

■ Ključni kazalniki za merjenje uspešnosti proizvodnje

¹Ingrid Petrič, ²Dejan Gradišar, ²Miha Glavan, ²Stanko Strmcnik

¹Univerza v Novi Gorici, Center za sisteme in informacijske tehnologije, Vipavska 13, 5000 Nova Gorica

²Institut Jožef Stefan, Odsek za sisteme in vodenje, Jamova cesta 39, 1000 Ljubljana

ingrid.petric@ung.si; dejan.gradisar@ijs.si; miha.glavan@ijs.si; stanko.strmcnik@ijs.si

Izvleček

Ključni kazalniki uspešnosti so sistemi poslovnih meril, ki jih uporabljamo za vrednotenje najbolj kritičnih vidikov uspešnosti podjetja. Cilj prispevka je predstavitev trenutnega stanja na področju raziskovanja ključnih kazalnikov uspešnosti z uporabo tekstovnega rudarjenja in prepoznavanje tistih kazalnikov, ki so najpogostejše obravnavani v strokovni literaturi s področja merjenja uspešnosti proizvodnje. Naš namen pri tem je olajšati izbor primernih in koristnih ključnih kazalnikov uspešnosti. Skrben izbor le-teh je zelo pomemben, saj v praksi ni mogoče meriti ves čas vsega. Da bi preučili domeno raziskovanja ključnih kazalnikov uspešnosti proizvodnje, smo zgradili tematsko ontologijo na podlagi povzetkov znanstvenih člankov o proizvodnih ključnih kazalnikih uspešnosti. V okviru raziskave najpogostejše uporabljenih ključnih kazalnikov uspešnosti v proizvodnji smo podrobneje preučili specifične kazalnike uspešnosti, tipične za kontinuirno, šaržno in kosovno proizvodnjo.

Ključne besede: ključni kazalniki uspešnosti, merjenje uspešnosti, proizvodni informacijski sistemi, tekstovno rudarjenje, ontološki prikaz.

Abstract

Key Data for Production Performance Measurement

Key performance indicators (KPIs) portray sets of performance measures that are used to evaluate the most critical aspects of organizational performance. This article provides a text-mining based review of the state-of-the-art on KPIs and highlights the most commonly reported KPIs in related literature on production performance measurement. Our purpose here is to facilitate the selection of appropriate and useful KPIs. Careful selection of KPIs is very important because in practice it is not possible to monitor everything all the time. To examine related prior research we constructed topic ontologies that represent the content of the abstracts of scientific articles about production KPIs. Within the context of the analysis of the most popular KPIs applied in production, we particularly addressed specific performance indicators typical for continuous, discrete and batch production.

Key words: key performance indicators, performance measurement, production information systems, text mining, ontological view.

1 UVOD

Ključne kazalnike uspešnosti (angl. Key Performance Indicators – KPI) uporabljamo za ocenjevanje uspešnosti podjetja in procesov, ki v njem potekajo ter omogočajo določanje ciljnih vrednosti elementov poslovanja (Islovar, 2013). Izraz Indicator se v slovenskem jeziku prevaja kot kazalec (Veliki slovar tujk, 2002), uporabljata pa se tudi izraz latinskega izvora indikator in izraz kazalnik, ki se je uveljavil v kontekstu merjenja uspešnosti proizvodnje. Ker so v članku obravnavana merila za proizvodno raven vodenja, zanje v tem delu uporabljamo izraz ključni kazalniki uspešnosti proizvodnje, ki se v slovenski strokovni literaturi s tega področja običajno uporablja pri prevodu izraza Key Performance Indicators.

Sistemi za merjenje uspešnosti sistematično zbirajo in predstavljajo podatke v obliki, ki uporabniku omogoča hitro doje-

manje posredovanih informacij, ki so potrebne v procesih sprejemanja odločitev. Procesi zbiranja in preoblikovanja podatkov so posebno intenzivni v proizvodnih podjetjih, v katerih s sistemi za nadzor in vodenje procesov in z drugimi informacijskimi in komunikacijskimi sistemi zajemajo in obdelujejo velike količine podatkov. Ti podatki so na voljo uporabnikom, ki jih preučujejo, interpretirajo in z njihovo pomočjo dopolnjujejo svoje znanje o procesih. Če je količina podatkov prevelika, so uporabniki preobremenjeni z njimi in iz podatkov ne pridobijo potrebnih informacij, kar pomeni resno težavo sodobnih proizvodnih informacijskih sistemov. Odgovor na opisano problematiko je razvoj sistemov za spremljanje kazalnikov uspešnosti, ki se izračunavajo iz podatkov, ki bi bili sicer sami zase premalo informativni.

Kazalniki uspešnosti, ki se uporabljajo predvsem v podporo vodenju podjetij na najvišji poslovni ravni, se v zadnjem obdobju uveljavljajo tudi na proizvodni ravni, npr. za merjenje skupne uspešnosti proizvodne opreme, kakovosti izdelkov, hitrosti proizvodnje, stroškov idr. (Zorzut, 2009). V zadnjem obdobju tako tudi vse bolj narašča obseg empiričnih raziskav in strokovne literature, ki prinašajo različne pristope uvajanja sistemov za opazovanje in merjenje uspešnosti v proizvodnji. Zato smo opravili besedilno analizo stanja na področju strokovne literature, ki obravnava merjenje uspešnosti proizvodnje, ter predstavili ključne načine zajemanja podatkov in pripravili smernice, ki bodo podjetjem v podporo pri izbiri ključnih kazalnikov uspešnosti, ki jih potrebujejo pri vodenju proizvodnje.

Za splošno uporabnost kazalnikov je zelo pomembna ustrezna struktura podatkov, ki jih spremlja podjetje. Hkrati pa je pomembno, da podatkov ne spremljamo preveč podrobno, sicer se kazalniki s preveliko podrobnostjo odražajo v zmedi rezultatov različnih analiz (Franceschini s sod., 2007).

Podjetja spremljajo kazalnike uspešnosti na različnih ravneh vodenja. Na poslovni ravni spremljajo kazalnike uspešnosti celotnega podjetja. Na proizvodni ravni se kazalniki nanašajo na posamezne proizvodne linije ali obrate. Na procesni ravni pa kazalniki merijo uspešnost posameznih naprav, procesnih celic, regulacijskih zank ipd. Na višji, npr. poslovni ravni vodenja, so kazalniki splošni in kompleksnejši ter zato tudi zahtevnejši za opredelitev in izračunavanje. Na nižjih ravneh vodenja so kazalniki bolj specifični in zato tudi preprostejši.

V nadaljevanju se osredinjamo na uspešnost proizvodnih procesov, zato bo glavni poudarek na ključnih kazalnikih uspešnosti za proizvodno raven vodenja (ISO, 2009, ISO, 2010). V ta namen v tretjem razdelku članka podajamo splošni nabor kazalnikov, ki se uporabljajo na proizvodni ravni vodenja, glede na aktivnosti, ki se opravljajo na proizvodni ravni. V četrtem razdelku so predstavljene značilnosti posameznih tipov proizvodnje (kontinuirna, šaržna in kosovna) pri opazovanju njene uspešnosti. V petem razdelku so podane metode določanja kazalnikov ter napotki za uvažanje kazalnikov uspešnosti v proizvodni obrat.

2 METODOLOGIJA IN PODATKI

Pregled trenutnega stanja znanja o ključnih kazalnikih uspešnosti smo izdelali z besedilno analizo stro-

kovnih člankov o le-teh, ki se nanašajo na proizvodne procese in so dosegljivi prek bibliografske baze znanstvene literature ScienceDirect (www.sciencedirect.com). Da bi preučili dosedanje študije na temo proizvodnih ključnih kazalnikov uspešnosti, smo zgradili terminološke ontologije z orodjem OntoGen (Fortuna s sod., 2006). Besedilno analizo smo opravili na povzetkih 747 znanstvenih člankov s področja spremljanja uspešnosti proizvodnje, objavljenih v bibliografski bazi ScienceDirect do konca julija 2011.

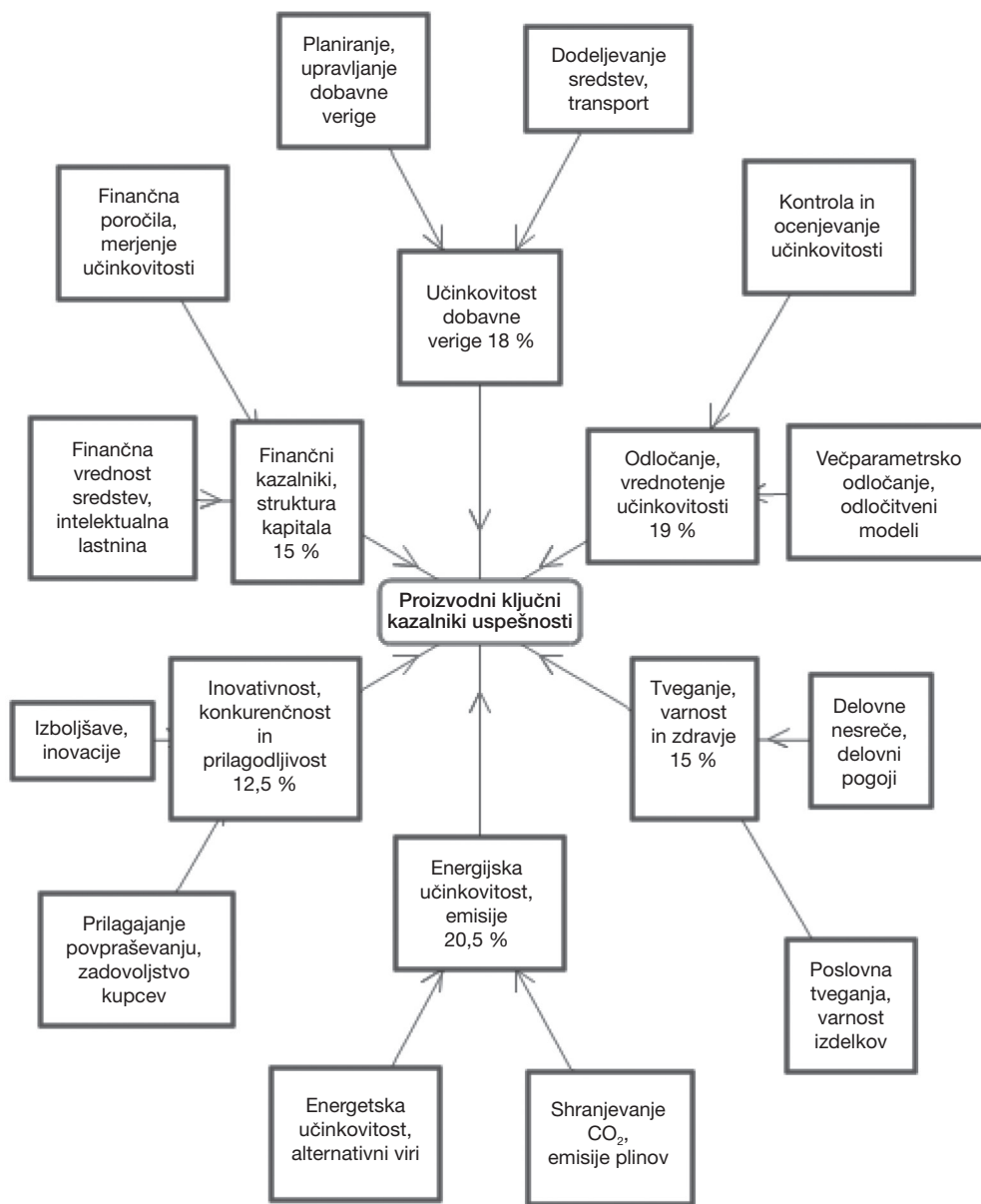
V zvezi z merjenjem uspešnosti proizvodnje s ključnimi kazalniki uspešnosti se pomembnejše raziskave v literaturi pojavljajo šele v zadnjih petdesetih letih. Ker je bil naš cilj analizirati tiste raziskovalne študije, ki obravnavajo ključne kazalnike uspešnosti predvsem na področju proizvodnje, smo v bazi ScienceDirect izvedli poizvedbo z uporabo iskalnih pojmov »ključni kazalniki uspešnosti« (angl. Key Performance Indicators) in »proizvodnja« (angl. production).

Na podlagi analize teh besedil zgrajena terminološka ontologija (slika 1) povzema vsebino analiziranih znanstvenih člankov v obliki hierarhičnega drevesa konceptov obravnavane domene. Splošni nabor kazalnikov, ki se uporabljajo v proizvodnji, je zato v nadaljevanju prikazan glede na glavne koncepte, ki jih obravnava strokovna literatura o proizvodnih ključnih kazalnikih uspešnosti. Podrobnejši pregled le-teh za vsakega od glavnih konceptov se nanaša na aktivnosti, ki se obravnavajo na proizvodni ravni vodenja.

Pri opazovanju merjenja uspešnosti poslovanja in razpravljanju o ukrepih uspešnosti poslovanja s podjetji sta Kaplan in Norton (1992) ugotovila, da se vodje ne opirajo na en sam sklop kazalnikov uspešnosti ob izključitvi drugih, temveč potrebujejo uravnotežen sistem tako finančnih kot tudi nefinančnih kazalnikov. Tudi besedilna analiza literature s področja proizvodnih ključnih kazalnikov uspešnosti je pokazala, da je tematika merjenja uspešnosti proizvodnje obravnavana na več podpodročjih (slika 1), kot so:

- uspešnost dobavnih verig (angl. Supply chain performance),
- sistemi odločanja in vrednotenja (angl. Decision making and evaluation),
- tveganje, varnost in zdravje (angl. Risk, safety and health),
- energetska učinkovitost in emisije CO₂ (angl. Environmentally sustainable manufacturing),

- inovativnost, konkurenčnost in prilagodljivost (angl. Innovation, competitiveness and flexibility) ter
- tematike, povezane s finančnimi kazalniki in strukturo kapitala podjetij (angl. Financial performance measurements).



Slika 1: Ontološki prikaz ključnih tematik, ki jih obravnava strokovna literatura s področja proizvodnih ključnih kazalnikov uspešnosti

3 KLJUČNI KAZALNIKI USPEŠNOSTI ZA PROIZVODNJO

V nadaljevanju je opisan splošni nabor kazalnikov, ki se uporabljajo na proizvodni ravni vodenja, glede na aktivnosti, ki potekajo na proizvodni ravni. Glavne kategorije, ki jih spremljamo med procesom

proizvodnje, so stroški proizvodnje, produktivnost in kakovost izdelkov. Poleg teh pa so pomembni podatki, ki so v sodobnih proizvodnih procesih vedno bolj aktualni in se nanašajo na okolje in varnost, človeške vidike, inovativnost in druga ključna področja, ki jih obravnava tudi analizirana strokovna literatura

o proizvodnih ključnih kazalnikih uspešnosti, predstavljena na sliki 1. Na uspešnost proizvodnje lahko vplivamo tudi z različnimi organizacijskimi ureditvami in tehničnimi izboljšavami.

3.1 Stroški proizvodnje

Skoraj 15 odstotkov strokovnih člankov s področja proizvodnih ključnih kazalnikov uspešnosti obravnava *finančne* kazalnike uspešnosti proizvodnje in s proizvodno uspešnostjo povezano *strukturo kapitala*. Poslovni analitiki so sicer v zgodnjih osemdesetih letih prejšnjega stoletja prišli do spoznanja, da glede na vse večjo kompleksnost podjetij in trgov, na katerih tekmujejo podjetja, finančni kazalniki niso več primerni kot edino merilo za ocenjevanje uspešnosti (Kennerley in Neely, 2002). Tako bi morali sodobni sistemi merjenja uspešnosti proizvodnje upoštevati finančne kazalnike le kot eno izmed mogočih kategorij kazalnikov uspešnosti in ne več kot prevladujoče kazalnike. Empirična raziskava merjenja uspešnosti, ki jo je Gosselin (2005) izvedel med proizvodnimi podjetji v Kanadi, je pokazala, da podjetja kljub sodobnim priporočilom stroke še vedno najpogosteje uporabljajo finančne kazalnike, ki pa niso jasni pokazatelji uspešnosti proizvodnje, temveč odražajo uspešnost celotnega podjetja, med katerimi prevladujejo:

- čisti dobiček,
- delež bruto dobička v prodaji,
- celotni prihodki od prodaje,
- dobiček pred obdavčitvijo,
- stroški prodanega blaga,
- celotni odhodki,
- skupni stroški po oddelkih,
- stroški na enoto proizvodnje.

S stroškovno učinkovitostjo se ubadajo predvsem procesi na ravni poslovnega vodenja podjetja. Menedžerji proizvodnje sicer niso neposredno vezani na to raven vodenja, posredno pa od tu pridobivajo navodila in usmeritve, kako določati glavna merila in navodila za učinkovito delovanje proizvodnje. Na proizvodni ravni je tako stroškovni kazalnik običajno izpeljan iz drugih bolj podrobnih kazalnikov, opisanih v nadaljevanju. Merjenje stroškovne učinkovitosti proizvodnje praviloma zajema proizvodne stroške, razdeljene na stroške materiala, dela in opreme.

3.2 Produktivnost

Dobrih 19 odstotkov analiziranih strokovnih člankov s področja proizvodnih ključnih kazalnikov

uspešnosti, pridobljenih iz baze ScienceDirect, se nanaša na metodologijo *vrednotenja uspešnosti*, ki je uveljavljen način merjenja produktivnosti proizvodnje. V smislu vrednotenja uspešnosti proizvodnje Parmenter (2010) izpostavi specifične ključne kazalnike uspešnosti, ki sledijo strateškim ciljem uspešnega poslovanja:

- obseg proizvodnje, ki preide v naslednjo fazo proizvodnje,
- prepozno proizvedene enote glede na povprečno dnevno proizvodnjo,
- neto obseg proizvodnje dobrih izdelkov.

Kazalnik spremljanja uspešnosti proizvodnje skozi obseg proizvodnje, ki preide v naslednjo fazo proizvodnje, je tudi eden izmed kazalnikov, določenih v standardu ISO (ISO, 2009). Ta kazalnik spremlja neposredno kakovost proizvodnega procesa in je v literaturi označen kot učinek prvega prehoda ali kakovost prvega prehoda (angl. first pass yield).

Pri merjenju uspešnosti proizvodnje z vidika prepozno proizvedenih enot glede na povprečno dnevno proizvodnjo mora podjetje po mnenju Parmentra (2010) spremljati predvsem tiste proizvode, ki so namenjeni ključnim kupcem.

Tudi za spremljanje uspešnosti proizvodnje z vidika izgub v razmerju do proizvodnje dobrih izdelkov obstaja več kazalnikov. Nekateri od teh kazalnikov so navedeni v standardu ISO (ISO, 2009). Med temi so npr.:

- stopnja izmeta, ki upošteva tiste izgube, ki jih pogojuje narava proizvodnega procesa,
- razmerje izmeta, ki se meri kot odstotni delež slabih izdelkov v celotnem obsegu proizvodnje,
- razmerje napačno proizvedenih izdelkov, za katere je potrebno popravilo ali dodelava glede na celoten obseg proizvodnje.

3.3 Kakovost izdelkov

Mnogi avtorji nekatere od prej navedenih ključnih kazalnikov uspešnosti vključujejo v kategorijo uspešnosti z vidika *kontrole kakovosti*, kot npr. Hon (Hon, 2005), ki med ključnimi kazalniki uspešnosti z vidika kakovosti navaja:

- odstotek slabih proizvodov, ki jih ni mogoče popraviti,
- skupno število izmeta glede na skupno število dobrih proizvodov,
- odstotek proizvodov, ki morajo na določeni stopnji iti znova skozi proces proizvodnje.

Kakovost je tudi eden izmed treh dejavnikov kazalnika skupne uspešnosti opreme (angl. Overall Equipment Effectiveness – OEE). Stopnja kakovosti se v tem primeru računa z upoštevanjem proizvedene količine in količine izmeta. Običajno se za proizvedeno količino meri število dnevno proizvedenih artiklov, pri izmetu pa se upošteva število slabo proizvedenih artiklov, ki niso več uporabni (ISO, 2009).

Pri merjenju uspešnosti proizvodnje z vidika kakovosti nekateri avtorji (npr. De Toni in Tonchia, 2001) opozarjajo tudi na pomen cene kakovosti. Cena kakovosti ne vključuje le stroškov ponovne obdelave slabih izdelkov, temveč tudi stroške merjenja oz. spremljanja kakovosti proizvodnje, stroške vzdrževanja in druge stroške programa celovitega vodenja kakovosti.

3.4 Zanesljivost dobav

Več kot 18 odstotkov člankov obravnava ključne kazalnike uspešnosti v povezavi z uspešnostjo dobavne verige. Za merjenje uspešnosti proizvodnje z vidika *zanesljivosti dobav* Ahmad in Dhafr (2002) predlagata te ključne kazalnike uspešnosti:

- odstotek pravočasnih popolnih dobav od dobaviteljev,
- število in vrsta reklamacij kupcev,
- odstotek pravočasnih dostav blaga kupcem brez napak na embalaži, prevozu ali v spremni dokumentaciji izdelka,
- vpliv na skupni izkoristek opreme.

3.5 Varnost in okolje

Literatura s področja energetske učinkovitosti in emisij pomeni dobrih 20 odstotkov, literatura s področja tveganja, varnosti in zdravja pa skoraj 15 odstotkov vseh člankov od 747 analiziranih v našem pregledu literature o proizvodnih ključnih kazalnikih uspešnosti. Z vidika *varnosti* na delovnem mestu se v literaturi med ključnimi kazalniki uspešnosti običajno pojavljata dva (GKN, 2009, Ahlstrom, 2009, Heineken, 2009):

- stopnja pogostosti nezgod pri delu in
- stopnja resnosti nezgod pri delu.

S tema kazalnikoma uspešnosti spremljajo varnost na delovnem mestu v podjetjih s proizvodnjo avtomobilskih delov (GKN, 2009), v podjetjih papirne industrije (npr. v Ahlstrom, 2009), v industriji pijač (Heineken, 2009) in v nekaterih drugih proizvodnih panogah. V praksi se pogosto uporablja tudi ka-

zalniki, ki se nanaša na število pojavitev alarmov, ki opozarjajo na nevarnost (Zorzut, 2009).

Na področju energetske učinkovitosti in emisij ogljika je Mednarodna organizacija za standardizacijo vključila skupino ključnih kazalnikov uspešnosti tudi v standarde ISO, med katerimi so z vidika vplivov na okolje najpomembnejši (ISO, 2009):

- razmerje emisij ogljikovega dioksida pri zgorevanju goriv za proizvodnjo, transportu blaga in ljudi, ki delajo v proizvodnji, ter internih emisij ogljikovega dioksida v sami proizvodnji,
- energijsko razmerje med porabo interno pridobljene energije in energije zunanjih dobaviteljev,
- razmerje porabljenega materiala glede na vrednost proizvodnje,
- celotno uporabljeno količino škodljivih snovi glede na vrednost proizvodnje ter
- količinski obseg nevarnih odpadkov.

3.6 Vidiki v povezavi z zaposlenimi

Za uspešnost proizvodnje so ključnega pomena tudi dejavniki, ki so povezani z *zaposlenimi* in se odražajo predvsem v njihovem zadovoljstvu z delovnimi pogoji in z opravljenim delom. Rakar s sod. (2004) poudarja pomen teh ključnih kazalnikov:

- zadovoljstvo zaposlenih z opravljenim delom, ki ga običajno merimo z Likertovo lestvico odgovorov zaposlenih na vprašanja v zvezi z njihovim zadovoljstvom z opravljenim delom,
- število izgubljenih delovnih dni zaradi poškodb in bolezni,
- stopnjo fluktuacije zaposlenih v podjetju, ki kaže razmerje med številom odhodov zaposlenih iz podjetja glede na vsoto začetnega stanja števila zaposlenih in novo zaposlenih,
- inovativnost zaposlenih, ki jo običajno merimo s številom patentov in izboljšav, ki jih predlagajo zaposleni, ali s številom novih proizvodov in storitev.

V podjetju ni pomembno le zadovoljstvo zaposlenih z delovnimi pogoji, temveč tudi njihovo zadovoljstvo ob končanem delu. Kleine (2008) vključuje zadovoljstvo zaposlenih med ključne pokazatelje izgub v podjetju poleg nekaterih drugih ključnih kazalnikov uspešnosti, kot so zadovoljstvo kupcev, energetska učinkovitost, skupna uspešnost opreme ter stroški vzdrževanja, stroški proizvodnje in cena kapitala.

Izgubljeni delovni dnevi zaradi poškodb in bolezni negativno vplivajo na predvideni potek dela in

posledično znižujejo uspešnost proizvodnje. Z zaposlenimi je povezana tudi njihova inovativnost, ki se odraža v številu izboljšav in novosti, ki jih predlagajo zaposleni. Ta kazalnik je podrobneje opisan v razdelku 3.7 z različnih vidikov oz. meril inovativnosti v podjetjih.

3.7 Inovativnost in prilagodljivost (fleksibilnost)

Področja inovativnosti, konkurenčnosti in prilagodljivosti so obravnavana v nekaj več kot 12 odstotkih strokovnih člankov od 747, ki smo jih analizirali v okviru študije proizvodnih ključnih kazalnikov uspešnosti. Pojem prilagodljivosti je prvič vključil med proizvodne cilje Slack (1983). Zaradi dinamičnih sprememb okolja, sodobnih informacijskih tehnologij in spremenljivih gospodarskih razmer mora strateško načrtovanje proizvodnje zagotoviti nenehno spremljanje in prilagajanje proizvodnje (Chang s sod., 2006). De Toni in Tonchia (2001) navajata, da podjetja pri merjenju prilagodljivosti najpogosteje upoštevajo:

- prilagodljivost obsega proizvodnje, ki prikazuje delež skupnih stroškov na enoto proizvoda, nastalih po spremembi obsega proizvodnje (Chod s sod., 2012),
- prilagodljivost proizvodnega programa, ki se običajno meri s stroški preoblikovanja ene enote specifičnih proizvodnih zmogljivosti v zmogljivosti primerne proizvodnji drugačnega proizvodnega programa (Chod s sod., 2012, Koste s sod., 2004),
- prilagodljivost modifikacije izdelkov, ki odraža povprečne stroške na enoto izdelka, ki nastanejo ob vključitvi modificiranega izdelka (tj. izdelka z manjšimi spremembami) v proizvodnjo (Koste s sod., 2004),
- prilagodljivost modifikacije procesov, ki se meri s stroški zamenjave operacij ali zaporedja operacij ali s stroški izvedbe določene operacije, ko se ta prenese na drug stroj (Koste s sod., 2004),
- prilagodljivost širjenja proizvodnih zmogljivosti, ki se lahko meri s časom, potrebnim za določeno stopnjo razširitve proizvodnih zmogljivosti (Carter, 1986).

V praksi je najpogosteje merjen kazalnik prilagodljivosti širjenja proizvodnih zmogljivosti, za njim pa kazalnika prilagodljivosti modifikacije izdelkov in modifikacije procesov. Ti trije v praksi najpogosteje merjeni kazalniki prilagodljivosti kažejo tehnološko prilagodljivost.

Čeprav podjetja redkeje merijo prilagodljivost obsega proizvodnje in prilagodljivost proizvodnega programa, pa velja za ta dva kazalnika veliko večja variabilnost kot pri drugih kazalnikih prilagodljivosti proizvodnje. Kazalnik prilagodljivosti obsega kaže na sposobnost hitrega povečanja ali zmanjšanja obsega proizvodnje, medtem ko je kazalnik prilagodljivosti proizvodnega programa namenjen merjenju sposobnosti hitrega uvajanja proizvodnje novih proizvodov. Kazalnika prilagodljivosti obsega proizvodnje in proizvodnega programa se merita predvsem na poslovodni ravni (Chakravarty, 2001).

Merila za merjenje inovativnosti se uporabljajo predvsem na višji ravni vodenja podjetja in ne toliko v proizvodnji. Ta precej vplivajo tudi na potek in uspešnost dela na proizvodni ravni. Za merjenje uspešnosti z vidika inovativnosti v podjetjih sta Prajogo in Sohal (2004) predlagala:

- število inovacij,
- hitrost inovacij,
- stopnjo inovativnosti (tj. novosti s tehnološkega vidika),
- tržni prodor inovacij (prvi na trgu).

Navedena štiri merila inovativnosti sta avtorja podrobneje razčlenila in predstavila v dveh pomembnejših okvirih inovativnosti v proizvodnih podjetjih, in sicer v okviru inovativnosti proizvoda ter inovativnosti procesa. Z vidika inovativnosti proizvoda spadajo med ključne kazalnike uspešnosti:

- raven novosti oz. posebnosti novih proizvodov podjetja,
- uporaba najnovejših tehnoloških inovacij pri izdelavi novih proizvodov,
- hitrost razvoja novega proizvoda,
- število novih proizvodov, ki jih je podjetje plasiralo na tržišče,
- število novih proizvodov, ki so se pojavili kot prvi tovrstni na tržišču (angl. early market entrants).

Z vidika inovativnosti procesa so med ključnimi kazalniki uspešnosti izpostavljeni:

- tehnološka konkurenčnost podjetja,
- hitrost, s katero so najnovejše tehnološke inovacije uspešno vpeljane v proizvodne procese,
- raven posodabljanja oz. novosti tehnologije, ki jo podjetje uporablja v proizvodnih procesih,
- raven spreminjanja procesov, tehnik in tehnologije pri proizvodnji.

3.8 Skupna uspešnost

Pogosto se uporabnikom prikazuje skupni ključni kazalnik uspešnosti, ki je sestavljen iz več podrobnejših ključnih kazalnikov uspešnosti (Emerson, 2004). Ker kazalniki, ki sestavljajo skupno mero uspešnosti, običajno niso enakovredni med seboj, jih upoštevamo z ustrezno utežjo.

Eden od najbolj uporabljanih kazalnikov uspešnosti proizvodnje je *skupna uspešnost opreme (OEE)*, ki je splošno sprejeta med proizvodnimi podjetji. Ta omogoča celovit pogled na izkoriščenost razpoložljivih sredstev. Proizvodnja je po kazalniku skupna uspešnost opreme najbolj uspešna takrat, ko proizvodni sistem deluje s polno zmogljivostjo, ko proizvaja izdelke popolne kakovosti in pri čemer proizvodni postopek deluje brez prekinitev. Izračun kazalnika skupna uspešnost opreme je torej sestavljen iz treh faktorjev:

$$OEE = \text{razpoložljivost} \times \text{zmogljivost} \times \text{kakovost}$$

4 PREGLED KAZALNIKOV V ODVISNOSTI OD TIPA PROIZVODNJE

Nekatere aktivnosti vodenja in optimizacije proizvodnje so močno odvisne od tipa proizvodnje, kateri je namenjena podpora. V ta namen v nadaljevanju navajamo kazalnike, ki se razlikujejo glede na tip proizvodnje (kontinuirna, šaržna in kosovna).

4.1 Kontinuirna (procesna) proizvodnja

Za kontinuirno proizvodnjo (imenovano tudi procesna) je značilen neprekinjen proces izdelave z dolgimi proizvodnimi serijami. Kontinuirna proizvodnja je določena s formulami in proizvodnimi recepti, pri čemer se produkti proizvedejo iz sestavin. Za izdelke take proizvodnje je značilno, da jih ni mogoče pretvoriti nazaj v osnovne (sestavne) komponente. Tipično se kontinuirni proizvodni procesi pojavljajo v naftni rafineriji ter v kemijski, prehrabni ipd. industriji. Ker taki proizvodni sistemi običajno proizvajajo izdelke na zalogo, se njihove nastavitve ne spreminjajo pogosto in vodenje proizvodnje v splošnem ni kritično opravilo.

Merjenje uspešnosti v zveznih proizvodnih sistemih obsega ugotavljanje/napovedovanje povprečnih vrednosti kazalnikov, tj. povprečne izhodne kakovosti, verjetnosti zadovoljive produkcije ipd.

Kot primer si pogledjmo nabor kazalnikov, predstavljen v empirični študiji poslovanja podjetja, ki se ukvarja s predelavo plastičnih mas in ima po sve-

tu več poslovnih enot (Annala s sod., 2009). Študija povzema kazalnike po kategorijah: proizvodnja, viri, izdelki in kupci.

Iz navedene študije posebno izstopa pomen teh ključnih kazalnikov uspešnosti proizvodnje: izkoriščenost proizvodnih zmogljivosti, proizvodni program, dobro počutje zaposlenih, stroški na enoto izdelka ter zanesljivost in čas dostav. Dobra izkoriščenost proizvodnih zmogljivosti in proizvodni program sta potrebna predvsem za uspešnejšo prodajo izdelkov in lažje planiranje prodaje na podlagi realnih podatkov iz proizvodnje. S tem so povezani tudi časi in zanesljivost dostav. Težave pri vodenju človeških virov imajo negativen vpliv na dejavnost in uspešnost zaposlenih, zato se je dobro počutje zaposlenih izkazalo kot eden od ključnih kazalnikov uspešnosti proizvodnje. Spremljanje stroškov na enoto proizvoda – predvsem zanesljivost tega kazalnika – pa je za vodje ključnega pomena, ker na podlagi teh podatkov sprejemajo tudi strateške odločitve.

4.2 Kosovna proizvodnja

Kosovna proizvodnja proizvaja izdelke, ki jih je mogoče šteti, čutiti in videti (npr. avtomobil, igrača), za razliko od kontinuirne proizvodnje, pri kateri je končni produkt neločljiv. Kosovna proizvodnja je z vidikov toka materiala in sredstev ter vodenja in nadzora proizvodnje izrazito diskreten sistem, tj. sistem, katerega spremembe stanja nas zanimajo samo v določenih časovnih točkah. S tega vidika se stanje materiala in sredstev spremeni le na začetku in koncu izdelovalnega procesa ali transporta. Kosovna proizvodnja je definirana s kosovnicami (angl. bills of materials) in proizvodnimi postopki (angl. routing).

Leung in Suri (1990) povzemata tipične kazalnike uspešnosti, ki se običajno uporabljajo v kosovni proizvodnji:

- izkoriščenost virov,
- stopnja proizvodnje,
- delo v teku,
- delni pretočni časi,
- čakalne vrste,
- prilagodljivost sistema,
- stroški proizvoda.

V povezavi s kosovno proizvodnjo se pogosto omenja koncept vitke proizvodnje (angl. Lean production), ki pomeni težnjo k čim bolj uspešnemu izkoriščanju proizvodnih dejavnikov z nižanjem

stroškov. V ta namen naj bi podjetja zniževala potrate materiala, dela in sredstev ter skrajševala proizvodne čase. V kosovni proizvodnji se pogosto uporablja kazalnik OEE (Vorne Industries, 2008) (Shahin in Mahbod, 2007). Za obvladovanje uspešnosti kosovne proizvodnje je Nakajima (1988) razvil model kvantitativnega vrednotenja skupne uspešnosti opreme. Model vključuje ključne kazalnike uspešnosti:

- *z vidika razpoložljivosti:*
 - količina časa, ki se potraži zaradi okvar opreme,
 - raven uporabe opreme oz. količina časa, ki se potraži zaradi priprav, nastavitvev in prilagajanj opreme;
- *z vidika zmogljivosti:*
 - zmanjšanje hitrosti proizvodnje na račun manjših zastojev, npr. neobičajnega delovanja strojev, nenadnih zaustavitvev ipd.,
 - zmanjšanje hitrosti proizvodnje zaradi obratovanja opreme s hitrostjo, nižjo od nazivne;
- *z vidika kakovosti:*
 - raven proizvodnih izgub, merjena z obsegom nekakovostne proizvodnje zaradi izmeta in predelav,
 - raven drugih izgub, ki pomenijo zmanjšanje donosa proizvodnje zaradi poskusnih zagonov strojev v času do vzpostavitve stabilnega delovanja opreme.

Za merjenje uspešnosti asinhronih proizvodnih linij Levantesi s sod. (2003) predlaga aproksimativno analitično metodo, pri kateri je diskretni tok proizvodnih delov računat kot približek stalnega pretoka materiala. Pri tem so upoštevani dejanski in potencialno mogoči (t. i. virtualni) načini odpovedi za vsak gradnik proizvodne linije. Zato avtorji predlagajo upoštevanje:

- dejanske napake, da se izračuna zanesljivost fizičnih naprav, in
- virtualne napake z namenom modeliranja različnih prekinitev proizvodnega toka, ki lahko nastanejo znotraj linije in tako preprečijo delovanje strojev.

Uspešnost proizvodnje je z vidika kakovosti tudi v praksi najpogostejše merjena prav v kosovni proizvodnji, pri kateri se med ključnimi kazalniki uspešnosti v največji meri uporabljajo stroški garancij (MESA International, 2006). Poleg tega podjetja s kosovno proizvodnjo najpogostejše uporabljajo še kazalnik pravočasnih dostav (MESA International, 2006). Najboljša ključna kazalnika uspešnosti za op-

timizacijo uspešnosti proizvodnih linij, ki delujejo po sistemu *ravno ob pravem času* (angl. Just In Time), sta po navedbah Sandanayake s sod. (2008):

- procesni čas in
- taktni čas oz. tempo proizvodnega procesa.

4.3 Šaržna proizvodnja

S šaržnimi procesi dobimo končne količine produkta tako, da vhodni material obdelujemo z urejenim zaporedjem procesnih aktivnosti preko omejenega časovnega intervala in pri tem uporabimo enega ali več kosov opreme. Oprema je ob manjših prenavitvah uporabljena za proizvodnjo različnih produktov. Taki procesi vključujejo lastnosti tako zveznega kot diskretnega sveta. Srečujemo jih v farmacevtskih, kemičnih, prehrabnih ipd. industrijah. Taki sistemi so zelo kompleksni, zato je pri njihovem vodenju nujno treba upoštevati visoke zahteve glede kakovosti programske opreme, ki jih predpisujejo standardi ISA (Scholten, 2007). Delovanje šaržne proizvodnje sledi receptu, ki je predhodno razvit v laboratoriju. Vendar pri prenosu laboratorijskega recepta v industrijo nastajajo določene razlike, zaradi katerih je treba ves čas prilagajati nastavitve, da lahko dosežemo željeno produktivnost, varnost in kakovost ob upoštevanju vseh zahtevanih omejitev.

V določenih razmerah lahko šaržno proizvodnjo obravnavamo kot ponavljajočo se proizvodnjo; tako lahko več vidikov uspešnosti proizvodnje ocenjujemo na podlagi primerjalne analize. Kazalnike primerjamo proti ciljnim vrednostim, tj. z referenčno šaržo (golden batch). Če je ujemanje značilnosti merjene šarže z značilnostmi referenčne šarže boljše, dobi kazalnik, ki se nanaša na to značilnost, boljšo oceno. Kot referenčno šaržo lahko izberemo šaržo, ki je imela v preteklem izvajanju proizvodnje najboljše značilnosti (in se nanašajo na isti oz. podoben recept). Referenčno šaržo lahko predstavimo tudi z modelom, ki ga določimo iz podatkov prek različnih šarž, izvedenih v preteklosti, npr. z metodo glavnih komponent (angl. Principal Component Analysis – PCA).

Eden glavnih vidikov pri vodenju šaržne proizvodnje je njen sproti (on-line) nadzor z namenom, da zagotovimo konsistentne in kakovostne končne produkte ter da čim prej zaznamo kakršne koli spremembe v pogojih delovanja, ki bi lahko vplivale na končno kakovost produktov (Choi s sod., 2008). Z uspešnim nadzorom proizvodnje lahko tudi vpli-

vamo na zmanjševanje stroškov, ki nastopajo kot izmet/potrata ali ponovne obdelave. V šaržnih procesih meritve kakovosti in drugih kazalnikov večinoma izvajajo redko, običajno ko je končana posamezna šarža. Glede na to, da podjetja običajno razpolagajo s podatki standardnih veličin (npr. temperatura, koncentracija, tlak, pretok), lahko te sproti uporabljamo za analizo uspešnosti proizvodnega procesa. Parametre šarže ocenjujemo že sproti prek ocenjevalnika stanj oz. mehkih senzorjev.

Za razliko od neprekinjene (zvezne) procesne proizvodnje, ocenjevanje uspešnosti šaržnih procesov zahteva posebno pozornost motnjam v serijah in spremembam nastavitve začetnih vrednosti (Chen in Wang, 2010). Pogost cilj optimizacije šaržne proizvodnje je čim bolj povečati količino zelenega končnega izdelka ter hkrati upoštevati tako omejitve znotraj serije kot tudi končne omejitve (Welz s sod., 2008).

Optimizacija šaržne proizvodnje lahko vključuje več potencialno nasprotujočih si ciljev (Maiti s sod., 2011), kot so npr. pri procesu fermentacije koncentracija izdelkov in stroški proizvodnih medijev. Sočasna optimizacija teh ciljev bi se odražala kot večkriterijski optimizacijski problem, za katerega je značilen nabor več mogočih rešitev, splošno znanih kot Paretove optimalne rešitve. Take rešitve omogočajo prilagodljivost pri ocenjevanju kompromisnih rešitev in izbiro najbolj učinkovite poslovne politike.

Rezultati raziskave merjenja uspešnosti med ameriški proizvodnimi podjetji kažejo, da se podjetja s šaržno proizvodnjo izdelkov najpogosteje poslužujejo tega nabora ključnih kazalnikov uspešnosti (MESA International, 2006):

- uspešnost dodeljevanja zmogljivosti,
- pravočasnost izvedbe,
- kakovost prvega prehoda, tj. enot, ki so pravilno proizvedene že pri prvem poskusu.

Redkeje v teh podjetjih kot ključne kazalnike uspešnosti merijo energijsko razmerje ter stroške izmeta in odpravljanja napak.

5 SPLOŠNI NAPOTKI UPORABNIKOM PRI VPELJAVI PROIZVODNIH KLJUČNIH KAZALNIKOV USPEŠNOSTI

Bourne s sod. (2002) poudarja tri dejavnike, po katerih se podjetja, ki so uspešno implementirala ključne kazalnike uspešnosti, ločijo od drugih podjetij, ki pri tem niso bila uspešna. Prvi pomemben dejavnik je namen uvedbe, ki ga glavni direktor izrazi na za-

četku uvajanja ključnih kazalnikov uspešnosti. V uspešnih podjetjih je ta namen običajno izražen v smislu boljšega vodenja poslovanja, v neuspešnih pa v smislu izboljšanja meril in samega merjenja uspešnosti. Drugi pomemben dejavnik je lastništvo podjetja, saj ključne kazalnike uspešnosti običajno veliko uspešneje uvajajo v zasebnih podjetjih kot v pretežno javnih. Tretji dejavnik je kultura, ki v podjetjih, ki so uspešna pri uvajanju ključnih kazalnikov uspešnosti, priznava avtoritativnost posameznika.

Posebna pozornost je potrebna tudi pri določanju postopka uvajanja kazalnikov uspešnosti skozi ves življenjski cikel kazalnika. Postopek uvajanja kazalnikov mora zato zagotavljati postopke za opredelitev, izvajanje in kontinuirano vzdrževanje kazalnikov skozi ves njihov življenjski cikel. Zaradi različnih in včasih tudi nasprotujočih si vidikov kazalnikov te organiziramo v skupine glede na prioriteto njihovega uresničevanja. Pri uvajanju kazalnikov je pomembno, da se za njihovo uvedbo zavzemajo vodstvo podjetja ter vodje tistih obratov, ki bodo uporabljali posamezne kazalnike, ker ti najbolj poznajo vsebino posameznega kazalnika. Da bi uvedbo kazalnikov upoštevalo čim večje število zaposlenih, je poleg tega zelo pomembno, da so kazalniki uvedeni s premišljeno strategijo in dovolj jasno predstavljeni vsem, ki bodo odgovorni zanje. Postopek izbiranja in uporabe ključnih kazalnikov uspešnosti znotraj proizvodnega obrata lahko podamo s koraki (ISO, 2010).

- Opredelimo katere operacije morajo biti ovrednotene.
- Določimo cilje podjetja, ki jim je treba slediti za doseganje želene uspešnosti proizvodnje. Kaj bi bilo treba opazovati, da lahko ocenimo, ali zagotavljamo cilje podjetja?
- Opredelimo operativne ukrepe za uresničitev pričakovanj pri spremljanju uspešnosti. Kaj lahko ukrenemo, da dosežemo cilje?
- Določimo merila za ocenjevanje uspešnosti. Katere meritve potrebujemo za to?
- Izberemo najbolj ustrezne ključne kazalnike uspešnosti.
- Določimo način merjenja uspešnosti. Katere izmed naštetih ključnih kazalnikov uspešnosti že merimo, katere bi lahko merili in katerih ne moremo meriti?
- Izvajamo povezane ukrepe za doseg ciljev. Izmed vseh aktivnosti, ki jih lahko opravimo, izbe-

remo približno 20 odstotkov takih, ki imajo največji vpliv na doseg ciljev.

- Določimo lastnike ključnih kazalnikov uspešnosti (tj. odgovorne osebe).

Pri uvajanju ključnih kazalnikov uspešnosti pogosto prihaja do napak (Bourne s sod., 2002), kot so npr.:

- preveliko število ključnih kazalnikov uspešnosti,
- prevelika osredinjenost na finančno uspešnost,
- kvantificiranje rezultatov pri tistih ključnih kazalnikih uspešnosti, ki so bolj kvalitativne narave,
- preveč natančno poročanje o posameznem ključnem kazalniku uspešnosti v želji ugotoviti vse detaje,
- nenatančno določanje meril,
- neupoštevanje poslovne strategije in zahtev okolja pri načrtovanju ključnih kazalnikov uspešnosti,
- pogajanje glede ciljev uvajanja ključnih kazalnikov uspešnosti namesto upoštevanja zahtev lastnikov podjetja,
- neupoštevanje oddelčnih, timskih in posameznikovih ciljev pri določanju strategije uvajanja ključnih kazalnikov uspešnosti,
- pomanjkljivo vodenje pri uvajanju ključnih kazalnikov uspešnosti in odpor do sprememb.

Za dober kazalnik uspešnosti mora zato podjetje opredeliti ključne attribute kazalnika, ki skupaj sestavljajo okvir za merjenje uspešnosti proizvodnje. Lohman s sod. (2004) priporoča enajst pomembnejših atributov, ki določajo ključne kazalnike uspešnosti:

- *naziv* – kaj meri kazalnik in za kaj je pomemben;
- *cilj/namen* – namen merjenja; kaj želimo zagotoviti;
- *okvir* – opredelitev poslovnih ciljev, na katere se nanaša kazalnik;
- *normativ* – vrednosti kazalnika, ki jih želimo doseči;
- *podatki* – na podlagi teh izračunamo oz. dobimo vrednost kazalnika;
- *formula* – način, po katerem izračunamo oz. dobimo vrednost kazalnika;
- *perioda merjenja* – pogostost zajemanja podatkov in poročanja;
- *kdo meri* – oseba ali informacijski sistem, ki zbira, izračunava in sporoča podatke;
- *vir podatkov* – vir, iz katerega prihajajo podatki;
- *odgovornost* – oseba, ki mora ukrepati na podlagi podatkov, ki so zajeti v kazalniku;
- *dejavniki* – gonilne sile (npr. organizacijske enote, dogodki), ki vplivajo na vrednost kazalnika;
- *opombe in komentarji* – dodatne pripombe.

Na podlagi podanih napotkov in predstavljenih ugotovitev v okviru slovenskega Kompetenčnega centra za sodobne tehnologije vodenja, ki je konzorcij, sestavljen iz vodilnih slovenskih raziskovalnih skupin na področju procesne tehnologije, izvajajo uvajanje ključnih kazalnikov uspešnosti proizvodnje v različna slovenska proizvodna podjetja. Kakor je predstavljeno v prispevku, je uvajanje kazalnikov odvisno od tipa proizvodnje. Ključni kazalniki uspešnosti so nadvse uporabni pri vodenju proizvodnje. Raziskava, predstavljena v tem prispevku, se nadaljuje v smeri modeliranja proizvodnih kazalnikov, s pomočjo katerih pa bo mogoča tudi napoved ciljnih vrednosti elementov poslovanja, kar lahko še izboljša vodenje proizvodnje.

6 SKLEP

V prispevku je podan pregled ključnih kazalnikov uspešnosti, ki jih uporabljajo v proizvodnji. Predstavljene so posebnosti, ki so značilne za posamezne tipe proizvodnje, tj. za kontinuirno, kosovno in šaržno. Pojav merjenja uspešnosti v strokovni literaturi najpogosteje obravnavajo na poslovni ravni vodenja, zasledimo pa ga tudi na procesni in proizvodni ravni. Ključnimi kazalniki uspešnosti imajo pri vodenju proizvodnje pomembno vlogo. Omogočajo opredelitev merljivih meril, prek katerih spremljamo uspešnost proizvodnje z različnih vidikov, npr. produktivnosti, stroškovne učinkovitosti proizvodnje in kakovosti proizvodov ter njihovo sistematično obvladovanje.

Različne perspektive študij ključnih kazalnikov uspešnosti proizvodnje, ki izhajajo iz obravnavane literature, odražajo različne dimenzije merjenja uspešnosti proizvodnje v podjetjih. Zanimivo je, da se ključni kazalniki uspešnosti za področje proizvodnje v strokovni literaturi najpogosteje pojavljajo v zvezi z obravnavo uspešnosti dobavne verige, poslovnega odločanja, varnosti, energije in okolja, inovativnosti, konkurenčnosti in prilagodljivosti ter finančnih kazalnikov in strukture kapitala podjetja. Tako se v literaturi, ki obravnava proizvodne ključne kazalnike uspešnosti, ne pojavljajo le nefinančni kazalniki, temveč tudi finančna merila uspešnosti proizvodnje. Vendar pa obravnavani kazalniki poročajo predvsem o preteklem dogajanju v proizvodnji in pogosto manjka možnost predvidevanja prihodnjega dogajanja.

Zahvala

Študija je bila izvedena v okviru Kompetenčnega centra za sodobne tehnologije vodenja, ki ga delno financirata Ministrstvo za izobraževanje, znanost, kulturo in šport RS ter Evropska unija iz Evropskega sklada za regionalni razvoj.

LITERATURA IN VIRI

- [1] Ahmad, M.M., Dhafr, N. (2002). Establishing and improving manufacturing performance measures. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, vol. 18, no. 3, str. 171–176.
- [2] Ahlstrom (2009). *Annual report 2009*. Pridobljeno 7. 11. 2011 s svetovnega spleta: <http://www.ahlstrom.com/en/investors/reportsAndPresentations/Documents/2009/Annual%20report%202009.pdf>.
- [3] Annala, U., Ukko, J., Pekkola, S., Rantanen, H. (2009). Challenges in the design of a performance measurement system for a production management: A case study. In: Gratbanks, R., Adler, R., Stringer C., Theivananthampillai, P. (ur.) *Proceedings of the Sixth Performance Measurement Association (PMA) Conference on Theory and Practice in Performance Measurement*. Dunedin, New Zealand.
- [4] Bourne, M., Neely, A., Platts, K., Mills, J. (2002). The success and failure of performance measurement initiatives. *Perceptions of participating managers*. *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 22, no. 11, str. 1288–1310.
- [5] Carter, M. E. (1986). *Designing Flexibility into Automated Manufacturing Systems*. *Proceedings of the Second ORSA/TIMS Conference on Flexible Manufacturing Systems*. Amsterdam: Elsevier, str. 107–118.
- [6] Chakravarty, A. (2001). *Market Driven Enterprise: Product Development, Supply Chains, and Manufacturing*. New York: John Wiley and Sons.
- [7] Chang, S. C., Chen, R. H., Lin, R. J., Sheu, C. (2006). Supplier involvement and manufacturing flexibility. *Technovation*, vol. 26, no. 10, str. 1136–1146.
- [8] Chen, J., Wang, W.-Y. (2010). Performance monitoring of MP-CA-based control for multivariable batch control processes. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, vol. 41, no. 4, str. 465–474.
- [9] Chod, J., Rudi, N., Van Mieghem, A. (2012). Mix, Time, and Volume Flexibility: Valuation and Corporate Diversification. *Review of Business and Economic Literature* vol. 57, no. 3, str. 262–282.
- [10] Choi, S. W., Morris J., Lee, I.-B. (2008). Dynamical model-based batch processing monitoring. *Chemical Engineering Science*, vol 63, str. 622–636.
- [11] De Toni, A., Tonchia, S. (2001). Performance measurement systems: models, characteristics, and measures. *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 21, no. 1–2, str. 46–70.
- [12] Eab (2011). *Top 10 KPIs of 2010*. Melbourne: Eab group Pty Ltd., 36 str.
- [13] Emerson, D. (2004). *Production performance ratings measure effectiveness of batches*. World Batch Forum North American Conference.
- [14] Fortuna, B., Grobelnik, M., Mladenici, D. (2006). Semi-automatic data-driven ontology construction system. *Proceedings of the 9th International multi-conference Information Society IS 2006, Ljubljana, Slovenia, October 9..10. 2006*, str. 223–226.
- [15] Franceschini, F., Galetto, M., Maisano, D. (2007). *Management by measurement. Designing key indicators and performance measurement systems*. Berlin: Springer. ISBN 978-3-540-73211-2.
- [16] GKN (2009). *Annual Report and Accounts for the year ended 31 December 2009. Business Review: Key Performance Indicators*. Pridobljeno 7. 11. 2011 s svetovnega spleta: http://annualreport2009.gkn.com/Business_Review/Key_Performance_Indicators/Default.aspx?id=80.
- [17] Heineken (2009). *Sustainability report 2009*. Pridobljeno 7. 11. 2011 s svetovnega spleta: <http://www.heinekeninternational.com/content/live/corporate%20responsibility/2009%20UK%20Sustainability%20Report%20-%20English.pdf>.
- [18] Hon, K. K. B. (2005). Performance and Evaluation of Manufacturing Systems. *CIRP Annals – Manufacturing Technology*, vol. 54, no. 2, str. 139–154.
- [19] *Islovar, slovar informatike* (2013). Slovensko društvo Informatika. Pridobljeno 27. 2. 2013 s svetovnega spleta: <http://www.islovar.org>.
- [20] ISO (2009). *Manufacturing operations management – Key performance indicators – Part 2: Definitions and descriptions of KPIS*. Delovna verzija standarda ISO: ISO 22400-2.
- [21] ISO (2010). *Manufacturing operations management – Key performance indicators – Part 1: Overview, concepts and terminology*. Delovna verzija standarda ISO: ISO 22400-1.
- [22] Kaplan, R. S., Norton, D. P. (1992). The balanced scorecard – Measures that drive performance. *Harvard Business Review*, vol. 70, no. 1, str. 71–79.
- [23] Kennerley, M., Neely, A. (2002). A framework of the factors affecting the evolution of performance measurement systems. *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 22, no. 11, str. 1222–1245.
- [24] Kleine, B. (2008). Mapping production losses. V: *ABB Review. Special Report: Process Automation, Services & Capabilities*. Zurich: ABB Ltd. 92 str.
- [25] Kos, D. (2010). *Zdravstveni absentizem v Sloveniji: zbornik primerov iz prakse 14 slovenskih podjetij*. Ljubljana: Zavod za zdravstveno zavarovanje Slovenije. ISBN 978-961-6327-22-0.
- [26] Koste, L. L., Malhotra, M. K., Sharma, S. (2004). Measuring dimensions of manufacturing flexibility. *Journal of Operations Management*, vol. 22, no. 2, str. 171–196.
- [27] Lohman, C., Fortuin, L., Wouters, M. (2004). Designing a performance measurement system: A case study. *Eur. J. of OR*, 156(2), 267–286.
- [28] Leung, Y.-T., Suri, R. (1990). Performance Evaluation of Discrete Manufacturing System. *IEEE Control System Magazine*, vol. 10, no. 4, str. 77–86.
- [29] Levantesi, R., Matta, A., Tolio, T. (2003). Performance evaluation of continuous production lines with machines having different processing times and multiple failure modes. *Performance Evaluation*, vol. 51, no. 2–4, str. 247–268.
- [30] Maiti, S. K., Lantz, A. E., Bhushan, M., Wangikar, P. P. (2011). Multi-Cilj optimization of glycopeptide antibiotic production in batch and fed batch processes. *Bioresource Technology*, vol. 102, no. 13, str. 6951–6958.
- [31] MESA International, Industry Directions, Inc. (2006). *Metrics that Matter: Uncovering KPIs that Justify Operational Improvements*. 42 str.
- [32] Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM: total productive maintenance*. Cambridge: Productivity Press, 129 str.
- [33] Parmenter, D. (2010). *Key Performance Indicators: Developing, Implementing, and Using Winning KPIs*. Hoboken: John Wiley & Sons. ISBN 978-0-470-54515-7.

- [34] Prajogo, D. I., Sohal, A. S. (2004). The multidimensionality of TQM practices in determining quality and innovation performance – an empirical examination. *Technovation*, vol. 24, no. 6, str. 443–453.
- [35] Rakar, A., Zorzut, S., Jovan, V. (2004). Assessment of production performance by means of KPI. V: Sahinkaya, M. N., Edge, K. A. (ur.). *Proceedings of the International Conference Control 2004*. University of Bath, UK, 6–9 September 2004.
- [36] Sandanayake, Y. G., Oduoza, C. F., Proverbs, D. G. (2008). A systematic modelling and simulation approach for JIT performance optimisation. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, vol. 24, no. 6, str. 735–743.
- [37] Scholten, B. (2007). *The Road to Integration: A Guide to Applying the ISA-95 Standard in Manufacturing*. ISA Society.
- [38] Shahin, A., Mahbod, M. A. (2007). Prioritization of key performance indicators: An integration of analytical hierarchy process and goal setting. *International Journal of Productivity and Performance Management*, vol. 56, no. 3, str. 226–240.
- [39] Slack, N. (1983). Flexibility as a manufacturing Cilj. *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 3, no. 3, str. 4–13.
- [40] *Veliki slovar tujk* (2002). Ljubljana: Cankarjeva založba, str. 492.
- [41] Vorne Industries (2008). *The Fast Guide to OEE*. Itasca: Vorne Industries Inc.
- [42] Welz, C., Srinivasan, B., Bonvin, D. (2008). Measurement-based optimization of batch processes: Meeting terminal constraints on-line via trajectory following. *Journal of Process Control*, vol. 18, no. 3–4, str. 375–382.
- [43] Zorzut, S. (2009). *Vodenje proizvodnje v procesni industriji z upoštevanjem ključnih kazalnikov učinkovitosti*. Doktorska disertacija. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko.

■

Ingrid Petrič je diplomirala in magistrirala na Ekonomski fakulteti Univerze v Ljubljani, doktorirala pa na Mednarodni podiplomski šoli Jožefa Stefana. Je raziskovalka in vodja Centra za sisteme in informacijske tehnologije Univerze v Novi Gorici. Področje njenega raziskovalnega dela obsega baze podatkov, podatkovno in tekstovno rudarjenje, poslovno informatiko in biomedicinsko informatiko.

■

Dejan Gradišar je diplomiral in doktoriral na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani. Zaposlen je kot poddoktorski raziskovalec na Odseku za sisteme in vodenje na Institutu Jožef Stefan. Področje njegovega raziskovalna dela zajema vodenje proizvodnje, razvrščanje in vodenje sistemov.

■

Miha Glavan je diplomiral na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani. Od leta 2010 je mladi raziskovalec na Odseku za sisteme in vodenje na Institutu Jožef Stefan. Njegova raziskovalna področja so modeliranje dinamičnih sistemov, nevronske mreže in načrtovanje prediktivnega vodenja sistemov.

■

Stanko Strmčnik je diplomiral, magistriral in doktoriral na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani. Zaposlen je na Institutu Jožef Stefan, kjer se ukvarja z raziskovalnim in razvojnim delom na širšem področju avtomatike oziroma vodenja sistemov. Od leta 1986 do leta 2011 je bil vodja Odseka za sisteme in vodenje. Ožja področja njegovega dela so matematično modeliranje, simulacija, identifikacija sistemov, optimalno vodenje, računalniško podprto načrtovanje vodenja (CACSD) in netehniški vidiki avtomatizacije.