

Nove tehnologije i inovacije u sustavima za upravljanje kvalitetom

Dauti, Dino

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:148:741810>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-25**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Ekonomski fakultet
Prijediplomski stručni studij
Poslovna ekonomija – smjer trgovinsko poslovanje

**NOVE TEHNOLOGIJE I INOVACIJE U SUSTAVIMA ZA UPRAVLJANJE
KVALITETOM**

Završni rad

Dino Dauti

Zagreb, 2024.

Sveučilište u Zagrebu
Ekonomski fakultet
Prijediplomski stručni studij
Poslovna ekonomija – smjer trgovinsko poslovanje

**NOVE TEHNOLOGIJE I INOVACIJE U SUSTAVIMA ZA UPRAVLJANJE
KVALITETOM**

**NEW TECHNOLOGIES AND INNOVATIONS IN QUALITY MANAGEMENT
SYSTEMS**

Završni rad

Student: Dino Dauti

Mentor: Dr. sc. Luka Buntić

Zagreb, 2024.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1. Predmet i cilj rada	1
1.2. Struktura rada.....	2
2. SUSTAV UPRAVLJANJA KVALITETOM	3
2.1. Teoretsko definiranje sustava upravljanja kvalitetom	3
2.2. TQM (Total Quality Management)	6
2.3. ISO sustavi upravljanja kvalitetom.....	8
2.4. Važnost sustava upravljanja kvalitetom	10
3. NOVE TEHNOLOGIJE U SUSTAVIMA ZA UPRAVLJANJE KVALITETOM	13
3.1. Primjena umjetne inteligencije	13
3.2. Internet stvari (IoT) u kvaliteti	15
3.3. Blockchain tehnologija u praćenju kvalitete.....	17
3.4. Virtualna stvarnost (VR) i obuka za kvalitetu	19
3.5. Robotika u proizvodnji i inspekciji.....	21
3.6. Analiza Big Data u upravljanju kvalitetom	24
3.7. Implementacija 3D printanja u kvaliteti	26
4. PRIKAZ PRIMJENE NOVIH TEHNOLOGIJA U SUSTAVIMA UPRAVLJANJA KVALITETOM.....	28
4.1. Povećanje transparentnosti lanca opskrbe hrane kroz primjenu blockchain tehnologije	28
4.2. Primjena blockchain tehnologije za digitalizaciju i praćenje proizvoda	30
5. ZAKLJUČAK.....	35
POPIS LITERATURE	36
POPIS SLIKA	41

1. UVOD

Nove tehnologije i inovacije sve više oblikuju suvremeno poslovanje, a sustavi za upravljanje kvalitetom nisu iznimka. Kroz povijest, kvaliteta je bila ključna komponenta uspješnog poslovanja, no današnji zahtjevi tržišta nameću sve veće standarde. Upravo tu dolazi do izražaja potreba za naprednim tehnološkim rješenjima koja omogućuju učinkovitije, preciznije i brže procese.

Današnje tvrtke suočavaju se s rastućim očekivanjima kupaca, globalnom konkurencijom i sve strožim regulativama. Implementacija inovacija i novih tehnologija u sustave za upravljanje kvalitetom pruža rješenja za ove izazove, omogućujući organizacijama da ostanu konkurentne i zadovolje visoke standarde kvalitete. Primjerice, digitalizacija procesa, korištenje umjetne inteligencije (AI) i Internet stvari (IoT) donose značajna poboljšanja u praćenju i analizi podataka, što rezultira poboljšanjem kvalitete proizvoda i usluga.

Kroz ovaj rad razmotrit će se ključni aspekti i prednosti novih tehnologija i inovacija u sustavima za upravljanje kvalitetom. Fokusirat ćemo se na konkretne primjere iz prakse, prikazati kako moderna rješenja mijenjaju tradicionalne pristupe te koje su koristi za tvrtke i njihove klijente. U konačnici, cilj je razumjeti kako napredne tehnologije mogu pomoći u postizanju bolje kvalitete i zadovoljstva kupaca u današnjem dinamičnom poslovnom okruženju.

1.1. Predmet i cilj rada

Predmet ovog rada su nove tehnologije i inovacije primijenjene u sustavima za upravljanje kvalitetom. Posebna pažnja posvećena je digitalizaciji, umjetnoj inteligenciji i Internetu stvari (IoT) kao ključnim elementima modernih rješenja.

Cilj rada je istražiti i analizirati utjecaj novih tehnologija na učinkovitost i preciznost sustava za upravljanje kvalitetom. Također, cilj je identificirati prednosti koje ove tehnologije donose u poboljšanju kvalitete proizvoda i usluga te zadovoljstvu kupaca.

1.2.Struktura rada

Struktura ovog rada osmišljena je kako bi pružila sveobuhvatan pregled novih tehnologija i inovacija u sustavima za upravljanje kvalitetom. Uvodni dio rada obuhvaća predmet i cilj istraživanja, naglašavajući važnost novih tehnologija za poboljšanje kvalitete u poslovanju. Zatim slijedi pregled strukture rada, gdje se kratko opisuje svaki dio koji će biti obrađen. Prva cjelina posvećena je sustavima upravljanja kvalitetom, počevši s teoretskim definiranjima osnovnih pojmova. U ovom dijelu istražuju se Total Quality Management (TQM) i ISO standardi, kao ključni pristupi i norme za osiguranje kvalitete u organizacijama. Poseban naglasak stavljen je na važnost sustava upravljanja kvalitetom i njihove uloge u postizanju uspješnosti poslovanja.

Nakon teorijskog dijela, rad prelazi na analizu novih tehnologija u sustavima za upravljanje kvalitetom. Ovdje se detaljno razmatra primjena umjetne inteligencije, Internet stvari (IoT), blockchain tehnologije, virtualne stvarnosti (VR), robotike, analize Big Data te 3D printanja. Svaka od ovih tehnologija istražena je u kontekstu njihovog doprinosa poboljšanju kvalitete i učinkovitosti upravljanja kvalitetom. Zadnji dio rada bavi se prikazom konkretnih primjera iz prakse, gdje se ilustrira kako nove tehnologije i inovacije unapređuju sustave za upravljanje kvalitetom. Ovaj dio pruža praktične uvide i stvarne primjere koji potvrđuju teoretske aspekte obrađene u prethodnim dijelovima rada.

2. SUSTAV UPRAVLJANJA KVALITETOM

2.1. Teoretsko definiranje sustava upravljanja kvalitetom

Rođeno prije gotovo četiri desetljeća, upravljanje kvalitetom razvilo se u utvrđenu menadžersku filozofiju i područje istraživanja (Hackman i Wageman, 1995). Ova filozofija predstavljena je tako da se temelji na tri stupa, a to su načela, prakse i tehnike (Dean i Bowen, 1994). Načela su dana kao usmjerenost na kupca, kontinuirano poboljšanje i timski rad. Standard sustava upravljanja prema ISO 9001, kao zajednička osnova za sustav upravljanja kvalitetom, postao je univerzalan u svojoj primjeni, kao i središnja tema istraživanja upravljanja kvalitetom (Carnerud, 2018). Za ISO 9001 se tvrdi da ima potencijal za doprinos poboljšanju kvalitete (Sousa i Voss, 2002) i poboljšanju operativne izvedbe (Psomas i Pantouvakis, 2015). Međutim, vrijednost i učinak sustava upravljanja kvalitetom se smatraju ovisnima o različitim faktorima, kao što su stavovi menadžmenta i svrhe, ali također i o zrelosti upravljanja kvalitetom, strategiji implementacije i uključenosti ljudi (Poksinska, 2010).

Također se kaže da vrsta motivacije za implementaciju QMS-a utječe na učinkovitost sustava. Organizacije koje se fokusiraju na stvarna poboljšanja kvalitete i organizacijske potrebe postižu veće koristi od implementacije QMS-a u područjima poput poboljšanja kvalitete i operativne učinkovitosti, u usporedbi s onim organizacijama koje implementiraju i traže certifikaciju svog QMS-a zbog vanjskih motiva, primjerice zbog imidža ili zahtjeva kupaca (del Castillo-Peces i sur., 2018). Tako, QMS implementiran na temelju vanjskih zahtjeva teži se više fokusirati na usklađenost i kontrolu, a manje na organizacijsku učinkovitost (Alić i Rusjan, 2010).

Maguadu (2006) je tvrdio da se kvaliteta u 21. stoljeću može kategorizirati prema orijentaciji u tri različita smjera: poslovno upravljanje, poboljšanje i usklađenost. Međutim, kaže se da sve tri orijentacije moraju koegzistirati kako bi organizacija bila uspješna u svom radu na kvaliteti (Maguad, 2006). Maguad (2006) je tvrdio da poslovno upravljanje orijentirano prema kvaliteti zahtijeva integrirano implementiranje strategije i pažnju na kritične čimbenike uspjeha, uključujući viziju poslovanja, tržišta i ključne procese. Također zahtijeva uključenost vrhovnog menadžmenta i svih zaposlenika u napore kontinuiranog poboljšanja (Maguad, 2006). Na općoj razini, Sadikoglu i Zehir (2010) su proučavali odnose između praksi kvalitete i različitih mjera performansi te su otkrili da su sve proučavane prakse – obuka, upravljanje zaposlenicima,

kontinuirano poboljšanje, informacije i analiza – bile značajno i pozitivno povezane s mjerama performansi zaposlenika, inovacijske performanse i performanse poduzeća. Za QMS je pokazano da imaju učinke ne samo na učinkovitost, kvalitetu proizvoda i usluga već i na zaposlenike i poslodavce, primjerice, u vezi sa zdravljem i sigurnošću na radnom mjestu (Levine i Toffel, 2010). Nadalje, Levine i Toffel (2010) pokazuju da su nakon certifikacije, poduzeća doživjela rast u prodaji i zapošljavanju znatno brže u usporedbi s poduzećima koja nisu certificirana. Stoga, autori su tvrdili da menadžment treba smatrati certifikaciju prema ISO 9001 vrijednom.

Cilj sustava upravljanja kvalitetom jest osigurati da organizacija, proizvod ili usluga kontinuirano zadovoljavaju zahtjeve korisnika. Ključne komponente ovog sustava obuhvaćaju planiranje kvalitete, osiguranje kvalitete, kontrolu kvalitete i unapređenje kvalitete (Rose, 2005). Lazibat (2009) naglašava kako uspješno upravljanje kvalitetom zahtijeva postojanje dokumentirane strukture unutar organizacije, jasno definirane odgovornosti zaposlenika te precizno utvrđene procedure koje omogućuju ostvarenje željenog napretka u području kvalitete. Ovdje je važno napomenuti da upravljanje kvalitetom ne zamjenjuje tradicionalne procese kontrole i osiguranja kvalitete, već ih nadograđuje i integrira u cjelokupni sustav.

Razvoj koncepta upravljanja kvalitetom značajno je oblikovao znanost o kvaliteti, kao i moderne pristupe poslovanju, što je dovelo do stvaranja niza različitih metoda i sustava upravljanja kvalitetom. Ovaj pluralizam pristupa svjedoči o ključnom značaju kvalitete za poslovne organizacije te rastućoj svijesti o njenoj važnosti. Za potpuno razumijevanje upravljanja kvalitetom, potrebno je definirati osnovne elemente koji čine temelj ovog sustava. (Buntak i sur., 2021).

Lazibat (2009) kao prvi ključni element upravljanja kvalitetom ističe fokus na potrebe kupca. Organizacija treba pažljivo analizirati svoje snage, slabosti, prilike i prijetnje u odnosu s kupcima te identificirati mogućnosti za zadovoljavanje njihovih zahtjeva. U slučaju da postoji značajan jaz između sposobnosti organizacije i potreba kupaca, nužno je definirati specifične, mjerljive ciljeve te strategije za njihovo ostvarenje. Jasno i precizno određivanje kupčevih zahtjeva i usmjerenost na njihovo ispunjenje temelj je dobre strategije kvalitete, koja organizaciji može donijeti konkurentsku prednost na tržištu (Buntak i sur., 2021).

Drugi važan element koji Lazibat (2009) naglašava je vodstvo unutar organizacije. Vodstvo ima ključnu ulogu u razvoju strategije kvalitete, oslanjajući se na dostupne podatke kako bi operacionaliziralo strateške ciljeve. Nakon toga, strategija kvalitete mora biti integrirana u poslovne planove organizacije, pri čemu je važno osigurati zajednički napor svih odjela. Kvaliteta ne smije biti odgovornost samo jednog sektora; umjesto toga, svi dijelovi organizacije moraju biti uključeni u proces osiguravanja i unapređivanja kvalitete, čime se stvara kohezivan sustav usmjeren na kontinuirani razvoj.

Što se tiče uključenosti u različite inicijative kvalitete, jedan aspekt koji je bio u fokusu je eksplicitni potencijal inicijative da podrži percipiranu i suvremenu potrebu. Kao primjer, strukturirana implementacija i obuka u inicijativi trebaju se nuditi pravovremeno kako bi se mogle prakticirati izravno kao odgovor na trenutnu potrebu. Drugim riječima, percipirane koristi od inicijative (npr. QMS) čini se da su usko povezane s njenom implementacijom i korištenjem na način koji izravno podržava svakodnevne aktivnosti organizacije (Buntak i sur., 2021).

Pogled na kvalitetu orijentiran na poboljšanje promiče integrirani pristup za poboljšanje procesa, uključuje cijelu organizaciju i ima širok raspon primjena, kao što su operacije usluga i podrške (Maguad, 2006). U studiji zaposlenika u uslužnim djelatnostima koji komuniciraju s kupcima, Coe i Verma (2002) su otkrili da percepcije zaposlenika o implementiranom QMS-u utječu na kvalitetu usluge stvarne ponude, u smislu pouzdanosti, odgovornosti, sigurnosti, empatije i opipljivosti, a time i na performanse poduzeća. Coe i Verma (2002) nadalje vjeruju da je jedan od faktora uspjeha tih percepcija bilo snažno vodstvo koje je bilo uključeno u promicanje upravljanja kvalitetom.

U e-trgovini, tvrdi se da je znanje o tome kako poboljšati lojalnost i povećati ponovnu kupnju važno za ostanak poduzeća konkurentnim (Honore Petnji Yaya i sur., 2011). Studija je nadalje pokazala da je kvaliteta usluge ključni prediktor i zadovoljstva i lojalnosti. Sve dimenzije kvalitete usluge – pouzdanost, odgovornost, sigurnost, empatija i opipljivost imale su pozitivne učinke na lojalnost i zadovoljstvo. Osim toga, Psomas i Pantouvakis (2015) utvrdili su da QMS poput ISO 9001 doprinosi kvaliteti usluge. Stoga se može pretpostaviti da, ako se QMS koristi na način koji omogućuje da utječe na kvalitetu proizvoda ili usluge, to će biti primijećeno od strane menadžmenta i dovesti do pozitivnih stavova o upravljanju kvalitetom.

Fokus na pružanje dokumentacije, razvijanje procedura i osiguranje dosljednosti navodi se kao pristup usklađenosti u upravljanju kvalitetom (Maguad, 2006). Implementacija standarda QMS-a poput ISO 9000 potiče standardizaciju. Kako standardizacija utječe na organizaciju može ovisiti o tri varijable: što je standardizirano, kako se implementacija provodi i u kojoj mjeri su aktivnosti i procesi standardizirani (Poksinska, 2007). Prvo, ako postoji niska motivacija za implementaciju QMS-a, pokazuje se da organizacija ispunjava samo minimalne zahtjeve ISO 9000. Ispunjavanje samo minimalnih zahtjeva može rezultirati implementacijom QMS-a koji se fokusira samo na opisivanje postojećih radnih praksi – tj. standardiziranje sadašnjih praksi umjesto prakticiranja standarda (Poksinska, 2010). Drugo, je li rezultat standardizacije pozitivan ili negativan, također ovisi o tome kako je standard implementiran. Dakle, ako se standardizacija provodi uz uključenost zaposlenika (omogućujuće), podržavajući promjene u nedostatnim praksama, ili ako se standard implementira odozgo prema dolje (prisilno), gdje menadžment želi disciplinirati rad (Poksinska, 2007). Na kraju, razina standardizacije mora biti ispravna, jer previsoka razina standardizacije smanjuje motivaciju zaposlenika (Poksinska, 2007).

U studiji o iskustvima iz procesa implementacije i certifikacije u malim organizacijama, Gustafsson i sur., (2001) zaključili su da postoji rizik od preopširnog opisivanja i dokumentiranja svega u detalje. Štoviše, dokumentacija koja se stvara kao dio implementacije i certifikacije QMS-a prijavljena je kao vremenski i resursno zahtjevna. Poksinska i sur., (2006) pronašli su u studiji o ISO 9001 u malim organizacijama da su QMS-ovi percipirani kao alat za rukovanje dokumentacijom, a ne alat za upravljanje procesima. Implementacija ISO 9001 percipirana je kao birokratska inicijativa koja jednostavno povećava papirologiju, što je bio demotivirajući faktor. Stoga je kritično pronaći idealnu razinu standardizacije radnih uputa. One ne bi smjele biti previše općenite kako bi mogle pružiti podršku korisnicima, niti previše detaljne kako ne bi ograničavale slobodu zaposlenika u obavljanju njihova rada (Poksinska i sur., 2006).

2.2. TQM (Total Quality Management)

U znanstvenoj literaturi postoji mnoštvo sinonima za koncept potpunog upravljanja kvalitetom, kao što su potpuna kontrola kvalitete, potpuno unapređivanje kvalitete, kontrola kvalitete u cijeloj organizaciji te strateško upravljanje kvalitetom (Lazibat, 2009). Često se definicije ovih

pojmovna međusobno preklapaju ili su neprecizno formulirane, što rezultira nedostatkom konceptualne jasnoće. Takva nejasnoća otežava razumijevanje i primjenu ovih pristupa u praksi, posebno u složenim organizacijskim okruženjima gdje se kvaliteta mora sustavno unapređivati. Stoga je nužno dodatno razraditi i precizirati definicije kako bi se osigurala dosljedna implementacija metodologija upravljanja kvalitetom na svim razinama organizacije. Razumijevanje razlika između ovih pristupa ključno je za pravilno usmjeravanje napora u unapređenju kvalitete i strategijskom upravljanju organizacijskim resursima.

Total Quality Management je najviša razina upravljanja kvalitetom. Ona se bavi upravljanjem načelima kvalitete u svim aspektima poslovanja, uključujući kupce i dobavljače. Total Quality Management (TQM) uključuje primjenu načela upravljanja kvalitetom na sve aspekte organizacije, uključujući kupce i dobavljače, te njihovu integraciju s ključnim poslovnim procesima. To je pristup koji uključuje kontinuirano poboljšanje od strane svih u organizaciji. TQM je načelo koje uključuje međusobnu suradnju svih koji pomažu poslovnom procesu organizacije i uključuje sve dionike organizacije. Dale i sur., (1994) definiraju TQM kao filozofiju koja obuhvaća sve aktivnosti kroz koje se potrebe i očekivanja kupca i zajednice, te ciljevi organizacije zadovoljavaju na najučinkovitiji i najisplativiji način maksimiziranjem potencijala svih zaposlenika u kontinuiranom nastojanju za poboljšanjem."

TQM je učinkovit sustav za integriranje napora u razvoju kvalitete, održavanju kvalitete i poboljšanju kvalitete različitih aspekata sustava kako bi se omogućile usluge na najekonomičnijoj razini i postiglo potpuno zadovoljstvo. TQM je usmjeren na zadovoljenje potreba kupaca na učinkovit, pouzdan i profitabilan način. To uključuje radikalnu promjenu kroz koju organizacija obavlja svoje svakodnevne operacije kako bi osigurala da kvaliteta bude na vrhu svijesti svakog zaposlenika i odjela u kojem rade. Vorley i Tickle (2001) definirali su TQM kao sintezu organizacijskih, tehničkih i kulturnih elemenata tvrtke. Smatraju da je TQM filozofija srca i uma koja prepoznaje da kultura tvrtke utječe na ponašanje koje zauzvrat utječe na kvalitetu.

Oakland (1989) opisuje TQM kao pristup za poboljšanje konkurentnosti, učinkovitosti i fleksibilnosti cijele organizacije. Prema Hellstenu i Klefsjöu (2000), TQM se može definirati kao sustav upravljanja koji se sastoji od međuzavisnih jedinica, naime osnovnih vrijednosti, tehnika poput upravljanja procesima, usporedbe (benchmarking), planiranja usmjerenog na kupca ili timova za poboljšanje, te alata poput kontrolnih kartica. Dahlgaard, Kristensen i Kanji

(1999) vidjeli su TQM kao korporativnu kulturu koju karakterizira povećano zadovoljstvo kupaca kroz kontinuirano poboljšanje koje uključuje sve zaposlenike u organizaciji. Oakland (1989) je napomenuo da bi organizacija bila doista učinkovita, svaki njen dio mora pravilno surađivati prema istom cilju, prepoznajući da svaka osoba i svaka aktivnost utječu jedna na drugu – metode i tehnike koje se koriste u TQM-u mogu se primijeniti u cijeloj organizaciji.

2.3.ISO sustavi upravljanja kvalitetom

ISO 9001 je najpoznatiji međunarodni standard koji su mnoge organizacije usvojile kao referencu za razvijanje sustava upravljanja kvalitetom (Zeng i sur., 2005). Prednosti njegove implementacije uključuju povećanje povjerenja i zadovoljstva kupaca kroz dobro organizirano i sustavno osiguranje kvalitete, dobro dokumentirane i uredne sustave, poboljšanje kvalitete radne izvedbe zaposlenika te stvaranje pozitivne radne kulture. Povjerenje i zadovoljstvo potrošača povećat će se kada treća strana (certifikacijska agencija) jamči da su poslovni ili proizvodni procesi tvrtke implementirali sustav upravljanja kvalitetom na sustavan i dosljedan način. Dosljedna implementacija upravljanja kvalitetom također će poboljšati radnu izvedbu zaposlenika i izgraditi pozitivnu kulturu kvalitete.

Planiranje certifikacije prema ISO 9001 prva je faza u formuliranju koraka implementacije ISO 9001. Među ključnim stvarima koje treba učiniti je identificirati aspekte kvalitete za poboljšanje kvalitete rada. Ti aspekti uključuju jasnoću o slijedu i pružanju dužnosti, implementaciju dokumentacije s evidentiranjem podataka i evidentiranjem radnih aktivnosti kao dokaza implementacije ISO 9001 unutar organizacije, te uspostavljanje standardnih procedura za organiziranje radnih aktivnosti koje provode članovi organizacije (Feng i sur., 2007).

Provedba procedura važan je zahtjev ISO 9001. Stoga standardne procedure moraju biti jasno formulirane i lako primjenjive za upravljanje svim kvalitetnim radnim aktivnostima. Nekoliko faza provodi se kao oblik primjene procedura, uključujući redovite interne audite kako bi se osigurala usklađenost sa ISO 9001 standardima i primjena korektivnih radnji za rješavanje problema unutar organizacije kako bi se proces mogao provoditi učinkovitije. Operativna izvedba se promatra kroz unutarnje organizacijske operacije poput produktivnosti, kvalitete proizvoda i zadovoljstva kupaca. Postoje četiri indikatora koji odražavaju učinkovitu organizacijsku izvedbu. Prvo, poboljšanje kvalitete dobara ili usluga. Drugo, produktivnost, tj.

povećanje radne produktivnosti zaposlenika u smislu učinkovitosti (broj i kvaliteta) i efikasnosti (vrijeme i energija) (Terziovski i Power, 2007). Treće, trošak, tj. smanjenje troškova koje osjeća organizacija uz povećanje izvedbe. Na kraju, tu je moral zaposlenika.

Kultura kvalitete je podskup organizacijske kulture. Uspostavljanje kulture kvalitete u organizaciji odražava se u kriterijima Predsjedničke nagrade za kvalitetu i Nacionalne nagrade za kvalitetu Malcom Baldrige (MBNQA). Kao nagrada za kvalitetu, ocjenjivani kriteriji odražavaju provedbu Total Quality Management (TQM) u poslovnoj aktivnosti. Sustav upravljanja kvalitetom (ISO 9001) je standard koji pomaže tvrtkama učinkovito implementirati TQM, tako da su kriteriji u MBNQA povezani s uspješnom implementacijom samog standarda sustava upravljanja kvalitetom. Prvi kriterij je podrška vrhovnog menadžmenta za kvalitetu u obliku aktivnog sudjelovanja vrhovnog menadžmenta u provođenju inspekcija i kontroliranju ukupnih radnih aktivnosti te vodstvo kao pokazatelji uspješne provedbe kvalitete unutar organizacije. Drugi kriterij je strateško planiranje za kvalitetu, pri čemu menadžment treba imati operativni plan koji jasno opisuje aspekte kvalitete. Treći je fokus na kupca. Karakterizira ga oblik koji izražava zadovoljstvo kupaca pruženim uslugama i učinkovit proces unutar organizacije za rješavanje pritužbi kupaca (Terziovski i Power, 2007).

Četvrto, obuka za kvalitetu koju menadžment provodi o konceptu poboljšanja kvalitete na redovnoj osnovi. To bi trebalo biti dosljedno evaluirano radi kontinuiranog poboljšanja. Peti aspekt je priznanje, kroz poticaje ili nagrade, zaposlenicima koji su pridonijeli poboljšanju kvalitete. Šesti aspekt uključuje proces uključivanja i osnaživanja zaposlenika u donošenje odluka i rješavanje problema. Sedmi kriterij je timski rad na poboljšanju kvalitete. Karakterizira ga otvorenost i donošenje odluka na temelju rezultata zajedničkog konsenzusa. Osmi pokazatelj je mjerenje i analiza. Operativnost ovog pokazatelja može biti u obliku detaljnog evidentiranja i mjerenja rezultata rada korištenjem alata za mjerenje kvalitete kako bi se provodilo kontinuirano poboljšanje. Na kraju, deveti kriterij je osiguranje kvalitete. Osiguranje kvalitete opisuje aktivnosti za održavanje kvalitete rezultata rada identificiranjem standardnih ciljeva, prikupljanjem podataka za kontinuirano poboljšanje i provođenjem audita kvalitete (Ramchander i Nadar, 2021).

Tri su pokazatelja korištena za planiranje certifikacije prema ISO 9001, kao što su identificiranje aspekata kvalitete, provedba dokumentacije i stvaranje standardnih procedura. Za varijable organizacijske predanosti, istraživači koriste tri pokazatelja kao što su afektivna

predanost, stalna predanost i normativna predanost. U primjeni procedura varijable, postoje tri pokazatelja koja se izračunavaju, a to su periodični auditi, slijed standardne procedure i primjena korektivne radnje (Feng i sur., 2007).

2.4. Važnost sustava upravljanja kvalitetom

Postoje brojni motivi za implementaciju sustava upravljanja kvalitetom u organizaciju, uključujući konkurentnost, pritiske globalizacije, ratove cijenama, pravne propise i zahtjeve kupaca vezane uz zaštitu okoliša. Na globalnoj razini, povjerenje između kupaca i dobavljača je ključno, a može se ojačati ovjeravanjem sustava upravljanja kvalitetom. Za organizacije, ključni cilj je ostati konkurentan na nacionalnom i međunarodnom tržištu. Potpuno priznat i implementiran sustav može pridobiti i zadržati povjerenje kupaca, uz uvjet da ispunjava njihove zahtjeve. Više zadovoljnih kupaca povećava šanse organizacije za širenje tržišnog udjela i osvajanje novih tržišta. Uz to, uvođenje sustava upravljanja kvalitetom može unaprijediti financijsko poslovanje organizacije.

Važno je razlikovati implementirane sustave upravljanja kvalitetom od certificiranih. Da bi organizacija dobila certifikat za sukladnost prema nekoj normi, mora uspješno implementirati taj sustav i dokazati da on funkcionira. Neke organizacije imaju izgrađen, implementiran i funkcionalan sustav upravljanja kvalitetom, ali nisu zatražile certifikat. Ako organizacija prepozna potrebu za certificiranjem sustava kvalitete na temelju vlastite svijesti o kvaliteti, zahtjeva kupaca i ključnih zainteresiranih strana, potrebe za izlaskom na međunarodno tržište ili zahtjeva međunarodne zajednice, očekuje se da će implementirani i certificirani sustav pokazati određene prednosti (Sickinger-Nagorni i Schwanke, 2016).

Implementiran i certificiran sustav upravljanja kvalitetom donosi brojne prednosti. S marketinške strane, poboljšava komunikaciju s kupcima, razumijevanje njihovih potreba, povjerenje kupaca te kvalitetu proizvoda i usluga, čime povećava zadovoljstvo kupaca i ugled poduzeća na tržištu. Organizacijski, omogućava praćenje i mjerenje postizanja ciljeva, dokumentiranje poslovnog sustava, optimizaciju količine dokumentacije, usvajanje novih metoda poboljšanja, jasno definiranje odgovornosti, uključivanje mladih stručnjaka, upravljanje resursima, lakše upravljanje procesima i veću učinkovitost, preventivnu edukaciju, poboljšanu internu komunikaciju te veću informiranost zaposlenika, korporacijsku kulturu i

svijest o kvaliteti. Financijski, omogućava kvantitativnu analizu poslovnih događaja, smanjenje potrebe za dodatnom kontrolom, smanjenje troškova proizvodnje, povećanje produktivnosti, predviđanje i smanjenje broja pogrešaka te poboljšanu profitabilnost (Sickinger-Nagorni i Schwanke, 2016).

Postoje i organizacije koje certificiraju svoj sustav upravljanja kvalitetom samo radi certifikata, bez stvarne implementacije. To može dovesti do gubitka povjerenja kupaca i drugih zainteresiranih strana. U nekim državama organizacije koje su dobile certifikat, a da sustav nije funkcionirao u praksi, tuže certifikacijsku tvrtku. Ipak, čak i pravilno implementiran i certificiran sustav može pokazati određene slabosti, osobito u početnoj fazi nakon certifikacije. Kvalitetna i redovita komunikacija sa zainteresiranim stranama i zaposlenicima može pomoći u prevladavanju tih slabosti (Drljača, 2003).

Implementiran i certificiran sustav upravljanja kvalitetom može imati i negativne efekte. S marketinške strane, može doći do zloupotrebe certifikata u promidžbi, nerazumijevanja od strane dobavljača, eliminacije dugogodišnjih partnera i privremenog gubitka tržišta zbog inovacija. Organizacijski, može doći do neadekvatnih i naglih promjena u ustroju, nerazumijevanja dokumenata kvalitete, prekomjerne produkcije nepotrebnih dokumenata te nerazumijevanja odgovornosti. Psihološki, može doći do nižeg stupnja zadovoljstva zaposlenika, potrebe za stalnim obrazovanjem, straha od dodatnih obaveza, raskida s dosadašnjim načinom rada, straha od odgovornosti i promjena. Financijski, može doći do prekomjernih ulaganja nakon točke optimuma, nepotrebnih kontrola, promjena u strukturi troškova te smanjenja financijskih efekata zbog psiholoških utjecaja (Drljača, 2003).

U kontekstu globalizacije, poduzeća se suočavaju s potrebom za učinkovitim upravljanjem poslovnim procesima i prilagođavanjem stalnim promjenama na globalnom tržištu, kako bi uspješno zadovoljila zahtjeve kupaca. Kastomizacija proizvoda postaje značajan pokazatelj tih tržišnih uvjeta, jer će poduzeća koja uspješno kombiniraju ekonomiju obujma s mogućnošću prilagodbe specifičnim zahtjevima kupaca ostvariti najbolji uspjeh u budućnosti. U tom smislu, fleksibilnost i prilagodljivost ključni su čimbenici uspjeha u suvremenom poslovanju (Buntak i sur., 2021). S rastom tržišta usluga, dolazi do promjene fokusa upravljanja kvalitetom – od tradicionalnih proizvodnih sektora prema uslužnim poduzećima. Uslužni sektor sve više ulaže u korisničku podršku, koja služi kao kanal prikupljanja povratnih informacija od kupaca, omogućujući kontinuirano poboljšanje kvalitete usluga. Ovaj dvosmjerni komunikacijski

proces ključan je za postizanje visoke razine kvalitete u uslužnim djelatnostima, pri čemu kvaliteta postaje neprekidan proces koji se stalno usavršava i prilagođava potrebama tržišta (Buntak i sur., 2021).

Kvalitetno upravljanje poslovnim procesima nužno je za uspješno poslovanje u suvremenim uvjetima. To podrazumijeva uspostavljanje sinergije unutar organizacije, pri čemu je važna koordinacija svih odjela i optimalna uporaba ljudskih resursa. U tom smislu, inovacije igraju ključnu ulogu jer omogućuju poduzećima da se diferenciraju od konkurencije i postignu uspjeh na tržištu (Buntak i sur., 2021). Inovacije se ne moraju nužno primjenjivati samo na proizvode, već se mogu integrirati i u poslovne modele, što može dovesti do održivog konkurentskog rasta. Kvaliteta ostaje temeljni preduvjet za uspjeh poslovnih procesa, čak i u razdoblju četvrte industrijske revolucije. Kvalitetno upravljanje predstavlja resurs vrijedan ulaganja jer osigurava dugoročnu konkurentnost na globalnom tržištu. Poduzeća koja usmjere svoje resurse na poboljšanje kvalitete privlače pažnju investitora i investicijskih fondova, što je ključno za ostvarivanje ambicija poslovanja na globalnoj razini. Ulaganje u kvalitetu, uz inovacije i sinergijsko upravljanje unutar organizacije, omogućuje poduzećima da opstanu i rastu u dinamičnim uvjetima suvremenog globalnog tržišta (Buntak i sur., 2021).

3. NOVE TEHNOLOGIJE U SUSTAVIMA ZA UPRAVLJANJE KVALITETOM

3.1. Primjena umjetne inteligencije

Upravljanje kvalitetom je ključni aspekt raznih industrija, osiguravajući da proizvodi i usluge zadovoljavaju utvrđene standarde i nadmašuju očekivanja kupaca. S napretkom tehnologije, integracija umjetne inteligencije (AI) revolucionira tradicionalne poslovne procese. Jedan od ključnih doprinosa AI u upravljanju kvalitetom je automatizacija procesa kontrole kvalitete. Korištenjem sustava vođenih AI za prikupljanje i analizu podataka, organizacije mogu pojednostaviti inspekcijske i testne procedure. AI algoritmi mogu brzo analizirati velike količine podataka, omogućujući donošenje odluka u stvarnom vremenu i smanjujući potrebu za ručnim radom.

Umjetna inteligencija također donosi prediktivnu analitiku u središte osiguranja kvalitete. Korištenjem povijesnih podataka i algoritama strojnog učenja, organizacije mogu identificirati potencijalne nedostatke i odstupanja u procesu kvalitete. Ovaj proaktivan pristup omogućava provedbu preventivnih mjera, sprječavajući probleme s kvalitetom prije nego što se pojave. Praćenje u stvarnom vremenu i kontinuirano poboljšanje postaju ostvarivi kroz uvide koje donosi AI.

AI senzori i sustavi za praćenje igraju vitalnu ulogu u kontroli kvalitete. Ovi sustavi mogu prikupljati podatke u stvarnom vremenu, pratiti parametre kvalitete i identificirati anomalije. Korištenjem adaptivnih algoritama, AI može prepoznati obrasce, trendove i odstupanja koja bi mogla biti teško uočljiva ljudskim operaterima, osiguravajući da se problemi s kvalitetom odmah riješe i omogućujući poboljšanu dosljednost proizvoda i zadovoljstvo kupaca. Umjetna inteligencija eliminira mogućnost ljudske pogreške u procesu kvalitete automatizacijom zadataka i korištenjem naprednih algoritama. Na taj način AI povećava točnost i pouzdanost aktivnosti kontrole kvalitete. AI sustavi mogu otkriti i analizirati nedostatke s visokom preciznošću, što vodi do dosljednih i pouzdanih rezultata kvalitete (Bouley, 2023).

AI vođena automatizacija i sposobnosti obrade podataka značajno povećavaju učinkovitost i produktivnost u upravljanju kvalitetom. Automatizacijom ručnih zadataka, organizacije mogu

postići bržu obradu i analizu podataka, smanjujući vrijeme potrebno za inspekcije kvalitete. Ovo smanjenje ručnog rada vodi do uštede vremena i troškova, omogućujući učinkovitije raspoređivanje resursa. AI osnažuje organizacije poboljšanim sposobnostima donošenja odluka u upravljanju kvalitetom. Pružajući uvide temelje na podacima, AI omogućava proaktivne mjere kontrole kvalitete. Može identificirati potencijalne rizike i područja za optimizaciju procesa, podržavajući bolje donošenje odluka na različitim razinama unutar organizacije. AI sustavi također mogu pružiti preporuke za ublažavanje rizika, omogućujući organizacijama da donesu informirane odluke za poboljšanje ukupnih rezultata kvalitete (Bouley, 2023).

Primjena umjetne inteligencije (AI) u upravljanju kvalitetom donosi brojne prednosti u različitim industrijama. U proizvodnoj industriji, AI igra ključnu ulogu u upravljanju kvalitetom kroz sustave za vizualnu inspekciju koji se koriste za procjenu kvalitete proizvoda, identifikaciju nedostataka i osiguranje dosljednosti proizvoda. Prediktivno održavanje s AI algoritmima pomaže smanjiti vrijeme zastoja strojeva i optimizirati proizvodnu učinkovitost, što rezultira poboljšanom kvalitetom proizvoda i smanjenim troškovima.

U zdravstvu i biomedicinskim znanostima, AI algoritmi koriste se za medicinsku dijagnostiku i procjenu kvalitete, omogućujući točne i pravovremene dijagnoze. Sustavi za praćenje sigurnosti pacijenata u stvarnom vremenu, koji su podržani AI-jem, pomažu u sprječavanju neželjenih događaja i osiguravanju optimalne kvalitete zdravstvene skrbi. U razvoju softvera, AI-driven testiranje i analiza kvalitete koda postali su ključni za osiguranje visokokvalitetnih softverskih proizvoda. Automatizirano otkrivanje i rješavanje grešaka smanjuje softverske nedostatke i poboljšava ukupnu kvalitetu proizvoda, dok AI-based testiranje osigurava sveobuhvatnu pokrivenost i brže prepoznavanje problema, rezultirajući pouzdanijim softverom (Bouley, 2023).

Industrija hrane i pića koristi AI za praćenje i analizu različitih parametara tijekom proizvodnih i pakirnih procesa. Sustavi potpomognuti AI-jem mogu otkriti kontaminante, osigurati točno označavanje i optimizirati protokole osiguranja kvalitete, što pomaže u sprječavanju bolesti uzrokovanih hranom, poboljšanju sljedivosti i održavanju standarda kvalitete koje očekuju potrošači. U energetske i komunalnom sektoru, AI ima primjenu u upravljanju kvalitetom, posebice za sustave obnovljivih izvora energije kao što su solarni paneli i vjetroturbine. AI-driven sustavi za praćenje mogu otkriti odstupanja u izvedbi, pomažući u prepoznavanju potreba za održavanjem i optimizaciji proizvodnje energije, dok procesi kontrole kvalitete u

komunalnim uslugama mogu imati koristi od analize podataka potpomognute AI-jem kako bi se osigurala učinkovita i pouzdana isporuka usluga (Bouley, 2023).

Unatoč mnogim prednostima, postoje izazovi i razmatranja koja treba uzeti u obzir. Kvaliteta i dostupnost podataka su ključni za iskoristiti puni potencijal AI-a u upravljanju kvalitetom. Organizacije moraju osigurati točnost i pouzdanost podataka koje koriste AI algoritmi, uspostaviti robusne procese prikupljanja podataka, riješiti pristranosti i ograničenja podataka te osigurati dostupnost visokokvalitetnih podataka za uvide temeljene na AI-ju (Bouley, 2023).

Etnička razmatranja i ljudski nadzor postaju sve važniji kako AI postaje sve prisutniji u upravljanju kvalitetom. Organizacije moraju uzeti u obzir utjecaj AI-a na radna mjesta i osigurati da su ljudi uključeni u procese donošenja odluka. Treba uspostaviti etičke prakse i odgovorne AI okvire kako bi se održala transparentnost i povjerenje. Integracija AI-a u postojeće sustave upravljanja kvalitetom može predstavljati tehničke i organizacijske izazove. Organizacije moraju prevladati prepreke integraciji i ulagati u odgovarajuću infrastrukturu i resurse, te osposobiti zaposlenike za prilagodbu na procese kvalitete vođene AI-jem kako bi se osigurala uspješna implementacija.

AI revolucionira područje upravljanja kvalitetom poboljšavajući učinkovitost, točnost i sposobnosti donošenja odluka. Njegova sposobnost automatizacije procesa, pružanja prediktivnih uvida i poboljšanja ukupnih rezultata kvalitete transformira industrije. Prihvatanjem AI-a kao strateškog alata, organizacije mogu povećati zadovoljstvo kupaca, potaknuti kontinuirano poboljšanje i steći konkurentsku prednost na tržištu.

3.2. Internet stvari (IoT) u kvaliteti

Kontrola kvalitete je temeljna za svaku industriju koja dizajnira, proizvodi ili transportira fizičke proizvode, no posebno je važna u proizvodnji. Kako objašnjava softverski developer BehrTech, proizvođači teže postizanju dosljednih, visokokvalitetnih rezultata i minimalnih stopa odbacivanja kako bi nadoknadili promjenjivu potražnju na tržištu i visoke troškove materijala koji su uobičajeni u industriji. S obzirom na "kritičnu važnost" krajnjih proizvoda, nije iznenađujuće da su mnoge proizvodne tvrtke izrazito usredotočene na poboljšanje svojih procesa kontrole kvalitete i integraciju novih tehnologija kako bi stekle konkurentsku prednost.

U današnjem tehnološki orijentiranom okruženju, sposobnost nadzora i kontrole proizvodne opreme od presudne je važnosti za kvalitetu proizvedenih dobara. Tehničari neprestano ponovno kalibriraju opremu i optimiziraju proizvodne linije kako bi osigurali dosljedne procesne parametre i eliminirali neučinkovitosti koje troše vrijeme. Isto se prilagođavanje provodi i u kasnijim fazama proizvodnje, gdje automatizirani sustavi i robotika igraju ključnu ulogu. Povijesno gledano, proizvodni pogoni zapošljavali su radnu snagu sastavljenu od obučenih stručnjaka za osiguranje kvalitete kako bi provjerili integritet gotovih proizvoda. No, s porastom tehnologija interneta stvari (IoT) i Industrije 4.0, tvrtke integriraju nove procese i sustave kako bi pojednostavile zadatke praćenja proizvoda i otkrivanja nedostataka (Burkhalter, 2020).

U takvom kontekstu, proizvođači sada koriste napredne tehnologije za poboljšanje kontrole kvalitete. Tehnologije poput umjetne inteligencije (AI), strojnog učenja, te IoT omogućuju precizno praćenje proizvodnih procesa u stvarnom vremenu, automatsko prepoznavanje i ispravljanje grešaka te kontinuirano poboljšanje kvalitete proizvoda. Automatizirani sustavi mogu analizirati velike količine podataka brzo i učinkovito, omogućujući donošenje odluka u stvarnom vremenu i smanjujući potrebu za ručnim radom. U konačnici, integracija ovih tehnologija ne samo da poboljšava kvalitetu proizvedenih dobara već i optimizira ukupnu učinkovitost proizvodnih procesa, smanjujući troškove i povećavajući zadovoljstvo kupaca (Burkhalter, 2020).

Za proizvođače, IoT tehnologije predstavljaju sljedeći korak u praćenju u stvarnom vremenu, automatizaciji procesa i analitici podataka. Opremljujući proizvodne linije s IoT sensorima, menadžeri pogona mogu pratiti uvjete okoline, performanse opreme i još mnogo toga. Ovaj dodatni uvid omogućava proizvođačima bolje razumijevanje odakle potječu problemi s kontrolom kvalitete i poduzimanje akcija s većim samopouzdanjem. Što se tiče specifičnih primjena, IoT pomaže proizvodnim tvrtkama u nekoliko ključnih područja.

Jedno od njih je prediktivno održavanje. Umjesto čekanja da se dio stroja pokvari, proizvođači koriste IoT senzore za predviđanje kada će određeni unutarnji dijelovi otkazati. Održavanje nakon kvara ili popravak može koštati tri do deset puta više od dobrog programa održavanja. Ovo je bez uzimanja u obzir gubitaka produktivnosti koji mogu nastati zbog neplaniranih zastoja. Održavanje opreme također ima utjecaj na kontrolu kvalitete, jer nekalibrirana oprema

može uzrokovati greške i nepravilnosti u gotovim proizvodima. Proaktivnim pristupom održavanju i popravcima, proizvođači mogu istovremeno smanjiti svoje troškove i smanjiti stope odbacivanja proizvoda (Burkhalter, 2020).

IoT sustavi omogućuju i daljinsko praćenje proizvodnje. Ova sposobnost posebno je važna u trenutnoj poslovnoj klimi, gdje je pandemija COVID-19 prisilila tvrtke da smanje svoje fizičke operacije. Koristeći sustave za vizualnu inspekciju, proizvođači mogu nastaviti obavljati ključne zadatke kontrole kvalitete bez potrebe za ručnom intervencijom. Automatizacija proizvodnih procesa je još jedna prednost IoT tehnologija. Kada je proizvodni pogon opremljen IoT sensorima, menadžeri mogu početi integrirati robotsku automatizaciju procesa i druge tehnologije kako bi učinili svoje operacije pouzdanijima. Ogromna količina podataka koje ovi senzori prikupljaju može se koristiti u algoritmima strojnog učenja ili AI platformama za generiranje uvida u stvarnom vremenu. U potpuno umreženom proizvodnom okruženju — opremljenom komunikacijama između strojeva — automatizirani sustavi mogu otkriti varijacije u proizvodnji i poslati te podatke dolaznoj opremi. Ovo može omogućiti opremi da sama napravi manje prilagodbe u hodu, uključujući one koje utječu na kvalitetu proizvoda.

Iako je kontrola kvalitete glavni prioritet za proizvodne tvrtke, IoT može pružiti ogromne prednosti i u pogledu inovacija i razvoja procesa. Opremljeni podacima o okolišu i analitikom performansi, menadžeri pogona mogu locirati neučinkovitosti i propuste koji troše vrijeme i novac. Ova saznanja mogu osnažiti proizvođače da poboljšaju nedostatne procese, stvore učinkovitije strategije rukovanja materijalom i osiguraju dosljedne rezultate na više proizvodnih lokacija.

3.3. Blockchain tehnologija u praćenju kvalitete

Kvaliteta proizvoda je važan kriterij za potrošače pri donošenju odluka o kupnji (Shen i sur., 2020). Mnogi potrošači nemaju dovoljno znanja da prepoznaju stvarnu kvalitetu proizvoda. Dio potrošača može procijeniti proizvod kao visokokvalitetan, dok preostali dio može smatrati da proizvod ima nisku kvalitetu. Takva asimetrija informacija o kvaliteti proizvoda rezultira gubitkom za potrošače koji mogu biti prevareni prenapuhanim marketinškim tvrdnjama (Shen i sur., 2020). Kao rezultat toga, potrošači mogu prestati kupovati ako je kvaliteta proizvoda nesigurna. Industrijalci traže učinkovit način da izbjegnu nesigurnost u kvaliteti proizvoda.

Blockchain je oblik distribuirane tehnologije knjigovodstvenih lanaca koji povećava sljedivost, certificiranost, praćenje i provjerljivost. Blockchain tehnologija se koristi za poboljšanje transparentnosti opskrbnog lanca, što utječe na dinamiku i otpornost kanala. Ako tvrtka uspostavi znanje o porijeklu proizvoda kroz blockchain, potrošači mogu saznati informacije o podrijetlu, autentičnosti, skrbništvu i integritetu te tako identificirati stvarnu kvalitetu proizvoda (Montecchi i sur., 2019).

Nedavno su mnogi znanstvenici prepoznali vrijednost usvajanja blockchaine u upravljanju opskrbnim lancem. Queiroz i sur., (2019) analiziraju 27 radova o integraciji blockchaine i upravljanja opskrbnim lancem. Oni tvrde da primjene blockchaine mogu disruptirati tradicionalne industrije poput zdravstvene skrbi, transporta i maloprodaje. Wang i sur., (2019) daju pregled literature o blockchain tehnologiji u upravljanju opskrbnim lancem. Njihova mišljenja su da vrijednost blockchain tehnologije uključuje proširenu vidljivost i sljedivost, digitalizaciju opskrbnog lanca i eliminaciju posrednika, poboljšanu sigurnost podataka i pametne ugovore.

Morkunas i sur., (2019) identificiraju šest koraka razmjene imovine koristeći blockchain:

- Predlaganje transakcije,
- dodavanje kriptografske potpisa,
- emitiranje na mrežu računala,
- autentifikacija transakcije,
- dodavanje u blockchain,
- dovršavanje transakcije.

Morkunas i sur., (2019) tvrde da blockchain tehnologija može utjecati na segmente kupaca, vrijednosnu ponudu, kanale, odnose s kupcima, prihodne tokove, ključne resurse, ključna partnerstva i strukturu troškova.

Usvajanje blockchain tehnologije može riješiti nesigurnost potrošača u pogledu kvalitete proizvoda. Usvajanje blockchaine prisiljava članove opskrbnog lanca da pruže transparentne informacije o opskrbnom lancu. Saberi i sur., (2019) identificiraju odnos između blockchain tehnologije i održivog upravljanja opskrbnim lancem. Oni tvrde da usvajanje blockchain

tehnologije može pratiti održive prakse u opskrbnim lancima i upravljati kretanjem proizvoda radi transparentnosti. Blockchain tehnologija poboljšava performanse opskrbnog lanca ostvarivanjem transparentnosti, vidljivosti i pametne izvedbe uz stratešku formalnu koordinaciju. Blockchain se koristi za poboljšanje kvalitete podataka.

Choi i Luo (2019) procjenjuju kako usvajanje blockchaine poboljšava kvalitetu podataka za predviđanje potražnje u modnom opskrbnom lancu. Oni zaključuju da korištenje blockchaine može povećati društvenu dobrobit. Blockchain se koristi za identifikaciju autentičnosti proizvoda. Choi (2019) razvija analitički model kako bi ispitaio kako blockchain platforma osigurava autentičnost proizvoda i kako korištenje blockchaine utječe na potrošače i tvrtke u industriji dijamanta. Montecchi i sur., (2019) identificiraju da korištenje blockchaine može pružiti znanje o podrijetlu proizvoda, odnosno informacije o podrijetlu, proizvodnji, modifikacijama i skrbištvo proizvoda. Oni razvijaju okvir za znanje o podrijetlu i prikazuju procese poboljšanja osiguranja i smanjenja percipiranog rizika.

3.4. Virtualna stvarnost (VR) i obuka za kvalitetu

Virtualna stvarnost (VR) poznata je po podučavanju vještina i pružanju realističnih simulacija, kao što su obuka pilota zrakoplova ili održavanje opreme. S rastom metaversa, VR postaje sve češći način ulaska u ovu novu digitalnu stvarnost. Prema PwC-ovom istraživanju US Metaverse Survey iz 2022., 51% tvrtki ili integrira VR u svoju strategiju ili je već uključilo VR u barem jednu poslovnu liniju. Trideset četiri posto njih izjavljuje da je jedna od najvećih prednosti metaversa učinkovitiji način razvoja i obuke zaposlenika (PwC, 2022).

Osim tvrdih vještina, mnogi zaposlenici trebaju naučiti i meke vještine, poput vodstva, otpornosti i upravljanja promjenama. VR i metaverzum mogu biti vrlo korisni za podučavanje i ovih vještina. Istraživanja pokazuju da se zaposlenici na VR tečajevima mogu obučiti do četiri puta brže. Američki zaposlenici obično provode samo 1% svog radnog tjedna na obuci i razvoju, pa je važno to vrijeme iskoristiti produktivno. VR može pomoći jer ono što u učionici traje dva sata, može se naučiti za samo 30 minuta koristeći VR. Čak i uz dodatno vrijeme potrebno za prve korisnike da se upoznaju s VR naočalama, učenici VR-a ipak završavaju obuku tri puta brže od onih u tradicionalnim učionicama (PwC, 2022).

Samopouzdanje je ključni faktor uspjeha u učenju mekih vještina, a VR omogućuje vježbanje u imersivnom, nisko stresnom okruženju. To rezultira višim razinama samopouzdanja i poboljšanom sposobnošću primjene naučenog na poslu. Učenici obučeni putem VR-a su do 275% sigurniji u primjenu naučenog, što je poboljšanje od 40% u odnosu na tradicionalne učionice i 35% u odnosu na e-učenje. Ljudi se bolje povezuju, razumiju i pamte stvari kada su njihove emocije uključene. Učenje temeljeno na simulaciji u VR-u daje pojedincima priliku da osjete kao da su imali značajno iskustvo (PwC, 2022).

Današnji učenici često su nestrpljivi, rastreseni i preopterećeni. Mnogi učenici neće gledati video u cijelosti, a pametni telefoni su glavni uzrok prekida i ometanja. S VR učenjem, korisnici su značajno manje ometani. U VR naočalama, simulacije i imerzivna iskustva privlače vid i pažnju pojedinca. Nema prekida niti mogućnosti za multitasking. Zaposlenici obučeni putem VR-a bili su do četiri puta usredotočeniji tijekom obuke nego njihovi kolege na e-učenju i 1,5 puta usredotočeniji od svojih kolega u učionici. Kada su učenici uronjeni u VR iskustvo, obično više izvlače iz obuke i postižu bolje rezultate (PwC, 2022).

U prošlosti je VR bio preskup, kompliciran i izazovan za implementaciju izvan male skupine. Danas, trošak sustava VR naočala za poslovne korisnike je jednokratna naknada manja od 1.000 dolara, a ove jedinice mogu se upravljati poput bilo kojeg drugog mobilnog uređaja u poduzeću i mogu se višekratno koristiti za pružanje obuke. Studiji svih veličina razvijaju uvjerljiv sadržaj, dok dobavljači stvaraju softverske pakete koji omogućuju ne-VR programerima da sami kreiraju sadržaj na isplativ način. Neki veliki sustavi za upravljanje učenjem omogućuju lako integriranje VR sadržaja u svoje platforme.

Vrijednost koju VR pruža je neosporna kada se koristi na odgovarajući način. U našoj studiji, otkrili smo da, kada se isporuči dovoljnim brojem učenika, VR obuka je procijenjena kao isplativija na skali od učioničkog ili e-učenja. Budući da VR sadržaj u početku zahtijeva do 48% veću investiciju nego slični tečajevi u učionici ili e-učenje, ključno je imati dovoljno učenika kako bi ovaj pristup bio isplativ. Na 375 učenika, VR obuka je postigla paritet troškova s učenjem u učionici. Na 3.000 učenika, VR obuka postala je 52% isplativija od učioničkog učenja. Na 1.950 učenika, VR obuka je postigla paritet troškova s e-učenjem. Što više ljudi obučavate, to će vaš povrat vjerojatno biti veći u smislu uštede vremena zaposlenika tijekom obuke, kao i ušteda na troškovima vođenja tečaja i drugim vanjskim troškovima (PwC, 2022).

VR vjerojatno neće u potpunosti zamijeniti učioničko učenje ili e-učenje u skorije vrijeme. Ali kako se metavers ubrzava i rad na daljinu nastavlja rasti, VR učenje bi trebalo biti dio većine kurikuluma za kombinirano učenje u tvrtkama. Kada se pravilno koristi, VR učenje, unutar i izvan metaversa, uključuje ključne elemente poslovne stručnosti za suočavanje s izazovima, iskustvo usmjereno na ljude i tehnologiju koja povećava produktivnost bez žrtvovanja kvalitete.

3.5. Robotika u proizvodnji i inspekciji

U današnjoj proizvodnoj industriji, kontrola kvalitete je ključna komponenta koja osigurava da proizvodi zadovoljavaju utvrđene standarde izvrsnosti. Roboti su postali ključna sredstva u ovom području, unapređujući procese osiguranja kvalitete s preciznošću i učinkovitošću. Integracija robotike u proces kontrole kvalitete pružila je proizvođačima pouzdan način održavanja dosljednosti proizvoda dok se nose s kompleksnostima proizvodnih zahtjeva (Bernier, 2023).

Robotski sustavi u proizvodnji preuzeli su ključnu ulogu osiguravanja kvalitete proizvoda kroz razne sofisticirane primjene. Jedna od najčešćih primjena je kroz automatizirane sustave inspekcije, gdje roboti opremljeni visokorezolucijskim kamerama i senzorima provode detaljne inspekcije proizvoda dok se kreću duž proizvodne linije. Na primjer, u automobilskoj industriji, roboti se koriste za inspekciju zavarivanja i završne obrade boje, što zahtijeva izvanrednu razinu detalja, nadmašujući ono što je obično moguće ljudskim inspektorima (Bernier, 2023).

Druga praktična primjena je u sektoru elektronike, gdje roboti provode precizne provjere na tiskanim pločama. Opremljeni naprednim vizijskim sustavima, mogu brzo identificirati nedostatke kao što su neusklađenosti ili nedostajući dijelovi, zadaci koji nisu samo zamorni već i skloni ljudskim pogreškama. U farmaceutskoj industriji, roboti rukuju i pregledavaju bočice i štrcaljke, osiguravajući da su pravilno zatvorene i da sadrže ispravnu dozu, što je ključno za sigurnost pacijenata. Ova robotska pomoć pruža dosljednost i preciznost koja je od presudne važnosti u industrijama gdje je margina za pogreške praktički nepostojeća (Bernier, 2023).

Integracijom s alatima za analizu podataka, ovi robotski sustavi također mogu pomoći u prediktivnom održavanju. Mogu otkriti suptilne promjene u funkcioniranju opreme ili kvaliteti proizvoda, upozoravajući ljudske operatere na potencijalne probleme prije nego što postanu

značajni. Upotreba robotike u procesima kontrole kvalitete predstavlja značajan pomak prema učinkovitijim, točnijim i pouzdanijim proizvodnim praksama, podržavajući industrije u isporuci besprijekornih proizvoda na tržište.

Proizvodni sektor koristi razne vrste robota za zadatke kontrole kvalitete, svaki dizajniran za obavljanje specifičnih funkcija s visokom učinkovitošću. Roboti s rotirajućim zglobovima, spadaju u najsvestranije. Uobičajeno se koriste za zadatke koji zahtijevaju širok raspon pokreta, kao što su podizanje i postavljanje komponenti ili dosezanje uskih prostora za provođenje inspekcija. SCARA roboti, poznati po svojoj brzini i preciznosti, idealni su za manje zadatke, poput onih u industriji elektronike, gdje rukuju i pregledavaju male, osjetljive dijelove. Njihova kruta struktura i precizni pokreti čine ih posebno korisnima za ponavljajuće zadatke koji zahtijevaju točnost.

Delta roboti često se koriste u kontroli kvalitete zbog svoje izuzetne brzine i preciznosti. Njihov dizajn omogućuje im brzo i precizno kretanje u tri dimenzije, što ih čini prikladnima za inspekcije pakiranja u industrijama poput prehrambene i pića, gdje ih proizvođači mogu upariti s vizijskim sustavima za sortiranje, orijentaciju i inspekciju proizvoda velikom brzinom. Kolaborativni roboti dizajnirani su za rad uz ljudske operatere. Ovi roboti opremljeni su sensorima koji im omogućuju rad oko ljudi, značajno smanjujući rizike povezane s radom oko robota. Koboti postaju sve popularniji za zadatke kontrole kvalitete jer se lako mogu integrirati u postojeće radne procese i zahtijevaju minimalne promjene u proizvodnoj liniji.

Mobilni roboti postaju sve češći u skladištima i na proizvodnim podovima. Mogu prenositi robu s jednog mjesta na drugo i sve češće su opremljeni sposobnostima inspekcije kako bi provjerili kvalitetu proizvoda dok se kreću kroz opskrbni lanac. Svaka vrsta robota donosi svoje jedinstvene prednosti u procesu kontrole kvalitete, a izbor robota često ovisi o specifičnim zahtjevima zadatka, kao što su brzina, preciznost, dosezanje i sposobnost rada u suradnji s ljudskim zaposlenicima.

Robotski sustavi u kontroli kvalitete nude prednosti koje poboljšavaju proizvodni proces. Roboti su konstruirani da obavljaju zadatke s visokim stupnjem točnosti i mogu održavati tu preciznost tijekom dugih razdoblja bez umora, što dovodi do dosljedne kvalitete proizvoda. Ovo je izuzetno važno pri kontroli kvalitete proizvoda gdje su važni sitni detalji, kao što je inspekcija zavara u zrakoplovnoj industriji. Roboti mogu raditi brzinom koja daleko nadmašuje

ljudske sposobnosti, što može značajno ubrzati proizvodne linije i povećati propusnost. Uparivanje delta robota s vizijskim sustavom za inspekciju i sortiranje prehrambenih proizvoda koji se kreću niz proizvodnu liniju bit će znatno brže od ručne verzije ovog procesa.

Iako početno ulaganje u robotske sustave može biti značajno, oni mogu dovesti do dugoročnih ušteda kroz poboljšanu učinkovitost, manje otpada i niže stope pogrešaka. Proizvođači često izračunavaju koristi zbog povećane kvalitete proizvodnje, propusnosti i smanjenih troškova ponovnog rada/otpada kako bi utvrdili vrijednost sustava automatizacije kontrole kvalitete. Roboti mogu preuzeti opasne ili nezdrave zadatke, smanjujući rizik od nesreća i izloženosti opasnim uvjetima za ljudske radnike. Taj je rizik izražen kada se proizvodnja odvija u uvjetima neprikladnim za ljude, poput ekstremnih temperatura ili čiste sobe potrebne za proizvodnju poluvodiča. Povećana sigurnost pozitivno utječe na moral zaposlenika i smanjuje rizik od kazni i parnica od strane regulatornih agencija.

Većina modernih robotskih sustava može prikupljati podatke o kvaliteti proizvoda i drugim metrima. Ovi podaci mogu pružiti uvide koji se mogu koristiti za daljnju optimizaciju proizvodnog procesa i rano otkrivanje potencijalnih problema. Razmišljanje o kontroli kvalitete kao više od još jednog koraka u proizvodnom procesu stvara distribuirani sustav za testiranje, analizu i prilagodbe u stvarnom vremenu. Ova sposobnost čini ih još vrijednijim dodatkom operacijama proizvođača (Bernier, 2023).

Mnogi robotski sustavi mogu se ponovno programirati i opremiti za obavljanje različitih zadataka, omogućujući veću fleksibilnost u proizvodnji i sposobnost prilagodbe promjenama u dizajnu proizvoda ili potražnji. Unatoč brojnim prednostima, postoje ograničenja u korištenju robotike u kontroli kvalitete koje proizvođači moraju uzeti u obzir. Početni troškovi za robotske sustave mogu biti značajni, uključujući troškove samih robota, instalacije, programiranja i integracije u postojeće sustave. Također, stalno održavanje i ažuriranja mogu dodati ukupnim troškovima (Bernier, 2023).

Implementacija robotskih sustava zahtijeva specijalizirano znanje i vještine. Proizvođači se mogu suočiti s izazovima u pronalaženju kvalificiranog osoblja za upravljanje i održavanje ovih naprednih strojeva. Također, integracija robota u postojeću proizvodnu liniju ponekad može biti izazovna, osobito u starijim pogonima koji izvorno nisu bili dizajnirani s automatizacijom na umu. Iako roboti izvrsno obavljaju ponavljajuće zadatke, mogu im nedostajati prilagodljivost

i sposobnosti rješavanja problema koje imaju ljudski radnici. Kompleksne ili neočekivane situacije i dalje mogu zahtijevati ljudsku intervenciju. Važno je razumjeti ograničenja predloženog sustava automatizacije u kontekstu specifične primjene. Razumijevanje ovih ograničenja ključno je za proizvođače kako bi realno procijenili ulogu robotike u svojim procesima kontrole kvalitete i razvili strategije za prevladavanje ovih izazova.

3.6. Analiza Big Data u upravljanju kvalitetom

Na svakoj proizvodnoj liniji postoji barem jedna kontrolna točka za kvalitetu. U nekim industrijama ove točke provjeravaju sve završne proizvode, dok se u drugim industrijama proizvodi provjeravaju na uzorkovnoj osnovi. Općenito, veliki dio operacija provjere kvalitete obavljaju ljudi putem vizualne inspekcije. Ovo je vrlo naporan posao za oči, zbog čega operateri moraju često uzimati pauze kako bi izbjegli zamor očiju. Nadalje, umorni operater može dovesti do još lošijih rezultata u osiguranju kvalitete. Kako bi se reciklirali ili ponovno upotrijebili neispravni dijelovi, operater prvo mora odrediti je li dio dobar ili loš. Zatim mora utvrditi nedostatke dijela i odlučiti hoće li pokušati obnoviti dio, ako je to još uvijek moguće, ili razmotriti drugi konačni proizvod za koji se taj neispravni dio može ponovno upotrijebiti. Treće, u proizvodnoj liniji imamo nekoliko strojeva koji obrađuju određeni dio. Ako bilo koji od tih strojeva postane neispravan, cijela serija proizvoda oblikovana tim neispravnim strojem može biti ugrožena. Stoga je rano otkrivanje neispravnog stroja važno za ekonomiju tvrtke. Ovdje se radi o problemu analize velikih podataka, što može biti teško riješiti pojedincu u kratkom vremenskom razdoblju.

Danas se mnogi proizvedeni dijelovi mogu dizajnirati na računalu, vizualizirati na ekranu, izrađivati računalno upravljanim strojevima i pregledavati istim računalom - sve bez ljudske intervencije u rukovanju samim dijelovima. Ovaj koncept računalno integrirane proizvodnje (CIM) ima smisla jer se izvorni dizajnerski skup podataka pohranjuje u računalu i stoga se može koristiti:

- (1) za pomoć u procesu analize slike potrebne za inspekciju i
- (2) kao stvarni predložak prema kojem se ocjenjuje kvaliteta proizvoda (Davies, 2012).

Drugim riječima, nema potrebe za zasebnim skupom predložaka za kriterije inspekcije kada su specifikacije već pohranjene u računalu. Lee (2008) uvodi koncept kiber-fizičkih sustava (CPS)

kao integraciju između računanja i fizičkih procesa. Oni se sastoje od ugrađenih sustava, mrežnih monitora i kontrola fizičkih procesa, koji su međusobno povezani pomoću povratnih petlji, što omogućuje fizičkim procesima da stupaju u interakciju s računanjem i obrnuto. Rad naglašava potencijal takvih sustava, iako postoje izazovi, posebno u vezi s fizičkim komponentama takvih sustava koje moraju ispunjavati određene kvalitativne sigurnosne i pouzdanosne zahtjeve, koji se ne primjenjuju na softverski inženjering. Osim toga, karakteristike objektnog softverskog inženjeringa nemaju ništa zajedničko s fizičkim komponentama u smislu osiguranja kvalitete. Autor zaključuje da nije dovoljno samo poboljšati dizajn procesa, povećati razinu apstrakcije ili provjeriti dizajn današnjih razina apstrakcije, već je potrebno ponovno izgraditi razinu apstrakcije računalnih, mrežnih i fizičkih podsustava kako bi se mogli apstrahirati na jedinstven način.

Ova ideja je proširena od strane Aruväli i sur., (2014) pod nazivom koncept kiber-fizičkog proizvodnog sustava (CPPS), sposoban za praćenje i pomoć u proizvodnom procesu. On uvodi primjenu digitalne memorije objekata (DOMe), koja stvara inteligentno okruženje senzora nazvano proširena stvarnost. Osnovna ideja njihovog rada je da je svaki dio proizvodnog procesa, od dijelova, bilješki, crteža, alata, sirovina povezan s DOME informacijama koje su semantičke informacije o njegovom podrijetlu i pravilima konteksta. Ove informacije se zatim stavljaju u kontekst koji se sastoji od tri komponente: korisnika, objekta i lokacije. Potrebno je postojanje inteligentnog okruženja kako bi se pratila i poticala interakcija između objekata.

Metz i sur., (2012) predlažu sustav za obradu događaja koji je razvijen za praćenje i kontrolu proizvodnog procesa gotovo u stvarnom vremenu. Ovaj sustav razmatra događaje kao pravila na koja se mogu primijeniti obrasci događaja kako bi se analizirala evolucija procesa. Definicija obrasca nije online proces, već offline. Stoga obrasci nisu sposobni prilagoditi se varijacijama praćenog procesa i tako se offline aktivnost mora ručno prenijeti na online sustav. Njihov doprinos predstavlja metodologiju koja pokušava prevladati gore navedeni nedostatak. Predstavljen je algoritam strojnog učenja temeljen na pravilima kao rješenje koje se koristi za automatsko prilagođavanje sustava novim događajima. Tako sustav može identificirati i validirati pravila koristeći tehnike indukcije pravila. Nakon otkrivanja određenih unaprijed definiranih obrazaca, sustav za obradu događaja izvršava niz koraka koje je naznačio upravitelj indukcije pravila i istovremeno obrađuje trenutne informacije o procesu. Ti koraci su: odabir prikladnih pozadinskih informacija o problemu; odabir odgovarajućeg algoritma indukcije

pravila; otkrivanje, evaluacija, validacija i generalizacija pravilnog pravila i konverzija pravila u obrazac događaja. Tako se mogu izvesti novi obrasci kako bi se riješili novi problemi.

3.7. Implementacija 3D printanja u kvaliteti

Implementacija 3D printanja u proizvodne procese donosi značajne prednosti u kontekstu kontrole kvalitete, omogućujući proizvođačima da postignu visoku razinu preciznosti i dosljednosti proizvoda. 3D printanje, ili aditivna proizvodnja, omogućuje stvaranje složenih geometrija i preciznih komponenti koje bi bilo teško ili nemoguće postići tradicionalnim metodama proizvodnje. Ovaj proces ne samo da poboljšava kvalitetu proizvoda, već i smanjuje vrijeme i troškove proizvodnje.

Jedna od ključnih prednosti 3D printanja u kontroli kvalitete je mogućnost stvaranja prototipova i malih serija proizvoda brzo i ekonomično. To omogućuje brzu iteraciju dizajna i testiranje različitih verzija proizvoda prije nego što se pokrene masovna proizvodnja. Na taj način, proizvođači mogu identificirati i ispraviti nedostatke u ranijim fazama razvoja, smanjujući potrebu za skupim promjenama nakon što je proizvod već u proizvodnji (Tsai i Lin, 2003). Osim toga, 3D printanje omogućuje visoku razinu prilagodljivosti i personalizacije proizvoda. U industrijama poput medicinske opreme, dentalnih implantata i ortopedskih pomagala, gdje je prilagodba ključna za udobnost i učinkovitost, 3D printanje omogućuje proizvodnju prilagođenih dijelova koji savršeno odgovaraju potrebama svakog pojedinog korisnika. Ovaj stupanj prilagodbe poboljšava ukupnu kvalitetu i funkcionalnost proizvoda.

Implementacija 3D printanja također doprinosi održivosti i smanjenju otpada. Tradicionalne metode proizvodnje često uključuju rezanje i oblikovanje materijala, što može rezultirati značajnim količinama otpada. S druge strane, 3D printanje dodaje materijal sloj po sloj, koristeći samo onoliko materijala koliko je potrebno za izradu konačnog proizvoda. Ovaj pristup ne samo da smanjuje količinu otpada, već i optimizira upotrebu resursa, što je ekološki prihvatljivije (Lee, 2008). Još jedna važna prednost 3D printanja u kontroli kvalitete je mogućnost integracije sa sustavima za analizu podataka i kiber-fizičkim sustavima (CPS). Na primjer, sensorima opremljeni 3D printeri mogu kontinuirano pratiti kvalitetu tijekom procesa proizvodnje, prikupljajući podatke o različitim parametrima kao što su temperatura, vlažnost i brzina ekstruzije. Ovi podaci mogu se koristiti za optimizaciju procesa u stvarnom vremenu,

osiguravajući dosljednu kvalitetu i smanjujući rizik od proizvodnje neispravnih dijelova (Metz, Karadgi i Grauer, 2012).

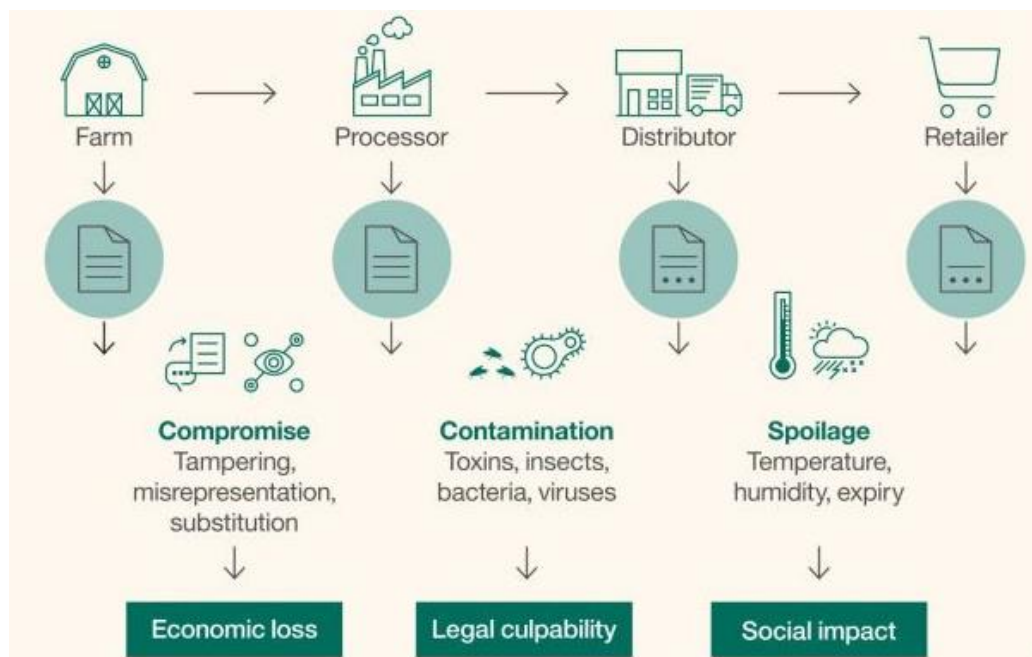
Nadalje, 3D printanje može igrati ključnu ulogu u prediktivnom održavanju. Korištenjem tehnologija poput računalne vizije i analize podataka, proizvođači mogu predvidjeti potencijalne kvarove u opremi za 3D printanje prije nego što dođe do ozbiljnih problema. Ovaj proaktivan pristup održavanju pomaže u minimiziranju zastoja i osigurava neprekidnu proizvodnju visokokvalitetnih dijelova (Kaplan i sur., 2009). Sve ove prednosti čine 3D printanje neprocjenjivim alatom za poboljšanje kontrole kvalitete u modernim proizvodnim procesima. Korištenjem ove tehnologije, proizvođači mogu postići visoku razinu preciznosti, dosljednosti i prilagodljivosti, dok istovremeno smanjuju troškove i utjecaj na okoliš.

4. PRIKAZ PRIMJENE NOVIH TEHNOLOGIJA U SUSTAVIMA UPRAVLJANJA KVALITETOM

4.1. Povećanje transparentnosti lanca opskrbe hrane kroz primjenu blockchain tehnologije

Dok se situacija s sigurnošću hrane u Kini postupno poboljšava, očekivanja potrošača u pogledu sigurnosti i kvalitete hrane također rastu. Povećana transparentnost lanca opskrbe hranom može učinkovito izgraditi povjerenje potrošača i samopouzdanje u sigurnost, kvalitetu i autentičnost hrane. Istovremeno, s primjenom tehnologija poput interneta stvari (IoT), blockchaina, umjetne inteligencije, pametnih senzora, među ostalim, korištenje sustava za praćenje u upravljanju sigurnošću i kvalitetom hrane postalo je popularnije. Walmart Kina pokrenuo je 2019. godine platformu za praćenje kako bi osnažio svoju strategiju praćenja proizvoda. Skaniranjem QR koda, potrošači mogu dobiti informacije o promjenama lokacije, procesu transporta, vremenu otpreme, izvještajima o testiranju i drugim detaljima proizvoda na svim fazama kroz lanac opskrbe. To značajno povećava povjerenje i samopouzdanje potrošača.

Slika 1. Blockchain tehnologija u transportu hrane



Izvor: fleischwirtschaft.com (2016). IBM and Walmart use blockchain technology to track pork. Dostupno na: <https://english.fleischwirtschaft.de/economy/news/China-IBM-and-Walmart-use-blockchain-technology-to-track-pork-33638> Pristup 14.05.2024.

Slika 1 prikazuje pojednostavljeni dijagram lanca opskrbe hranom koji ilustrira ključne faze od farme do krajnjeg maloprodajnog prodavača, kao i potencijalne rizike i negativne posljedice koje se mogu pojaviti na svakoj od tih etapa.

Walmart ima stroge zahtjeve pragova za dobavljače, bilo da je riječ o mjestu podrijetla ili tvornici za pakiranje i obradu. Walmart provodi redovite inspekcije proizvoda i dugo je ispunjavao osnovne zahtjeve za praćenje robe. Sve te kontrole učinkovito osiguravaju sigurnost hrane. Međutim, brojne veze u lancu opskrbe uzrokuju izolaciju informacija i fragmentaciju podataka u procesima uzvodno i nizvodno, stvarajući slijepu točku i barijere informacija, što otežava poduzećima učinkovito praćenje i provjeru informacija. Istovremeno, potrošači nemaju pojma jesu li izvor i distribucijski kanali sigurni i pouzdani, te stoga mogu osjećati sumnju u prikupljene podatke nakon neobičnog incidenta. Stoga bi sistematičan pristup sustavu podataka koji povezuje informacije kroz lanac opskrbe bio dobrodošlo rješenje za omogućavanje pristupa informacijama potrošača. Međutim, uspostava sistematičnog sustava za praćenje potpuno je različita od praćenja nekoliko serija proizvoda offline (Kayikci i sur., 2022).

Postoje brojni izazovi. Specifični izazovi uključuju: prvo, iako je koncept sustava za praćenje hrane jednostavan, primjena na velikoj skali je druga priča, jer je lanac opskrbe hranom vrlo složen. Drugo, sustav za praćenje hrane uključuje mnoge dobavljače s višestrukim izvorima opskrbe, koji imaju različite proizvode, proizvodne linije i logističke uvjete. Štoviše, jednostavan sustav praćenja hrane od točke do točke teško može jamčiti autentičnost i nepromjenjivost mjesta isporuke i prihvatanja. Sustav za praćenje hrane trebao bi u potpunosti jamčiti valjanost i autentičnost praćenih informacija, kao i nepromjenjivost informacija nakon učitavanja.

Walmart Kina službeno je pokrenuo u lipnju 2019. godine platformu za praćenje sigurnosti hrane koja koristi tehnologiju blockchain Thor VeChain u suradnji s PwC-om i VeChainom. Platforma je prva te vrste koja primjenjuje blockchain tehnologiju na platformu za praćenje hrane, potičući razvoj praćenja u maloprodaji i osnažujući strategiju praćenja proizvoda. U scenariju praćenja hrane, blockchain tehnologija pomaže zabilježiti na lancu s vremenskim oznakama i tok informacija o procesu proizvoda od proizvodnje do maloprodaje, dodjeljujući jedan kod za jedan predmet ili jednu seriju. Walmartova platforma za praćenje blockchaine dijeli podatkovne poruke s stranama u lancu opskrbe, a istovremeno šifrira i pohranjuje podatke

te koristi distribuirane knjige. Blockchain tehnologija, sa svojim značajkama decentralizacije i nepromjenjivosti podataka, dodatno olakšava vizualizaciju i učinkovito upravljanje lancem opskrbe, poboljšava transparentnost informacija, osigurava autentičnost podataka, povećava troškove prijave s podacima i time povećava povjerenje potrošača.

Primjena blockchain tehnologije od strane Walmarta u sustavu za praćenje hrane omogućuje pristup informacijama o proizvodu kroz lanac opskrbe hranom, kao što su proizvodnja i obrada, transport, skladištenje, maloprodaja itd. u samo nekoliko sekundi i održava informacije istinitim i transparentnim. Potrošači mogu pregledati sve informacije o proizvodima zabilježene na lancu, čime se rješavaju problemi povjerenja.

Trenutno je na platformi popisano preko 100 proizvoda, uključujući razne svježe svinjetine, piletine, povrća, suhih proizvoda i drugih proizvoda privatnih marki Sam's (Member's Mark). Više dobavljača će se pridružiti platformi i pružiti potrošačima transparentnije i pouzdanije informacije o proizvodima.

Učinkovit sustav za praćenje hrane na bazi blockchaina koji je dizajnirao Walmart uključuje aplikacije na webu i mobilnim uređajima. Može ga koristiti istovremeno svi dobavljači hrane i tvornice. Svaki proizvod ima jedinstveni QR kod, pomoću kojeg potrošači mogu skenirati kako bi dobili relevantne informacije o proizvodu, kao što su izvor opskrbe, promjene lokacije, vremenski raspon logistike, izvještaji o testiranju i drugi detalji.

Platforma također omogućuje interakciju s potrošačima putem QR kodova, kako bi obogatila iskustvo kupovine i povećala povjerenje potrošača s informacijama o praćenju i transparentnosti lanca opskrbe. Budući da kineski potrošači povećavaju očekivanja u pogledu sigurnosti i kvalitete hrane, digitalizacija informacija o praćenju hrane dobar je način i put za povećanje vrijednosti brenda za dobavljače hrane i stjecanje povjerenja potrošača.

4.2. Primjena blockchain tehnologije za digitalizaciju i praćenje proizvoda

Rješenje koje nudi VeChain omogućuje brendovima digitalizaciju proizvoda na blockchainu uspostavljajući vezu između fizičkog proizvoda i jedinstvenog blockchain identiteta koristeći pametne NFC oznake. S jedinstvenim digitalnim identitetom, rješenje pruža praćenje kroz cijeli

životni ciklus proizvoda - od proizvodnje, logistike i lanca opskrbe, maloprodaje i veleprodaje, nakon prodajne usluge, pa čak i angažmana potrošača na blockchainu. Svaki proizvod ima svoju vlastitu stranicu koju je stvorio brend s opisom proizvoda, marketinškim i informacijama o praćenju, što je snažan alat za autentifikaciju, praćenje, pripovijedanje i digitalne marketinške svrhe. Osim toga, vlasništvo nad proizvodom na blockchainu vezano je za korisnički račun i može se prenijeti na B2C i C2C tržištima kako bi se potrošačima pružilo personalizirano iskustvo.

Slika 2. Digitalizacija proizvoda visoke vrijednosti



Izvor: VeChain Foundation (2019). *Whitepaper 2.0*. Dostupno na:

<https://www.vechain.org/assets/whitepaper/whitepaper-2-0.pdf> Pristup 14.05.2024.

VeChain ToolChain™ pruža jedinstvenu platformu koja omogućuje stvaranje jedinstvenog identiteta proizvoda (VID), narudžbu NFC oznaka, dodavanje informacija o praćenju i prenos vlasništva nad proizvodom. NFC oznake koje isporučuje VeChain dostupne su u različitim veličinama, oblicima i materijalima, posebno dizajniranim za razne vrste proizvoda kao što su torbe, vino, cipele, odjeća, umjetnička djela. Pomoću VeChain ToolChain™ API-a, brendovi mogu tokenizirati proizvod kao VIP181 netržišni token (NFT) koristeći API-je bez potrebe za razvijanjem pametnog ugovora. Brendovi mogu također ugraditi funkciju prenosa vlasništva

tokeniziranog proizvoda u svoju vlastitu aplikaciju s VeChainovim open-source mobilnim novčanikom.

Godine 2016., luksuzna kuća iz portfelja LVMH počela je koristiti VeChainovo blockchain rješenje za kolekciju ograničenog izdanja. Od tada je integrirala VeChain ToolChain™ za sve proizvode od kože od jesensko/zimske kolekcije 2017. i namjerava se proširiti na odjeću spremnu za nošenje i obuću. Zahvaljujući nepromjenjivoj prirodi blockchaine i VeChainovim vlastitim šifriranim pametnim čipovima, ovo rješenje omogućuje tvrtki kontrolu i učinkovito upravljanje nad svojim fragmentiranim lancem opskrbe i stotinama distribucijskih kanala. To također omogućuje potencijal za izvedene poslove kao što su prijenosi vlasništva, garancije, osnažujući razvoj novih vertikalna na sekundarnim luksuznim tržištima poput refinanciranja i osiguranja.

Uloga pametnih ugovora u automatizaciji poslovnih procesa unutar blockchain tehnologije postaje sve značajnija, posebno u kontekstu digitalizacije i praćenja proizvoda kroz različite faze lanca opskrbe. Pametni ugovori (eng. smart contracts) su samostalni digitalni ugovori koji se izvršavaju automatski kada se ispune unaprijed definirani uvjeti. Njihova primjena omogućuje eliminaciju posrednika, što ne samo da smanjuje troškove već i smanjuje mogućnost ljudske pogreške. Osim toga, pametni ugovori omogućuju trenutnu i transparentnu provedbu poslovnih procesa, što ubrzava čitav lanac opskrbe i osigurava pravovremenu distribuciju informacija.

Primjerice, kada proizvod stigne u određenu fazu proizvodnje ili distribucije, pametni ugovor automatski može ažurirati njegov status u blockchainu, čime se svi relevantni sudionici – proizvođači, distributeri, maloprodajni trgovci i potrošači – odmah obavještavaju o promjeni. Ovi se podaci trajno pohranjuju na blockchainu, što osigurava nepromjenjivost zapisa i eliminira mogućnost naknadnih izmjena. Ova transparentnost povećava povjerenje među partnerima u lancu opskrbe i smanjuje rizik od manipulacije podacima ili lažiranja proizvoda. Pametni ugovori također mogu upravljati financijskim transakcijama, osiguravajući automatsku naplatu usluga ili proizvoda čim uvjeti ugovora budu ispunjeni, bez potrebe za posredničkim financijskim institucijama (Tapscott & Tapscott, 2016).

Dodatna prednost je mogućnost integracije pametnih ugovora s tehnologijama poput Interneta stvari (IoT), gdje pametni uređaji mogu neovisno komunicirati s blockchainom. Na primjer,

IoT uređaji postavljeni na proizvodima ili unutar skladišta mogu automatski slati podatke u blockchain sustav kada temperatura ili vlažnost dosegne određenu granicu. Ovi podaci potom aktiviraju pametni ugovor, koji može generirati upozorenje ili poduzeti neku drugu automatsku radnju, poput prilagođavanja uvjeta skladištenja. Ova automatizacija osigurava neprekidnu kontrolu kvalitete proizvoda, smanjujući rizike od kvarenja, posebno kod proizvoda koji su osjetljivi na promjene u okolišnim uvjetima, poput farmaceutskih proizvoda ili hrane (Christidis i Devetsikiotis, 2016).

Pametni ugovori također imaju potencijal da olakšaju rješavanje sporova unutar lanca opskrbe. S obzirom na transparentnost i nepromjenjivost podataka pohranjenih na blockchainu, svi sudionici lanca opskrbe mogu jednostavno pristupiti relevantnim informacijama o određenom proizvodu ili transakciji. U slučaju nesporazuma, kao što su neispunjeni uvjeti dostave ili neusklađenost s ugovorenim standardima kvalitete, pametni ugovori omogućuju brzu provjeru zapisa te rješavanje sukoba bez potrebe za dugotrajnim i skupim pravnim postupcima. Ova mogućnost automatiziranog rješavanja sporova značajno smanjuje troškove i vrijeme koje bi se inače trošilo na posredovanje ili sudske postupke.

Primjerice, ako dođe do spora između dobavljača i kupca oko statusa isporuke proizvoda, pametni ugovor može automatski pružiti nepobitne podatke o datumu i vremenu isporuke, stanju proizvoda i njegovoj usklađenosti sa standardima dogovorenima u ugovoru. Na taj način, sve strane mogu biti sigurne da su transakcije provedene točno kako je navedeno u ugovoru, čime se izbjegava mogućnost manipulacije podacima ili pristranosti u rješavanju sporova.

Osim toga, pametni ugovori omogućuju značajnu optimizaciju troškova u lancu opskrbe. Tradicionalni sustavi zahtijevaju značajne resurse za administraciju, praćenje transakcija i usklađivanje podataka između različitih sudionika, a često uključuju posrednike koji dodatno povećavaju troškove. Korištenjem pametnih ugovora, ove se funkcije automatiziraju i decentraliziraju, smanjujući troškove obrade podataka, verifikacije i provedbe ugovora. To doprinosi većoj efikasnosti lanca opskrbe, ubrzava poslovne procese i osigurava veću točnost u praćenju zaliha, proizvodnje i distribucije. Integracija pametnih ugovora s blockchain tehnologijom također nudi značajne prednosti u smislu sigurnosti. Zbog svoje nepromjenjive prirode, podaci pohranjeni u blockchainu nisu podložni manipulacijama ili izmjenama nakon što su uneseni. Time se smanjuje rizik od prijevara, kao što su lažni proizvodi, lažne transakcije ili krivotvorenje dokumenata, što je čest problem u globalnim lancima opskrbe. Također,

budući da su svi sudionici lanca opskrbe povezani s blockchain mrežom, svaka promjena statusa proizvoda ili transakcije odmah se bilježi i dostupna je svim relevantnim stranama, čime se osigurava potpuna transparentnost.

Daljnja primjena pametnih ugovora može se vidjeti u industrijama koje zahtijevaju složenu logistiku i praćenje proizvoda, kao što su zrakoplovstvo i automobilizam. Na primjer, dijelovi aviona ili automobila često prolaze kroz niz faza proizvodnje i distribucije, a pametni ugovori mogu automatski ažurirati status proizvoda i osigurati da svaki dio ispunjava stroge standarde kvalitete prije nego što se ugradi u konačni proizvod. U slučaju bilo kakvog problema ili kvara, pametni ugovori omogućuju brzu identifikaciju problematičnog dijela i povlačenje s tržišta, čime se smanjuje rizik za sigurnost potrošača i smanjuje potencijalna šteta za reputaciju brenda.

5. ZAKLJUČAK

Ovaj rad se bavi primjenom novih tehnologija i inovacija u sustavima za upravljanje kvalitetom, s posebnim naglaskom na digitalizaciju, umjetnu inteligenciju (AI) i Internet stvari (IoT). Cilj rada bio je istražiti kako ove tehnologije utječu na učinkovitost i preciznost sustava za upravljanje kvalitetom te identificirati prednosti koje donose u poboljšanju kvalitete proizvoda i usluga. Kroz detaljnu analizu različitih tehnoloških rješenja, poput AI-a, blockchain tehnologije, virtualne stvarnosti (VR), robotike, analize velikih podataka i 3D printanja, rad je pokazao da nove tehnologije značajno doprinose poboljšanju kvalitete i učinkovitosti u različitim industrijama. AI je istaknut kao ključna tehnologija koja omogućuje automatizaciju procesa kontrole kvalitete, prediktivnu analitiku i real-time monitoring, čime se smanjuje mogućnost ljudske pogreške i povećava točnost aktivnosti kontrole kvalitete.

IoT senzori omogućuju proizvođačima praćenje uvjeta okoline i performansi opreme, što doprinosi boljem razumijevanju problema s kontrolom kvalitete i proaktivnom pristupu održavanju. Blockchain tehnologija poboljšava transparentnost i sljedivost u opskrbnim lancima, čime se povećava povjerenje potrošača u kvalitetu i autentičnost proizvoda. VR tehnologija pokazuje se kao učinkovit alat za obuku zaposlenika, omogućujući brže i intenzivnije učenje mekih vještina. Robotika u proizvodnim procesima donosi visoku razinu preciznosti i dosljednosti, dok analiza velikih podataka omogućava rano otkrivanje problema i optimizaciju procesa. 3D printanje pruža mogućnost brzog stvaranja prototipova i prilagodbe proizvoda, što dodatno poboljšava kvalitetu i smanjuje troškove proizvodnje.

Kroz konkretne primjere iz prakse, rad je ilustrirao kako moderne tehnologije mijenjaju tradicionalne pristupe upravljanju kvalitetom te pružaju tvrtkama alate za postizanje visoke razine kvalitete i zadovoljstva kupaca. Sve ove tehnologije zajedno stvaraju snažnu sinergiju koja omogućava organizacijama da ostanu konkurentne u današnjem dinamičnom poslovnom okruženju. Implementacija ovih tehnologija zahtijeva odgovarajuću infrastrukturu, obuku zaposlenika i integraciju s postojećim sustavima, ali dugoročne prednosti u smislu poboljšane kvalitete, učinkovitosti i zadovoljstva kupaca čine ih vrijednim ulaganjima. Rad zaključuje da prihvaćanjem i integracijom novih tehnologija u sustave za upravljanje kvalitetom, organizacije mogu značajno unaprijediti svoje poslovanje i postići bolje rezultate na tržištu.

POPIS LITERATURE

- 1) Alić, M., Rusjan, B. (2010). Contribution of the ISO 9001 internal audit to business performance. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 27(8), 916-937.
- 2) Aruväli, T., Maass, W., Otto, T. (2014). Digital object memory based monitoring solutions in manufacturing processes. *Procedia Engineering*, 69, 449-458.
- 3) Bernier, C. (2023). Quality control robots: Ensuring excellence for manufacturers. Dostupno na: <https://howtorobot.com/expert-insight/quality-control-robots-ensuring-excellence-manufacturers> Pristup 08.05.2024.
- 4) Bouley, C. (2023). *AI in Quality Management: How Artificial Intelligence Is Revolutionizing the Quality Process*. Dostupno na: <https://info.docxellent.com/blog/revolutionizing-the-quality-process-with-artificial-intelligence> Pristup 04.05.2024.
- 5) Buntak, K., Baković, T., Mišević, P., Damić, M., Buntić, L. (2021). *Kvaliteta i sustavi upravljanja kvalitetom-vodič za uspješnu implementaciju i održavanje sustava kvalitetnog upravljanja u poduzećima*. Zagreb: Hrvatska gospodarska komora.
- 6) Burkhalter, M. (2020). Quality control in the era of IoT and automation. Dostupno na: <https://www.perle.com/articles/quality-control-in-the-era-of-iot-and-automation-40189762.shtml> Pristup 05.05.2024.
- 7) Carnerud, D. (2018). 25 years of quality management research—outlines and trends. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 35(1), 208-231.
- 8) Choi, T. M. (2019). Blockchain-technology-supported platforms for diamond authentication and certification in luxury supply chains. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 128, 17-29.
- 9) Choi, T. M., Luo, S. (2019). Data quality challenges for sustainable fashion supply chain operations in emerging markets: Roles of blockchain, government sponsors and environment taxes. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 131, 139-152.
- 10) Christidis, K., Devetsikiotis, M. (2016). Blockchains and smart contracts for the internet of things. *IEEE access*, 4, 2292-2303.

- 11) Coo, L. S., Verma, R. (2002). Exploring the linkages between quality system, service quality, and performance excellence: service providers' perspectives. *Quality Management Journal*, 9(2), 44-56.
- 12) Dahlgaard, J. J., Kristensen, K., Kanji, G. K. (1999). *Fundamentals of total quality management: Process analysis and improvement*. Routledge.
- 13) Dale, B. G., Van der Wiele, A., Van Iwaarden, J. (2007). *Managing quality*. John Wiley & Sons.
- 14) Davies, E. R. (2004). *Machine vision: theory, algorithms, practicalities*. Elsevier.
- 15) Dean, J. W., Bowen, D. E. (1994). Management theory and total quality: Improving research and practice through theory development. *Academy of Management Review*, 19(3), 392-418.
- 16) del Castillo-Peces, C., Mercado-Idoeta, C., Prado-Roman, C., Castillo-Feito, C. (2018). The influence of motivations and other factors on the results of implementing ISO 9001 standards. *European Research on Management and Business Economics*, 24(1), 33-41.
- 17) Drljača, M. (2003). Prednosti i nedostaci certificiranog sustava kvalitete. *Kvaliteta*, 1(6), 16-18.
- 18) Feng, M., Terziovski, M., Samson, D. (2007). Relationship of ISO 9001: 2000 quality system certification with operational and business performance: A survey in Australia and New Zealand-based manufacturing and service companies. *Journal of manufacturing technology management*, 19(1), 22-37.
- 19) fleischwirtschaft.com (2016). IBM and Walmart use blockchain technology to track pork. Dostupno na: <https://english.fleischwirtschaft.de/economy/news/China-IBM-and-Walmart-use-blockchain-technology-to-track-pork-33638> Pristup 14.05.2024.
- 20) Gustafsson, R., Klefsjö, B., Berggren, E., Granfors-Wellemets, U. (2001). Experiences from implementing ISO 9000 in small enterprises—a study of Swedish organizations. *The TQM Magazine*, 13(4), 232-246.
- 21) Hackman, J. R., Wageman, R. (1995). Total quality management: Empirical, conceptual, and practical issues. *Administrative Science Quarterly*, 40(2), 309-342.
- 22) Hellsten, U., Klefsjö, B. (2000). TQM as a management system consisting of values, techniques and tools. *The TQM Magazine*, 12(4), 238-244.
- 23) Honore Petnji Yaya, L., Marimon, F., Casadesus, M. (2011). Customer satisfaction and loyalty in e-commerce: A survey. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 28(5), 493-507.

- 24) Kaplan, A., Mamou, J., Gallo, F., Sznajder, B. (2009). Multimedia feature extraction in the SAPIR project. In *Von der Form zur Bedeutung: Texte automatisch verarbeiten: From Form to Meaning: Processing Texts Automatically. Proceedings of the Biennial GSCL Conference 2009* (p. 225). Narr Francke Attempto Verlag.
- 25) Kayikci, Y., Subramanian, N., Dora, M., Bhatia, M. S. (2022). Food supply chain in the era of Industry 4.0: Blockchain technology implementation opportunities and impediments from the perspective of people, process, performance, and technology. *Production planning & control*, 33(2-3), 301-321.
- 26) Lazibat, T. (2009). *Upravljanje kvalitetom*. Zagreb: Znanstvena knjiga.
- 27) Lee, E. A. (2008). Cyber physical systems: Design challenges. In *2008 11th IEEE international symposium on object and component-oriented real-time distributed computing (ISORC)* (pp. 363-369). IEEE.
- 28) Levine, D. I., Toffel, M. W. (2010). Quality management and job quality: How the ISO 9001 standard for quality management systems affects employees and employers. *Management Science*, 56(6), 978-996.
- 29) Maguad, B. A. (2006). The modern quality movement: Origins, development and trends. *Total Quality Management & Business Excellence*, 17(2), 179-203.
- 30) Metz, D., Karadgi, S., Müller, U., Grauer, M. (2012). Self-learning monitoring and control of manufacturing processes based on rule induction and event processing. In *4th international conference on information, process, and knowledge management (EKNOW 2012)* (pp. 88-92).
- 31) Montecchi, M., Plangger, K., Etter, M. (2019). It's real, trust me! Establishing supply chain provenance using blockchain. *Business Horizons*, 62(3), 283-293.
- 32) Morkunas, V. J., Paschen, J., Boon, E. (2019). How blockchain technologies impact your business model. *Business Horizons*, 62(3), 295-306.
- 33) Oakland, J. S., (1989). *Total Quality Management*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- 34) Poksinska, B. (2007). Does standardization have a negative impact on working conditions?. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 17(4), 383-394.
- 35) Poksinska, B. (2010). The current state of Lean implementation in health care: literature review. *Quality Management in Healthcare*, 19(4), 319-329.
- 36) Poksinska, B., Eklund, J. A. E., Dahlgaard, J. J. (2006). ISO 9001:2000 in small organisations: Lost opportunities, benefits and influencing factors. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 23(5), 490-512.

- 37) Psomas, E. L., Pantouvakis, A. (2015). ISO 9001 overall performance dimensions: An exploratory study. *TQM Journal*, 27(5), 519-531.
- 38) Pwc (2022). What does virtual reality and the metaverse mean for training? Dostupno na: <https://www.pwc.com/us/en/tech-effect/emerging-tech/virtual-reality-study.html> Pristup 07.05.2024.
- 39) Queiroz, M. M., Telles, R., Bonilla, S. H. (2020). Blockchain and supply chain management integration: a systematic review of the literature. *Supply chain management: An international journal*, 25(2), 241-254.
- 40) Ramchander, M., Nadar, M. M. (2021). Using ISO 9001 principles to enhance total quality management: A case study of a packaging manufacturer in South Africa. *African Journal of Inter/Multidisciplinary Studies*, 3(1), 118-130.
- 41) Rose, K. H. (2005). *Project Quality Management: Why, What and How*. Fort Lauderdale: J. Ross Publishing.
- 42) Saberi, S., Kouhizadeh, M., Sarkis, J., Shen, L. (2018). Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management. *International Journal of Production Research*, 57(7), 2117-2135.
- 43) Sadikoglu, E., Zehir, C. (2010). Investigating the effects of innovation and employee performance on the relationship between total quality management practices and firm performance: An empirical study of Turkish firms. *International Journal of Production Economics*, 127(1), 13-26.
- 44) Shen, B., Deng, Y., Wang, X., Li, Q. (2020). Overstated product sustainability: real cases and a game-theoretical analysis. *Annals of Operations Research*, 291(1), 779-797.
- 45) Sickinger-Nagorni, R., Schwanke, J. (2016). The new ISO 9001: 2015: Its opportunities and challenges.
- 46) Sousa, R., Voss, C. A. (2002). Quality management re-visited: A reflective review and agenda for future research. *Journal of Operations Management*, 20(1), 91-109.
- 47) Tapscott, D., Tapscott, A. (2016). *Blockchain revolution: how the technology behind bitcoin is changing money, business, and the world*. Penguin.
- 48) Terziovski, M., Power, D. (2007). Increasing ISO 9000 certification benefits: a continuous improvement approach. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 24(2), 141-163.
- 49) Tsai, D. M., Lin, C. T. (2003). Fast normalized cross correlation for defect detection. *Pattern recognition letters*, 24(15), 2625-2631.

- 50) Tsai, D. M., Lin, C. T. (2003). Fast normalized cross correlation for defect detection. *Pattern recognition letters*, 24(15), 2625-2631.
- 51) VeChain Foundation (2019). *Whitepaper 2.0*. Dostupno na: <https://www.vechain.org/assets/whitepaper/whitepaper-2-0.pdf> Pristup 14.05.2024.
- 52) Vorley, G., Tickle, F., (2001). *Quality Management, Principles and Techniques*, 4 ed. Guildford, Quality Management and Training Publication Ltd
- 53) Wang, Y., Han, J. H., Beynon-Davies, P. (2019). Understanding blockchain technology for future supply chains: A systematic literature review and research agenda. *Supply Chain Management: An International Journal*, 24(1), 62-84.
- 54) Zeng, S. X., Tian, P., Tam, C. M. (2005). Overcoming barriers to sustainable implementation of the ISO 9001 system. *Managerial Auditing Journal*, 22(3), 244-254.
- 55) <https://shop.efzg.hr/Proizvod/medjunarodno-poslovanje/73> (Lazibat et al., 2020 - Međunarodno poslovanje)
- 56) <https://hgk.hr/documents/sveucilisni-prirucnik-kvaliteta-i-sustavi-upravljanja-kvalitetom618e70fc7168b.pdf>
- 57) <https://knjizaraum.hr/knjiga/upravljanje-kvalitetom/> (Lazibat et al., 2023 - Upravljanje kvalitetom)

POPIS SLIKA

Slika 1. Blockchain tehnologija u transportu hrane	28
Slika 2. Digitalizacija proizvoda visoke vrijednosti.....	31