

## EVOLUCIJA RAZVOJA PRISTUPA KVALITETU SA AKCENTOM NA KVALITET 4.0

### THE EVOLUTION OF DEVELOPMENT APPROACHES TO QUALITY WITH AN ACCENT ON QUALITY 4.0

**Senada Pobrić, dr.sc.**  
Univerzitet "Džemal Bijedić"  
Mašinski fakultet  
Mostar, Bosna i Hercegovina

**Emir Bajramović, inž.grad.**  
**Esad Bajramović, dr.sc.**  
Univerzitet u Bihaću, Tehnički fakultet  
Bihać, Bosna i Hercegovina

#### REZIME

*Kroz historiju razvoja kvaliteta formirali su se različiti pristupi kvalitetu: kontrola kvaliteta (QC), osiguranje kvaliteta (QA), ukupno upravljanje kvalitetom (TQM) i integrisani pristup potpunom upravljanju kvalitetom. Svaki od njih se vezuje za konkretnu industrijsku revoluciju. Razvoj pristupa kvalitetu omogućen je zahvaljujući tehnološkim dostignućima koje su donijele industrijske revolucije. Stoga za Industriju 1.0 veže se Kvalitet 1.0 sa QC pristupom, za Industriju 2.0 veže se Kvalitet 2.0 sa QA pristupom, za Industriju 3.0 veže se Kvalitet 3.0 sa TQM pristupom i za Industriju 4.0 veže se Kvalitet 4.0 sa integrisanim pristupom potpunom upravljanju kvalitetom. U radu će akcent biti na Kvalitetu 4.0, što predstavlja najnoviji pristup kvalitetu. Industrija 4.0 kuca na velika vrata, a s njom i Kvalitet 4.0. U posljednje vrijeme Kvalitet 4.0 zaokupio je pažnju mnogih naučnika u smislu šta je Kvalitet 4.0, po čemu se razlikuje od prethodnog pristupa, koje su mu karakteristike i koje tehnologije Industrije 4.0 su najbolja potpora u upravljanju kvalitetom. U ovom radu pokušat će se približiti pojam Kvaliteta 4.0 kroz definicije, karakteristike, tehnologije.*

**Ključne riječi:** kvalitet, pristupi kvalitetu, Industrija 4.0, Kvalitet 4.0

#### ABSTRACT

*Throughout the history of quality development, various approaches to quality have been formed: quality control (QC), quality assurance (QA), total quality management (TQM) and an integrated approach to total quality management. Each of them is associated with a specific industrial revolution. The development of the quality approach was made possible thanks to the technological achievements which were brought by the industrial revolutions. Therefore, Quality 1.0 with the QC approach is associated with Industry 1.0, Quality 2.0 with the QA approach is associated with Industry 2.0, Quality 3.0 with the TQM approach is associated with Industry 3.0, and Quality 4.0 with an integrated approach to total quality management is associated with Industry 4.0. This paper will focus on Quality 4.0, which represents the latest approach to quality. Industry 4.0 is knocking on the big door, and with it Quality 4.0. Recently, Quality 4.0 has captured the attention of many scientists in terms of what Quality 4.0 is, how it differs from the previous approach, what are its characteristics, and which Industry 4.0 technologies are the best support in quality management. This paper will attempt to approach the concept of Quality 4.0 through definitions, characteristics, technologies.*

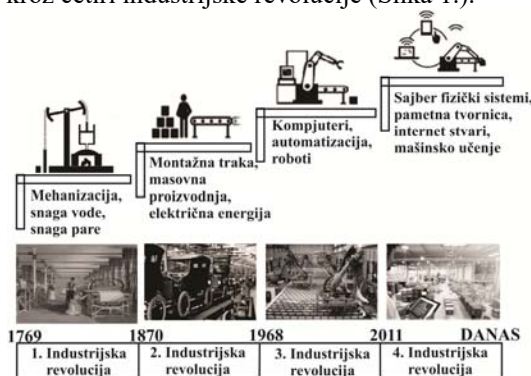
**Keywords:** quality, approaches to quality, Industry 4.0, Quality 4.0

## 1. UVOD

Pojam "kvalitet" je kompleksan pojam i stalan je čovjekov pratilac u svakodnevnom životu i radu. Postao je najvažniji uslov uspješnosti i dugovječnosti poslovnog subjekta, odnosno postao je osnovno sredstvo u borbi sa konkurencijom. Kako u svijetu, tako i u posljednje dvije decenije, u većini bosansko-hercegovačkih preduzeća, menadžment je shvatio i prihvatio filozofiju kvaliteta, te je upravljanje tako značajnim pojmom, kao što je kvalitet, integrirao u upravljanje cjelokupne organizacije, [1]. Kvalitet je dinamičnog karaktera. Mijenja se kontinuirano prema evoluciji društvenih potreba, što se jasno uočava u definiciji kvaliteta, istaknute autorice: „Kvalitet je ono čemu treba težiti, ali nikada ne misliti da smo ga dosegli. Jer, ono što se smatra kvalitetom danas, ne mora i sutra. Kvalitet je kada se vraća kupac, a ne proizvod. U svakom slučaju, bez zadovoljnih kupaca koji se vraćaju, nijedna organizacija ne može opstati na tržištu“, [2]. Promjene društvenih potreba, inicirane su tehničko-tehnološkim razvojem karakterističnim za pojedine industrijske revolucije koje su se dešavale kroz historiju. Bilo je potrebno odgovoriti na sve izazove industrijskih revolucija po pitanju kvaliteta. Odgovori su se pronalazili u različitim pristupima kvalitetu prilagođeni trenutnim potrebama i mogućnostima koje su donijele pojedine industrijske revolucije.

## 2. PREGLED PRISTUPA KVALITETU KROZ INDUSTRIJSKE REVOLUCIJE

Historijski gledano desile su se tri industrijske revolucije, a danas smo svjedoci i četvrte industrijske revolucije, a spominje se i peta industrijska revolucija. Svaka industrijska revolucija donijela je određena poboljšanja u odnosu na prethodnu, a sve s ciljem olakšanja procesa proizvodnje, bržeg, kvalitetnijeg i sigurnijeg obavljanja poslova. Od prelaska sa ručnog rada na mašinsko obavljanje poslova, uvođenja elektrifikacije i montažnih linija, te pojave kompjutera i robota, pa sve do današnje primjene sajber fizičkih sistema, tekao je razvojni put industrije kroz četiri industrijske revolucije (Slika 1.).

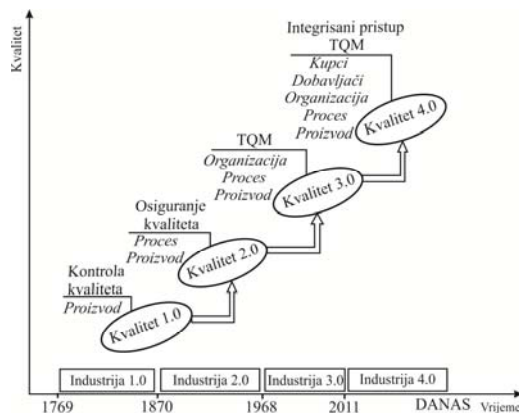


Slika 1. Razvojni put industrije

Svaka promjena pristupa kvalitetu predstavlja ustvari civilizacijski odgovor na sve izazove koje nam je donosilo industrijsko društvo kroz historiju. Različiti pristupi kvalitetu su se razlikovali po pitanju orijentisanosti, cilja, korištenih metoda i dr. i svaki naredni je nadogradnja na prethodne pristupe. Moderna historija razvoja kvaliteta počinje upravo paralelno sa razvojem tehnologija, sredstava za rad, tehničkih zahtjeva proizvoda, odnosno s pojavom industrijskih revolucija, [3]. U skladu s tim, posmatrajući evoluciju razvoja kvaliteta mnogi autori navode četiri faze razvoja sa različitim pristupima, [4,5,7,10,11]:

- Kvalitet 1.0 sa QC pristupom kontrola kvaliteta (QC - Quality Control),
- Kvalitet 2.0 sa pristupom osiguranje kvaliteta (QA - Quality Assurance),

- Kvalitet 3.0 sa pristupom ukupnog upravljanja kvalitetom (TQM - Total Quality Management) i
- Kvalitet 4.0 sa integrisanim pristupom potpunom upravljanju kvalitetom, (Slika 2.).



Slika 2. Razvoj pristupa kvalitetu

### 2.1. Kvalitet 1.0

S Prvom industrijskom revolucijom dolazi do pojave velikih fabričkih sistema, pa je bilo potrebno vršiti kontrolu kvaliteta proizvoda. Taj period evolucije kvaliteta predstavlja prvu fazu razvoja kvaliteta, označenu kao Kvalitet 1.0 sa pristupom kontrole kvaliteta. Pristup kvalitetu je uključivao inspekciju u otklanjanju nedostataka i kontroli kvaliteta, [6]. To je bio pristup orjentisan samo na proizvode, a cilj je bio da se identifikuju neusklađenosti proizvoda prije same isporuke kupcima. Na taj način mogla se spriječiti isporuka neispravnih proizvoda kupcima. Nedostatak takvog pristupa kvalitetu ogleda se u velikim troškovima zbog grešaka tokom procesa proizvodnje i stvaranja otpada. Nije se radilo ništa po pitanju smanjenja troškova, eliminacije otpada i izbjegavanja neusklađenosti.

### 2.2. Kvalitet 2.0

Inovacije u okviru Druge industrijske revolucije bile su značajnijeg inteziteta u odnosu na prethodnu revoluciju i imale su uticaj na dalji razvoj kvaliteta. Zbog sve veće automatizacije i modernih proizvodnih linija, dolazi do masovne proizvodnje, te se formiraju službe kontrole koje su obavljale kontrolu kvaliteta. To je predstavljalo prvi korak stručnog pristupa kvalitetu. Nije bilo dovoljno samo vršiti kontrolu proizvoda, već i osigurati postignuti nivo kvaliteta. Taj period evolucije kvaliteta predstavlja drugu fazu razvoja kvaliteta, pod nazivom Kvalitet 2.0, koja je bila orjentisana osim na proizvod i na procese, sa pristupom osiguranja kvaliteta. Prvi put se pojavljuje procesni pristup kvalitetu. Cilj je bio osigurati postizanje istog nivoa kvaliteta standardizujući procese. Uz pomoć standardiziranih i održavanih proizvodnih procesa osigurava se postizanje istog nivoa kvaliteta proizvoda, [7]. Glavna svrha je bila isporuka proizvoda bez nedostataka, sa akcentom na održavanje proizvodnih procesa. Minimalno prihvatljiv kvalitet postavljen je kao standard. U fokusu je i dalje bila maksimalizacija produktivnosti, [8].

### 2.3. Kvalitet 3.0

Uvođenje automatizacije i robotike u proizvodnju je nešto što je obilježilo Treću industrijsku revoluciju. Od perioda Treće industrijske revolucije pa sve do danas informacione tehnologije se smatraju najvažnijim nosiocem društvenog napretka. Svi izazovi koje je donijela Treća

industrijska revolucija pospješili su dalji razvoj u upravljanju kvalitetom. Za taj period evolucije kvaliteta vezuje se treća faza poznata kao Kvalitet 3.0, koja nosi novi pristup kvalitetu zvan Potpuno upravljanje kvalitetom (TQM – Total Quality Management). Obuhvatnost pristupa je proširena, pored proizvoda i procesa, na cijelu organizaciju. Cilj je osigurati da se sve aktivnosti unutar organizacije kvalitetno implementiraju i kontinuirano poboljšavaju, kako bi se zadovoljili zahtjevi i očekivanja kupaca. Naglasak je na prilagođavanju proizvoda kupcima prema njihovim potrebama i željama. Glavni fokus je na kupčevim zahtjevima. Također, naglasak je na ulozi vodstva, koji treba da omogući jedinstvo i usmjerenje organizacije u ostvarenju cilja. Za postizanje zahtjevanog kvaliteta potrebno je učešće svih odjela u organizaciji.

U posljednje vrijeme mnogi naučnici se bave temom Kvaliteta 4.0, kao četvrtom fazom razvoja kvaliteta, kroz različita istraživanja od definisanja Kvaliteta 4.0, njenim karakteristikama, tehnologijama, pa sve do primjene Kvaliteta 4.0 u organizacijama, kao i analizi spremnosti organizacija za prelazak sa tradicionalnog upravljanja kvalitetom na novi pristup, [9].

### **3. KVALITET 4.0**

Za razliku od prethodnih industrijskih revolucija koje su se oslanjale na jednu dominantnu tehnologiju, Četvrta industrijska revolucija predstavlja konvergenciju cyber i fizičkih tehnologija, [4,6]. Neke od prednosti koje Industrija 4.0 donosi preduzećima su: povećanje produktivnosti, fleksibilniju proizvodnju uz pomoć pametnih mašina i robota, poboljšanje kvaliteta proizvoda, poboljšanje komunikacije između zaposlenika, dobavljača i partnera, itd. Industrija 4.0 je donijela nove načine komunikacije između tehnologija i ljudi. Neke od tehnologija koje karakterišu Industriju 4.0 su: Internet stvari - IoT (Internet of Things), Veliki podaci (Big – Data), Umjetna inteligencija – AI (Artificial Intelligence), Računarstvo u oblaku - CC (Cloud Computing), Pametni senzori, 3D printanje (3D printing), Mašinsko učenje - ML (Machine Learning) u industriji, itd, [6]. Ove tehnologije imaju sposobnost uticaja na cijelu industriju u: dizajniranju, proizvodnji, upravljanju kvalitetom i isporuci. Implementacijom tehnologija Industrije 4.0 u preduzećima i njihovog uticaja u stvaranju proizvoda visokog kvaliteta, automatski se nametnula potreba za poboljšanjem postojećeg pristupa upravljanju kvalitetom. Postojeći pristup kvalitetu - TQM, kao što je prethodno rečeno, orjentisan je na proizvode, proces i organizaciju uz primjenu većinom tradicionalnih alata za upravljanje kvalitetom. Međutim, sa Industrijom 4.0 otvaraju se nove mogućnosti kao što je proširenje obuhvatnosti pristupa prema kupcima i dobavljačima. Mogućnost povećanja obima podataka o proizvodima, procesima, kupcima i dobavljačima je takođe nešto što treba iskoristiti u upravljanju kvalitetom. Uvođenje digitalizacije u kontroli i upravljanju kvalitetom, kao i praćenje i kontrola kvaliteta u realnom vremenu su takođe mogućnosti koje nam nude nove tehnologije. Sve navedene mogućnosti vode ka novom pristupu upravljanju kvalitetom, koji treba biti evolucijski slijed razvoja kvaliteta, kao nadogradnja na prethodne koncepte kvaliteta. Novi pristup, imenovan kao Kvalitet 4.0, potpomognut novim tehnologijama, moći će odgovoriti na sve strožije zahtjeve po pitanju kvaliteta proizvoda i usluga, na primjer uz pomoć:

- automatiziranih tehnika kontrole kvaliteta,
- senzora pomoću kojih se vrši automatski pregled cjelokupne populacije proizvodnje u realnom vremenu i
- automatske eliminacije neispravnih proizvoda.

Konceptualni okvir Kvaliteta 4.0 koristi postojeće teorije i kreiran je s obzirom na sve nedostatke postojećih okvira, kao što su naprimjer nedostatak jasnoće i sveobuhvatnosti podataka. Kombinuje aktualni sistem upravljanja kvalitetom (TQM), operativne prakse i moderni pristup kvalitetu. Konceptualni okvir Kvaliteta 4.0 leži na četiri glavna stuba: TQM

principi, tehnologije Industrije 4.0, upravljanje velikim podacima i upravljanje kvalitetom u realnom vremenu, [5].

### 3.1. Definisanje Kvaliteta 4.0

Kvalitet 4.0 postao je atraktivna tema za mnoge istraživače, tako da se danas mogu naći razne definicije Kvaliteta 4.0. Neke od njih su:

- “Kvalitet 4.0 predstavlja spoj tradicionalnih alata i tehnika upravljanja kvalitetom s novim tehnologijama kao što su mašinsko učenje (Machine learning-ML), oblak tehnologije (Cloud technologies), Big – Data, uređaji za povezivanje, internet stvari (IoT – Internet of Things) i umjetna inteligencija (AI – Artificial Intelligence).” [10]
- “Kvalitet 4.0 predstavlja u realnom vremenu integraciju i sinhronizaciju podataka vezanih za proizvodne procese i aktivnosti upravljanja kvalitetom. Kvalitet 4.0 je povezan sa sistemima za analizu podataka u realnom vremenu kako bi se pratio, analizirao i kontrolisao cijeli lanac vrijednosti i kako bi se poduzimale sve potrebne mjere u cilju sprječavanja zaustavljanja proizvodnje ili odbacivanja proizvoda.” [10]
- “Kvaliteta 4.0 je proširena metoda upravljanja kvalitetom u kojoj se nove tehnologije kombinuju sa postojećim tehnikama kvaliteta (QC, QA i TQM) razvijajući upravljanje kvalitetom u uslovima digitalizacije.” [4]
- “Kvalitet 4.0 je digitalizacija kvaliteta dizajna, kvaliteta usaglašenosti i kvaliteta performansi korištenjem savremenih tehnologija.” [11]
- “Prema Američkom društvu za kvalitet (ASQ – American Society for Quality) Kvalitet 4.0 je budućnost kvaliteta i organizacijske izvrsnosti u okruženju Industrije 4.0.” [7]

Na osnovu prethodno rečenog može se zaključiti da je Kvalitet 4.0 slijed evolucije kvaliteta, koji se razvio iz prethodna tri koncepta (QC, QA i TQM), podržan savremenim tehnologijama Industrije 4.0.

### 3.2. Karakteristike kvaliteta 4.0

Među osnovne karakteristike Kvaliteta 4.0 mogu se navesti, [7]:

- digitalizacija upravljanja kvalitetom,
- prediktivno upravljanje kvalitetom,
- personalizacija proizvodnje i
- inteligentno upravljanje kvalitetom.

Digitalizacija upravljanja kvalitetom podrazumijeva digitalizaciju tradicionalnih praksi upravljanja kvalitetom. Uz korištenje digitalnih tehnologija organizacije postaju sposobnije za proizvodnju visokokvalitetnih proizvoda. Na primjer, može se u potpunosti digitalizirati proces upravljanja neusklađenostima uključujući sve korake od identifikacije i prijave neusklađenosti, definisanja tipa i uzroka neusklađenosti, pa do definisanja mjera u cilju sprečavanja mogućeg ponavljanja neusklađenosti.#

Prediktivno upravljanje kvalitetom predstavlja upravljanje kvalitetom u realnom vremenu i zamjenjuje tradicionalnu kontrolu kvaliteta. Dok se tradicionalna kontrola zasnivala na povremenom praćenju i analizi procesa i proizvoda, prediktivnom kontrolom prate se procesi i predviđaju se njegovi nedostaci u realnom vremenu. Dobije se upozorenje za potrebu provođenja odgovarajuće korekcije prije nego prouzrokuju probleme s kvalitetom.

Personalizacija proizvodnje je jedna od karakteristika Kvaliteta 4.0 i predstavlja takav poslovni model koji uključuje kupce u dizajniranje i proizvodnju individualnih proizvoda. Era Kvaliteta 4.0 podržava proizvodnju sa ponudom proizvoda prilagođenoj individualnim željama kupaca, odnosno personaliziranu proizvodnju. Kupci su uključeni u proces proizvodnje (prije, u toku i nakon procesa) uz pomoć savremenih tehnologija Industrije 4.0. Uz pomoć savremenih tehnologija omogućen im je pristup informacijama i tehničkim

detaljima proizvoda, tako da kupci postaju sve zahtjevniji i s većim željama i očekivanjima u pogledu kvaliteta i pouzdanosti proizvoda.

Inteligentno upravljanje kvalitetom je karakteristika koja oslikava Kvalitet 4.0. Uz pomoć pametnih senzora, pametnih mašina i pametnih tvornica, kao rezultata tehnologija Industrije 4.0, omogućeno je da se inteligentno upravlja kvalitetom. Naprimjer, pametni senzori mogu identificirati, pratiti i prikupljati sve vrste podataka, kao što su podaci vezani za: tok materijala, proizvodni proces i gotove proizvode, pametne mašine mogu rasuđivati, rješavati problem, donositi odluke, pa i poduzimati određene akcije bez učešća čovjeka. Uloga ljudi u kontroli kvaliteta, u eri Kvaliteta 4.0, sve se više ograničava na nadziranje rada pametnih mašina.

#### 4. ZAKLJUČAK

Početak 21-og vijeka, odnosno sa Četvrtom industrijskom revolucijom, pred stručnjake kvaliteta postavljen je značajan izazov u pronalaženju pristupa kvalitetu koji bi odgovarao trenutnom industrijskom razvoju. Novi pristup kvalitetu treba da poboljša postojeći TQM pristup uz primjenu savremenih digitalnih tehnologija, koje je donijela Četvrta industrijska revolucija. U novije vrijeme se analizira novi pristup imenovan kao Kvalitet 4.0, koji treba da pomogne u poboljšanju brzine donošenja odluka, predviđanju promjena i prilagođavanju novim situacijama uz pomoć novih tehnologija. Može se reći da je Kvalitet 4.0 još u ranoj fazi usvajanja i ako se već spominje Kvalitet 5.0, kao sljedeća faza u evoluciji kvaliteta. Organizacije se moraju prilagođavati novim izazovima, kako onim što nam nudi Industrija 4.0, tako i izazovima novih pristupa kvalitetu.

#### 4. REFERENCE

- [1] Pobrić, S.: Organizacija, Univerzitet "Džemal Bijedić" u Mostaru, Mašinski fakultet, ISBN 978-9926-434-57-1, Mostar, Bosna i Hercegovina, 2022.
- [2] Štajdohar – Pađen, O.: Plivati sa ISO-om i ostati živ, Tisak Redak, Split, 2015.
- [3] Klarić, S.: Upravljanje kvalitetom, Univerzitet "Džemal Bijedić", Mašinski fakultet, ISBN 9958-9470-4-8, Mostar, Bosna i Hercegovina, 2005.
- [4] Maganga, D. P.; Taifa, I. W.R.: Quality 4.0 transition framework for Tanzanian manufacturing industries, *The TQM Journal*, Vol. 35 No. 6, pp. 1417-1448, DOI 10.1108/TQM-01-2022-0036, 2023.
- [5] Maganga, D. P.; Taifa, I. W.R.: Quality 4.0 conceptualisation: an emerging quality management concept for manufacturing industries, *The TQM Journal* Vol. 35 No. 2, pp. 389-413, DOI 10.1108/TQM-11-2021-0328, 2023.
- [6] Maganga, D. P.; Taifa, I. W.R.: The readiness of manufacturing industries to transit to Quality 4.0, *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 40 No. 7, pp. 1729-1752, DOI 10.1108/IJQRM-05-2022-0148, 2023.
- [7] Hu-Chen LIU; Ran LIU; Xiuzhu GU; Miying YANG: From total quality management to Quality 4.0: A systematic literature review and future research agenda, *Frontiers of Engineering Management*, Vol.10, Issue (2), pp. 191-205, doi.org/10.1007/s42524-022-0243-z, 2023.
- [8] Buntak, K.; Baković, T...: Kvaliteta i sustavi upravljanja kvalitetom, Sveučilište u Zagrebu, ISBN 978-953-7622-93-0, Zagreb, Hrvatska, 2021.
- [9] Dias, A. M.; Carvalho, A. M.; Sampaio, P.: Quality 4.0: literature review analysis, definition, and impacts of the digital transformation process on quality, *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 39 (6), pp.1312-1335, DOI: 10.1108/IJQRM-07-2021-0247, 2022.
- [10] Sader, S.; Husti, I.; Daroczi, M.: A review of quality 4.0: definitions, features, technologies, applications, and challenges, *Total Quality Management & Business Excellence*, Vol.33, Issue 9-10, pp. 1164-1182, DOI: 10.1080/14783363.2021.1944082, 2022.
- [11] Tadić, M. D.: Faze razvoja kvaliteta – zaključno sa konceptom Kvaliteta 5.0, *Tehnika - Kvalitet IMS, Standardizacija i metrologija* Vol.77, br.5, str.643-647, DOI: 10.5937/tehnika2205643T, 2022.