpliv ima napaka na okolje in uporabnika.
- Verjetnost: Predvidevanje, kakšna je možnost nastanka napake na izdelku tekom uporabe.
- Detekcija: Ovrednoti se možnost odkritja napake na izdelku tekom uporabe.

Kombinacija vseh treh dejavnikov tvori matriko tveganj, ki jih razčleni v tri različne kategorije, in sicer visoko, srednje in nizko tveganje. Analizo FMEA je treba ob koncu vsake faze uskladiti s kupcem. Če gre za izdelek, ki lahko vpliva na varnost ljudi, je treba pridobiti odobritev kupca. Če se kupec ne strinja s tveganji, je treba sprožiti dodatne ukrepe znižanja le-teh (AIAG, 2019, str. 62–64).

2.4 Načrtovanje merilnih sistemov – MSA

Številne tehnološke inovacije so omogočile hiter in enostaven zajem podatkov. Količina meritev, ki jih danes podjetja zberejo v proizvodnem procesu, je ogromna. Ti predstavljajo hrbtenico sistemov zagotavljanje kakovosti in uspešnega izvajanja kontinuirnega procesa iskanja izboljšav. Igrajo pomembno vlogo pri odločanju skladnosti izdelka s kupčevimi specifikacijami, zato je pomembno, da se naslednji steber kakovosti osredotoča na načrtovanje merilnega sistema (Chrysler Corporation, Ford Motor Company & General Motors Corporation, 2010, str. 3–5).

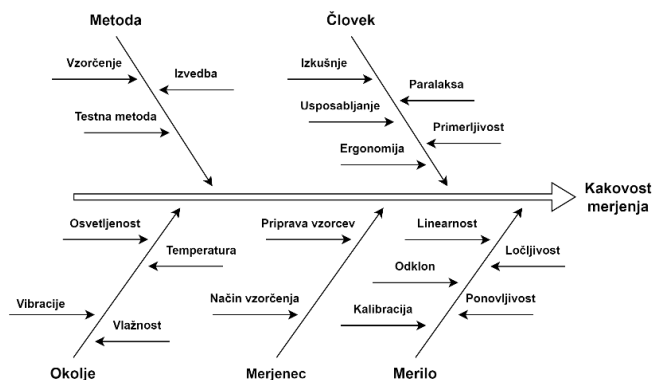
Sposobnost zajema parametrov in zbiranje meritev tekom proizvodnega procesa pa ne pomeni nujno, da ima podjetje uspešen sistem zagotavljanja kakovosti. Namreč vsaka meritev je podvržena določenim različicam merilnega sistema. Namen analize je vrednotenje meritev skozi karakterizacijo celotnega merilnega sistema. S pomočjo različnih statističnih spremenljivk ponovljivosti, primerljivosti, linearnosti in natančnosti dobi podjetje vpogled v sposobnosti merilnih sistemov, na podlagi katerih je moč predvideti, kdaj je treba določene merilne instrumente kalibrirati ali zamenjati ter kdaj ima nek zunanji element vpliv na sposobnost proizvodnega procesa. Sposobnosti merilnih sistemov se običajno označi s tremi različnimi oznakami, in sicer sprejemljiv, pogojno sprejemljiv in nesprejemljiv merilni sistem. V skladu z oznakami so vnaprej določeni tudi korektivni ukrepi, od manjših ukrepov (npr. dodatno usposabljanje zaposlenih) pa vse do zaustavitve proizvodnega procesa in obveščanja kupca (Broekman in drugi, 2017, str. 101–104).

2.5 Statistično obvladovanje proizvodnega procesa – SPC

Z namenom ohranjanja konkurenčnega položaja so podjetja zavezana procesu stalnih izboljšav, ki vodi v izboljševanje izdelka ali storitev z vidika kupca. Da proces inoviranja poteka učinkovito, mora podjetje pravilno zajemati podatke, s katerimi dobi vpogled v trenutno stanje vseh procesov, tako proizvodnih kot tudi poslovnih. V preteklosti, ko so bile proizvedene količine majhne, so odgovorni za kakovost v proizvodnih obratih pregledali vsak izdelek. Proces je bil stroškovno zelo potraten, saj je bil čas pregleda razmeroma dolg, poleg tega pa je bila kakovost podvržena subjektivni oceni vsakega posameznika. S povečevanjem proizvedenih količin obstoječi postopek kontrole ni več zadostoval, saj je postal ozko grlo. Dodatna slabost obstoječega sistema je bila, da je bilo odstopanje odkrito šele na koncu proizvodnega procesa, ko je bil izdelek že sestavljen. Da bi obvladovali stroške kakovosti, so številna podjetja vpeljala statistično spremljanje procesa (angl. SPC). Z namenom napovedovanja kakovosti izdelanih izdelkov metodologija uvaja večkratno statistično kontrolo znotraj proizvodnega procesa, ki ga v sodobnem času opravljajo avtomatizirani sistemi in merilni roboti. Pridobljene podatke se z izračunom povprečja in standardnega odklona statistično obdelata (Chrysler Corporation, Ford Motor Company & General Motors Corporation, 2010, 2005, str. 3–5).

Poznamo 5 glavnih dejavnikov negotovosti v sistemu (slika 4). Zaposleni, ki upravljajo z izdelkom, prispevajo le del. Običajno je pri njih glavni vir negotovosti pomanjkanje motivacije in neizkušenost. Pod zunanje vplive uvrščamo klimatske vplive, kot so temperatura in vlažnost. Poleg njih poznamo še čistost ter vibracije, ki imajo lahko zelo velik vpliv v natančnih proizvodnih procesih. Ostalim trem dejavnikom negotovosti – material, tehnološki proces in merilna metoda – pa je skupno to, da jih določimo že zelo zgodaj, na začetku življenjskega cikla izdelka, in sicer v fazi razvoja. Posamezni vplivi se lahko seštevajo in bistveno pripomorejo k zmanjšanju kakovosti končnih izdelkov (Chrysler Corporation, Ford Motor Company & General Motors Corporation, 2005, str. 8–10).

Slika 4: Glavni dejavniki negotovosti



Prirejeno po Bureau Veritas (2019).

Statistični nadzor procesa predpisuje več različnih oblik, ki so usklajene na mednarodni ravni in med seboj primerljive. Tako lahko podjetje svojo sposobnost procesa primerja z ostalimi v in izven panoge, v kateri deluje. Indeksi se lahko izračunavajo na ravni različnih šarž izdelkov ali pa na ravni celotnega proizvodnega procesa, v katerega je zajet celoten portfelj podjetja (Broekman in drugi, 2017, str. 106–107).

2.6 Proces potrditve serijske proizvodnje – PPAP

Peti steber kakovosti je proces odobritve serijske proizvodnje izdelkov ali krajše PPAP (angl. Production Part Approval Process). Podjetjem nudi standardiziran okvir ocenjevanja proizvodnih zmožnosti z vidika zagotavljanja kakovosti in kupčevega zadovoljstva tako lastnega podjetja kot tudi dobaviteljev. Postopek odobritve lahko organizacija izvaja po navodilih kupca. V tem primeru govorimo o zunanjem PPAP procesu. Lahko pa se postopek uporabi tudi za notranje sproščanje komponent ali delov proizvodnih kapacitet. Postopek odobritve je treba ponoviti ob vsaki najmanjši spremembi proizvodnega procesa, npr. selitvi proizvodnih kapacitet na drugo lokacijo (Lundgren, Hedlind, Li & Kjellberg, 2019, str. 363).

Proces odobritve je skrbno določen, opredeljen. Obsega poskusno obratovanje serijske proizvodnje za določen časovni interval ali količino izdelkov. Vsi proizvedeni izdelki gredo skozi številna preverjanja, kjer se skrbno nadzira kakovost izdelkov. Če so izdelki skladni z zahtevami kupca, dobi proizvodnja sprostitev za serijsko obratovanje. V primeru odstopanj, pa je treba doseči dogovor s kupcem in pripraviti načrt za njihovo odpravo. Poleg poskusnega obratovanja proizvodnega obrata mora podjetje predložiti številna potrdila in dokumentacijo o izdelku. Poleg tehnične specifikacije je treba predložiti potrdila o kupčevih odobritvah posameznih vzorčnih faz, diagram proizvodnega procesa, načrt nadzora kakovosti v proizvodnem obratu, certifikate merilnih naprav, dokazila o sposobnosti merilnih sistemov, potrdila o skladnosti uporabljenih materialov z evropsko direktivo, izjavo o skladnosti označevanja uporabljenih materialov ter akreditacije laboratorijev, v katerih so se izvajali validacijski testi (Lixandru, 2016, str. 426).

Odgovornost dobavitelja je, da ob morebitnih spremembah izdelka, drugih uporabljenih materialih ali spremembi proizvodnega procesa nemudoma obvesti kupca in posodobi PPAP dovoljenje. Standard natančno popisuje načine obveščanja. Manjša sprememba vodi le v spremembo dokumentacije in ne potrebuje celotne odobritve kupca, medtem ko večja sprememba potrebuje ponovno izdajo dovoljenja. S tem se prepreči, da bi morebitne spremembe proizvodnega procesa vodile v slabšo kakovost izdelkov in povečanje stroškov izmeta (Chrysler Corporation, Ford Motor Company & General Motors Corporation, 2006, str. 13–15).

Ob predložitvi vseh potrdil o skladnosti izdelka kupec s predložitvijo izkaznice izdelka (PSW) odobri serijsko proizvodnjo, kar pomeni, da so uporabljeni materiali, izdelan izdelek in razvit proizvodni proces skladni z njihovimi zahtevami. Podjetje lahko s tem sprost redno serijsko izdelavo izdelkov. Če so ugotovljena manjša neskladja, lahko kupec začasno odobri

proizvodnjo izdelka. Dovoljenja odpreme so lahko časovno ali pa količinsko omejena. Podjetje je v tem primeru zavezano k odpravljanju odstopanj in ponovni predložitvi PPAP dokumentacije. V najslabšem primeru pa lahko kupec zavrne dovoljenje. Takrat mora organizacija nemudoma uvesti korektivne ukrepe za odpravo kritičnih odstopanj (Chrysler Corporation, Ford Motor Company & General Motors Corporation, 2006, str. 19).

Pet glavnih komponent kakovosti predstavlja osnovni okvir sistema zagotavljanja kakovosti v avtomobilski panogi. Napredno načrtovanje razvoja izdelka sicer obravnava procese razvoja izdelka in proizvodnega procesa, vendar je v zadnjih desetih letih kompleksnost mehatronskih sistemov vodila v vzpostavitev dodatnih standardov, ki specifično naslavljajo izdelke, ki vplivajo na funkcijsko varnost vozil.

3 ORGANIZIRANOST RAZVOJNEGA PROCESA V SKLADU S SMERNICAMI FUNKCIJSKE VARNOSTI

Poslovni procesi so zbirka aktivnosti, ki zahtevajo vložke in ustvarjajo rezultate, pomembne za kupce (Hammer & Champy, 1995, str. 44). Gre za povezan skupek dejavnosti in nalog, ki vhodnim elementom dodajo uporabno vrednost za kupce (Harrington, Esseling & Nimwegen, 1997, str. 1). Govorimo tudi o urejenem zaporedju aktivnosti skozi čas in prostor, z začetkom in s koncem ter z jasno določenimi vhodi in izhodi (Kovačič & Bosilj-Vukšić, 2005, str. 29).

Običajno se v organizacijah izvajajo številne aktivnosti in naloge – sprejemanje naročil, obdelava, proizvodnja, pakiranje –, ob tem pa se izgublja širši pomen, in sicer spraviti izdelek do odjemalcev, ki so ga naročili (Hammer & Champy, 1995, str. 45). Zato je ključno, da podjetja stalno posodablajo svoje procese v smeri grajenja vrednosti za kupce. Le tako bodo lahko ohranjala ključne konkurenčne prednosti na trgih, kjer delujejo. Preoblikovanje procesov bo dolgoročno zmanjšalo stroške, povečalo produktivnosti in raven kakovosti izdelkov. Prilagajanje procesov mora biti usmerjeno v procese, ki prispevajo k dodani vrednosti izdelkov. Tem procesom je treba določiti cilje, vhode, izhode, lastnike procesov ter zaporedje aktivnosti znotraj posameznega procesa. Na zadnji stopnji se določi tudi merljive kazalnike učinkovitosti (Harrington, Esseling & Nimwegen, 1997, str. 8).

Procese je treba razčleniti tudi po kompleksnosti. Poznamo namreč procese, ki trajajo nekaj sekund in jih lahko opravimo rutinsko, ter zelo kompleksne procese, ki združujejo številne podprocese in lahko trajajo daljše časovno obdobje. Vsaka organizacija ali podjetje ima določen delež enostavnih in zahtevnejših procesov. Za učinkovito izvajanje in spremljanje je treba vse procese v podjetju heirarhično urediti. Najvišje in najpomembnejše procese imenujemo tudi makroprocesi (Harrington, 1991, str. 30) ali krovni procesi, katerih glavna dolžnost je skrb za doseganje strateških ciljev posameznega podjetja ali organizacije (Harrington, Esseling & Nimwegen, 1997, str. 1). Z deljenjem krovnih procesov na manjše podprocese zmanjšujemo kompleksnost in povečujemo osredotočenost, kar se odraža v

krajših časih ter zmanjševanju stroškov (Harrington, 1991, str. 31). Ker pa običajno iz krovnih procesov izhaja večje število procesov, jih lahko združujemo v zaporedja ali vrednostne verige, ki jih v splošnem delimo na temeljne ali primarne oz. podporne ali zaledne. Temeljni procesi imajo v ospredju cilje, ki so povezani z zagotavljanjem zadovoljstva kupcev oz. s povečanjem dodane vrednosti. V to skupino spadajo področja vhodne logistike, proizvodnje, izhodne logistike, prodaje, trženja, vzdrževanja in poprodajnih aktivnosti. Podporni procesi pa nadzirajo, razvijajo in izboljšujejo temeljne procese. Za njih je značilno, da le posredno prispevajo k dodani vrednosti. V grobem jih delimo na zagotavljanje poslovne infrastrukture, obvladovanje kadrov, raziskave in razvoj (Kovačič & Bosilj-Vukšić, 2005, str. 31). Procesni se lahko delijo še na posamezne aktivnosti, ki jih opravlja določena skupina zaposlenih ali manjši oddelki. Znotraj skupin ima vsak zaposleni svojo določeno nalogo oz. obveznost, ki jo mora izpolnjevati v skladu z delovnimi navodili (Harrington, Esseling & Nimwegen, 1997, str. 2).

3.1 Tradicionalna organiziranost procesov

Tradicionalni način izvajanja procesov v podjetjih je temeljil na sprotnem, zaporednem izvajanju posameznih poslovnih aktivnosti. Skladno s tem so podjetja uporabljala večinoma funkcijsko organizacijsko strukturo. Tovrstna organizacija je omogočala visoko stopnjo specializacije in koncentracije znanja. Posamezna aktivnost je bila visoko izkoriščena. Na drugi strani pa ima takšna organizacijska shema nekaj pomanjkljivosti, saj onemogoča povezovanje med različnimi funkcijami. Razvoj posameznega oddelka poteka ločeno, nepovezano z ostalimi. Ta lahko preraste okvirje strateških usmeritev in potreb podjetja. Pri izvajanju skupnih nalog je treba veliko medsebojnega usklajevanja in koordinacije. Te težave so se začele v veliki meri odražati v podjetjih z visoko rastjo in s kompleksnim poslovnim okoljem (Kovačič & Bosilj-Vukšić, 2005, str. 32). Težnje po celostnem zmanjševanju stroškov v organizacijah, povečevanje zanesljivosti izdelkov, razvoju novih tehnologij in povečevanje kompleksnosti izdelkov zahtevajo vključevanje več različnih funkcij in ekspertiz oz. izvedenskih mnenj, kar je povzročilo prenovu poslovnih procesov v smeri procesno organiziranih podjetij (Davenport, 1993, str. 8).

Ena izmed glavnih prednosti nove organizacije procesov je visoka usmerjenost k učinkovitemu izvajanju poslovnih procesov in uspešnosti poslovanja. Ker je poslovanje popolnoma usmerjeno h kupcu, ima organizacija sposobnost hitrega odzivanja na spremembe na trgu. V procesno organiziranem podjetju obstoječe funkcijske celote skrbijo le za izvajanje globalne politike in načrte organizacije. Bistvena prednost procesne organizacije je zmanjšanje števila vmesnih vodij. S tem se znižajo stroški, hkrati pa se poveča prilagodljivost organizacije (Kovačič & Bosilj-Vukšić, 2005, str. 382).

V preteklosti so se podjetja osredotočala le na optimizacijo proizvodnih procesov. Raziskave in razvoj novih izdelkov se je izvajalo ločeno in neodvisno od kupca. Danes pa se lahko proces v številnih podjetjih postavlja ob bok proizvodnim aktivnostim, procesom

spremljanja kakovosti ter tudi stroškovni optimizaciji proizvodnje. Organizacije so prepoznale tveganja, da lahko napačne odločitve o lastnostih izdelka in proizvodnega procesa vodijo v stroškovno neučinkovitost in izgubo konkurenčnega položaja na trgu. Temu sledi tudi procesna organizacija, ki daje razvojnim procesom ključno vlogo. Tako proces razvoja danes sodeluje tudi na tržnih in proizvodnih področjih (Davenport, 1993, str. 221–222).

Med prvimi, ki so prepoznali prednosti procesne organizacije, zlasti na področju razvoja in raziskav, je bilo podjetje IBM, vodilno na področju razvoja računalniških tehnologij. Krovni proces razvoja sestavljajo številni podprocesi, ki so posredno in neposredno povezani. Poleg usmerjenih aktivnosti v razvoj novih izdelkov združujejo tudi že nekatere ostale procese, ki so bili primarno v domeni proizvodnje in trženja. Govorimo o optimizacijah proizvodnega procesa, načrtovanju kapacitet, raziskavah trga in analizah potreb, izvajanju procesov zagotavljanja kakovosti ter tudi že o zametkih povezovanja s prodajo, predvsem na področju deljenja informacij (Harrington, 1991, str. 10–11).

Razvoj informacijskih tehnologij je pomembno prispeval k preobrazbi procesov znotraj podjetij. Digitalizacija procesov ni samo poenostavila obstoječih procesov, temveč je omogočila tudi enostavno zbiranje podatkov, kar je predvsem na področju raziskav in razvoja ključnega pomena. Seveda samo zbiranje podatkov še ne prinese koristi. Napačna raba tehnologij pravzaprav zavira preurejanje procesov, saj utrjuje stare vzorce (Hammer & Champy, 1995, str. 91). Treba se je vprašati, kako uporabiti tehnologijo za stvari, ki jih še ne izvajamo. Ko govorimo o uporabi novih informacijskih tehnologij za doseganje popolnoma novih ciljev, govorimo o inoviranju. Če uporabniki razmišljajo deduktivno, ne vidijo tistega, kar je resnično pomembno (Hammer & Champy, 1995, str. 93).

3.2 Organiziranost procesov v podjetjih iz avtomobilske panoge

Pomembnost uspešnega upravljanja poslovnih procesov je izpostavljena že v osnovnem standardu zagotavljanja kakovosti ISO 9000. Poslovni procesi morajo biti osredotočeni na kupca in morajo združevati predvsem vodstvene aktivnosti, oskrbovanje virov ter sposobnost nadzora in merjenja. Glavna odgovornost je na strani vodstva, ki določa organizacijske usmeritve in cilje. Zagotoviti mora vse potrebne vire za uspešno in učinkovito izvajanje procesov. S svojo nadzorno funkcijo mora skrbeti, da so izpolnjene zahteve in pričakovanja vseh odjemalcev. Le z upoštevanjem in s spoštovanjem vseh deležnikov je mogoč dolgoročen razvoj in rast organizacije (Novak, 2001, str. 21–22).

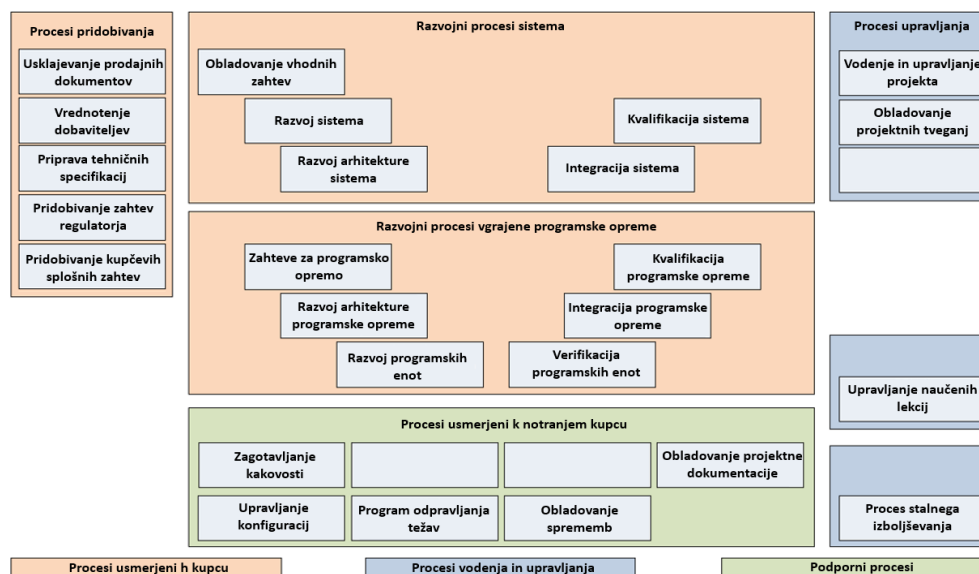
Leta 1999 je mednarodno združenje za standardizacijo (ISO) prvič izdalo standard ISO/TS 16949, ki je predstavljal jedro bodočih sistemov zagotavljanja kakovosti v avtomobilski industriji. Standard, ki je bil plod sodelovanja med različnimi proizvajalci avtomobilov, dodaja specifične zahteve avtomobilske industrije v osnovno shemo zagotavljanja kakovosti. Zaradi spremembe organa upravljanja se je standard preimenoval in ga danes poznamo kot IATF 16949 (Kohl, 2020, str. 253–255). S stališča procesov vpeljuje procesno orientirano

organizacijo, ki pod drobnogled vzame več kot 20 različnih procesov znotraj podjetij. Z njihovo identifikacijo, določanjem vloge in kriterijev uspešnosti dobimo informacijo o namenu in ciljih posameznega procesa (16949 Store, brez datuma). Šele ko namen in vloga organizacije sledi kupčevim potrebam, se prične postopek razvoja procesov, ki bodo zasledovali organizacijske cilje. Pomembno je, da so glavni procesi neposredno povezani z uresničevanjem kupčevih potreb. Uspešnost in učinkovitost posameznih potreb je treba neprekinjeno spremljati, ocenjevati in izboljševati (Hoyle, 2005, str. 116–117).

3.3 Organiziranost procesov v skladu s standardom Automotive SPICE

Tržne razmere v avtomobilski panogi silijo proizvajalce avtomobilov v nenehno izboljševanje izdelkov, tako s stališča zmanjševanja stroškov kot tudi širjenja funkcionalnosti izdelkov. Danes so vozila opremljena s številnimi dodatnimi funkcijami, ki ne samo izboljšujejo udobje potnikov, ampak tudi povečujejo njihovo varnost in podaljšujejo življenjsko dobo avtomobilov. Z razvojem električnega vozila pa bodo elektronske naprave vključene v vse sisteme in podsisteme vozil. Obstoječi sistemi kakovosti niso več zadostni za vrednotenje tako kompleksnih sistemov. Zato so leta 2005 podjetja BMW, Bosch, Daimler, Knorr itd. razvila Automotive SPICE, nov procesno usmerjeni model, ki je prilagojen novim tehnološkim inovacijam in predstavlja temelj zagotavljanja kakovosti za bodoče, avtonomne sisteme. Model omogoča ocenjevanje sposobnosti in zrelosti organizacijskih procesov, ki sodelujejo v razvoju vgrajene programske opreme. Leta 2015 je novi procesni model sprejelo celotno združenje nemških proizvajalcev avtomobilov (ang. VDA). Kasneje so temu sledila tudi ostala evropska podjetja in koncerni. Danes Automotive SPICE velja za enega izmed najbolj pomembnih procesnih modelov organizacij in predstavlja eno izmed najpomembnejših dopolnitev standarda IATF 16949 (VDA, 2017a, str. 2). Izhodišče je model organizacijske strukture (slika 5), ki jo delimo na tri procesna področja: področje procesov, ki so usmerjeni v izpolnjevanje kupčevih potreb; področje vodenja in upravljanja ter področje podpornih procesov (VDA, 2017b, str. 12).

Slika 5: Poenostavljen procesni diagram Automotive SPICE



Prirejeno po VDA (2017b).

3.3.1 Proces, usmerjeni v zagotavljanje kupčevih potreb

Področje procesov, ki so usmerjeni h kupcu, lahko razvrstimo v štiri različne skupine: procese, usmerjene v pridobivanje projektov, procese, ki so podpora dobaviteljem, procese, ki so usmerjeni v razvoj sistema, in procese, ki so usmerjeni v razvoj vgrajene programske opreme. V nadaljevanju si podrobneje oglejmo nekatere ključne procese, njihove vloge in namene:

- **Vrednotenje dobaviteljev:** Namen izvajanja procesa je spremljanje in ocenjevanje sposobnosti in kompetenc dobavitelja. Nadzor nad dobavitelji je ključnega pomena pri zmanjševanju tveganj v celotni avtomobilski dobaviteljski verigi. Rezultat vrednotenja je predvsem potrditev kompetenc in sposobnosti, ki jih navaja dobavitelj. Običajno se nadzor v začetnih fazah sodelovanja izvaja v obliki presoje na lokaciji podjetja. Gre za zelo podrobno vrednotenje, kjer se pregleda celotno dokumentacijo, kompetence ter proizvodne procese. Poleg fizične prisotnosti presojevalcev poznamo tudi manj podrobne preglede. Ti se izvajajo tekom izvajanja poslovnega procesa. Običajno se deležniki dogovorijo o vsebini dokazil in obdobju, na koliko časa se morajo le-ti posodabljeni (VDA, 2017a, str. 82–84).
- **Usklajevanje prodajnih dokumentov:** Proces usklajevanja in potrditve prodajnih pogodb je pravzaprav sestavljen iz več zaporednih aktivnosti. V začetnih fazah je treba pričakovanja obeh deležnikov uskladiti. Predmet pogajanj so lahko plačilni pogoji, proizvodne zmogljivosti, zagotovljene in potencialne odkupne količine itd. Poleg uskladitve pogojev poslovanja je treba zelo natančno ovrednotiti pravice in dolžnosti vsakega podjetja. Te so ključne pri reševanju morebitnih sporov. Vsebino pogodbe se

lahko večkrat popravi, dopolni. Cilj procesa je podpis pogodbe in nominacija. Takrat dobi dobavitelj tudi zeleno luč za začetek razvoja in proizvodnjo izdelka (VDA, 2017b, str. 25).

- **Priprava tehničnih specifikacij:** Aktivnosti se osredotočajo na pridobivanje in oblikovanje zahtev za novi izdelek. Če so v prejšnjem procesu glavno vlogo imeli predvsem ekonomisti, pa na tem področju pridejo v ospredje razvojni inženirji, ki ocenijo, katere sposobnosti mora bodoči izdelek izpolnjevati. Na podlagi prvega kataloga zahtev lahko bodoči dobavitelj že pripravi preliminarno oceno stroškov in iz nje tudi ciljno prodajno ceno izdelka. Običajno preliminarne tehnične zahteve vsebujejo splošne lastnosti, pričakovane funkcionalnosti ter konstrukcijske omejitve izdelka (VDA, 2017b, str. 27–29).
- **Pridobivanje zahtev regulatorja:** Poleg tehničnih specifikacij je treba pridobiti zahteve nacionalnih standardov, kjer se bo izdelek tržil. Če gre za evropski trg, je treba pridobiti vse relevantne EU-direktive in potencialne specifične zakone posameznih držav. Običajno govorimo o regulativah, povezanih z ohranjanjem okolja, reciklabilnostjo, izpusti emisij, hrupa, elektromagnetno kompatibilnostjo, zagotavljanjem rezervnih delov, intervali servisiranja ter z garancijskimi pogoji (VDA, 2017b, str. 29).
- **Pridobivanje kupčevih splošnih zahtev:** Vsi dobavitelji avtomobilskih sistemov in komponent se morajo zavezati k spoštovanju specifičnih zahtev kupcev, ki so hierarhično višje uvrščeni v dobaviteljski verigi. Običajno gre za zahteve, povezane z zagotavljanjem kakovosti, obvladovanjem tveganj v dobaviteljskih verigah, uporabo novih tehnologij, načini komunikacije, deljenjem tehničnih podatkov o izdelku ter pogostosti kontrolnih pregledov. Če gre za dobavitelja sekundarne ravni, mora podjetje spoštovati standarde neposrednega kupca ter tudi njegovega odjemalca (VDA, 2017b, str. 30–32).
- **Obvladovanje vhodnih zahtev:** Pregled vključuje aktivnosti zbiranja, usklajevanja, vrednotenja in potrjevanja kupčevih tehničnih zahtev. Učinkovito izvajanje procesa zahteva opolnomočenje celotne projektne ekipe, ki jo sestavljajo strokovnjaki z različnih področij. Z izvedbo študije izvedljivosti se podjetje zaveže, da bo razviti izdelek skladen s kupčevimi specifikacijami. Korak je pomemben tudi z ekonomskega vidika, saj na podlagi podrobnega pregleda zahtev podjetje pripravi novo ali potrdi preliminarno oceno stroškov oz. prodajno ceno izdelka (VDA, 2017b, str. 38–39).
- **Razvoj sistema:** Proces temelji na vzpostavitvi kataloga zahtev, ki opisujejo lastnosti in funkcije izdelka oz. kaj vse mora izdelek omogočati. V grobem poznamo dve skupini zahtev (funkcijske in nefunkcijske), ki opisujejo fizične lastnosti izdelka – velikost, težo, vmesnike do kupčeve naprave itd. Poleg zahtev, ki so neposredno izpeljane iz kupčevega kataloga zahtev, je treba upoštevati tudi specifične zahteve, ki običajno izhajajo iz specifičnih kupčevih zahtev za dobavitelje. Tu največkrat govorimo o zahtevah za pakiranje, označevanje in uporabo določenih merilnih protokolov. Poleg zahtev neposrednega kupca imamo lahko tudi ločene zahteve proizvajalca avtomobilov, katere morajo spoštovati vsi neposredni in posredni proizvajalci avtomobilskih sistemov. Tu pa imamo še zahteve regulativ in različnih zakonodaj držav, v katerih se bodo avtomobili prodajali (Dreves, Hallmeyer, Haunert & Sechser, 2015, str. 611–615).

- **Razvoj arhitekture sistema:** Namen razvoja arhitekture sistema je razčleniti sistemske zahteve za celoten izdelek v zahteve za posamezne razvojne domene ali področja. Običajno poznamo tri različne domene, na katere se razvršča zahteve, in sicer mehaniko ter strojno in vgrajeno programsko opremo. Če smo v prejšnjem koraku določali, kaj vse mora izdelek omogočati, se moramo na tej stopnji vprašati, na kakšen način in s katerimi tehnološkimi rešitvami bomo zadostili sistemskim zahtevam. Gre za stopnjo v V-razvojnem diagramu, kjer se že v grobem določa koncepte in tehnologije izdelka (VDA, 2017a, str. 97–100).
- **Integracija sistema:** V nasprotju s prejšnjim procesom, ko smo izdelek drobili na več različnih domen in komponent, začnemo na tej stopnji združevati sestavne dele. Proces vedno spremlja tveganje, da sestavni deli med seboj ne bodo združljivi. Pri enostavnih izdelkih je tveganje sorazmerno majhno, medtem ko pri mehatronskih sistemih to tveganje drastično naraste. Zato je proces ciljno usmerjen v zagotavljanje združljivosti vseh sestavnih delov iz različnih domen, tako fizičnega kot tudi virtualnega sveta. Edini način je postopno sestavljanje izdelka in izvajanje različnih verifikacijskih testov, s katerimi se potrdi združljivosti (VDA, 2017a, str. 104–108).
- **Kvalifikacija izdelka (sistema):** To je najvišja stopnja vrednotenja, s katero se preveri delovanje celotnega izdelka. Na podlagi razvitih sistemskih zahtev se oblikujejo sistemski testi, ki preverijo delovanje vsake funkcije in lastnost izdelka. Stopnja kompleksnosti izdelka se odraža tudi v kompleksnosti postopka. V primeru mehatronskih sistemov poznamo več različnih testnih sklopov, ki preverijo predvsem vzdržljivost izdelka, odpornost na mehanske obremenitve, elektromagnetno združljivost in zmožnost kljubovanja klimatskim in kemijskim pogojem, ki predstavljajo delovno okolje v avtomobilu. Testi lahko časovno trajajo od nekaj ur do nekaj mesecev. Po koncu testov je razvijalec dolžen kupcu predložiti testna poročila, iz katerih je moč razbrati, da so bili testi pravilno izvedeni in da so vsi izdelki preživeli testne cikle. Postopek se ponovi za vsako vzorčno fazo oziroma ob vsaki večji spremembi izdelka (VDA, 2017a, str. 112–115).
- **Zahteve za vgrajeno programsko opremo:** S procesom razvoja zahtev za programsko opremo smo zapustili V-diagram sistema in se preselili v domeno programske opreme. Na podlagi sistemskih arhitekturnih zahtev, ki opisujejo koncepte in funkcije vgrajene programske opreme, je treba razviti zahteve, ki so napisane v tehničnem jeziku in so razumljive razvijalcem programske opreme. Tematsko poznamo zahteve, ki opisujejo način komunikacije s strojno opremo, način konfiguracije glavne krmilne enote, algoritem obdelave prejetih podatkov iz različnih senzorjev, način konfiguracije glavne procesne enote, protokol shranjevanja programa v trajnostni spomin ter tudi nekatere nefunkcionalne zahteve, npr. kakšno programsko okolje mora biti uporabljeno pri razvoju programa (Gordon, Palacios, Sanchez, Amescua & Larrucea, 2017).
- **Razvoj arhitekture programske opreme:** Programske rešitve in koncepti se običajno oblikujejo na arhitekturni ravni. Z natančnim opisom dinamike delovanja programa, določanjem hitrosti prenosa informacij, oblikovanjem protokola proženja opozoril in

napak program že dobiva jasno obliko. Vse zahteve morajo vsebovati natančen opis nalog z določenimi vhodi in izhodi (VDA, 2017a, str. 126–128).

- **Razvoj enot programske opreme:** Najmanjši gradniki programske opreme so programske enote. To so najmanjši elementi programa, ki so glede na stopnjo kompleksnosti najenostavnejši. Njihova naloga je izvajanje določene matematične operacije nad binarnim podatkom. Sama struktura enote je sestavljena iz opisa in namena operacije. Ker gre za binarni svet števil, je treba določiti začetno vrednost, robne pogoje ter dinamiko izračuna. Zadnji podatek, ki ga nosi enota, je verifikacijski kriterij, s katerim se lahko preveri pravilnost izvajanja matematične operacije. Običajno posamezna enota vsebuje le nekaj vrstic programske kode (VDA, 2017a, str. 137–138).
- **Verifikacija posameznih enot programske opreme:** Preverjanje posameznih programskih enot poteka v več različnih fazah. V prvem delu je treba na podlagi kriterijev sprejemljivosti vzpostaviti testno programsko okolje in način preverjanja. Sledi izvedba testa, ki spremlja stanje vseh vhodov in izhodov. Zadnji del pa vključuje analizo rezultatov, ki spremlja obnašanje enote pri različnih vrednostih vhodov. Če so izhodi v skladu s kriteriji sprejemljivosti, je enota potrjena in pripravljena na vpeljavo. Sam proces je s stališča zagotavljanja kakovosti programske opreme izjemno pomemben, saj je odkrivanje in odprava programskih napak ali hroščev hitro in enostavno (VDA, 2017a, str. 144–145).
- **Integracija vgrajene programske opreme:** Že ime nakazuje, da gre v tem procesu za preverjanje posameznih delov programske opreme. To so običajno zaključene funkcijske enote programa, npr. spremljanje obratovanja motorja, ki jih sestavljajo vpeljane enote iz prejšnjega procesa. Vloga testov na tej ravni je predvsem osnovno preverjanje funkcionalnosti, delovanje na robnih pogojih ter odziv na nepredvidene dogodke. V angleški literaturi je preverjanje poznano kot ang. Fault injection metoda (VDA, 2017a, str. 153–154).
- **Kvalifikacija vgrajene programske opreme:** Skupek vseh programskih funkcij tvori program ali programsko opremo. Na področju razvoja programske opreme predstavljajo kvalifikacijski testi najvišjo raven testiranja. Ker je to zelo kompleksen proces, je pomembno, da testni programerji upoštevajo vnaprej določene smernice, s katerimi zmanjšajo verjetnost za nastanek napak. Na splošno je treba med samo pripravo testov določiti testno metodo, okolje, kriterije sprejemljivosti, začetne in robne pogoje. Običajno tovrstni testi potekajo na posebej prilagojeni strojni opremi, ki posnema obnašanje realnega elektronskega vezja. Po vsakem izvedenem testu sledi analiza rezultatov in priprava končnega poročila. Šele ko so končani vsi testi iz testne strategije, je vgrajena programska oprema uradno testirana in pripravljena za združitev s strojno opremo (VDA, 2017a, str. 158–159).

3.3.2 Podporni procesi

Podporni procesi so namenjeni podpori kupčevim orientiranim procesom ter zagotavljanju ustrezne kakovosti. V splošnem jih delimo na naslednje procese:

- **Zagotavljanje kakovosti:** Proces zagotavljanja kakovosti skrbi za neodvisno in objektivno obravnavanje kakovosti proizvedenih izdelkov in pravilnost izvajanja proizvodnega procesa. Izvajanje procesa se pravzaprav prične že v začetni fazi projekta, ko je treba ob podpisu nominacije z bodočim kupcem določiti ustrezno raven kakovosti izdelkov. Raven kakovosti igra pomembno vlogo pri višini proizvodnih stroškov in posledično lastni ceni izdelkov (TE Connectivity, 2019, str. 4). O značilnostih sistema zagotavljanja kakovosti in vlogi petih stebrov smo pisali že v poglavju 2. Ustreznost procesa zagotavljanja kakovosti ovrednoti kupec pred začetkom serijske proizvodnje.
- **Obladovanje projektne dokumentacije:** Že v začetnih korakih projekta je treba analizirati več različnih tipov dokumentov. Tu govorimo o pogodbenih listinah, tehničnih specifikacijah, zahtevah regulatorja in specifikacijah za dobavitelje komponent in materialov. Z namenom uspešnega upravljanja z dokumenti morajo podjetja vzpostaviti poseben sistem hranjenja in verzioniranja, ki omogoča učinkovit pregled, oceno izvedljivosti ter ustrezno posodabljanje vsebin (Kugler Maag Cie GmbH, 2018, str. 30).
- **Upravljanje konfiguracij:** Šele z razvojem tehnično kompleksnejših izdelkov je upravljanje konfiguracij pridobilo na veljavi. Proces spremlja različne konfiguracije izdelka, proizvodni proces in ključno dokumentacijo izdelka. Strategija omogoča natančno sledljivost procesa razvoja konfiguracije izdelka skozi konfiguracijsko matriko, preko katere je razvidno, katere komponente sestavljajo izdelek v posamezni vzorčni fazi ter kakšno je stanje dokumentov. Prednost izvajanja tega procesa je predvsem sledljivost, ki igra pomembno vlogo v primeru reševanja težav in odpovedi. Zaradi pomembnosti procesa se običajno določi osebo v projektni ekipi, ki skrbi za ažurnost konfiguracijske matrike. Le-ta v primeru ugotovljenih odstopanj opozori projektne vodje (Kugler Maag Cie GmbH, 2018, str. 32).
- **Program odpravljanja težav:** Če izdelek odpove tekom vrednotenja, npr. v fazi razvoja ali če pride do napak v času serijske proizvodnje, se sproži postopek odpravljanja napak in odstopanj. Postopek je sestavljen iz 8 natančno določenih korakov, ki pomagajo vsem deležnikom najti vzroke za odpoved in jih čim prej odpraviti. Če je izdelek že v serijski izdelavi, je treba opraviti tudi analizo ukrepov za zmanjšanje tveganj odpovedi obstoječih izdelkov, ki so že prisotni na trgu (Daimler AG, 2020, str. 87).
- **Obladovanje sprememb:** Tekom življenjskega cikla izdelka prihaja do številnih sprememb tako izdelka kot tudi proizvodnega procesa. Spremembe lahko predlagajo vsi deležniki, kupci, podjetje, ki izdelek proizvaja, ali dobavitelji. Poznamo več vrst sprememb. Največji delež predstavljajo spremembe funkcionalnosti izdelka, ki se jih največkrat sprejema v fazi razvoja in so posledica novih zahtev ali procesov reševanja težav. S serijsko proizvodnjo se struktura predlogov spremeni. Takrat spremembe izhajajo iz zamenjav komponent, ki so posledica pomanjkanja na trgu, sprememb, ki sprožajo preselitve proizvodnih obratov na druge lokacije, ter spremembe, ki jih povzročijo zamenjave iztrošenih strojev. Ne glede na vrsto in časovni okvir je mehanizem odobritve spremembe enak. Vedno je treba izvesti študijo izvedljivosti s pomočjo treh glavnih kriterijev, in sicer s stroškovnega, časovnega in kakovostnega

vidika. Vsako spremembo je treba ovrednotiti s stališča tveganj. Če se obe strani strinjata z rezultatom analize, se lahko spremembo vpelje (Daimler AG, 2020, str. 10–12).

3.3.3 Organizacijski procesi

Glavna vloga skupine organizacijskih procesov je nadzor in dodeljevanje različnih virov projektu. Skupino delimo na naslednje procese:

- **Vodenje in upravljanje projekta:** Namen projektnega vodenja je prepoznavanje, vzpostavitev in nadzor aktivnosti na projektu. Proces bdi nad izvajanjem projekta tako s tehničnega kot tudi časovnega in stroškovnega vidika. Na tehničnem področju je pomembno, da se tekom razvoja vpelje vse potrjene zahteve za izdelek. Časovno spremljanje projekta se začne z vzpostavitvijo splošne projektne časovnice, ki vsebuje vse pomembne mejnike projekta, in sicer tako razvojne faze kot tudi proizvodnega dela. Ta bo kasneje predstavljala osnovno merilo uspešnosti projekta. Pri nadzoru stroškov se določi ciljne stroške razvoja in ciljno lastno ceno izdelka v serijski proizvodnji. Tekom različnih vzorčnih faz in serijske proizvodnje se stroškovne izračune revidira. V primeru ugotovljenih odstopanj je treba sprožiti korektivne ukrepe, ki poskrbijo, da so odstopanja čim manjša. Poleg opisanih treh glavnih kazalnikov pa je treba za vsak projekt spremljati tudi zasedenost in kompetence človeških virov (VDA, 2017b, str. 69–70).
- **Obladovanje projektnih tveganj:** V preteklosti je proces analize tveganj temeljil na naučenih lekcijah iz obstoječih ali zaključenih projektov. Običajno so tveganja izhajala predvsem iz stroškovnih ali časovnih dejavnikov. Korektivni ukrepi so bili precej enoznačni, in sicer sprememba višine finančnih sredstev in optimizacija časovnih rokov. Vendar takšni prijemi na sodobnem in hitrorastočem trgu niso bili več dovolj učinkoviti. Z rastjo kompleksnosti izdelkov so se pojavile nove vrste tveganj, predvsem tveganja, ki so povezana s tehnično izvedljivostjo izdelka ali proizvodnega procesa (Kerzner, 2004, str. 336). Prenovljeni proces analize danes vključuje sprejetje strategije obvladovanja tveganj znotraj posamezne organizacije na krovni ravni. Proces vrednotenja poteka tekom celotnega življenjskega cikla izdelka in vključuje sodelovanje vseh deležnikov. V primeru prepoznanih tveganj se le-te s pomočjo posebnih kriterijev razvrsti v ločene skupine: tveganja, povezana z izdelkom, tveganja, povezana s proizvodnim procesom, tveganja, povezana z nedoseganjem časovnih rokov, in tveganja, ki izhajajo iz dobaviteljske verige. Na podlagi analize tveganj lahko kupci svoje dobavitelje uvrstijo v tri različne kategorije, in sicer dobavitelja z visokim, s srednjim in z nizkim tveganjem. Te kategorije predstavljajo sprožilec različnih korektivnih ukrepov, ki vključujejo padec bonitetnih ocen dobaviteljev, pa tudi poostren fizičen nadzor kupcev, če gre za tveganje najvišjega razreda (Volkswagen, 2014, str. 10).
- **Proces stalnega izboljševanja:** Proces je primarno namenjen izboljševanju proizvodnih procesov tekom serijske proizvodnje izdelkov. Temelji na mednarodnih standardih za zagotavljanje kakovosti ISO 9000 in IATF. Mehanizem stalnega izboljševanja procesov na podlagi zbranih podatkov predlaga spremembe in izboljšave z namenom povečanja

kakovosti proizvodnega procesa (Volkswagen, 2015, str. 16). Ko zaposleni predlagajo izboljšavo, se skliče posebno multidisciplinarno ekipo, ki analizira vplive predloga. Če je izvedljivost izboljšave potrjena, sledi njena vpeljava (VDA, 2017b, str. 75–76).

- **Upravljanje naučenih lekcij:** Izkušnje, pridobljene iz preteklih projektov, so za vsako podjetje zelo dragocene, saj omogočajo hitrejšo pridobivanje potrebnih kompetenc. Da pa pridobljeno znanje ne pade v pozabo, mora vsako podjetje vzpostaviti poseben sistem arhiviranja in dokumentiranja naučenih lekcij. Avtomobilska panoga daje tem procesom posebno veljavo, saj omogočajo dolgoročno učinkovito uporabo virov in zmanjšujejo možnost napak. Določeni proizvajalci avtomobilov spodbujajo svoje dobavitelje, da pred vsakim novim projektom pregledajo seznam naučenih lekcij, se seznanijo z vsebino in se jim skušajo izogniti že v zgodnjih fazah (Volkswagen, 2010, str. 15).

3.4 Novosti smernic funkcijske varnosti ISO 26262

Danes je programska oprema prisotna že v več kot 85 % vseh avtomobilskih sistemov. Širjenje uporabe vgrajene programske opreme na kritične sisteme in povečevanje stopnje kompleksnosti izdelkov sili podjetja v nenehno izboljševanje kakovosti procesa izdelave programske opreme. Standard Automotive SPICE nudi zelo dobro procesno podlago, vendar ne razlikuje med seboj naprav, ki so namenjene povečevanju udobja potnikov in ne vplivajo na osnovne funkcionalnosti vozil, ter sistemi, ki so neposredno udeleženi v najbolj kritičnih funkcijah vozila, kot so zaviranje, pospeševanje in zavijanje. Takšne sisteme podrobno obravnava standard ISO 26262, ki je bil prvič izdan leta 2011. V njem so zbrane posebne zahteve, ki skrbijo za funkcijsko varnost mehatronskih sistemov v avtomobilih. Standard ISO 26262 je na nek način nadgradil standard Automotive SPICE z varnostnimi cilji za kritične sisteme v avtomobilih, da bi preprečil nenadzorovano delovanje naprav, kar bi lahko povzročilo poškodbe ali celo smrt potnikov (Oliveria in drugi, 2017, str. 217).

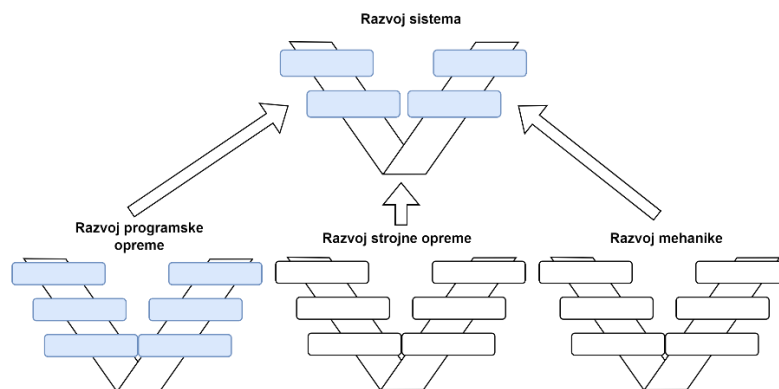
Poleg sprememb na tehničnem področju smernice vplivajo tudi na organizacijo razvojnega oddelka, saj standard predpisuje dve novi vlogi, ki morata biti zastopani v oddelku razvoja, in sicer vodjo za zagotavljanje funkcionalne varnosti in inženirja za zagotavljanje funkcionalne varnosti. Vodja oz. menedžer funkcijske varnosti je odgovoren za vrednotenje stopnje funkcijske varnosti, ki jo mora določen izdelek doseči, pripravo tehničnega koncepta in nadzor izvajanja procesa po razvojnih domenah. Odgovornosti inženirja funkcijske varnosti pa so strogo tehnične narave. Skrbi za vpeljavo koncepta v sistemske zahteve, premike zahtev po posameznih domenah, izbiro varnostnih mehanizmov in nadzoruje izvedbo testiranj izdelka (Messnarz in drugi, 2013, str. 333–335).

3.5 Razširitev V-procesne strukture na ostale razvojne domene

Uspešnost Automotive SPICE modela pri razvoju avtomobilskih sistemov z vgrajeno programsko opremo je sprožila ideje o razširitvi procesov tudi na druga razvojna področja ali domene, in sicer na razvoj strojne opreme in mehanskih komponent. Tveganja za odpoved

ne izhajajo samo iz digitalnega sveta, temveč so pogosto posledica odpovedi mehanske ali elektronske komponente. Slika 6 simbolično prikazuje procesni diagram. Z modro barvo so predstavljeni vsi procesi iz prejšnjega poglavja, z belo barvo pa so označeni vsi procesi, ki so trenutno še v konceptni fazi in se bodo oblikovali v prihodnje.

Slika 6: Razširitev Automotive SPICE procesne strukture



Prirejeno po Schlager in drugi (2018).

3.5.1 Razvojni model strojne opreme

Procesni model razvoja strojne opreme temelji na šestih različnih procesih, ki so organizirani v značilno V-procesno strukturo. Vhodne zahteve za razvoj elektronskega vezja predstavljajo sistemske arhitekturne zahteve ter morebitne naučene lekcije razvojnega oddelka iz preteklih projektov. Na podlagi kataloga vhodnih zahtev se oblikujejo zahteve za razvoj strojne opreme, katere glavna lastnost je, da so napisane v jeziku razvijalcev elektronike. Zahteve popisujejo vse funkcije elektronskega vezja, od komunikacijskih protokolov, vrste senzorjev, povezljivosti s programsko opremo, zahtev za elektromagnetno kompatibilnost do splošnih zahtev, kot so čistost elektronskega vezja, temperaturno območje delovanja ter življenjska doba posameznih komponent. Tako kot na sistemskem razvoju ali pri razvoju vgrajene programske opreme se tudi na področju razvoja elektronskega vezja določi kriterije sprejemljivosti, ki predstavljajo glavno izhodišče za razvoj verifikacijskih testov. Globlje kot potujemo po razvojni strani V-diagrama, bolj se strojna oprema deli na manjše zaključene dele, dokler ne pridemo do najmanjšega gradnika – elektronskega elementa. Takrat govorimo že o specifičnih elementih, kot so npr. upori, kondenzatorji, dušilke in tranzistorji (Schlager in drugi, 2018, str. 482–485). Ko preidemo na validacijsko stran, pa se začne proces oblikovanja in izvedbe testov. Na vsaki testni ravni se oblikuje natančno določeno zaporedje testov, s katerimi se preveri posamezne lastnosti in funkcionalnosti elektronskega vezja. Najvišja raven testiranja strojne opreme je kvalifikacija celotnega elektronskega modula (Ronnebeck in Lehmann, 2021).

3.5.2 Razvojni model mehanskih elementov

Smernice procesnega modela za ocenjevanje sposobnosti in zrelosti organizacijskih procesov za razvoj sooblikujejo tudi procesi razvoja mehanskih sestavov ali sklopov in komponent. Proces vzpostavitve zahtev za mehanske sestavne dele izdelka se podobno kot v prejšnjih primerih prične z analizo sistemskih arhitekturnih zahtev, ki določajo koncept izdelka na področju mehanike. Na podlagi vhodnih zahtev iz sistema dela je treba oblikovati zahteve za posamezne mehanske komponente ali sestave. Te morajo poleg tehničnih lastnosti vsebovati tudi informacijo o predvidenih stroških izdelave, vplivu na proizvodni proces, o čistosti in načinu pakiranja (Zeh, 2021, str. 22–23). Če gre za kompleksnejši izdelek, se zahteve nadalje delijo, dokler ne dosežejo ravni mehanskih elementov, ki predstavljajo najbolj osnovne gradnike procesa razvoja konstrukcije. Razvoj mehanskih elementov poteka skozi ponavljajoč proces izdelave različnih računalniških simulacij, tolerančnih analiz in študije materialov. Na tej ravni se sprejme tudi odločitev, ali bo izdelava posameznega elementa potekala znotraj podjetja, ki proizvaja končni sistem, ali pa bo to opravljal nek zunanji izvajalec. Z zaključevanjem razvoja mehanskih elementov se izvede tudi stopnjo združitve in kvalifikacije, kjer se elemente združuje v posamezne mehanske sklope. Da proces združevanja poteka kakovostno, poskrbijo številni testni primeri na različnih ravneh. Z uspešno opravljeno kvalifikacijo se proces razvoja mehanskih komponent zaključí (Zeh, 2021, str. 40–42).

Do sedaj smo se osredotočali na različne mehanizme zagotavljanja kakovosti tekom različnih zrelostnih stopenj izdelka. S slednjim smo pridobili teoretične osnove za razumevanje praktičnega dela magistrskega dela. V nadaljevanju si oglejmo, kako ima podjetje Kolektor vpeljene stebre kakovosti in procesno metodo Automotive SPICE.

4 ORGANIZIRANOST RAZVOJNEGA PROCESA V IZBRANEM PODJETJU

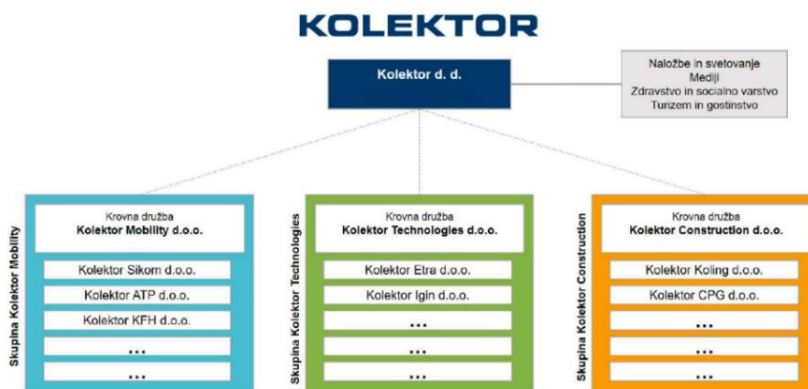
4.1 Predstavitev Skupine Kolektor

Podjetje Kolektor je bilo ustanovljeno leta 1963 kot Tovarna kolektorjev Idrija v času velike brezposelnosti v mestu Idrija in vedno bolj negotove usode rudnika živega srebra. Ob ustanovitvi je podjetje zaposlovalo 26 ljudi. Prve proizvodne linije so vzpostavili s pomočjo takrat že uveljavljenega podjetja Iskra, ki je bil obenem tudi njihov prvi in največji kupec komutatorjev. Že konec leta 1963 je podjetje zaposlovalo več kot 70 ljudi različnih profilov (Lazarević, 2012, str. 24–25). Pet let pozneje je podjetje podpisalo prvi večji sporazum o skupnem vlaganju in razvoju procesov z nemškim podjetjem Kautt & Bux. Naveza jim je omogočila razvoj in prodajo komutatorjev na tuje, bolj razvite evropske trge. S povečevanjem prodaje se je širil tudi proizvodni portfelj. Izdelovali so komutatorje različnih velikosti, od komutatorjev za male gospodinjske aparate pa vse do motorjev, ki so poganjali lokomotive (Lazarević, 2012, str. 32). Na začetku osemdesetih let se je začel krepiti izvoz v

vzhodne evropske države. Tako so vzpostavili neposredne prodajne kanale s podjetji na Češkoslovaškem, Madžarskem, v Romuniji in Turčiji (Lazarević, 2012, str. 67). Podjetje je vse do osamosvojitve Slovenije raslo. S kakovostno izdelanimi komutatorji je osvajalo tako avtomobilsko panogo kot tudi področje ročnih orodij ter bele tehnike. Rast se kljub procesu privatizacije ni ustavila. Leta 1997 je podjetje postalo vodilno v proizvodnji komutatorjev v Evropi (Kolektor d. d., brez datuma). Čeprav so že sredi osemdesetih let predvidevali nastop dobe brez komutatorjev, so se komercialno motorji, ki za svoje delovanje ne potrebujejo komutatorjev, pojavili šele konec 20. stoletja, ko je izjemen tehnološki napredek omogočil razvoj krmilne elektronike, ki nadomesti vlogo komutatorjev. Nadomestki so predstavljali neposredno grožnjo Kolektoru, saj je bilo podjetje takrat nišni proizvajalec. Negotovost je vodila v okrepitev procesa globalizacije in diverzifikacije skupine (Lazarević, 2012, str. 125). Tako je Kolektor leta 2001 postal večinski lastnik več podjetij v Aziji in ZDA, ki so omogočila večjo prilagodljivost posameznim trgom. Konkurenčnost ter visoki dobički so podjetju omogočali nadaljnjo organsko rast in nadaljnjo diverzifikacijo. Leta 2010 je podjetje z nakupom podjetja Etra 33, d.o.o., vstopilo na področje energetike, leta 2016 pa je s prevzemom visoko zadolženega gradbenega podjetja Primorje vstopilo v gradbeno panogo (Kolektor d. d., brez datuma).

Danes Skupina Kolektor združuje preko 60 povezanih družb, katerih dejavnosti v splošnem delimo v tri skupine, le-te so samostojne in med seboj neodvisne (slika 7). Kolektor Mobility, d.o.o., združuje družbe, ki so povezane s proizvodnjo in razvojem komponent in sistemov za avtomobilsko industrijo. Kolektor Technologies, d.o.o., združuje podjetja, ki so povezana z industrijsko tehniko in energetiko. Kolektor Construction, d.o.o., pa deluje na gradbenem področju. Z novo organizacijo je vodstvo pripravilo temelje za vzajemno izkoriščanje sinergij tako na programskem kot tudi tehnološkem področju (Kolektor, d. d., 2021, str. 7–10).

Slika 7: Organizacijska shema podjetja Kolektor



Prirejeno po Kolektor d. d. (2021, str. 8)

Poslovno leto 2021 je bilo prepleteno s številnimi izzivi. Podjetje se je spopadalo z močnim upadom naročil v avtomobilski industriji. Kriza polprevodnikov je zadala dodatni udarec

organizaciji. Skupina Kolektor je poslovno leto 2021 zaključila z 904 milijoni evrov prometa. EBITDA je znašal 77,8 milijona evrov. Celotna skupina zaposluje skoraj 6.000 ljudi, največ na področju komponent in sistemov za mobilnost. Delež prihodkov, ki jih podjetje vlaga v razvoj, je približno 4-odstoten (Kolektor, d. d., 2021, str. 23–25).

Z namenom standardizacije procesov znotraj organizacije ima podjetje Kolektor Mobility, d.o.o., vzpostavljen krovni dokument Razvoj izdelka in proizvodnega procesa, ki določa glavne usmeritve procesa razvoja izdelka od njegove zasnove do serijske proizvodnje. Vsebina sledi mednarodnemu standardu IATF 16949, nemškim normam za zagotavljanje kakovosti VDA in smernicam Automotive SPICE za razvoj vgrajene programske opreme. Pri izvajanju predpisanih aktivnosti se lahko uporablja različne metode in orodja, če je to zahtevano s strani kupcev. Z upoštevanjem smernic projektnega menedžmenta lahko vsako podjetje znotraj podjetja Kolektor Mobility, d.o.o., pridobi ključne konkurenčne prednosti in kompetence na trgih, kjer posluje. Te izhajajo predvsem iz sistematičnega prenosa odjemalčevih zahtev v izdelek in tehnološki proces, proaktivnega in zgodnjega prepoznavanja tveganj ter realizacije kakovostnega izdelka ob pravem času in z najnižjimi možnimi stroški (Kolektor Mobility d. o. o., 2023, str. 5).

4.2 Zrelostne faze izdelka

V Skupini se vse projekte, ne glede na vrsto, vrednoti s tremi različnimi stopnjami, in sicer s pripravo, z realizacijo in zaključevanjem projekta. Znotraj treh stopenj poznamo več različnih zrelostnih faz, ki sovpadajo z življenjskim ciklom avtomobilskih izdelkov (Kolektor Mobility d. o. o., 2023, str. 8):

- **Faza M** je začetna stopnja projekta, v kateri se potencialnim kupcem pripravi prvo informativno ponudbo za razvoj izdelka, proizvodnega procesa in serijsko proizvodnjo.
- **Faza 0** je faza priprave koncepta. Pridobi se že nekatere kupčeve dokumente, ki se jih lahko preliminarно pregleda, oceni izvedljivost ter zmožnost izpolnitve zahtev, tako s stališča kompetenc kadrov kot tudi kapacitet razvojnega in testnega oddelka. Naredijo se temeljne raziskave za morebitno kasnejšo izdelavo prvih prototipov. Določi se tudi stroškovni in terminski plan, kar skupaj s študijo izvedljivosti predstavlja zaključek te faze.
- **Faza A** je faza snovanja in proizvodnje A-vzorcev, katerih glavna naloga je potrditev ključnih lastnosti izdelka. Pridobi se vse tehnične zahteve odjemalcev, ki se jih skozi študijo izvedljivosti tudi natančno analizira. A-vzorci so običajno izdelani v prototipni delavnici z neserijskimi orodji in stroji.
- **Faza B** je faza snovanja in proizvodnje B-vzorcev, v kateri so jasno določene vse vhodne zahteve (tehnične, nabavne, logistične in prodajne). Običajno se v tej fazi začne izvajati obsežna validacija izdelka, s katero se preverja zmožljivosti izdelka. Pod drobnogledom sta predvsem vzdržljivost in življenjska doba izdelka. B-vzorci so izdelani s prototipnimi

orodji in stroji. Na tej stopnji projekta se določijo končni materiali, iz katerih bo izdelek izdelan.

- **Faza C** je faza snovanja in proizvodnje vzorcev z uporabo serijskih strojev in orodij. Konstrukcija izdelka in izbrani materiali so uspešno verificirani. Opravi se proces internega sproščanja serijskega proizvodnega procesa, v katerem se skrbno pregleda vsak procesni korak. Šele ko so vsi procesni koraki odobreni, sledi formalen prevzem proizvodne opreme in orodij s strani proizvodnega oddelka.
- **Faza D** je prehodna faza, v kateri odjemalec s svojimi orodji preverja ustreznost izdelka. Če izdelek ustreza njihovim zahtevam glede kakovosti, dobi podjetje zeleno luč za sprostitev proizvodnje.
- **Faza L** je faza varnega zagona proizvodnega procesa, v kateri se znotraj določenega časovnega okvirja ali določene količine izdelkov povečuje proizvodne kapacitete do načrtovane. V tej fazi se izdelek poostreno spremlja in nadzoruje. Če je dosežena raven kakovosti ustrezna, se serijska proizvodnja lahko prične. S tem je razvoj izdelka zaključen in posledično projektni tim razpuščen.
- **Faza S** je faza redne serijske proizvodnje. Spremembe proizvodnega procesa so dovoljene le v sklopu procesa stalnega izboljševanja in rednega vzdrževanja.

4.3 Organizacijska struktura in upravljanje projekta

Ker so avtomobilski projekti običajno zelo kompleksni, je treba poleg projektnih faz natančno določiti tudi projektno organizacijsko strukturo in terminski plan. Priprava slednjega je v domeni vodje projekta. Projektno skupino sestavljajo člani različnih področij dela in poslovnih funkcij. Skupina je interdisciplinarni tim, v katerem ima vsak član svojo vlogo. Pri oceni stroškov lahko vodja projekta uporabi podatke iz preteklih projektov, ocen in izkušenj. Struktura stroškov je določena s štirimi različnimi razvojnimi področji, in sicer: Načrtovanje, Orodja, Realizacija in Validacija (Kolektor Mobility d. o. o., 2023, str. 13).

4.3.1 Načrtovanje izdelka

Glavni namen faze je razvoj in oblikovanje koncepta novega izdelka. Proces se prične z analizo vhodnih zahtev, pri katerem poleg projektnega vodje sodelujejo tudi vodje posameznih razvojnih domen (vodja razvoja sistema, mehanike, strojne in programske opreme, vodja validacije ter sistemski arhitekt). Pregledane, ustrezno komentirane in usklajene kupčeve zahteve predstavljajo vhod za začetek snovanja izdelka. Proces se ponavlja, dokler vse zahteve niso usklajene z odjemalcem. Takrat se formalno izvede študijo izvedljivosti, ki vsebuje analizo tveganj ter zavezo projektne ekipe za izpeljavo projekta v skladu s potrjenimi tehničnimi, komercialnimi, časovnimi ter drugimi zahtevami. Glavni namen študije je preverba, ali sta razvoj izdelka in proizvodni proces izvedljiva znotraj stroškovnih in časovnih omejitev (Kolektor Mobility d. o. o., 2023, str. 19).

Ob zaključku študije izvedljivosti, s katero se ovrednoti izvedljivost izdelka in proizvodnega procesa, se prične snovanje sistema, katerega glavna naloga je preoblikovanje zahtev kupca v funkcionalne in nefunkcionalne zahteve za izdelek. Govorimo o procesu določitve sistemskih zahtev, ki obravnavajo vsako funkcijo ali lastnost izdelka s pripadajočimi kriteriji sprejemljivosti, ki bodo služili kot podlaga za kasnejše validacijske teste. Z razvojem sistemskih zahtev se proces načrtovanja izdelka nadaljuje v snovanje arhitekture sistema, katere cilj je prepoznavanje osnovnih gradnikov izdelka. Gre za določanje posameznih komponent in njihovih stičnih točk, na podlagi katerih se organizira postopek razvoja znotraj različnih razvojnih domen. Razvoj sistema in arhitekturnega področja je odgovornost vodje razvoja sistema in sistema arhitekta (Kolektor Mobility d. o. o., 2023, str. 23). Tekom razvoja sistema se vzporedno vzpostavi tudi FMEA analizo izdelka, s katero lahko zaznamo potencialne nevarnosti in tveganja za odpoved. Vhodni podatki za analizo so zahteve znotraj sistemske specifikacije. Tekom analize se oblikuje seznam mehanizmov, s katerimi se bo tekom razvoja obvladovalo tveganja za nastanek napak. Akcije vključujejo predvsem različne validacijske teste, ki jih je treba vključiti v obstoječi proces validacije izdelka. Pomembno je, da pri postopku sodeluje širša projektna ekipa, poleg FMEA moderatorja tudi vodje posameznih domen, sistemski arhitekt ter vodja testnega oddelka (Kolektor Mobility d. o. o., 2023, str. 24).

Razvoj izdelka se nadaljuje v razvoj posameznih domen. V primeru razvoja mehanskih komponent gre za ponavljajoč postopek, v katerem se prepletajo tri aktivnosti, in sicer določanje konstrukcije mehanskih komponent, izdelava računalniških simulacij ter izvedba analize za odkrivanje napak na posameznih komponentah. Pri določanju konstrukcijskih lastnosti je treba poleg dimenzijskih omejitev upoštevati tudi okoljske standarde in zakonodajo. Z uporabo simulacijskih orodij konstruktor preveri mehansko ustreznost svojih rešitev. Postopek je treba preveriti še s tolerančno analizo, ki poskrbi, da se bodo komponente med seboj na izdelku pravilno ujemale. Z FMEA analizo lahko konstruktorji predvidijo potencialne napake, analizirajo vzroke in določijo ukrepe za zmanjševanje tveganja za njihov nastanek. Pri razvoju mehanskih komponent sodeluje skupina konstruktorjev, katere aktivnosti koordinira vodja razvoja mehanike. V pregledu tehničnih risb in specifikacij lahko sodelujejo tudi predstavniki razvoja proizvodnega procesa (Kolektor Mobility d. o. o., 2023, str. 24–25).

Razvoj elektronske opreme poteka drugače kot razvoj mehanskih komponent. Z uporabo numeričnih simulacijskih metod ekipa pripravi načrt elektronskega vezja, ki določa natančen položaj posamezne elektronske komponente. Tudi tu se lahko uporabi različna simulacijska orodja, ki omogočajo preverjanje zanesljivosti in ustreznost elektronskega vezja v skladu z zahtevami. Pri samem izboru elektronskih komponent je treba slediti zahtevam za zagotavljanje skladnosti z okoljskimi standardi in zakonodajo. Če obstajajo dodatne zahteve v povezavi z ugotavljanjem tveganj za odpoved elektronske opreme, se komponento prav tako vključi v analizo za preprečevanje napak in obvladovanje tveganj. Za celoten proces je

odgovoren vodja razvoja elektronike, ki usklajuje delo načrtovalcev strojne opreme (Kolektor Mobility d. o. o., 2023, str. 25).

Proces razvoja programske opreme se začne z oblikovanjem arhitekturnih zahtev na ravni sistema. Te predstavljajo vhodne zahteve za vgrajeno programsko opremo. Njihov glavni namen je natančen popis vseh funkcij vgrajene programske opreme. Razvoj procesa sledi smernicam Automotive SPICE in ISO 26262, ki zajema razvoj arhitekture programske opreme, oblikovanje koncepta pa je v domeni programskega arhitekta. Ustreznost vsake zahteve se potrdi ob prisotnosti vodje razvoja vgrajene programske opreme ter programskih testerjev, ki so odgovorni za proces validacije. Arhitektura programa sestoji iz posameznih programskih enot, ki predstavljajo tudi najmanjši del vgrajene programske opreme. Programska enota je v osnovi matematična operacija, ki izvaja transformacijo vhodnega signala. Za razvoj programskih enot so odgovorni posamezni razvijalci programske opreme, za izvedbo validacije pa tester vgrajene programske opreme (Kolektor Mobility d. o. o., 2023, str. 25).

Zahteve iz posameznih razvojnih domen je treba prenesti po razvojni verigi naprej do dobaviteljev. Proces je zelo podoben, kot smo ga opisali že pri analizi kupčevih zahtev. V tem primeru se podjetje, ki bo proizvajalo izdelek, postavi v vlogo kupca in določi zahteve za njegove dobavitelje. Nabor zahtev je zelo podoben izhodiščnemu, vsebuje funkcionalne in nefunkcionalne zahteve za komponente ter vse ostale zakonodajne omejitve. S tem načinom je omogočen tudi prenos tveganj naprej po dobaviteljski verigi, z namenom, da vsak deležnik prevzame določen delež. Za vsako komponento, nabavljeno na trgu, je treba vzpostaviti specifikacijo za dobavitelje. Pri vzpostavitvi zahtev sodelujejo predvsem konstruktorji s pomočjo logistike, katera določi način pakiranja, ter nabave, ki določi pogoje poslovanja (Kolektor Mobility d. o. o., 2023, str. 27).

Poleg razvojnih procesov poznamo tudi procese, ki skrbijo za potrjevanje tako mehanskih lastnosti izdelka kot tudi njihovih funkcionalnosti. Skrbijo za izvedbo laboratorijskih testov, inženirskih ocen in preizkusov, ki so potrebni za celovito testiranje izdelka. Testi se razlikujejo glede na raven razvitosti. Najvišja je sistemska validacija, kjer se preverja funkcionalnost na ravni izdelka. Za izvajanje procesa je odgovoren validacijski oddelk s sistemskimi testerji, razvijalci testnih programov ter vodjo validacije (Kolektor Mobility, 2023, str. 27). Čeprav je razvojni postopek natančno določen, so spremembe na izdelku tekom razvoja običajne. Predlagatelj sprememb je lahko kupec, podjetje, ki razvija izdelek, dobavitelj ali pa gre za nujno spremembo, ki je bila posledica reševanja odpovedi izdelka. Ne glede na izvor sprememb je postopek obvladovanja le-teh enak. Ključno je, da se pred vpeljavo vsake spremembe ovrednoti njen vpliv na kakovost izdelka in zagotovi skladnost z odjemalčevimi zahtevami. Šele uspešno izvedeno ovrednotenje spremembe omogoči dejansko vpeljavo na izdelku (Kolektor Mobility d. o. o., 2023, str. 28).

Če proces snovanja in testiranja novega izdelka vključuje nove tehnološke rešitve, postopke in materiale, se v projektno ekipo vključi področje raziskav. To je skupina strokovnjakov z

različnih področij, katere glavna naloga je izvedba preliminarne raziskave, s katerimi se preveri ustreznost predlaganih tehnoloških rešitev oz. konceptov (Kolektor Mobility d. o. o., 2023, str. 30).

4.3.2 Razvoj proizvodnega procesa

Razvoj proizvodnega procesa se prične hkrati z razvojem izdelka, saj se s tem zmanjša tveganje, da bodo nekatere konstrukcijske rešitve neizvedljive v proizvodnem procesu, kar bi lahko vodilo v ponavljanje razvoja izdelka. Vhodne zahteve za razvoj proizvodnega procesa predstavljajo kupčeve zahteve in zahteve iz procesa snovanja izdelka. Načrtovanje proizvodnega procesa poteka v več korakih, vsak izmed njih pa ustvari določen izhod. Najprej je treba vzpostaviti diagram poteka proizvodnega procesa, ki predstavlja grafično upodobitev proizvodnega procesa, kjer je predstavljen vrstni red vseh operacij. Z nadaljevanjem razvoja procesa se oblikuje podrobna razdelitev proizvodnega procesa na posamezne operacije, preko katerih se oblikuje seznam opreme, izračuna se tudi čas cikla. Določanje proizvodnih operacij zahteva tudi vzpostavitev PFMEA. Gre za enako metodo, kot jo poznamo pri razvoju izdelka, vendar s to razliko, da je analiza potencialnih napak in njihovih posledic razširjena na proizvodni proces. Pri vsaki delovni operaciji so ovrednotene potencialne napake in načini obvladovanja tveganj. Rezultat analize je osnova za vzpostavitev ukrepov za preprečevanje napak. Na osnovi tega je z namenom zagotavljanja kakovosti treba sestaviti tudi plan kontrole dimenzijskih in funkcijskih lastnosti, na podlagi katerih je kakovost vsakega izdelka ovrednotena in nadzorovana. Običajno govorimo o uporabi statističnih metod spremljanja in nadzora izbranih lastnosti izdelka, o katerih smo več govorili v poglavju 2.5. Poleg tehničnih parametrov proizvodnega procesa pa je treba natančno opisati tudi delovna mesta, katere kompetence bo zaposleni potreboval ter v kakšnem vrstnem redu se bodo naloge izvajale. Govorimo o delovnih navodilih. Podobno kot pri razvoju izdelka tudi razvoj procesa vključuje vzpostavitev različnih dokumentov z zahtevami za delovne stroje in orodja. Postopek sprostitve proizvodnega procesa poteka preko številnih testnih zagonov posameznih delov proizvodne linije. Glavni namen je potrditi ustrezno kakovost, sposobnost in zmogljivost procesa. Ključno vlogo pri tem ima vodja tehnologije z ekipo tehnologov. V tem procesu pa lahko sodelujejo še FMEA moderator, proizvodni inženirji, strokovnjaki za vitko proizvodnjo ter oddelek za logistiko (Kolektor Mobility d. o. o., 2023, str. 31–34).

Prevzem izdelka v redno serijsko proizvodnjo se izvede ob skrbnem pregledu vodje projekta in predstavnikov proizvodnje, tehnologije, konstrukcije in kakovosti. Skupina na proizvodni lokaciji preveri, ali izdelek in tehnološki proces izpolnjujeta vse potrebne zahteve za prehod v redno serijsko proizvodnjo. S podpisom zapisnika o skladnosti se razvoj proizvodnega procesa in s tem tudi izdelka uradno zaključi. Izpolnjevanje zahtev in odgovornost se s tem dejanjem prenese na proizvodnjo (Kolektor Mobility d. o. o., 2023, str. 35).

4.4 Informacijski sistemi znotraj podjetja Kolektor Mobility

Kolektor se je s potrebo po razvoju učinkovitega informacijskega sistema soočil že pri proizvodnji enostavnih komponent – komutatorjev. V literaturi je informacijski sistem opredeljen kot mehanizem, s pomočjo katerega se ustvarjajo, shranjujejo in pretakajo informacije, proces upravljanja informacij pa omogoči uspešno in učinkovito podporo ključnih deležnikov v poslovnem procesu (Gradišar & Resinovič, 2001, str. 338). Tradicionalni poslovni modeli pogosto decentralizirajo uporabo podatkov, pri čemer vsak poslovni proces shranjuje svoje podatke v ločene baze. Uporaba različnih baz podatkov onemogoča celosten pregled in njihovo obdelavo, kar povečuje stroške in možnost za nastanek napak (SAP, brez datuma). Priložnost po obvladovanju stroškov na tem področju je videl tudi Kolektor. Zato je v svoj poslovni proces vpeljal poslovno-informacijski sistem SAP. Njegova glavna lastnost je centralizacija podatkov, s katerim zagotovi enostaven dostop podatkov vsem zaposlenim iz različnih poslovnih oddelkov. Na organizacijski ravni se izboljšana dostopnost odraža v pospeševanju delovnih tokov, operativni učinkovitosti in povečanju produktivnosti (SAP, brez datuma).

S pojavom kompleksnejših izdelkov, digitalizacije in industrije 4.0. pa obstoječi informacijski sistemi niso več zadostovali. Razvila se je programska oprema za upravljanje življenjskega cikla izdelka. To je poslovna strategija, ki povezuje informacije, ljudi in procese v zaključeno celoto (Tang & Qian, 2007, str. 291). Sistem naslavlja zahteve za razvoj izdelka, zbira in analizira podatke iz serijskega procesa ter pripravi korake ob zaključku življenjskega cikla izdelka. Podjetja imajo s takšno programsko opremo številne dolgoročne prednosti. Uspešneje obvladujejo stroške, dosegajo višjo kakovost izdelkov in povečujejo zadovoljstvo kupcev. Glavne naloge PLM (angl. Product Lifecycle Management) sistemov so predvsem upravljanje informacij in podatkov, kontrola procesov in povezovanje različnih podatkovnih sistemov tako znotraj organizacije kot tudi z njihovimi odjemalci (Milhim in drugi, 2012, str. 324). S podobnim izzivom se je pred nekaj leti soočil tudi Kolektor. S prehodom iz komponentnega programa na proizvodnjo sistemov obstoječi poslovno-informacijski sistem ni bil več učinkovit. S tem namenom so v poslovne procese vpeljali PLM sistem Windchill in ALM sistem (angl. Application Life Management) za obvladovanje vgrajene programske opreme Polarion. Sistema nameravajo v bližnji prihodnosti združiti v skupno okolje.

Prednosti Windchill programske opreme je več. Nudi odlično integracijo s CAD sistemi (angl. Computer-Aided Design), kar omogoča enostavno transformacijo modelov v tehnično dokumentacijo (PTC, brez datuma). Sistem deluje na internetnem strežniku, kar pomeni, da je dostopen širši projektni skupini. Posledično se lahko razvoj, proces pregleda in potrjevanja dokumentacije odvija dislocirano. Sposobnost verzioniranja omogoča natančno vodenje sprememb posameznih dokumentov, kar je v primeru kompleksnejših izdelkov izjemnega pomena (Tang & Qian, 2007, str. 291).

Sistem Polarion, ki ga je razvilo podjetje Siemens, prav tako spada v skupino aplikacij za upravljanje življenjskega cikla aplikacije – ALM. Če je v prejšnjem primeru bil poudarek na upravljanju s tehnično dokumentacijo, ki določa fizične lastnosti izdelka, pa so pri sistemu Polarion glavne koristi proces upravljanja zahtev, testnih postopkov, odkrivanje težav in sledenje spremembam na področju vgrajene programske opreme. Sistem omogoča pretok informacij v realnem času med vsemi uporabniki. Tako lahko do podatkov dostopajo različni poklicni profili, od razvojnih inženirjev do osebja za zagotavljanje kakovosti, predstavnikov podpornih služb in menedžmenta. Na področju upravljanja vhodnih zahtev podpira vnos kupčevih dokumentov iz različnih formatov v enoten prostor, kar omogoča učinkovito izvedbo študije izvedljivosti, tako pri procesu razdeljevanja zahtev posameznim deležnikom kot tudi pri oblikovanju končnega poročila. Vse spremembe dokumentov se arhivirajo, kar omogoča ekipi tudi pogled za nazaj. Proces oblikovanja tehničnih zahtev za izdelek je poenoten, ne glede na to, ali gre za zahteve, ki se navezujejo na sistem, mehaniko, programsko in strojno opremo ali proizvodni proces. Pravila so enaka, treba je oblikovati vsebino zahtev, določiti njihov tip, oblikovati testne kriterije, vzpostaviti povezavo na zahtevo višje ravni, izvesti vsebinski pregled in potrditev zahteve skupaj z vodjo posamezne razvojne domene. Podobno izgleda tudi proces oblikovanja testnih primerov. Na podlagi zahtev in testnih kriterijev se oblikuje posamezne teste, ki se jih lahko združi v testno sekvenco. S parametrizacijo testnih korakov se omogoči njihovo ponovno uporabo na drugih razvojnih projektih. Po izvedbi testov sistem Polarion omogoča vnos rezultatov in analiz. V primeru, da test ni bil uspešen, se samodejno ustvari odstopanje. Ko so vnešeni vsi testni rezultati, se samodejno oblikuje zaključno testno poročilo, ki lahko služi kot potrdilo o skladnosti izdelka z vhodnimi zahtevami. V vsakem razvojnem projektu prihaja do nenapovedanih sprememb. Orodje Polarion nudi odlično podporo pri metodološkem izvajanju študije vplivov. Tako se lahko vsako spremembo ovrednoti s stališča procesa razvoja, tehnične izvedljivosti, ekonomskega vidika ter vpliva na kakovost, stroške in časovnico. Med samim procesom izvajanja sprememb lahko razvojna ekipa spremlja njihovo stanje vpeljave v realnem času. Podobno poteka tudi upravljanje s težavami in prepoznanimi tveganji. Ob nastanku odstopanja se nemudoma ustvari gradnik, ki vsebuje opis težave, in določi ekipo strokovnjakov, ki bo sodelovala pri njeni razrešitvi. Po začetnem obveščanju članov ekipe se določi tudi časovni plan reševanja in aktivnosti, ki sledijo standardiziranemu procesu 8D (angl. Eight Disciplines Model), o katerem smo pisali v poglavju 3.3.2 (Polarion, brez datuma).

Informacije, podatki, meritve, zahteve, zadolžitve in testiranja se med seboj povezujejo in dopolnjujejo preko različnih gradnikov informacijskega sistema Polarion. Ker bo poznavanje gradnikov pomembno za razumevanje praktičnega dela magistrskega dela, si v tabeli 1 oglejmo splošne in domenske gradnike. Glavne lastnosti in funkcije izdelka so opisane s sistemskimi in arhitekturnimi zahtevami, ki se nadalje delijo v domenske zahteve. Poznamo zahteve za konstrukcijo, strojno in programsko opremo ter zahteve za proizvodni ali tehnološki proces.

Tabela 1: Osnovni gradniki sistema Polarion

Simbol	Ime	Ime (ang.)	Področje uporabe	Pomen
	Validacijski test	Test Case	Splošno	Testni protokol, s katerim se preveri delovanje specifične funkcije.
	Težava	Issue	Splošno	Težava, odpoved, odstopanje ali napaka.
	Zahtevek za spremembo	Change Request	Splošno	Predlog za spremembo.
	Zadolžitev	Task	Splošno	Zadolžitev ali naloga.
	Pregled	Review task	Splošno	Pregled in potrditev.
	Sistemska zahteva	System Requirement	Sistem	Zahteva za funkcijo ali lastnosti izdelka.
	Zahteva za sistemsko arhitekturo	System Architecture	Sistem	Zahteva za funkcija ali lastnost posameznega dela izdelka.
	Sistemski objekt	System Item	Sistem	Različica posameznega proizvoda.
	Zahteva za mehanski sklop	Mechanical requirement	Mehanika	Zahteva za lastnost mehanskega sklopa.
	Mehanski sklop ali komponenta	Mechanical item	Mehanika	Vsebuje osnovne podatke o mehanskem sklopu ali komponenta.
	Zahteva za programsko opremo	Software Requirement	Programska oprema	Zahteva za funkcijo vgrajene programske opreme.
	Verzija programske opreme	Software Release	Programska oprema	Vsebuje osnovne podatke o različici programske opreme.
	Komponenta ali enota programske opreme	Software Unit	Programska oprema	Zahteva za funkcija programske komponente ali enote.
	Verzija strojne opreme	Hardware Release	Strojna oprema	Vsebuje osnovne podatke o različici strojne opreme.
	Zahteva za strojno opremo	Hardware Requirement	Strojna oprema	Zahteva za funkcijo strojne opreme.
	Komponenta ali enota strojne opreme	Hardware Unit	Strojna oprema	Funkcija komponente ali enote strojne opreme.
	Zahteva za tehnološki proces	Technology Requirement	Proizvodnji proces	Zahteva za proizvodnjo opreme, stroja ali orodja.
	Tehnološki objekt	Technology item	Proizvodnji proces	Vsebuje osnovne podatke o proizvodni opremi, stroju, orodju ali meril.

Vir: lastno delo.

Teoretični del bomo v nadaljevanju nadgradili z empirično analizo obstoječega sistema beleženja stroškov razvoja na posamezenih projektih. Izsledki bodo predstavljali glavne zahteve za nov koncept zbiranja stroškov razvoja posameznih projektov znotraj podjetja Kolektor Mobility, d. o. o.

5 ANALIZA TRENUTNEGA PROCESA SPREMLJANJA STROŠKOV RAZVOJA

V krovnem podjetju Kolektor Mobility, d.o.o., stroške razvoja posameznega projekta spremljajo s centralnim poslovno-informacijskim sistemom SAP. Stroške materiala in storitev se vnaša neposredno v sistem, medtem ko se stroški dela zbirajo ločeno preko različnih sistemov. V preteklosti je večina razvojnega oddelka uporabljala sistem Sharepoint, v letu 2019 pa je skupina pričela s postopnim preходом na sistem Polarion.

5.1 Opis razvojnih projektov

Analiza stroškov razvoja je bila izpeljana na treh razvojnih projektih, s katerimi se bo podjetje dokončno preobrazilo iz dobavitelja avtomobilskih komponent v dobavitelja avtomobilskih sistemov. Za lažje razumevanje analize stroškov in aktivnosti si v nadaljevanju oglejmo nekaj primerov izdelkov oz. projektov.

Projekt A:

Z uveljavitvijo različnih okoljevarstvenih direktiv so številni proizvajalci avtomobilov soočeni z izzivom, kako zmanjšati izpuste prašnih delcev vozil v okolje. K reševanju problematike je pristopilo tudi podjetje Kolektor Mobility, d.o.o., ki je razvilo električni pogon. Predstavlja ključno vlogo pri zmanjševanju prašnih delcev izpušnega sistema avtomobilov. Z uporabo standardiziranih digitalnih komunikacijskih protokolov se lahko

pogon vgradi v različne tipe in znamke avtomobilov. Ponaša se z dolgo življenjsko dobo in odpornostjo proti različnim medijem. Proces razvoja aplikacije vključuje razvojne smernice Automotive SPICE in zajema razvoj sistema, mehanike ter strojne in vgrajene programske opreme (Kolektor Group d. o. o., 2017).

Projekt B:

Z razvojem hibridnih vozil se ne spreminjajo le načini delovanja pogonskih agregatov, temveč se povečuje tudi udobje potnikov v vozilih. Uporaba avtomatskih menjalnikov sicer sega že v čase klasičnih motorjev z notranjim izgorevanjem, vendar so imeli številne pomanjkljivosti, med drugim tudi to, da so potniki v vozilih čutili menjavo prestav v obliki sunkov, kar je nedvomno zmanjšalo udobje med vožnjo. Če govorimo o komercialnih vozilih, pa je problematika še bolj moteča, saj so vožnje običajno daljše. Kolektor je v problematiki prepoznal izziv in razvil elektromotor, ki igra ključno vlogo pri povečevanju udobja potnikov v vozilih. Proces razvoja je vključeval razvoj kompleksnih mehanskih komponent in sklopov (Kolektor Group d. o. o., 2018).

Projekt C:

Z okoljskim osveščanjem in težnjami po trajnostnem delovanju so bila številna avtomobilska podjetja prisiljena v razvoj električnih avtomobilov, ki se bodo lahko primerjala s klasičnimi. Ker je prehod predstavljal prevelik izziv, so podjetja razvila hibridna vozila, ki so nekakšen predhodnik električnih. Hibrid je tip vozila, ki združuje prednosti tako motorja z notranjim izgorevanjem kot tudi električnega motorja. Z uporabo električnega motorja zmanjšajo porabo goriva, bencinski motor pa jim omogoča doseganje visoke avtonomnosti (EPA, brez datuma). Prilagoditev motorjev je povzročila tudi tehnološke spremembe na avtomatskem menjalniku, vse pa z namenom povečevanja ekonomičnosti in udobja. Na tem področju je Kolektor prepoznal priložnost in razvil pametni pogon, ki skrbi za nemoteno delovanje menjalniškega sistema. V procesu razvoja je bilo treba upoštevati razvojne smernice Automotive SPICE, sam proces pa je vključeval vsa razvojna področja (Kolektor Group d. o. o., 2019a).

5.2 Spremljanje stroškov preko stroškovnih nalogov

Podjetje spremlja stroške razvoja posameznih projektov preko štirih glavnih področij, ki se ustvarijo v poslovno-informacijskem sistemu SAP ob začetku projekta. Delimo jih na naslednja štiri področja (Kolektor Group d. o. o., 2019b, str: 4–11):

– Načrtovanje:

Področje združuje stroške, ki so nastali neposredno z razvojem izdelka in proizvodnega procesa.

– **Orodja:**

Področje združuje stroške, ki so nastali z izdelavo prototipnih orodij. Običajno se proces izdelave orodij izvaja znotraj lastne orodjarne in strojegradnje. Le v primeru kompleksnejših orodij se izdelavo preda zunanjim ponudnikom. Vsi stroški, povezani z izdelavo serijskih naprav, so del amortizacijske politike podjetja, zato niso del omenjenega področja. Magistrsko delo se primarno ne osredotoča na proces izdelave orodij, zato bomo v nadaljevanju stroške izdelave orodij prikazovali le na najvišji ravni stroškovne analize posameznih projektov.

– **Realizacija:**

V poglavju 4.2 smo že opisali, da so posamezni projekti običajno sestavljeni iz več različnih razvojnih faz. V vsaki izmed njih je treba izdelati vzorce, ki se jih uporabi za validacijo izdelka, proizvodnega procesa ter testnih aktivnosti kupca. Z dozorevanjem izdelka in proizvodnega procesa se količina izdelkov povečuje. Vsi stroški, povezani z izdelavo, tako stroški vhodnih komponent kot tudi proizvodnega dela, se beležijo na področje Realizacija. Podobno kot v prejšnjem primeru, bodo stroški, ki izhajajo iz izdelave vzorcev, prikazani le na najvišji projektni stroškovni ravni.

– **Validacija:**

S procesom validacije razvojni oddelek potrdi skladnost novega izdelka s kupčevimi zahtevami ter dokaže sposobnosti in zmogljivosti proizvodnega procesa. Postopek testiranja je treba večkrat ponoviti. V splošnem poznamo dve vrsti validacije, in sicer zunanjo in notranjo. Zunanja je namenjena predvsem kupcem, s katero se potrdi, da je izdelek skladen z njihovimi zahtevami ter da proces dosega potrebno zmogljivost in kakovostno raven. Notranja validacija pa je namenjena testiranju posameznih razvojnih domen, integraciji različnih komponent ter preverjanju pakiranja in vhodnih komponent.

Stroški se na posamezna področja beležijo preko sistema stroškovnih nalogov, ki jih na začetku projekta odpre projektni vodja. Gre pravzaprav za stroškovne nosilce, ki združujejo vse stroške iz določenega obdobja in razvojnega področja. Tako poznamo stroškovne naloge, ki so namenjeni beleženju stroškov razvoja celotnega izdelka, kot tudi stroškovne naloge, ki zajemajo razvoj posameznih razvojnih področij. V nadaljevanju se bomo posvetili predvsem stroškom, ki so nastali na stroškovnih nalogih, povezanih z razvojem in s testiranjem izdelka in proizvodnega procesa. Za lažje razumevanje stroškovnih postavk si v nadaljevanju oglejmo pravila vrednotenja stroškov, sprejeta na državni ravni.

V Sloveniji poznamo Slovenske računovodske standarde ali krajše SRS. Gre za eno izmed najpomembnejših računovodskih listin, ki jo oblikuje Slovenski inštitut za revizijo in vsebuje strokovne smernice na področju računovodstva (Slovenski inštitut za revizijo, 2016a, str. 1). Smernice se nanašajo predvsem na gospodarske družbe, lahko pa jih uporabljajo tudi ostale organizacije, tako samostojni podjetniki, državne institucije ter neprofitne organizacije in društva. Namen računovodskih standardov je predvsem poenotiti pravila prepoznavanja, merjenja in vrednotenja gospodarskih kategorij (Slovenski inštitut za revizijo, 2016a, str. 2). Vsako podjetje vodi poslovno knjigo po svojem kontnem načrtu, ki

temelji na enotnem Kontnem načrtu za gospodarske družbe, samostojne podjetnike posameznike, kmečka gospodinjstva, zadruga in nepridobitne organizacije (Slovenski inštitut za revizijo, 2016a, str. 3). Tekom analize stroškov, povezanih z razvojem novih izdelkov, se bomo srečali z različnimi računovodskimi konti, zato si v nadaljevanju oglejmo njihovo vsebino:

– **Stroški materialov in storitev (razred 40 in 41):**

Obračunavanje in razkrivanje stroškov materiala in storitev obravnava SRS 12 (Slovenski inštitut za revizijo, 2016a, str. 4). Obdeluje predvsem razvrščanje, prepoznavanje in razkrivanje stroškov materiala in storitev. V skladu s standardom SRS so stroški materiala »*cenovno izraženi potroški neposrednega materiala in tistega dela materiala, na katerega se nanašajo posredni proizvodjalni stroški ter posredni stroški nabavljanja, prodajanja in splošnih služb. Stroški storitev so stroški, ki se ne štejejo kot stroški materiala, amortizacije ali dela*« (Slovenski inštitut za revizijo, 2016a, str. 87). Običajno se jih razvršča po izvirnih vrstah, ki jih določa podjetje samostojno. Stroški materiala in storitev se prepoznavajo s pomočjo dokazil, ki kažejo na to, da so vezani na pridobivanje gospodarskih koristi. Če se pred uporabo niso zadrževali v zalogah, se v računovodskih izpisih izkazuje nabavne zneske materiala. Enako velja tudi za stroške storitev (Slovenski inštitut za revizijo, 2016a, str. 88).

– **Stroški, klasificirani kot razred 5:**

V skladu z enotnim kontnim načrtom za gospodarske družbe je uporaba razreda prosta, kar pomeni, da imajo podjetja možnost prilagoditve kontov svojemu načinu poslovanja (Slovenski inštitut za revizijo, 2016b, str. 17). Razred se znotraj podjetja Kolektor Mobility, d.o.o., uporablja za spremljanje stroškov dela razvojnega oddelka.

5.2.1 Analiza stroškovnih nalogov na projektu A

Izpis stroškov iz poslovno-informacijskega sistema SAP (priloga 1, slika 1) na ravni projektnih področij prikazuje, da je največ stroškov nastalo pri načrtovanju izdelka in proizvodnega procesa, skupaj 44 %. Sledijo stroški, ki so povezani z izdelavo vzorcev med različnimi razvojnimi fazami in skupno znašajo 27 % vseh stroškov projekta. Validacija izdelka in proizvodnega procesa je zahtevala dodatnih 23 % stroškov. Najmanjši delež stroškov – 6 % – pa je nastal v postopku izdelave orodij. Ker se magistrsko delo osredotoča na stroške, nastale z razvojem izdelka, si v nadaljevanju podrobneje oglejmo stroškovno shemo področij 'Načrtovanje' in 'Validacija'.

Slika 2 v prilogi 1 prikazuje stroškovne naloge, ki so bili odprti v okviru projekta A za stroškovno področje 'Načrtovanje' v obdobju 2016–2021. Analiza je obsegala pregled izvora stroškov na posameznih stroškovnih nalogih. Zaradi lažje obravnave so vrednosti posameznih stroškovnih postavk zapisane relativno. Analiza stroškovne slike področja ali krovnega procesa 'Načrtovanje' prikazuje, da so stroški neenakomerno razporejeni preko stroškovnih nalogov. Največji delež stroškov je nastal na stroškovnem nalogu 'Projekt A', in

sicer kar 55 % vseh stroškov. Hkrati pa stroški na dveh stroškovnih nalogih ne presegajo niti 1 % vrednosti. Pregled stroškovnih kontov na ravni stroškovnega področja '*Načrtovanje*' pokaže, da je najmanjši delež stroškov nastal iz naslova storitev, in sicer 13 % vseh. Sledi strošek materiala, ki znaša 26 % vseh stroškov. Največji delež pa izhaja iz dela razvojnega oddelka – skupaj kar 61 % vseh stroškov. Trije stroškovni nalogi ustrezajo procesom V-razvojnega modela. Ustrezajo procesom razvoja konstrukcije ter strojne in vgrajene programske opreme, kar smo na sliki 2 v prilogi 1 označili s črko V v ozadju. V nadaljevanju si podrobneje ogledjmo, kateri stroški sestavljajo posamezne stroškovne naloge.

Najstarejši stroškovni nalog '*Projekt A*' je bil odprt ob začetku projekta leta 2016 in predstavlja največji delež nastalih stroškov na projektu (55 %). Znotraj skupine stroškov materiala najdemo stroške, povezane z nakupom komponent za izdelavo konceptov izdelka, različne stroške pakiranja in poštnih dostav ter stroške izdelave prototipnih orodij. Skupaj predstavljajo 48 % vseh nastalih stroškov na stroškovnem nalogu. Stroški storitev so nastali z najemom različnih zunanjih storitev pri podjetjih, ki se ukvarjajo s 3D-tiskom, certificiranimi elektromagnetnimi meritvami ter drugimi razvojnimi testi. Skupaj prinesejo 17 % vseh stroškov na nalogu. Strošek dela pa sestavljajo aktivnosti razvojnih inženirjev, tehnologov, projektnih vodij, laboratorija, službe za zagotavljanje kakovosti ter tudi ure orodjarjev in razvijalcev orodij. Ti stroški skupaj znašajo 35 %.

Stroškovni nalog '*Projekt A razvoj konstrukcije*' je namenjen zbiranju stroškov, nastalih z razvojem mehanskih sestavov in njihovih komponent. Na ravni celotnega procesa načrtovanja izdelka je na nalogu knjiženih približno 15 % vseh stroškov, od tega je velika večina strošek dela razvijalcev konstrukcije. Stroški materiala so zanemarljivi in znašajo manj kot 1 %.

Področje razvoja vgrajene programske opreme pokriva stroškovni nalog '*Projekt A razvoj programske opreme*', ki prispeva približno 22 % vseh nastalih stroškov načrtovanja izdelka. Iz analize stroškovnih kontov je razvidno, da so stroški nastali samo z razvojnimi aktivnostmi inženirjev s področja vgrajene programske opreme. Opazili smo tudi, da so na omenjenem nalogu knjižene tudi nekatere ure zaposlenih, katerih glavna naloga je testiranje vgrajene programske opreme.

Stroške razvoja strojne opreme združuje stroškovni nalog '*Projekt A razvoj strojne opreme*', ki prispeva skupno 5 % vseh nastalih stroškov razvoja. Podrobna analiza stroškovnih skupin pokaže, da so stroški nastali z nakupom elektronskih komponent, vendar njihova relativna vrednost ne presega 10 %. Več kot 99 % stroškov je nastalo z razvojnimi aktivnostmi inženirjev, ki razvijajo strojno opremo.

Stroškovni nalog '*Projekt A validacija tehnologije*' je bil kronološko odprt več kot dve leti po začetku projekta. Analiza stroškovnih skupin prikaže, da so nastali stroški zelo nizki, skupaj pa ne presegajo 1 %. Nastali so z nakupom komponent, ki se vgrajujejo v testne naprave. Iz sledečega lahko zaključimo, da bi stroškovni nalog bil primernejši znotraj

področja '*Validacija*', saj združuje stroške, povezane s testiranjem izdelka. Do podobnih zaključkov pridemo tudi pri analizi naloga '*Projekt A predelave/dodelave*' in '*Projekt A CRM*'. V obeh primerih so stroški zanemarljivi in ne presegajo 1 % vseh stroškov na področju načrtovanja. Stroški so nastali z najemom orodjarskih storitev, le-ti pa bi bili bolj primerni za stroškovno področje '*Orodja*'.

Tudi stroškovna analiza področja '*Validacija*' (priloga 1, slika 3) prikazuje neenakomerno razporejanje stroškov med posameznimi nalogi. Največji delež stroškov je knjiženih na nalogu '*Projekt A validacija*', kar 64 % vseh, najnižji delež stroškov na nalogu '*Projekt A magnetne meritve*' pa le 3 % vseh. Analiza stroškovnih skupin na ravni krovnih procesov prikazuje podobno sliko kot pri načrtovanju izdelka. Največji delež stroškov izhaja iz razvojnih ur inženirjev, skupaj več kot 92 %. Stroški najema zunanjih storitev znašajo 7 %. Še nižji je strošek materiala, ki ne presega niti 1 %. Dva obstoječa stroškovna naloga ustrezata procesom validacije, ki so v skladu z V-razvojnim modelom. V nadaljevanju si podrobneje oglejmo, kateri stroški sestavljajo posamezne stroškovne naloge.

Najstarejši stroškovni nalog '*Projekt A*' je bil znotraj stroškovnega področja '*Validacija*' odprt v začetku 2017, kar kronološko sledi istoimenskemu nalogu na področju '*Načrtovanje*'. Vrednostno je na nalogu zabeleženih 64 % vseh nastalih stroškov. Znotraj skupine stroškov materiala najdemo stroške, ki so povezani z nakupom komponent za izdelavo testnih priprav, komunikacijskih pripomočkov ter stroške pakiranja in poštnih pošiljk. Skupaj tvorijo 1,5 % vseh stroškov na nalogu. Stroški storitev izhajajo iz najema certificirane agencije za izvedbo klimatskih in električnih testov. Največji delež, 93 % vseh stroškov na nalogu, pa je strošek dela raziskovalcev, razvojnih inženirjev, laboratorija in službe za zagotavljanje kakovosti.

Stroške validacije vgrajene programske opreme združuje stroškovni nalog '*Projekt A validacija programske opreme*', ki skupaj prispeva 22 % vseh nastalih stroškov z validacijo izdelka. Vsi stroški izvirajo iz dela strokovnjakov za testiranje vgrajene programske opreme. Nekoliko drugače je v primeru testiranja strojne opreme '*Projekt A validacija strojne opreme*'. Tam stroški izvirajo iz najema storitev laboratorija za zagotavljanje elektromagnetne kompatibilnosti naprav (19 % vseh stroškov) in dela strokovnjakov za validacijo strojne opreme (skupaj 81 % stroškov). Celotni stroški, povezani s testiranjem strojne opreme, znašajo 15 % vseh stroškov validacije izdelka. Četrty, najmanjši stroškovni nalog '*Projekt A magnetne meritve*' pa prispeva 3 % vseh stroškov, ki izvirajo iz razvojnega dela strokovnjakov za opravljanje magnetnih meritev.

5.2.2 Analiza stroškovnih nalogov na projektu B

Izpis stroškov iz poslovno-informacijskega sistema SAP na ravni stroškovnih področij za projekt B (priloga 2, slika 1) prikazuje, da je največ stroškov (73 %) nastalo z razvojem in načrtovanjem izdelka. Sledi validacija izdelka s približno 14 % stroškov ter izdelava vzorcev s približno 13 %. Iz splošne stroškovne sheme je razvidno, da so deleži nastalih stroškov bistveno drugačni kot v primeru projekta A. Glavni razlog je zrelost posameznih izdelkov.

Projekt B je namreč v pozni razvojni fazi C, kar pomeni, da je razvoj proizvodnega procesa še vedno v teku. Ker nas za namene analize zanimajo predvsem stroški, povezani z razvojem in validacijo izdelkov, si v nadaljevanju podrobneje oglejmo stroškovne naloge s področja 'Načrtovanja' in 'Validacije'.

Slika 2 v prilogi 2 prikazuje shemo stroškovnih nalogov, ki so bili odprti znotraj področja 'Načrtovanje' tekom časovnega obdobja 2018–2021. Zaradi lažje obravnave so vrednosti posameznih stroškovnih postavk predstavljene relativno, v odstotkih. V nadaljevanju si oglejmo izvor posameznih stroškovnih kategorij.

Analiza področja 'Načrtovanje' prikaže, da so stroški neenakomerno razporejeni med dvema stroškovnima nalogoma. Večina stroškov je nastala na nalogu 'Projekt B', in sicer kar 77 % vseh. Preostali stroški pa so zabeleženi na nalogu 'Projekt B tehnologija'. Analiza izvora stroškov na ravni celotnega področja kaže, da največ stroškov izhaja iz režijskega dela razvojnih inženirjev in strokovnjakov za posamezna tehnološka področja (78 %). Sledi strošek najema zunanjih storitev (21 %) in nakup materiala z manj kot odstotkom. V nadaljevanju si oglejmo podrobnejšo analizo izvora stroškov na posameznih nalogih.

Stroškovni nalog 'Projekt B' je bil odprt ob uradnem začetku projekta leta 2018. Gre za najstarejši nalog na projektu B, na katerem je zabeleženih največ stroškov. Strošek materiala znaša 7 % vseh stroškov. Gre za nakupe različnih elektronskih in mehanskih komponent ter stroške poštnih dostav, kar lahko povežemo z izdelavo konceptov, potrebnih za sprejemanje konstrukcijskih odločitev. Stroški storitev obsegajo 24 % vseh stroškov in izvirajo iz naslova izdelave orodij, 3D-tiska ter opravljanja preliminarne elektromagnetne meritve. Največji delež stroškov (69 %) pa zopet predstavljajo razvojne ure inženirjev, strokovnjakov za razvoj mehanskih sklopov, laboratorijskega osebja ter službe za zagotavljanje kakovosti. Drug stroškovni nalog 'Projekt B tehnologija' predstavlja približno četrtno vseh stroškov na področju načrtovanja. Stroški materiala izvirajo iz nakupov različnih mehanskih komponent, priprav in orodij ter zaščitnih sredstev. Pri najemu storitev so nastali stroški, povezani z najemom proizvodne opreme, uvozni stroški ter tudi storitev orodjarne. Večina stroškov, 75 % vseh, pa je nastala z raziskovalnim delom inženirjev in strokovnjakov za razvoj proizvodnega procesa znotraj razvojnega oddelka podjetja Kolektor Mobility.

Stroškovna analiza področja 'Validacija' prav tako prikazuje, da nalogi niso enakomerno stroškovno obremenjeni (slika 3 v prilogi 2). Največ stroškov, povezanih s testiranjem izdelka, je zabeleženih na nalogu 'Projekt B validacija 1', in sicer kar 77 % vseh. Analiza stroškovnih postavk podobno kot pri procesu načrtovanja prikazuje, da je največ stroškov nastalo z delom razvojnega oddelka, kar 78 %. Sledijo stroški najema storitev pri zunanjih izvajalcih s 16 % in strošek materiala s 6 %. Ker stroškovni nalogi ne vsebujejo opisa in razloga za odprtje, ne moremo neposredno vzpostaviti povezave s specifičnim procesom znotraj V-razvojnega modela. Podrobna analiza izvora naloga 'Projekt B validacija 1' prikazuje stroške, povezane z nakupom materialov in komponent za izgradnjo testnih naprav, ki skupaj znašajo 4 %. Stroške storitev, ki predstavljajo 2 % vseh nastalih stroškov

na nalogu, izvirajo iz koriščenja raziskovalnih storitev več podjetij in raziskovalnih inštitutov znotraj Slovenije. Približno 94 % vseh stroškov pa je nastalo z aktivnostmi inženirjev in drugih področnih strokovnjakov.

Drug stroškovni nalog, ki je prav tako povezan z validacijo, je '*Projekt B validacija 2*', le-ta je bil odprt spomladi 2021, dve leti po prvem, vsebuje pa stroške nakupa materiala (19 %) in najema storitev (81 %). Le-ti so nastali z nakupom različnih elektronskih komponent. Stroški storitev pa izhajajo iz sodelovanja z različnimi certificiranimi družbami, inštituti ter univerzami.

5.2.3 Analiza stroškovnih nalogov na projektu C

Slika 1 v prilogi 3 prikazuje stroškovno shemo projekta C, nastalo med letoma 2018 in 2021. Največji delež stroškov (45 %) je nastal na področju razvoja izdelka in proizvodnega procesa. Na drugem mestu je '*Validacija*', ki je prispevala dodatnih 30 %. Sledi izdelava vzorcev s približno 23 % ter na zadnjem mestu izdelava orodij (2 %). Tako kot projekt B je tudi projekt C v pozni C-razvojni fazi, kar pomeni, da je razvoj izdelka v zaključni fazi, izvaja pa se validacija izdelka in proizvodnega procesa.

Stroški načrtovanja izdelka in proizvodnega procesa so beleženi preko štirih stroškovnih nalogov (slika 2 v prilogi 3). Vsi so bili ustvarjeni ob uradnem začetku projekta leta 2018. Stroški so v primerjavi s prejšnjimi analizami bolj enakomerno razvrščeni. Največji delež stroškov nosi stroškovni nalog '*Projekt C razvoj sistema*', in sicer kar 65 % vseh. Preostali pa so enakomerno razvrščeni preko treh preostalih nalogov. Pregled vrste stroškov pokaže, da jih je večina nastala z razvojnim delom razvojnega oddelka. Stroški materiala in storitev ločeno prispevajo po približno 18 %. Vsi štirje nalogi pokrivajo procese znotraj V-razvojnega diagrama, in sicer razvoja sistema, konstrukcije ter vgrajene programske in strojne opreme. V nadaljevanju si podrobneje ogledimo izvor posameznih stroškov.

Stroškovni nalog '*Projekt C razvoj sistema*' vsebuje največji delež stroškov '*Načrtovanja*', znotraj katerega razvojne aktivnosti prispevajo 49 % stroškov, sledijo stroški materiala (28 %) in strošek najema zunanjih storitev (27 %). Analiza izvora stroškov pokaže, da so stroški materiala nastali z nakupom različnih mehanskih in elektronskih komponent, ki pa so bili v nekaterih primerih namenjeni procesu validacije. Pri stroških storitev je moč opaziti stroške, povezane z najemom storitev podjetij, ki izdelujejo prototipe iz umetnih mas ali kovine. Kar lahko povežemo z izdelovanjem različnih konceptov izdelka. Znotraj skupine stroškov dela pa najdemo razvojne aktivnosti inženirjev, raziskovalcev, laboratorija ter tudi razvijalcev orodij.

Preostali trije stroškovni nalogi zajemamo stroške, ki so nastali z razvojem posameznih domen ali področij. Glavnina stroškov je povezana z delom razvojnega oddelka, konkretno strokovnjakov in inženirjev za razvoj strojne in programske opreme. Nekaj stroškov je

nastalo tudi z nakupom materiala znotraj stroškovnega naloga '*Projekt C razvoj konstrukcije*' – skupaj le 3 %.

Področje '*Validacija*' združuje 7 različnih stroškovnih nalogov, ki so se kronološko odpirali v različnih obdobjih (slika 3 v prilogi 3). Tudi tu lahko opazimo, da je višina nastalih stroškov neenakomerno razdeljena. Največji delež stroškov je nastal na stroškovnem nalogu '*Projekt C validacija tehnologije*', in sicer kar 47 % vseh. Najmanjši delež stroškov pa nosita naloga '*Projekt C validacija sistema 2*' in '*Projekt C validacija strojne opreme*', vsak po 1 %. Analiza izvora stroškov na ravni stroškovnih skupin kaže, da je največ stroškov nastalo z delom razvojnih inženirjev – kar 60 %. Nato sledijo stroški najema zunanjih storitev (36 %) in stroški materiala (4 %). Primerjava stroškovnih nalogov z V-razvojnim diagramom pokaže, da trije nalogi izmed sedmih sledijo procesni strukturi. Ustrezajo procesom validacije sistema, konstrukcije strojne in vgrajene programske opreme, kar smo na sliki 3 v prilogi 3 simbolično prikazali s črko V. V nadaljevanju si podrobneje oglejmo strukturo stroškov na posameznih nalogih.

Stroškovni nalog '*Projekt C validacija tehnologije*' je bil namenjen zbiranju stroškov, ki so nastali s testiranjem posameznih proizvodnih procesov. Predstavlja največji delež stroškov področja '*Validacija*'. Stroški so nastajali v vseh treh stroškovnih kategorijah, vendar izstopajo stroški najema zunanjih storitev, ki skupaj obsegajo 51 % vseh stroškov. Sledijo stroški dela z 42 %, ki so posledica dela inženirjev za razvoj proizvodnega procesa ter FMEA moderatorjev. Stroški materiala prispevajo približno 7 % in izvirajo iz nakupa različnih testnih priprav, meril in mehanskih komponent za razvoj procesnih korakov. Sledi stroškovni nalog '*Projekt C validacija sistema*', pri katerem je glavnina stroškov nastala z delom razvojnih inženirjev in sistemskih testerjev. Ti skupaj predstavljajo 95 % vseh stroškov na nalogu. Sledi najem storitev s 4 % in strošek materiala z 1 %. Nastali stroški storitev izvirajo iz najema certificiranega laboratorija, stroški materiala pa z nakupom testne opreme manjših vrednosti.

Zaradi manjkajočih zapisov ni moč neposredno določiti vloge stroškovnega naloga '*Projekt C validacija*', vendar lahko sklepamo, da je bil odprt z namenom splošnega beleženja aktivnosti na področju validacije. Vsebuje 12 % vseh stroškov področja '*Validacije*', kjer največji delež zapade na najem zunanjih storitev, skupaj 85 %, preostanek pa izvira iz stroška dela. Stroški storitev so nastali z najemom različnih certificiranih laboratorijev, univerz in podjetji, ki se ukvarjajo s 3D-tiskom. Stroškovna naloga '*Projekt C validacija prog. opreme*' in '*Projekt C validacija strojne opreme*' združujeta vse stroške, nastale s testiranjem strojne in vgrajene programske opreme. Vsi so nastali z delom strokovnjakov za testiranje vgrajene programske in strojne opreme. Kot smo zaznali že pri projektu A, je tudi na projektu C odprt stroškovni nalog '*Projekt C magnetne meritve*', ki je namenjen ločenemu beleženju stroškov magnetnih meritev in ga izvaja oddelek v hčerinskem podjetju. Gre pa za stroške razvoja inženirjev in strokovnjakov za magnetne materiale. Zadnji nalog, ki skupno prispeva le 1 % stroškov na validaciji, pa je '*Projekt C validacija sistema 2*'. Iz poimenovanja je razvidno, da gre za nalog, katerega namen je zbiranje stroškov validacije, vendar je bil takšen nalog

odprt že v preteklosti, natančneje dve leti prej. Glavnina stroškov (90 %) je ponovno nastala z delom razvijalcev in strokovnjakov za validacijo izdelka, preostanek (10 %) pa izhaja iz nakupa drobnega materiala za namene testiranja.

5.3 Analiza razvojnih aktivnosti

Analiza projektnih stroškov, pri kateri smo upoštevali stroške znotraj razvojnih področij 'Načrtovanje' in 'Validacija', je pokazala, da največji delež stroškov izhaja iz dela razvojnega oddelka. Skupaj predstavljajo 60–70 % vseh stroškov procesa razvoja in validacije izdelkov in proizvodnih procesov (tabela 2). Proces dokumentiranja ur je odgovornost vsakega posameznika. Ker način zapisa v podjetju ni standardiziran, prihaja do različnih interpretacij in oblik zapisa, ki vpliva na model izračuna razvojnih aktivnosti. Zato smo se v tem poglavju osredotočili na ločeno analizo razvojnih ur, ki so jih uporabniki beležili v poslovno-informacijske sisteme. Pod drobnogled smo vzeli 50 razvojnih inženirsk in inženirjev, ki so sodelovali v procesu razvoja in validacije obravnavanih projektov. Zaradi preglednosti smo se časovno omejili le na stanje med letoma 2019 in 2021. Cilj analize je oceniti, kolikšen delež podatkov bomo lahko uporabili za namene ocenjevanja razvojnih aktivnosti in posledično tudi stroškov razvoja obstoječih projektov. Zbrane podatke iz različnih sistemov bomo v nadaljevanju primerjali s povprečnim številom letnih učinkovitih delovnih ur, ki znaša 1.455 ur letno. Vrednost delovnih ur izhaja iz letnega delovnega koledarja, katerega obseg ur smo zmanjšali za povprečno dobo prostih dni na zaposlenega, ki v oddelku znaša 26 dni, ter normativom, ki predstavlja vse letne ure, katere zaposleni namenijo izobraževanju, malici in splošnim aktivnostim. V primeru daljših bolniških odsotnosti smo vrednost ustrezno dodatno popravili.

Tabela 2: Razvojni stroški projektov A, B, C (Načrtovanje + Validacija)

	Strošek materiala	Strošek storitev	Stroške int. dela
Projekt A	19 %	10 %	71 %
Projekt B	8 %	20 %	72 %
Projekt C	11 %	27 %	62 %

Vir: lastno delo.

Kandidate smo izbirali glede na V-procesno strukturo, s ciljem pokriti čim več vlog znotraj razvojnega diagrama. S skupino 50 oseb smo zajeli najpomembnejše procese – projektno vodenje, razvoj sistema, razvoj konstrukcije, razvoj strojne opreme, razvoj programske opreme, službo za zagotavljanje kakovosti, razvoj proizvodnega procesa ter validacijo vgrajene programske opreme in sistema. Analiza je vključevala uporabo samodejnega izvoza podatkov znotraj posameznih poslovno-informacijskih sistemov, ki omogoča oblikovanje seznama vseh zabeleženih aktivnosti posameznika v določenem obdobju. Vse mesečne izpise aktivnosti za obdobje treh let se je ovrednotilo preko dveh različnih vrst

analiz, in sicer preko deleža dokumentiranih ur z učinkovitim letnim delovnim planom ter možnostjo uporabe teh zapisov v analitične namene.

Izračun deleža dokumentiranih ur z učinkovitim planiranimi urami je temeljil na primerjavi števila delovnih ur, ki jih je vsak posameznik beležil v informacijske sisteme, in številu predvidenih letnih učinkovitih delovnih ur. Na podlagi vrednosti deleža smo oblikovali štiri različne skupine:

- **Skupina ≥ 80 %:** Osebe so na letni ravni dokumentirale več kot 80 % svojih aktivnosti v informacijskem sistemu.
- **Skupina ≥ 50 % in < 80 %:** Osebe so na letni ravni dokumentirale 50–80 % svojih aktivnosti v informacijskem sistemu.
- **Skupina ≥ 25 % in < 50 %:** Osebe so na letni ravni dokumentirale 25–50 % svojih aktivnosti v informacijskem sistemu.
- **Skupina < 25 %:** Osebe so na letni ravni dokumentirale manj kot 25 % svojih aktivnosti v informacijskem sistemu.

Analiza potenciala zapisov za uporabo v modelu pa je vključevala vsebinski pregled mesečnih izpisov oseb. Stopnjo uporabnosti zapisov smo razčlenili v 6 različnih kategorij. Pomen posameznih kategorij je zelo pomemben za razumevanje slike 8:

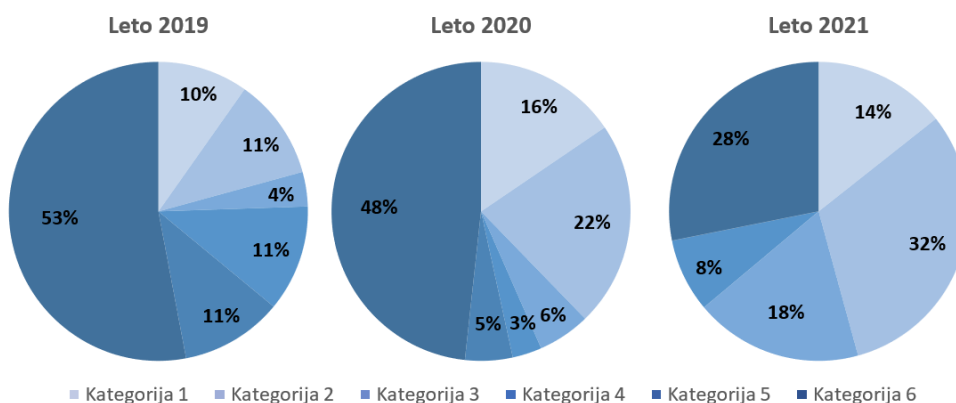
- **Kategorija 1:** V tej kategoriji so zapisi, ki vsebujejo podroben opis aktivnosti. Trajanje je natančno določeno in ustreza omejitvam 8-urnega delovnika. Aktivnost je zabeležena na vsaj enem gradniku iz tabele 1, ki bo omogočal nadaljnjo uporabo v modelu. Podatek je zabeležen v informacijskem sistemu Polarion.
- **Kategorija 2:** V tej kategoriji so zapisi, za katere velja, da so opravljene ure zabeležene z manj podrobnim opisom. Trajanje je natančno določeno in ustreza omejitvam 8-urnega delovnika, vendar način zapisa ne omogoča nadaljnje analitike. Ta ni ustrezno zaveden pod gradnik informacijskega sistema iz tabele 1, kar onemogoča nadaljnjo uporabo podatka. Podatek je zabeležen v informacijskem sistemu Polarion.
- **Kategorija 3:** V tej kategoriji so vsi zapisi opravljenih ur, ki so zabeleženi z malo ali nič opisa. Trajanje ne sledi omejitvam 8-urnega delovnika. Aktivnost ni ustrezno zavedena znotraj gradnikov informacijskega sistema iz tabele 1, kar onemogoča nadaljnjo analizo. Podatek je zabeležen v informacijskem sistemu Polarion.
- **Kategorija 4:** Ker delo zajema analizo delovnih ur le na treh avtomobilskih projektih, smo ure, ki so dokumentirane na drugih projektih v sistemu Polarion, uvrstili v ločeno skupino.
- **Kategorija 5:** V tej kategoriji so uvrščene tiste razvojne aktivnosti, ki so sicer zavedene, vendar v drugem informacijskem sistemu, zato niso primerne za nadaljnjo analizo.
- **Kategorija 6:** Kategorija 6 predstavlja razliko med planiranimi učinkovitim urami in seštevkom vseh aktivnosti iz prejšnjih kategorij. Vrednost prikazuje število ur, ki jih skupina 50 oseb ni dokumentirala v nobenem informacijskem sistemu.

Analiza količine dokumentiranih ur je pokazala, da je bilo v letu 2019 od vzorčne skupine redno zaposlenih 44 oseb (priloga 5), ostali v omenjenem letu še niso bili zaposleni na razvojnem oddelku. Izmed analizirane skupine razvojnih inženirjev je 9 oseb redno beležilo svoje aktivnosti, njihov delež dokumentiranih ur znaša preko 80 %. 9 oseb je le deloma dokumentiralo svoje delo, kar jih uvršča v skupino, katerih delež obsega 50–80 %. 7 oseb je zabeležilo manj kot polovico vseh letnih opravljenih ur, kar jih uvršča v tretjo skupino. Ostali (19 oseb) pa so zabeležili manj kot 25 % vseh letnih ur v delovnem letu 2019. Naslednje leto je bilo na razvojnem oddelku zaposlenih 45 oseb. Izmed njih je 11 oseb redno dokumentiralo svoje aktivnosti. 8 oseb je zabeležilo 50–80 % svojih aktivnosti, medtem ko je 11 oseb dokumentiralo manj kot 50 % vseh letnih ur. 30 % zaposlenih (15 oseb) je zabeležilo manj kot 25 % letnih ur. Delež dokumentiranih ur je narasel tudi v letu 2021. Takrat 4 osebe niso bile zaposlene na oddelku za razvoj in raziskave. Kar 18 oseb je več kot 80 % vseh opravljenih ur zabeležilo v informacijski sistem. Dvanajst inženirjev je dokumentiralo 50–80 % svojih ur, skupina petih oseb pa manj kot 50 %. Delež oseb, ki je vpisal manj kot 25 % vseh letno opravljenih ur, se je v letu 2021 znižal na 24 % (11 oseb).

Analiza ur po posameznih domenah (priloga 5) pokaže, da so v letu 2019 ure najbolj vestno dokumentirali razvijalci programske opreme, najmanjši delež pa so zabeležili na oddelku projektnih vodij. V letu 2021 se je stanje spremenilo. Najbolj pogosto so aktivnosti beležili na oddelku za validacijo, tako na ravni celotnega izdelka kot tudi na področju validacije vgrajene programske opreme. Skupina za razvoj vgrajene programske opreme pa je na drugi strani v primerjavi z letom 2019 dokumentirala za 50 % manj opravljenih ur. Še vedno pa se je v letu 2021 najslabše odrezal oddelek projektnih vodij.

Podrobna analiza vsebine zapisov je za leto 2019 pokazala, da je mogoče za namene razvoja modela spremljanja aktivnosti porabiti 10 % vseh dokumentiranih ur. Medtem ko 53 % opravljenih ur ni bilo zabeleženih v nobenem informacijskem sistemu (slika 8). V letu 2020 se je stanje izboljšalo. V omenjenem obdobju je bilo uporabnih 16 % vseh zapisov. Zmanjšal se je tudi delež nezabeleženih ur, ki je v tem obdobju upadel za 9 %, na 63 %. V letu 2021 je razvojna skupina znižala delež uporabnih zapisov za približno dva odstotka. Se pa je ponovno zmanjšal delež nezabeleženih ur, in sicer na 28 %.

Slika 8: Analiza kakovosti dokumentiranih razvojnih ur



Vir: lastno delo.

Na podlagi rezultatov stroškovne analize obstoječega stanja bomo v nadaljevanju razvili model, ki bo sposoben na podlagi preteklih podatkov izračunati oceno potrebnih razvojnih aktivnosti na izdelku ali njegovih sestavnih delih.

6 MODEL SPREMLJANJA STROŠKOV RAZVOJA

Z analizo stroškov na posameznih projektih smo ugotovili, da stroški načrtovanja in validacije predstavljajo 62–72 % vseh nastalih stroškov znotraj razvoja novega izdelka (tabela 2). V naslednjem koraku smo raziskovanje razširili na analizo režijskih stroškov razvoja med letoma 2019 in 2021. Na vzorcu 50 oseb smo ugotovili, da delež beleženih aktivnosti na vseh analiziranih projektih znaša med 47 % v letu 2019 in 72 % v letu 2021. Delež zapisov, ki so potencialno uporabni za nadaljnji model, pa znaša povprečno 13 % na leto.

6.1 Vzpostavitev modela za spremljanje razvojnih aktivnosti

Poslovni proces razvoja izdelkov in proizvodnega procesa smo razdelili na več posameznih procesov, znotraj katerih smo združili glavne aktivnosti. Vrstni red razvoja smo določili na podlagi Naprednega načrtovanja razvoja (poglavje 2.2), področje razvoja izdelka smo dodatno razčlenili na posamezna področja, katere aktivnosti sledijo V-procesnemu modelu, o katerem smo govorili v poglavju 3.3. Podobno kot na primeru vzpostavitve ABC metode spremljanja stroškov (stroški po aktivnosti poslovnega procesa) smo določili, katere razvojne aktivnosti sovpadajo s posameznimi procesi. Delo strokovnjakov za vgrajeno programsko opremo se na primer upošteva samo na področju razvoja programske opreme in sistema. Podobno velja za vse ostale procese in sodelujoče deležnike. V tretjem koraku smo za posamezno področje določili nosilce razvojnih aktivnosti, na katerih se bodo dokumentirane delovne ure lahko seštevale. V zaključnem koraku smo deleže aktivnosti

pripisali posameznemu razvojnemu projektu. V nadaljevanju si na različnih razvojnih področjih oglejmo podrobnosti in lastnosti modela.

6.1.1 Spremljanje razvojnih aktivnosti na sistemski ravni

Proces razvoja sistema poteka preko dveh glavnih podprocesov, in sicer vzpostavitve sistemskih in arhitekturnih zahtev. Aktivnosti vključujejo določanje zahteve, metod testiranja in validacijskih kriterijev. Le-ta se zaključi s potrjevanjem zahteve preko ločenih sestankov, pri katerem sodelujejo posamezne vodje razvojnih domen. Proces validacije sistema poteka podobno. V začetni fazi je treba določiti vsebino testov, testne pogoje, testno zaporedje, testni plan in število vzorcev. Tudi tu sledi pregled in potrjevanje posameznih testov z vodjo validacijskega oddelka in področnimi vodji. Med izvajanjem je treba posamezne teste spremljati in jih nadzorovati. Ob njihovem zaključku pa sledi zbiranje, analiza in priprava poročila. Izvedba testov lahko časovno traja od nekaj ur pa tudi do nekaj mesecev.

Slika 1 v prilogi 6 prikazuje koncept spremljanja aktivnosti razvojnega oddelka na področju načrtovanja in validacije sistema. Področje razvoja sistema vključuje proces vzpostavitve sistemskih zahtev '*Analiza sistemskih zahtev*'. Gre za proces, pri katerem nastane nekaj 100 različnih zahtev za izdelek. Vzpostavitev zahteve skupaj s procesom potrjevanja lahko traja od nekaj minut do več ur. Ker bi beleženje opravljenih ur na posamezno zahtevo povečalo kompleksnost procesa in vplivalo na povprečni čas vzpostavitve zahteve, smo se odločili, da se opravljene ure zbirajo na ločenem gradniku '*Zadolžitve*', ki je neposredno vezan na nosilec aktivnosti '*Sistemski objekt*'. S tem smo omogočili, da izvajalec le enkrat dnevno zabeleži porabljene ure. Ker podoben čas vzpostavitve zahtev velja tudi za arhitekturne zahteve, smo analogijo iz prejšnjega procesa razširili tudi na proces razvoja arhitekture sistema. Gradnik '*Zadolžitve*' z imenom '*Oblikovanje arhitekturnih zahtev*' je namenjen zbiranju porabljenih ur sistemskih arhitektov pri vzpostavitvi zahtev, določevanju testnega kriterija, pregledu vsebin ter njihovem potrjevanju.

Celoten proces validacije sistema poteka v dveh različnih stopnjah in lahko časovno trajajo od nekaj dni do več mesecev. Osnovne smernice za izvedbo sistemskih testov predpisujejo mednarodni standardi (npr. ISO 16750), katerih vsebino prilagodijo posamezni proizvajalci vozil. Pri integraciji sistema pa gre za specifične teste, ki jih določi razvojna ekipa sama. Vse aktivnosti, povezane z validacijo, smo prav tako neposredno vezali na glavni nosilec razvojnih aktivnosti '*Sistemski objekt*'. Ker se posamezne teste lahko uporablja večkrat, smo za aktivnosti, povezane z vzpostavitvijo in nadzorom testov ter pripravo zaključnih poročil, vzpostavili ločena gradnika '*Zadolžitve*' z imenom '*Integracija sistema*' in '*Testiranje sistema*', katera smo umestili neposredno v glavni nosilec razvojnih aktivnosti.

Namen testiranja je preverjanje skladnosti izdelka z zahtevami, ki so izpeljane iz kupčevih potreb. V procesu razvoja je treba pričakovati, da bomo soočeni tudi z izzivi, s težavami in z odpovedmi, ki se največkrat rešujejo z vpeljavo sprememb na izdelku ali v proizvodnem

procesu. Govorimo o postopku reševanja težav in obvladovanja sprememb. Vsaka odpoved ali odstopanje sproži proces odpravljanja težav po postopku 8D, o katerem smo govorili že v poglavju 3.3.2. in lahko vodi v spremembo izdelka. Pri tem je treba ponovno proučiti vplive, opraviti več numeričnih simulacij, tolerančnih analiz in izvesti proces validacije. Ker sta procesa nepredvidljiva, smo v modelu vpeljali zmožnost spremljanja porabljenih ur na gradnikih '*Težava*' in '*Zahtevek za spremembo*' iz tabele 1. Gradnika smo ustrezno povezali z nosilcem aktivnosti '*Sistemiški objekt*'. S tem smo poleg celostnega spremljanja omogočili tudi ločeno spremljanje aktivnosti, preko katerega lahko pridobimo informacijo o deležu porabljenih ur za reševanje težav v primerjavi z rednim razvojem. Če je sprememba uspešno testirana, je treba aktivnosti, povezane z njihovo vpeljavo, beležiti na nov nosilec razvojnih aktivnosti '*Sistemiški objekt*'.

6.1.2 Spremljanje razvojnih aktivnosti pri načrtovanju mehanskih sklopov in komponent

Razvoj mehanskih sklopov in komponent je razdeljen na več procesov, ki vključujejo oblikovanje zahtev za mehanske sestave in posamezne komponente. Slednja vključuje aktivnosti vzpostavitve 3D-modela in risbe. Oblikovanje zahtev se v osnovi ne razlikuje od razvoja sistema. Zahtevam je treba oblikovati vsebino, verifikacijski kriterij in testno metodo. Pregled in potrjevanje poteka ločeno z vodjo razvoja konstrukcije in s posameznimi konstruktorji. Za posamezno komponento je zadolžen konstruktor, ki je odgovoren za urejanje dokumentacije, risb in 3D-modela. Govorimo o procesu načrtovanja mehanske komponente. Na drugi strani validacija poteka tako na ravni posameznih komponent kot na celotni mehanski konstrukciji. Vsebina testov je sestavljena iz opisa, namena in kriterija sprejemljivosti. V začetku se uporabljajo večinoma simulacijska orodja, kasneje pa se postopek validacije izvaja na fizičnih komponentah ter mehanskih sklopih.

Slika 2 v prilogi 6 prikazuje nov pristop k spremljanju aktivnosti razvojnega oddelka na področju razvoja in validacije mehanskih sklopov in komponent. Razvoj zahtev za mehanske sklope, podsestave in posamezne komponente poteka podobno kot na sistemski ravni. Proces vzpostavitve posamezne zahteve lahko traja od nekaj minut do nekaj ur. Pregledi običajno potekajo v sklopih. Najprej se oblikuje seznam zahtev, nato pa se opravi celosten pregled in potrjevanje. Kot glavni nosilec aktivnosti smo izbrali gradnik '*Mehanski sklop ali komponenta*' (tabela 1), znotraj katerega se bodo preko gradnika '*Zadolžitev*' beležile vse razvojne in testne aktivnosti. Ker lahko katerikoli proces odkrije težavo ali predlaga spremembo, smo v modelu omogočili tudi beleženje razvojnih ur, ki pokrivajo procesa reševanja težav in obvladovanja sprememb. Gre za gradnika '*Težava*' in '*Zahtevek za spremembo*' (tabela 1), ki sta neposredno vezana na nosilec aktivnosti. Če je sprememba uspešno testirana, je treba aktivnosti, povezane z njihovo vpeljavo, beležiti na nov nosilec razvojnih aktivnosti '*Mehanski sklop ali komponenta*'.

6.1.3 Spremljanje razvojnih aktivnosti na področju vgrajene programske opreme

Kot smo pisali že v poglavju 3.4, je razvoj vgrajene programske opreme zaradi zagotavljanja varnosti podrobneje razdelan kot ostala razvojna področja. Govorimo o razvoju zahtev za vgrajeno programsko opremo, arhitekturo vgrajene programske opreme in zahtevah za posamezno programsko enoto. Vsaka raven na levi razvojni strani procesnega diagrama ima svojega predstavnika na desni, validacijski strani V-modela. Govorimo o testiranju posameznih enot, komponent ali celotne vgrajene programske opreme. Proces vzpostavljanja zahtev poteka zelo podobno kot pri razvoju sistema ali mehanskega sklopa. Vsebina zahtev povzema zahteve na višjih ravneh, kriteriji sprejemljivosti pa morajo biti natančno določeni. Če je glavna naloga programske enote branje ali nastavljanje strojne opreme, je treba določiti tudi vmesnik, ki vsebuje definicijo signalov, tip, smer in napetostni razpon. Pregled zahtev se izvaja ob prisotnosti snovalca enote, vodje razvoja programske opreme in vodje validacije programske opreme. Validacijski testi za programske enote se izvajajo s pomočjo simulacijskih orodij, medtem ko se testiranje vgrajene programske opreme izvaja na posebej prilagojeni strojni opremi. Glavni nosilec aktivnosti razvoja in testiranja vgrajene programske opreme bo gradnik '*Verzija programske opreme*' (tabela 1).

Na sliki 3 v prilogi 6 je prikazan model spremljanja razvoja vgrajene programske opreme. Razvoj zahtev izhaja iz sistemskih arhitekturnih zahtev, ki v grobem že določajo funkcionalnost programske opreme. Iz njih se razvijejo zahteve za vgrajeno programsko opremo, ki pa so namenjene predvsem preoblikovanju posameznih funkcij v jezik programskih inženirjev. Gre za uporabo matematičnih izrazov, ki izhajajo iz binarnega in šestnajstiškega sveta števil. Naslednji proces je oblikovanje arhitekture programske opreme, ki vpelje grob načrt in razdelitev posameznih programskih enot. Enote se izoblikujejo na ločenem procesu, ki poskrbi za določitev funkcije, vhodne in izhodne količine, aritmetično operacijo in njeno dinamiko delovanja. Za vse procese smo na nosilcu aktivnosti odprli opravila, ki so namenjena sprotnemu beleženju aktivnosti razvojnih inženirjev.

Desna stran diagrama prinaša komplementarne procese, ki so namenjeni validaciji posameznih elementov vgrajene programske opreme. Vsaka raven ima določene metode testiranja. Lahko govorimo o enostavnih postopkih, kjer gre le za pregled programske kode, pa vse do vzpostavitve posebnih okolij, kjer se vnaša napake in spremlja odziv posameznih enot oz. vgrajene programske opreme. Tekom razvoja vgrajene programske opreme se lahko odkrije različne napake in težave, ki vodijo v spremembe. Ker so procesi nepredvidljivi, smo v izračun vključili gradnika '*Težava*' in '*Zahtevka za spremembo*'. Pomembno je, da sta gradnika vezana na ustrezno različico vgrajene programske opreme, na kateri poteka proces reševanje napak in obvladovanja sprememb. Če je sprememba uspešno testirana, je treba aktivnosti, povezane z njihovo vpeljavo, beležiti na nov nosilec razvojnih aktivnosti '*Verzija programske opreme*'.

6.1.4 Spremljanje razvojnih aktivnosti na področju strojne opreme

Iz sistemskih arhitekturnih zahtev izvirajo zahteve za strojno opremo. Njihov namen je natančen popis vseh funkcionalnosti električnega vezja, določitev vmesnikov s programsko opremo ter kupčevim komunikacijskim protokolom. Iz njih se v procesu '*Načrtovanje enot strojne opreme*' razvije posamezne elemente strojne opreme. Določi se glavne funkcije enote, dinamiko delovanja, obliko signalov in ostale električne lastnosti. Poznamo več različnih enot, prva skupina vključuje pasivne elektronske komponente, kot so upori in kondenzatorji. Druga skupina obravnava aktivne komponente, tretja pa specifikira tiskano vezje, na katerega so elektronske komponente pritrjene in električno povezane v celoto. Validacija elektronskega modula poteka skozi dve različni fazi, in sicer skozi integracijo posameznih komponent v modul in preverjanje funkcionalnosti končnega modula. Za glavnega nosilca aktivnosti razvoja in testiranja strojne opreme smo izbrali gradnik '*Verzija strojne opreme*' (tabela 1).

Slika 4 v prilogi 6 shematsko prikazuje model vrednotenja aktivnosti razvoja in validacije strojne opreme. V začetku imamo razvoj zahtev za strojno opremo, ki preobrazijo zahteve za sistem v zahteve za strojno opremo, ki so razumljive snovalcem elektronskih vezij. Proces načrtovanja posameznih enot strojne opreme vključuje izbor elektronskih komponent, pripravo simulacijskega orodja, simulacijo delovanja enote ter pripravo dokumentacije. Aktivnosti se bodo beležile znotraj opravila '*Načrtovanje enot strojne opreme*', ki je del glavnega nosilca aktivnosti. Postopek integracije in validacije strojne opreme je lahko v primeru strogih zahtev po elektromagnetni kompatibilnosti tehnološko zelo kompleksen. Zato smo znotraj glavnega nosilca oblikovali ločen gradnik, ki bo beležil testne aktivnosti razvojnega oddelka. Ker lahko pri razvoju strojne opreme prav tako pričakujemo odkritje napak in odstopanj, ki vodijo v naknadne spremembe, smo tudi tu vpeljali možnost ločenega spremljanja razvojnih aktivnosti na gradnikih '*Težava*' in '*Zahtevki za spremembo*'. Če je sprememba uspešno testirana, je treba aktivnosti, povezane z njihovo vpeljavo, beležiti na nov nosilec razvojnih aktivnosti '*Verzija strojne opreme*'.

6.1.5 Spremljanje razvojnih aktivnosti na področju proizvodnega procesa

Razvoj proizvodnega procesa se kronološko prične vzporedno s procesom razvoja izdelka (poglavje 2.2). Čeprav ga metoda Naprednega načrtovanja razvoja izdelka obravnava ločeno, gre pravzaprav za proces, ki je močno prepleten z ostalimi razvojnimi procesi. Gre za multidisciplinarno področje, ki zahteva poznavanje izdelka, tehnoloških procesov, proizvodnih strojev in orodij ter tudi tehnoloških kompetenc proizvodnega podjetja. Čeprav lahko razvoj proizvodnega procesa poteka v zaporednih fazah, smo tekom raziskovanja skušali v največji meri vpeljati prednosti V-razvojnega diagrama.

Na sliki 5 v prilogi 6 je prikazana shema, ki omogoča spremljanje aktivnosti glavnih procesov razvoja in vzpostavitve proizvodnega procesa. Namesto enotnega V-procesnega diagrama smo področje razčlenili na 4 glavne skupine, ki predstavljajo ključne elemente

proizvodnega procesa. Pri vsakem izmed njih smo vpeljali V-diagram, ki omogoča razvoj in testiranje posameznih elementov. Pri vzpostavitvi proizvodnega procesa se upoštevajo zahteve, ki izhajajo iz razvoja izdelkov, obstoječih tehnoloških procesov, prostorskih omejitev podjetja, kadrovskih potreb in kapacitet linije. Nosilec aktivnosti bo v tem primeru gradnik *'Tehnološki objekt'*. Proces oblikovanja orodij, strojev in meril poteka podobno. Za vsak element je treba vzpostaviti seznam zahtev, ki izhajajo iz različnih področij. Le-te je treba ob koncu načrtovanja testirati in potrditi njihovo skladnost. Ovrednoti se cikel, čas, kakovost izdelkov in sposobnost procesa.

Na kateremkoli področju razvoja proizvodnega procesa lahko pride do odkritja napak in posledično vpeljave sprememb. Zato smo pri vseh modelih omogočili ločeno spremljanje aktivnosti na gradnikih *'Težava'* in *'Zahtevke za spremembo'*. Uporabnost modela za načrtovanje proizvodnega procesa v nadaljevanju nismo mogli ovrednotiti na realnih primerih, saj je predlog še vedno v usklajevanju med različnimi oddelki znotraj podjetja in ni še bil vpeljan v praksi.

6.2 Uporaba modela za napovedovanje stroškov razvoja

Razviti modeli nam omogočajo izračun skupnega števila aktivnosti, ki so bile izvedene na posameznih projektih in v posameznih razvojnih procesih. Podatek je ključen pri določanju stroškov razvoja, ki ga dobimo z zmnožkom vrednosti skupnih razvojnih aktivnosti in urne postavke razvojnega osebja. Ker je podatek o urnih postavkah zaupne narave, si za namene magistrskega dela v nadaljevanju določimo fiktivno vrednost stroška dela razvojnega osebja. Zaradi enostavnosti izračunov smo določili vrednost urne postavke na 50 € na uro. Tabela 3 prikazuje število razvojnih ur in nastali strošek razvoja projekta C po glavnih razvojnih fazah. Pričakovano je največ razvojnih aktivnosti v razvojni fazi B, v kateri se določi konstrukcijo izdelka, na podlagi katere se izoblikuje tudi proizvodni proces. Na tej točki se izvede tudi celoten postopek validacije. Delež razvojnih aktivnosti in posledično tudi strošek razvoja upade v naslednji, projektni fazi C, saj se razvoj osredotoči le na predlagane spremembe ter reševanje napak oz. odstopanj, odkritih tekom produktne validacije. Stroški razvoja v fazi D pa večinoma izvirajo iz sprememb in optimizacije proizvodnega procesa. Če primerjamo stroške razvoja med posameznimi razvojnimi stopnjami, vidimo, da se njihova višina s povečevanjem zrelosti izdelka zmanjšuje, kar je pričakovan pojav, saj faza D predstavlja tudi zadnjo razvojno stopnjo pred prehodom v redno serijsko proizvodnjo.

Tabela 3: Strošek razvojnih aktivnosti na projektu C

Razvojna faza	B	C	D
Število razvojnih ur [h]	3.305	2.603	1.284
Strošek razvoja [€]	165.250	130.150	64.200

Vir: lastno delo.

Na področju razvoja mehanskih sklopov in komponent model omogoča primerjavo aktivnosti in stroškov med posameznimi projekti ter tudi med posameznimi mehanskimi sklopi ali komponentami. Za primer si oglejmo razvojne aktivnosti in stroške na štirih različnih mehanskih komponentah oz. sklopih – tabela 4. Pri primerjavi je treba poudariti, da vrednosti ne odražajo dejanskega stanja, saj je delež razvojnih aktivnosti, ki jih lahko upoštevamo v modelu, zelo nizek. Ne glede na to, pa lahko iz tabele razberemo, da je strošek razvoja med mehanskima komponentama zelo različen. Glavni razlog je, da je komponenta 2 kataloški material, medtem kot je bila komponenta 1 posebej načrtovana za namene projekta. Iz analize mehanskih sklopov pa lahko razberemo, da je povprečni strošek razvoja sklopa 26.350 €. Pri primerjavi je treba poudariti, da vrednosti morda ne odražajo dejanskega stanja nastalih stroškov, saj je delež razvojnih aktivnosti, ki jih lahko upoštevamo v modelu, zelo nizek.

Tabela 4: Stroški razvoja mehanskih sklopov in komponent

	Projekt A	Projekt B	Projekt C	Povprečje
Komponenta 1 – razvojne ure [h]	0	737	542	426
Komponenta 1 – strošek razvoja [€]	0	36.850	27.100	21.300
Komponenta 2 – razvojne ure [h]	6	2	28	12
Komponenta 2 – strošek razvoja [€]	300	100	1.400	600
Mehanski sklop 1 – razvojne ure [h]	84	843	790	572
Mehanski sklop 1 – strošek razvoja [€]	0	39.350	27.100	28.600
Mehanski sklop 2 – razvojne ure [h]	198	176	1.072	482
Mehanski sklop 2 – strošek razvoja [€]	9.900	8.800	53.600	24.100

Vir: lastno delo.

Na področju razvoja vgrajene programske opreme model omogoča spremljanje razvojnih ur med posameznimi programskimi različicami ter tudi na posamezne aktivnosti znotraj procesa razvoja. V nadaljevanju si v tabeli 5 oglejmo primer dveh različic vgrajene programske opreme iz projektov A in C. Projekta B pri tej analizi nismo zajeli, saj ne vsebuje vgrajene programske opreme. Primerjava pokaže, da je razvoj vgrajene programske opreme na projektu A zahteval največ stroškov na procesu vzpostavitve zahtev za programsko opremo in razvoju programskih enot. Na primeru programske opreme iz projekta C pa je večina razvojnih ur in stroškov zahteval proces vzpostavitve programskih enot. Na ravni celotnega razvoja je največ stroškov zahteval razvoj vgrajene programske opreme na projektu A, in sicer 52.100 €. Pri primerjavi vrednosti je treba poudariti, da vrednosti ne odražajo vedno dejanskega stanja nastalih stroškov, saj je delež razvojnih aktivnosti, ki jih lahko upoštevamo v modelu, zelo nizek. To še posebej velja za aktivnosti oblikovanja arhitekture in testiranja vgrajene programske opreme.

Tabela 5: Stroški razvoja posameznih programskih različic

	Projekt A		Projekt C	
	Razvojne ure [h]	Stroški [€]	Razvojne ure [h]	Stroški [€]
Oblikovanje zahtev za vgrajeno programsko opremo	256	12.800	14	700
Oblikovanje arhitekture vgrajene programske opreme	8	400	2	100
Oblikovanje programskih enot	253	12.650	313	15.650
Validacija vgrajene programske opreme	0	0	28	1.400
Celoten razvoj vgrajene programske opreme	525	26.250	357	17.850

Vir: lastno delo.

Čeprav smo pri vzpostavitvi modela govorili o več procesih znotraj razvoja strojne opreme, pa moramo zaradi pomanjkljivih podatkov upoštevati le skupne aktivnosti razvoja elektronskega vezja. To pomeni, da lahko v nadaljevanju primerjamo le število porabljenih ur oz. stroške razvoja strojne opreme na projektu C. Iz tabele 6 lahko opazimo, da se količina razvojnih aktivnosti, posledično tudi stroški razvoja, zmanjšujejo, ko raste stopnja razvitosti strojne opreme, kar je v skladu z našimi pričakovanji. Trend zmanjševanja kaže tudi na to, da v vmesnem času ni bilo odkritih več odstopanj ali težav, saj bi v nasprotnem primeru opazili porast aktivnosti oz. stroškov.

Tabela 6: Stroški razvoja strojne opreme

	Različica 01	Različica 02	Različica 03
Razvoj strojne opreme [h]	310	142	118
Stroški razvoja strojne opreme [€]	15.500	7.100	5.900

Vir: lastno delo.

6.3 Priporočila za učinkovitejše spremljanje celotnih stroškov razvoja

Dosedaj smo se v magistrskem delu osredotočili predvsem na uspešno analizo aktivnosti razvojnega oddelka, ki v povprečju predstavljajo 68 % vseh nastalih stroškov razvoja (tabela 2). Z namenom celostnega pristopa k izboljševanju spremljanja stroškov razvoja izdelka in proizvodnega procesa smo naslednje poglavje posvetili preostalim stroškom, ki izvirajo iz najema storitev (povprečno 19 %) in nakupa materiala (povprečno 13 %) (tabela 2). V skladu z ugotovitvami analize stroškov razvoja na treh projektih smo sestavili seznam predlogov za izboljšanje sistema spremljanja stroškov razvoja znotraj poslovno-informacijskega sistema:

- Pri pregledu smo opazili, da so se nekateri stroškovni nalogi odpirali ločeno z namenom bolj natančnega spremljanja stroškov razvojnih aktivnosti. Šele podrobnejša analiza

izvora stroškov je pokazala, da se je del stroškov beležil tudi na ostale stroškovne naloge. S tem je kontroling prejel napačne informacije o povzročenih stroških na posameznih nalogih. V skladu z ugotovitvami bi predlagali, da se vse stroške storitev vestno beleži na dotične stroškovne naloge, ki pokrivajo tovrstne razvojne aktivnosti.

- Čeprav ima podjetje ločeno področje, ki je namenjeno beleženju stroškov izdelave izdelkov, smo tekom analize opazili iste vrste stroškov tudi znotraj področij '*Načrtovanje*' in '*Validacija*'. Iz sledečega bi podjetju priporočali doslednejše spremljanje in dokumentiranje stroškov, s katerim bi poskrbeli, da se vsi stroški, povezani z izdelavo izdelkov vežejo na ustrezno stroškovno področje.
- Stroške razvoja komponent, ki se odvija v povezanih podjetjih, naj se zbira na izvoru in ne znotraj stroškovnih nalogov razvojnega oddelka. V primeru potrebe po celostnem pregledu stroškov na posamezen projekt pa bi priporočili možnost povezave teh stroškov na ustrezna stroškovna področja znotraj projekta.
- Za izvedbo testov je potrebna vzpostavitev posebnih testnih priprav, ki so projektno specifične in običajno manjših vrednosti. Te stroške je treba uvrščati v ustrezne stroškovne naloge, ki pokrivajo proces validacije. Stroški nakupa večjih testnih naprav, ki se jih lahko uporablja na več projektih, pa zapadejo v skupino osnovnih sredstev.
- Strošek testiranja naj bo izključno del stroškovnega področja '*Validacija*'. Tekom analize smo namreč opazili, da se je del stroškov validacije dokumentiral tudi znotraj procesa načrtovanja.
- S ciljem pridobitve čim bolj realne slike nad povzročenimi stroški validacije je treba vključiti stroške obratovanja različnih klimatskih komor in druge laboratorijske opreme. Predvsem je to pomembno za dolgotrajne trajnostne teste, ki lahko trajajo tudi več mesecev. Na podlagi dosedanjih stroškov bi bilo treba oblikovati strošek ure obratovanja posamezne testne naprave, v katerem bi zajeli strošek elektrike, vzdrževanja in amortizacije. Izračun posamezne strojne ure bi morali v času energetske druginje izvajati vsaj enkrat letno.

Z namenom izboljšanja spremljanja stroškov na posameznih projektih smo pripravili predlog stroškovne sheme, ki bi pokrivala vse razvojne aktivnosti. Priloga 5 prikazuje stroškovno shemo, ki bi izboljšala spremljanje stroškov znotraj obeh stroškovnih področij. Ker tehnološki trendi kažejo, da se bo kompleksnost izdelkov povečevala, smo v stroškovno shemo vključili razvoj (leva stran V-diagrama) in validacijo (desna stran V-diagrama) vseh razvojnih domen. Nalog '*Razvoj sistema*' bi bil namenjen beleženju stroškov razvoja sistema kot celote. Stroški dela bi predstavljali le del sistemskih inženirjev in posameznih domenskih vodij. Pri storitvah pričakujemo stroške, povezane z najemom storitev zunanjih podjetji in raziskovalnih ustanov. Čeprav stroške materiala oz. izdelave vzorcev spremljamo preko drugega stroškovnega področja, smo za izredne primere še vedno vključili možnost njihovega nastanka. Komplementaren nalog '*Validacija sistema*' zajema vse stroške, ki so nastali z izvajanjem testnih aktivnosti, kot so nakup testnih orodij manjših vrednosti, ki niso kategorizirani kot osnovna sredstva, nakup komponent za testne priprave ter tudi strošek obratovanja testnih komor oz. strojne ure. Pod stroške storitev naj se dokumentira vse

stroške, povezane z najemom zunanjih certificiranih testnih podjetij. Strošek dela pa naj vključuje samo aktivnosti testnega oddelka. V nadaljevanju si v skladu z V-razvojnimi diagramom sledijo še štirje pari stroškovnih nalogov, ki zbirajo stroške na vseh preostalih razvojnih domenah. Pravila dokumentiranja ostajajo enaka, tako kot na področju razvoja in validaciji sistema.

7 RAZPRAVA

Raziskovanje je obsegalo analizo obstoječih sistemov spremljanja stroškov razvoja na treh avtomobilskih projektih znotraj podjetja Kolektor Mobility, d.o.o. S pomočjo analize stroškovnih nalogov smo odkrili, da največji delež stroškov predstavlja strošek dela razvojnih inženirjev. Odkritje nas je vodilo v analizo postopka dokumentiranja delovnih ur, ki je pokazala pomanjkljivo beleženje aktivnosti razvojnih ekip. Z namenom izboljšanja sistema dokumentiranja ur in nadaljnje uporabe zbranih podatkov smo vzpostavili model, ki je sposoben iz baze podatkov združiti vse aktivnosti razvojnega osebja in jih povezati z ustreznimi nosilci aktivnosti. S pridobitvijo podatkov o deležu porabljenih ur smo pridobili informacijo o stroških izvajanja posameznega procesa, razvojnega področja in projekta samega. Pomembno je le, da razvojno osebje tekom svojega dela aktivno beleži opravljene ure na potrebne nosilce aktivnosti. Le tako bo baza podatkov skozi čas rasla, kar bo omogočalo vedno večjo natančnost izračuna.

Pridobljeni rezultati in izvedene analize nam v nadaljevanju omogočajo razpravo na zastavljena raziskovalna vprašanja:

- Upoštevanje novih smernic razvoja v avtomobilski panogi omogoča bolj natančno in uspešnejše napovedovanje stroškov. Z modelom, ki temelji na V-razvojnem procesnem diagramu, lahko pridobimo več in bolj natančne podatke o aktivnostih in posledično tudi o razvojnih stroških. Te lahko izračunamo na ravni posamezne aktivnosti, lahko pa vrednosti seštejemo in dobimo informacijo o stroških razvoja na ravni posameznega projekta. Novi model odpravlja omejitve obstoječega sistema spremljanja razvojnih aktivnosti, ki je trenutno vpeljan v podjetju. Treba pa je poudariti, da je zelo pomembno, da vsi člani razvojne ekipe podatke o opravljenem delu čim bolj vestno in natančno popisujejo. Njihov obseg ima neposreden vpliv na natančnost izračuna.
- Čeprav se je izkazalo, da strošek dela razvojnega oddelka predstavlja več kot polovico vseh stroškov na posameznih projektih, je za njihovo učinkovito spremljanje smiselno obravnavati stroške vseh treh stroškovnih skupin, podobno velja tudi znotraj stroškov razvojnega dela osebja. Večja kot bo količina zbranih podatkov, bolj natančno bomo lahko napovedali stroške bodočih projektov. Čeprav gre za aktivnosti, ki trajajo kratek čas. Pri slednjih bi priporočali optimizacijo procesa beleženja ur, kjer bi zapis izvedli enkrat dnevno in bi odražal vsoto vseh opravljenih aktivnosti.
- Koristnost modela se še dodatno poveča, če ima podjetje vzpostavljen modularni način razvoja, ki vključuje ponovno uporabo že razvitih komponent za druge razvojne projekte.

Novorazviti model bo s pomočjo rednega spremljanja aktivnosti omogočal presojo koristnosti modularnega načina razvoja. S primerjavo stroškov rednega in modularnega razvoja bodo odločevalci imeli jasne informacije o stroškovnih učinkih posamezne metode razvoja novih izdelkov.

Model nudi ogromno možnosti za izboljšave, vendar mora biti izpolnjen ključen predpogoj – podatki. Z večjo količino podatkov bo obstoječi model omogočal bolj natančne izračune. S podrobnejšim primerjanjem aktivnosti bomo pridobili vedno bolj natančne informacije o razvoju posameznih sestavnih delov ter izdelka kot celote. Mehanizem spremljanja razvojnih aktivnosti je mogoče razširiti tudi na druge gradnike znotraj sistema Polarion, ki se bodo v prihodnje začeli uporabljati. Tako bomo lahko bolj natančno spremljali tudi postopek validacije, saj bodo gradniki vsebovali trajanje posameznih testov. Na drugi strani pa bo mogoče razviti vtičnik, ki bo namenjen izključno napovedovanju razvojnih aktivnosti in bo na voljo oddelku prodaje. Ta bo s pomočjo vhodnih zahtev, njihovega števila in stopnje kompleksnosti lahko zelo natančno predvidel tako strošek razvoja celotnega izdelka kot tudi posamezne sestavne dele in razvojna področja. Realni izračuni bodo podjetju dolgoročno prinesli številne konkurenčne prednosti, saj bo na eni strani imelo vedno informacijo o stroških razvoja posameznega izdelka, na drugi strani pa bo stroškovno učinkovito obvladovalo posamezne razvojne procese.

Možnost natančnega poznavanja razvojnih aktivnosti in povezanih stroškov bo omogočilo uspešnejše poslovanje tudi drugim službam znotraj podjetja. Zbrane podatke lahko uporabi kadrovska služba za preverjanje zasedenosti obstoječega kadra ali pa za pridobivanje novih zaposlenih za točno določen proces razvoja. Koristi modela pa niso omejene samo na avtomobilsko panogo, temveč lahko podjetje dobre prakse in pridobljeno znanje uporabi tudi znotraj drugih skupin, npr. v gradbeništvu in energetiki. Podoben mehanizem vrednotenja stroškov razvoja pa lahko vpeljejo tudi druga razvojno naravnana podjetja.

SKLEP

Tehnološki napredek omogoča razvoj vedno bolj kompleksnih funkcij, ki povečujejo varnost in udobje potnikov v vozilih. Le-te zmanjšujejo človeški vpliv na potek vožnje in nadzorovanje vozila. S povečevanjem avtonomije se odpira vprašanje zagotavljanja funkcionalne varnosti vozil, saj se odgovornost za škodni dogodek seli iz upravljalca vozila (voznik) na proizvajalca asistenčnih sistemov. Obstoječi postopki razvoja in proizvodnje kritičnih sistemov v avtomobilih niso več primerni. S tem namenom so vodilna podjetja v panogi vzpostavila procesni model, ki temelji na postopnem razvoju in večnivojski validaciji novih izdelkov. Z njegovo vpeljavo lahko vsi deležniki v dobaviteljski verigi lažje obvladujejo tveganja.

Magistrsko delo govori o izkoriščanju strukturne organizacije procesov razvoja znotraj avtomobilске panoge za namene napovedovanja stroškov razvoja in gradnje konkurenčnih

prednosti izbranega podjetja. Delo se osredotoča na načrtovanje analitičnega modela, ki vpeljuje novo organizacijsko strukturo razvoja, ki bo bolje napovedovala razvojne aktivnosti, ki so glavna neznanka pri izračunu in napovedovanju stroškov razvoja. S pomočjo preteklih podatkov o razvojnih aktivnosti lahko uporabniki predvidijo količino aktivnosti na prihodnjih projektih. S poznavanjem stroška dela za predvideno razvojno ekipo lahko odločevalci enostavno izračunajo strošek razvoja posameznega izdelka in potencialnemu kupcu pošljejo informacijo o stroških, ki je realna in točna. S tem podjetje znižuje tveganje, da bi zaradi previsoke ocene razvojnih stroškov izgubilo možnost sodelovanja na konkretnem projektu. Na drugi strani pa natančno poznavanje realnih stroškov prepreči oblikovanje prenizke ponudbe, ki bi lahko povzročila finančno izgubo podjetja. Z vidika celotne Skupine Kolektor uporaba modela povečuje konkurenčni položaj na trgih in razmerah, v katerih deluje.

Magistrsko delo je izpolnilo zastavljene cilje. Analiza obstoječih podatkov nas je vodila v podrobnejše raziskovanje sistema beleženja razvojnih aktivnosti. V prvih korakih razvoja modela smo s pomočjo smernic ABC metode določili najpomembnejše procese, ki sodelujejo pri načrtovanju in validaciji izdelkov. Nato pa smo s pomočjo izbire nosilcev aktivnosti določili izhodiščno strukturo procesov in podprocesov, ki so bili osnova za zbiranje razvojnih ur. S seštevkom vseh razvojnih aktivnosti, vezanih na ustrezne nosilce aktivnosti, smo dobili natančne informacije o količini porabljenih razvojnih ur na posameznem procesu, izdelku ali sestavnem delu le-tega. Ob poznavanju urnih postavk razvojnega oddelka se podatek enostavno spremeni v strošek. Uspešen pregled nad razvojnimi stroški je osnova za vpeljavo metode obvladovanja stroškov, poznane kot ciljni stroški. Iz naučenih lekcij iz obstoječih avtomobilskih projektov je podjetje sposobno določati svoje ciljne stroške razvoja na različne načine. Na primeru ciljnega dobička lahko podjetje zahtevani donos kapitala, vloženega v razvoj, lažje in natančneje predvidi. Z dobrim poznavanjem stroškov razvoja se zmanjšuje tveganje za izgubo ciljnega dobička. Model nudi odlično podporo tudi v primeru postopka izračuna ciljnih stroškov razvoja na podlagi funkcionalnosti izdelka, saj so stroški iz preteklih projektov znani in natančno popisani po razvojnih domenah in procesih. S primerjavo posameznih funkcij izdelka lahko podjetje natančno določi stroške razvoja za posamezno funkcijo. Model je seveda uporaben tudi pri kombinirani metodi določanja ciljnih stroškov, pri kateri lahko združujemo ekonomski in tehnični vidik procesa razvoja izdelka.

Ne glede na način uporabe modela je ključno to, da podjetjem omogoča stroškovno samorefleksijo delovanja razvojnega oddelka. Šele ko natančno poznamo svoje aktivnosti in povezane stroške, jih lahko v naslednjem koraku začnemo obvladovati.

LITERATURA IN VIRI

1. 16949 Store. (brez datuma). *What is a Process Approach?*. Pridobljeno 3. decembra 2022 iz <https://16949store.com/iatf-16949-requirements/section-04-context-of-the-organization/what-is-a-process-approach/>
2. AIAG. (2019). *FMEA Handbook*. ZDA: AIAG.
3. Bobrek, M. & Sokovic, M. (2005). Implementation of APQP-concept in design of QMS. *Journal of Materials Processing Technology*, 162–163, 718–724.
4. Broekman, H., Ekert, D., Kollenhof, M., I., Riel, A., E., Theisens & Winter, H. C. (2017). *Working in Automotive Industry*. Nizozemska: Lean Siy Sigma Academy.
5. Bureau Veritas. (2021a). *IATF 16949*. Pridobljeno 16. maja 2021 iz <https://www.bureauveritas.si/certificiranje/iatf-16949>
6. Bureau Veritas (2021b). *Avtomobilska Industrija*. Pridobljeno 16. maja 2021 iz <https://www.bureauveritas.si/vasa-panoga/avtomobilizem-transport/avtomobilska-industrija>
7. Bureau Veritas. (2019). *PPAP Proces odobritve proizvoda* (seminar). Ljubljana: Bureau Veritas.
8. Chrysler Corporation, Ford Motor Company & General Motors Corporation. (1995). *Advanced Product Quality planning (APQP) and control plan*. ZDA.
9. Chrysler Corporation, Ford Motor Company & General Motors Corporation. (2005). *Statistical Process Control (SPC)*. ZDA.
10. Chrysler Corporation, Ford Motor Company & General Motors Corporation. (2006). *Production Part Approval Process (PPAP)*. ZDA.
11. Chrysler Corporation, Ford Motor Company & General Motors Corporation. (2008). *Potencial Failure mode and effects analysis (FMEA)*. ZDA.
12. Chrysler Corporation, Ford Motor Company & General Motors Corporation. (2010). *Measurement Systems Analysis (MSA)*. ZDA.
13. CRMT d. o. o. (2012). Z metodo ciljnih stroškov (target costing) zvišamo dobičkonosnosti produktov. *Računalniške novice*. Pridobljeno 16. maja 2021 iz <https://racunalniske-novice.com/z-metodo-ciljnih-stroskov-target-costing-zvisamo-dobickonosnosti-produktov/>
14. Davenport, T. H. (1993). *Process Inovation: Reengineering Work through Information Technology*. Boston: Harvard Business School.
15. Daimler AG. (2020). *Quality Management Standard Electrical/Electronic Components*. Založba Daimler AG.
16. Dreves, R., Hallmeyer, F., Haunert, L. & Sechser, B. (2015). A Method to Realize Traceability in Development Processes. *Special Issue: Systems, Software & Service Process Improvement: Results and Lessons: Euro SPI2015*, 28(11), 1011-1019.
17. Doshi, J. A. & Desai, D. (2016). Overview of Automotive Core Tools: Applications and Benefits. *Journal of the Institution of Engineers (India)*, 98, 515–526.
18. EPA. (brez datuma). *How Hybrids Work*. Pridobljeno 16. oktobra 2022 iz <https://www.fueleconomy.gov/feg/hybridtech.shtml>

19. Etienne, A., Mirdamadi, S., Mohammadi, M., Malmiry, R. B., Antoine, J. F., Siadat, A., Dantan, Y. J., Tavakkoli, R. & Martin, P. (2016). *Cost engineering for variation management during the product and process development. International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, 11, 289–300.
20. Evropska komisija. (2021). *Automotive industry*. Pridobljeno 16. maja 2021 iz https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/automotive-industry_en
21. Feil, P., Yook, K. H. & Kim, I.W. (2004). Japanese Target Costing: A Historical Perspective. *International Journal of Strategic Cost Management*.
22. Gaille. B. (2018). *13 Traditional Costing System Advantages Disadvantages*, Pridobljeno 31. januarja 2023 iz <https://brandongaille.com/13-traditional-costing-system-advantages-disadvantages/>
23. Gordon, M. L., Palacios, R. C., Sanchez, A., Amescua, A. & Larrucea, X. R. (2017). Towards the Integration of Security Practices in the Software Implementation Process of ISO/IEC 29110: A Mapping. V J. Stolf, S. Stolf, R. O'Connor & R. Messnarz (ur.), *Systems, Software and Services Process Improvement. EuroSPI 2017. Communications in Computer and Information Science*, vol 748 (str. 3–14). Cham: Springer.
24. Gradišar. M. & Resinovič. G. (2001). *Informatika v poslovnem okolju*. Ljubljana: Ekonomska fakulteta.
25. Hammer. M. & Champy. J. (1995). *Preurejanje podjetja: Manifest revolucije v poslovanju*. Ljubljana: Gospodarski vestnik.
26. Harrington, H. J. (1991). *Proces Improvement: The Breakthrough Strategy for TQM and Competitiveness*. California: Ernst & Young.
27. Harrington, H. J., Esseling E. K. C. & Nimwegen H. (1997). *Business Process Improvement Workbook*. ZDA: McGraw-Hill.
28. Hočev, M., Čadež, S. & Novak, A. (2012). *Poslovodno računovodstvo*. Ljubljana: Ekonomska fakulteta.
29. Hoyle, D. (2005). *Automotive Quality Systems Handbook : ISO/TS 16949:2002 Edition*. Založba: Elsevier Science & Technology.
30. IATF. (2016). *IATF 16949*. Ljubljana: Bureau Veritas d.o.o.
31. Kavčič, S., Koželj, S. & Turk, I. (2004). *Stroškovno računovodstvo*. Ljubljana: Slovenski inštitut za revizijo.
32. Kerzner, H. (2004). *Advanced project management: Best Practices on Implementation*. New Jersey: John Wiley & Sons.
33. Kerzner, H. (1998). *Project management: A systems approach to planning, scheduling and controlling*. New York: John Wiley & Sons.
34. Kohl, H. (2020). *Standards for Management Systems*. Nemčija: Springer.
35. Kolektor d. d. (2021). *Letno poročilo Skupine Kolektor in družbe Kolektor d.d.*. Pridobljeno 5. oktobra 2022 iz https://www.ajpes.si/podjetje/KOLEKTOR_MOBILITY_d.o.o.?enota=120496&EnotaStatus=1

36. Kolektor d. d. (brez datuma). *Zgodovina*. Pridobljeno 5. oktobra 2022 iz <https://www.kolektor.com/zgodovina>
37. Kolektor Group d. o. o. (2017). *Predstavitev projekta A* (interno gradivo). Idrija: Kolektor Group d. o. o.
38. Kolektor Group d. o. o. (2018). *Predstavitev projekta B* (interno gradivo). Idrija: Kolektor Group d. o. o.
39. Kolektor Group d. o. o. (2019a). *Predstavitev projekta C* (interno gradivo). Idrija: Kolektor Group d. o. o.
40. Kolektor Group d. o. o. (2019b). *Management razvojnih projektov* (interno gradivo). Idrija: Kolektor Group d. o. o.
41. Kolektor Mobility d. o. o. (2023). *Razvoj proizvoda in proizvodnega procesa* (interno gradivo). Idrija: Kolektor Mobility d. o. o.
42. Koletnik, F. (2007). *Računovodstvo za notranje uporabnike informacij*. Ljubljana: Zveza računovodij in revizorjev Slovenije.
43. Kovačič, A. & Bosilj-Vukšić, V. (2005). *Management poslovnih procesov*. Ljubljana: GV založba.
44. Kugler, M. C. (2018). *Automotive Spice v3.1 Extended VDA scope*. Nemčija: Kubler Maag Cie GmbH.
45. Laskurain, I., Arana, G., Saizarbitoria, H. & Boiral, O. (2020). How does IATF 16949 add value to ISO 9001? An empirical study. *Total Quality Management and Business Excellence*, 32(7).
46. Lazarevič, Ž. (2012) *Iz malega v velik svet – pol stoletja koncerna Kolektor*. Idrija: Kolektor Group d. o. o.
47. Lixandru, C. G. (2016). Supplier Quality Management for Component Introduction in the Automotive Industry. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 423–432.
48. LM Veritas d.o.o. (brez datuma). *Kalkulacija cene na podlagi aktivnosti (Activity Based Costing)*. Pridobljeno 5. decembra 2021 iz <http://www.lm-veritas.si/prva/>
49. Lundgren, M., Hedlind, M., Li, Y. & Kjellberg, T. (2019). Human-Centered Model-driven Process and Quality Planning. *Procedia CIRP*, 363–367.
50. Messnarz, R., Kreiner, C., Bachmann, O., Riel, A., Zieger, K. D., Nevalainen, R. & Tichkiewitch, S. (2013). Implementing Functional Safety Standards – Experiences from the Trials about Required Knowledge and Competencies (SafEUr) V F. McCaffery, R. O'Connor & R. Messnarz (ur.), *Systems, Software and Services Process Improvement. EuroSPI 2020. Communications in Computer and Information Science*, vol 364 (str. 323–332). Cham: Springer.
51. Milhim, K., Deng, H., Schiffaurova, A. & Zeng, Y. (2012). The Role of Product Lifecycle Management Systems in Organizational Innovation. *Product Lifecycle Management*. 322–329.
52. Neemeh, S. (2020). *What is ASPICE in Automotive?* [objava na blogu]. Pridobljeno 16. maja 2021 iz <https://www.lhpes.com/blog/what-is-aspice-in-automotive>
53. Novak, R. (2001). *Novosti in spremembe, ki jih prinaša standard ISO 9001:2000*. Ljubljana: Slovenski inštitut za kakovosti in meroslovje.

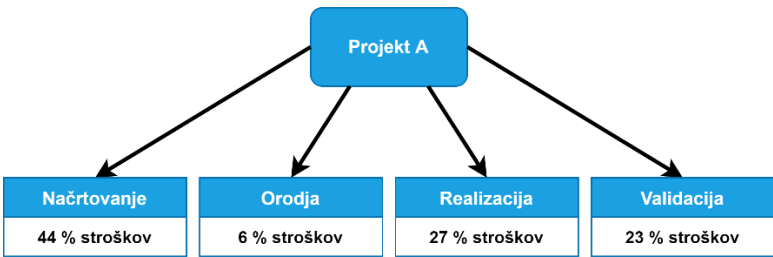
54. Oliveria, P., Ferreira, L. A., Dias, D., Pereira, T., Monteiro, P. & Machado, J. R. (2017). An Analysis of the Commonality and Differences Between ASPICE and ISO 26262 in the Context of Software Development. V J. Stolfa, S. Stolfa, R. O'Connor & R. Messnarz (ur.), *Systems, Software and Services Process Improvement. EuroSPI 2017. Communications in Computer and Information Science*, vol 748 (str. 217–227). Cham: Springer.
55. Piskar, F. & Dolinšek, S. (2009). *Učinki standarda kakovosti ISO*. Koper: Fakulteta za management.
56. PTC. (brez datuma). *CAD Data Management in Windchill*. Pridobljeno 1. oktobra 2022 iz https://support.ptc.com/help/wnc/r12.0.2.0/en/index.html#page/Windchill_Help_Center/CADxDMOview.html
57. Porter, E. M. (1998). *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. New York: Free Press.
58. Polarion (brez datuma). *ALM Benefits*. Pridobljeno 2. oktobra 2022 iz <https://polarion.plm.automation.siemens.com/products/polarion-alm>
59. Ronnebeck, R. & Lehmann, V. (2021). *Hardware SPICE – Was ist drin?*. Pridobljeno 15. septembra 2022 iz <https://www.methodpark.de/>
60. Sakurai, M. (1996). *Integrated cost management*. Tokyo: Senshu University.
61. SAP. (brez datuma). *What is SAP?*. Pridobljeno 1. oktobra 2022 iz <https://www.sap.com/slovenia/about/company/what-is-sap.html>
62. Schlager, C., Messnarz, R., Sporer, H., Riess A., Mayer, R. & Bernhardt, S. (2018). Hardware SPICE Extension for Automotive SPICE 3.1. V X. Larrucea, I. Santamaria, R. O'Connor & R. Messnarz (ur.), *Systems, Software and Services Process Improvement. EuroSPI 2018. Communications in Computer and Information Science*, vol 896 (str. 480–491). Cham: Springer.
63. Sharafoddin, S. (2016). The Utilization of Target Costing and its Implementation Method in Iran. *Procedia Economics and Finance*. 123–127.
64. Slovenski inštitut za revizijo. (2016a). *Enotni kontni načrt in ponazoritev knjiženj za gospodarske družbe*. Ljubljana: Zveza računovodij, finančnikov in revizorjev Slovenije.
65. Slovenski inštitut za revizijo. (2016b). *Slovenski Računovodski Standardi*. Ljubljana: Zveza računovodij, finančnikov in revizorjev Slovenije.
66. Stadtherr, F. & Wouters, M. (2021). Extending target costing to include targets for R&D costs and production investments for a modular product portfolio – A case study. *International Journal of Production Economics*, 231.
67. Tang, T. & Qian, X. (2007). Product lifecycle management for automotive development focusing on supplier integration. *Computers in Industry*, 59, 288–295.
68. TE Connectivity. (2019). *Total Quality Management Requirements for Suppliers*. ZDA: TE Connectivity Ltd.
69. Tekavčič, M. (1997). *Obvladovanje stroškov*. Ljubljana: Gospodarski vestnik.

70. Turney, P. B. B. (1996). *Activity based costing: the performance breakthrough*. ZDA: Cost technology Ltd.
71. VDA. (2017a). *Automotive SPICE Guidelines*. Nemčija: Verband der Automobilindustrie e. V.
72. VDA. (2017b). *Automotive SPICE Process Reference Model*. Nemčija: Verband der Automobilindustrie e. V.
73. Volkswagen. (2014). *Overall Quality Management in the Supply Chain Product creation*. Nemčija: Volkswagen AG Group Quality Assurance.
74. Volkswagen. (2015). *Quality management agreement between the companies of the VOLKSWAGEN GROUP and its suppliers*. Nemčija: Volkswagen AG Group Quality Assurance Purchased Parts.
75. Volkswagen. (2010). *Quality management agreement between the companies of the VOLKSWAGEN GROUP and its suppliers of economy parts*. Nemčija: Volkswagen AG Group Quality Assurance.
76. Winkler, D., Musil, J., Musil, A. & Biffl, S. (2016). Collective Intelligence-Based Quality Assurance: Combining Inspection and Risk Assessment to Support Process Improvement in Multi-Disciplinary Engineering. V C. Kreiner, R. O'Connor, A. Poth & R. Messnarz (ur.), *Systems, Software and Services Process Improvement. EuroSPI 2016. Communications in Computer and Information Science*, vol 633 (str. 163-175). Cham: Springer.
77. Woodruff, J. (2019). The Disadvantages & Advantages of Activity-Based Costing. *Small Business – Chron*. Pridobljeno 1. aprila 2023 iz <https://smallbusiness.chron.com/activitybased-costing-method-accounting-52436.html>
78. Yoshikawa, T., Innes, J., Falconer, M. & Tanaka, M. (1993). *Contemporary Cost Management*. London: Chapman & Hall.
79. Zamrud, N. F., Abu, M. Y., Nurharyantie, N. & Safeiee, L. M. (2020). The Impact of Capacity Cost Rate and Time Equation of Time-Driven Activity-Based Costing (TDABC) on Electric Component. *iMEC-APCOMS 2019 Proceedings of the 4th International Manufacturing Engineering Conference and The 5th Asia Pacific Conference on Manufacturing Systems*, 81–87.
80. Zeh. A. (2021). *Process Assessment Model SPICE for Mechanical Engineering*. Pridobljeno 15. septembra 2022 iz <https://intacs.info/index.php/old-spice-center/spice-models/mechanical-spice>

PRILOGE

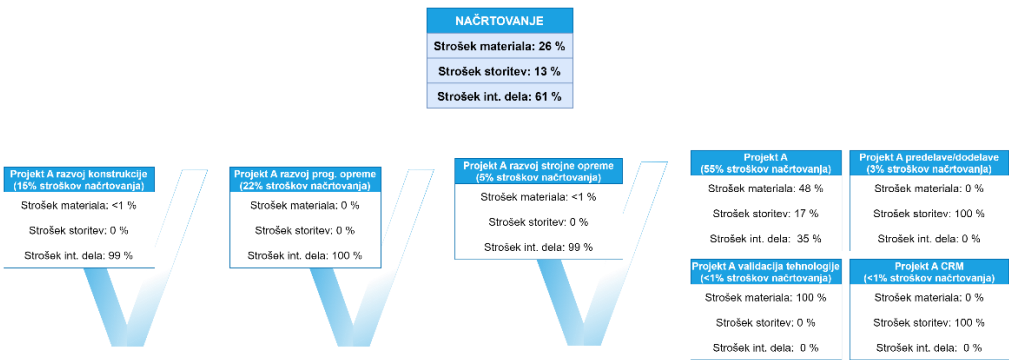
Priloga 1: Stroškovna shema projekta A

Slika 1: Stroškovna struktura posameznih področij na projektu A



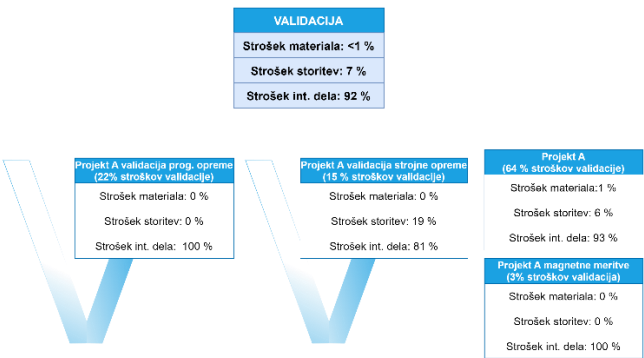
Vir: lastno delo.

Slika 2: Stroškovna shema področja Načrtovanje na projektu A



Vir: lastno delo.

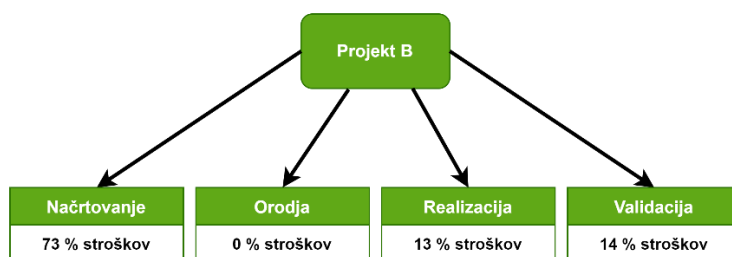
Slika 3: Stroškovna shema področja Validacija na projektu A



Vir: lastno delo.

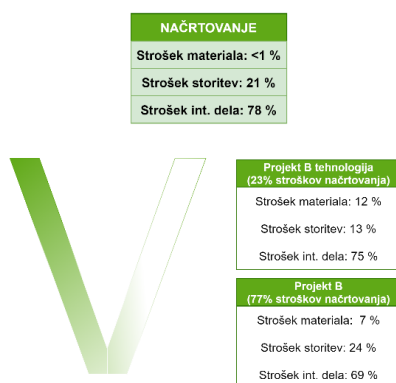
Priloga 2: Stroškovna shema projekta B

Slika 1: Stroškovna struktura posameznih področij na projektu B



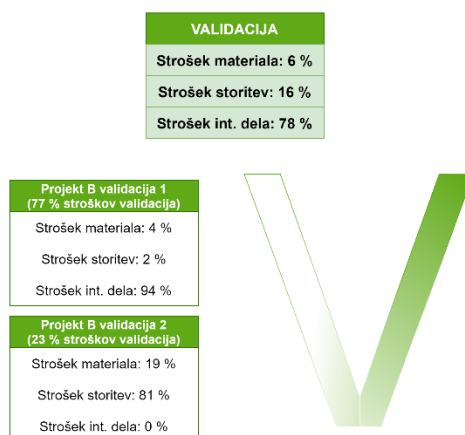
Vir: lastno delo.

Slika 2: Stroškovna shema področja Načrtovanje na projektu B



Vir: lastno delo.

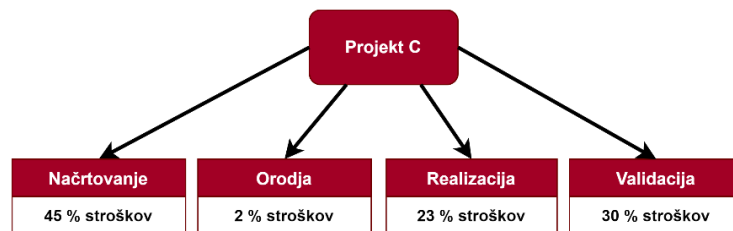
Slika 3: Stroškovna shema področja Validacija na projektu B



Vir: lastno delo.

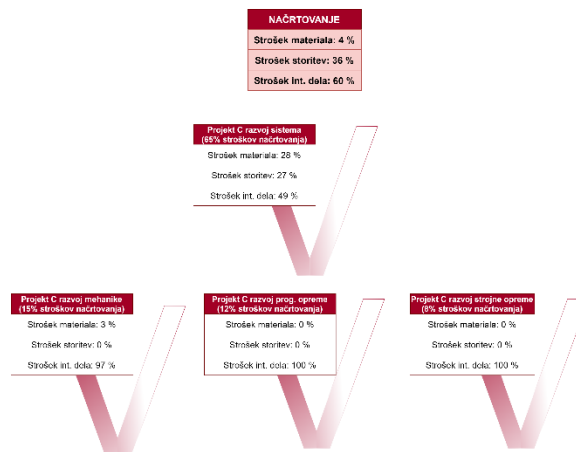
Priloga 3: Stroškovna shema projekta C

Slika 1: Stroškovna struktura posameznih področij na projektu C



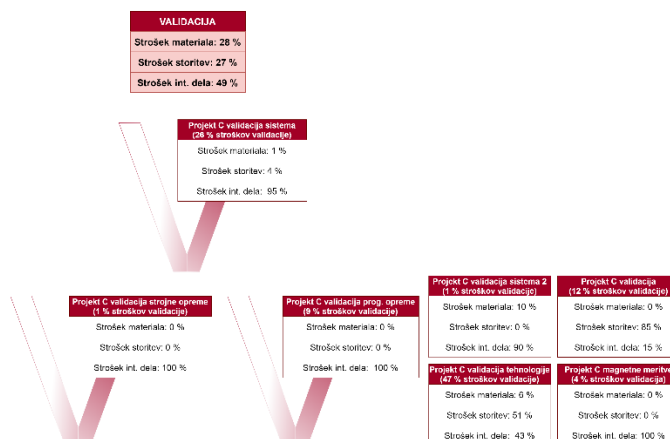
Vir: lastno delo.

Slika 2: Stroškovna shema področja Načrtovanje na projektu C



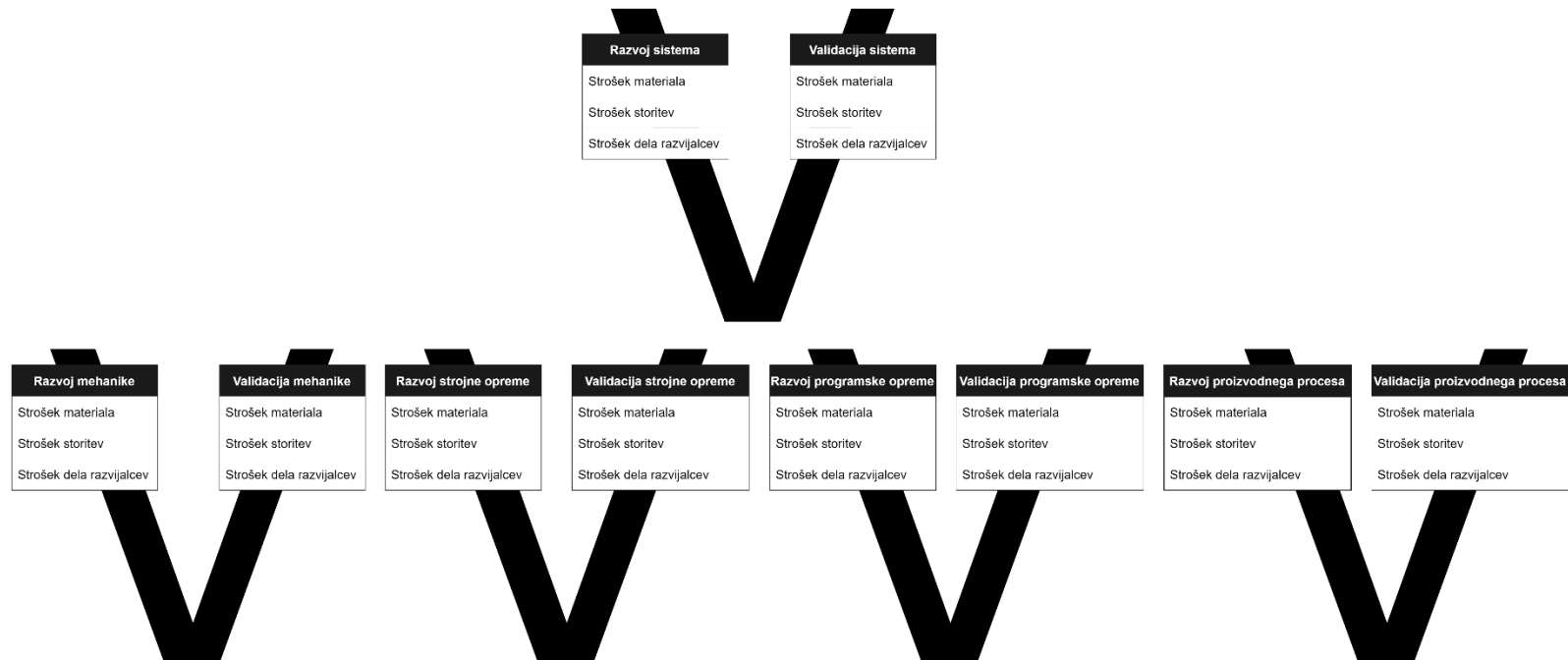
Vir: lastno delo.

Slika 3: Stroškovna shema področja Validacija na projektu C



Vir: lastno delo.

Priloga 4: Stroškovna shema za področja Načrtovanje in Validacija



Vir: lastno delo.

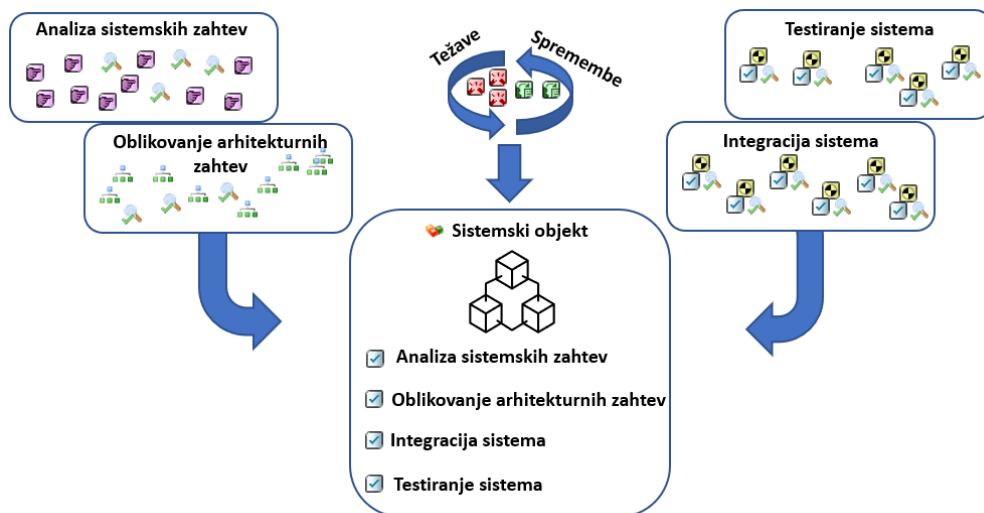
Priloga 5: Analiza potenciala za model spremljanja aktivnosti in napovedovanja stroškov dela razvojnega oddelka

	2019	2020	2021
	Delež beleženih ur	Delež beleženih ur	Delež beleženih ur
PROJEKTNO VODENJE			
Projektni vodja	<25 %	<25 %	<25 %
Projektni vodja	<25 %	<25 %	<25 %
RAZVOJ SISTEMA			
Razvoj sistema	≥80 %	≥80 %	≥80 %
Razvoj sistema	<25 %	<25 %	<25 %
RAZVOJ KONSTRUKCIJE			
Vodja razvoja konstrukcije/konstruktor	≥50 % & <80 %	≥80 %	≥80 %
Vodja razvoja konstrukcije	≥25 % & <50 %	≥80 %	≥80 %
Vodja razvoja konstrukcije	<25 %	≥80 %	≥25 % & <50 %
Konstruktor	<25 %	≥50 % & <80 %	≥80 %
Konstruktor	≥25 % & <50 %	≥50 % & <80 %	≥50 % & <80 %
Konstruktor	≥25 % & <50 %	≥50 % & <80 %	≥50 % & <80 %
RAZVOJ STROJNE OPREME			
Vodja razvoja strojne opreme / HW razvijalec	≥80 %	≥80 %	≥50 % & <80 %
Vodja razvoja strojne opreme	≥50 % & <80 %	≥50 % & <80 %	≥25 % & <50 %
HW razvijalec	≥25 % & <50 %	≥50 % & <80 %	≥50 % & <80 %
HW razvijalec	<25 %	≥50 % & <80 %	≥25 % & <50 %
HW razvijalec	≥50 % & <80 %	ni zaposlen na R&R	ni zaposlen na R&R
Vodja razvoja strojne opreme / HW razvijalec	≥50 % & <80 %	ni zaposlen na R&R	ni zaposlen na R&R
Vodja razvoja strojne opreme / HW razvijalec	≥25 % & <50 %	<25 %	ni zaposlen na R&R
RAZVOJ PROGRAMSKE OPREME			
Vodja razvoja SW	≥50 % & <80 %	≥25 % & <50 %	<25 %
Vodja razvoja SW / SW arhitekt	≥80 %	≥80 %	≥80 %
Razvijalec SW	≥80 %	≥50 % & <80 %	≥25 % & <50 %
Razvijalec SW	≥80 %	≥80 %	≥80 %
Razvijalec SW / SW arhitekt	≥50 % & <80 %	≥25 % & <50 %	<25 %
SLUŽBA ZA ZAGOTAVLJANJE KAKOVOSTI			
Kakovost	<25 %	<25 %	<25 %
Kakovost	<25 %	<25 %	<25 %
FMEA moderator	≥25 % & <50 %	≥25 % & <50 %	≥50 % & <80 %
FMEA moderator	<25 %	≥25 % & <50 %	≥80 %
Kakovost	<25 %	<25 %	≥25 % & <50 %
RAZVOJ TEHNOLOGIJE			
Vodja razvoja proizvodnega procesa	≥50 % & <80 %	≥50 % & <80 %	≥50 % & <80 %
Vodja razvoja proizvodnega procesa	≥80 %	≥25 % & <50 %	<25 %
Vodja razvoja proizvodnega procesa	<25 %	<25 %	<25 %
Razvijalec proizvodnih procesov	≥80 %	≥25 % & <50 %	≥50 % & <80 %
Razvijalec proizvodnih procesov	≥50 % & <80 %	≥25 % & <50 %	<25 %
Razvijalec proizvodnih procesov	<25 %	≥25 % & <50 %	≥50 % & <80 %
Razvijalec proizvodnih procesov	<25 %	≥25 % & <50 %	<25 %
Razvijalec proizvodnih procesov	<25 %	<25 %	≥50 % & <80 %
Razvijalec proizvodnih procesov	<25 %	<25 %	≥80 %
Razvijalec proizvodnih procesov	≥80 %	≥25 % & <50 %	≥80 %
VALIDACIJA PROGRAMSKE OPREME			
Validacija programske opreme	<25 %	≥80 %	≥80 %
Validacija programske opreme	≥25 % & <50 %	≥80 %	≥80 %
Validacija programske opreme	ni zaposlen na R&R	ni zaposlen na R&R	≥80 %
Validacija programske opreme	ni zaposlen na R&R	ni zaposlen na R&R	≥50 % & <80 %
VALIDACIJA SISTEMA			
Vodja validacije sistema	ni zaposlen na R&R	≥80 %	≥80 %
Vodja validacije sistema	<25 %	<25 %	ni zaposlen na R&R
Testerji	<25 %	<25 %	≥80 %
Testerji	ni zaposlen na R&R	ni zaposlen na R&R	≥80 %
Testerji	ni zaposlen na R&R	<25 %	≥80 %
Testerji/razvijalec testnih programov	≥80 %	≥80 %	≥80 %
Testerji	ni zaposlen na R&R	<25 %	≥80 %
Testerji/razvijalec testnih programov	<25 %	<25 %	≥50 % & <80 %
Testerji	≥50 % & <80 %	≥25 % & <50 %	≥50 % & <80 %

Vir: lastno delo.

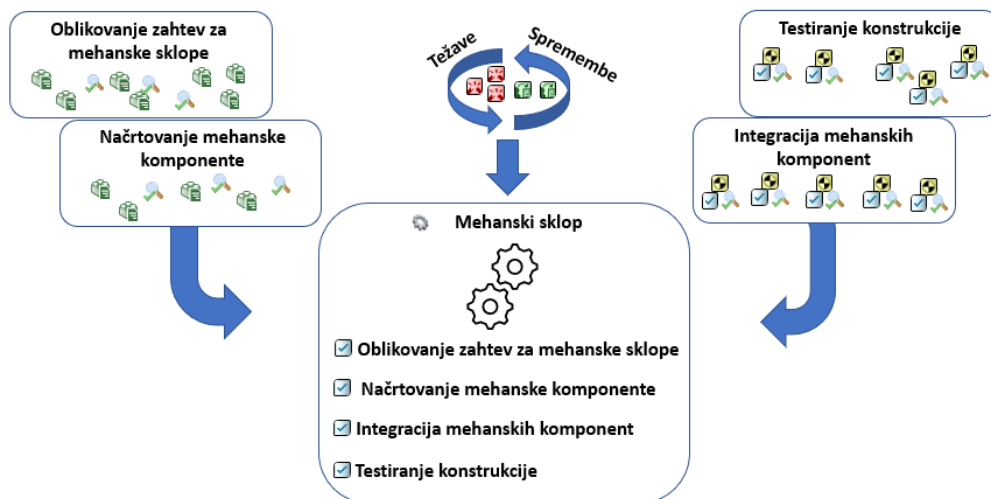
Priloga 6: Modeli spremljanja aktivnosti razvoja in validacije

Slika 1: Spremljanje aktivnosti razvoja in validacije sistema



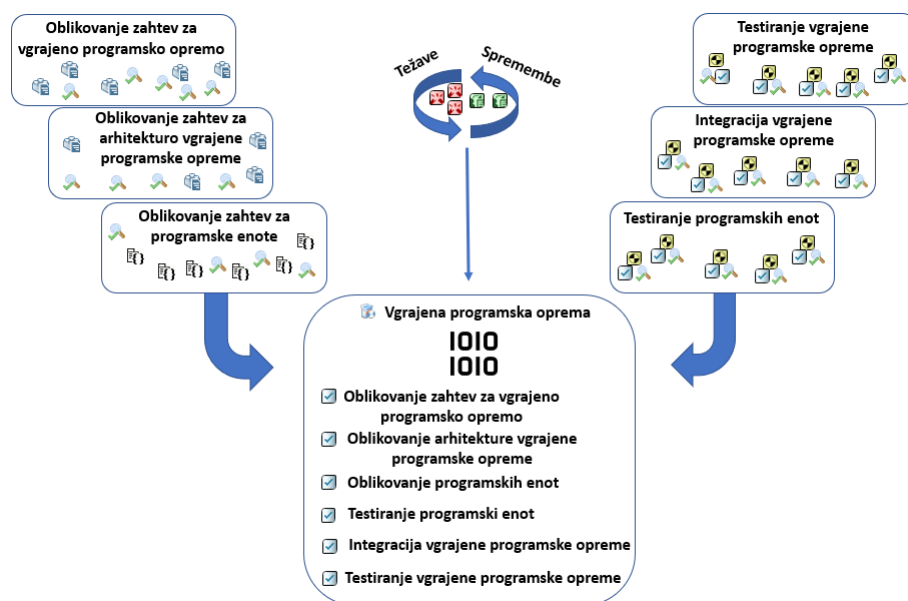
Vir: lastno delo.

Slika 2: Spremljanje aktivnosti razvoja in validacije mehanike



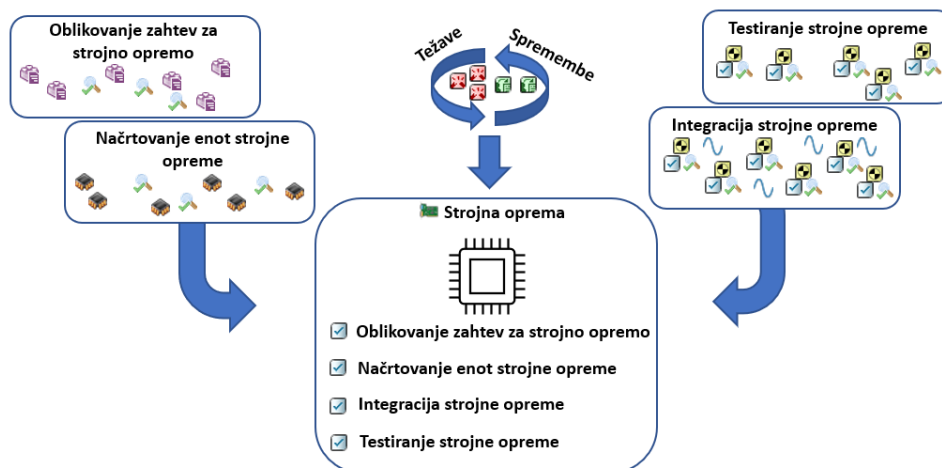
Vir: lastno delo.

Slika 3: Spremljanje aktivnosti razvoja in validacije vgrajene programske opreme



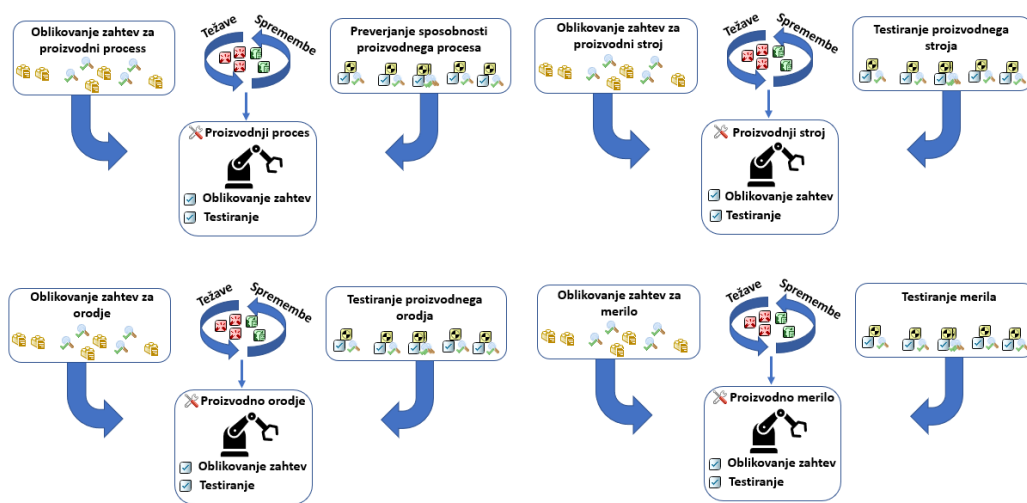
Vir: lastno delo.

Slika 4: Spremljanje aktivnosti razvoja in validacije strojne opreme



Vir: lastno delo.

Slika 5: Spremljanje aktivnosti razvoja in validacije proizvodnega procesa



Vir: lastno delo.