

UNIVERZA V LJUBLJANI
EKONOMSKA FAKULTETA

MAGISTRSKO DELO

PRENOVA IN INFORMATIZACIJA PROCESOV RAZVOJA IZDELKOV

LJUBLJANA, OKTOBER 2010

IGOR HANC

Študent Igor Hanc izjavljam, da sem avtor tega magistrskega dela, ki sem ga napisal v soglasju s svetovalcem prof. dr. Andrejem Kovačičem, in da v skladu s 1. odstavkom 21. člena Zakona o avtorskih in sorodnih pravicah dovolim njegovo objavo na fakultetnih spletnih straneh.

V Ljubljani, dne 17. 11. 2010

Podpis:

KAZALO

UVOD	1
1 RAZVOJ IZDELKOV	3
1.1 Kaj je razvoj izdelkov?.....	5
1.2 Proces razvoja izdelkov.....	6
1.3 Življenjski cikel izdelkov	9
1.4 Vrste novih izdelkov	12
2 PROCES RAZVOJA NOVIH IZDELKOV	14
2.1 Modeli procesa razvoja izdelkov.....	15
2.2 Nove metodologije razvoja izdelkov.....	21
2.3 Organizacija razvojnih procesov	35
3 UPORABA INFORMACIJSKIH SISTEMOV V RAZVOJNIH PROCESIH	39
3.1 Računalniško podprto konstruiranje in proizvodnja – CAD/CAM.....	42
3.2 Vloga sistema PLM v podjetju.....	44
3.3 Struktura sistema PLM.....	46
3.4 Funkcionalnosti sistemov PLM.....	47
4 PRENOVA IN INFORMATIZACIJA PROCESOV RAZVOJA IZDELKOV	61
4.1 Analiza procesov razvoja izdelkov	62
4.2 Prenova procesov razvoja izdelkov	72
4.3 Informatizacija procesa razvoja novih izdelkov.....	76
SKLEP.....	85
LITERATURA IN VIRI.....	88
PRILOGE	

KAZALO SLIK

Slika 1: Tri ravni vpliva razvoja novih izdelkov.....	4
Slika 2: Generični model procesa razvoja izdelka v štirih fazah	5
Slika 3: Vrednostna veriga.....	6
Slika 4: Uravnoreženi sistem kazalnikov	8
Slika 5: Vidik notranjih procesov – model inovacij	8
Slika 6: Življenjski cikel izdelka.....	10
Slika 7: Stroški novega izdelka.....	10
Slika 8: Možnost vpliva na stroške v življenjski dobi izdelka.....	11
Slika 9: Pričakovana življenjska krivulja izdelka	11
Slika 10: Povprečni portfelj novih izdelkov	13
Slika 11: Členitev poslovnega procesa	14
Slika 12: Ravni v procesu razvoja novih izdelkov.....	17
Slika 13: Primerjava potekov procesa razvoja izdelka	18
Slika 14: Prenos aktivnosti čez zid	22
Slika 15: Posledice slabega sodelovanja pri razvoju izdelka.....	22
Slika 16: Proces razvoja izdelkov z razvojnimi fazami in prehodi.....	24
Slika 17: Vhodi in izhodi v proces odločanja v vratih.....	24
Slika 18: Povezava med deležniki v integriranem razvoju izdelkov	25
Slika 19: Hiše kakovosti in prenos zahtev kupca do proizvodnje.....	26
Slika 20: Zaporeden in sočasen potek razvoja in proizvodnje.....	28
Slika 21: Glavne aktivnosti v procesu DMADOV.....	30
Slika 22: Izgube v procesu razvoja izdelkov	32
Slika 23: Proces virtualnega razvoja izdelkov	34
Slika 24: Poenostavljen prikaz virtualnega razvoja izdelkov	34
Slika 25: Organiziranost razvojnih projektov	36
Slika 26: Poenostavljena povezava med vrsto izdelka in organiziranostjo razvojnega procesa...	39
Slika 27: Razvoj novih metod in tehnologij.....	40
Slika 28: Inženirski model izdelka.....	41
Slika 29: Povezave in odvisnosti med objekti v sistemu CAD/CAM.....	43
Slika 30: Princip računalniškega programiranja NC strojev.....	44
Slika 31: Podpora sistemov PLM in ERP v poslovnih procesih.....	45
Slika 32: Različni primeri pokrivanja področij med sistemi PLM in ERP	46
Slika 33: Struktura informacijskega sistema PLM	47
Slika 34: Lastnosti dokumentov v sistemu PLM	48
Slika 35: Povezave med objekti v sistemu PLM.....	49
Slika 36: Spreminjanje objektov in nove iteracije	50
Slika 37: Spremembe v življenjskem ciklu dokumentov	51
Slika 38: Struktura map v domenah produktov in knjižnic	53
Slika 39: Delovni tok pri potrjevanju napredovanja v življenjskem ciklu objektov.....	55

Slika 40: Prikaz modela orodja v pregledovalniku ProductView	55
Slika 41: Princip upravljanja konfiguracij izdelka	57
Slika 42: Proces sprememb v sistemu PLM.....	58
Slika 43: Mehanizmi za pisarniške registratorje	61
Slika 44: Rast proizvodnje mehanizmov.....	62
Slika 45: Model III – sistem za obvladovanje tehnične dokumentacije.....	66
Slika 46: Izhodiščni diagram modela obvladovanja tehnične dokumentacije	67
Slika 47: Ključni procesi za obvladovanje tehnične dokumentacije.....	68
Slika 48: Sistem označevanja izdelkov, orodij in strojev.....	74
Slika 49: Potek določanja nastavitev v sistemu Windchill PDMLink	76
Slika 50: Shema organiziranja knjižnic in produktov	79
Slika 51: Življenjski cikel dokumentov CAD	80
Slika 52: Življenjski cikel dokumentov	81

KAZALO TABEL

Tabela 1: Vrste razvoja izdelkov.....	13
Tabela 2: Štirje tipi novih izdelkov	14
Tabela 3: Primerjava lastnosti različnih izdelkov in z njimi povezanih razvojnih procesov	15
Tabela 4: Generični proces razvoja izdelkov	19
Tabela 5: Izpeljanke generičnega razvojnega procesa	21
Tabela 6: Razlike med šest sigma in razvojem za šest sigma	29
Tabela 7: Sedem vrst izgub v razvojnem procesu.....	32
Tabela 8: Opis vodilnih metodologij razvoja novih izdelkov	35
Tabela 9: Lastnosti različnih organizacijskih struktur	38
Tabela 10: Pregled kratic in pojmov o tehnični in proizvodni informatiki	41
Tabela 11: Osnovne pravice uporabnikov.....	52
Tabela 12: Spreminjanje vloge sistema PLM v življenjskem ciklu izdelka	60
Tabela 13: Referenčni modeli glede na vrsto proizvodnje.....	64
Tabela 14: Modeli računalniško podprtega obvladovanja podatkov o izdelkih.....	65
Tabela 15: Matrika dokumentov v razvojnem procesu (izvleček)	69
Tabela 16: Primer kodiranja dokumentov CAD za izdelek	74
Tabela 17: Uporabniški in sistemski atributi za opis dokumentov CAD.....	78
Tabela 18: Matrika pravic za vlogo Konstrukter v domeni produktov	82
Tabela 19: Matrika pravic za vlogo Konstrukter v domeni knjižnic.....	82

UVOD

Osnovni cilj razvoja novih izdelkov je ustvarjanje nove vrednosti, zagotavljanje konkurenčne prednosti podjetja ter doseganje dolgoročnega uspeha z razvojem in trženjem novih izdelkov oziroma storitev. Glavni pobudniki razvoja novih izdelkov so kupci, trg, lastniki (delničarji) in drugi deležniki v poslovnem okolju podjetja.

Inovacija izdelkov je sestavni del strateškega poslovanja. Strateško poslovanje zagotavlja usmeritev, strategije in cilje, s tem pa v procesu odločanja išče nove priložnosti in odgovarja na izzive. Z novimi izdelki podjetje išče nove priložnosti za izkoriščanje obstoječih zmogljivosti, virov in sredstev, zagotavlja trajne prihodke s sistematičnim nadomeščanjem zastarelih izdelkov ter zagotavlja nove zmogljivosti in vire (Rainey, 2005, str. 8).

Proces razvoja izdelkov je zaporedje aktivnosti, s katerimi podjetje zasnuje, razvije in trži nov izdelek. Procesi razvoja izdelka se med organizacijami zelo razlikujejo. Nekatere organizacije imajo zelo podrobno določene procese razvoja izdelkov in ta določila dosledno upoštevajo. Za različne razvojne projekte lahko celo uporabljajo različne procese razvoja izdelkov. Prednosti dobro oziroma natančno definiranih razvojnih procesov se kažejo v boljši kakovosti, koordinaciji, načrtovanju in vodenju procesov tudi v njihovem lažjem izboljševanju (Ulrich & Eppinger, 1995).

Proces razvoja izdelkov je s pojavom novih računalniško podprtih tehnologij in uvajanjem novih delovnih metod doživel korenite spremembe. Digitalni ali tudi virtualni razvoj izdelka poskuša določiti vse njegove ključne lastnosti že v fazi oblikovanja in konstrukcije. Konstrukterji in oblikovalci iščejo z uporabo simulacij in računalniških analiz, ko izdelek obstaja le kot računalniški model, optimalne lastnosti izdelka. Skrajševanje razvojnih ciklov in globalizacija sta pripeljala do zastarelosti klasičnega oddelčnega razvoj izdelka s strogo zaporednim izvajanjem aktivnosti. Tako organizirani proces razvoja je postal prepočasen, predrag in neučinkovit, zato so se uveljavile nove oblike organiziranosti razvojnih procesov. Njihova skupna lastnost je sočasno izvajanje aktivnosti, delo v multifunkcionalnih razvojnih skupinah in intenzivno izmenjevanje informacij.

Med pogoji za uspešno prenovu procesov razvoja izdelkov je tudi uporaba informacijskih sistemov za obvladovanje podatkov o izdelku (Stark, 2005; Morgan & Liker, 2006). Informacijski sistemi, znani kot **PLM** (*angl. Product Lifecycle Management*), so namenjeni obvladovanju vseh vrst podatkov, ki nastanejo v življenjskem ciklu izdelka in izmenjevanju teh podatkov med vsemi člani razvojne skupine. Z modeliranjem procesov razvoja izdelka in uvajanjem delovnih tokov (*angl. Workflow*) omogočajo poenotenje procesov in avtomatizirajo njihovo izvajanje.

Uvajanje sistemov PLM zagotavlja podjetju prednosti na treh ravneh (Stark, Product Lifecycle Management, 2005). Na strateški ravni je uporaba sistemov PLM povezana z razvojem izdelkov in storitev na način, ki zagotavlja konkurenčno prednost. Na ravni procesov sistemi PLM zagotavljajo okvir za stalno izboljševanje procesov in skrajševanje razvojnih ciklov. Na operativni ravni pa zagotavljajo visoko učinkovitost dela v okviru posameznih aktivnosti.

Namen magistrskega dela je, da ob pomoči domače in predvsem tuje literature preučim lastnosti in organiziranost procesov razvoja novih izdelkov. Pri tem želim raziskati, kateri dejavniki vplivajo na izbiro organiziranosti in načina vodenja razvojnih procesov ter kakšni so modeli sodobnih razvojnih procesov. Poleg tega je namen magistrskega dela seznanitev z informacijskimi orodji, s katerimi lahko podpremo razvojne procese.

Cilji magistrskega dela so:

- Na podlagi pridobljenih informacij o izdelku in proizvodnih procesih določiti dejavnike, ki vplivajo na organiziranost in vodenje procesa razvoja izdelkov.
- Iz primerjave z referenčnimi modeli za informatizacijo procesov razvoja izdelka izbrati ustrezen model za informacijsko podporo procesom razvoja izdelka.
- Za izbrani sistem PLM določiti metodologijo njegovega uvajanja v proizvodno podjetje.
- Določitev izhodišč za prenovu razvojnih procesov z uporabo novih informacijskih orodij in najboljših praks.

Pri izdelavi magistrskega dela bom uporabil teoretična znanja, pridobljena pri podiplomskem študiju poslovne informatike in tudi praktična znanja, pridobljena pri uvajanju informacijskih sistemov za podporo razvojnim procesom. Za poglobitev teoretičnih znanj bom pregledal literaturo s področij razvoja izdelkov, organiziranja in vodenja procesov razvojev izdelkov, metodike konstruiranja in informacijskih sistemov za obvladovanje podatkov v življenjskem ciklu izdelkov.

Magistrsko delo bo imelo štiri poglavja. V prvem bom opisal pomen razvoja izdelkov za podjetje in primerjal proces razvoja izdelkov z drugimi poslovnimi procesi v podjetju. Predstavil bom tudi glavne vrste novih izdelkov in koncept življenjskega cikla izdelkov.

Razvojni procesi so lahko različno organizirani in vodeni, vedno pa imajo velik vpliv na izdelek, s katerim zadovoljujemo potrebe kupcev, njegovo kakovost, stroške in učinkovitost v proizvodnem procesu ter s tem tudi na uspešnost celotnega podjetja. Zato bom v drugem poglavju prikazal različne modele razvojnih procesov in njihove značilnosti. Predstavil bom skupne značilnosti sodobno organiziranih razvojnih procesov in opisal dejavnike, ki vplivajo na njihovo prilagajenje posebnostim posameznih organizacij.

V tretjem poglavju bodo predstavljena informacijska orodja za podporo procesom razvoja izdelka. Računalniško podprto konstruiranje (**CAD**) je osnova in najpomembnejši del računalniško podprtih tehnologij (**CAX**), ki se uporabljajo v razvojnih procesih. Več pozornosti bom namenil predstavitvi obvladovanja življenjskega cikla izdelkov (*angl. Product Lifecycle Management – PLM*). Prikazal bom osnovne funkcionalnosti informacijskih sistemov PLM kot sistema za obvladovanje vseh podatkov in informacij o izdelku v celotnem življenjskem ciklu izdelka.

V četrtem poglavju bom opisal primer uvajanja navedenih orodij in preнове procesa razvoja izdelkov v proizvodnem podjetju. Predstavljena bo metodologija uvajanja sistemov PLM ob upoštevanju referenčnih modelov informacijske podpore razvojnim procesom. Ob tem bodo opi-

sane tudi najboljše prakse, s katerimi bo nadgrajeno delo s sistemom za računalniško podprto konstruiranje.

1 RAZVOJ IZDELKOV

Izraz »nov izdelek« ima lahko zelo različne pomene. Najpreprostejša definicija pravi, da je izdelek nekaj, kar prodamo kupcu (Ulrich & Eppinger, 2004, str. 2). Samo besedo najpogosteje povezujemo s predmetom v rokah kupca.

Izdelek je končni rezultat proizvodnega procesa. Ima obliko, lastnosti in vrednosti, od njega pa pričakujemo, da bo za uporabnike koristen in bo zadovoljil njihove potrebe. Zadovoljstvo uporabnika je tem večje, kolikor bolj se lastnosti in oblika izdelka prilagodijo njegovim potrebam. Večje kot so koristi in zadovoljstvo uporabnika ali bolj kot je izdelek prilagojen njegovim potrebam večja je vrednost izdelka (Polajnar, Buchmeister, & Leber, 2005, str. 35).

V svetu postaja čedalje pomembnejša tudi ekonomija storitev. V Sloveniji je delež storitev v bruto domačem proizvodu – **BDP** – 63,3 odstotka, v Nemčiji 68,7 odstotka in v ZDA 76,9 odstotka (World Bank, 2010).

Glavna razlika med izdelkom in storitvami je neoprijemljivost storitev. Storitev je nekaj kar ne obstaja, saj se proizvaja in porabi hkrati, viden pa je njen rezultat. Kupec je pri nakupu storitve neposredno povezan s proizvodnjo. Storitve ne moremo opraviti na enem mestu in jo prodati na drugem mestu ali celo skladiščiti tako kot izdelke. Storitev moramo pripeljati do kupca ali pa kupca do storitve.

Inovacije in razvoj novih izdelkov vplivata na podjetje na treh ravneh (Slika 1) (Boyd & Richerson, 1985):

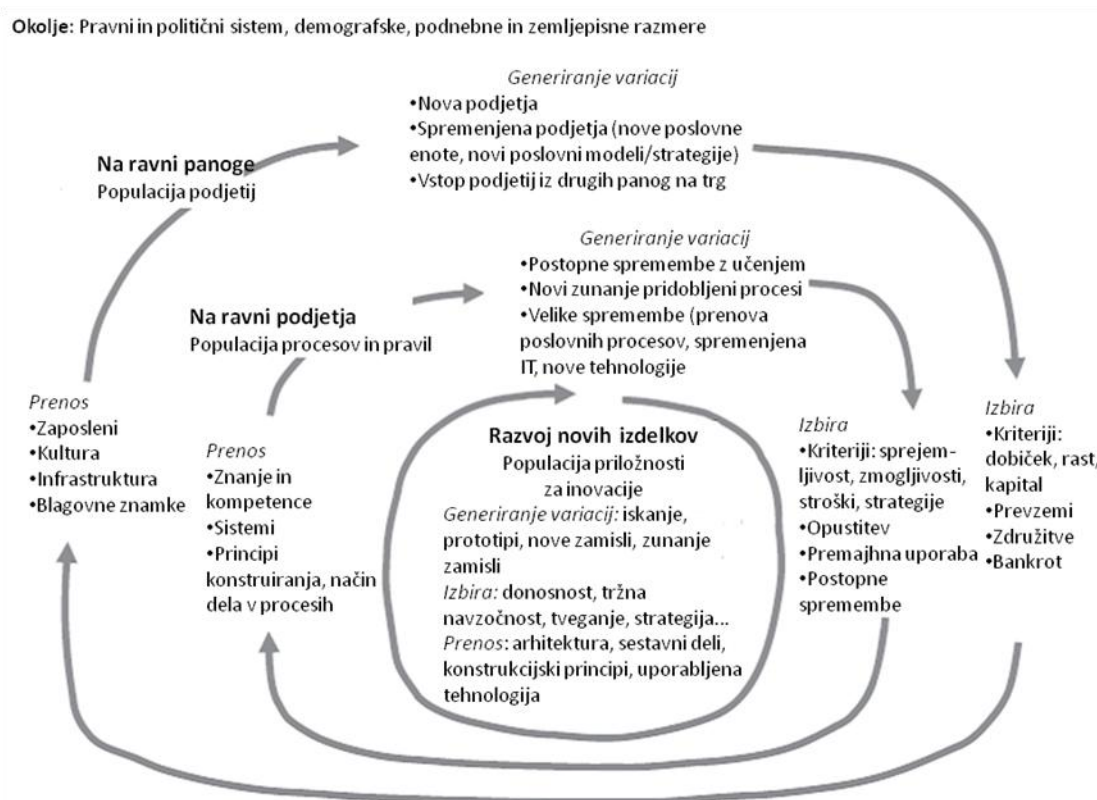
- Raven procesa razvoja novih izdelkov kot enega izmed ključnih procesov v podjetju. Proces sestavljajo postopki, navodila in pravila, ki določajo, »kako morajo biti stvari narejene«.
- Raven podjetja, ki ga sestavljajo procesi in zaposleni v podjetju.
- Raven panoge, ki jo sestavljajo podjetja in ki se razvijajo v času.

Razvoj izdelka mora upoštevati tri vidike (Polajnar, Buchmeister, & Leber, 2005, str. 33):

- **Tržno vključevanje novega izdelka**, po katerem lahko izdelujemo le tisto, kar lahko prodamo. Razvoj novih izdelkov narekujejo zahteve in potrebe trga z majhnim upoštevanjem tehnoloških sposobnosti proizvodnega procesa. Na razvoj novega izdelka najbolj vplivajo potrebe kupcev, ki so ugotovljene z raziskavami trga ali povratnimi informacijami kupcev.
- **Tehnološko vključevanje novega izdelka** zagovarja razvoj samo tistih izdelkov, ki jih lahko izdelamo z izbrano proizvodno tehnologijo. Vpliv trga na oblikovanje izdelka je majhen, trženje pa mora ustvariti trg, na katerem bo izdelek prodalo. Način temelji na močnem izkoriščanju tehnologije in preprostih spremembah v proizvodnji.

- **Medfunkcionalno vključevanje novega izdelka** po katerem je vpeljava novega izdelka medfunkcionalna in vključuje različna sodelovanje trženja, proizvodnje, razvoja in drugih funkcij.

Slika 1: Tri ravni vpliva razvoja novih izdelkov



Vir: R. Boyd & P. J. Richerson, *Culture and Evolutionary Proces*, 1985.

Neposredno uspešnost razvoja izdelka lahko ocenjujemo z upoštevanjem petih dejavnikov, ki se izražajo v donosnosti izdelka (Ulrich & Eppinger, 1995, str. 3):

- **Kakovost izdelka** se kaže v tržnem deležu in ceni, ki jo dosega. Pri tem ni pomembno samo, kako dober je izdelek, ki smo ga razvili, ampak tudi, ali izpolnjuje vse zahteve kupcev in kako zanesljiv je v uporabi.
- **Proizvodni stroški** izdelka določajo kako donosen bo izdelek pri določenem obsegu prodaje in ceni ter ob upoštevanju vseh investicij v razvoj in proizvodnjo.
- **Čas razvoja** je reakcijski čas podjetja na spremenjene razmere na trgu ali na novosti v tehnološkem razvoju. S hitrim razvojem in krajšim časom, potrebnim za uvajanje novega izdelka na trgu, se bodo podjetju hitreje povrnila sredstva, vložena v razvoj novega izdelka.
- **Stroški razvoja** kot pomemben del investicije za doseganje donosnosti novega izdelka.
- **Sposobnost razvoja** je merilo učenja organizacije v procesih razvoja novih izdelkov. Z izkušnjami in znanjem, pridobljenim pri razvoju izdelkov, bo ta v prihodnje potekal uspešneje in učinkoviteje.

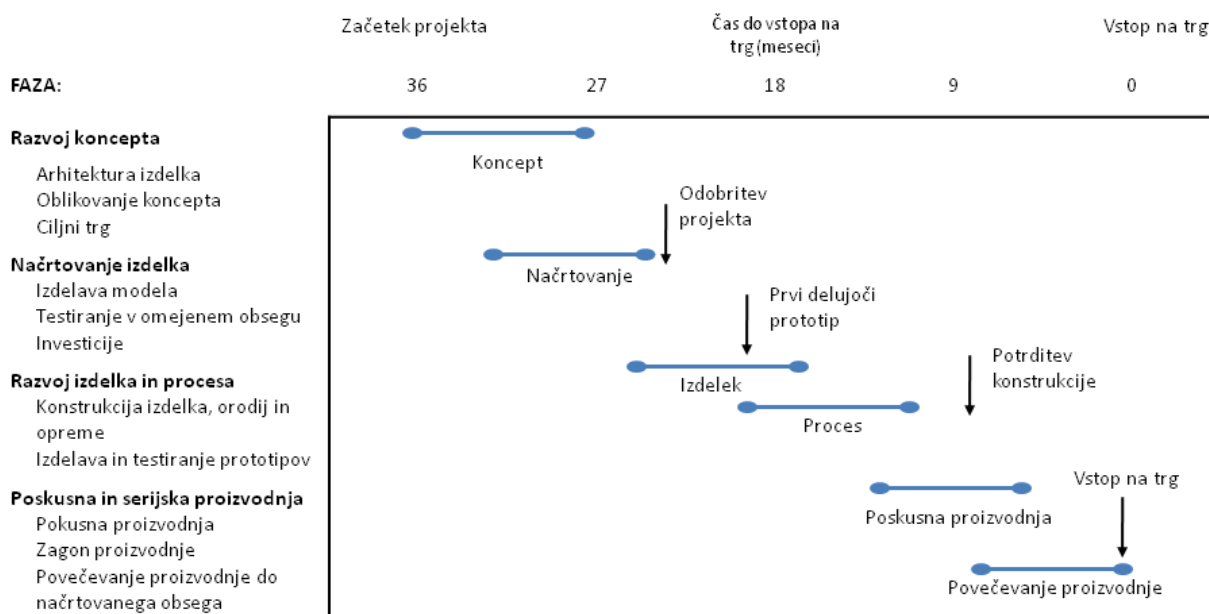
Boljši izdelek je tisti, ki ga je mogoče izdelati z nižjimi stroški (delo, surovine, energija), njegova uporaba bo zahtevala manj napora, uporabnikom pa bo daljal več koristi in zadovoljstva. Razvoj novih izdelkov ni enkratno niti dokončno dejanje, saj ga spremljajo tekmeči s podobnimi idejami, uporabniki kot del družbe in družba kot institucija, ki uveljavlja svoje cilje.

1.1 Kaj je razvoj izdelkov?

Ulrich in Eppinger (2004) definirata razvoj novih izdelkov kot nabor aktivnosti, ki se začnejo z zaznavanje tržne priložnosti in končajo s proizvodnjo, prodajo in dobavo izdelka. Ta definicija vključuje tudi razvoj novih storitev, ki so, v primerjavi z izdelki, oblikovane v tesnem sodelovanju s kupcem. Pomanjkljivost te definicije je v tem, da se osredotoča samo na posamezni novi izdelek. Seveda pa morajo večja podjetja zagotavljati stalen tok novih zamisli in izdelkov, njihov izbor in razvoj.

Wheelwright in Clark (1992) sta zajela širši pogled na razvoj izdelkov kot učinkovito organiziranje in vodenje aktivnosti, ki organizaciji omogočata, da na trg pošilja uspešne izdelke s kratkimi razvojnimi časi in nizkimi razvojnimi stroški (Slika 2).

Slika 2: Generični model procesa razvoja izdelka v štirih fazah



Vir: S. C. Wheelwright & K. B. Clark, *Revolutionizing Product Development*, 1992, str. 6.

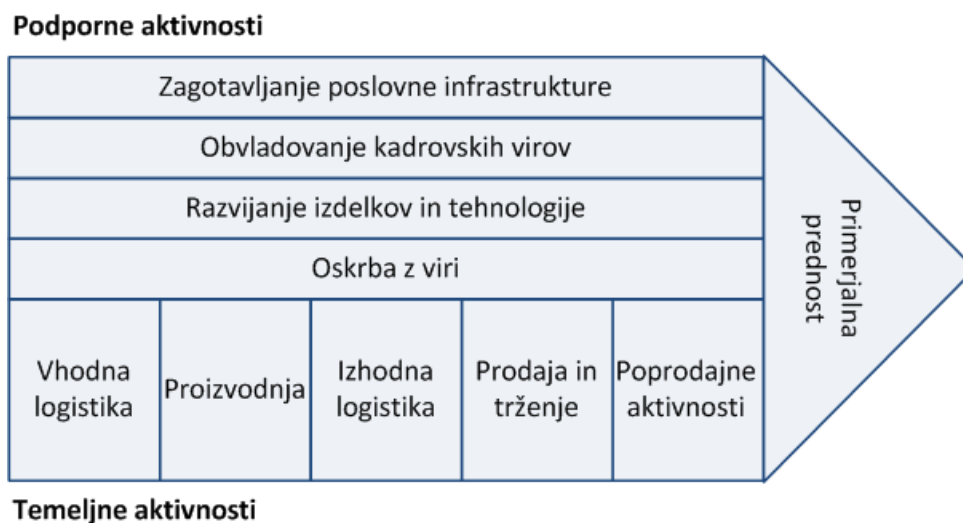
Razvoj novih izdelkov sestavljajo aktivnosti v podjetju, ki vodijo k ustvarjanju toka novih ali spremenjenih tržnih priložnosti. To vključuje ustvarjanje priložnosti, njihovo izbiro (selekcijo) in pretvorbo v izdelke ali storitve, ki jih ponudimo kupcu, in zajema tudi institucionalizirane spremembe v aktivnostih, povezanih z razvojem izdelka. S tako definicijo v razvoj novih izdelkov vključujemo razvoj fizičnih izdelkov in razvoj storitev, hkrati pa s tem ločujemo razvoj novih izdelkov od raziskav, pri katerih je trženje drugotnega pomena. Iz same definicije razvoja novih izdelkov tudi sledi, da sistem razvoja novih izdelkov sestavljajo štirje osnovni gradniki (Loch & Kavadias, 2008, str. 4):

- **Proces ustvarjanja novih variant** določa nove kombinacije tehnologij, procesov in tržnih priložnosti, ki imajo možnost ustvarjanja nove ekonomske vrednosti. Variante nastajajo z usmerjenim iskanjem in ustvarjalnostjo pri "slepem" kombiniranju nepovezanih elementov.
- **Proces izbora** (selekcije), s katerim izbiramo najobetavnejše kombinacije za nadaljnja vlaganja (finančna, materialna, človeških virov ...) v skladu z znanimi kriteriji.
- **Proces transformacije** spreminja (razvija) priložnosti v tržno blago in znanje (vgrajeno v izdelek) ter s tem ustvarja nove izdelke in storitve za kupca.
- **Proces koordinacije**, ki zagotavlja pretok informacij, skupno delo in sodelovanje med vsemi vključenimi v aktivnosti povezane z razvojem novega izdelka.

1.2 Proces razvoja izdelkov

Če želimo bolje razumeti proces razvoja izdelkov, ga moramo umestiti v organizacijo. Porter (1985) razstavlja organizacijo na zaporedje aktivnosti. To zaporedje, ki poteka v podjetju, imenujemo vrednostna veriga (Slika 3). Temeljne aktivnosti neposredno vplivajo na povečevanje dodane vrednosti in so namenjene zadovoljevanju potreb kupcev kot uporabnikov izdelkov ali storitev, ki jih podjetje ponuja. Podporne aktivnosti zagotavljajo nadzor delovanja temeljnih aktivnosti in le posredno vplivajo na dvig dodane vrednosti v vrednostni verigi. Med podporne aktivnosti tako sodita tudi razvoj izdelkov in tehnologije.

Slika 3: Vrednostna veriga



Vir: M. Porter, *Competitive strategy: Creating and sustaining superior performance*, 1985.

Vrednostna veriga podjetja je potencial podjetja za doseganje konkurenčnih prednosti (Kovačič, Groznik, & Ribič, 2005, str. 15). Najpomembnejše aktivnosti za zagotavljanje konkurenčne prednosti podjetja so tiste, s katerimi podjetje dosega nižje stroške, skrajšuje odzivne čase ali bolje diferencira izdelke.

Z vertikalnim povezovanjem podjetij se notranje vrednostne verige podjetij povezujejo v vrednostne verige povezanih organizacij. Konkurenčna prednost organizacije postane s tem odvisna od

uspešnosti celotne vertikalne vrednostne verige. Spremeni se tudi pojmovanje konkurenčnosti, saj podjetje postane konkurenčno takrat, ko je sposobno vključevanja v najuspešnejše verige podjetij in si v njih zagotavlja ustrezen delež vrednosti.

Drugačen pogled na procese v podjetju sta razvila Norton in Kaplan z uravnoteženim sistemom kazalnikov. Med glavne razloge za spremembo ocenjevanja uspešnosti podjetja navajata prav spremembe v poslovnem okolju podjetij, predvsem zaradi doseganja konkurenčnosti v informacijski dobi. Zelo se je povečala potreba po obvladovanju neopredmetenih sredstev. Ta omogočajo uvajanje inovativnih izdelkov in storitev, ki so izdelani po meri, z nizkimi stroški in kratkimi roki izdelave. Prav tako so na novo definirani odnosi s kupci z zagotavljanjem zvestobe obstoječim kupcem, s posredovanjem izdelkov in storitev novim kupcem v novih tržnih segmentih. Ob tem ne moremo zanemariti vpliva novih informacijskih tehnologij na poslovanje podjetij z uporabo baz podatkov in informacijskih sistemov (Kaplan & Norton, 2000, str. 18).

V uravnoteženem sistemu kazalnikov (Slika 4) so tako poleg finančnih vidikov pomembni še vidiki poslovanja s strankami, notranjih poslovnih procesov ter vidik učenja in rasti. Uravnotežen sistem kazalnikov prinaša nov pogled na poslovne procese podjetja, saj poleg izboljševanja obstoječih procesov opredeljuje tudi nove procese, s katerimi mora podjetje izpolnjevati cilje pri odnosih s strankami in pri finančnih ciljih. Drugi pomembni pristop je vključitev procesa inoviranja v vidik notranjih procesov. Kaplan in Norton (1996, str. 39) trdita, da so inovacije ključni notranji proces in da njihov pomen za podjetje presega odličnost vsakodnevnih operativnih procesov.

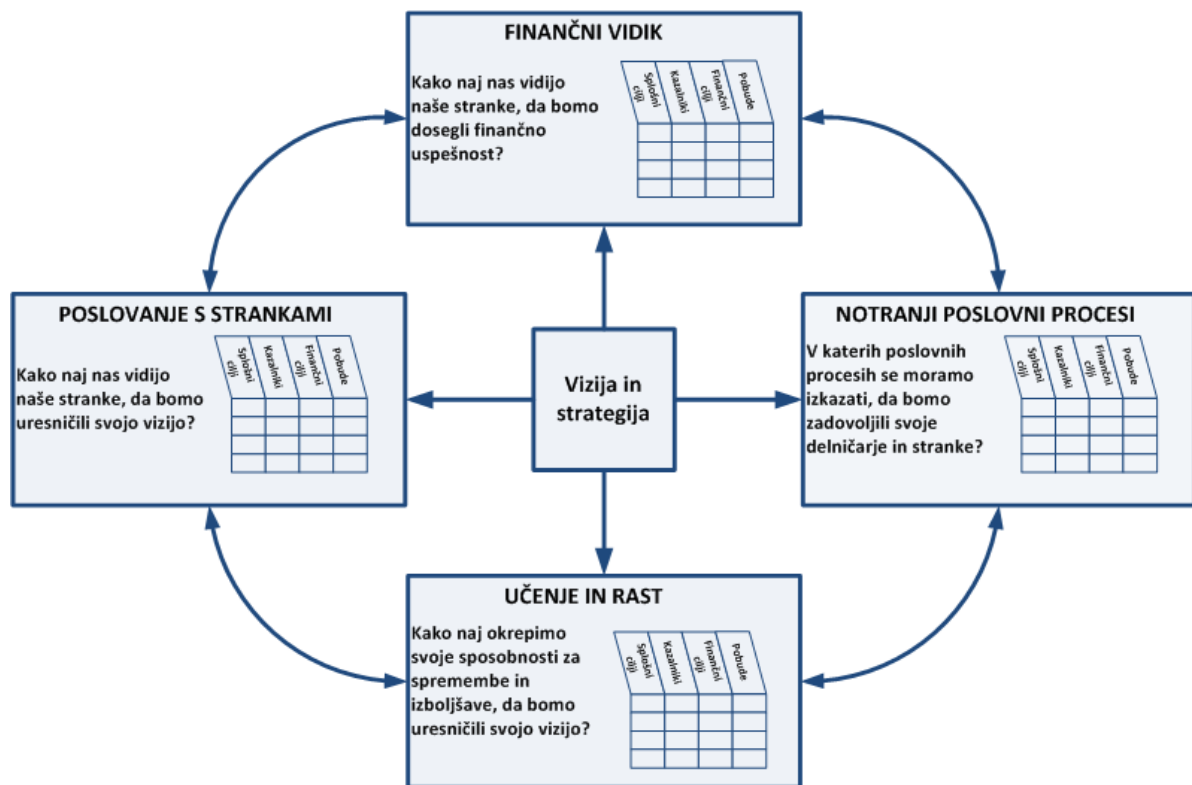
Kratkoročno ustvarjanje vrednosti, s katerim se ukvarjajo tradicionalne metode merjenja uspešnosti, izhaja iz procesov zagotavljanja obstoječih izdelkov obstoječim strankam. Pri tem podjetja skušajo nadzorovati in izboljševati obstoječe poslovanje. Za dolgoročni uspeh pa je pomembno dolgoročno ustvarjanje vrednosti skozi proces inovacij, v katerem podjetje razvija nove izdelke za obstoječe in nove stranke. Iz teh ugotovitev je nastal tudi nov pogled na verigo vrednosti notranjih poslovnih procesov.

Veriga vrednosti notranjih procesov (Kaplan & Norton, 2000, str. 107) vsebuje tri glavne poslovne procese (Slika 5):

- proces inovacij,
- operativni (proizvodni proces) in
- proces poprodajnih storitev

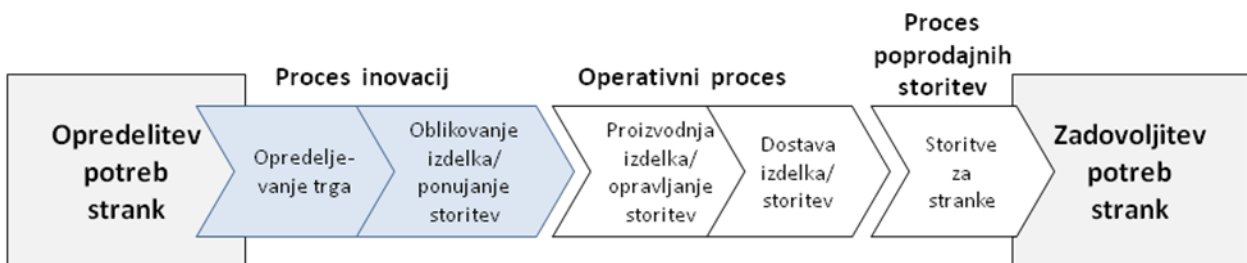
V taki verigi vrednosti je proces inovacij poglobitni del ustvarjanja vrednosti. Proces inovacij je sestavljen iz dveh delov (Kaplan & Norton, 2000, str. 107).

Slika 4: Uravnoteženi sistem kazalnikov



Vir: R. S. Kaplan & D. P. Norton, *Uravnoteženi sistem kazalnikov*, 2000, str. 76.

Slika 5: Vidik notranjih procesov – model inovacij



Vir: Kaplan & D. P. Norton, *Uravnoteženi sistem kazalnikov*, 2000, str. 107.

V prvem delu podjetje opredeljuje velikost trga, želje in potrebe kupcev ter izhodišča za določitev cen svojih ciljnih izdelkov in storitev. Opredeljevanje trga je iskanje priložnosti in praznin med obstoječimi izdelki organizacije ter iskanje odgovora na vprašanja (Hamel & Prahalad, 1994):

- katere koristi novih izdelkov bodo prepričale kupce,
- kako lahko z inovacijami prehitimo konkurente pri ponujanju teh koristi na trgu.

Drugi del procesa inovacij so informacije o trgu in strankah, ki so temelj za dejanske procese oblikovanja razvoja izdelkov ali storitev. V tem delu procesa inovacij skupina za raziskave in razvoj:

- izvaja osnovne raziskave za razvoj popolnoma novih izdelkov in storitev, ki bodo prepričali kupce,
- izvaja uporabne raziskave za izkoriščanje obstoječih tehnologij za razvoj naslednje generacije izdelkov in storitev ter
- poskuša uvesti nove izdelke in storitve na trg.

1.3 Življenjski cikel izdelkov

Drugačen pogled na proces razvoja izdelka pa dobimo skozi koncept življenjskega cikla izdelka. Ta je že dolgo znan v tistih industrijskih panogah, ki izdelujejo izdelke z dolgo življenjsko dobo, npr. energetske objekti ali letala.

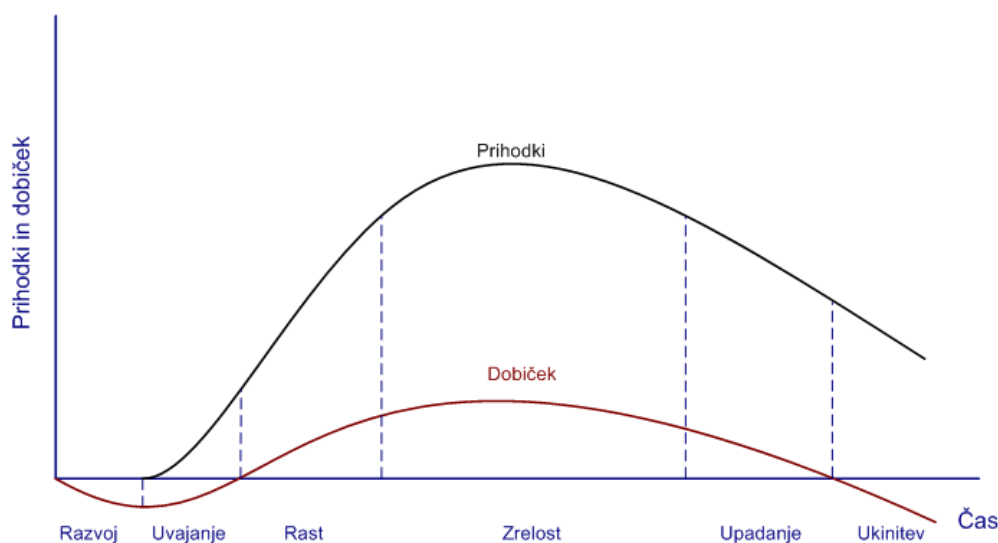
Pri definiciji življenjskega cikla izdelka moramo upoštevati zelo različne poglede nanj:

- za trženje je življenjski cikel predstavitev izdelka na trgu, rast prodaje, zrelost in upadanje
- za kupca je življenjski cikel povezan z nakupom izdelka, njegovo uporabo, vzdrževanjem in zavrženjem.

Seveda pa je za obravnavano temo najpomembnejši pogled podjetja oziroma proizvajalca izdelka, saj zanj pomeni časovno obdobje, v katerem bo določeni izdelek izdeloval in ponujal na trgu. Za proizvajalca izdelka ima življenjski cikel izdelka pet faz z jasno določenimi lastnostmi (Slika 6) (Polajnar, Buchmeister, & Leber, 2005, str. 39):

- **Načrtovanje, raziskave in razvoj** je prva faza življenjskega cikla izdelka, v kateri ima izdelek obliko ideje, načrta, modela ali vzorca. V tej fazi potekajo glavne razvojne aktivnosti izdelka: načrtovanje, oblikovanje in konstrukcija, testiranje in optimiranje. To je tudi faza, v kateri se določijo vse glavne lastnosti izdelka.
- **Uvajanje** izdelka je najbolj tvegana faza življenjskega cikla. Gre za prehod izdelka iz razvoja v redno proizvodnjo in lansiranje na trg.
- **Rast** je tista faza, v kateri začne izdelek ustvarjati dobiček. Večina težav v proizvodnji je odpravljena, količine se povečujejo, zagotovljeno je vračilo vloženih sredstev.
- **Zrelost** je faza, ki jo je zelo težko ugotoviti. Količine še vedno naraščajo, z racionalizacijami v proizvodnji pa je dobiček mogoče povečevati. Proizvajalec lahko v tej fazi z novimi izvedbami izdelka pridobi nove kupce, lahko pa že začne razvijati popolnoma nov izdelek, ki bo nadomestil prejšnjega.
- **Odmiranje** je faza, v kateri se začnejo prodane in proizvedene količine izdelka zmanjševati. Dobiček strmo pada in je ob koncu zanemarljiv.
- **Ukinitev** pomeni dokočen zaton izdelka in njegovo končno opustitev. Tržni ukrepi niso več učinkoviti in pogosto je edini ukrep, ki ohranja prodajo izdelka, zniževanje cen. To pa je mogoče doseči le z vlaganji v racionalizacijo proizvodnje in nižanjem stroškov, vse dokler se ne odločimo za ukinitve proizvodnje.

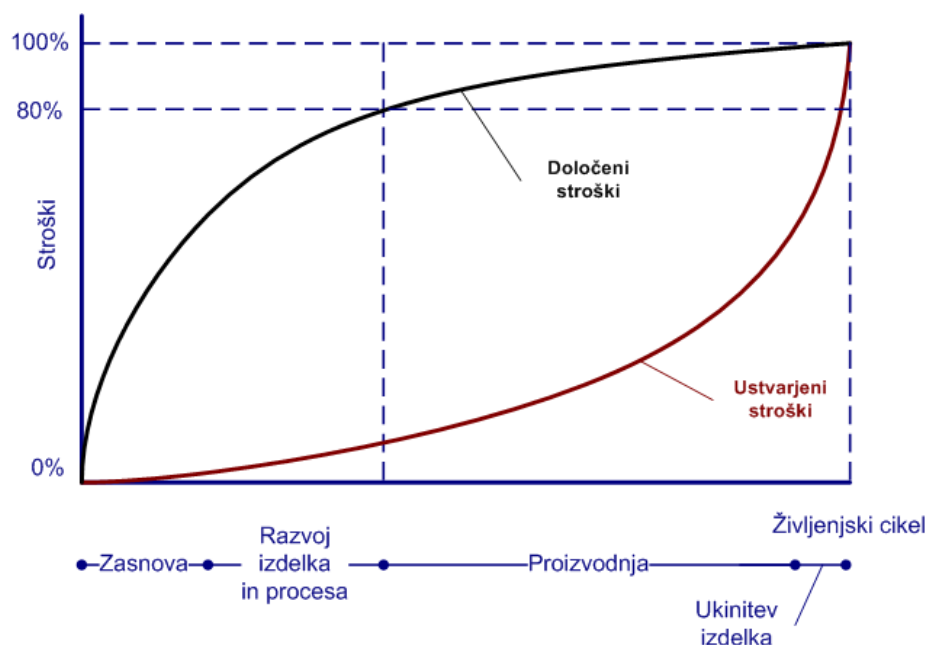
Slika 6: Življenjski cikel izdelka



Vir: A. Polajnar, B. Buchmeister, & M. Leber, *Proizvodni menedžment*, 2005, str. 36.

Faza načrtovanja, raziskav in razvoja določa vse glavne lastnosti izdelka: obliko, način izdelave in vzdrževanje. Na koncu določa tudi to, kaj se bo zgodilo z njim ob koncu življenjske dobe in kako bo lahko uničen ali recikliran. Odločitve, sprejete med razvijanjem in konstruiranjem, določajo tudi do 90 odstotkov vseh stroškov (Slika 7), ki se bodo pozneje pojavljali v življenjskem ciklu izdelka (Tekavčič, 1997, str. 170). Med konstrukterji je znan rek, da »stroški nastajajo na konici svinčnika«.

Slika 7: Stroški novega izdelka

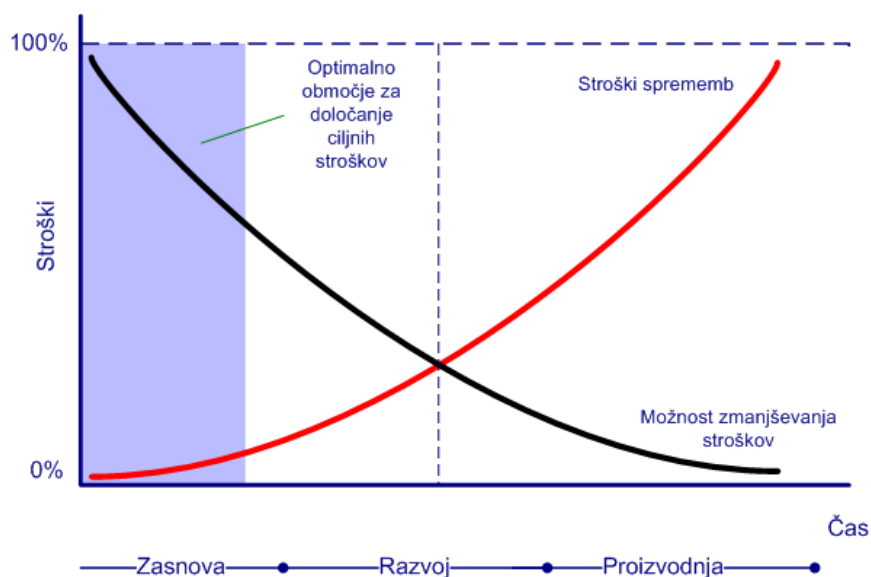


Vir: J. Balič, *Računalniška integracija proizvodnje*, 2001, str. 179.

Drug pomemben dejavnik pri razvoju izdelka je vpliv sprememb na stroške. Najhitreje in z najmanjšimi stroški jih lahko izvedemo v začetnih fazah življenjskega cikla, ko izdelek obstaja

samo kot računalniški model ali prototip. S preходом izdelka v proizvodnjo se možnosti spreminjanja zmanjšujejo, stroški izvedbe sprememb pa zelo hitro naraščajo (Slika 8).

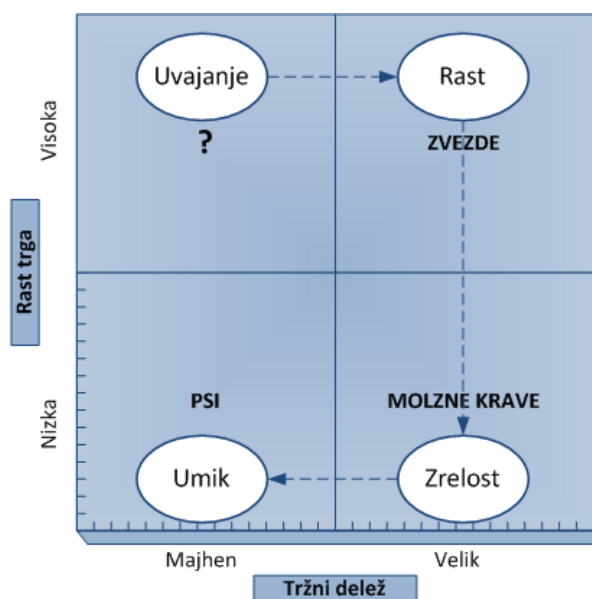
Slika 8: Možnost vpliva na stroške v življenjski dobi izdelka



Vir: C. R. DiPaolo, *Target Costing*, 2007.

Za podjetje je pomembna uravnoteženost razvojnih projektov. Izdelkom, ki odmirajo in se umikajo, morajo slediti izdelki v fazi zrelosti in rasti, za njimi pa se na trg že uvajajo in se razvijajo novi izdelki (Slika 9). V življenjskem ciklu se izdelek premika od »vprašajev« k »zvezdam«, od »zvezd« do »molznih krav« in nato čim pozneje do »psov« (Kovačič, Groznik, & Ribič, Temelji elektronskega poslovanja, 2005, str. 140).

Slika 9: Pričakovana življenjska krivulja izdelka



Vir: A. Kovačič, A. Groznik, & M. Ribič, *Temelji elektronskega poslovanja*, 2005, str. 140.

1.4 Vrste novih izdelkov

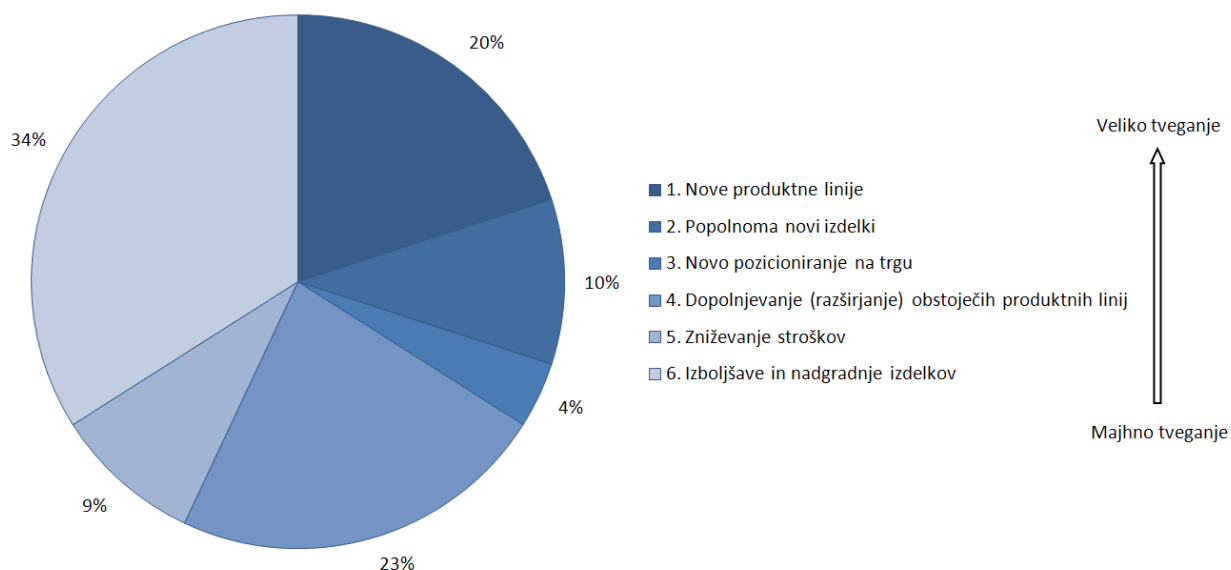
Nov izdelek je spoj prednosti, funkcij in lastnosti, ki so pomembne za kupca in proizvajalca. V sebi združuje opredmetene in neopredmetene lastnosti. Opredmetene lastnosti in prednosti novega izdelka so fizične in lahko prepoznavne. Neopredmetene lastnosti novih izdelkov pa vključujejo psihološko dojemanje novega izdelka, ugodje ob uporabi, prestiž, ki ga izdelek ustvarja...

Vendar je popolnoma novih izdelkov, novih za podjetje ali celo za trg, razmeroma malo, in sicer le okoli 10 odstotkov (Slika 10). Ti pomenijo za podjetje tudi največje tveganje in zahtevajo najdaljši razvojni čas. Večino časa, celo do 80 odstotkov, pa podjetja namenijo izboljševanju in spremembam obstoječih izdelkov (Booz, Allen, & Hamilton, 1982).

Obstaja več vrst novih izdelkov, njihovi razvojni procesi pa se razlikujejo v namenu in dinamiki izvajanja (Tabela 1) (Annacchino, 2006, str. 4–6):

- **Popolnoma novi izdelki** so tisti, ki na trgu še niso bili predstavljeni, razen morda kot prototipi ali študije. S popolnoma novim »revolucionarnim« izdelkom lahko ustvarimo popolnoma nov trg, ki pred tem še ni obstajal. Taki izdelki imajo tudi velik multiplikativni učinek, saj zahtevajo razvoj novih sestavnih delov in novih nabavnih poti. Pogosto ustvarijo tudi popolnoma nove prodajne poti in tržne pristope.
- **Nove produktne linije** dovoljujejo podjetju vstop ne tiste dele trga, na katerih še ni navzoče. Pri tem mora biti zelo pazljivo, da ne ogrozi položaja drugih izdelkov, s katerimi ustvarja tekoče poslovanje. Podjetje z novimi linijami produktov vstopa v nove tržne segmente, kjer izkorišča ugled, ki ga ima sicer na trgu. Lahko vstopa na nove trge ali išče zamenjavo za obstoječe.
- **Dopolnjevanje (razširjanje) obstoječih produktnih linij** pomeni razvoj izdelkov, ki razširjajo obstoječe blagovne znamke, da bi tako pridobili večji tržni delež. Razširjanje produktnih linij ima podoben vpliv na poslovanje podjetja kot dodajanje novih produktnih linij. Podjetje tako ustvarja dodatne prihodke z izdelki, ki jih kupci bolj kot s podjetjem povezujejo z blagovno znamko. Dodatni prihodki podjetja pa pri tem ne dosegajo tistih prihodkov, ki bi jih ustvarilo s trženjem popolnoma novih izdelkov.
- **Izboljšave in nadgradnje izdelkov** so namenjene predvsem zadrževanju ali manjšim povečanjem tržnih deležev. Z nadgradnjami in izboljšavami izdelkov podjetje ne ustvarja bistveno višjih prihodkov, temveč brani položaj na trgu in si tako zagotavlja čas in prihodke do vstopa novega izdelka na trg.
- **Novo pozicioniranje na trgu** je tudi eno izmed sredstev za ohranjanje prihodkov od obstoječih izdelkov. Učinek je podoben kot pri izboljšavah in nadgradnjah izdelkov, vendar vedno ne zahteva spremembe izdelka kot takega, temveč le spremembo v zaznavi izdelka pri kupcu. Gre bolj za tržni pristop kot za pravo razvojno aktivnost.
- **Zniževanje stroškov** zagotavlja podjetju dodaten dobiček pri obstoječih izdelkih. S tem dobi možnost razvoja in trženja novih izdelkov, a to ne prispeva k njegovi rasti.

Slika 10: Povprečni portfelj novih izdelkov



Vir: A. Griffin, PDMA research on new product development practices: updating trends and benchmarking best practices, 1997, str. 429.

Tabela 1: Vrste razvoja izdelkov

Vrsta razvoja	Čas uva- janja	Možni prihodki v panogi	Možni prihod- ki v podjetju	Trženjska strategija	Vpliv na trg
Popolnoma novi izdel- ki	Zelo dolg	Zelo veliki	Zelo veliki	Razvoj novih trgov	Največji
Nove produktne linije	Dolg	Veliki	Veliki	Razvoj novih trgov	Velik
Dopolnjevanje pro- duktnih linij	Srednje dolg	Srednje veliki	Srednje veliki	Dopolnjevanje produk- tne linije	Srednji
Izboljšave in nadgra- dnje	Kratek	Majhni	Srednje veliki	Večji tržni delež	Srednji
Pozicioniranje na trgu	Zelo kratek	Majhni	Srednje veliki	Večji tržni delež	Srednji
Zniževanje stroškov	Zelo kratek	Majhni	Srednje veliki	Povečan donos	Srednji

Vir: M. A. Annacchino, Pursuit of New Product Development, 2006, str. 4–6.

Nekoliko drugače je razvoj novih izdelkov kategoriziral Rainey (2005, str. 31). Nove izdelke je razdelil v štiri kategorije glede na njihovo tržno in tehnološko usmerjenost (Tabela 2).

Večino razvoja predstavljajo izdelki, s katerimi podjetja v okviru ključnih kompetenc zamenjujejo zastarele izdelke ali izboljšujejo obstoječe. Tržna usmerjenost pomeni iskanje novih trgov in tržnih priložnosti z obstoječimi izdelki ali razvoj novih za nove ali obstoječe trge. Tehnološko usmerjen razvoj izdelkov pomeni večje tveganje za podjetje, saj zahteva več sredstev in časa in je tudi kompleksnejši.

Tabela 2: Štirje tipi novih izdelkov

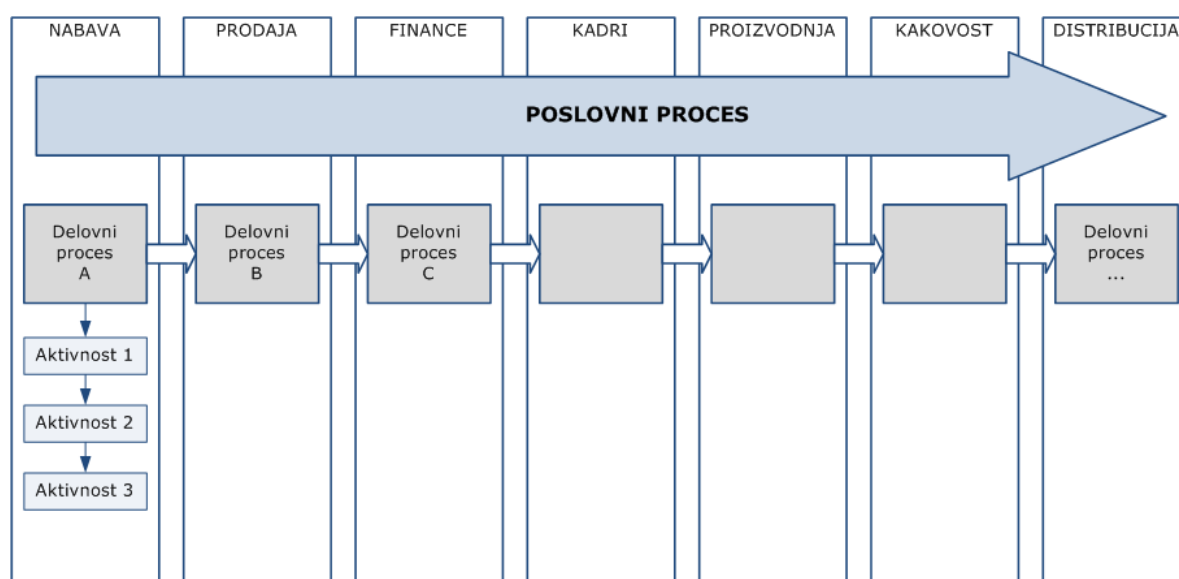
	Tržna usmerjenost	Tehnološka usmerjenost
Usmerjenost v ključne kompetence	Tip I – postopne izboljšave – zmanjševanje stroškov – odpravljanje težav – nove lastnosti in funkcionalnosti – izboljšave kakovosti ali zmogljivosti	Tip III – radikalne izboljšave – nova generacija izdelkov – izboljšana platforma – nova platforma – zlivanje tehnologij
Usmerjenost v iskanje priložnosti	Tip II – postopne spremembe – repozicioniranje obstoječega izdelka – izpeljava za obstoječi izdelek – izpeljava za nov trg – nova linija izdelkov	Tip IV – radikalne spremembe – popolnoma nov izdelek – izboljšana tehnološka platforma – radikalne nove tehnologije – nova uporaba tehnologij

Vir: D. Rainey, *Product Innovation*, 2005, str. 30.

2 PROCES RAZVOJA NOVIH IZDELKOV

Poslovni proces je »niz zaporednih ali vzporednih aktivnosti, ki jih izvajajo ljudje ali programske rešitve z namenom doseči skupni cilj.« (Khan, 2004, str. 334) Poslovni proces je sestavljen iz delovnih procesov, ti pa so sestavljeni iz medsebojno odvisnih in povezanih aktivnosti (Slika 11). Aktivnosti so skupine zaporednih opravil, s katerimi se vhodne veličine pretvarajajo v izhode, pri tem pa se izrabljajo razpoložljivi viri, uporabljajo pristojnosti in zmožnosti (Kovačič & Peček, 2004, str. 46).

Slika 11: Členitev poslovnega procesa



Vir: A. Kovačič & B. Peček, *Prenova in informatizacija procesov*, 2004, str. 45–46.

Vhodi v poslovni proces so izdelki ali storitve, ki vstopajo v proces in so namenjeni preoblikovanju v izhode procesa. Izhodi procesa so izdelki ali storitve, ki se proizvajajo v delovnem pro-

cesu. Procese poleg teh dveh osnovnih sestavin določajo še omejitve, ki pogojujejo obseg delovanja procesa, lastniki procesa, stroški, dodana vrednost, čas in ključni dejavniki uspeha (Kovačič & Peček, 2004, str. 46)

Proces razvoja novih izdelkov je zaporedje korakov in aktivnosti, s katerimi podjetje zasnuje in oblikuje izdelek ter ga ponudi na trgu. V tem procesu na temelju zahtev in želja kupcev izdelamo izdelek, s katerim zadovoljimo njihove potrebe. Tako kot se med seboj razlikujejo potrebe kupcev, se seveda razlikujejo izdelki in tudi procesi razvoja različnih izdelkov. Kako se lahko procesi razvoja izdelkov med seboj razlikujejo, prikazuje Tabela 3, v kateri so primerjane lastnosti različnih izdelkov in razvojnih procesov.

Tabela 3: Primerjava lastnosti različnih izdelkov in z njimi povezanih razvojnih procesov

	Izvijač	Kotalke	Namizni tiskalnik	Osebni avto	Potniško letalo
Letna proizvodnja	100.000 enot	100.000 enot	4.000.000 enot	100.000 enot	50 enot
Doba trženja	40 let	3 leta	2 leti	6 let	30 let
Prodajna cena	3 USD	200 USD	300 USD	17.000 USD	130.000.000 USD
Število delov (pozicij)	3	35	200	10.000	130.000
Čas razvoja	1 leto	2 leto	1,5 let	3,5 let	4,5 let
Število članov razvojne skupine (v podjetju)	3	5	100	800	6.800
Število članov razvojne skupine (zunanji)	3	10	75	800	10.000
Stroški razvoja	150.000 USD	750.000 USD	50.000.000 USD	400.000.000 USD	3.000.000.000 USD
Investicija v proizvodnjo	150.000 USD	1.000.000 USD	25.000.000 USD	500.000.000 USD	3.000.000.000 USD

Vir: D. Rainey, Product Innovation, 2005, str. 5.

2.1 Modeli procesa razvoja izdelkov

Poslovni model je model delovanja organizacije v okolju in sredstvo za pridobivanje spoznanj, prenos znanj in preskušanje brez tveganja za izvirnik. Med področja obravnave poslovnega modela štejemo tudi prenavo in informatizacijo posameznih poslovnih procesov ali njihovih delov (Kovačič & Peček, 2004, str. 48).

Procesi razvoja izdelkov se med podjetji razlikujejo. V nekaterih lahko celo uporabljajo različne procese razvoja za različne vrste izdelkov. Prav tako se podjetja med seboj razlikujejo po sposobnosti opisovanja procesov razvoja izdelkov, saj jih nekatera popisujejo zelo natančno, druga pa jih sploh ne. Med razloge za opis in modeliranje procesov razvoja izdelka vsekakor sodijo (Ulrich & Eppinger, 1995, str. 12):

- **Zagotavljanje kakovosti:** Proces razvoja izdelkov določa faze v razvojnem procesu s kontrolnimi točkami in pogoji za prehod med posameznimi fazami, kar zagotavlja višjo kakovost.
- **Koordinacija:** Jasno določeni razvojni proces določa tudi vloge zaposlenih v razvojni skupini. Zaposleni tako vedo, katere so njihove naloge v posameznih fazah procesa in kako bo potekala izmenjava informacij z drugimi člani razvojne skupine.
- **Načrtovanje:** Proces razvoja izdelkov sestavljajo tudi mejniki, ki se ujemajo z zaključkom posameznih aktivnosti ali faz razvojnega procesa. S tem je določen tudi časovni plan posameznih aktivnosti in celotnega procesa.
- **Vodenje:** Razvojni proces je merilo za ocenjevanje uspešnosti izvajanja razvojne dejavnosti v podjetju. S primerjavo različnih aktivnosti lahko odkrijemo odstopanja v procesu.
- **Izboljšave:** Z dokumentiranjem razvojnega procesa lažje poiščemo priložnosti za optimiranje razvojnih procesov.

2.1.1 Generični ali standardni proces razvoja izdelkov

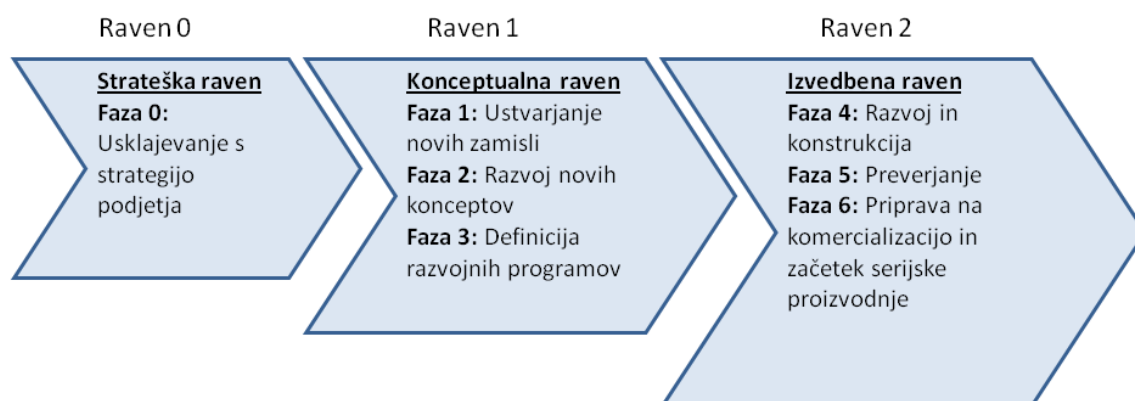
Standardni proces razvoja novih izdelkov je sestavljen iz različnih razvojnih faz ali stopenj, med katerimi so določeni prehodi ali vrata. Z uvajanjem faz v razvojni proces so jasno določeni začetki in zaključki posameznih aktivnosti procesa, s tem pa je poudarjena tudi njegova prekinjenost. Vrata ali prehodi med posameznimi razvojnimi fazami so trenutek, ko je treba pregledati opravljeno delo in sprejeti odločitve za nadaljevanje razvojnega projekta.

Standardni proces razvoja izdelka je razdeljen na tri osnovne ravni, nanje pa so umeščene še faze v razvojnem procesu (Slika 12). Izhodi iz ene faze procesa razvoja izdelkov so vhodi v naslednjo fazo procesa. Rainey (2005, str. 110) je ravni v razvojnem procesu razvrstil v:

- **Raven 0** ali **strateška raven** zagotavlja informacije, podatke in strateško usmeritev za razvoj koncepta izdelka. Strateške ravni ne prištevamo k procesu razvoja novega izdelka, saj so vse analize in z njimi povezane odločitve izvedene ne glede na to, ali bomo dejansko začeli razvoj novega izdelka.
- **Raven 1** ali **konceptualna raven** je namenjena iskanju zamisli ali konceptov za nove izdelke. Ti so nato razviti, analizirani in ovrednoteni glede na primernost, izvedljivost in možnost trženja.
- **Raven 2** ali **izvedbena (operativna) raven** vključuje razvoj in oblikovanje (konstrukcijo) izdelka, preverjanje vseh sprejetih odločitev, uvajanje v izdelka proizvodnjo in njegovo ponudbo na trgu.

Raven 0 in raven 1 sta priprava na izvedbo razvoja izdelka. Priprava mora biti temeljita, saj določa, kako se bodo posamezni deli podjetja vključevali v razvojni proces. Pri izbiri razvojnih projektov moramo upoštevati ves proizvodni program podjetja in uravnoteženost novih projektov glede na tveganja, časovni okvir in zrelost trga (Khurana & Rosenthal, 1997). Ne glede na to, kakšen proces razvoja novih izdelkov bomo uporabili, pa mora vsebovati vse zahtevane aktivnosti z jasnim potekom dela.

Slika 12: Ravni v procesu razvoja novih izdelkov



Vir: D. Rainey, *Product Innovation*, 2005, str. 110.

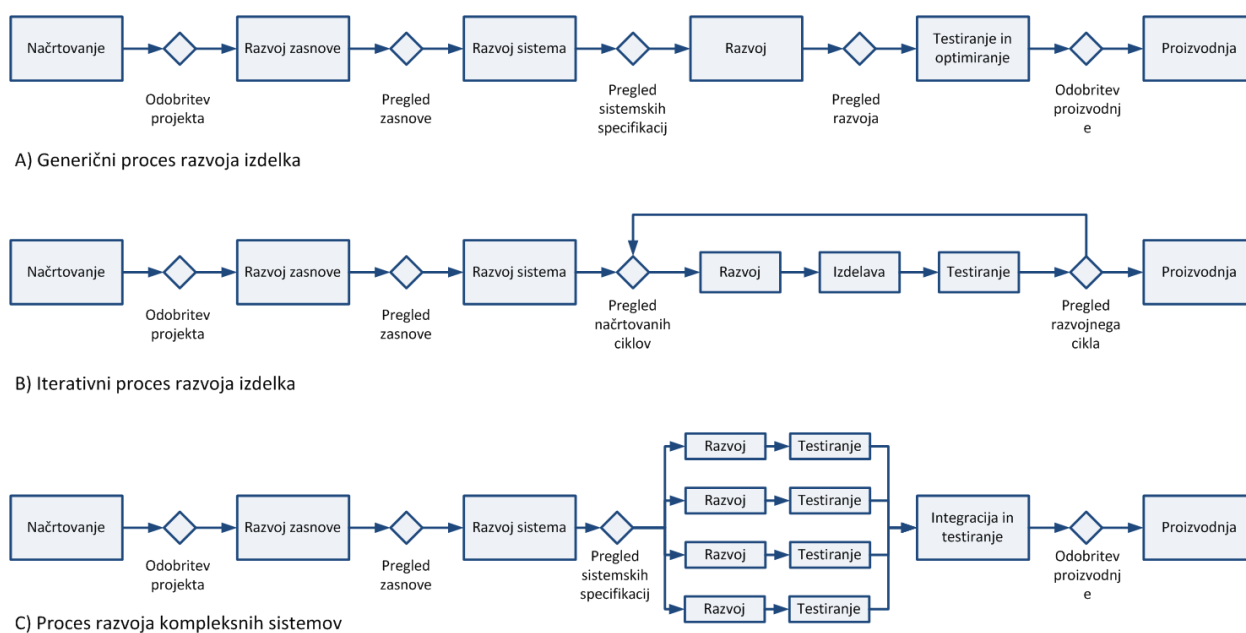
Na izvedbeni ravni razvojnega procesa se izvajajo tiste aktivnosti, s katerimi pripeljemo nov izdelek na trg. Izdelek je treba na podlagi specifikacij oblikovati in ga skonstruirati, zanj moramo razviti tehnološki proces z vsemi pripadajočimi stroji in orodji ter izdelati in preskusiti različne prototipe. Na osnovi teh preskusov nato izbiramo in optimiramo najustrežnejšo rešitev.

Splošni razvojni proces se ne razlikuje dosti od že omenjenega standardnega procesa razvoja novih izdelkov. Sestavlja ga šest osnovnih aktivnosti (Slika 13) (Ulrich & Eppinger, 1995, str. 14):

- **Načrtovanje** je začetna ali ničelna faza razvojnega procesa, ki poteka pred samim formalnim začetkom razvoja novega izdelka. V tej fazi je treba uskladiti tehnološki razvoj in tržne cilje s strategijo podjetja. V izhodih te faze procesa so določeni ciljni trgi, poslovni cilji, osnovne predpostavke in robni pogoji.
- **Razvoj zasnove** (koncepta) pomeni iskanje različnih (alternativnih) zasnov izdelka ter njihovo vrednotenje in izbiro za nadaljnji razvoj in testiranje. Koncept je opis oblike, funkcionalnosti in lastnosti izdelka. Razvoj koncepta vsebuje številne aktivnosti, s katerimi zaznamo potrebe kupcev in jih formaliziramo, raziščemo in izdelamo alternativne rešitve ter jih preskusimo, nato pa izberemo najboljše. Na podlagi izbranih rešitev naredimo končen seznam lastnosti izdelka.
- **Razvoj sistema** je faza, v kateri določimo strukturo (arhitekturo) izdelka in ga razstavimo na posamezne podsklope in sestavne dele. Po določitvi geometrijskih povezav in opisa funkcionalnosti za vsak podsklop lahko izdelamo tudi osnutek tehnološkega procesa, ki med drugim vsebuje zasnovo procesa montaže končnega izdelka.
- **Konstruiranje** je dokončna določitev geometrije, materialov in odstopkov (toleranc) za vsak sestavni del, ki ga vgradimo v izdelek. Prav tako morajo biti določene vse lastnosti sestavnih delov, ki jih bodo dobavljali zunanji dobavitelji. Določen mora biti tehnološki proces, kar vključuje tudi konstrukcijo orodij in naprav, ki jih ta proces zahteva. Narejena mora biti še vsa potrebna tehnična in tehnološka dokumentacija za izdelek in tehnološki proces.

- **Testiranje in optimiranje** vključujeta izdelavo, preskušanje in vrednotenje različic izdelka pred uvajanjem v proizvodnjo in potekata v več stopnjah. Prvi prototipi so namenjeni preskušanju funkcionalnosti izdelka, pri njihovi izdelavi pa se uporabljajo drugačni tehnološki postopki kot pozneje pri redni proizvodnji. Pri poznejših prototipih se uporabljajo sestavni deli in tehnološki postopki, kot se bodo tudi v proizvodnji, vse to pa s ciljem ugotavljanja lastnosti in zanesljivosti delovanja izdelka.
- **Uvajanje v proizvodnjo** je prenos izdelka v proizvodnjo z načrtovanim proizvodnim sistemom: to pomeni proizvodnjo s stroji, orodji in napravami, predvidenimi za serijsko proizvodnjo, po predvidenih tehnoloških postopkih in z uporabo ustrezne tehnološke in kontrolne dokumentacije ter z usposobljenimi delavci.

Slika 13: Primerjava potekov procesa razvoja izdelka



Vir: K. T. Ulrich & S. D. Eppinger, *Product Design and Development*, 1995, str. 23.

V procesu razvoja novega izdelka se spreminjajo tudi naloge oddelkov v podjetju. Naloge, ki jih morajo oddelki izpeljati v posameznih razvojnih fazah so prikazane v Tabeli 4.

Proces razvoja novih izdelkov moramo prilagoditi posebnostim izdelka in podjetja (Tabela 5). Generični proces razvoja novih izdelkov se uporablja predvsem za razvoj izdelkov, pri katerih najprej zaznamo potrebo na trgu, začnemo razvijati izdelke in z uporabo različnih dostopnih tehnologij poskušamo te potrebe tudi zadovoljiti.

Tehnološko pogojeni izdelki izhajajo iz novih tehnoloških platform. Podjetje, ki je razvilo novo tehnologijo, išče ustrezne trge za izdelke, ki izhajajo iz te nove tehnologije – tehnologija usmerja razvoj novih izdelkov. Pogosto gre za bazične materiale ali za bazične procesne tehnologije, ki jih lahko uporabimo zelo različno.

Tabela 4: Generični proces razvoja izdelkov

	Faza 0: Načrtovanje	Faza 1: Razvoj zasnove (koncept)	Faza 3: Razvoj sistema	Faza 4: Razvoj	Faza 4: Testiranje in optimira- nje	Faza 5: Proizvodnja
Marketing	– oblikovanje tržnih priložnosti – definiranje tržnih segmentov	– zbiranje potreb kupcev – identificiranje glavnih uporabnikov – identificiranje konkurenčnih izdelkov	– razvoj – določanje cenovne politike	– oblikovanje plana trženja	– razvoj promocijskega gradiva – testiranje pri uporabnikih	– plasiranje prvih izdelkov pri ključnih kupcih
Konstrukcija	– določanje strukture in platforme izdelka – ocenjevanje novih tehnologij	– študija izvedljivosti zasnov izdelkov – razvoj oblikovalskih konceptov – izdelava in testiranje prototipov	– razvoj izdelkov z alternativno strukturo – definiranje glavnih podsistemov in vmesnikov – optimiranje industrijskega oblikovanja	– določanje geometrije sestavnih delov – izbira materialov – določanje toleranc – izdelava tehnične dokumentacije	– testiranje zanesljivosti – testiranje življenjske dobe – testiranje zmogljivosti izdelka – pridobivanje dovoljenj – uvajanje konstrukcijskih sprememb	– prva ocena proizvodnih zmogljivosti
Proizvodnja	– odkrivanje omejitev v proizvodnji – izbira strategije v nabavni verigi	– ocena proizvodnih stroškov – ocena izvedljivosti v proizvodnji	– izbira dobaviteljev za ključne sestavne dele – analiza izdelaj–kupi – določanje končne strukture izdelka – določanje ciljnih stroškov	– načrtovaje tehnoloških procesov – razvoj orodij – načrtovanje postopkov zagotavljanja kakovosti – nabava orodij	– povečevanje nabave – izboljšave proizvodnega procesa – usposabljanje zaposlenih – izboljšava postopkov zagotavljanja kakovosti	– delovanje celotne proizvodnje
Druge funkcije	– razvoj: pregled razpoložljivih tehnologij – finance: postavitve okvirov za načrtovanje – posloводство: zagotavljanje potrebnih virov	– finance: omogočanje izvedbe analize ekonomičnosti – pravna služba: patentna vprašanja	– finance: omogočanje izvedbe analize izdelaj–kupi, – vzdrževanje: plan vzdrževanja		– prodaja: izvedba prodajnega načrta	

Vir: K. T. Ulrich & S. D. Eppinger, *Product Design and Development*, 1995, str. 14.

Izdelki na skupni platformi so zgrajeni na obstoječem tehničnem podsistemu. Razvoj podsistema je drag in zahteven, zato ga poskušamo vgraditi v različne izdelke. Do neke mere je razvojni proces podoben generičnemu razvojnemu procesu.

Procesno intenzivni izdelki, kot so polprevodniški elementi, prehrambni in kemični izdelki ali papir, so strogo omejeni s proizvodnim procesom. Razvoj izdelka je že v fazi zasnove neločljivo povezan z razvojem tehnološkega procesa, v nekaterih primerih pa razvoj izdelka in procesa potekata vzporedno.

Izpeljani (variantni) izdelki so izpeljanke standardiziranega izdelka. Razvoj takega izdelka je odgovor na specifične zahteve kupcev in zajema spreminjanje konstrukcijskih parametrov (dimenzij) izdelka ali materiala. Za izpolnitev kupčevih zahtev je vpeljan strukturiran in natančno določen razvojni proces. Zaporedje aktivnosti v njem je natančno določeno, prav tako je jasno strukturiran pretok informacij v razvojnem procesu.

Izdelki z visokim tveganjem zahtevajo posebej prilagojen razvojni proces, v katerem je treba odgovoriti na različna tveganja:

- tehnološka tveganja – ali bo izdelek deloval pravilno
- tržna tveganja – ali bodo kupci izdelek sprejeli
- tveganja povezana z roki in razvojnim proračunom – ali bo projekt končan v predvidenem času in s predvidenimi sredstvi.

Generični razvojni proces je prilagojen tako, da poskuša na največja tveganja odgovoriti prav na začetku razvojnega procesa. Pogost je vzporeden razvoj različnih tehnoloških rešitev, od katerih naj bi vsaj ena prinesla ustrezne rezultate. Z rednim pregledovanjem in vrednotenjem različnih tehničnih rešitev je treba zagotoviti obvladovanje tveganj tako, da so največja tveganja res odpravljena in ne samo preložena.

Kompleksni sistemi, kot so avtomobili ali letala, so sestavljeni iz številnih medsebojno povezanih komponent in podsistemov. V fazi systemskega načrtovanja mora biti določena struktura (arhitektura) izdelka, ki je razstavljena na podsisteme, podsistemi pa na posamezne komponente. Vsaka komponenta ima svojo razvojno skupino, dodatne razvojne skupine pa skrbijo za integracijo komponent v podsisteme in nato še v celoten sistem. Razvoj komponent poteka vzporedno in v njem sočasno in ločeno dela več razvojnih skupin. Vodenje in usklajevanje povezav med posameznimi deli sistema je naloga sistemskih inženirjev. Faza testiranja in optimiranja ne zajema samo systemske integracije, temveč tudi obširno testiranje in validacijo na vseh ravneh.

Tabela 5: Izpeljanke generičnega razvojnega procesa

Vrsta procesa	Opis	Lastnosti	Primer
Generični izdelki	Iskanje tržnih priložnosti in izbira ustreznih tehnologij za izpolnjevanje potreb kupcev	Proces vključuje vse faze: načrtovanje, izdelavo zasno-ve, sistemsko načrtovanje, konstruiranje, testiranje in optimiranje ter zagon proiz-vodnje.	Športna oprema, pohištvo, orodja
Nove tehnologije	Razvoju nove tehnologije sledi iskanje ustreznih trgov	Faza načrtovanja vključuje usklajevanje tehnologij in trgov; razvoj zasno-ve sloni na izbrani tehnologiji	Oblačila iz gore-texa
Izdelki na skupni platformi	Nov izdelek je zgrajen okoli uveljavljene tehnološke platforme	Razvoj zasno-ve temelji na preskušeni tehnološki plat-formi	Računalniki, zabavna elek-tronika, tiskalniki
Procesno inten-zivni izdelki	Lastnosti izdelka, pogojene s tehnološkim procesom	Tehnološki proces je dolo-čen na začetku razvoja. Sočasni razvoj izdelka in tehnologije.	Kemična industrija, polpre-vodniki, prehrambna indus-trija
Izpeljani (vari-antni) izdelki	Nov izdelek je izpeljanka obstoječega izdelka	Podobnost razvojnih projek-tov zagotavlja tekoč in viso-ko strukturiran razvojni proces	Motorji, stikala, baterije
Izdelki z visokim tveganjem	Tehnične ali tržne negotovosti pomenijo visoko tveganje za neuspeh	Zgodnje odkrivanje tveganj in njihovo sledenje skozi celoten razvojni proces. Zelo zgodnje izvajanje ana-liz in testiranje.	Zdravila, vesoljska tehnika
Hitro izdelani izdelki	Hitro modeliranje in izdelava prototipov omogočajo veliko ponovitev razvojnega cikla (konstrukcija – izdelava – testiranje)	Fazi konstruiranja in testira-nja se ponavljata, dokler niso doseženi zastavljeni cilji ali pa presežen čas/sredstva, namenjena za razvoj.	Programska oprema, mobilni telefoni
Kompleksni sistemi	Razgradnja sistema na pod-sisteme in številne kompo-nente	Vzporedni razvoj podsiste-mov in komponent, ki mu sledita sistemska integracija in validacija	Letala, letalski motorji, avtomobili

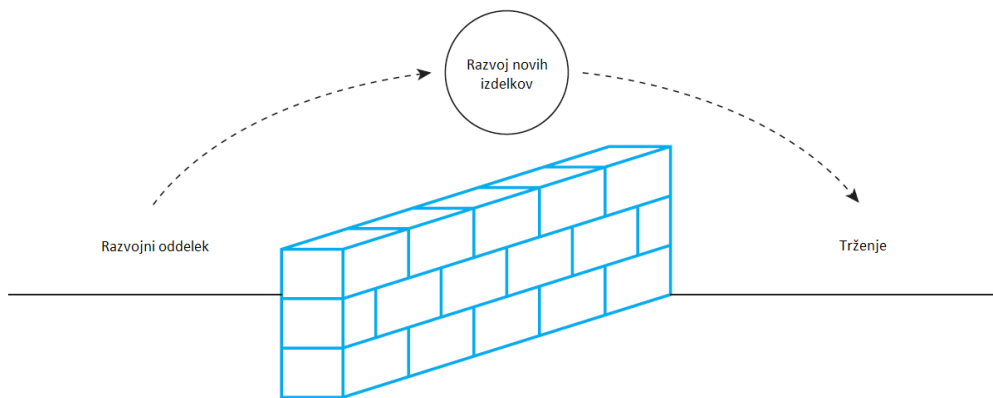
Vir: K. T. Ulrich & S. D. Eppinger, *Product Design and Development*, 1995, str. 19.

2.2 Nove metodologije razvoja izdelkov

Predstavljena generični in standardni model procesa razvoja izdelkov v načinu organizacije pro-cesa in njegovega izvajanja sta **oddelčno-fazna** procesa razvoja novih izdelkov. Izvedba vsake od navedenih aktivnosti ali faze je naloga drugega oddelka: razvojni oddelek poišče zanimive tehnične in tehnološke zamisli, konstrukcijski oddelek jih razvije in izdela prototipe, proizvodnja pa določi način za njihovo množično proizvodnjo.

Ves proces deluje na ravni funkcijskih silosov. Za ta model procesa razvoja novih izdelkov je značilno, da vsak sodelujoči oddelek do konca opravi svojo nalogo, nato pa jo »vrže čez zid« v naslednji oddelek z novo nalogo (Slika 14).

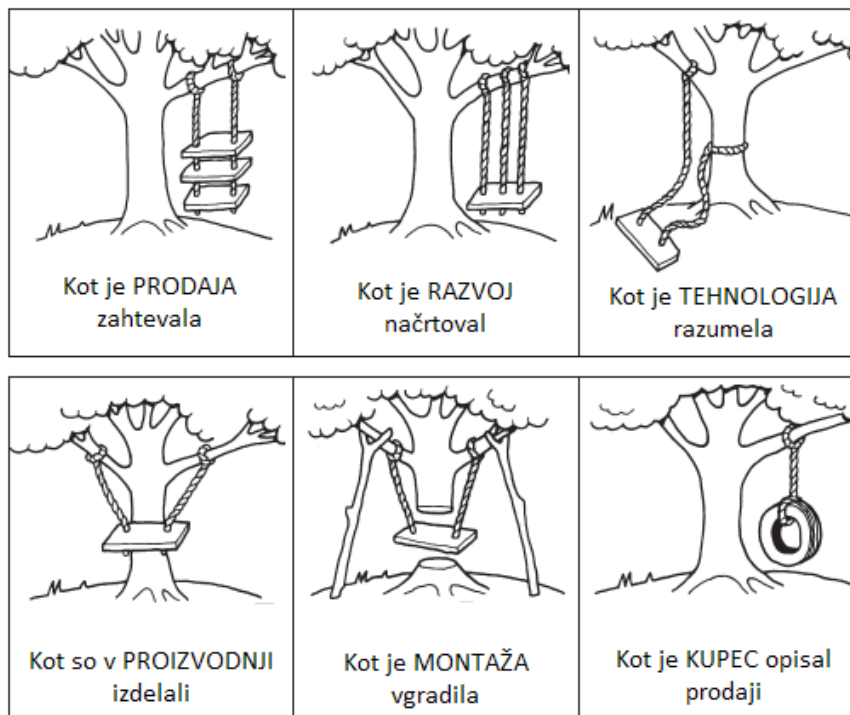
Slika 14: Prenos aktivnosti čez zid



Vir: P. Trott, *Innovation management and new product development*, 2005, str. 400.

Tako izvajanje procesa razvoja skriva v sebi velike pomanjkljivosti. Zaradi popolnoma zaporednega izvajanja aktivnosti je lahko čas razvoja izdelka zelo dolg. Vpliv oddelkov, ki niso neposredno vključeni v posamezne aktivnosti, je zelo majhen, saj dobijo v roke rešitev, na katero ne morejo več vplivati. Zamudne in tudi zelo drage so spremembe izdelka, saj ga oddelki lahko spreminjajo samo v okviru svojih pristojnosti. Kakšne so lahko posledice tako organiziranega razvojnega procesa pa lahko vidimo na karikiranem prikazu na sliki 15.

Slika 15: Posledice slabega sodelovanja pri razvoju izdelka



Vir: C. Lorenz, *The Design Dimension*, 1990.

Naštete pomanjkljivosti zahtevajo drugačen pristop k procesu razvoja izdelka, ki naj temelji na naslednjih lastnostih (Stark, 2010):

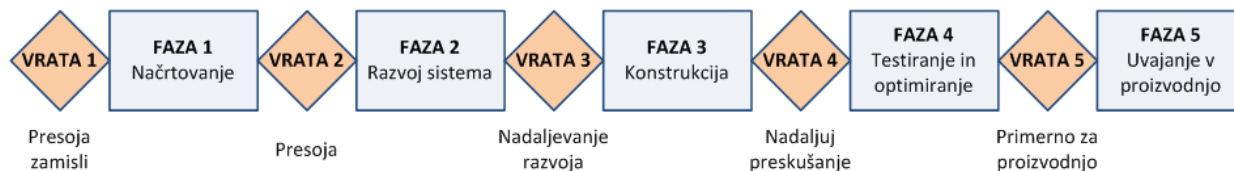
1. **Zavezanost h kakovosti – uporaba metod popolnega obvladovanja kakovosti (TQM).** Zagotavljanje kakovosti mora biti sestavni del vseh procesov in aktivnosti v podjetju. TQM določa kulturo, pristop in organizacijo podjetja, s katero zagotavljamo izdelke ali storitve za zadovoljevanje potrebe kupcev.
2. **Krajši razvojni cikli** ponujajo nove tržne priložnosti in zagotavljajo večjo donosnost. Čas, potreben za razvoj novega izdelka, je postal eden izmed kazalnikov konkurenčnosti podjetja.
3. **Zavezanost k inovacijam** kot primarni strategiji podjetja.
4. **Skladnost v viziji, strategiji, načrtovanju in metriki** usmerja organizacijo k doseganju zastavljenih ciljev.
5. **Produktno usmerjene proizvodne enote** poenostavljajo delovanje podjetja.
6. **Upoštevanje zahtev in želja kupcev** omogoča organizaciji razvoj izdelkov in storitev, ki bodo zadovoljile potrebe uporabnikov in kupcev.
7. **Jasno definiran in dobro organiziran proces razvoja** izdelkov močno olajša optimiranje procesov. Naloga organizacije je iskanje optimalnega procesa razvoja izdelkov, ki naj bo hiter, brez izgub oziroma z nizkimi stroški.
8. **Medfunkcijsko sodelovanje v razvojni skupini** omogoča hitrejši in kakovostnejši razvoj izdelkov. Sodelovanje strokovnjakov z različnih področij omogoča sočasno (vzporedno) izvajanje razvojnih aktivnosti ter zgodnje zaznavanje težav in njihovo hitro odpravljanje.
9. **Zgodnje vključevanje dobaviteljev** v razvojni proces omogoča zgodnje zajemanje in uporabo znanja in izkušenj dobaviteljev.
10. **Razvita metodologija razvoja izdelkov** omogoča članom razvojne skupine usklajeno in učinkovito delo. Jasno postavljena in vsem znana pravila zagotavljajo skupno delo v razvojnem procesu.
11. **Izobraženi in dobro usposobljeni zaposleni** so srce podjetja. Usposobljenost zaposlenih, usklajeno delo, skupna uporaba znanja in izkušenj omogočajo hitrejši razvoj izdelkov, z manj napakami, ki nastajajo zaradi napak v sporazumevanju in neznanja. Zaposleni strokovnjaki morajo znati uporabljati tehnike, prakse in sisteme, ki jih podjetje uporablja v razvojnih procesih.
12. **Programska orodja za računalniško podprto konstruiranje (CAD)** zagotavljajo hitrejšo in natančnejše delo v konstrukcijskem procesu.
13. **Uporaba orodij PLM** za obvladovanje digitalnih modelov izdelka zagotavlja prave informacije na pravem mestu ob pravem času.
14. **Uporaba simulacij in hitra izdelava prototipov** omogočata hitro preverjanje lastnosti novih razvojnih konceptov.
15. **Uporaba najboljših praks** združuje različne sodobne načine dela.

2.2.1 Proces razvojnih faz in prehodov

Proces razvojnih faz in prehodov (*angl. Stage – Gate Process*) je v osnovi zelo podoben standardnemu procesu razvoja izdelkov. Sestavljajo ga stopnje ali faze (*angl. Stage*), v katerih se izvajajo razvojne aktivnosti (Slika 16). Te so v vsaki fazi vnaprej določene, potekajo pa sočasno. Zanje skrbi projektna skupina, sestavljena iz zaposlenih iz različnih oddelkov, pod vodstvom projektnega vodje. Z načrtnim zbiranjem informacij pri izvajanju razvojnih aktivnosti se zmanjšujejo

tehnična in poslovna tveganja, kar je zelo pomembno zaradi rasti stroškov pri nadaljevanju razvojnega procesa (Cooper & Edgett, Stage-Gate and the Critical Success Factors for New Product Development, 2006, str. 3).

Slika 16: Proces razvoja izdelkov z razvojnimi fazami in prehodi

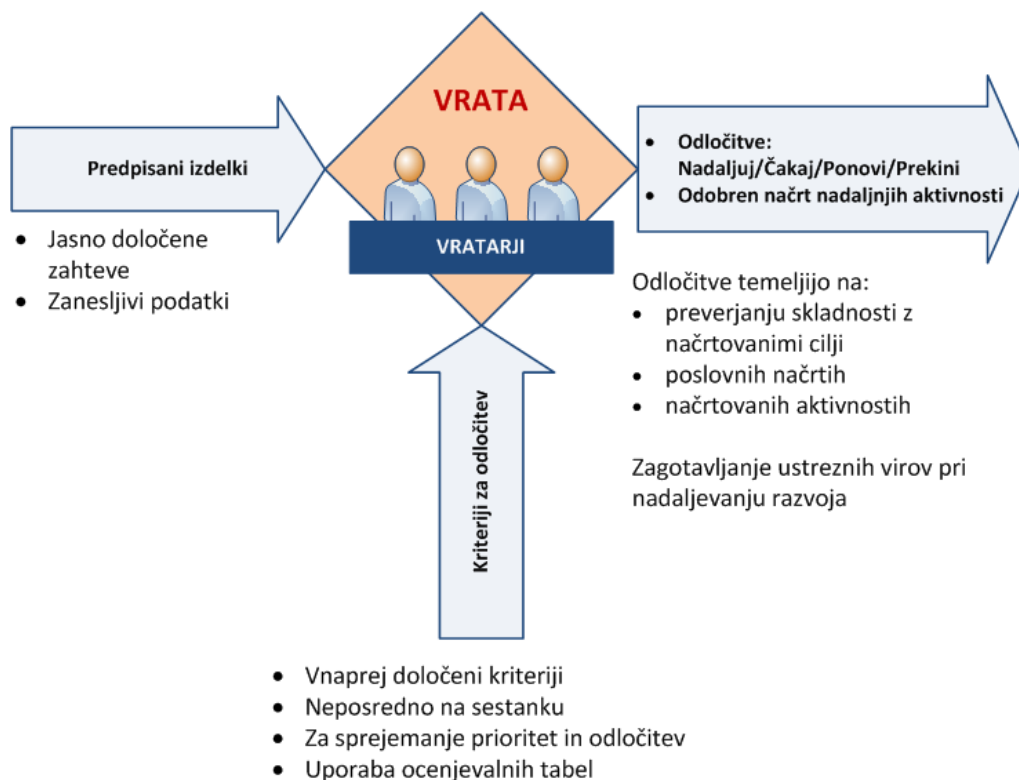


Vir: R. G. Cooper & S. J. Edgett, Stage-Gate and the Critical Success Factors for New Product Development, 2006, str. 5.

Prehodi ali vrata med posameznimi fazami razvojnega procesa imajo več namenov (Crawford & Di Benedetto, 2006, str. 26):

- vrata uporabljamo za zagotavljanje kakovosti izvedbe projekta: ali projekt poteka dovolj kakovostno
- vsaka vrata so mejnik, na katerem lahko razvojni projekt ukinemo
- določamo, kako bo v nadaljevanju potekal proces in kateri viri bodo uporabljeni pri izvajanju naslednje aktivnosti.

Slika 17: Vhodi in izhodi v proces odločanja v vratih



Vir: R. G. Cooper, Stage Gate Articles, Research, Knowledge and Working Papers, 2009.

Vrata so mejniki za presojo in odločanje o nadaljevanju ali ustavitvi procesa razvoja novega izdelka (Slika 17). Pred prehodom na naslednjo fazo razvoja za vsak razvojni projekt (Cooper, 2009):

- z vnaprej določenimi kriteriji presojamo napredovanje razvojnega projekta
- sprejemamo odločitve o nadaljevanju, ustavitvi ali ukinitvi projekta
- odobrimo vire in sredstva za nadaljevanje razvoja novega izdelka
- predstavimo in odobrimo aktivnosti v naslednji fazi.

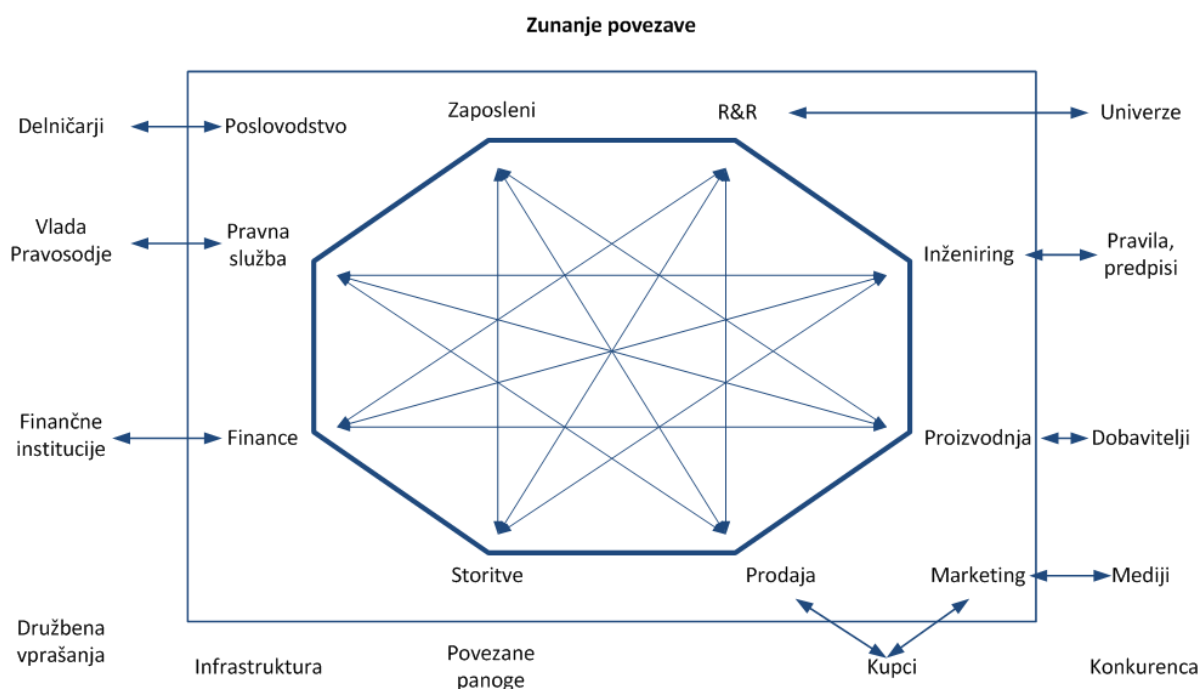
Prehod skozi vrata v naslednjo fazo procesa razvoja novih izdelkov odobrijo presojevalci – vratarji, določeni ob začetku projekta. Odločajo na podlagi informacij, zbranih v predhodni fazi procesa na podlagi različnih meril:

- ali so bile izpolnjene vse tehnične zahteve
- ali projekt poteka v predvidenih časovnih in stroškovnih okvirih
- ali izdelek izpolnjuje zahteve in pričakovanja kupcev
- ali je razvoj izdelka še vedno skladen s cilji in strategijo podjetja.

2.2.2 Integrirani razvoj izdelkov

Integrirani razvoj izdelkov je podlaga za vse nove oblike razvoja izdelkov. Osnovno vodilo pri razvoju izdelkov so zahteve in potrebe kupcev ob upoštevanju konkurence na trgu in drugi zunanji dejavniki razvoja izdelkov. Razvojni proces vključuje vse aktivnosti, ki so potrebne za razvoj izdelkov, in upošteva njihove medsebojne povezave (Slika 18).

Slika 18: Povezava med deležniki v integriranem razvoju izdelkov



Vir: D. Rainey, *Product Innovation*, 2005, str. 296.

Poleg upoštevanja vseh dejavnikov, ki vplivajo na razvoj izdelka in njegove lastnosti, integrirani razvoj zajema tudi uporabo različnih metodologij razvoja in konstrukcije izdelka, znanih kot »konstruiranje za« (*angl. Design for*). Med te metodologije sodijo konstruiranje za (Balič, 2001, str. 20) :

- kakovost z uporabo razvoja funkcij kakovosti
- izdelavo in montažo
- okolje itd.

Konstruiranje za kakovost z uporabo razvoja funkcij kakovosti

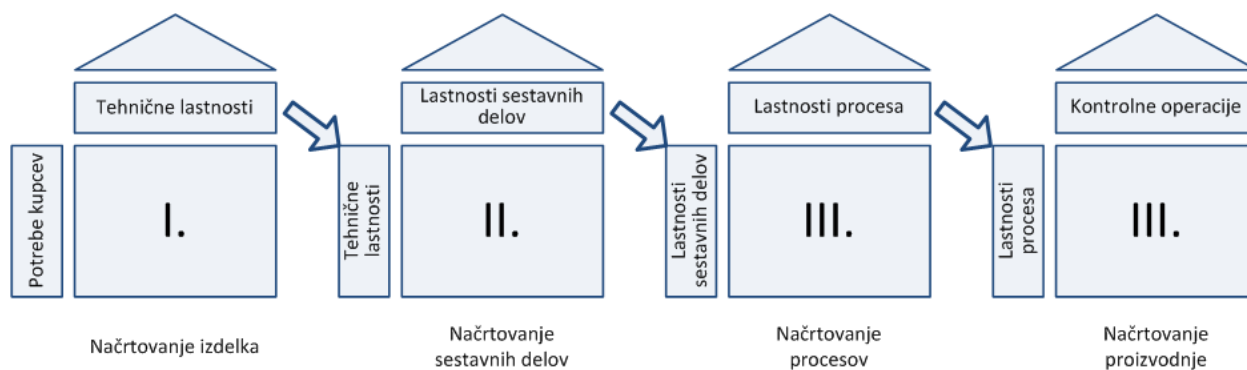
Razvoj funkcij kakovosti (*angl. Quality Function Deployment – QFD*) je načrtovalsko orodje, s katerim v izdelek vgradimo želje in zahteve kupcev. Razvoj funkcij kakovosti zagotavlja sistematičen pristop k odkrivanju in razvrščanju zahtev kupca in njihovo pretvarjanje v izdelek in proizvodni proces. Razvoj funkcij kakovosti je interdisciplinarni proces, v katerem sodelujejo vsi zaposleni in poteka že v najzgodnejši fazi razvoja izdelkov. S pomočjo razvoja funkcij kakovosti na osnovi vnaprej znanih zahtev kupca določimo lastnosti izdelka in proizvodnega procesa s ciljem (Polajnar, Buchmeister, & Leber, 2005, str. 110):

- izboljšati lastnosti izdelka
- optimirati stroške
- izboljšati delovne tokove in pretok v proizvodnem procesu
- povečati učinkovitost proizvodnje.

QFD poteka v štirih stopnjah ali pretvorbah (Slika 19), ki zahteve kupcev pripeljejo na raven proizvodnje novega izdelka (Hauser & Clausing, 1988, str. 12):

1. prevajanje zahtev kupca v lastnosti izdelka
2. prevajanje lastnosti izdelka v lastnosti sestavnih delov
3. prevajanje lastnosti sestavnih delov v tehnološki proces
4. prevajanje tehnološki proces v kontrolne operacije.

Slika 19: Hiše kakovosti in prenos zahtev kupca do proizvodnje



Vir: J. R. Hauser & D. Clausing, *The House of Quality*, 1988, str. 13.

Konstruiranje za izdelavo in montažo

Pri konstruiranju za izdelavo pri konstruiranju izdelka upoštevamo tehnološke možnosti, tehnike in tehnologije, ki so nam na voljo v proizvodnem procesu. Obliko in druge lastnosti izdelka prilagajamo tako, da ga lahko izdelamo s cenejšimi tehnološkimi postopki in iz cenejših materialov. Konstruiranje za montažo upošteva tehnološke zahteve montažnega procesa. Pri tem zmanjšujemo število sestavnih delov, posebej določimo način montaže, definiramo stike med sestavnimi deli in prijemna mesta za njihovo manipulacijo.

Konstruiranje za okolje

Konstruiranje za okolje je uporaba metod, s katerimi zmanjšujemo vpliv izdelka in tehnološkega procesa za njegovo izdelavo na okolje. V bistvu gre za (Crow, 2002):

- uporabo za okolje neškodljivih procesov in materialov
- minimalno porabo energije
- zmanjševanje emisij škodljivih snovi
- zmanjševanje izmeta, odpada in stranskih produktov.

Konstruiranje za okolje upošteva vpliv izdelka na okolje v vsej njegovi življenjski dobi, od izdelave do razgradnje. To vključuje tudi uporabo materialov za embalažo, možnost vnovične uporabe sestavnih delov ali njihovo recikliranje ter samo konstruiranje za lažje razstavljanje izdelka ob koncu življenjske dobe.

2.2.3 Sočasni razvoj izdelkov

Proces razvoja izdelka je sestavljen iz zaporednih aktivnosti, ki pomenijo logično delitev dela na obvladljive in zaključene enote. Zaporednost aktivnosti se izraža tudi v organizaciji podjetij, kjer je ta delitev upoštevana pri razdelitvi podjetja na oddelke v najpogostejši organizacijski obliki – funkcijski organizaciji. Opravila v okviru posamezne aktivnosti se izvajajo v enem oddelku. Izhodi iz zaključene aktivnosti so vhod v naslednjo aktivnost in s tem v naslednji oddelek.

Slaba stran takega izvajanja procesov razvoja izdelka je dolgotrajnost razvojnih ciklov in pogosto vračanje rešitve v predhodno fazo. Več je tudi poznih sprememb in rešitev, ki so s stališča celotnega procesa neusklajene in neoptimalne, čeprav vsaka aktivnost optimalno izvede svojo (delno) nalogo.

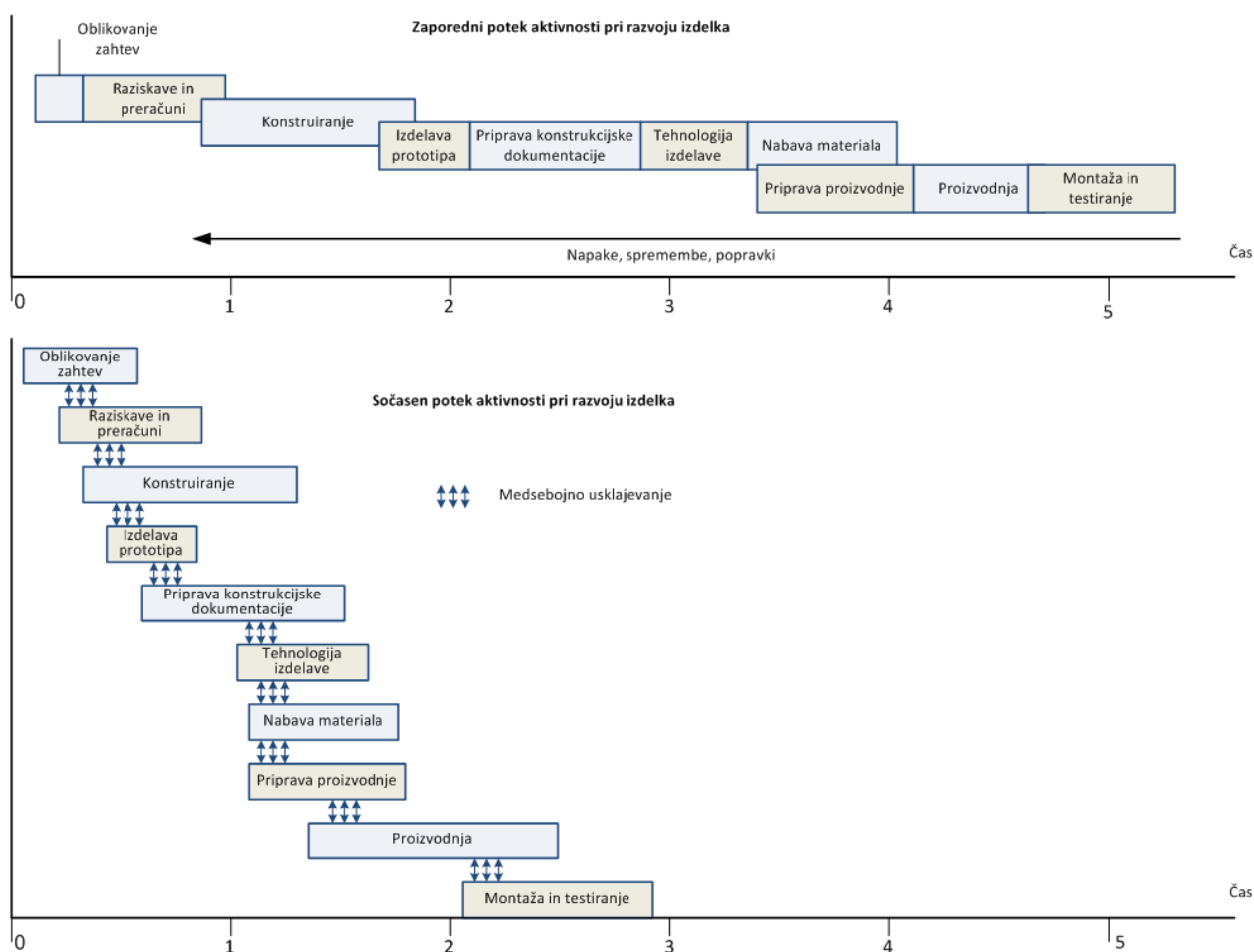
Za sočasni razvoj izdelka (*angl. Concurrent Engineering – CE*) je značilno sočasno ali vzporedno izvajanje aktivnosti v procesu razvoja novih izdelkov (Slika 20). Sočasen razvoj je sistematičen pristop, ki upošteva vse kriterije iz vsega življenjskega cikla izdelka, od zasnove do uničenja, s kakovostjo, stroški, načrtovanjem in zahtevami uporabnikov vred. Zaznamujejo ga tri značilnosti: mešane razvojne skupine, uporaba računalniško podprtih orodij ter uporaba različnih metod za optimizacijo izdelka in procesov (Winner, 1988).

Stopnja vzporednosti izvajanja aktivnosti je odvisna od medsebojne odvisnosti ali povezanosti posameznih aktivnosti. Popolnoma odvisne aktivnosti se lahko izvajajo le zaporedno in se ne

morejo prekrivati. Delno odvisne se lahko prekrivajo, popolnoma neodvisne pa se izvajajo popolnoma vzporedno. Večja kot je stopnja vzporednosti med posameznimi aktivnostmi, več je medsebojne komunikacije (Duhovnik & Tavčar, 2000, str. 2.37).

Med druge lastnosti sočasnega razvoja izdelkov sodijo tudi sistematično in strukturirano delo, s katerim že v zelo zgodnjih fazah razvoja odkrivamo in odpravljamo napake. S tem si zagotavljamo dovolj možnosti za sprejemanje kakovostnih in trajnih odločitev. Skupinsko delo omogoča hitro širjenje informacij in ustvarjanje novega znanja v podjetju. Dobro delo razvojne skupine je zagotovljeno z jasnim definiranjem ciljev in njihovim skupnim razumevanjem v razvojni skupini (Prasad, 1996, str. 169).

Slika 20: Zaporeden in sočasen potek razvoja in proizvodnje



Vir: B. Prasad, *Concurrent Engineering Fundamentals*, 1996.

2.2.4 Razvoj za šest-sigma

Razvoj za šest sigma (*angl. Design for Six Sigma – DFSS*) pomeni uporabo principov šest sigma v razvojnih in raziskovalnih aktivnostih. To je sistematična metodologija, ki uporablja pravila projektnega vodenja in orodja, s katerimi optimira razvoj izdelkov, procesov in storitev. Cilj razvoja za šest sigma je razvoj izdelkov, s katerimi maksimiramo vrednost za kupca z visoko kakovostjo in nizkim tveganjem (Park & Antony, 2008, str. 407).

Razvoj izdelkov za šest sigma izvira iz pravil sistemskega inženiringa, ki sta jih v ZDA razvila vesoljska agencija Nasa in ministrstvo za obrambo. Gre za uporabo pravil šest sigma pri razvoju izdelka in tehnoloških procesov (Tabela 6). S to metodologijo predvsem povečamo učinkovitost, zanesljivost in sposobnost izpolnjevanja zahtev kupcev pri razvoju in uvajanju novih izdelkov (Park & Antony, 2008, str. 409).

Tabela 6: Razlike med šest sigma in razvojem za šest sigma

Šest sigma za proizvodnjo	Razvoj za šest sigma
Usmerjen v zaznavanje in reševanje težav v procesih, izdelkih ali storitvah	Usmerjen v preprečevanje težav
Dokaj velika sprememba kulture podjetja	Zahteva veliko večje spremembe v kulturi podjetja kot šest sigma
Bolj reaktivno delovanje	Bolj proaktivno delovanje
Prihranki, ki izhajajo iz šest sigma projektov, so lahko hitro ovrednoteni	Koristi projektov razvoja za šest sigma je težko ovrednotiti, pokažejo se po daljšem času
Opazuje trenutne procese in odpravlja težave	Usmerjenost na celotni razvojni proces izdelka in procesa

Vir: S. H. Park & J. Antony, *Robust Design for Six Sigma*, 2008, str. 409.

Osnovne aktivnosti v procesu razvoja za šest sigma so (Taghizadian, 2006, str. 51):

- definiraj (*D*) cilje projekta ter zahteve eksternih in internih kupcev
- izmeri (*M – Measure*) in ugotovi zahteve kupca in specifikacije; primerjaj s konkurenco in podobnimi panogami
- analiziraj (*A*), kakšne možnosti obstajajo v procesu ali izdelku za zadovoljevanje potreb kupca
- razvij (*D – Design*) izdelek ali proces za zadovoljevanje potreb kupca
- preveri (*V – Verify*) zmogljivosti izdelka in sposobnost zadovoljevanja potreb kupca.

Najpogostejše uporabljani proces razvoja za šest sigma je DMAD(O)V (Slika 21), ki ga uporablja kar 62 odstotkov podjetij z vpeljšano metodo razvoja za šest sigma (Atwood, 2005).

Definiraj

V razvojni fazi »definiraj« moramo izbrati temo razvojnega projekta in razvojni tim. Pri izbiri teme lahko izdelamo študijo izvedljivosti ali naredimo primerjavo (benchmarking) ključnih lastnosti izdelka z lastnostmi konkurenčnih izdelkov.

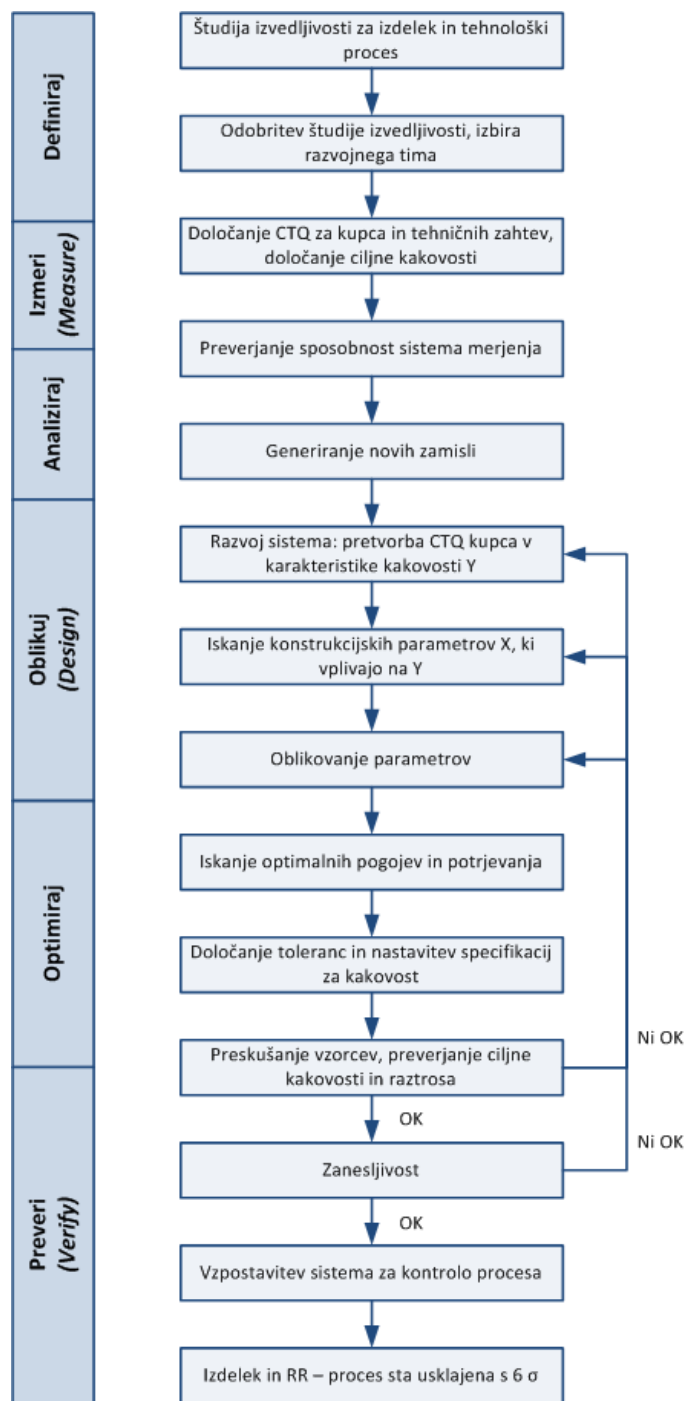
Izmeri in analiziraj (identificiraj)

V tej fazi razvoja moramo jasno določiti zahteve kupca in njihov vpliv na poslovanje podjetja. Nato jih pretvorimo v funkcionalne in tehnične zahteve za izdelek in proces. Pri tem še posebej določimo tiste zahteve kupcev, ki so kritične za kakovost izdelka (*angl. Critical to quality – CTQ*), kritične za pravočasno dobavo (*angl. Critical to delivery – CTD*) in kritične za stroške (*angl. critical to cost – CTC*).

Razvij (konstruiraj)

V fazi konstruiranja ima razvojna skupina nalogo, da s sočasnim razvojem razvije več alternativnih konstrukcijskih zasnov in med njimi izbere tisto, ki najbolj ustreza zahtevam kupcev. Z različnimi metodami in simulacijami poskušamo ugotoviti, kako spremembe konstrukcijskih parametrov vplivajo na zahteve kupca.

Slika 21: Glavne aktivnosti v procesu DMADOV



Vir: S. H. Park & J. Antony, *Robust Design for Six Sigma*, 2008, str. 412.

Optimiraj

Ta faza služi usklajevanju izdelka in procesa z vsemi funkcionalnimi zahtevami. Kljub zaključnemu razvoju sistema lahko s spreminjanjem konstrukcijskih parametrov dosežemo optimalne lastnosti izdelka. Po optimiranju konstrukcijskih parametrov moramo določiti še dovoljena odstopanja njihovih vrednosti (tolerance), to pa je tudi osnova za določanje odstopanj v tehnološkem procesu. Tako med naloge v tej fazi razvojnega procesa sodijo tudi:

- iskanje vzrokov za variabilnost
- zmanjševanje vpliva vseh virov variabilnosti na lastnosti in zmogljivosti izdelka
- določitev možnih odstopanj za kritične konstrukcijske parametre
- optimiranje konstrukcije izdelka za montažo, izdelavo, zanesljivost ...
- primerjava zmogljivosti izdelka s konstrukcijskimi zahtevami.

Preveri (verificiraj)

Po določitvi vrednosti konstrukcijskih parametrov in odstopkov moramo za vse trgu namenjene izdelke ali storitve izvesti poskusno proizvodnjo. Ob tem je nujna tudi izdelava analize mogočih napak in njihovih posledic za izdelek (*Design FMEA*) ter testiranje in vrednotenje dejanskih zmogljivosti izdelka. S procesno kontrolo v proizvodnji ugotavljamo, ali so kritične lastnosti izdelka v skladu s podanimi specifikacijami. Šele po verifikaciji proizvodnega procesa in izdelka lahko začnemo povečevati proizvodnjo do načrtovanega obsega.

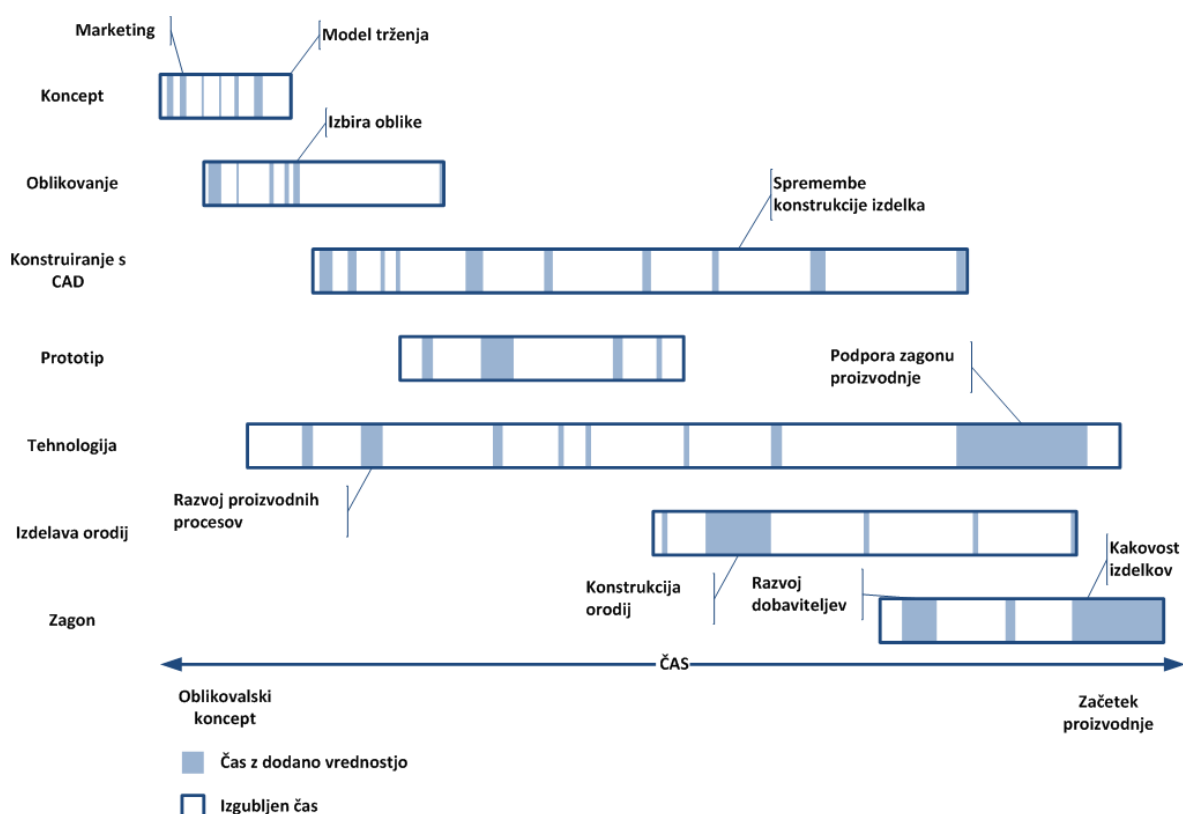
2.2.5 Vitki razvoj izdelkov

Proces razvoja izdelkov smo definirali kot zaporedje aktivnosti, ki zahteve in potrebe kupcev pretvori v izdelke, s katerim te potrebe zadovoljimo. Take aktivnosti pri generičnem procesu razvoja izdelkov potekajo zaporedno ali pri sočasnem razvoju izdelkov vzporedno. Kljub sočasnem izvajanju aktivnosti razvojnega procesa pa v samem procesu prihaja do različnih izgub (Slika 22).

V skladu s pravili vitkosti lahko tudi izgube v procesih razvoja izdelkov razdelimo v sedem vrst (Tabela 7). Med izgube tako spadajo vsi zastoji v procesu razvoja izdelkov zaradi pomanjkljivih informacij, čakanja na odločitve ali odvečnih sestankov. Izgube so tudi vse aktivnosti, povezane s spremembami izdelka ali tehnološkega procesa.

Vitek razvoj izdelkov (*angl. Lean Product Development*) je zasnovan na enakih temeljih kot vitka proizvodnja. Osnovni princip vitkih procesov je, da s stalnimi izboljšavami iz procesov odstranimo vse, kar ne prispeva k ustvarjanju novega izdelka ali storitve. Merilo za učinkovitost vitkega procesa je čas, v katerem dejansko izdelujemo ali razvijamo izdelek in mu dodajamo vrednost.

Slika 22: Izgube v procesu razvoja izdelkov



Vir: J. M. Morgan & J. K. Liker, *The Toyota Product Development System*, 2006, str. 71.

Tabela 7: Sedem vrst izgub v razvojnem procesu

Sedem vrst nepotrebnih aktivnosti	Opis	Primer v razvojnih aktivnostih
Odvečna prevelika proizvodnja	Proizvajamo preveč ali prekmalu	Neuskklajene vzporedne aktivnosti, izvajanje nepotrebnih aktivnosti
Odvečno čakanje	Čakanje na material, odločitve ali informacije	Čakanje na odločitve, razdelitev informacij
Nepotreben transport	Premikanje materiala ali informacij med delovnimi mesti	Prehajanje informacij med aktivnostmi, preobsežne informacije in preširoko razdeljevanje informacij
Nepotrebne operacije v procesu	Opravljanje nepotrebne dela ali aktivnosti	Podvojene aktivnosti, ustavljanje in zaganjanje aktivnosti, variacije procesa – pomanjkljiva standardizacija procesa
Prevelike zaloge	Zaloge neuporabljenega materiala in informacij	Neustrezne informacije, informacije čakajo na obdelavo
Nepotrebni gibi	Preveliko gibanja pri opravljanju aktivnosti; gibanje, ki ne dodaja vrednosti	Dolga potovanja, odvečni sestanki, nepotrebno ali odvečno ugotavljanje stanja projekta
Napake	Iskanje napak in njihovo odpravljanje, dodatni stroški izmeta	Odpravljanje napak ob koncu razvojnega procesa, vse oblike sprememb, preskušanja in iskanje napak

Vir: J. M. Morgan & J. K. Liker, *The Toyota Product Development System*, 2006, str. 72.

Vitkost vsebuje pet osnovnih korakov (Nave, 2002, str. 77):

- Ugotovi, katere aktivnosti dodajajo vrednost. Pri tem je bistvo vrednost za kupca izdelka ali naslednjega udeleženca v procesu. Češar kupec ne potrebuje, nima vrednosti.
- Določi zaporedje aktivnosti, ki tvorijo verigo vrednosti. K osnovnim aktivnostim, ki izdelku dodajajo vrednost, spadajo tudi podporne aktivnosti, ki pa morajo biti zmanjšane na minimum. Vse druge, ki ne ustvarjajo dodane vrednosti, morajo biti izločene iz procesa.
- Vzpostavi tok materiala med aktivnostmi. Tok je neprtrgano premikanje izdelkov ali storitev skozi sistem do kupca. Glavne ovira za tok so čakanje, transport in obdelava v seriji.
- Izdelek ali storitev potuje skozi proces po principu »pull«, pri katerem kupec »potegne« izdelke v aktivnost takrat, ko ga potrebuje. Podjetje mora omogočiti proces, ki bo zagotavljal izdelke ali storitve samo takrat, ko jih kupec zares potrebuje.
- Izboljšuj procese. Izboljševanje procesov je stalna naloga izločanja aktivnosti brez dodane vrednosti, z izboljšanjem toka in zadovoljevanjem potreb kupcev.

2.2.6 Virtualni razvoj izdelkov

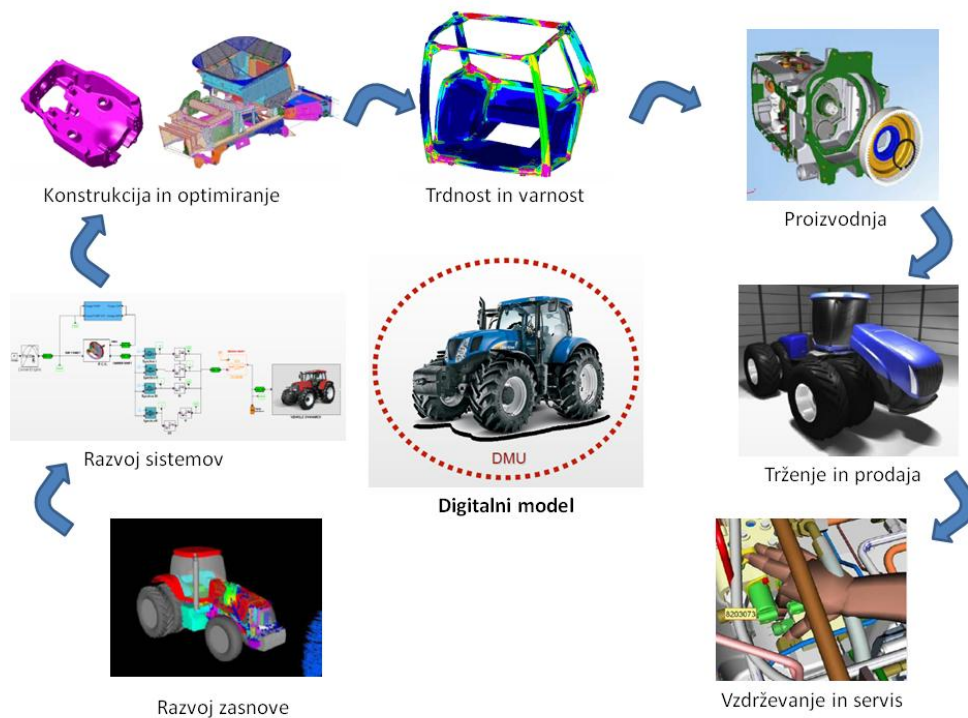
Virtualni razvoj izdelkov je nova, visoko specializirana metoda razvoja izdelkov. Pri organiziranju in vodenju razvojnih procesov se intenzivno opira na uporabo informacijske tehnologije in orodij: sistemov CAD/CAM, računalniških simulacij, digitalnih omrežij, hitre izdelave prototipov in sodobnih telekomunikacij. Trend uporabe virtualnega razvoja v svetu narašča, saj uporaba navedenih orodij in tehnologij podjetjem omogoča časovno nepretrgan razvoj. Osnovne lastnosti virtualnega razvoja so sicer v veliki meri prevzete iz integriranega razvoja izdelkov, a so močno nadgrajene z uporabo informacijskih in računalniško podprtih tehnologij.

V virtualnem razvoju izdelkov v vsaki fazi intenzivno uporabljamo računalniško podprte tehnologije (Slika 23). Temelj je digitalni model izdelka (*angl. Digital Product*). Z računalniško podprtim konstruiranjem izdelek oblikujemo in izdelamo konstrukcijo z vsemi podrobnostmi. V naslednjem koraku preskusimo njegove trdnostne in druge lastnosti ter optimiramo uporabljene konstrukcijske rešitve. Temu sledita še računalniško podprto načrtovanje tehnoloških procesov in proizvodnja.

Prehodi med posameznimi fazami procesa so v virtualnem razvoju zabrisani (Slika 24). Vrednotenje rezultatov je vgrajeno v proces virtualnega razvoja tako, da so prehodi med posameznimi fazami dokaj neopazni. Za zagotavljanje nepretrganega poteka se lahko aktivnosti začnejo, še preden je predhodna aktivnost popolnoma končana.

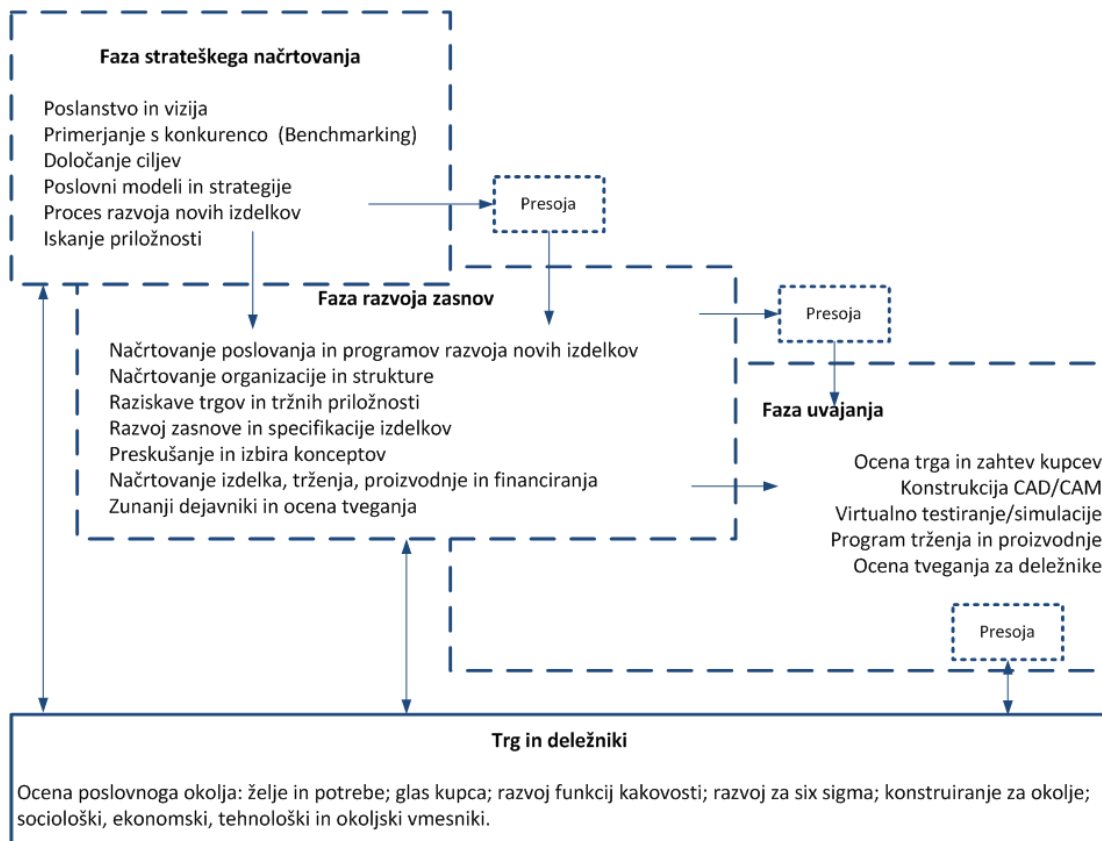
Med glavne pomanjkljivosti virtualnega razvoja izdelkov spada prevelika odvisnost od tehnologije, ki naj bi zagotovila povezavo z vsemi udeleženci procesa. Pri tem gre tudi za avtomatizacijo kreativnega procesa in izključevanje osebne izmenjave mnenj, kar lahko zmanjšuje izmenjavo mnenj in neformalnih informacij (Rainey, 2005, str. 575).

Slika 23: Proces virtualnega razvoja izdelkov



Vir: G. Monacelli, *Virtual Product Validation*, 2009.

Slika 24: Poenostavljen prikaz virtualnega razvoja izdelkov



Vir: D. Rainey, *Product Innovation 2005*, str. 575.

V Tabeli 8 so povzete najpomembnejše lastnosti in možne težave nekaterih predstavljenih metodologij razvoja novih izdelkov.

Tabela 8: Opis vodilnih metodologij razvoja novih izdelkov

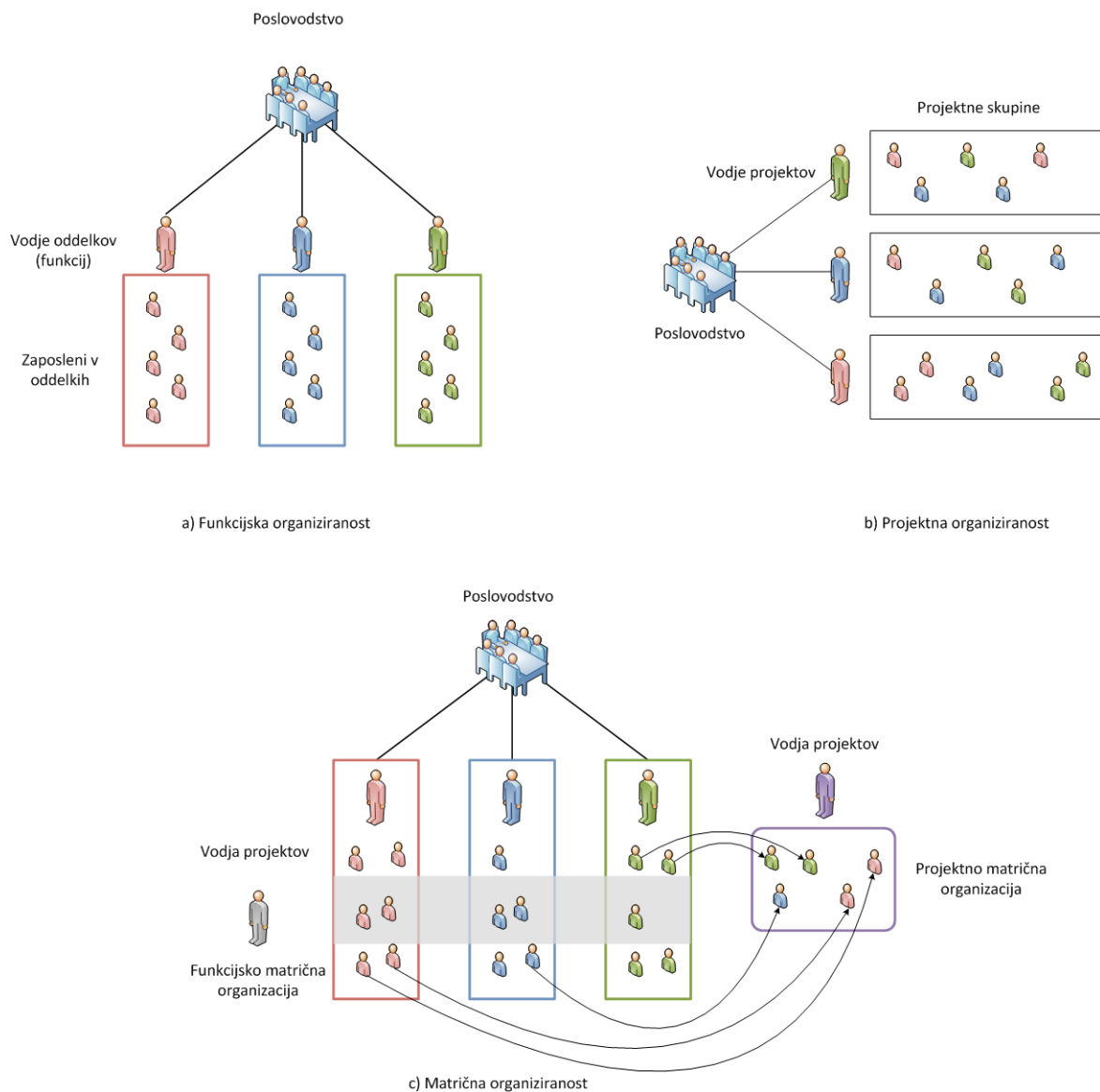
Metodologija	Glavne lastnosti	Možne težave
Razvoj za šest-sigma Kakovost in zadovoljstvo kupcev	Velika usmerjenost v kakovost in ugotavljanje zahtev kupcev Uporaba osnovnih elementov procesa: določi, izmeri, analiziraj, oblikuj in potrdi Določanje osnovnih zahtev Izločanje napak in negativnih posledic	V osnovi ustreza potrebam pri izboljšavah obstoječih izdelkov, manj primeren pa je za popolnoma nove izdelke Dobro definirani procesi ne ponujajo pravih možnosti za skrajševanje razvojnih časov
Virtualni razvoj izdelkov Hitrost in povezovanje	Skrajšuje razvojni cikel Zahteva manj virov in omogoča vitek razvoj izdelkov Tehnologija omogoča povezovanje izvajalcev Sočasno delo razvojnih partnerjev Omogoča globalno delovanje razvojnih skupin CAD/CAM uporablja kot komunikacijsko sredstvo in razvojno metodologijo	Potreben je kompleksen in drag računalniški sistem Zahtevno usposabljanje Zahteva popolnoma integriran sistem Kulturne razlike lahko privedejo do konfliktov
Vitek razvoj Stroškovno učinkovit proces razvoja	Vzpostavlja pravila za sprejemanje odločitev; hitro sprejemanje odločitev Popolnoma določen proces: potek procesov je znan vsem sodelujočim Minimizira vrzeli med funkcijskimi enotami in razvojnimi skupinami Preprosto vključevanje novih članov v projektno skupino Vodi k standardizaciji in dobremu sodelovanju Prihranki z uporabo standardiziranih sestavnih delov Povezuje že razvite izdelke z novo nastajajočimi	Zahteva povezano in stalno zaposleno delovno silo Na prvi pogled deluje togo: en model delovanja za vse primere Lahko zatre ustvarjalnost pri iskanju alternativnih razvojnih rešitev Premalo kritičnosti Zahtevno usposabljanje Veliko investiranja v povezovanje z dobavitelji

Vir D. Rainey, Product Innovation, 2005, str. 571.

2.3 Organizacija razvojnih procesov

Vloge posameznikov v organizaciji in v razvojnem procesu lahko delimo glede na funkcije posameznikov in glede na razvojne projekte, v katerih sodelujejo. Funkcionalna delitev upošteva njihovo izobrazbo, usposobljenost in izkušnje pri delu. Klasična funkcionalna delitev v procesu razvoja izdelkov tako upošteva delitev na trženje, razvoj in proizvodnjo z možnostjo še nadaljnjih delitev. Druga možnost je pogled na delovanje posameznikov in skupin v procesu razvoja novih izdelkov, ki ga sestavlja zaporedje aktivnosti. Seveda se ti dve delitvi prekrivata, saj posamezniki z različnimi funkcijami sodelujejo na istih projektih. Prav tako posamezniki, ki so povezani z eno funkcijo, sodelujejo pri različnih projektih. Iz naštetega izvirata tudi dve osnovni organizacijski strukturi (Slika 25).

Slika 25: Organiziranost razvojnih projektov



Vir: M. E. Sosa & M. Jorgen, *Handbook of New Product Development*, 2008.

Funkcionalna organizacijska struktura povezuje posameznike, ki opravljajo podobne funkcije. Ti posamezniki sicer sodelujejo pri različnih projektih, vendar je njihova glavna odgovornost podrejena delu v oddelku. Z drugimi člani razvojne skupine nimajo močnejših organizacijskih povezav. Funkcionalna organizacijska struktura omogoča zbiranje ključnega tehničnega znanja na enem mestu in zelo veliko specializacijo. Tehnično znanje je zelo cenjeno in zagotavlja status posameznika v skupini. Usmerjenost v funkcionalno delo pa lahko povzroča velike težave pri sodelovanju in povezovanju z drugimi udeleženci v razvojnem procesu. Komuniciranje v projektni skupini je omejeno in zelo formalno. Tehnične odločitve se sprejemajo zelo pozno, saj vsak oddelek skrbi za svoj ugled v očeh drugih sodelujočih. Taka organizacijska struktura je pogosto premalo usmerjena v izdelek in večkrat zanemari prave zahteve kupcev in povezovanje z zunanjimi sodelavci.

Projektna organizacijska struktura povezuje posameznike, ki sicer imajo različne funkcije, v projektne skupine. Projektna skupina je podrejena vodji projekta in je popolnoma usmerjena v razvoj novega izdelka. Pripadnost posameznikov taki razvojni skupini je zelo visoka. Komunikacija v skupini je močno usmerjena v nov izdelek, je pogosta, obsežna in tudi dokaj neformalna. Vse to omogoča sprejemanje hitrih odločitev. Vodja projektov je odgovoren za dobro uravnoteženost zahtev kupcev in podjetja. To zahteva dobro povezanost s trgom, dosledno upoštevanje časovnih mejnikov in ekonomičnost posameznih projektov, kar so tudi glavne prednosti projektne organizacijske strukture. V nasprotju s funkcionalno organiziranostjo je zelo težavno zagotavljanje tehnične odličnosti. Komunikacija poteka pretežno v projektni skupini, zato je izmenjava informacij z zunanjimi tehničnimi strokovnjaki zelo omejena, težko pa je tudi medsebojno usklajevanje projektnih skupin v podjetju. Zaradi visoke pripadnosti projektu vsi projektni vodje brnijo in zagovarjajo ekonomsko upravičenost svojih projektov. Visoka pripadnost razvojni skupini vodi v skupinsko razmišljanje ter k še večji pripadnosti skupini in doseganju ciljev, kar pa zahteva zelo dober zunanji nadzor nad delom projektne skupine.

Matrična organizacijska struktura se je uveljavila kot vmesna oblika in odgovor na pomanjkljivosti obeh skrajnih organizacijskih struktur ter poskuša obdržati dobre lastnosti tako funkcionalne kot projektne organizacijske strukture. V matrični organizaciji so posamezniki povezani po funkciji in po projektih, pri katerih sodelujejo. Tako vsak posameznik dobi dva nadrejena: enega glede na funkcijo in drugega glede na projekte. Taka medfunkcijska organiziranost razvojnih procesov zagotavlja sodelovanje med posameznimi oddelki in ne samo medsebojno izmenjavo informacij. V matrični organiziranosti sta možni še dve podrobnejši delitvi.

Funkcijsko matrično organizacijo lahko obravnavamo kot modificirano funkcijsko organizacijsko strukturo. Projektni vodja nastopa predvsem kot administrator in koordinator projektne skupine. Lahko usklajuje in spremlja potek projekta in delo, toda kot vodja nima pravih pristojnosti in nadzora nad projektno skupino. Vse odločitve so v pristojnosti funkcijskih vodij. Glavna pripadnost članov projektne skupine ostaja v njihovi funkcijski razporejenosti. Taka organiziranost sicer v funkcionalno organizacijsko strukturo uvaja projektno usmerjenost, pri tem pa še vedno ohranja zelo visoko raven tehničnega znanja. Kot pomanjkljivost ostajata premajhna zavezanost projektu in počasnejši razvoj (Sosa & Jurgen, 2008, str. 172).

Projektno matrična organizacija je bližje popolnoma projektni organizacijski strukturi. Večino pristojnosti v projektni skupini ima projektni vodja, pristojnosti funkcionalnega vodje pa so zelo omejene. Vodja projekta prevzema vlogo kupca in močno usmerja delovanje projektne skupine k razvoju izdelka. Čeprav člani razvojne skupine še vedno opravljajo svojo funkcijsko vlogo, večino časa namenijo delu v okviru projektne skupine. Močna matrična organiziranost je mešanica funkcionalne in projektne organizacijske strukture. S tem poskuša kombinirati hitrost in visoko usmerjenost k razvoju produkta kot tipični lastnosti projektne skupine in še vedno zadovoljivo raven tehničnega znanja.

Izbira optimalne organizacijske strukture je odvisna od okolja v katerem organizacija deluje in od značilnosti same razvojne naloge. Z izbiro ustrezne organizacijske strukture razvojnega projekta lahko zmanjšamo neželjene interakcije, ki po nepotrebnem obremenjujejo vire organizacije v

razvojnem procesu. Glavna dejavnika pri izbiri organizacijske strukture sta spremenljivost tehnologije in spremenljivost trga (Allen, 1986). Pri hitrih spremembah osnovne tehnologije in jasnem določanju potreb trga je najprimernejša funkcionalna organiziranost. V tem primeru je ključni dejavnik uspeha novega izdelka tehnično znanje in temu primerno mora biti oblikovana tudi organizacija. Pri večji spremenljivosti trga in manjši spremenljivosti tehnologije pa postane primernejša projektna organiziranost. Najpomembnejše lastnosti in razlike med posameznimi vrstami organizacijskih struktur so prikazane v abeli 9.

Tabela 9: Lastnosti različnih organizacijskih struktur

	Funkcijska organiziranost	Funkcijsko matrična organiziranost	Projektno matrična organiziranost	Projektna organiziranost
Prednosti	Spodbuja visoko specializacijo znanj	Koordiniranje in vodenje je eksplicitno dodeljeno projektnemu vodji; vzdržuje razvoj specializiranega znanja	Zagotavlja povezanost in hitrost projektne organizacije. Delno je ohranjena specializacija znanja iz funkcijske organiziranosti.	Optimalno dodeljevanje virov v projektni skupini
Slabosti	Počasno in birokratsko koordiniranje med posameznimi funkcijskimi skupinami	Zahteva več vodenja in koordiniranja kot nematrična organiziranost		Težko ohranjanje funkcionalnega znanja posameznikov
Tipični primeri	Podjetja, ki izdelujejo izpeljanke standardiziranih izdelkov: motorji, ležaji, embalaža ...	Avtomobilska industrija, elektronika, letalska industrija	Najnovejši projekti v avtomobilski, elektronski in letalski industriji	Posebne razvojne skupine, nova podjetja, podjetja na zelo dinamičnih trgih
Težave	Povezovanje zelo različnih funkcij v podjetju (trženje in konstrukcija) za doseganje skupnih ciljev	Uravnoteženje funkcijskega in projektne delo. Sočasno vrednotenje projektov in funkcionalnega dela.		Ohranjanje funkcionalnega znanja. Izmenjava tehničnega znanja in izkušenj med različnimi projektnimi skupinami.

Vir: K. T. Ulrich & S. D. Eppinger, *Product Design and Development*, 1995, str. 29.

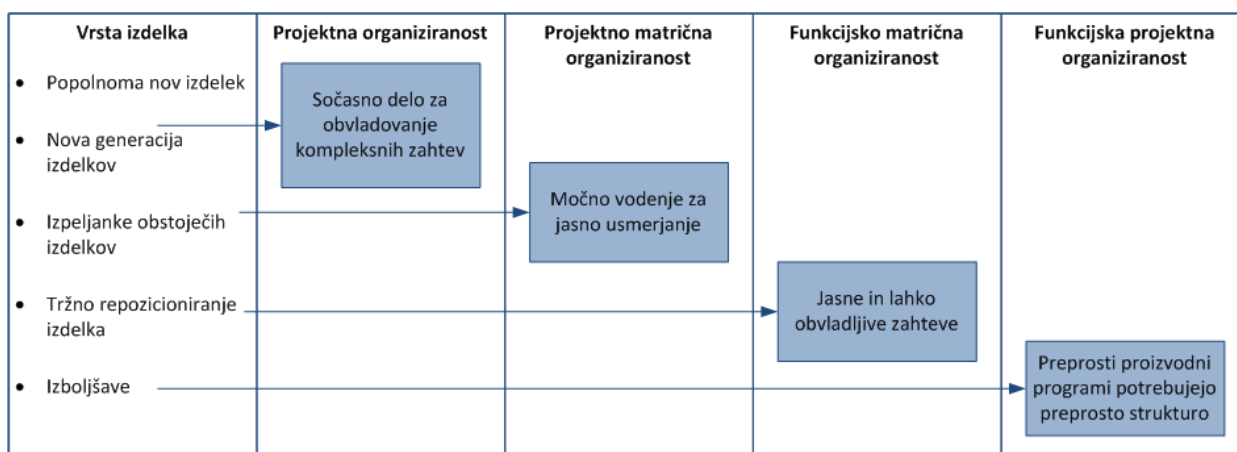
Izbira optimalne organizacijske strukture je odvisna od okolja, v katerem organizacija deluje, in od značilnosti same razvojne naloge. Z izbiro ustrezne organizacijske strukture razvojnega projekta lahko zmanjšamo neželene interakcije, ki po nepotrebnem obremenjujejo vire organizacije v razvojnem procesu. Glavna dejavnika pri izbiri organizacijske strukture sta spremenljivost tehnologije in spremenljivost trga (Allen, 1986). Pri hitrih spremembah osnovne tehnologije in jasnem določanju potreb trga je najprimernejša funkcionalna organiziranost. V tem primeru je ključni dejavnik uspeha novega izdelka tehnično znanje in temu ustrezno mora biti oblikovana tudi organizacija. Pri večji spremenljivosti trga in manjši spremenljivosti tehnologije pa postane ustrežnejša projektna organiziranost.

Drugo merilo za izbiro organizacijske strukture so lastnosti razvojnega procesa (Rainey, 2005, str. 135) (Slika 26). Velika tveganja pri razvoju novih in zelo kompleksnih izdelkov, ki zahtevajo

sočasno delo na funkcionalno zelo različnih področjih, lahko zmanjšamo samo s projektno organiziranimi procesi razvoja izdelka.

Funkcionalna organiziranost razvojnih procesov pa lahko popolnoma zadovoljuje vse potrebe razvojnega procesa pri preprostih izboljšavah izdelka, saj taki proizvodni programi ne zahtevajo posebne strukture ali zapletenih procesov.

Slika 26: Poenostavljena povezava med vrsto izdelka in organiziranostjo razvojnega procesa



Vir: D. Rainey, *Product Innovation*, 2005, str. 135.

3 UPORABA INFORMACIJSKIH SISTEMOV V RAZVOJNIH PROCESIH

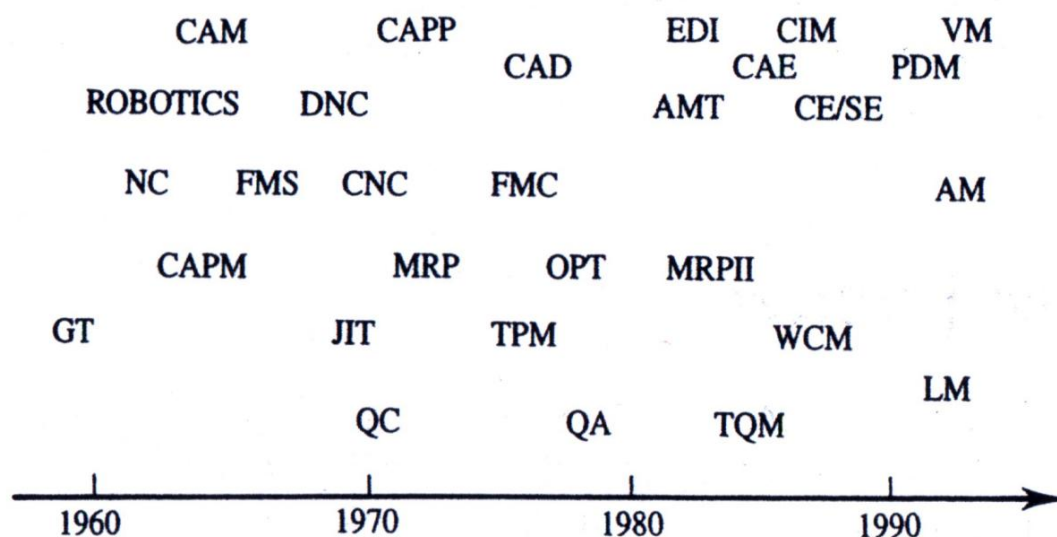
Prva programska oprema za podporo razvojnim procesom so bila različna orodja za računalniško podprto proizvodnjo – **CAM** (Slika 27). Do pravega preboja novih računalniško podprtih tehnologij je prišlo z uveljavitvijo osebnih računalnikov. Z uvajanjem novih informacijskih orodij je postalo izvajanje posameznih delovnih nalog hitrejše in preprostejše. Pri tem v podjetju nastajajo otoki informatizacije in avtomatizacije brez medsebojnih povezav in se močno poveča količina podatkov in dokumentov, ki so na klasični način težko obvladljivi.

Razloge za uvajanje novih računalniško podprtih tehnologij in njihovo povezovanje bi lahko strnili v naslednje točke (Hannam, 1997, str. 7):

- čas, potreben za razvoj izdelka in njegovo uvajanje na trgu (*angl. Time to Market,*) je vse krajši
- potrebno je nenehno zniževanje stroškov, s posebnim poudarkom na zmanjševanju stroškov
- zmanjševanje zalog, s katerim lahko dosežemo velike prihranke; s tem zmanjšamo predvsem sredstva, vezana v zalogah, pa tudi stroške skladiščenja in manipulacije
- usklajenost in organiziranje podatkov
- uvajanje brezpapirnega poslovanja

- avtomatizacija komuniciranja v podjetju s povečanjem hitrosti izmenjave informacij in odzivnosti
- vzpostavljane pogojev za sočasni razvoj izdelkov
- uvajanje osebnih računalnikov.

Slika 27: Razvoj novih metod in tehnologij

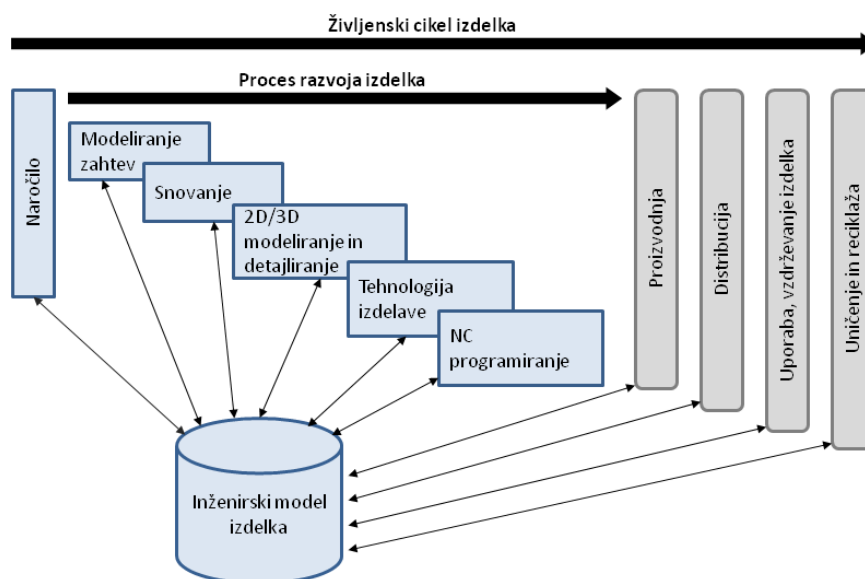


Vir: R. Hannam, *Computer Integrated Manufacturing: from concepts to realization*, 1997, str. 5.

Razvoj izdelka in razvojno konstrukcijska dejavnost imata posebnosti, med katerimi velja izpostaviti zlasti nepredvidljivost in kreativnost, ki sta formalno težko opisljivi. Velika spremenljivost podatkov in njihova kompleksnost zahtevata specifičen pristop. Koordiniranje ljudi, ki delajo na različnih lokacijah, in obvladovanje velike količine podatkov zahtevata ustrezno organiziran sistem za obvladovanje podatkov o izdelkih. V proizvodnih podjetjih so podatki o izdelkih središče, okoli katerega je zgrajen informacijski sistem. Inženirski model izdelka vsebuje vse podatke (Slika 28), ki izdelek definirajo in nastajajo ves življenjski cikel, od definiranja zahtev, razvoja in proizvodnje do vzdrževanja (Duhovnik & Tavčar, 2000, str. 1.2).

Duhovnik in Tavčar (2000, str. 1.2) definirata sistem **PDM** (*angl. Product Data Management*) kot metodologijo in potrebno programsko opremo, ki omogoča obvladovanje podatkov o izdelkih inženirskega modela in podpira razvojni proces. Sistem PDM zajema pregledno hranjenje vseh podatkov, ki definirajo izdelek v vseh fazah življenjskega cikla izdelka.

Slika 28: Inženirski model izdelka



Vir: J. Duhovnik & J. Tavčar, *Elektronsko poslovanje in tehnični informacijski sistemi*, 2000, str. 1.2.

Tabela 10: Pregled kratic in pojmov o tehnični in proizvodni informatiki

Tehnični informacijski sistemi		Poslovno – proizvodni informacijski sistemi	
PLM	Product Lifecycle Management Obvladovanje podatkov v življenjskem ciklu izdelka	MRP II	Manufacturing Resource Planning Načrtovanje proizvodnih virov
PDM	Product Data Management Tehnični informacijski sistem	MRP	Material Requirements Planning Načrtovanje materialnih potreb
TIS	Technical Information Systems (Tehnični informacijski sistem) starejše označevanje ozkega dela informacijskega sistema	ERP	Enterprise Resource Planning Celovite programske rešitve
EDM	Engineering Data Management Upravljanje inženirskih podatkov	PPS	Produktion Planung und Steuerung Načrtovanje in vodenje proizvodnje

Vir: J. Duhovnik & J. Tavčar, *Elektronsko poslovanje in tehnični informacijski sistemi*, 2000, str. 1.4.

Obvladovanje podatkov v življenjskem ciklu izdelka (*angl. Product Lifecycle Management – PLM*) omogoča koordinirano in kontinuirano obvladovanje vseh podatkov v celotnem življenjskem ciklu izdelka (Stark, 2005, str. 15). PLM ni le novo orodje za informacijsko podporo procesu razvoja izdelka, temveč tudi nov način organiziranja in vodenja razvojnih procesov.

Saakssvuori in Immonen (2004, str. 1) definirata obvladovanje življenjskega cikla izdelka kot sistematično, kontrolirano metodo za obvladovanje in razvoj industrijsko proizvedenih izdelkov in z njimi povezanih informacij. PLM zagotavlja obvladovanje in nadzor procesov razvoja in trženja izdelkov, procesa izvedbe naročila ter podatke, povezane z izdelkom v vsem življenjskem ciklu izdelka, od začetne zamisli do uničenja. Skoraj brez izjeme se okrajšavi PDM in PLM povezuje tudi z informacijskimi sistemi za obvladovanje podatkov o izdelkih.

3.1 Računalniško podprto konstruiranje in proizvodnja – CAD/CAM

Izraz računalniško podprto konstruiranje (*angl. Computer Aided Design – CAD*) pomeni proces, pri katerem konstrukter pri snovanju in načrtovanju izdelka uporablja računalniške in programske sisteme. Ta proces lahko tudi opišemo kot pretvarjanje različnih zahtev in specifikacij v celovit opis izdelka, ki v popolnosti izpolnjuje vse postavljene zahteve in specifikacije. Konstrukter v tem procesu določa funkcijo izdelka in njegovo obliko, material, iz katerega bo narejen, in vse druge njegove lastnosti. Posredno z vsem tem določi tudi način izdelave. Pri razvoju izdelka se konstrukter opira predvsem na (Balič, 2002, str. 22):

- izkušnje, pridobljene pri že izvedenih rešitvah in izpeljankah izdelka, popravkih ali spremembah
- informacije iz priročnikov in standardov
- uporabljene numerične analize npr. z metodo končnih elementov – MKE
- interna pravila, predpise in uveljavljene prakse v podjetju ter
- lastno intuicijo.

Osnovne naloge sistema CAD lahko razdelimo na štiri funkcionalna področja.

Geometrijsko modeliranje je matematični opis geometrije predmeta. Sodobni sistemi CAD temeljijo na prostorski predstavitvi izdelka – 3D modelu. Ta ima svojo obliko in zgradbo, ki jo določa zaporedje preprostih prostorskih gradnikov. Gradnike dodajamo ali odvezujemo, kar pomeni, da model opišemo s pozitivnimi ali negativnimi elementi. Pri modeliranju zahtevnih oblik si pomagamo tudi s prostimi površinami, kjer z uporabo točk, krivulj in drugih elementov ustvarimo zelo kompleksne oblike.

Z inženirskimi analizami rešujemo konstrukcijske probleme pri snovanju in konstruiranju izdelkov. Z njimi ugotavljamo napetost in deformacije v izdelku, ki so posledica obremenitev med njegovim obratovanjem, toplotne obremenitve in prenos toplote ter analiziramo dinamično vedenje sistema.

Pregled in ovrednotenje konstrukcije je preverjanje in odtranjevanje napak. Najpreprostejše je preverjanje dimenzij in toleranc izdelka, ki zmanjšuje možnost dimenzijskih napak. Naslednji korak je preverjanje kolizije pri sestavljenih izdelkih, s katerimi analiziramo možnost, da dve komponenti zasedata isti prostor. Posebna oblika analiz so kinematične analize, s katerimi simuliramo gibanje sestavljenih mehanizmov. Z njimi izdelamo predstavitev delovanja mehanizma in ugotavljamo možnost trka z drugimi komponentami.

Avtomatizirano risanje pomeni izdelavo risb iz modela CAD in baze podatkov. Iz modela CAD izdelamo delavniške, sestavne in servisne risbe z ustreznimi pogledi, detajli in dimenzijami ter oblikujemo ustrezne kosovnice.

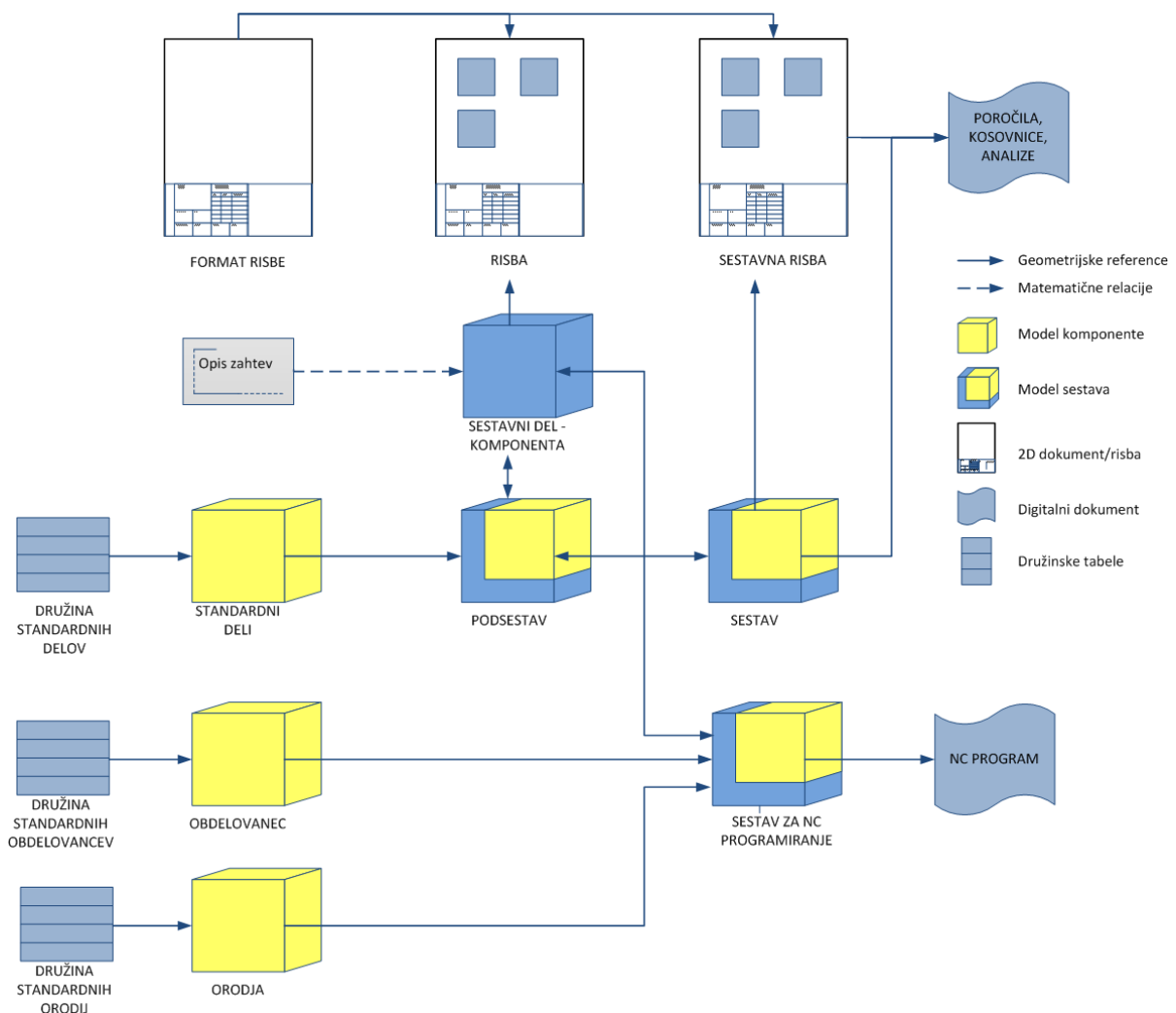
Izhodi konstrukcijskega procesa sistemov CAD so različni dokumenti:

- 3D modeli posameznih sestavnih delov in sestavov
- vse vrste risb

- konstrukcijska kosovnica izdelka
- rezultati numeričnih analiz in simulacij
- programi za NC obdelovalne stroje.

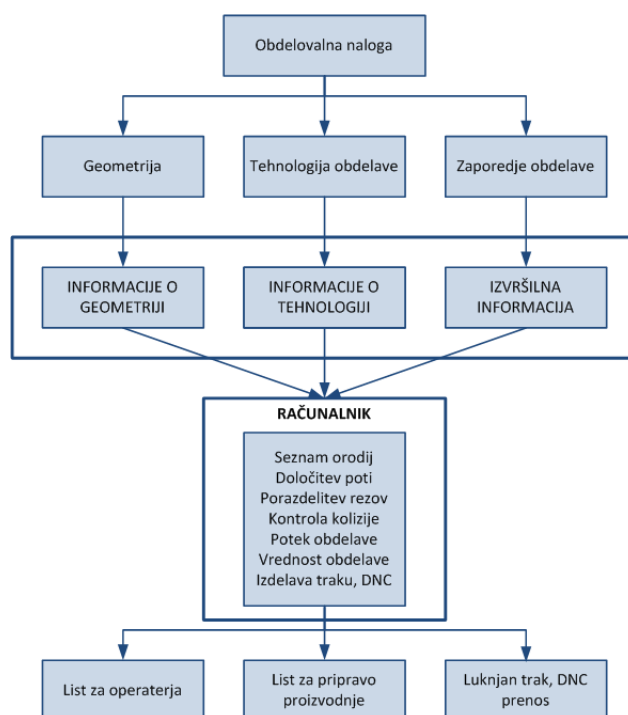
Za delovanje sistema CAD/CAM so zelo pomembne tudi povezave med posameznimi objekti (Slika 29). Te nastanejo pri sestavljanju sestavnih delov v sklope, pri uporabi skupnih geometrijskih elementov (površin, gradnikov) ali pri povezovanju posameznih parametrov z algebraičnimi enačbami. Povezovanje različnih objektov sicer lahko olajša delo in omogoča hitrejše spremembe, vendar mora uporabnik poznati in razumeti povezave med posameznimi objekti in temu tudi prilagoditi način dela.

Slika 29: Povezave in odvisnosti med objekti v sistemu CAD/CAM



Računalniško podprta proizvodnja (*angl. Computer Aided Manufacturing – CAM*) je uporaba računalniških sistemov pri načrtovanju, upravljanju in kontroli operacij proizvodnega sistema z neposredno ali posredno računalniško povezavo (Balič, 2002, str. 100). S sistemom CAM na podlagi geometrije izdelka, tehnološkega postopka in izbranih obdelovalnih parametrov izdelamo program, s katerim upravljamo numerično krmiljene – NC obdelovalne stroje (Slika 30).

Slika 30: Princip računalniškega programiranja NC strojev



Vir: J. Balič, CAD/CAM postopki, 2002, str. 102.

Pomemben del sistemov CAD/CAM so baze podatkov, saj so od njih odvisne številne funkcije sistema. V bazi podatkov sistema CAD/CAM so shranjeni uporabniški modeli, načrti, sestavi in alfanumerične informacije (seznami materiala, kosovnice, besedila ...). Vsebinsko podatkov lahko razdelimo v tri sklope:

1. podatki, potrebni za pravilno delovanje sistema CAD/CAM
2. podatki s predlogami ali osnutki za delo uporabnikov
3. podatki, ki so rezultat procesa razvoja ali konstrukcije izdelka.

3.2 Vloga sistema PLM v podjetju

Informacijski sistemi za obvladovanje podatkov o izdelkih so znani kot PDM in PLM. Njihova uporaba pomembno prispeva k učinkovitosti podjetja, zlasti v velikih sistemih, kjer je treba obvladovati velike količine podatkov in koordinirati delo ljudi na različnih lokacijah.

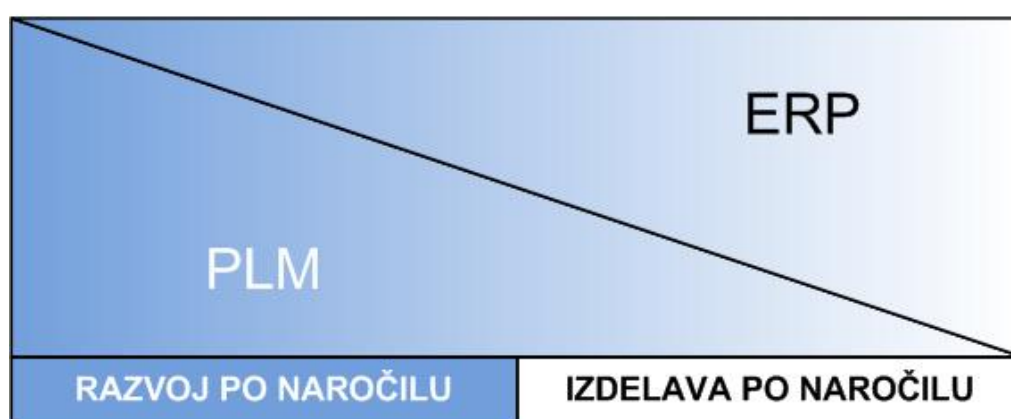
Razvoj sistemov PLM je potekal v dveh smereh (Duhovnik & Tavčar, 2000). Prvo so načrtali proizvajalci programske opreme za računalniško podprto konstruiranje CAD. Izhajali so iz potrebe razvojne skupine po obvladovanju in sledenju podatkov o gradnikih in dokumentih, ki se pogosto spreminjajo. Sistem PLM kot dopolnilo sistema CAD zagotavlja dobro povezanost med obema sistemoma in uporabo enotnega delovnega okolja za izdelovanje in hranjenje dokumentov.

Druga smer razvoja izhaja iz razširjanja funkcionalnosti celovitih programskih rešitev (ERP) z možnostjo obvladovanja dokumentov. Razvojno konstrukcijski proces se obravnava ločeno in

samo del se ga prenese v ERP. Zunaj razvojne skupine so podatki prilagojeni potrebam povprečnega uporabnika in dostopni v obliki 2D risbe z uporabo poceni pregledovalnikov.

Uporabnost sistemov PLM je bila doslej omejena le na razvojno konstrukcijski proces, a se v zadnjem času širi na vse podjetje. Pri tem prihaja do prekrivanja s funkcionalnostmi sistemov ERP. Izbira prevladujočega sistema (Slika 31) je odvisna od lastnosti proizvodnih in razvojnih procesov v podjetju (Saaksuvuori & Immonen, 2004, str. 64). PLM se uporablja v procesu razvoja novih izdelkov in je namenjen ustvarjalcem podatkov o izdelku; ima ključno vlogo v podjetjih, v katerih prevladuje »razvoj po naročilu«. Sistem ERP se uporablja v proizvodnem procesu in je namenjen uporabnikom podatkov o izdelku. Ključen je v podjetjih z »izdelavo po naročilu«.

Slika 31: Podpora sistemov PLM in ERP v poslovnih procesih



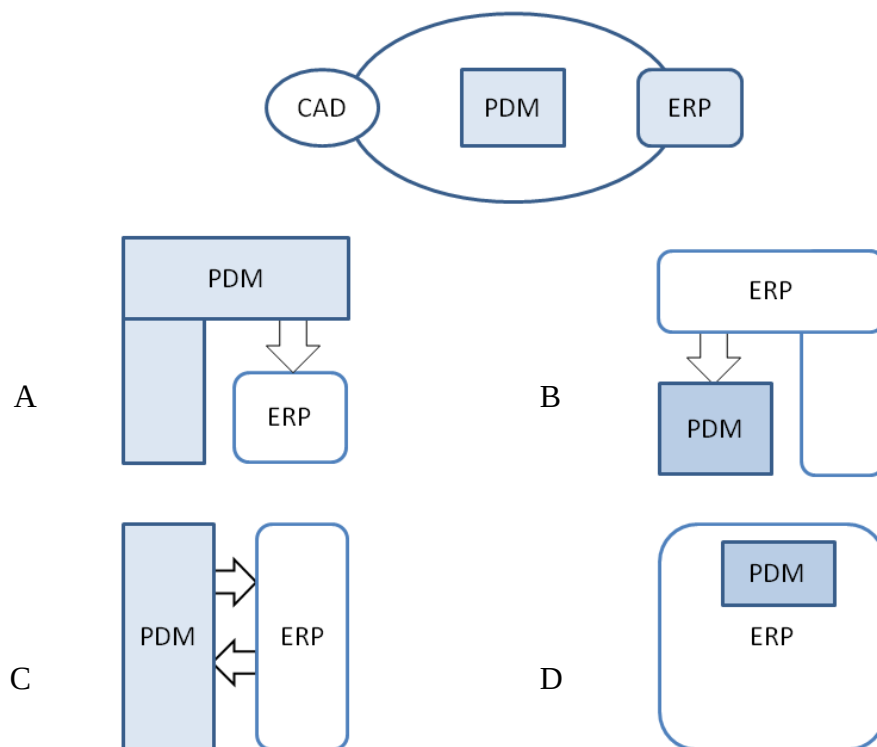
Vir: A. Saaksuvuori & A. Immonen, *Product Lifecycle Management*, 2004, str. 64.

Z višanjem stopnje integracije med obema sistemoma se med njima prenaša vse več podatkov, kar lahko privede do njihovega podvajanja. Zato se je treba odločiti, kateri od obeh sistemov bo prevladujoč in kako bo vseboval podatke, ki se prenašajo v drug informacijski sistem. Na sliki 32 so prikazani različni primeri prekrivanja funkcionalnosti, vsako od teh prekrivanj pa je lahko uspešno, če izraža značilnosti podjetja. Lastnosti posameznih vrst prekrivanj so naslednje (Duhovnik & Tavčar, 2000, str. 1.14):

- A. Glavno vlogo ima sistem PLM, v njem se oblikujejo podatki in se prenašajo v sistem ERP. Ta sistem je uveljavljen predvsem v podjetjih s posamično ali maloserijsko proizvodnjo, v katerih so podatki o izdelku ključnega pomena.
- B. V podjetjih, kjer proizvodnja zahteva prilagojeno strukturo podatkov (proizvodno kosovnico), so pogosto prevladujoči sistemi ERP. Pri tem načinu pokrivanja ostane tehnična dokumentacija nespremenjena in se izvedejo dopolnitve le za konkretno naročilo.
- C. V primeru C gre za dva neodvisna sistema. Ta način je uporaben pri množični proizvodnji. Pri tem se razvoj izdelka šele v zreli razvojni fazi prenese v proizvodnjo, zato ni potrebe po pogosti izmenjavi informacij.
- D. Mnogi proizvajalci sistemov ERP razširjajo funkcionalnosti svojih sistemov tudi na področje PLM. Pri tem lahko pride zaradi drugačnih izhodišč delovanja ERP do dokaj omejenega

nabor funkcionalnosti. Ne gre torej toliko za podporo razvojnim procesom, temveč predvsem za hranjenje že potrjenih dokumentov in kontrolo dostopa širšemu krogu uporabnikov.

Slika 32: Različni primeri pokrivanja področij med sistemi PLM in ERP



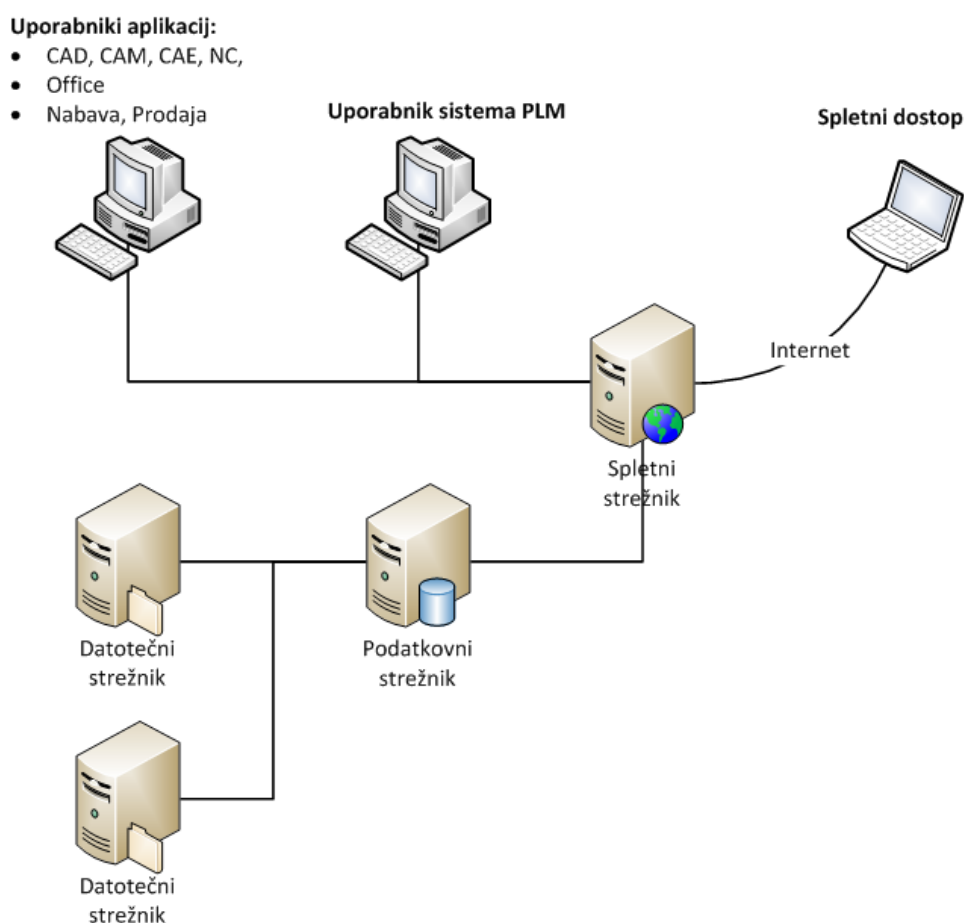
Vir: J. Duhovnik & J. Tavčar, *Elektronsko poslovanje in tehnični informacijski sistemi*, 2000, str. 1.14.

3.3 Struktura sistema PLM

Sistemi PLM imajo nekaj skupnih lastnosti, funkcionalnosti in tehnik, ki so neodvisne od sistema (Saaksuvuori & Immonen, 2004, str. 17). Vse sistemi PLM imajo značilno arhitekturo (Slika 33), ki jo sestavljajo:

- **Datotečno skladišče** (*angl. File vault*) je centralizirano odlagališče datotek. V njem so na enem ali več datotečnih strežnikih zapisane datoteke s podatki o izdelku. Gre za dokumente iz sistemov CAD (dokumente CAD) ali dokumente iz drugih aplikacij (urejevalnikov teksta ali preglednic ...) v različnih fazah življenjskega cikla.
- **Baza metapodatkov** skrbi za vzdrževanje strukture vsega sistema. Naloga baze metapodatkov je vzdrževanje strukture in povezav med posameznimi podatki o izdelku. V bazi so zapisana tudi vsa pravila in principi, potrebni za sistematično zapisovanje informacij.
- **Aplikacija** skrbi za pravilno izvajanje vse funkcionalnosti sistema PLM in komunikacijo med informacijskim sistemom in uporabniki prek uporabniških vmesnikov.

Slika 33: Struktura informacijskega sistema PLM



Vir: A. Saaksuvuori & A. Immonen, *Product Lifecycle Management*, 2004, str. 20.

3.4 Funkcionalnosti sistemov PLM

Osnovne funkcionalnosti sistemov PLM so (Saaksuvuori & Immonen, 2004, str. 13):

- obvladovanje gradnikov in dokumentov, ki nastanejo v razvojno-raziskovalnem procesu
- obvladovanje stanj gradnikov in dokumentov – **Lifecycle Management**
- obvladovanje delovnih tokov – **Workflow Management**
- obvladovanje strukture (konfiguracije) izdelkov – **Configuration Management**
- obvladovanje sprememb gradnikov in dokumentov – **Change Management**
- vodenje projektov in obvladovanje projektne dokumentacije – **Project Management**
- omogočanje sodelovanja v heterogenih, virtualnih projektih skupinah – **Collaboration**
- povezovanje z različnimi informacijskimi sistemi v podjetju – **Enterprise System Integration**.

3.4.1 Obvladovanje gradnikov in dokumentov

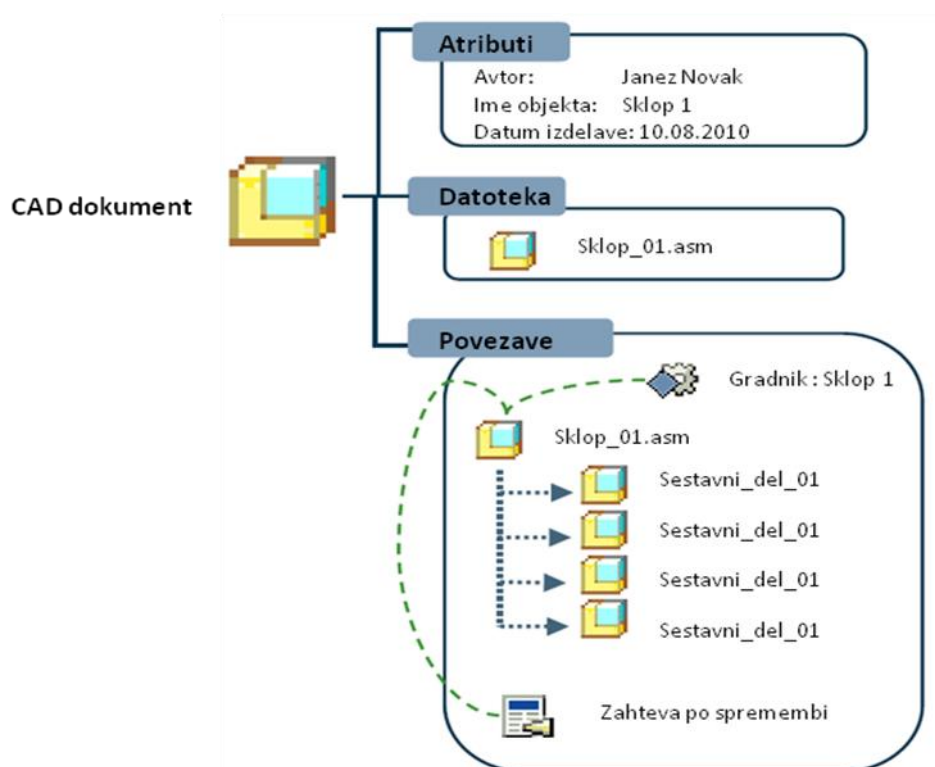
Podatki o izdelkih so lahko zapisani v različnih oblikah (Duhovnik & Tavčar, 2000):

- dokumenti CAD so vsi dokumenti, ki so izdelani s sistemi CAD/CAM

- dokumenti so izdelani z urejevalniki besedil, preglednic in predstavitve, elektronska pošta in vse druge datoteke
- gradniki, ki tvorijo izdelek in njegovo strukturo
- dokumenti sprememb opisujejo in vodijo proces sprememb izdelka in z njim povezanih objektov
- povezave med objekti, ki so zapisani v sistemu PLM.

Vsak izmed navedenih objektov ima svoje lastnosti. Lastnosti dokumentov in dokumentov CAD (Slika 34) določajo atributi, vsebina dokumentov (datoteke) in povezave z drugimi dokumenti ali objekti.

Slika 34: Lastnosti dokumentov v sistemu PLM



Vir: PTC, Introduction to Windchill PDMLink 9.0, 2008.

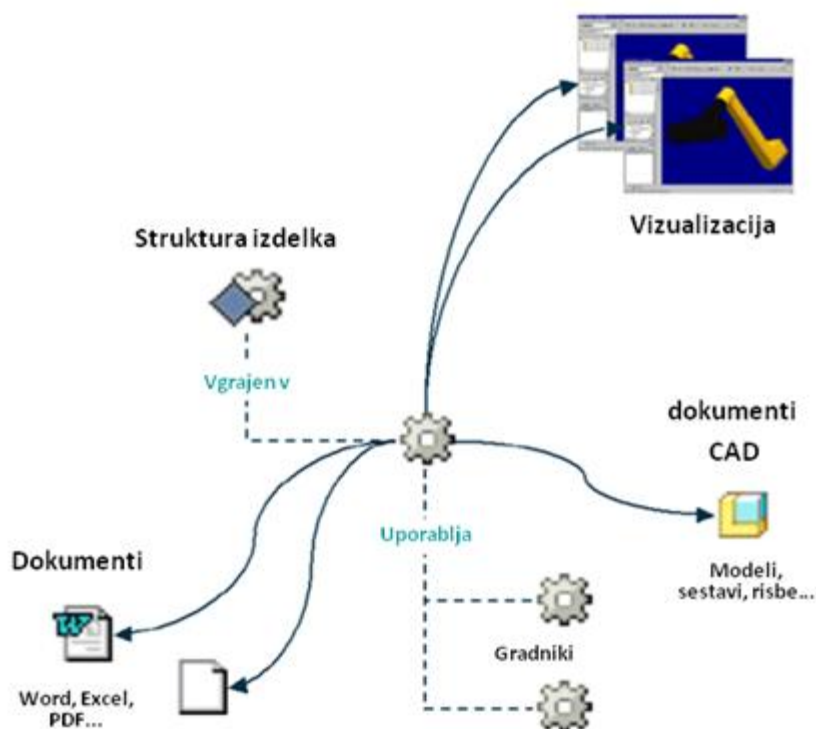
Atributi opisujejo lastnosti posameznih objektov in jih delimo na (Duhovnik & Tavčar, 2000, str. 4.5):

- attribute za identifikacijo, ki omogočajo razlikovanje med objekti in njihovimi verzijami
- uporabniške attribute, s katerimi opisujemo lastnosti objektov
- sistemske attribute za nadzorovan dostop do podatkov, s katerimi potrjujemo lastništvo dokumentov, datume nastanka in sprememb in druge podatke, potrebne za obvladovanje dokumentov. Ti atributi so generirani avtomatsko.

Za delovanje sistema PLM je zelo pomembno pravilno vzdrževanje povezav in odvisnosti med posameznimi objekti (Slika 35). Tako so že bile opisane povezave med dokumenti CAD. Podobno nastanejo tudi povezave med izdelki in gradniki, ki sestavljajo kosovnico izdelka. Pomembne

so tudi povezave med gradniki in dokumenti CAD, ki jih opisujejo. Te povezave lahko sistem ustvari avtomatsko pri vnosu gradnikov in dokumentov CAD v sistem PLM. Povezave lahko izvedemo tudi med gradniki in vsemi drugimi dokumenti, ki opisujejo gradnike: specifikacije, zahteve, rezultati meritev in testiranje ...

Slika 35: Povezave med objekti v sistemu PLM



Vir: PTC, Introduction to Windchill PDMLink 9.0, 2008.

Za vsak objekt, zapisan v sistemu PLM, je pomembna zgodovina njegovih sprememb, ki pove, kolikokrat se je objekt spremenil, kdo ga je spremenil in zakaj ter datum vsake spremembe. V sistemu PLM so shranjene vse verzije objektov, kar omogoča pregledovanje in primerjanje različnih verzij objektov.

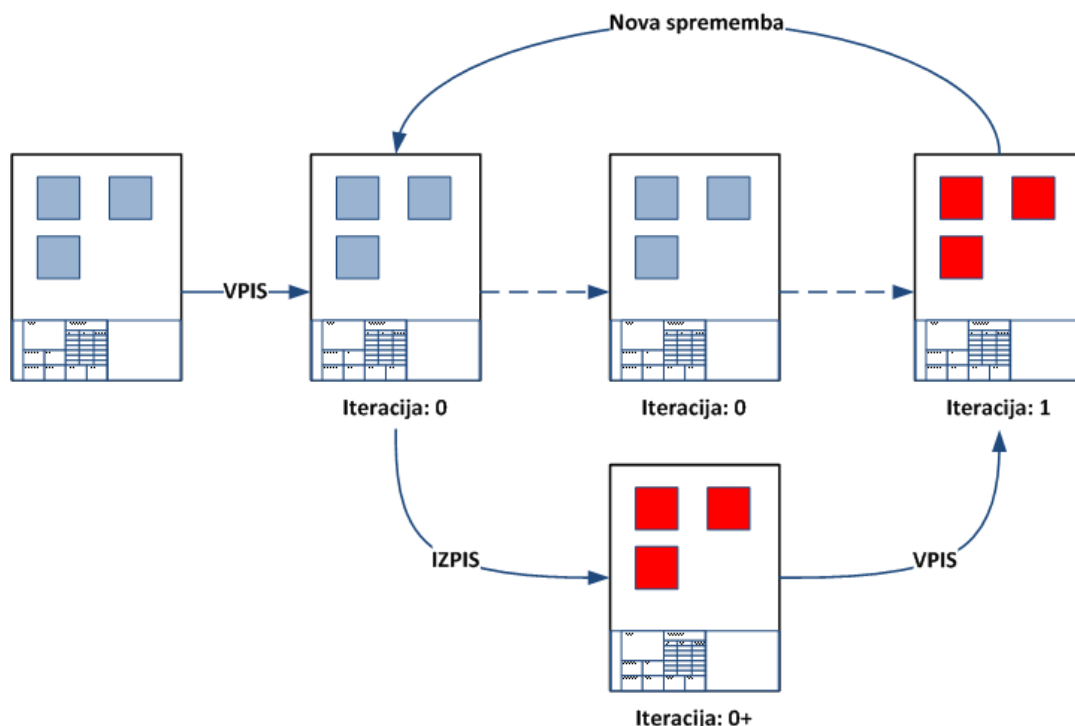
Verzijo objekta opisujeta dve sistemska atributa: iteracija in revizija. Nova iteracija objekta nastane ob vsaki spremembi objekta. Sprememba objekta je sprememba lastnosti objekta: vsebine, atributov ali povezav. Vse spremembe v sistemu PLM potekajo z ukazoma »Vpiši« (angl. *Check In*) in »Izpiši« (angl. *Check Out*) (Slika 36).

Z ukazom Vpiši v sistem zapišemo nov objekt. V podatkovno bazo se zapišejo novi metapodatki in hkrati se na datotečnem strežniku zapiše datoteka z vsebino dokumenta. Ob tem sistem preveri, ali imajo uporabniški atributi ustrezne vrednosti, določi povezave med objekti, ki jih vpisujemo, in prave vrednosti sistemskih atributov: verzijo, datum nastanka, lastništvo ...

Spremembe v sistemu PLM začnemo z ukazom »Izpiši«. Z njim naredimo kopijo datoteke na lokalnem disku. Originalno datoteko sistem PLM zaščiti – zaklene – in tako dovoli spreminjanje objekta samo enemu uporabniku. Tako se sistem zaščiti pred konflikti. Spremenjen dokument z

ukazom »Vpiši« zapišemo v podatkovno bazo, v zbirko datotek pa vpišemo novo verzijo datoteke.

Slika 36: Spreminjanje objektov in nove iteracije



Vir: PTC, Introduction to Windchill PDMLink 9.0, 2008.

Iteracija nastane pri vsakem vpisu dokumenta v sistem PLM. Uporabniki nimajo vpliva na podeljevanje iteracij, saj se določajo avtomatsko. Nastanek nove iteracije je odvisen samo od tega, ali ima uporabnik v določeni fazi življenjskega cikla dokumenta dovoljenje za izvedbo spremembe.

Nova revizija objekta nastane na zahtevo uporabnika in ni pogojena s spremembo dokumenta. V sistemu PLM Windchill z novo revizijo dokumenta začnemo tudi novo štetje iteracij (Slika 37). Označevanje iteracij je številčno, medtem ko lahko za označevanje revizij izberemo številčno ali črkovno označevanje.

Vodenje življenjskega cikla objektov

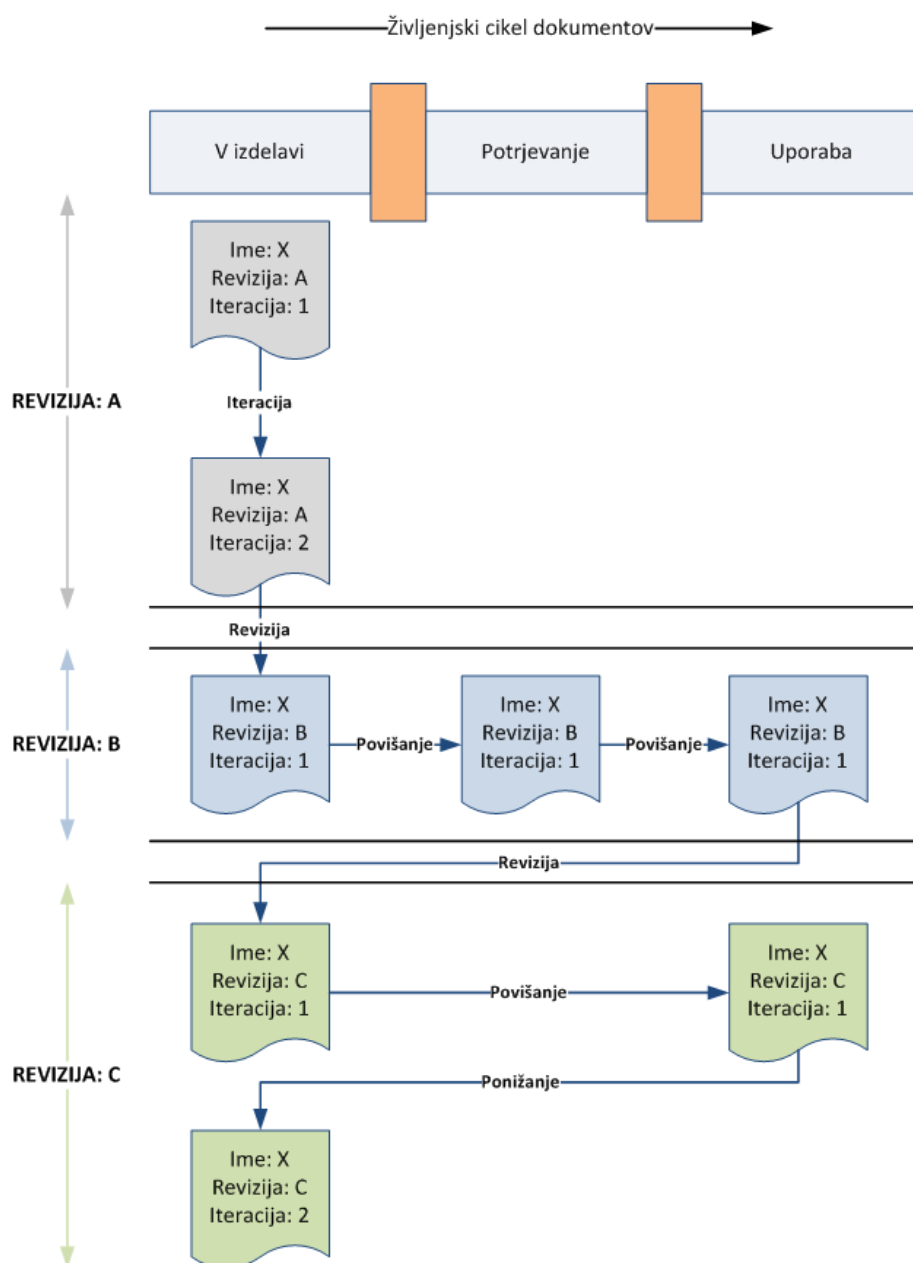
V procesu razvoja se vsak izdelek premika skozi različne faze življenjskega cikla. S temi fazami zagotavljamo preglednost razvojnega procesa, vodimo pretok objektov med uporabniki in določamo pravice uporabnikov v posameznih fazah razvojnega projekta. Življenjski cikli posameznih objektov se lahko med seboj razlikujejo. Gradniki (izdelki in njihovi sestavni deli) imajo drugačen življenjski cikel kot z njimi povezani dokumenti. Življenjski cikel gradnikov je določen s fazami življenjskega cikla izdelka: koncept, konstrukcija, izdelava prototipov in optimiranje ...

Življenjski cikel dokumentov je povezan z nastajanjem dokumenta, njegovo uporabo in spreminjanjem ter končnim arhiviranjem. Za različne vrste dokumentov lahko uporabljamo različne živ-

ljenjske cikle. Življenjski cikel dokumentov CAD se razlikuje od življenjskega cikla zahtev kupca ali internih specifikacij, saj ima drug izvir, uporabnike in ponor, drugačna pa so tudi pravila spreminjanja.

Objekt v sistemu PLM dobi z vsako spremembo novo iteracijo, določimo mu lahko revizijo, hkrati pa se tudi premika skozi faze življenjskega cikla (Slika 37).

Slika 37: Spremembe v življenjskem ciklu dokumentov



Princip prehodov med posameznimi fazami je podoben principu faze – vrata (angl. stage – gate). Za izbrane objekte zahtevamo povišanje v novo fazo, nato pa uporabniki s posebnimi pooblastili potrdijo ali zavrnejo prehod v novo fazo. Uporabnike, ki sodelujejo v procesu prehoda, razdelimo na:

- uporabnike, ki lahko zahtevajo povišanje objektov v novo fazo življenjskega cikla

- potrjevalce, ki povišanjeodobrijo in morajo soglašati s spremembo faze
- pregledovalce, ki so o povišanju obveščeni, na potrjevanje pa ne morejo vplivati in lahko dajo samo svoje mnenje o primernosti objekta za prehod v novo fazo.

Delovni tok določa celoten postopek povišanja. Ko uporabnik zahteva povišanje, se v sistemu PLM ustvari zahtev po povišanju. V njem so navedeni objekti za povišanje, uporabnik, ki je povišanje zahteval, razlogi za povišanje, faza, v katero naj se objekti povišajo, in uporabniki, ki lahko vlogo za povišanje potrdijo ali pregledajo. Ti uporabniki so po elektronski pošti tudi obveščeni o zahtevku po povišanju.

Vloge uporabnikov v življenjskem ciklu izdelka

Vloge, ki jih imajo uporabniki v procesu razvoja izdelkov, določajo tudi njihove pravice in naloge, ki jih morajo opraviti v njem. Isti uporabniki imajo lahko v različnih razvojnih projektih zelo različne vloge in tudi različne nabore pravic. V eni vlogi nastopajo, ker tako zahteva delo, ki ga opravljajo, v drugi pa zaradi načina delovanja sistema. Vodja razvojnega projekta ima tako lahko vloge:

- **vodje projekta**, v kateri določa vloge uporabnikov in njihove pravice, sam kreira nove objekte in jih spreminja ali celo izbriše
- **potrjevalca**, v kateri sodeluje v procesu povišanja objekta med fazami življenjskega cikla.

Posebno vlogo imajo skrbniki sistema. To so uporabniki s posebnimi pravicami, ki skrbijo za nastavitve sistema in njegovo pravilno delovanje:

- **Skrbnik sistema** skrbi za nastavitve in delovanje celotnega sistema. Njegova naloga je dodajanje novih uporabnikov in uporabniških skupin ter določanje njihovih osnovnih pravic. Prav tako skrbi za določanje uporabniških parametrov, nastavitve delovnih tokov in življenjskih ciklov posameznih vrst objektov.
- **Skrbnik knjižnic in produktov** v okviru svoje domene razvija strukturo map, določa vloge uporabnikov in z dodeljevanjem ustreznih pravic zagotavlja zaščito vsebine pred nepooblaščenim spreminjanjem.

Pravice uporabnikov

Pravice uporabnikov (Tabela 11) so v sistemih PLM povezane z vprašanji:

- **kdo** so uporabniki, ki nastopajo v razvojnem procesu, in katerim uporabnikom bo dovoljeno kreiranje novih objektov ali njihovo spreminjanje
- **kdaj** se lahko spreminjajo posamezni objekti, v kateri fazi razvojnega cikla
- **kaj** lahko uporabniki spremenijo; ali gre za spreminjanje vsebine objektov, njihovih atributov ali pa za povezav med posameznimi objekti.

Tabela 11: Osnovne pravice uporabnikov

Pravice uporabnikov	Pravice uporabnikov	Pomen
---------------------	---------------------	-------

	(angl)	
Ustvari	<i>Create</i>	Pravica do kreiranja novega objekta
Spremeni	<i>Modify</i>	Pravica do spreminjanja atributov objekta
Beri	<i>Read</i>	Omogoča pregledovanje objektov
Povišaj	<i>Promote</i>	Pomik objekta v novo fazo življenjskega cikla
Nova revizija	<i>Revise</i>	Ustvarjanje nove revizije objekta
Izbriši	<i>Delete</i>	Brisanje objekta

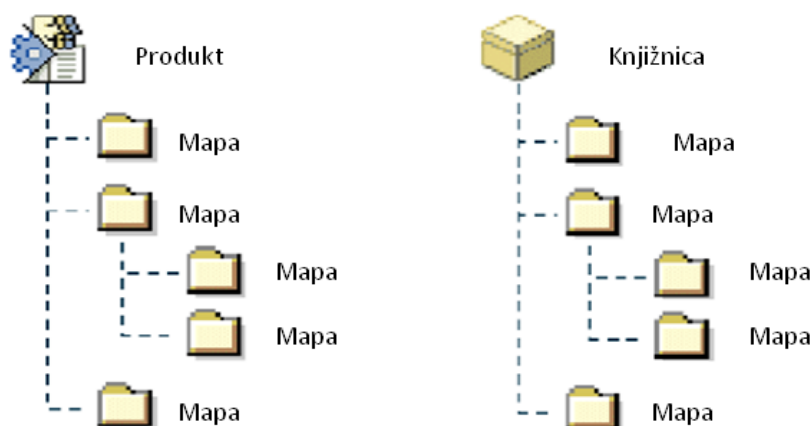
Pri tem moramo jasno določiti kaj lahko uporabniki v posameznih vlogah naredijo v vsaki fazi življenjskega cikla objektov. Tako na primer pri obvladovanju dokumentov CAD velja, da imajo v fazi zasnove uporabniki v vlogi konstrukter pravico izdelati in spremeniti dokument, izdelati revizijo dokumenta in ob koncu izdelave dokument tudi povišati v naslednjo fazo življenjskega cikla. V njegovi višji fazi je dokument zaščiten pred spremembami in ga konstrukter ne more več spremeniti. Če hoče konstrukter narediti spremembo, mora dokument vrniti v tisto fazo cikla, ki mu dovoljuje spreminjanje.

Organiziranost podatkov

Objekti, ki jih vlagamo v sistem PLM, morajo biti ustrezno organizirani v različnih vsebinskih domenah. S pravilno strukturiranimi domenami omogočimo uporabnikom hitrejše in preglednejše delo, hkrati pa so tudi osnova za določanje pravic uporabnikov. Osnovni domeni v sistemu PLM WindChill sta produkt in knjižnica.

Produkti so domene, v katere shranjujemo objekte, ki pripadajo enemu razvojnemu projektu ali izdelku. Za vsak produkt administrator sistema določi vloge v razvojnem procesu, pravice vlog in uporabnike, ki nastopajo v njih. Lahko postavi strukturo map (Slika 38), s katero še bolj razčleni strukturo objektov in jo naredi preglednejšo.

Slika 38: Struktura map v domenah produktov in knjižnic



Vir: PTC, *Introduction to Windchill PDMLink 9.0*, 2008.

Knjižnice so namenjene shranjevanju objektov, ki niso izrecno vezani na en sam razvojni projekt. V knjižnice so tako razvrščeni:

- dokumenti CAD standardnih in tipiziranih delov ali sestavov
- predloge dokumentov CAD
- standardni izdelki in gradniki
- drugi skupni dokumenti in objekti.

Objekti v knjižnicah so v skupni rabi vseh uporabnikov sistema in se ne spreminjajo pogosto. Zaščiteni morajo biti pred naključnimi spremembami, saj so uporabljeni v različnih kontekstih in povezani z različnimi objekti. Vsaka sprememba teh objektov bi lahko imela nepredvidljive posledice, zato je dostop do knjižnic za uporabnike omejen predvsem na branje in uporabo objektov. Spreminjanje objektov v knjižnicah naj bo dovoljeno samo administratorju, ki dobro pozna funkcionalnosti in delovanje sistema.

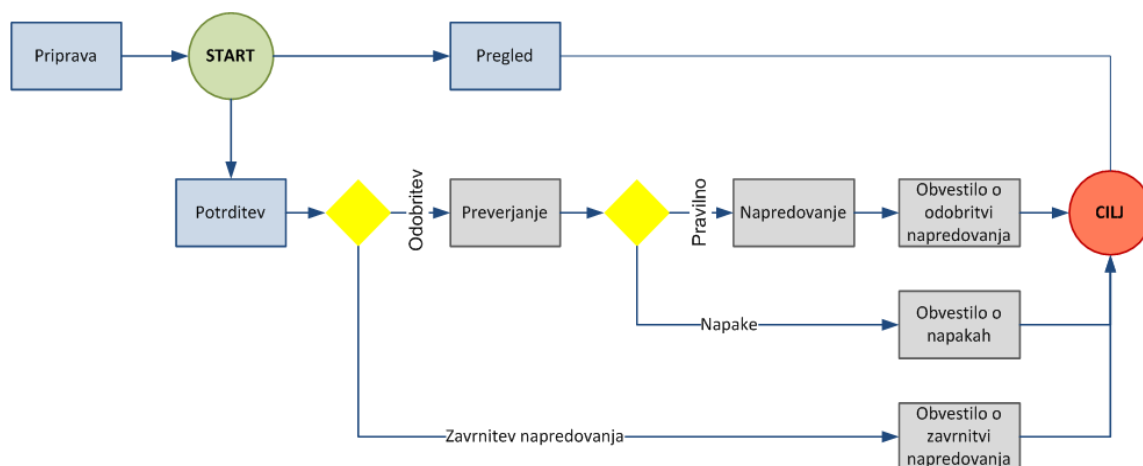
Delovni tok – Workflow

Z uvajanjem delovnih tokov lahko standardiziramo in avtomatiziramo rutinske naloge (transakcije) v sistemu PLM. Sistemi PLM omogočajo, da velik del rutinskih nalog poteka avtomatsko. Dokumenti v elektronski obliki potujejo po mreži. Pri tem ne gre za fizično kroženje dokumentov, temveč za prenašanje obvestil, spreminjanje pravic do dostopa in omogočanje lažjega dostopa prek kazalcev (Duhovnik & Tavčar, 2000, str. 3.14).

Na sliki 39 je prikazan primer avtomatiziranega delovnega toka pri potrjevanju napredovanja med fazami življenjskega cikla v sistemu PLM WindChill. Po izraženi zahtevi po napredovanju se sproži delovni tok, v katerega so vključeni uporabniki v različni vlogah. Z elektronsko pošto ali prek uporabniškega vmesnika so obveščeni o nalogah, ki jih morajo opraviti v procesu odobritve:

- **priprava** omogoča uporabnikom izbiro objektov za napredovanje v višjo fazo življenjskega cikla
- **odobritev** zahteva, da vsi uporabniki v vlogi *Potrjevalec* potrdijo napredovanje
- **pregled** omogoča uporabnikom v vlogi *Pregledovalec* pregled objektov, predlaganih za napredovanje, in podajanje mnenj; razen podajanja mnenj uporabniki v tej vlogi nimajo vpliva na napredovanje
- **preverjanje** avtomatično preveri, ali izbrani objekti izpolnjujejo pogoje za napredovanje
- **napredovanje** izvede predlagano spremembo faze v življenjskem ciklu objektov
- **obvestilo o odobritvi napredovanja** se po elektronski pošti pošlje vsem udeležencem procesa
- **obvestilo o zavrnitvi napredovanja** po elektronski pošti obvesti uporabnike, da je vsaj en potrjevalec zavrnil napredovanje objektov.

Slika 39: Delovni tok pri potrjevanju napredovanja v življenjskem ciklu objektov



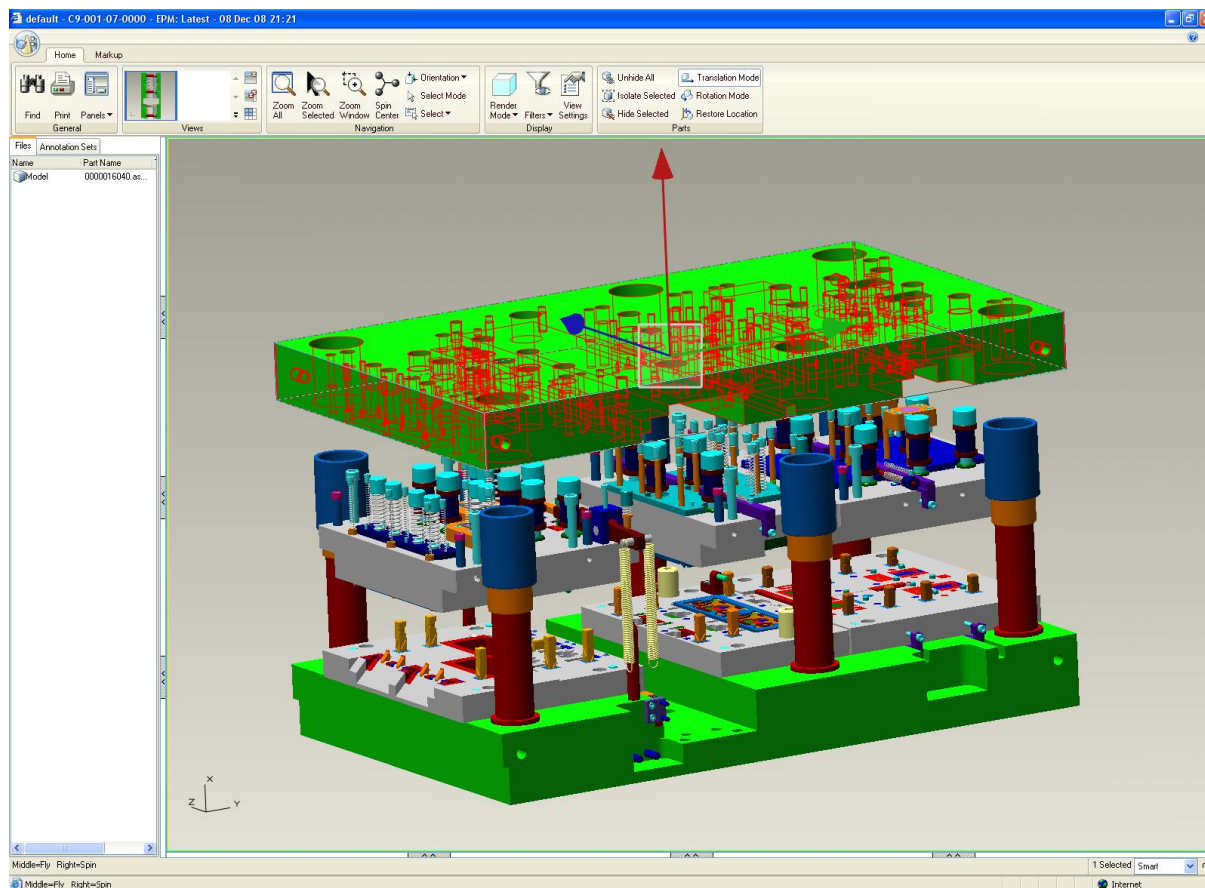
Vir: PTC, Introduction to Windchill PDMLink 9.0, 2008.

Vizualizacija podatkov

Da bi omogočili dostop do dokumentov CAD tudi uporabnikom, ki nimajo ustrezne opreme ali znanja, so bila razvita programska orodja za vizualizacijo podatkov, shranjenih v sistemu PLM.

Kot primer sistema za vizualizacijo lahko navedemo programski modul ProductView, ki je sestavni del sistema PLM Windchill (Slika 40).

Slika 40: Prikaz modela orodja v pregledovalniku ProductView



ProductView opravlja več nalog:

- Na strežniku sistema PLM izvaja pretvorbo dokumentov CAD. 3D modele pretvarja v poenostavljen zapis, ki pa ohranja vse geometrijske lastnosti modela. Risbe pretvarja v zapis PDF, kar omogoča hitro pregledovanje tudi na manj zmogljivih računalnikih.
- Kot programski vmesnik omogoča pregledovanje dokumentov CAD vsem uporabnikom s pravico dostopa do njih. Samo delo s ProductView ne zahteva zmogljive strojne opreme ali obširnega izobraževanja. ProductView deluje kot vtičnik (*Plug In*) v spletnih brskalnikih. Uporabnikom omogoča pregledovanje in tiskanje dokumentov CAD, izvajanje preprostih meritev in dodajanje opomb k dokumentom v elektronski obliki (*angl. Mark Up*).

3.4.2 Obvladovanje strukture izdelkov

Struktura izdelkov je osrednji del sistemov PLM, saj povezuje vse informacije o izdelku, gradnike in dokumente in je tudi temelj za nekatere osnovne funkcionalnosti sistemov PLM. Strukturo izdelka opišemo z gradniki, ki opisujejo sestavni del, podsistem ali podsestav v izdelku. Gradniki v strukturi so povezani z različnimi hierarhičnimi ali funkcionalnimi odvisnostmi (Saaksuvuori & Immonen, 2004, str. 48).

Strukturo izdelka lahko prikazujemo na dva načina (Ljubič, 2000, str. 82):

- »od zgoraj navzdol« – iz katerih podrejenih gradnikov je zgrajena nadrejeni gradnik (sestav); gre za analitično obravnavanje strukture, katerega rezultat je kosovnica
- »od spodaj navzgor« – v katere nadrejene gradnike (sestave) se vgrajuje neki podrejen gradnik; v tem primeru gre za sintetično obravnavanje proizvodne strukture, ki nam podaja pregled vgradnje ali seznam pripadnosti.

Modularna kosovnica je seznam gradnikov enega modula (sestava). Moduli so lahko določeni po različnih kriterijih, v konstrukcijskih procesih pa je to najpogostejše funkcijski pristop.

Strukturna kosovnica je strukturiran (nivojski) prikaz gradnikov – sestavov in sestavnih delov – na vseh ravneh. Strukturna kosovnica ima v primerjavi z modularno to prednost, da prikaže proizvodno strukturo samo na enem dokumentu.

Pregledna (količinska) kosovnica je preprost seznam vseh gradnikov in število v izdelek vgrajenih kosov, brez prikaza relacij in brez posebnega urejanja gradnikov. Primerna je za načrtovanje, nabavo in prodajo.

Konstrukcijska ali razvojna kosovnica nastane v procesu konstruiranja izdelka. V njej so navedeni vsi gradniki izdelka, kot jih vidi konstrukter. Vse količine gradnikov so neto količine. Pri uporabi sistemov CAD lahko konstrukcijska kosovnica nastane iz strukture 3D modela.

Tehnološka kosovnica je dopolnjena konstrukcijska kosovnica. Vsebuje vse gradnike iz konstrukcijske kosovnice z bruto količinami (s tehnološkim dodatkom) in tudi vse druge gradnike, ki so potrebni za izvedbo delovnih operacij (pomožni materiali). Tehnološka kosovnica nastane v procesu razvoja tehnološkega procesa za zahtevne izdelke.

Variantna kosovnica je splošna kosovnica, iz katere se izpeljejo kosovnice za konkretna naročila. Pri tem ločujemo strukturne, količinske in tehnološke variante.

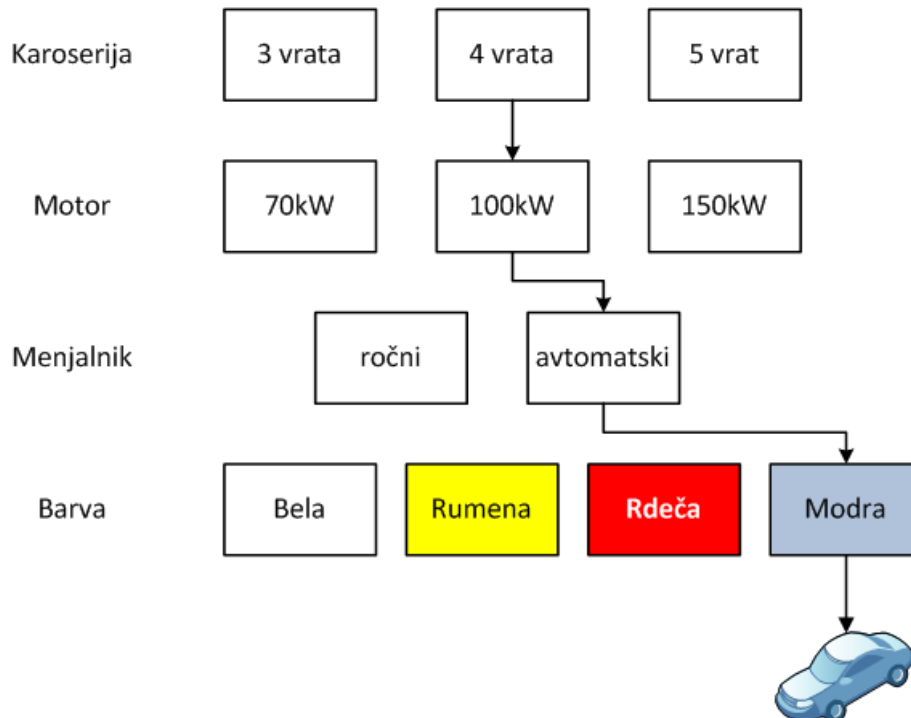
3.4.3 Upravljanje konfiguracij izdelka

Upravljanje konfiguracij izdelka (*angl. Configuration Management*) zajema izdelavo in vzdrževanje konfiguracije izdelka in pripadajočih dokumentov v vseh fazah življenjskega cikla, od zasnove do proizvodnje in vzdrževanja (Eigner & Haesner, 1998).

V poenostavljeni obliki pomeni upravljanje konfiguracij izdelavo variantnih kosovnic izdelka, ki jo z vgrajenimi pravili sestavimo v kosovnico ali konfiguracijo za znanega kupca (Slika 41). Konfiguracija izdelka je razdeljena v naslednje faze (Eigner & Haesner, 1998):

- **logična struktura izdelka** kaže na medsebojne odvisnosti med gradniki; gre za posplošeno ali variacijsko kosovnico, v katero so vgrajena pravila, ki določajo, kateri podrejeni gradniki so z izborom variantne kosovnice avtomatsko določeni
- **proizvodna kosovnica izdelka** je za vsako serijo ali izdelek izpeljana iz logične strukture
- **identifikacija vseh gradnikov** v končnem izdelku, kjer vse gradnike v proizvodni kosovnici izdelka dopolnimo z identifikacijo – serijsko številko. Tako med uporabo zagotovimo sledljivost za vsak izdelek in gradnik, kdaj in v kakšni konfiguraciji je bil izdelan.

Slika 41: Princip upravljanja konfiguracij izdelka



Vir: A. Saaksuvuori & A. Immonen, *Product Lifecycle Management*, 2004, str. 68.

Z upravljanjem konfiguracij izdelkov podjetje pripravi akumulacijo znanja svojega proizvodnega programa, ki se ob naročilu sprosti in omogoči hiter in kakovosten odziv. Podrobne izpeljanke za

posamezna naročila se na podlagi osnovnih parametrov in izpeljanih pravil pripravijo bolj ali manj avtomatsko.

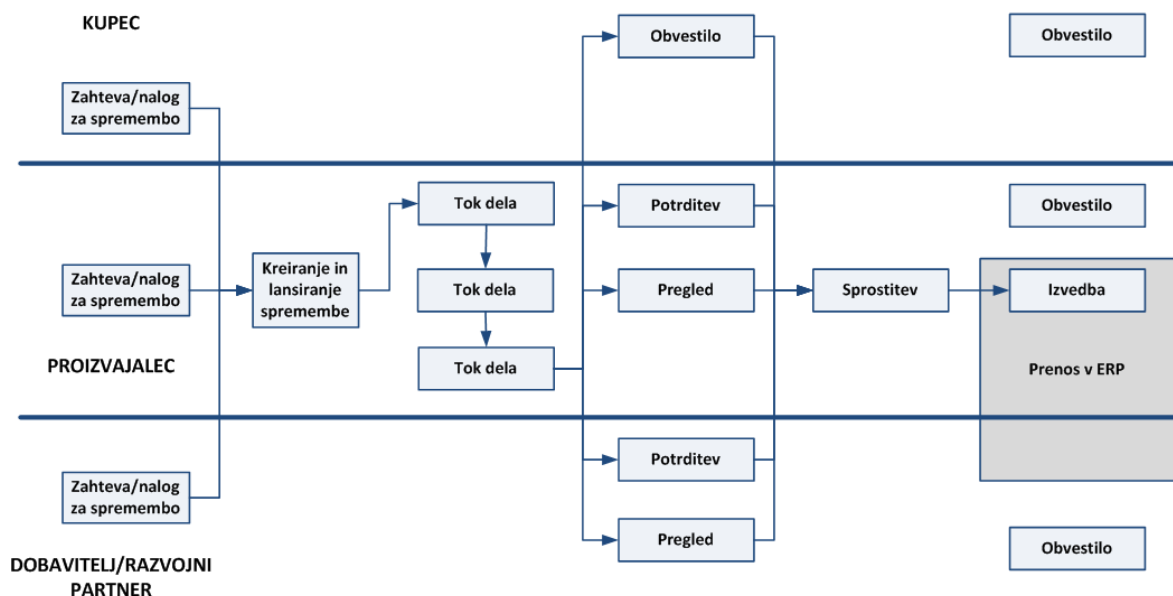
3.4.4 Obvladovanje sprememb

Obvladovanje sprememb (*Change Management*) dokumentov, izdelkov in gradnikov je ena izmed ključnih komponent sistemov PLM. Osnovna naloga obvladovanja sprememb je, da na organiziran, avtomatiziran in ponovljiv način skrbi za izvajanje sprememb, povezanih z objekti shranjenimi v sistemu PLM. Izvajanje sprememb vključuje zbiranje informacij o razlogih za spremembe, njihovo povezovanje z različnimi objekti v sistemu, odločitve za izvedbo sprememb in razdeljevanje nalog uporabnikom sistema ter obveščanje o opravljenih spremembah.

Postopek sprememb se začne z izdelavo in predložitvijo zahteve ali naloga za spremembo (Slika 42). Ta mora vsebovati podatke o razlogih za spremembo, pobudnika spremembe in seznam objektov, za katere je predlagana.

V naslednjem koraku se začne izvajanje spremembe. Vodja postopka sprememb (administrator sprememb) v sistemu PLM izbranim uporabnikom pošlje informacije o začetku spremembe. Na podlagi zbranih informacij izda nalog za spremembo, ki določa, katere spremembe morajo biti opravljene, objekte, na katerih bodo te opravljene, ter kdo in do kdaj jih mora opraviti. Za razpošiljanje in kroženje informacij skrbijo vgrajeni delovni tokovi, ki uporabnikom glede na njihovo vlogo v procesu sprememb pošiljajo elektronska sporočila. Administrator lahko z vgrajenimi kazalniki spremlja vsebinsko izvajanje sprememb, spremlja roke za njihovo izvedbo in koordinira delo (Saaksuvuori & Immonen, 2004, str. 35).

Slika 42: Proces sprememb v sistemu PLM



Vir: A. Saaksuvuori & A. Immonen, *Product Lifecycle Management*, 2004, str. 35.

3.4.5 Vodenje projektov

Razvoj novih izdelkov je projektno organiziran. Za vodenje razvojnih projektov lahko uporabljamo specializirane programe, kot je MS Project, s katerim določimo aktivnosti, razporejamo ljudi in sredstva po teh aktivnostih, določamo kritične poti in spremljamo stroške pri izvajanju projekta. To orodje je dovolj preprosti in produktivno in tako sprejemljivo za dokaj širok krog uporabnikov. Njegova pomanjkljivost je ravno splošnost uporabe in nezmožnost uporabe podatkov, ki nastanejo pri razvoju izdelka. Z njim lahko pridemo le do povzetkov izvajanja projekta, medtem ko so podatki o projektu razpršeni na različnih medijih (Duhovnik & Tavčar, 2000, str. 3.19).

Sistemi PLM omogočajo pregled in kontroliran dostop do podatkov in dokumentov, ki so vezani na določeni projekt. S tem razvojni skupini poleg pregleda nad stanjem projekta omogočajo tudi dostop do konkretnega dokumenta. Sistem PLM lahko uporabimo kot orodje za medsebojno komunikacijo v projektni skupini. Pomembno je tudi, da sistem PLM omogoča vključevanje in izmenjavo podatkov z zunanjimi člani razvojne skupine, to je z dobavitelji in zunanjimi izvajalci in naročniki.

3.4.6 povezovanje z različnimi informacijskimi sistemi v podjetju

Informacije o izdelkih se pojavljajo v različnih informacijskih sistemih. Celovite programske rešitve uporabljajo podatke o izdelkih in gradnikih, ki nastanejo v sistemih PLM. Nekatera področja informacijskih sistemov PLM in ERP se prekrivajo, zato je potrebno izkoristiti prednosti vsakega od njih in ju povezati v enoten sistem (Duhovnik & Tavčar, 2000, str. 1.13).

Poleg tega moramo obravnavati možnost povezovanja z drugimi informacijskimi sistemi, ki vsebujejo podatke o izdelkih:

- elektronska pošta
- urejevalniki besedil in preglednic – pisarniški programi
- informacijski sistemi za management odnosov s strankami (CRM) in management oskrbovalne verige (SCM).

Sisteme PLM lahko z drugimi informacijskimi sistemi povezujemo na dva načina (Saaksuvuori & Immonen, 2004, str. 57). Prvi je prenos podatkov z datotekami. To je preprosta in poceni rešitev, ki jo hitro spreminjamo in prilagajamo. Natančno moramo določiti, katere podatke bomo prenašali, kako jih bomo prenašali in v kakšni obliki (formatu) bodo. Tak prenos podatkov se ne odvija v realnem času in podatki se podvajajo v različnih podatkovnih bazah. Pogosto moramo prenos sprožiti ročno, še posebej pa je težavno obvladovanje velikega števila prenosov.

Drugi način je povezovanje podatkovnih baz, ki omogoča uporabo ene podatkovne baze v različnih aplikacijah. Mogoč je tudi prenos podatkov med različnimi podatkovnimi bazami, ki poteka z uporabo programskih vmesnikov API (*angl. Application Programming Interface.*) Prenos podatkov poteka avtomatsko in hitro, vsi podatki so shranjeni na enem mestu, kar

Tabela 12: Spreminjanje vloge sistema PLM v življenjskem ciklu izdelka

Faza v življenjskem ciklu izdelka	Razvoj zasnove Razvoj izdelka in procesov		Prenos v proizvodnjo Množična proizvodnja		Vzdrževanje, podpora, servis
Vloga PLM	Obvladovanje razvojnih podatkov	Prenos v proizvodnjo	Proizvodnja in obvladovanje sprememb	Poprodajne aktivnosti	Vzdrževanje
Funkcije PLM	Obvladovanje: – gradnikov – strukture – dokumentov Vmesniki za razvojna orodja Podpora za postopke in procese Podpora za obvladovanje sprememb Sodelovanje pri razvoju izdelkov Nabava	Obvladovanje: – gradnikov – strukture – dokumentov Povezava z ERP Obvladovanje sprememb Dostopnost podatkov na različnih lokacijah	Povezava z ERP Obvladovanje sprememb Obvladovanje dokumentov Upravljanje dobaviteljev Upravljanje nabavne verige Vodenje verzij Sodelovanje	Obvladovanje dokumentov Obvladovanje gradnikov in konfiguracij Iskanje podatkov Ponovna uporaba komponent Vzdrževanje Podpora poprodajnim aktivnostim Obvladovanje sprememb	Shranjevanje dokumentov Obvladovanje dokumentov Obvladovanje konfiguracij Iskanje dokumentov Podpora obvladovanju izdelka v vseh fazah življenjskega cikla Zagotavljanje preproste dostopa do vseh informacij vsem, ki jih potrebujejo

Vir: A. Saaksuvuori & A. Immonen, *Product Lifecycle Management*, 2004, str. 128.

omogoča hitro delovanje sistemov. Največje pomanjkljivosti takega povezovanja so zahtevna izvedba povezave, težavno spreminjanje in visoka cena.

Naloge, ki jih s pomočjo sistemom PLM opravljajo oddelki v podjetju, so zelo različne in se v življenjskem ciklu izdelka spreminjajo (Tabela 12). Pri tem je pomembno, da s sistemom PLM obvladujemo vse podatke o izdelku in z njim povezujemo vse, ki sodejujejo v razvojnem procesu.

4 PRENOVA IN INFORMATIZACIJA PROCESOV RAZVOJA IZDELKOV

Podjetje NIKO, kovinarsko podjetje, d. d., Železniki (v nadaljevanju Niko, d. d.) je bilo ustanovljeno leta 1946 kot zadruga kovinarjev. Od leta 1996 deluje kot delniška družba s proizvodnimi prostori v Železnikih in Škofji Loki.

Proizvodni program podjetja obsega:

- proizvodnjo mehanizmov za registratorje in drugih drobnih izdelkov, ki so elementi v proizvodnji registratorjev
- proizvodnjo paličnih in papirnih sponk, jeklenih vlaken, letev visečih map
- proizvodnjo orodij in opreme za lastne potrebe in za zunanje uporabnike.

Najpomembnejši izdelek v proizvodnem programu je mehanizem za pisarniške registratorje (Slika 43). Proizvodnja je v obdobju od leta 1995 do leta 2008 nenehno naraščala, ko je tudi dosegla 110 milijonov kosov na leto (Slika 44). Izvozijo kar 99 odstotkov mehanizmov. To pomeni 27-odstotni tržni delež v Evropski uniji. Tak visok tržni delež ohranjajo z velikimi količinami, dobro kakovostjo, avtomatizirano proizvodnjo, zagotavljanjem odličnega servisa, dobavami po načelu »just in time« ter s hitrim prilagajanjem potrebam kupcev glede količine izdelkov in novih konstrukcijskih rešitev.

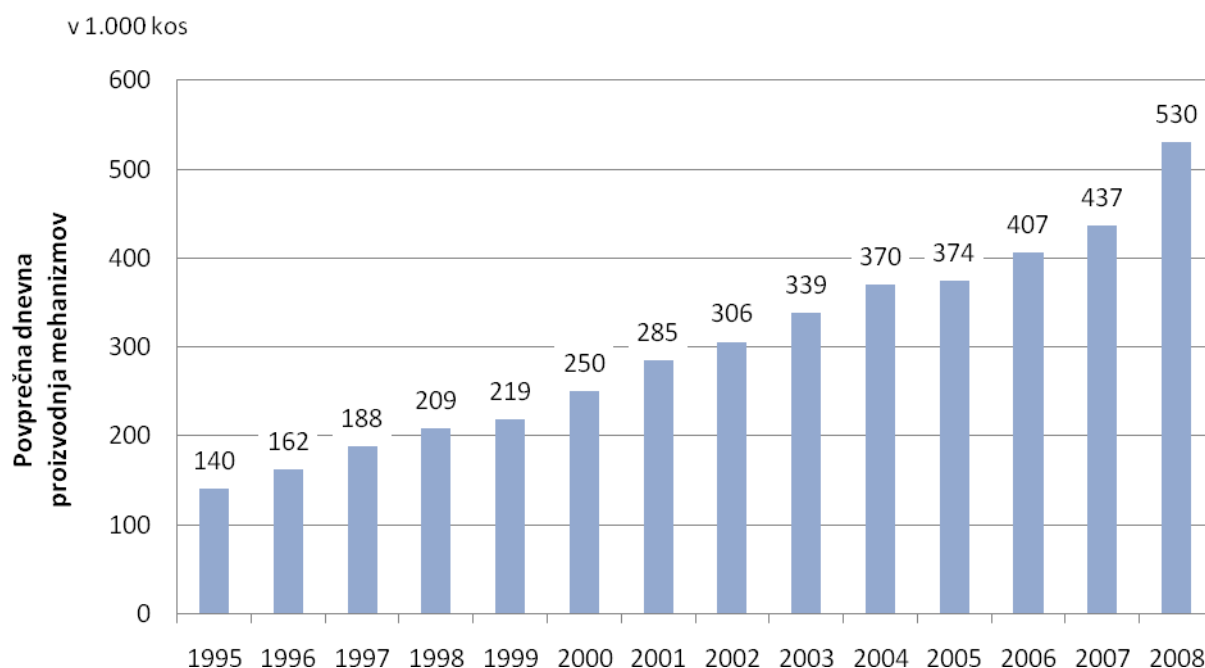
Slika 43: Mehanizmi za pisarniške registratorje



V viziji razvoja podjetja Niko, d. d., so zapisali, da želijo ostati podjetje, ki v svoji visoko avtomatizirani, delno celo robotizirani proizvodnji izdeluje izdelke najvišje kakovosti. Ob tem se pojavljajo še drugi dejavniki, ki močno vplivajo na razvoj novih izdelkov in tehnoloških procesov, mednje pa sodijo:

- konkurenca nizkocenovnih proizvajalcev z Daljnega vzhoda
- zahteve po stalnem zniževanju stroškov
- okoljevarstvene zahteve – uporaba niklja za protikorozijsko zaščito
- razvoj novih izdelkov in širitev proizvodnega programa.

Slika 44: Rast proizvodnje mehanizmov



Vir: Niko, d. d., Letno poročilo 2008.

4.1 Analiza procesov razvoja izdelkov

V Niko, d. d., so prve korake v informatizacijo razvojnih procesov naredili že leta 1990 z nakupom in uvedbo programske opreme za CAD ME10, ki so jo uporabljali predvsem pri konstruiranju strojev in orodij. Pri tem se način dela ni veliko spremenil, le risalne deske so zamenjali z računalnikom.

Z uvajanjem programske opreme Pro/ENGINEER leta 1998 so začeli prehod na prostorsko ali 3D modeliranje. Oba sistema, ME10 in Pro/ENGINEER, sta do leta 2000 delovala vzporedno, nato pa je vse delo potekalo izključno s sistemom Pro/ENGINEER. Kljub velikim tehničnim zmogljivostim sistema CAD/CAM so postale očitne nekatere težave, predvsem organizacijske narave:

- Sistem označevanja dokumentov CAD je postal popolnoma neustrezen, saj je bil razvit za delo z ME10, in neprimeren za delo s sistemom Pro/ENGINEER. Vsak uporabnik je zato

začel uporabljati svoj način označevanja modelov in risb. To je privedlo do nepreglednega dela in močno oviralo izmenjavo informacij med posameznimi uporabniki tovrstnih dokumentov.

- V konstrukcijskem procesu je bilo delo popolnoma prepuščeno presoji in ravni znanja posameznih uporabnikov. Iz tega izhaja slabo izkoriščanje zmogljivosti sistema CAD/CAM Pro/ENGINEER. Uporaba je pri večini uporabnikov ostala na ravni najosnovnejših tehnik modeliranja in izdelave risb. Zaradi nepopolnih in neusklajenih knjižnic standardnih komponent so bile pogoste težave pri izmenjavi dokumentov med uporabniki ali večkratnega modeliranja istih komponent. Zaradi pomanjkljivih predlog dokumentov CAD so bile oznake dokumentov nepopolne. Zaradi pomanjkljive uporabe parametrov so bili dokumenti napačno označeni in jih je bilo zelo težko najti.
- Zamudno in drago nadgrajevanje sistema Pro/ENGINEER, ki je bilo posledica lokalnih namestitvev sistema. Poleg programske opreme so bile lokalno nameščene vse nastavitve in knjižnice potrebne za delo uporabnikov. Z večanjem števila uporabnikov je to postajalo velika ovira pri nadgradnji programske opreme in nastavitvah delovanja.
- Neurejen pretok informacij med posameznimi delovnimi mesti v razvojnem procesu. Glavni medij za izmenjavo informacij je ostal papir. Iskanje in pregledovanje dokumentov CAD v digitalnem zapisu je bilo omogočeno samo uporabnikom sistema Pro/ENGINEER, saj ni primernih pregledovalnikov.
- Pomanjkljiv nadzor nad spremembami in razdeljevanjem dokumentov. Uporaba datotečnega strežnika, na katerem so shranjeni vsi dokumenti CAD, je sicer omogočila izmenjavo datotek, vendar ni zagotovila zahtevane varnosti in zaščite pred nepooblaščenimi spremembami.
- Ni sistema za obvladovanje drugih dokumentov, ki nastajajo v procesu razvoja izdelkov. Digitalni dokumenti so shranjeni lokalno, brez nadzora in možnosti dostopa.

4.1.1 Lastnosti procesov razvoja izdelkov v Niko, d. d.

Pri analizi proizvodnih in razvojnih procesov smo določili dva vzporedna procesa razvoja:

1. Razvoj in proizvodnja primarnih izdelkov: primarni izdelki so tisti, ki so namenjeni trgu. V primeru Niko, d. d., gre za množično proizvodnjo relativno preprostih elementov in delov na zalogo (*angl. Make to Stock*). Ta proces razvoja in proizvodnje najbolje opisuje referenčni model A1 (Tabela 13).
2. Razvoj in proizvodnja sekundarnih izdelkov: to so vsi stroji, naprave, priprave in orodja, potrebni za proizvodnjo primarnih izdelkov za notranje in zunanje kupce. Gre za razvoj in posamično izdelavo po naročilu (*angl. Design to Order*). Splošne zahteve za tovrstne razvojne procese so predstavljene v referenčnih modelih B2 in C1 (Tabela 13).

Referenčni model A1 je model razvoja in proizvodnje preprostih izdelkov, ki se izdelujejo z visoko stopnjo avtomatizacij in specializacije. Razvojni proces poteka neodvisno od proizvodnje in ni ozko grlo. Bistveno je zagotavljanje visoke produktivnosti v proizvodnji (Duhovnik & Tavčar, 2000, str. 8.12).

Referenčni model B2 zelo dobro predstavlja ključne lastnosti razvojnih procesov v orodjarstvu. Gre za individualno delo z uporabo standardnih elementov. Izrednega pomena je pravilno arhiviranje dokumentov, ki je potrebno za vzdrževanje orodij in izdelavo nadomestnih delov med življenjsko dobo orodja. Podatki naj bodo vsem uporabnikom dostopni v obliki 3D modelov, saj jih potrebujejo tudi za pripravo tehnoloških procesov (CAPP) in programiranje obdelovalnih strojev (CAM). S standardnimi in tipiziranimi komponentami ter ustreznimi knjižnicami 3D modelov lahko zelo skrajšamo razvojni in tudi proizvodni proces (Duhovnik & Tavčar, 2000, str. 8.12).

Tabela 13: Referenčni modeli glede na vrsto proizvodnje

Oznaka referenčnega modela in primer	Značilnosti	Zahteve informacijskega sistema
A1 Množična proizvodnja elementov in delov: vijaki, stikala, ležaji ...	Pomembna je nemotena proizvodnja Razvoj izdelka ni ozko grlo – pojavlja se neodvisno od proizvodnje	
B1 Serijska proizvodnja samostojnih sestavov: motorji, črpalke, sesalne enote ...	Zagotavljanje sledljivosti dokumentov v vseh fazah življenjskega cikla Usklajeno delo vseh oddelkov	Pregled nad dokumenti med nastajanjem in uporabo, kontroliran dostop Hitro, zanesljivo obvladovanje sprememb Prenos podatkov na delovno mesto Tekoč pretok dokumentov in podatkov skozi življenjski cikel (optimizacija informacijskih verig)
B2 Konstruiranje in izdelava orodij: kokile, štance, brizgalna orodja ...	Individualno delo Pregledno arhiviranje Uporaba tipiziranih komponent	Podatki naj bodo dostopni v 3D obliki Pregledno arhiviranje Podpora s knjižnicami tipiziranih komponent Povezava s sistemom za spremljanje proizvodnje
C1 Posamična izdelava sestavljenih izdelkov: dvigala, proizvodne linije ...	Vodenje projektnega dela zmerne obsega Modularna gradnja in ponovljivost na ravni sestavov Prekrivanje posameznih aktivnosti v projektu	Omogoča naj modularno gradnjo – knjižnice komponent Uporaba knjižnic standardnih elementov Podsklopi in knjižnice naj bodo samostojno dokumentirani Neodvisnost dokumentov za univerzalno uporabo
C2 Serijska izdelava sestavljenih izdelkov: avtomobili, bela tehnika ...	Vodenje projektnega dela zmerne obsega Modularna gradnja in ponovljivost na ravni sestavov Prekrivanje posameznih aktivnosti v projektu	Medsebojna neodvisnost modulov za sočasni razvoj Komunikacija v razvojni skupini Izmenjava podatkov z dobavitelji Arhiviranje Usklajenost s strategijo podjetja

Vir: J. Duhovnik & J. Tavčar, Elektronsko poslovanje in tehnični informacijski sistemi, 2000, str. 8.12.

Referenčni model C1 je tipičen model dela v strojegradnji. Razvojni proces je projektno organiziran, saj poleg konstrukterjev v osnovi zahteva še sodelovanje elektronikov in programerjev, prav tako pa tudi dobro sodelovanje z nabavno službo pri nabavi vseh standardnih in tipiziranih komponent. Ena izmed zelo poudarjenih zahtev je modularna gradnja z dobro in neodvisno dokumentiranimi podsklopi in moduli. Vse te standardne komponente in moduli morajo biti urejeni v knjižnicah, ki omogočajo preprosto iskanje in ponovno uporabo (Duhovnik & Tavčar, 2000, str. 8.13).

Tabela 14: Modeli računalniško podprtega obvladovanja podatkov o izdelkih

	Prednosti	Slabosti	Zahteve
Model I: papirni dokumenti	Ni potrebna draga dodatna oprema Trajnost arhiviranja (papir, mikrofilm) Preprostost uporabe	Zaporedni način dela Zamuden postopek pri spremembah Slaba odzivnost velikih sistemov	Če se ne uporablja mikrofilm, ni potrebna posebna tehnična oprema
Model II: elektronski arhiv	Hiter dostop do dokumentov na delovnem mestu Centralni arhiv v prostorsko razpršenih podjetjih Razmeroma preprosto uvajanje in uporaba Večje organizacijske spremembe niso potrebne	Zagotoviti je treba varnost podatkov Problem različnih formatov zapisov na dolgi rok Ni pregleda nad nastajanjem dokumentov	Oprema in usposobljenost zaposlenih za računalniško podprto delo, mrežna povezava do arhiva, programska in strojna oprema za vodenje arhiva in varno hranjenje podatkov
Model III: sistem za obvladovanje tehnične dokumentacije	Hitrejši in nadzorovan tok dokumentov Pregled nad stanjem dokumentov Omogočeno virtualno delo razvojnih skupin Lokalne postavitve sistema PLM ni težko izvesti	Potrebne so organizacijske spremembe Podvojeni podatki v sistemih PLM in ERP Dodatno izobraževanje zaposlenih	Ustrezna programska oprema, spremenjen način dela, usposobljenost zaposlenih in zahteve pri modelu II
Model IV: enoten sistem podatkov o izdelkih v podjetju	Priložnost za optimizacijo procesov Dobra odzivnost sistema in sledljivost informacij Uporabnik je na delovnem mestu podprt z vsemi informacijami	Kompleksna naloga Usodnost neuspešnega projekta za podjetje Problem dolgotrajnega arhiviranja	Usposobljena ekipa, ki lahko izpelje zahteven projekt in zagotovi zanesljivo delovanje, informacijska infrastruktura mora biti na visoki ravni
Model V: informacijska veriga in virtualna podjetja	Standardni podatkovni modeli poenostavijo arhiviranje Neposredno vključevanje v globalni informacijski sistem Prenosljivost podatkov znotraj podjetja in navzven	Večja procesorska moč za obdelavo in večja poraba prostora za arhiviranje Odvisnost od standardov STEP, ki še nastajajo	Standardni vmesniki na programski opremi, poenotena arhitektura delov podjetij, pomembnih za virtualna podjetja

Vir: J. Duhovnik & J. Tavčar, *Elektronsko poslovanje in tehnični informacijski sistemi*, 2000, str. 8.3.

Po izbiri ustreznih referenčnih modelov procesov razvoja in proizvodnje je bilo treba poiskati tudi ustrezen model obvladovanja podatkov o izdelkih. Čeprav referenčni model A1 nima poseb-

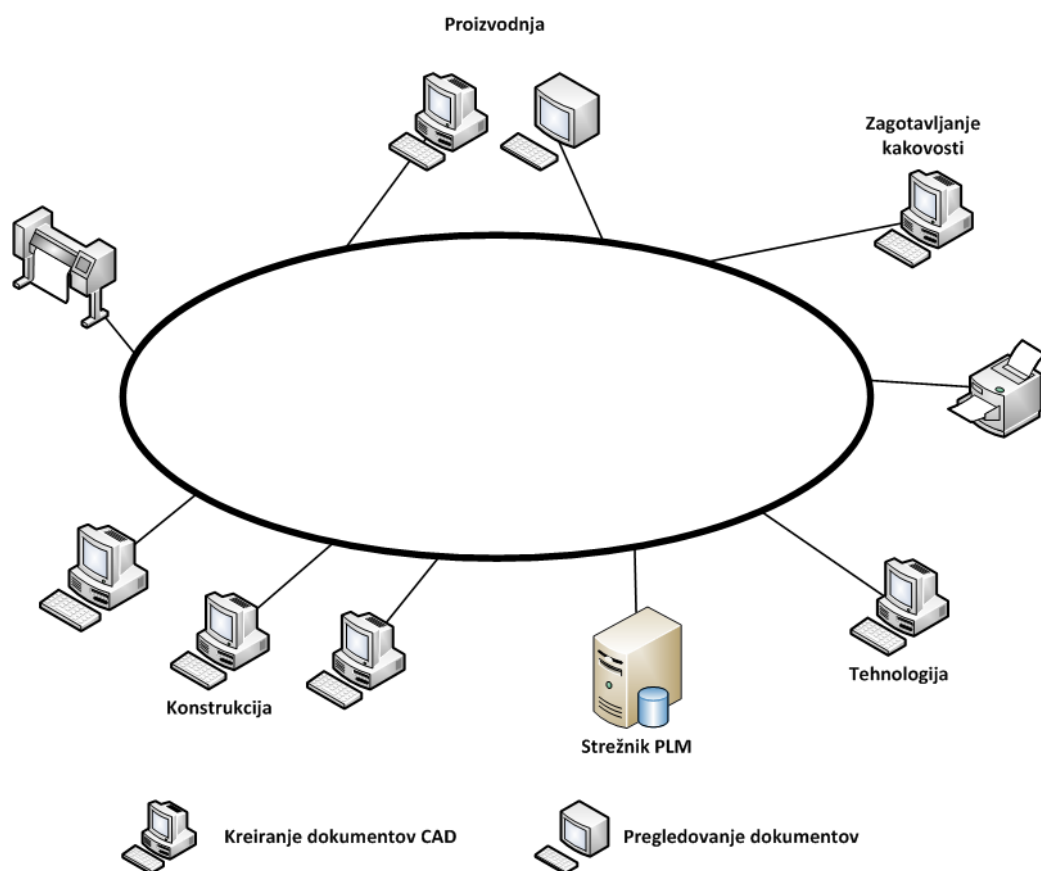
nih zahtev, je treba upoštevati zahteve, ki jih za obvladovanje procesa razvoja izdelkov in dokumentov narekujejo standardi kakovosti ISO 9000. Gre za obvladovanje dokumentov med nastajanjem in uporabo ter kontroliran dostop do njih v vsem podjetju.

S primerjavo modelov (Tabela 14) za obvladovanje podatkov v razvojnih procesih (Duhovnik & Tavčar, 2000, str. 8.11) smo poskušali najti optimalen način obvladovanja podatkov. Modela za obvladovanje papirnatih dokumentov (model I) in elektronski arhiv (model II) sta že bila uporabljena, a sta se izkazala za neprimerna.

Pri odločanju med sistemom PLM za obvladovanje tehnične dokumentacije (model III) in enotnim sistemom za podatke o izdelkih v podjetju (model IV) smo poskušali ovrednotiti možnost povezovanja sistemov PLM in ERP. Osnovni ugotovitvi sta bili:

- struktura primarnih izdelkov je zelo preprosta, saj je mehanizem registratorja kot najzahtevnejši izdelek sestavljen iz le nekaj delov; kosovnica je preprosta in jo zlahka definiramo v sistemu ERP Baan, pa tudi spreminja se ne zelo pogosto
- kosovnice sekundarnih izdelkov (orodij in strojev) se ne vnašajo v sistem ERP; v sistemu ERP so samo podatki o tistih gradnikih, ki jih podjetje kupuje na trgu.

Slika 45: Model III – sistem za obvladovanje tehnične dokumentacije



Vir: J. Duhovnik & J. Tavčar, *Elektronsko poslovanje in tehnični informacijski sistemi*, 2000, str. 8.6.

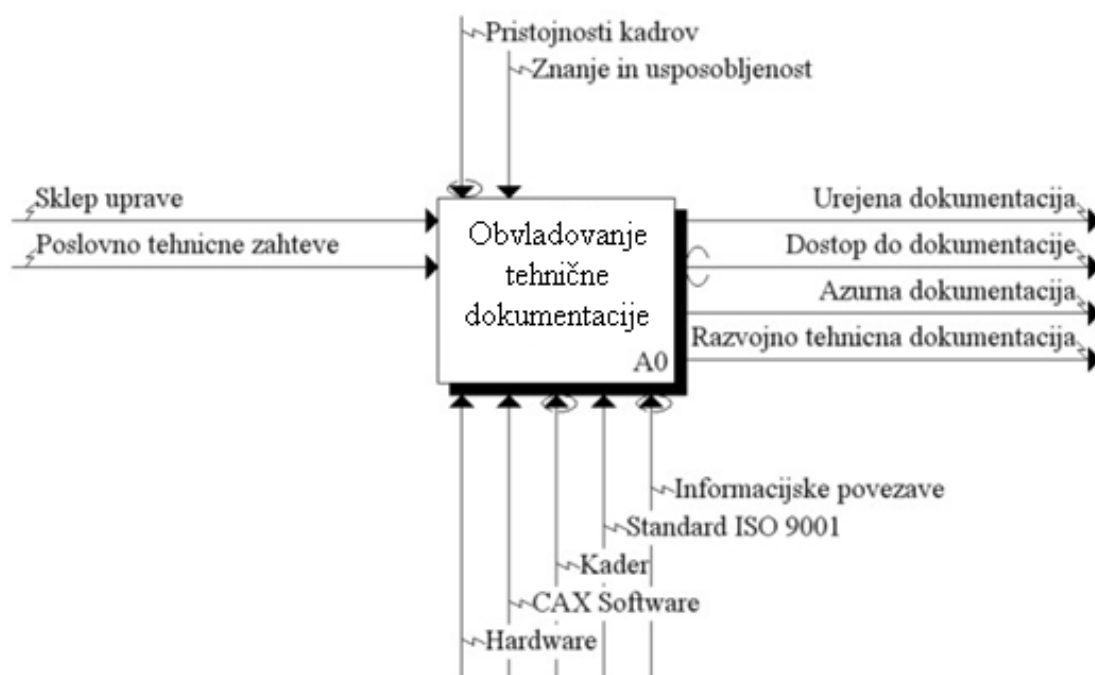
Iz tega smo sklepali, da ni prave potrebe po uvajanju dodatnih funkcionalnosti sistemu PLM ali pa za povezovanje obeh sistemov. Končna odločitev o izbranem modelu uvajanja sistema PLM

je torej bila, da bo uveden sistem PLM uporabljen predvsem za obvladovanje tehnične in tehnološke dokumentacije, ki nastaja pri razvoju primarnih in sekundarnih izdelkov (Slika 45).

4.1.2 Določitev ključnih procesov

Pri določanju ključnih procesov smo izhajali iz izbranega modela informatizacije razvojnih procesov in se osredotočili na tiste, ki so povezani z obvladovanjem tehnično-tehnološke dokumentacije. Izhodiščni model obvladovanja dokumentacije kot izhod iz procesa definira razvojno-tehnično dokumentacijo, ki mora biti urejena, dostopna in ažurna (Slika 46).

Slika 46: Izhodiščni diagram modela obvladovanja tehnične dokumentacije



Iz osnovnega modela obvaldovanja dokumentov smo definirali pet ključnih procesov (Slika 47):

1. razvoj novih izdelkov – pomeni razvoj popolnoma novih izdelkov, ki se še ne izdelujejo v Niko, d. d.,
2. razvoj novih tipov izdelkov – pomeni razvoj izpeljank (variant) obstoječih izdelkov in njihovo prilagoditev zahtevam kupcev
3. razvoj novih tehnologij, orodij, strojev, naprav in storitev tako za proizvodnjo izdelkov kot za prodajo zunanjim kupcem
4. serijska izdelava kot proces pretvorbe materialov v izdelek za končnega kupca
5. obvladovanje sprememb – te nastanejo na pobudo kupcev ali iz potreb po optimiranju lastnosti izdelka, povečanju njegove kakovosti, izboljšavah procesa ali zmanjševanju stroškov.

Slika 47: Ključni procesi za obvladovanje tehnične dokumentacije

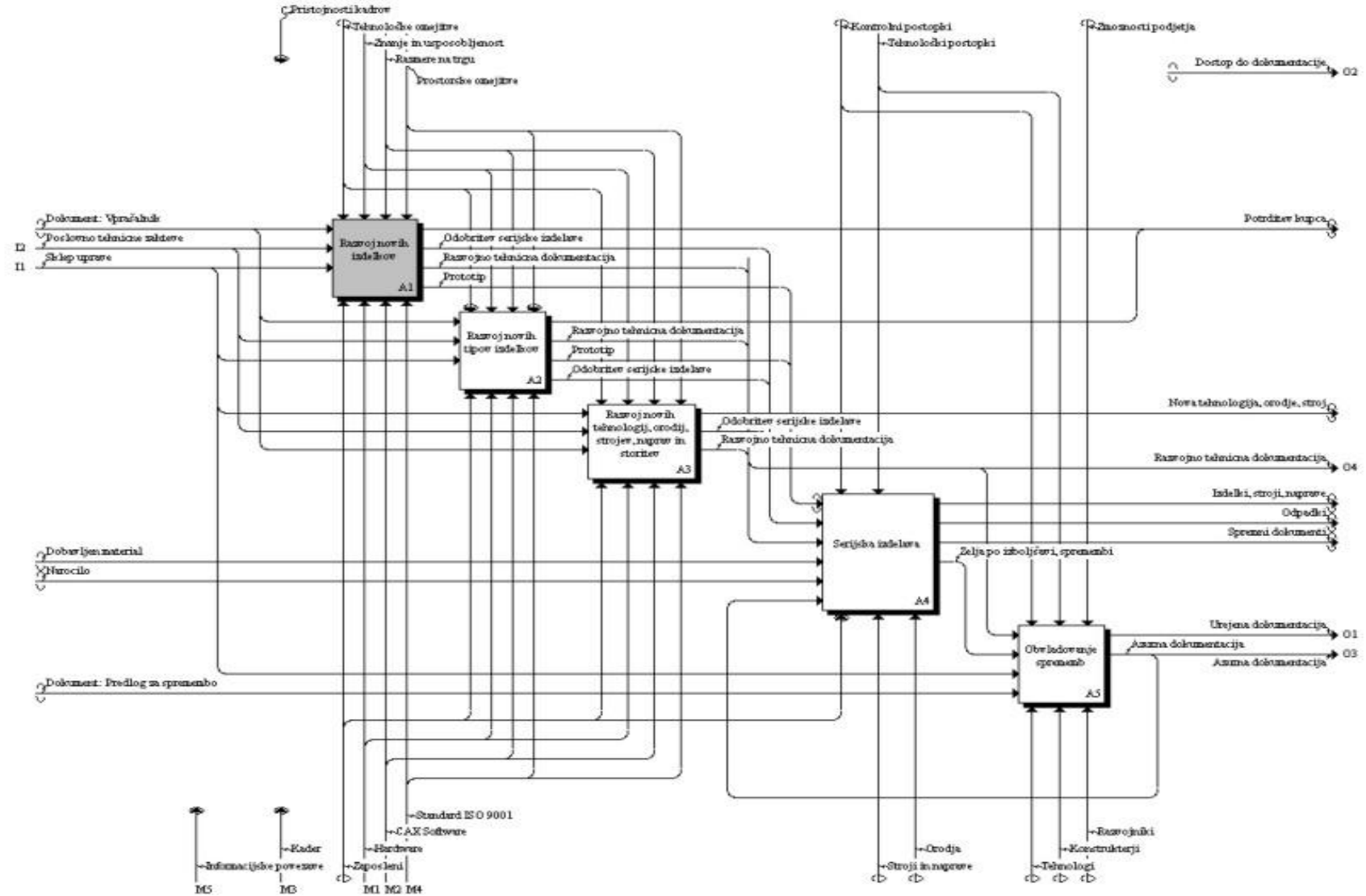


Tabela 15: Matrika dokumentov v razvojnem procesu (izvleček)

Vrsta dokumentov	Dokument	Obrazec, format	Izdela	Potrdi	Spreminja	Vpogled
Tržna dokumentacija	Sklep uprave	pdf	E	A	E	A, B
	Poslovno-tehnične zahteve	pdf, html, doc, jpg...	B,C,D	A	B	E
	Ideja o novem izdelku	pdf, html, jpg, doc...	A,B,C,D	A	B,C,D	E
	Dokument: Vprašalnik	MP OP 001/1	D	A	A	B, C,E
	Stroškovne analize	Vsi formati	A	A	A	B,E
	Katalog izdelkov	OR ON 002	D	A,B	D	A-E
	Zapisnik o pregledu pogodbe OS	ME OP 006/1	B	A,B	A,B	A,E
Razvojna dokumentacija primarnega izdelka	Tehnična dokumentacija	Vsi formati	B,C	A	B,C	D,E
	Razvojno-tehnične analize	Vsi formati	A	A	A	B,E
	Naročilo za projektiranje	OR OP 001/2	A,B	A	/	E
	Kartica dokumenta	OR OP 003/1	D	A,B	D	A-E
	Prototip	Vsi formati	B,C	A	B,C	D,E
	Testiranje prototipa	Vsi formati	B,C	A	B,C	D,E
	Potrditev prototipa pri kupcu	Vsi formati	B,C	A	B,C	D,E
	Potrditev kupca	Vsi dokumenti	B	A	B	C,D,E
Razvojna dokumentacija sekundarnega izdelka	Naročilo za razvoj oz. konstrukcijo orodja	OR OP 001/2	B	A	/	C,E
	Razvoj orodja	OR OP 001/2	A,B,D	A	/	E
	Naročilo standardnih sest. delov	pdf	B, C	A	/	E
	Nova tehnologija, orodje, stroj	pdf, jpg	B	A	B	C,D,E
	Naročilo izdelave osnovnih sredstev	OR OP 001/1	A	A	A	A-E
	Kartica dokumenta	OR OP 003/1	D	A,B	D	A-E

Poleg modela ključnih procesov smo izdelali tudi matriko dokumentov, ki se uporabljajo v posameznih fazah razvojnega procesa. Za vse smo določili tudi tok od avtorjev do končnih uporabnikov (Tabela 15). Pri izdelavi matrike dokumentov smo upoštevali:

- pravice, ki jih imajo pri obvladovanju posameznih dokumentov:
 - **Izdela** – sodelujoči v procesu, ki lahko izdelajo posamezni dokument
 - **Potrdi** – zaposleni v podjetju, ki potrjujejo posamezni dokument
 - **Spreminja** – sodelujoči, ki lahko dokument spreminjajo
 - **Vpogled** – tisti, ki jim je dovoljen ogled dokumenta
- vlogo v razvojem procesu:
 - **A** – poslovodstvo, vodja razvoja, vodje programov
 - **B** – vodja projekta, vodje oddelkov
 - **C** – člani projektne skupine
 - **D** – razvojniki, tehnologi, konstrukterji, prodajni referenti, nabavni referenti, dokumentarist, vodja vzdrževanja, kontrolorji, referent za varstvo pri delu
 - **E** – administracija.

Obvladovanje tehnične dokumentacije je bilo formalno in natančno urejeno z organizacijskimi predpisi in delovnimi navodili. Vsaki originalni risbi je bil priložen obrazec »Kartica dokumenta«, na katerem so bili zapisani osnovni podatki o risbi in izdelanih kopijah posamezne risbe. Poleg tega je morale vsaka kopije imeti žig z oznako njene uporabe (informacija, prototip, poskusna serija, redna serija) in službe prejemnika dokumentov. V karticah sta bili zapisani tudi zamenjava kopije risbe in razlog zanjo.

Za poslovanje s tehnično dokumentacijo so bili odgovorni avtorji posameznih dokumentov: konstrukterji – za konstrukcijske dokumente, tehnologi – za tehnološke dokumente in tehnologi kakovosti – za kontrolne dokumente. Pregledovanje in potrjevanje dokumentov je dolžnost vodij oddelkov ali programov, kjer dokumenti nastajajo.

Kljub zelo natančnim navodilom za poslovanje s tehnično dokumentacijo je dokaj pogosto prihajalo do odstopanj, predvsem pri dokumentih sekundarnih izdelkov:

- Slaba sledljivost dokumentov, ki je posledica nepopolnega označevanja dokumentov. Poleg tega so bile na enem dokumentu združene risbe različnih sestavnih delov enega stroja, kar je še dodatno zmanjševalo preglednost in sledljivost.
- Dokumenti na delovnih mestih niso bili ažurni. Spremenjeni dokumenti niso vedno dosegli pravega uporabnika.
- Nedosledno izvajanje sprememb. Proces razvoja sekundarnih izdelkov je potekal po načelu »metanja čez zid«. Ko je bila konstrukcija orodja ali stroja končana, so vso konstrukcijsko dokumentacijo poslali v orodjarno. Pri izdelavi je pogosto prišlo do odstopanj, vendar se ta niso dokumentirala in ni bilo usklajevanja med orodjarno in konstrukcijo.

4.1.3 Določanje ciljev prenove in informatizacije procesov razvoja izdelka

Pri določanju ciljev prenove in informatizacije razvojnih procesov smo izhajali iz:

- zahtev referenčnega modela za obvladovanje tehnične dokumentacije
- ugotovljenih odstopanj od zahtev standardov kakovosti ISO9000 za obvladovanje dokumentov v procesu razvoja izdelkov
- zahtev po skrajševanju razvojnega cikla tistih orodij, strojev in naprav, ki so ključni za ohranjanje konkurenčnosti podjetja.

Temeljni cilji prenove procesov razvoja izdelka so bili:

- vzpostavitev novega sistema označevanja dokumentov CAD
- poenotenje delovnega okolja za vse uporabnike sistema CAD/CAM Pro/ENGINEER
- pridobitev novih znanj in dvig ravni uporabe sistema Pro/ENGINEER
- določitev skupnih standardov dela v konstrukcijskem procesu
- uvajanje sočasnega dela pri najzahtevnejših razvojnih projektih v strojogradnji.

Cilji informatizacije procesa razvoja izdelkov pa so bili:

- vzpostavitev enotnega arhiva za dokumente, ki nastanejo pri razvoju izdelkov
- obvladovanje dokumentov v izbranem sistemu PLM:
 - z vodenjem verzij
 - z zaščito pred nepooblaščenimi spremembami
 - s sistemom potrjevanja sprememb in napredovanja v življenjskem ciklu dokumentov
 - z možnostjo pregledovanja dokumentov CAD tudi za tiste uporabnike, ki ne uporabljajo sistema CAD.

4.1.4 Izbira sistema PLM

Pri izbiri sistema PLM smo se odločali med dvema možnostima:

- PLM kot del sistema ERP Baan
- samostojni sistem PLM z močno integracijo s sistemom CAD Pro/ENGINEER.

Prva rešitev zagotavlja enoten informacijski sistem, v katerem so obvladovani vsi dokumenti in drugi podatki o izdelku. Njena prednost je en informacijski sistem z znanim uporabniškim vmesnikom. Manj časa se porabi za vzdrževanje sistema, izobraževanje in usposabljanje uporabnikov poteka hitreje, saj gre samo za dodatne funkcionalnosti. Pomanjkljivosti te rešitve pa so, da ne zagotavlja dovolj dobre integracije s sistemom CAD in z njim ne pridobimo dodatnih funkcionalnosti, ključnih za doseganje zastavljenih ciljev. Obvladovanje dokumentov CAD je omejeno samo na shranjevanje risb v nevtralnem formatu (npr. PDF) in ne omogoča obvladovanja dokumentov v vseh fazah razvojnega procesa.

V prid izbiri samostojnemu sistemu PLM je govorilo več argumentov. Prvi je bil ta, da je ključno orodje v razvojnem procesu postal sistem CAD/CAM Pro/ENGINEER. S samostojnim sistemom

PLM zagotavlja obvladovanje dokumentov CAD v vseh fazah njihovega življenjskega cikla, torej že od nastanka. V sistem Windchill PDMLink so vgrajena orodja za vizualizacijo, kar zagotavlja pregledovanje modelov in risb tudi tistim uporabnikom, ki ne uporabljajo sistema Pro/ENGINEER. Dodatne funkcionalnosti omogočajo sočasni razvoj izdelkov in večjo standardizacijo dela v konstrukcijskem in razvojem procesu. Med pomanjkljivosti te rešitve bi lahko šteli, da gre za nov informacijski sistem, ki potrebuje dokaj zmogljivo strojno opremo in dodatno vzdrževanje. Kljub preprostosti in preglednosti uporabniškega vmesnika je potrebno dodatno izobraževanje uporabnikov in tudi nekaj sprememb v načinu dela.

4.2 Prenova procesov razvoja izdelkov

Prenova procesov razvoja izdelkov je potekala postopno. V prvem koraku prenove smo želeli zagotoviti osnovne pogoje za boljšo uporabo sistema Pro/ENGINEER. Z drugačno namestitvijo programske opreme, skupnimi nastavitvami in urejenimi knjižnicami dokumentov CAD so postavljeni temelji za boljšo izkoriščenost sistema, lažje delo in izmenjavo podatkov v razvojnem procesu.

Naslednji korak v prenovi razvojnih procesov je bil uvajanje najboljših praks in metod konstruiranja.

Zadnji korak prenove procesov je bil narejen po uvedbi sistema PLM Windchill PDMLink. Z njim smo dosegli še boljše povezovanje v razvojnem procesu in boljše obvladovanje dokumentov.

4.2.1 Optimiranje dela s programsko opremo Pro/ENGINEER

Namestitev sistema Pro/ENGINEER na strežnik

Z namestitvijo sistema Pro/ENGINEER na strežnik lažje zagotovimo, da vsi uporabniki uporabljajo isto verzijo programske opreme in enotne nastavitve. Na strežniku so poleg programske opreme Pro/ENGINEER nameščene tudi vse nastavitve, potrebne za pravilno delovanje sistema. Ker poteka namestitev programske opreme na enem samem mestu, je prehod na njeno novo verzijo bistveno hitrejši in lažji.

Skupne nastavitve za delo s sistemom Pro/ENGINEER

Naslednji korak je bilo poenotenje nastavitvev za delovanje programske opreme Pro/ENGINEER. Delovanje Pro/ENGINEER nastavljamo prek tekstovnih datotek, med katerimi so najpomembnejše:

- **config.pro** je glavna nastavitvena datoteka, v kateri nastavimo delovanje celotnega sistema Pro/ENGINEER
- **config.win** je datoteka, s katero nastavljamo uporabniški vmesnik; v njej določimo lego posameznih menijev in njihovo vsebino
- datoteke z nastavitvami za izdelavo risb določajo standarde in pravila tehniškega risanja, ki jih uporabljamo na risbah.

S poenotenjem nastavitve vsem uporabnikom zagotovimo enako delovanje sistema in delovno okolje. Enotne nastavitve in uporaba skupnih predlog omogočata izmenjavo dokumentov CAD, saj so izdelani z upoštevanjem enakih pravil in nastavitvev.

Predloge dokumentov CAD

Uporaba predlog (*angl. Template*) ponuja uporabnikom sistema CAD/CAM skupno osnovo za kreiranje dokumentov CAD. Za delo s sistemom Pro/ENGINEER smo izdelali:

- predloge 3D modelov in sestavov
- predloge delavniških in sestavnih risb v velikostih formatov od A4 do A0
- formate delavniških in sestavnih risb v velikostih formatov od A4 do A0
- tabele za kosovnice sestavnih risb.

Vse predloge modelov in sestavov poleg osnovnih gradnikov vsebujejo vse zahtevane uporabniške parametre (Tabela 17) in algebraične relacije za izračun vrednosti parametrov.

Predloge risb in formatov prav tako vsebujejo vse potrebne parametre ter omogočajo avtomatski zapis izbranih parametrov na risbo. S tem se izognemo večkratnemu vnašanju podatkov in zagotovimo pravilno vsebino dokumentov CAD.

Knjižnice 3D modelov standardnih delov

Knjižnice 3D modelov vsebujejo modele standardnih sestavnih delov: vijakov, matic, ležajev in drugih. V knjižnice lahko dodamo tudi modele pogosto uporabljenih sestavnih delov, ki smo jih izdelali sami ali izvirajo iz katalogov proizvajalcev različnih sestavnih delov – hidravlične in pnevmatske komponente, elektromotorji itd.

Pri urejanju knjižnic smo najprej določili, katere modele sestavnih delov bomo sploh uvrstili v knjižnico. Izbrane modele smo opremili z ustreznimi uporabniškimi parametri in jih prenesli na strežnik. Za lažjo uporabo knjižnic je bil izdelan programski vmesnik, ki omogoča hitrejše iskanje modelov standardnih komponent in njihovo uporabo po načelu »potegni in spusti« (*angl. Drag and Drop*). Prav tako je bila izdelana posebna aplikacija, s katero lahko uporabniki sami dopolnjujejo knjižnico z novimi modeli.

4.2.2 Spremembe v procesu konstrukcije izdelkov

Nov sistem označevanja dokumentov CAD

Z novim sistemom označevanja dokumentov CAD smo želeli poenotiti označevanje vseh vrst dokumentov CAD. Pri tem smo izhajali iz dveh temeljnih pravil:

- vsaka risba lahko prikazuje samo en model ali sestav
- usklajenost imen dokumentov s sistemom označevanja izdelkov, orodij in strojev.

Nov sistem označevanja (Slika 48) je prilagojen označevanju izdelkov, orodij in strojev in v vsakem primeru zagotavlja unikatnost označevanja. Oznake modelov izdelkov in njihovih sestavnih delov so enake oznakam gradnikov v sistemu ERP Baan.

Slika 48: Sistem označevanja izdelkov, orodij in strojev

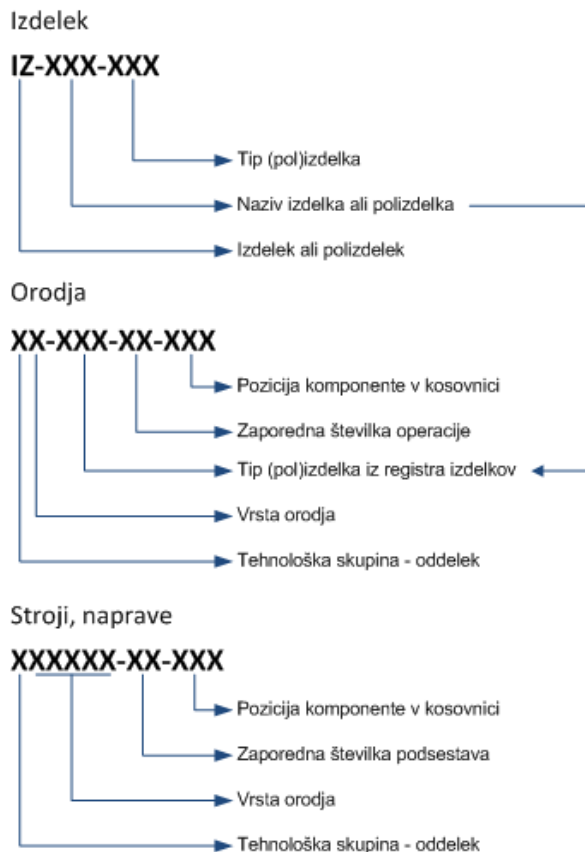


Tabela 16: Primer kodiranja dokumentov CAD za izdelek

Tip dokumenta CAD	Ime datoteke - naziv	Opis
Sestav (*.asm)	M1-080-000.asm	Mehanizem 1 sestav 80 splošno
Model (*.prt)	M1-002-080.prt	Rebro mehanizma 1 tip 80
Risba (*.drw)	M1-080-000.asm	Mehanizem 1 sestav 80 splošno

Preverjanje skladnosti dokumentov CAD z dogovorjenimi nastavitvami

Za usklajevanje obstoječih dokumentov CAD z novimi nastavitvami smo uporabili programski modul ModelCheck, ki je del sistema Pro/ENGINEER. Z modulom ModelCheck lahko za vsak dokument CAD preverimo, ali je izdelan v skladu z zahtevami in vsebuje osnovne geometrijske gradnike, uporabniške parametre in algebrske relacije. Kadar kateri izmed nastavljenih pogojev ni izpolnjen, ModelCheck opozori na napako. V primeru nepopolnih parametrov in relacij lahko manjkajoče podatke tudi avtomatsko doda.

Uporaba novih metod konstruiranja

Trdnostne analize z metodo končnih elementov smo uporabili pri razvoju nove generacije mehanizmov za registratorje. Ena izmed ključnih zahtev razvoja novih mehanizmov je bilo zmanjšanje debeline pločevine ob nespremenjeni trdnosti osnovne ploščice v primerjavi s starim mehanizmom.

Pri klasičnem razvojnem procesu bi konstrukciji izdelka sledila še konstrukcija prototipnega orodja s katerim bi izdelek izdelali in ga nato še preiskusili. Ob neustreznih rezultatih preiskusov bi morali spremeniti konstrukcijo izdelka in orodja, orodje popraviti ali celo znova izdelati in ponoviti preskuse.

Z metodo končnih elementov analiziramo trdnostne lastnosti izdelka, ko ta obstaja le kot 3D model na računalniku. Z uporabo metode končnih elementov smo tako iskali optimalno obliko ploščice mehanizma pri minimalni debelini pločevine. Analizo smo izvedli v več ponovitvah. Pri vsaki ponovitvi je bili spremenjeni oblika ali dimenzije izdelka, dokler nismo prišli do ustreznih rezultatov.

Konstruiranje od zgoraj navzdol (*angl. Top – Down Design*) je drugačen pristop h konstruiranju in računalniškemu modeliranju izdelkov. Pri klasičnem konstrukcijskem procesu začnemo z modeliranjem posameznih sestavnih delov, ki jih nato sestavljamo v podsestave in sestave. Pri pristopu od zgoraj navzdol razvojna skupina najprej določi, kakšne so osnovne lastnosti in struktura izdelka. Pri tem izdelek razstavi na module ali podsklope, ki izdelek sestavljajo, ter določi njihove stične točke. Za tako določeno strukturo izdelka projektna skupina naredi »okostje« (*angl. skeleton*), na katerem določi skupne reference pri modeliranju in sestavljanju podsklopov in njihovih sestavnih delov.

Tak način dela v proces konstruiranja prinaša številne spremembe:

- Intenzivna komunikacija v razvojni skupini: lastnosti izdelka morajo biti jasno določene, določeni morata biti struktura izdelka in delitev dela. Vse to zahteva dogovarjanje in usklajevanje dela v skupini.
- Možnost sočasnega dela – konstruiranja: z razdelitvijo izdelka v medsebojno neodvisne module smo razvojni skupini omogočili sočasno delo pri razvoju posameznih modulov. Konstrukterji so odgovorni za modeliranje modulov, za njihovo sestavljanje in preverjanje pa je skrbi vodja projekta.
- Lažje delo in izvajanje sprememb: zaradi razčlenitve izdelka – stroja – na manjše podsklope, je delo konstrukterjev lažje in preglednejše.

Analiza gibanja (kinematike) mehanizmov in kolizije omogoča simulacijo delovanja stroja in vanj vgrajenih mehanizmov. Pri tem preverjamo, ali se sestavni deli gibajo tako, kot je predvideno, in ali pri tem pride do kolizij – trkov z drugimi sestavnimi deli. Analizo gibanj najprej opravimo na ravni podsklopov, nato še na ravni celotnega stroja.

Princip konstruiranja od zgoraj navzdol in analizo gibanja mehanizmov smo uporabili pri razvoju montažnega avtomata za sestavljanje mehanizmov za registratorje. Montažni avtomat ima 15 delovnih postaj s sistemi za transport sestavljenega izdelka, manipulacijo sestavnih delov, orodja za izvajanje delovnih operacij ter sisteme za krmiljenje in avtomatsko kontrolo kakovosti. Zaradi svoje velikosti in kompleksnosti delovanja bi bilo konstruiranje s klasičnim pristopom zelo zahtevno in dolgotrajno.

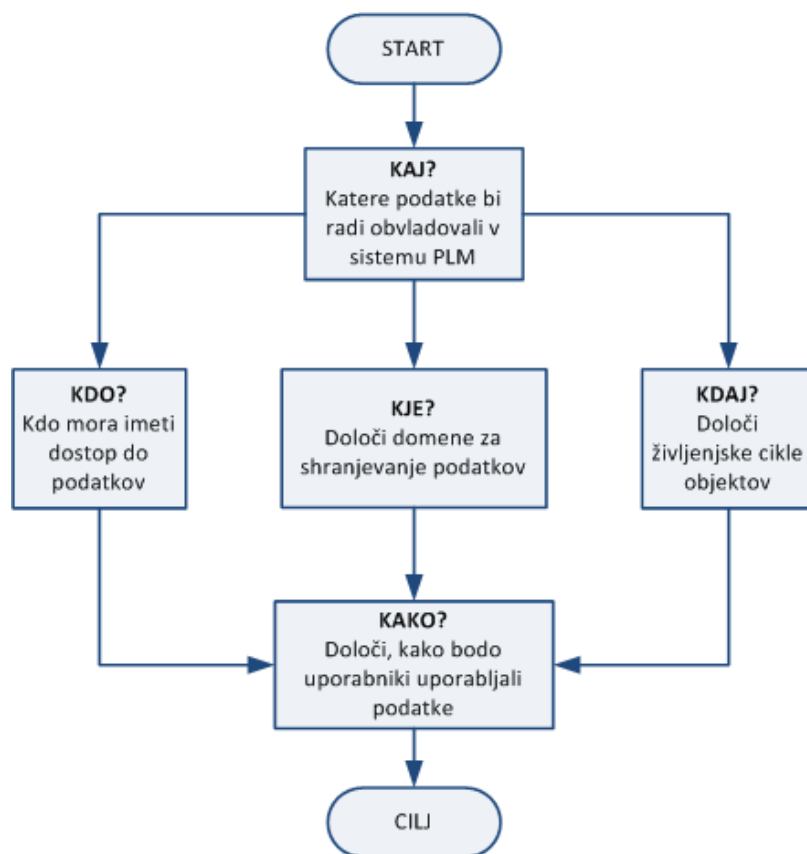
4.3 Informatizacija procesa razvoja novih izdelkov

Kot ključno orodje pri informatizaciji procesa razvoja izdelkov je bil izbran sistem PLM Windchill PDMLink. Gre za izdelek ameriškega podjetja PTC, ki je razvilo tudi sistem CAD/CAM Pro/ENGINEER.

Bistvene za delovanja sistema so primerno izvedene nastavitve. Pri nastavitvah moramo dobiti odgovore na pet ključnih vprašanj (Slika 49):

1. KAJ oz. katere objekte bomo obvladovali v PLM sistemu Windchill?
2. KDO so uporabniki in kakšne so njihove vloge v sistemu PLM?
3. KJE bodo shranjeni objekti?
4. KDAJ so objekti primerni za prehod v naslednjo fazo življenjskega cikla?
5. KAKO so določene pravice uporabnikov?

Slika 49: Potek določanja nastavitv v sistemu Windchill PDMLink



Vir: PTC, Introduction to Windchill PDMLink 9.0, 2008

KAJ – katere objekte bomo obvladovali v PLM sistemu Windchill?

Pri izbiri objektov, ki jih bomo obvladovali s sistemom Windchill, smo izhajali iz matrike dokumentov. V prvi fazi uvajanja sistema Windchill smo se omejili na dokumente CAD, ki izhajajo iz sistema CAD/CAM Pro/ENGINEER:

- 3D modeli in sestavi
- delavniške in sestavne risbe s pripadajočimi kosovnicami
- vse datoteke, ki nastanejo pri pripravi programov za NC obdelovalne stroje
- formati delavniških in sestavnih risb ter tabele kosovnic
- predloge modelov in sestavov.

Za opisovanje dokumentov CAD v sistemu Windchill smo poleg sistemskih atributov uporabili še uporabniške parametre, ki smo jih definirali že pri prenovi procesa konstruiranja s sistemom Pro/ENGINEER. Vsi uporabljeni atributi so prikazani v tabeli 17.

KDO so uporabniki in kakšne so njihove vloge v sistemu PLM?

Z vlogami uporabnikov določimo, kakšne so njihove pravice in naloge pri delu s sistemom PLM. Osnovne vloge so bile določene že v matriki dokumentov (Tabela 15), zaradi posebnosti delovanja sistema pa smo jih še dopolnili. Osnovne vloge v domeni produktov so:

- Konstrukter
- Tehnolog
- Elektronik
- Vodja razvoja
- Programer
- Product Manager – skrbnik domene produkt
- Member – osnovna vloga za uporabnike
- Approver – potrjevalec v procesu povišanja
- Reviewer – pregledovalec v procesu povišanja.

Product Manager, Member, Approver in Reviewer so vloge, ki jih določa sistem Windchill PDMLink. Uporabniki v vlogi Member imajo majhen nabor pravic, ki je največkrat omejen samo na pregledovanje (branje) objektov in njihove vsebine v domeni. Vloga Product Manager je namenjena skrbniku domene. Vlogi Approver in Reviewer sodelujeta v procesu poviševanja objektov v fazah življenjskega cikla.

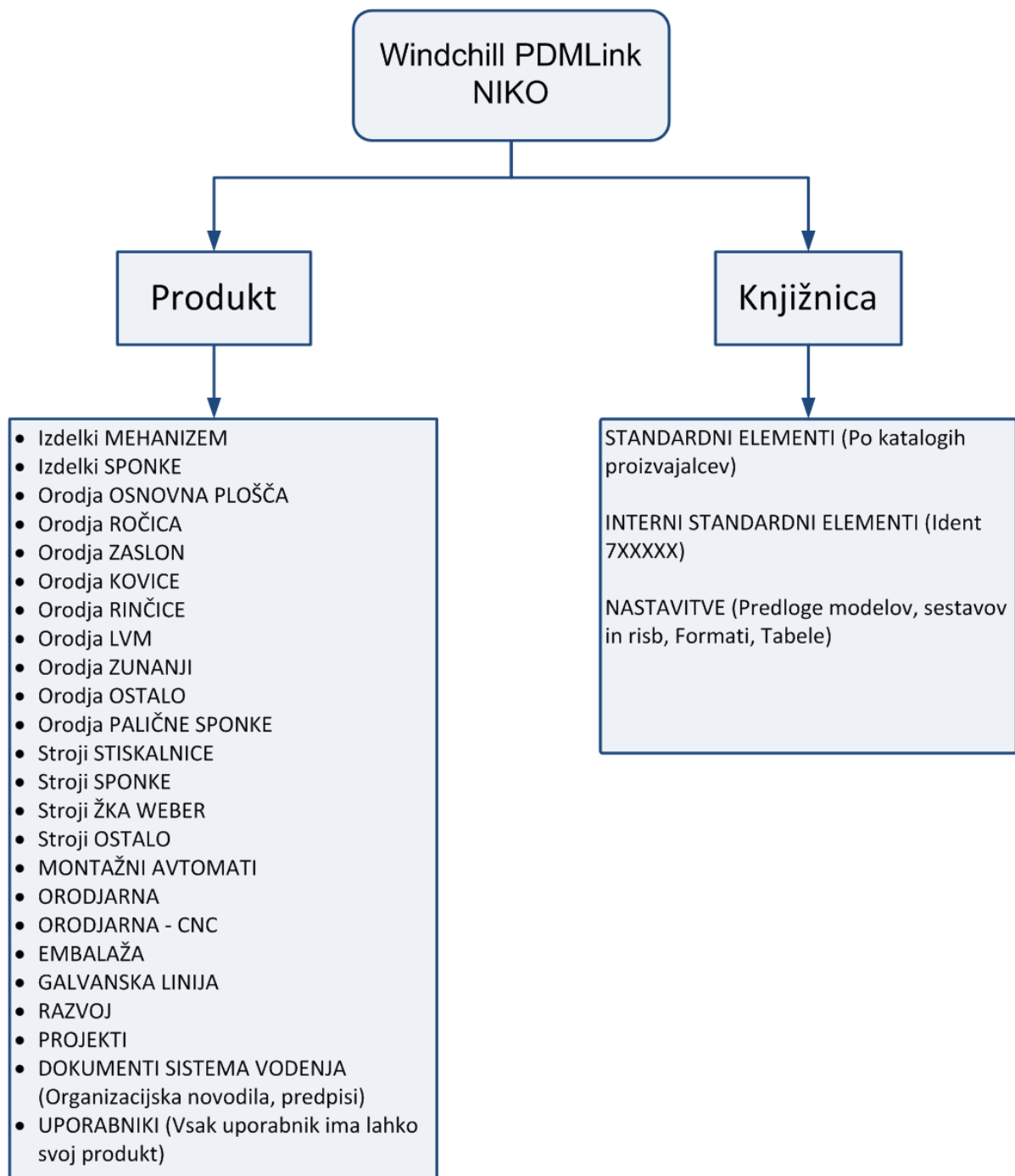
V domeni knjižnic smo vse uporabnike uvrstili v vlogo Member, kar zadošča za uporabo objektov v tej domeni. Urejanje domene knjižnic je namenjeno vlogi Library Manager.

Kot uporabnike smo v sistem Windchill PDMLink dodali vse uporabnike sistema CAD/CAM Pro/ENGINEER (konstrukterje, tehnologe in tehnologe v orodjarni), vodje projektov, tehnologe kakovosti, vodjo razvoja, orodjarne in zagotavljanja kakovosti ter vodje delavnic v proizvodnji. Za lažje administriranje smo uporabnike združili v skupine (*angl. User Group*).

Tabela 17: Uporabniški in sistemski atributi za opis dokumentov CAD

Ime atributa	Opis	Vrsta	Vrednost	Vir
IDENT	Pozicija gradnika v kosovnici	String	Zadnja štiri mesta iz atributa PTC_COMMON_NAME	Relacija
MASA	Masa gradnika v kg	Real Number	0.000000	
NAZIV	Naziv – opis gradnika	String	VPISI NAZIV	Uporabnik
MATERIAL	Material gradnika	String	1.XXXX	
OPOMBA	Splošna opomba	String	Vpisi obdelavo, trdoto, standard...	
FIRMA	Ime podjetja	String	NIKO d.d.	
PRIPAD	Ime nadrejenega sestava	String	Vpisi najnižji (pod)sestav	
GAB_OPIS	Zunanje dimenzije gradnika	String	0x0x0	
PTC_WM_REVISION	Oznaka revizije dokumenta	String	A	Windchill
PTC_WM_ITERATION	Oznaka iteracije dokumenta	String	1	
PTC_WM_VERSION	Oznaka verzije dokumenta	String	A.1	
PTC_WM_LIFECYCLE_STATE	Faza v življenjskem ciklu	String	RAZVOJ	
PTC_WM_CREATED_BY	Kreator objekta	String	Uporabniško ime	
PTC_WM_CREATED_ON	Datum kreiranja	String	26.1.2007	
PTC_WM_MODIFIED_BY	Izvajalec spremembe	String	Uporabniško ime	
PTC_WM_MODIFIED_ON	Datum spremembe	String	26. 9. 2009	
PTC_COMMON_NAME	Opis v sistemu Windchill	String	Ročni vnos na osnovi klasifikacijskega sistema	
MODEL_NAME	Ime datoteke s 3D modelom	String	Avtomatsko določen pri kreiranju dokumenta (<i>Autogenerate</i>)	Pro/ENGINEER
DWG_NAME	Ime datoteke z risbo	String		

Slika 50: Shema organiziranja knjižnic in produktov



KJE bodo shranjeni objekti?

Sistem PLM Windchill PDMLink omogoča organiziranje podatkov v domenah produktov in knjižnic. Domena produkt je namenjena shranjevanju podatkov, povezanih z razvojem enega izdelka ali družine izdelkov

Pri dolčanju domen produktov je bilo dogovorjeno, da bodo domene sledile novemu sistemu označevanja (Slika 50). Za obvladovanje podatkov o izdelkih sta bili določeni dve domeni

(Mehanizmi in Sponke) dve domeni, posebej pa so bile definirane domene za podatkov o orodjih in strojih. Poleg teh domen sta bila določena še produkta:

- **projekti** za shranjevanje dokumentov, povezanih z izvajanjem sofinanciranih razvojnih projektov
- **dokumenti sistema vodenja** za dokumente, povezane z obvladovanjem sistema kakovosti ISO 9000: poslovniki, organizacijski predpisi in navodila.

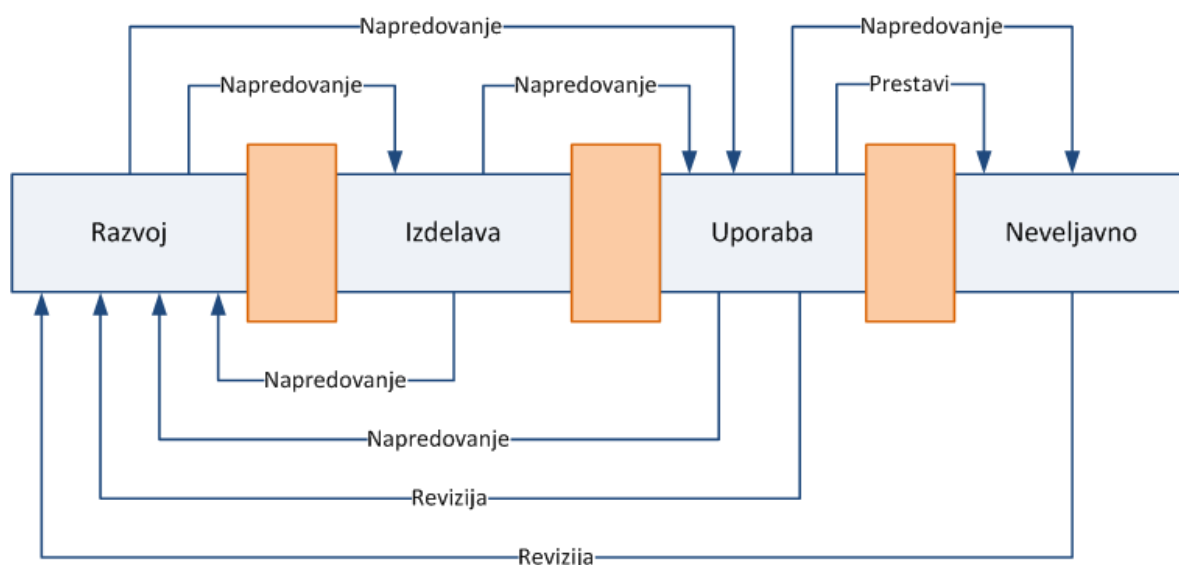
KDAJ – življenjski cikel objektov

Pri določanju življenjskega cikla objektov smo sledili fazam v razvoju in konstrukciji orodij in strojev. Življenjski cikel dokumentov CAD sestavljajo štiri faze (Slika 51):

- **Razvoj** je faza, v kateri poteka konstrukcija izdelka; konstrukter ima pravico kreiranja in spreminjanja dokumentov CAD, vsi drugi uporabniki jih lahko samo pregledujejo
- **Izdelava** je faza, ko je izdelek (orodje ali stroj) v izdelavi v orodjarni; konstrukter ima še vedno pravico do spreminjanja dokumentov CAD, enake pravice so dobili tudi tehnologi v orodjarni
- **Uporaba** pomeni prevzem orodja ali stroja; dokumentov CAD se ne da več spreminjati
- **Neveljavno** pomeni umik dokumenta CAD iz uporabe.

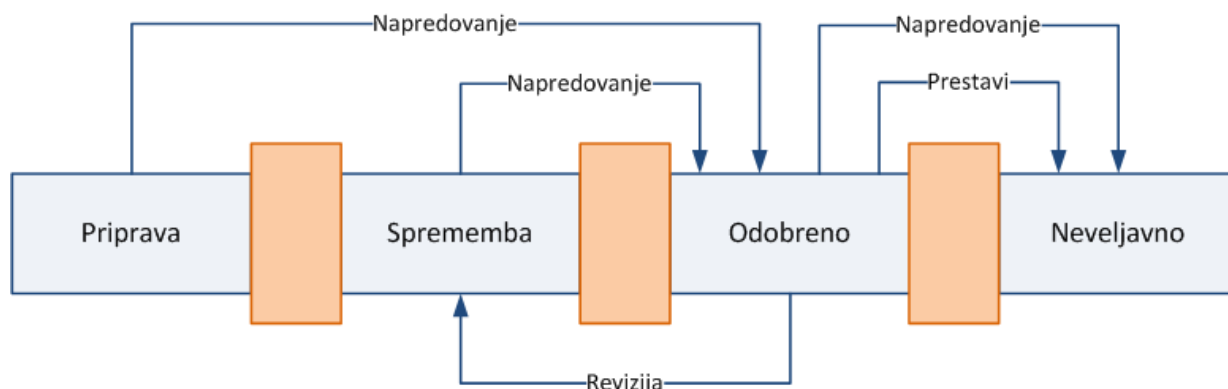
Med njimi prehajamo z napredovanjem. Prehod med fazama Uporaba in Neveljavno lahko izvedemo tudi z ukazom Prestavi (Set), to pa lahko stori samo vodja projekta z vlogo Product Manager in ne zahteva posebnega potrjevanja in obveščanja. Z vsakim napredovanjem se pravice uporabnikov zmanjšujejo, zato je za spreminjanje dokumentov potrebno vračanje v predhodne faze življenjskega cikla. Kadar izvedba spremembe zahteva novo revizijo dokumenta CAD, se faza življenjskega cikla avtomatsko vrne na Razvoj.

Slika 51: Življenjski cikel dokumentov CAD



Življenjski cikel dokumentov (Slika 52) prav tako sestavljajo štiri faze: Priprava, Sprememba, Odobreno in Neveljavno. Novi dokumenti iz faze Priprava napredujejo v fazo Odobreno, spremembe dokumentov pa so dovoljene samo v fazi Sprememba. Iz faze Odobreno je mogoče napredovanje v fazo Neveljavno ali se dokument z novo revizijo vrne v fazo Spremembe, kjer se ga lahko spremeni.

Slika 52: Življenjski cikel dokumentov



KAKO so določene pravice uporabnikov?

Pravice uporabnikov določamo glede na:

- Fazo v življenjskem ciklu: uporabniki imajo v različnih fazah različne pravice. V zgodnjih fazah razvoja imajo večje možnosti spreminjanja objektov. Pozneje se njihove pravice zmanjšujejo in lahko objekte le še pregledujejo.
- Vlogo uporabnikov v domeni: pravice uporabnikov so povezane z njihovo vlogo v neki domeni. Vedno jih določamo za vloge in ne za posamezne uporabnike. Uporabniki dobijo svoj nabor pravic z dodelitvijo vloge v domeni.
- Vrsto objekta: dokument, dokument CAD ali gradnik.

Pri določanju pravic uporabnikov v sistemu Windchill moramo upoštevati še dve osnovni pravili:

1. če uporabnik v domeni nastopa v različnih vlogah, zanj velja unija vseh pravic, ki izhajajo iz posameznih vloge
2. pravice posameznikov prevladajo nad pravicami skupine uporabnikov.

V Tabeli 18 so prikazane pravice uporabnikov v vlogi Konstrukter v domeni produktov. Minimalni nabor pravic v vseh fazah življenjskega cikla obsega branja in zagotovljen dostop do pregledovanja lastnosti in vsebine objektov. Vloga Konstrukter ima v fazah Konstrukcija in Izdelava tudi pravico kreiranja in spreminjanja dokumentov CAD, medtem ko lahko v fazi Uporaba dokumente samo pregleduje. Zaradi zaščite podatkov konstrukterjem ni dovoljeno brisanje objektov, ta pravica je pridržana za vlogo Product Manager.

Tabela 18: Matrika pravic za vlogo Konstrukter v domeni produktov

Vloga	Uporabnik	Vrsta objekta	Status/Faza	VSE	Beri	Spreminjanje	Kreiraj	Briši	Administriraj	Revizija
Konstrukter (Designer)	Skupina Konstrukterji	Dokumenti	VSE							
			Priprava							
			Sprememba							
			Odobreno							
		Gradniki	VSE							
			Konstrukcija							
			Izdelava							
			Uporaba							
		Dokumenti CAD	VSE							
			Konstrukcija							
			Izdelava							
			Uporaba							
		Mape								

Nekoliko drugačen pristop je uporabljen pri pravicah uporabnikov v okviru knjižnic (Tabela 19). Vse pravice za delo z različnimi objekti so dodeljene administratorju knjižnic v vlogi Library Manager. Ta lahko kreira nove knjižnice, oblikuje njihovo strukturo, dodaja in spreminja dokumente CAD in druge objekte. Vsi drugi uporabniki so omejeni samo na pravico branja in pregledovanja podatkov. Tako lahko uporabijo knjižnice in predloge dokumentov CAD, shranjene v teh domenah, a jih ne morejo spreminjati.

Tabela 19: Matrika pravic za vlogo Konstrukter v domeni knjižnic

Vloga	Uporabnik	Vrsta objekta	Status/Faza	VSE	Beri	Spreminjanje	Kreiraj	Briši	Administriraj	Revizija
Konstrukter (Designer)	Skupina Vsi uporabniki	Dokumenti	VSE							
			Priprava							
			Sprememba							
			Odobreno							
		Gradniki	VSE							
			Konstrukcija							
			Izdelava							
			Uporaba							
		Dokumenti CAD	VSE							
			Konstrukcija							
			Izdelava							
			Uporaba							
		Mape								

V prvi fazi uvajanja je bila nameščena vsa potrebna programska oprema za delovanje sistema Windchill PDMLink. Temu so sledile še nastavitve:

- vnos uporabnikov in uporabniških skupin
- definiranje življenjskih ciklov različnih objektov
- definiranje vlog uporabnikov
- definiranje uporabniških atributov
- definiranje domen produktov in knjižnic, ki vključuje tudi:
 - določitev vlog
 - določitev pravic uporabnikov vlogah in
 - razdelitev vlog uporabnikom.

4.3.1 Delo poskusnega sistema

Izobraževanje in usposabljanje uporabnikov

Ključni dejavnik za uspešno delo uporabnikov je bilo obširno in uspešno izobraževanje, ki je potekalo v več delih. V tem delu projekta smo pripravili izobraževanje za vse člane projektne skupine in tiste ključne uporabnike, ki so sodelovali pri prenosu podatkov v sistem PLM.

Prvi del izobraževanja je bila predstavitev informacijskega sistema Windchill. Obsegala je prikaz delovanja sistema in različnih funkcionalnosti, prikaz povezav s sistemom Pro/ENGINEER in kratko predstavitev možnosti uporabe sistema v podjetju Niko.

Drugi del izobraževanja je bil namenjen konkretnemu spoznavanju s funkcionalnostmi sistema na šolskih primerih.

Najpomembnejši del usposabljanja pa je bilo delo uporabnikov na primerih iz njihove prakse. Za vsakega uporabnika smo izbrali primer iz njegove prakse, ki ga je moral prenesti v sistem Windchill.

Prenos knjižnic standardnih komponent

Za uporabo sistema Windchill PDMLink smo v testni sistem vnesli vse dokumente CAD, ki so sestavljali knjižnico standardnih delov za sistem Pro/ENGINEER.

Preizkus delovanja

Pri preizkusu delovanja sistema smo preverjali, ali res deluje v skladu s pričakovanji in izdelanimi nastavitvami. Pri tem smo preverjali:

- pravice uporabnikov v različnih domenah,
- delovni tok pri potrjevanju napredovanja v življenjskem ciklu
- obveščanje uporabnikov po elektronski pošti
- delovanje sistema za vizualizacijo.

V fazi preizkušanja smo izdelali še dodatne nastavitve uporabniškega vmesnika in iskalnih kriterijev za poizvedovanje v bazi podatkov.

4.3.2 Prenos podatkov in zagon delovnega sistema

Po preizkusu in potrditvi pravilnega delovanja sistema PLM Windchill je bilo treba v sistem prenesti še vse dokumente CAD aktivnih izdelkov, orodij in strojev. Ob tem smo za določeno obdobje omogočili še vzporedno delo konstrukterjev mimo sistema Windchill.

V fazi prenosa je bilo spet organizirano izobraževanje uporabnikov, ki smo jih razdelili v dve skupini. V prvi so bili uporabniki sistema Pro/ENGINEER, v drugi pa vsi preostali. Izobraževanje prve skupine je potekalo enako kot izobraževanje projektne skupine. V drugi skupini so bili uporabniki, katerih uporaba sistema Windchill je bila omejena samo na pregledovanje dokumentov CAD. Zanje smo pripravili krajši tečaj, na katerem smo jih seznanili z osnovami iskanja in pregledovanja dokumentov CAD, uporabe sistema za vizualizacijo ProductView in vnosa drugih dokumentov v sistem.

Za vse uporabnike so bila pripravljena navodila za delo s sistemom Windchill PDMLink, ki so vključevala tudi primere najboljših praks dela s sistemom in načine za odpravljanje najpogostejših težav.

4.3.3 Prenova procesov

Uvajanje sistema PLM je omogočilo nadaljnjo prenovo razvojnih procesov. Prvi korak pri nadaljevanju prenove je bila uvedba sistema »pull« za dostop do vseh dokumentov v PLM. Sistem namreč omogoča vsem uporabnikom dostop do dokumentov in njihovo pregledovanje, zato ni več potrebno kopiranje in razdeljevanje dokumentov. S tem so nepotrebni tudi razdelilniki dokumentov ali kartice o evidenci. Uporabniki so sami odgovorni za uporabo prave verzije dokumentov. Veljavna je samo zadnja verzija dokumenta iz sistema PLM, vse druge oblike imajo status »V informacijo«.

Za lažje spremljanje sprememb dokumentov, posebno pri napredovanju med fazama Razvoj in Izdelava, smo uporabili vlogo Reviewer, ki nastopa v procesu napredovanja. V njo smo uvrstili uporabnike v vlogah Programer in Vodja orodjarne, ki pri potrditvi napredovanja dobijo obvestilo o napredovanju. Tako so takoj obveščeni o tem, da je neki model s pripadajočo risbo pripravljen za začetek izdelave. Postopek napredovanja smo uporabili tudi za pregledovanje in potrjevanje risb. Podpis na risbi smo zamenjali z označevanjem statusa v njenih glavah. Vsi potrjevalci risb so dobili vlogo Approver, s katero lahko potrdijo napredovanje v naslednjo fazo življenjskega cikla.

Za uporabnike, ki neposredno ne sodelujejo v sistemu napredovanja dokumentov, smo uvedli sistem naročnin. Na objektu se lahko »naročijo« na obvestilo o izvedbi določene aktivnosti.

SKLEP

Konkurenčni boj med podjetji postaja čedalje ostrejši in neizprosnejši, iskanje konkurenčne prednosti pa čedalje težje. Majhna in srednje velika podjetja si tudi v zahtevnih časih želijo zdrave rasti poslovanja in razvoja novih izdelkov, a za to potrebujejo takojšnje in čim natančnejše informacije o lastnem poslovanju, na podlagi katerih lahko sprejmejo boljše poslovne odločitve. Omejeni proračuni majhnih in srednje velikih podjetij hkrati zahtevajo, da so te rešitve preproste za namestitvev ter nezahtevne za upravljanje in vzdrževanje. Prilagojene morajo biti za uporabo v majhnih in srednje velikih organizacijah, nadaljnja optimizacija pa lahko vsebuje prilagojene rešitve za delo posameznih oddelkov in celo posameznikov.

Pri prenovi in informatizaciji procesa razvoja izdelkov v podjetju Niko, d. d., ki sodi med srednje velika slovenska podjetja, se je izkazalo, da je tudi v razmeroma majhnem razvojnem okolju veliko možnosti za izboljšave procesov. Pokazalo se je tudi, da uvajanje nove programske opreme, ne glede na njeno zmogljivost, še ne pomeni, da se bodo procesi v podjetju tudi dejansko spremenili.

To kaže način uvajanja sistema CAD/CAM Pro/ENGINEER v podjetju Niko. Razlogi, da ni prišlo do sprememb in izboljšav, pa so:

Konstrukterji in tehnologi so ugotovili, da imajo zastarelo programsko opremo in da potrebujejo novo. Cilj njenega uvajanja je bil povečanje njihove osebne učinkovitosti. Pri tem so prezrli, da gre za parcialno reševanje problemov, ki ne vpliva na učinkovitost celotnega procesa razvoja izdelkov.

V majhnih podjetjih nimajo skrbnika, ki bi skrbel za razvijanje sistema CAD/CAM ter njegovo širjenje in uporabo in uvažal izboljšave razvojnih procesov. To nalogo zaupajo kar enemu od ključnih uporabnikov, ki pa zaradi drugih obveznosti največkrat zagotavlja zgolj osnovno delovanje sistema.

Izobraževanje uporabnikov programske opreme je nepopolno, saj se konča že, ko spoznajo temeljne funkcionalnosti modeliranja in izdelave tehnične dokumentacije. Najpogostejši vzrok za to pomanjkljivost so izgovori, da gre za nepotrebne stroške in odsotnost z delovnega mesta.

V viziji razvoja podjetja Niko, d. d., so zapisali, da želijo ostati podjetje, ki v svoji visoko avtomatizirani, delno celo robotizirani proizvodnji izdeluje izdelke najvišje kakovosti in s tem zagotavlja kupcem, »da za svoj denar pri nas dobijo nekaj več« (Niko, d. d., Železniki – Pozicija in vizija podjetja). Drugi dejavniki, ki močno vplivajo na razvoj novih izdelkov v Niko, d. d., so: konkurenca z Daljnega vzhoda, pritisk na zniževanje stroškov, okoljevarstvene zahteve in širitev proizvodnega programa z novimi izdelki.

Vse to so bila izhodišča za prenovu in informatizacijo procesa razvoja izdelkov. Osnovno vodilo pri uvajanju novega informacijskega sistema, ki bi tudi dejansko prenovil razvoj novih izdelkov, je bilo »Preprost proces za preproste izdelke.«

Pri iskanju modela za informacijsko podporo procesom razvoja izdelka smo na začetku izhajali iz metodologije, ki jo priporoča proizvajalec programske opreme Windchill PDMLink. Vendar se je izkazala za preobširno in prezapleteno za uvajanje v mala in srednje velika podjetja. Ob nadaljnjem pregledu dostopne literature sem našel primerno rešitev v delu dr. Duhovnika in dr. Tavčarja. Lahko sem jo prilagodil in uporabil pri uvajanju sistema Windchill PDMLink.

Tudi pri delu s sistemom PLM Windchill smo poskušali zagotoviti čim preprostejše delovanje. Ohranili smo osnovne nastavitve za delovanje sistema, dodali ali spremenili pa smo nastavitve, povezane s pravicami uporabnikov, življenjskimi cikli in potrjevanjem napredovanja v življenjskem ciklu objektov.

Prenova procesov razvoja izdelkov je potekala v dveh korakih. V prvem smo prenovili način dela s sistemom CAD/CAM Pro/ENGINEER. Z vzpostavitvijo skupnih standardov dela so bili določeni temelji za skupno delo in sodelovanje v razvojnem procesu. V proces razvoja izdelkov smo vključili računalniške analize in simulacije, ki so del virtualnega razvoja izdelkov. Z uvajanjem metode konstruiranja »top – down« smo omogočili sočasni razvoj izdelkov kot ključni dejavnik skrajševanja razvojnih ciklov izdelkov. S sočasnim razvojem smo dejansko prenovili razvojni proces. Z boljšim sodelovanjem v razvojni skupini smo zagotovili hitrejše odkrivanje in odpravljanje napak, to pa pomeni tudi nižje stroške.

V drugem koraku smo uvedli nov informacijski sistem Windchill. Ta je omogočil nadzor nad vsemi spremembami dokumentov, ki so jih v sistem vnašali različni uporabniki. Pred tem je bilo spreminjanje dokumentov popolnoma neobvladljivo. Zagotovili smo tudi dodatno varnost, saj je nepooblaščen spreminjanje dokumentov onemogočeno. Po drugi strani pa smo omogočili vpogled v dokumente precej širšemu krogu uporabnikov, med katere ne sodijo več samo konstrukterji ali tehnologi, temveč tudi vsi tisti, ki potrebujejo informacije o izdelku. Vitkost procesov razvoja smo dosegli z odpravljanjem odvečnih aktivnosti in dokumentov, ki smo jih lahko nadomestili s funkcionalnostmi sistema PLM. Uvedli smo brezpapirno poslovanje v orodjarni in proizvodnji, saj lahko vsak uporabnik pride do dokumentov takrat, ko jih zares potrebuje. Prav tako smo odpravili pregledovanje in podpisovanje dokumentov CAD ter jih nadomestili s postopkom napredovanja (promoviranja) dokumentov in z obveščanjem uporabnikov.

Ves projekt prenove in informatizacije procesov razvoja izdelkov v Niko, d. d., je bil opravljen v šestih mesecih. Prepričan sem, da je to velik dosežek, še posebej če upoštevamo izhodiščno stanje. Med ključne dejavnike uspeha pri izvedbi projekta štejem podporo vodstva podjetja, saj je zagotovilo sodelovanje zaposlenih v projektni skupini in pri izvajanju projektnih aktivnosti. Kot vodji projekta mi je bila na voljo kompetentna projektna skupina, sestavljena iz zaposlenih v podjetju in zunanjih svetovalcev. Zelo pomembno je bilo, da smo jasno določili cilje prenove in s tem usmerili delo projektne skupine. Pri tem je nujno dobro poznavanje dela v razvojnih skupinah in samega procesa razvojev izdelkov. S takim pristopom se izognemo občutku zapostavljenosti pri članih projektne skupine in drugih zaposlenih. Občutek vključenosti in sodelovanje v projektni skupini sem zagotovil z obširnimi programom izobraževanja na različnih ravneh zahtevnosti.

Moj prispevek znanosti je spoznanje, da je prenova procesov mogoča samo z multifunkcionalnim pristopom ter pripravljenostjo vodstva in zaposlenih za uvedbo sprememb v podjetju. Pri popolnoma tehničnem pristopu je prenova procesov omejena na reševanje parcialnih težav posameznih uporabnikov informacijskih sistemov. Pri popolnoma informacijskem pristopu pa preskočimo zelo specifičen način dela v razvojnih procesih. S tem spoznanjem sem ob pomoči projektne skupine in preštudirane literature uvedel drugačno metodologijo uvajanja sistema PLM in s tem povezano prenovo procesov razvoja novih izdelkov. Vsako podjetje ima posebnosti, zato ni mogoče avtomatično kopirati metodologij iz enega v drugo, temveč je treba upoštevati panogo, v kateri deluje, ter njegovo organizacijsko strukturo in kulturo.

Med izvajanjem projekta prenove procesov in njihove informatizacije v Niko, d. d., se je okrepilo tudi zavedanje posloводства o vplivu uspešno izvedenega projekta na ambiciozno zastavljeno vizijo razvoja podjetja. Obljuba kupcem, »da za svoj denar pri nas dobijo nekaj več«, bi sicer lahko obvisela v zraku.

LITERATURA IN VIRI

1. Allen, T. J. (1986). *Organizational structure, information technology and R&D productivity*. IEEE transactions on Engineering Management , 212–217.
2. Annacchino, M. A. (2006). *Pursuit of New Product Development*. Amsterdam: Elsevier Science & Technology Books.
3. Atwood, J. (2005) Benchmarking: Using Design for Six Sigma. *Six Sigma Magazine*, 1(4).
4. Balič, J. (2002). *CAD/CAM postopki*. Maribor: Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo.
5. Balič, J. (2001). *Računalniška integracija proizvodnje*. Maribor: Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo.
6. Booz, Allen, & Hamilton. (1982). *New Product Management for 1980s*. New York: Booz, Allen and Hamilton.
7. Boyd, R., & Richerson, P. J. (1985). *Culture and Evolutionary Proces*. Chicago: Chicago University Press.
8. Brethauer, D. (2002). *New Product Development and Delivery*. New York: AMACOM.
9. Brown, J. (2004). *Complementary Roles of ERP and PLM*. Tech-Clarity. Najdeno 11. maja 2010 na spletnem naslovu: http://tech-clarity.com/documents/Complementary_Roles_of_ERP_and_PLM.pdf
10. Brown, J. (2009). *The Evolving Roles of ERP and PLM: Integrating the Roles of Execution and Innovation*. Tech-Clarity. Najdeno 11. maja 2010 na spletnem naslovu: http://tech-clarity.com/documents/Tech-Clarity_Insight_ERP_PLM.pdf
11. Brown, J. (2010). *The Integrated ERP-PLM Strategy*. Tech-Clarity. Najdeno 11. maja 2010 na spletnem naslovu: http://tech-clarity.com/documents/Tech-Clarity_IssueinFocus_ERP_PLM_Strategy.pdf
12. Clark, B. K., & Fujimoto, T. (1991). *Product Development Performance*. Boston, MA: Harvard Business School Press.
13. Cooper, R. G. (januar 2009). *Accelerate Your 'Best' New Product Projects*. The Official Website of the Stage-Gate Product Innovation Process. Najdeno 5. avgusta 2010 na spletnem naslovu: http://www.stage-gate.net/downloads/working_papers/wp_36.pdf
14. Cooper, R. G. (januar 2009). *Stage Gate Articles, Research, Knowledge and Working Papers*. The Official Website of the Stage-Gate Product Innovation Process. Najdeno 5. avgusta 2010 na spletnem naslovu: http://www.stage-gate.net/downloads/working_papers/wp_36.pdf
15. Cooper, R. G., & Edgett, S. J. (julij 2006). *Stage-Gate and the Critical Success Factors for New Product Development*. Business Process Trends. Najdeno 26. aprila 2010 na spletnem naslovu: <http://www.bptrends.com/publicationfiles/07-06-ART-Stage-GateForProductDev-Cooper-Edgett1.pdf>
16. Crawford, C. M. (1997). *New products Management*, 5th edn. Chicago, IL.: McGraw-Hill.
17. Crawford, M., & Di Benedetto, A. (2006). *New Products Management*. Boston: McGraw-Hill.

18. Crow, K. (2002). *Design for the Environment*. New Product Development Solutions. Najdeno 8. avgusta 2010 na spletnem naslovu: <http://www.npd-solutions.com/dfe.html>
19. *Design for Assembly*. (27. januar 2010). MIT Open course. Najdeno 27. januarja 2010 na spletnem naslovu: <http://web.mit.edu/2.810/www/lecture/AssemblyShort.pdf>
20. DiPaolo, C. R. (april 2007). *Target Costing*. Chemical Engineering. Najdeno 30. maja 2010 na spletnem naslovu: http://www.che.com/technical_and_practical/3342.html
21. Dolšak, B., & Novak, M. (2006). *Konstruiranje za proizvodnjo*. Maribor: Fakulteta za strojništvo.
22. Dovžan, H. (1993). *Razvoj in trženje novega izdelka*. Ljubljana: Gospodarski vestnik.
23. Duhovnik, J., & Tavčar, J. (2000). *Elektronsko poslovanje in tehnični informacijski sistemi*. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, LECAD.
24. Eigner, M., & Haesner, D. (3) (1998). *Konfigurationsmanagement als integrierter Teil von PDM*. EDM - Engineering-Data-Management Report. Heidelberg: Dressler Verlag.
25. Griffin, A. (Vol. 14 1997). PDMA research on new product development practices: updating trends and benchmarking best practices. *Journal of Product Innovation Management*, 429.
26. Guerra-Zubiaga, D. A., Rios-Soltero, E. F., Ramon-Raygoza, E. D., Molina, A., & Tomovic, M. (2007). *PLM Tools Taxonomy to Support the Design Process*. Najdeno 30. maja 2010 na spletnem naslovu: http://www.purdue.edu/discoverypark/PLM/SME/F_ICCPR209.pdf
27. Hamel, G., & Prahalad, C. K. (1994). *Competing for the Future: Breakthrough Strategies for Seizing Control of Your Industry and Creating the Markets of Tomorrow*. Boston: Harvard Business School Press.
28. Hannam, R. (1997). *Computer Integrated Manufacturing: from concepts to realization*. Harlow: Addison-Wesley.
29. Hauser, J. R., & Clausing, D. (1988). The House of Quality. *The Harvard Business Review*, maj–junij.
30. *Integrated Product and Process Development (IPPD)*. (2010). Goldpractices. Najdeno 23. aprila 2010 na spletnem naslovu: [http://www.goldpractices.com/practices/ippd/#_\[IPPD_GUIDE,_1996\]](http://www.goldpractices.com/practices/ippd/#_[IPPD_GUIDE,_1996])
31. Kamath, R., & Liker, J. (1994). A Second Look at Japanese Product Development. *Harvard Business Review*, november–december, 154–173.
32. Kaplan, R. S., & Norton, D. P. (2000). *Uravnoteženi sistem kazalnikov*. Ljubljana: Gospodarski vestnik.
33. Kaplan, R. S., & Norton, D. P. (1996). Using a Balanced Scorecard as a Strategic Management System. *Harvard Business Review*, januar–februar, 76.
34. Khan, R. N. (2004). *Business Process Management. A Practical Guide*. Tampa: Meghan-Kiffer Press.
35. Khurana, A., & Rosenthal, S. (1997). Integrating the fuzzy front-end of new-product development. *Sloan Management Review*, 38:2, 102.
36. Kovačič, A., & Peček, B. (2004). *Prenova in informatizacija procesov*. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za upravo.
37. Kovačič, A., Groznik, A., & Ribič, M. (2005). *Temelji elektronskega poslovanja*. Ljubljana: Ekonomska fakulteta.

38. Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way*. New York: McGraw-Hill.
39. Ljubič, T. (2000). *Planiranje in vodenje proizvodnje: modeli, metode, podatki*. Kranj: Moderna organizacija.
40. Loch, C., & Kavadias, S. (2008). *Handbook of New Product Development Management*. Amsterdam: Elsevier.
41. Lorenz, C. (1990). *The Design Dimension*. Oxford: Basil Blackwell.
42. Monacelli, G. (2009). *Virtual Product Validation*. European HyperWorks Technology Conference. Najdeno 13. avgusta 2010 na spletnem naslovu:
http://www.altairhtc.com/europe/Presentations_2009/Keynotes_01/CNH_Virtual%20Product%20Validation%20Monacelli%20%202009-final.pdf
43. Morgan, J. M., & Liker, J. K. (2006). *The Toyota Product Development System*. New York: Productivity Press.
44. Nave, D. (2002). How To Compare Six Sigma, Lean and the Theory of Constraints. *Quality Progress*, marec, 73-78.
45. Niko, d. d. (2008). *Letno poročilo 2008*. Železniki: Niko, d. d.
46. Niko, d. d. (b.l.). Pozicija in vizija podjetja. Niko, d. d., Najdeno 25. avgusta 2010 na spletnem naslovu: <http://www.niko.si/content/blogcategory/14/28/lang,slovenian/>
47. Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Cambridge: Productivity Press.
48. Park, S. H., & Antony, J. (2008). *Robust Design for Six Sigma*. Singapur: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.
49. Peters, A. J., & Rooney, E. M. (1999). New product design and Development. *The TQM Magazine*, III.
50. Polajnar, A., Buchmeister, B., & Leber, M. (2005). *Proizvodni menedžment*. Maribor: Fakulteta za strojništvo.
51. Porter, M. (1985). *Competitive strategy: Creating and sustaining superior performance*. New York: Free Press.
52. Prasad, B. (1996). *Concurrent Engineering Fundamentals*. Upper Saddle River: Prentice Hall Inc.
53. PTC. (2008). *Introduction to Windchill PDMLink 9.0*. Waltham, MA: PTC.
54. Rainey, D. (2005). *Product Innovation*. Cambridge: Cambridge University Press.
55. Saaksuvuori, A., & Immonen, A. (2004). *Product Lifecycle Management*. Heidelberg: Springer.
56. Saren, M. (1984). A classification of review models of the intra-firm innovation process. *R & D Management*, 1. vol. 14 str. 11 - 24.
57. Shilovitsky, O. (2009). *PLM and Project Management – marriage or divorce?*. Daily PLM Think Tank. Najdeno 15. maja 2010 na spletnem naslovu:
<http://plmtwine.com/2009/04/08/plm-and-project-management-marriage-or-divorce/>
58. Sosa, M. E., & Jurgen, M. (2008). Organization design for new product development. V C. Loch, & S. Kavadias, *Handbook of New Product Development* (str. 165–215). Oxford: Elsevier.

59. Stark, J. (b.l.). *Principles of Good Product Development*. Product Lifecycle Management PLM Najdeno 25. januarja 2010 na spletnem naslovu: <http://www.johnstark.com/engpr.html>
60. Stark, J. (2005). *Product Lifecycle Management*. London: Springer Verlag.
61. Taghizedian, S. (2006). *Essentials of Six Sigma*. Oxford: Elsevier Inc.
62. Tekavčič, M. (1997). *Obvladovanje stroškov*. Ljubljana: Gospodarski vestnik.
63. Trott, P. (2005). *Innovation management and new product development*. Harlow: Pearson Education Limited.
64. Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (1995). *Product Design and Development* New York: McGraw Hill.
65. Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (2004). *Product Design and Development*. New York: McGraw Hill.
66. Wheelwright, S. C., & Clark, K. B. (1992). *Revolutionizing Product Development*. New York: The Free Press.
67. Winner, R. I. (1988). *The Role of Concurrent Engineering in Weapons Systems* . Alexandria, VA: Institute for Defence Analysis.
68. World Bank. (2010). *Services, etc., value added (% of GDP) | Data | The World Bank*. The World Bank. Najdeno 25. avgust 2010 na spletnem naslovu: <http://data.worldbank.org/indicator/NV.SRV.TETC.ZS>

PRILOGE

KAZALO PRILOG

SLOVAR OKRAJŠAV	3
------------------------------	----------

SLOVAR OKRAJŠAV

AM	Agile Manufacturing	agilna proizvodnja
AMT	Advanced Manufacturing Technology	napredne proizvodne tehnologije
CAD	Computer Aided Design	računalniško podprto konstruiranje
CAE	Computer Aided Engineering	računalniško podprti inženiring
CAM	Computer Aided Manufacture	računalniško podprta proizvodnja
CAPM	Computer Aided Process Management	računalniško podprto vodenje procesov
CAPP	Computer Aided Process Planning	računalniško podprto načrtovanje procesov
CAQ	Computer Aided Quality Assurance	računalniško podprto zagotavljanje kakovosti
CE/SE	Concurrent/Simultaneous Engineering	sočasni razvoj izdelkov
CIM	Computer Integrated Manufacturing	računalniško integrirana proizvodnja
CNC	Computer Numerical Control	računalniško numerično krmiljenje
CRM	Customer Relationship Management	management odnosov s kupci
DNC	Direct Numerical Control	direktno numerično krmiljenje
EDI	Electronic Data Interchange	elektronska izmenjava podatkov
FMC	Flexible Manufacturing Cell	fleksibilna obdelovalna celica
FMS	Flexible Manufacturing System	fleksibilni obdelovalni sistem
GT	Group Technology	grupna tehnologija
JIT	Just In Time	točno ob pravem času
LM	Lean Manufacturing	vitka proizvodnja
MRP	Manufacturing Requirements Planning	načrtovanje proizvodnjih potreb
MRPII	Manufacturing Resource Planning	načrtovanje proizvodnih virov
NC	Numerical Control	numerično krmiljenje
PDM	Product Data Management	obvladovanje podatkov o izdelku
PLM	Product Lifecycle Management	obvladovanje življenjskega cikla izdelka
QA	Quality Assurance	zagotavljanje kakovosti
QC	Quality Control	kontrola kakovosti
SCM	Supply Chain Management	management odnosov z dobavitelj
TPM	Total Productive Maintenance	celovito produktivno vzdrževanje
TQM	Total Quality Management	popolno obvladovanje kakovosti
VM	Virtual Manufacturing	virtualna proizvodnja
WCM	World Class Manufacturing	proizvodnja na svetovni ravni
TIS	Technical Information Systems	Tehnični informacijski sistem
EDM	Engineering Data Management	Upravljanje inženirskih podatkov