

Primjena Monte Carlo simulacija u procjeni rizika

Mažuranić, Juraj

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:862354>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-30**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Juraj Mažuranić

Zagreb, 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Dr. sc. Biserka Runje, dipl. ing.

Student:

Juraj Mažuranić

Zagreb, 2017.

Izjavljujem da sam ovaj završni rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i vještine, te služeći se navedenom literaturom.

Zahvaljujem se svojoj mentorici Prof. dr. sc. Biserki Runje na svim stručnim savjetima i izdvojenom vremenu koje je uložila kako bi mi pomogla u izradi ovog završnog rada.

Juraj Mažuranić



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za završne ispite studija strojarstva za smjerove:
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment, inženjerstvo
materijala i mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

ZAVRŠNI ZADATAK

Student:

Juraj Mažuranić

Mat. br.: 0035190244

Naslov rada na
hrvatskom jeziku:

PRIMJENA MONTE CARLO SIMULACIJA U PROCJENI RIZIKA

Naslov rada na
engleskom jeziku:

**APPLICATION OF MONTE CARLO SIMULATION IN RISK
ASSESSMENT**

Opis zadatka:

Organizacija se svakodnevno suočava s odlukama čije donošenje jest direktno povezano s određenim rizikom. Rizik podrazumijeva ishod donesene odluke, koji može biti negativan, ali i pozitivan, kada govorimo o prilikama. Razmišljanje na temelju rizika i procjena rizika se zahtijevaju od svake organizacije, a važnost procjene potvrđena je i u revidiranoj normi ISO 9001:2015. Proces procjene rizika sastoji se od identifikacije, analize i evaluacije. U cilju evaluacije rizika potrebno je primijeniti metodu Monte Carlo simulacija. Monte Carlo simulacija (MCS) je statistička simulacija povezana sa slučajnim događajima. MCS metoda se u postupku procjenjivanja rizika temelji na generiranju slučajnih brojeva iz funkcija gustoće vjerojatnosti za svaku ulaznu veličinu i stvaranju odgovarajuće vrijednosti izlazne veličine.

U radu je potrebno:

1. Dati pregled ključnih promjena u normi ISO 9001:2015 u odnosu na prethodnu verziju norme iz 2008. godine.
2. Definirati metode procjena rizika sukladno normi ISO 31010:2009.
3. Na odabranim primjerima procijeniti rizike primjenom Monte Carlo simulacija.

U radu treba navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

30. studenog 2016.

Zadatak zadao:

Rok predaje rada:

1. rok: 24. veljače 2017.

2. rok (izvanredni): 28. lipnja 2017.

3. rok: 22. rujna 2017.

Predviđeni datumi obrane:


1. rok: 27.2. - 03.03. 2017.

2. rok (izvanredni): 30. 06. 2017.

3. rok: 25.9. - 29. 09. 2017.

v.d. predsjednika Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Biserka Runje


Izv. prof. dr. sc. Branko Bauer

SADRŽAJ

SADRŽAJ	I
POPIS SLIKA	III
SAŽETAK.....	IV
SUMMARY	V
1. UVOD.....	1
1.1 Općenito o ISO normi (Međunarodna organizacija za standardizaciju).....	2
1.2 ISO 9000 – Upravljanje kvalitetom	3
1.3 Veza norme ISO 9000 i ISO 9004 [5].....	5
1.4 Procesni pristup [5]	5
1.5 Općenita usporedba ISO 9001:2008 i ISO 9001:2015.....	8
1.6 Norma ISO 9001:2015	9
1.6.1 Pregled točaka norme ISO 9001:2015 koje definiraju rizik [8].....	11
1.6.2 Dodatak unutar norme ISO 9001:2015 [8]	13
2. NORMA ISO 31010:2009.....	14
2.1 Općenito o ISO 31010:2009	14
2.2 Metode procjene rizika sukladno normi ISO 31010:2009	15
2.2.1 Metoda analize utjecaja i posljedica pogrešaka (FMEA)	15
2.2.2 Metoda analize utjecaja na poslovanje (BIA) [14]	17
2.2.3 Metode What-if (SWIFT) i HAZOP [15].....	18
2.2.4 Metoda HACCP - <i>Hazard Analysis and Critical Control Points</i> [16]	19
2.2.5 Strukturirani i polu-strukturirani intervju	22
2.2.6 Brainstorming	23
2.2.7 Metoda kontrolne liste	25

2.2.8 Tehnika Delphi.....	26
3. PRIMJENA MONTE CARLO SIMULACIJE.....	27
3.1 Općenito o Monte Carlo simulaciji [23]	27
3.2 Primjena Monte Carlo simulacije	28
3.3 Primjer analize rizika Monte Carlo simulacijom [25]	34
4. ZAKLJUČAK.....	37
5. LITERATURA	38

POPIS SLIKA

Slika 1.	Tijek revizije ISO 9001 [7]	3
Slika 2.	Model procesnog pristupa sustavu upravljanja kvalitetom [5]	7
Slika 3.	Glavne razlike u nazivlju između ISO 9001:2008 i ISO 9001:2015 [4]	8
Slika 4.	Nova struktura ISO 9001:2015 [4]	9
Slika 5.	Mjesta i uloga rizika u normi ISO 9001:2015 [4]	10
Slika 6.	Alat za procjenu rizika prema ISO 31010:2009 [11]	15
Slika 7.	Princip FMEA metode [4]	17
Slika 8.	Primjer papirnato zapisa za polu-strukturirani intervju [19]	23
Slika 9.	Brainstorming mapa [17]	25
Slika 10.	Kvadrat stranica 1 cm	28
Slika 11.	Upisana kružnica unutar kvadrata	29
Slika 12.	Tablica nasumičnih točaka	30
Slika 13.	Sve točke na udaljenosti od centra kruga	31
Slika 14.	Točke unutar/izvan kruga	32
Slika 15.	Konačna vrijednost Pi parametra	33
Slika 16.	Osnovna procjena za prvu fazu	34
Slika 17.	Granične vrijednosti kao temelj za Monte Carlo simulaciju	35
Slika 18.	Gustoća vjerojatnosti	36

SAŽETAK

Tema završnog rada je „Primjena Monte Carlo simulacija u procjeni rizika“. U ovom radu objašnjeno je što je to ISO norma, te koje su njene prednosti i nedostaci. Također je dan pregled ključnih promjena u normi ISO 9001:2015 u odnosu na prethodnu verziju norme iz 2008. godine. Ključna promjena u ISO 9001:2015 je uvođenje kontrole rizika.

Nadalje, definirane su metode procjene rizika sukladno normi ISO 31010:2009. Uz pomoć tih metoda želi se poboljšati upravljanje i kontrola sigurnosti rizika u poslovanju.

Na kraju je dan primjer analize rizika primjenom Monte Carlo simulacije koja je statistička simulacija povezana sa slučajnim događajima.

Ključne riječi: rizik, ISO 9001, ISO 31010, metoda, Monte Carlo simulacija

SUMMARY

The theme of the dissertation is "Application of Monte Carlo simulation in risk assessment". In this paper we describe what ISO standard is, and what are its advantages and disadvantages. It also gives an overview of the key changes in ISO 9001: 2015 in relation to the previous standard in 2008. Key change in ISO 9001: 2015 is the introduction of risk control.

Furthermore, methods of risk assessment in accordance with ISO 31010: 2009. With the help of these methods aims to improve the management and control of security risks in business.

At the end is an example of a risk analysis using Monte Carlo simulation, which is a statistical simulation associated with random events.

Key words: risk, ISO 9001, ISO 31010, method, Monte Carlo simulation

1. UVOD

U današnje vrijeme organizacije se svakodnevno suočavaju s odlukama čije donošenje je direktno povezano s određenim rizikom. Rizik podrazumijeva ishod donesene odluke, koji može biti negativan, ali i pozitivan. Razmišljanje na temelju rizika i procjena rizika zahtijeva se od svake organizacije. Važnost procjene rizika potvrđena je u reviziji norme ISO 9001:2015 gdje se značaj stavlja na uvođenje razmišljanja temeljenog na riziku. Svrha upravljanja rizikom kao učinkom neizvjesnosti kod ostvarivanja ciljeva, jest povećanje vjerojatnosti da organizacija ostvari svoje ciljeve kroz smanjivanje nepovoljnih situacija.

U završnom radu ukratko je objašnjeno što je to ISO norma te koje su ključne promjene u normi ISO 9001:2015 u odnosu na prethodnu verziju iz 2008. godine. Nadalje se definiraju metode procjena rizika sukladno normi ISO 31010:2009. Primjenom Monte Carlo simulacije, jednog od alata za procjenu rizika iz norme ISO 31010:2009 riješen je jedan primjer. Metoda Monte Carlo se u postupku procjenjivanja rizika temelji na generiranju slučajnih brojeva iz funkcije gustoće vjerojatnosti za svaku ulaznu veličinu i stvaranju odgovarajuće vrijednosti izlazne veličine.

1.1 Općenito o ISO normi (Međunarodna organizacija za standardizaciju)

Međunarodna organizacija za standardizaciju, ISO (International Organisation for Standardisation), je najveća svjetska institucija za razvoj standarda i predstavlja mrežu nacionalnih ustanova u 162 zemalja, na bazi jedan član - jedna zemlja, sa sjedištem u Ženevi (Švicarska) odakle se koordinira cijeli sistem.

Počela je sa djelovanjem 1947. godine u Bruxellesu. Jedino područje koje ISO ne pokriva je područje elektrike i elektronike. To područje pokriva IEC (International Electrotechnical Commission) koja je također članica ISO. Do danas je ISO objavio preko 19.000 međunarodnih normi koje skoro u potpunosti pokrivaju područje tehnologije i proizvodnje.[1]

Vlada Republike Hrvatske u listopadu 2004. godine osniva Hrvatski zavod za norme (HZN) kao javnu ustanovu za ostvarivanje ciljeva normizacije i obavljanje poslova i zadataka nacionalne normizacije (NN, 158/2004.). HZN također je kao punopravni član uključen u rad ISO-a te može doprinosti razvoju ISO normi aktivnim sudjelovanjem na ISO tehničkim odborima i glasati na sastancima. [2]

Jedna od značajnijih normi u Hrvatskoj je norma ISO 9001. To je međunarodna norma koja definira zahtjeve koje pojedina organizacija mora ispunjavati kako bi mogla obavljati svoju djelatnost u skladu sa zahtjevima kupaca i relevantnim propisima. Primjenjiva je na sve vrste organizacija: profitne i neprofitne, proizvodne i uslužne, male i velike. [3]

Prednosti ISO standarda su [4]:

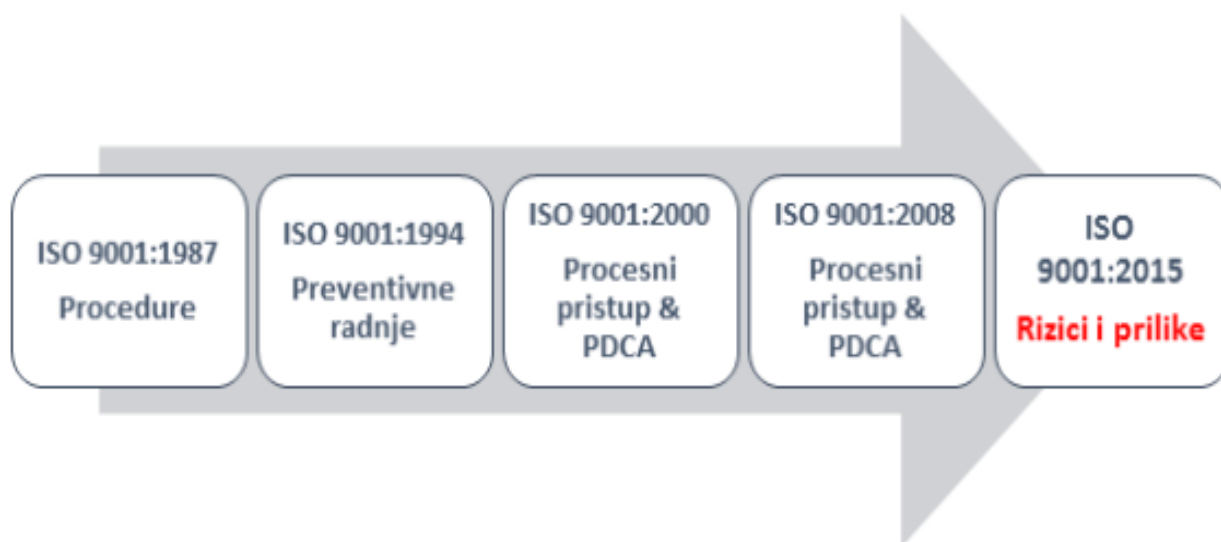
- Osiguravanje pouzdanih, sigurnih i kvalitetnih procesa, proizvoda i usluga;
- Strateški alat za smanjenje troškova praćenjem procesa te minimiziranjem gubitaka i grešaka, te povećanje dobiti;
- Povećano zadovoljstvo kupaca, briga o okolišu, povećanje produktivnost.

1.2 ISO 9000 – Upravljanje kvalitetom

Norme za kvalitetu proizvoda potječu iz SAD-a gdje su već pedesetih godina postojali visoki zahtjevi za kvalitetu u vojnom području. Razvoj je započeo 1963. godine normom MIL-a 9589, a kasnije se iz te norme razvio NATO pravilnik. On je postao temelj za daljnji razvoj normi za upravljanje kvalitetom. Danas su najčešći u uporabi sustavi upravljanja koji su razvijeni od strane ISO. [1]

Prva međunarodna norma serije ISO 9000 izdana je 1987. godine. Norma ISO 9001 doživjela je do sada četiri revizije (1994., 2000., 2008., 2015.g.). Revizije se provode radi aktualiziranja sa stanjem na tržištu i zbog razvoja tehnologija, zatim zbog globalizacije, razvoja kvalitete te usvajanja novih tehnologija. [4]

Na Slici 1. prikazan je tijek revizije ISO 9001.



Slika 1. Tijek revizije ISO 9001 ¹ [7]

ISO 9000 serija standarda sastoji se od četiri pripremna standarda [1]:

- 1) ISO 9000 – Sustav upravljanja kvalitetom: osnove i rječnik;
- 2) ISO 9001 – Sustav upravljanja kvalitetom: zahtjevi;
- 3) ISO 9004 – Sustav upravljanja kvalitetom: smjernice za poboljšavanje;
- 4) ISO 19011 – Sustav upravljanja kvalitetom: smjernice za auditiranje sustava upravljanja kvalitetom i okolišem.

¹ PDCA – Plan Do Check Act – metodologija temeljena na prethodno primijenjenom procesnom pristupu i činjenici da se s identificiranim poslovnim procesima poduzimaju navedene radnje.

Norma ISO 9000 opisuje osnove sustava upravljanja kvalitetom i određuje nazivlje za sustave upravljanja kvalitetom.

Norma ISO 9001 primjenjuje se na [4]:

- Organizacije koje teže probitku primjenom sustava upravljanja kvalitetom;
- Organizacije koje traže sigurnost od svojih dobavljača da će njihovi zahtjevi koji se odnose na proizvod biti zadovoljeni;
- Korisnike proizvoda;
- One kojima je stalo do međusobnog razumijevanja nazivlja koje se upotrebljava u upravljanju kvalitetom (npr. dobavljači, kupci, autori propisa);
- Unutarnja ili vanjska tijela organizacija koja procjenjuju sustav upravljanja kvalitetom ili provode neovisnu ocjenu sukladnosti sa zahtjevima norme ISO 9000 (npr. neovisni ocjenjivači/auditori, autori propisa, tijela za potvrđivanje/certifikaciju i registraciju);
- Unutarnja ili vanjska tijela organizacije koja daju savjete ili pružaju izobrazbu o sustavu upravljanja kvalitetom koji odgovara toj organizaciji;
- One koji razvijaju srodne norme.

Ciljevi zbog kojih je norma ISO 9001 razvijena su [1]:

1. Kontinuirano unapređivanje kvalitete proizvoda i usluga u odnosu na postavljene zahtjeve;
2. Poboljšavanje kvalitete operacija koje su usmjerene na kontinuirano zadovoljavanje kupčevih želja i potreba;
3. Pružanje uvida menadžmentu kako se zahtjevi ispunjavaju;
4. Pružanje dokaza kupcima da su zahtjevi kvalitete ugrađeni u isporučenim proizvodima i pruženim uslugama;
5. Pružanje dokaza o ispunjenosti zahtjeva sustava kvalitete.

1.3 Veza norme ISO 9000 i ISO 9004 [5]

ISO 9001 i ISO 9004 su norme sustava upravljanja kvalitetom koje su oblikovane tako da jedna drugu nadopunjuju, ali se također mogu upotrebljavati i neovisno.

Norma ISO 9001 određuje zahtjeve sustava upravljanja kvalitetom kojima se može koristiti za potrebe unutar organizacije, ili za certifikaciju, ili za ugovorne svrhe. Usredotočuje se na učinkovitost sustava upravljanja kvalitetom u ispunjavanju zahtjeva kupca.

Prerađeno izdanje norme ISO 9004 će dati smjernice kako upravljanjem postići neprekidno unaprjeđenje neke organizacije u složenom, zahtjevnom, čak i izmijenjenom okruženju.

Norma ISO 9004 pridaje veću pažnju upravljanju kvalitetom nego norma ISO 9001; ukazuje na potrebe i očekivanja svih zainteresiranih strana, kao i njihovo zadovoljstvo postignuto sustavnim i neprekidnim poboljšavanjem djelovanja organizacije.

1.4 Procesni pristup [5]

Uvođenje sustava upravljanja kvalitetom treba biti strateška odluka organizacije. Na oblikovanje i primjenu sustava upravljanja kvalitetom organizacije utječu:

- Okruženje organizacije, promjene u tom okruženju i rizici koji se odnose na to okruženje;
- Promjenjive potrebe;
- Pojedinačni ciljevi;
- Proizvodi koje nudi;
- Uspostavljeni procesi;
- Veličina i organizacijsko ustrojstvo.

Namjera ove međunarodne norme nije ukazati na jednolikost ustrojstva sustava upravljanja kvalitetom ili jednolikost dokumentacije. Zahtjevi sustava upravljanja kvalitetom određeni ovom normom dopunjuju zahtjeve za proizvode. Obavijesti označene s „NAPOMENA“ predstavljaju smjernice za razumijevanje ili pojašnjenje zahtjeva na koji se odnose.

Normom ISO 9001 mogu se koristiti unutrašnje i vanjske strane, uključujući certifikacijska tijela, radi procjene mogućnosti organizacije da zadovolji zahtjeve kupaca, zakonske i propisane zahtjeve primjenjive na proizvode i zahtjeve same organizacije.

Prilikom razvoja ove međunarodne norme u obzir su uzeta načela upravljanja kvalitetom navedena u normama ISO 9000 i ISO 9004.

Ova međunarodna norma promiče prihvaćanje procesnog pristupa, kad razvoj, primjena i poboljšavanje učinkovitosti sustava upravljanja kvalitetom povećavaju zadovoljstvo kupca ispunjavanjem njegovih zahtjeva.

Da bi organizacija radila učinkovito, mora odrediti i upravljati brojnim uzajamno povezanim aktivnostima. Aktivnost ili niz aktivnosti gdje se upotrebljavaju resursi i kojima se upravlja kako bi se omogućila pretvorba ulaza u izlaz mogu se smatrati procesom. Često izlaz iz jednog procesa predstavlja izravan ulaz u sljedeći proces.

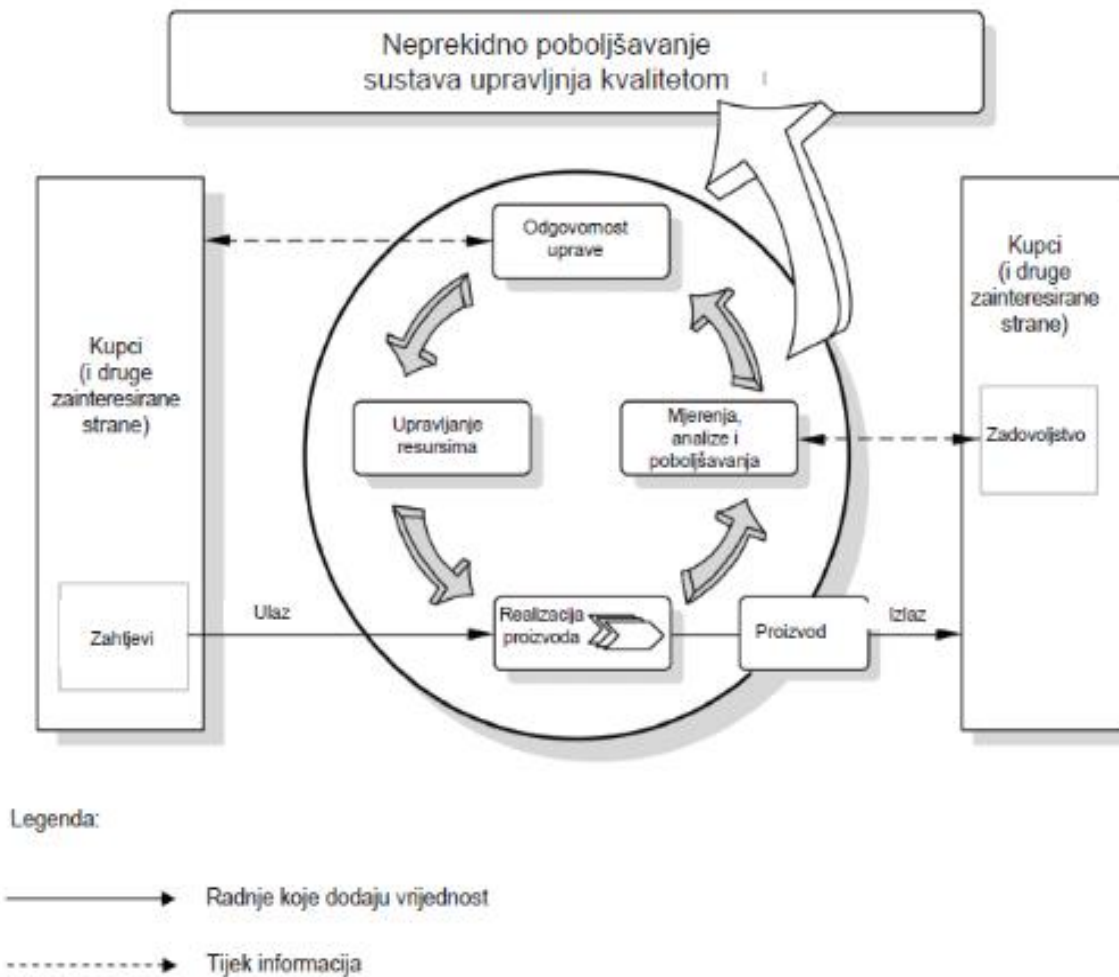
Primjena procesnog sustava unutar neke organizacije, zajedno s prepoznavanjem procesa i uzajamnog djelovanja tih procesa te njihovim upravljanjem kako bi se postigao željeni rezultat, može se smatrati „procesnim pristupom“. Prednost procesnog pristupa je osiguravanje trajnog nadzora nad vezama između pojedinačnih procesa unutar procesnog sustava te njihovom kombinacijom i međusobnim djelovanjem.

Kad se primjenjuje u sklopu sustava upravljanja kvalitetom, takav pristup naglašava važnost:

- Razumijevanja i ispunjavanja zahtjeva;
- Potrebe razmatranja procesa u uvjetima dodane vrijednosti;
- Dobivanja rezultata izvedbe i učinkovitosti procesa;
- Neprekidnog poboljšavanja procesa utemeljenog na nepristranim mjerenjima.

Model sustava upravljanja kvalitetom utemeljen na procesnom pristupu, prikazan na Slici 2, pokazuje kako kupac ima značajnu ulogu u utvrđivanju zahtjeva kao ulaznih podataka. Praćenje zadovoljstva kupca zahtijeva vrednovanje informacija koje se odnose na kupčevu predodžbu o tome je li organizacija ispunila njegove zahtjeve.

Model prikazan na Slici 2. obuhvaća sve zahtjeve ove međunarodne norme, ali ne prikazuje procese u svim pojedinostima.



Slika 2. Model procesnog pristupa sustavu upravljanja kvalitetom [5]

1.5 Općenita usporedba ISO 9001:2008 i ISO 9001:2015

Na Slici 3. prikazane su neke od promjena u terminologiji između ISO 9001:2008 i ISO 9001:2015.

ISO 9001:2008	ISO 9001:2015
Proizvodi	Proizvodi i usluge
Isključenja	Ne koristi se
Predstavnik posloводства	Ne koristi se
Dokumenti, zapisi	Dokumentirana informacija
Radno okruženje	Okruženje za rad procesa
Oprema za praćenje i mjerenje	Sredstva za praćenje i mjerenje
Kupljeni proizvod	Proizvodi i usluge ostvareni izvan organizacije
Dobavljač	Vanjski pružatelj usluga

Slika 3. Glavne razlike u nazivlju između ISO 9001:2008 i ISO 9001:2015 [4]

Norma ISO 9001:2015 sadrži smjernice i zahtjeve za upravljanjem kvalitetom u organizaciji. Norma je temeljena na principu upravljanja kvalitetom koju uključuje jaki fokus na klijenta, motivaciju i uključivanje uprave u provođenje sustava kvalitete, procesni pristup te kontinuirana poboljšavanja. Važno je napomenuti da se normom ISO 9001:2015 ne osigurava kvalitetan proizvod.

Norma ISO 9001:2015 nije tehnička niti tehnološka norma, već je to organizacijska norma. Smjernice unutar norme su općenite i primjenjive u svakoj organizaciji bez obzira na ponuđenu vrstu proizvoda. Možemo reći da krajnji cilj implementacije ISO 9001:2015 je zadovoljstvo kupca. [4]

1.6 Norma ISO 9001:2015

U novoj reviziji ISO 9001:2015 struktura se sada temelji na strukturi visoke razine, tzv. „Annex SL“ ili „HLS struktura“ koju preuzimaju i ostale norme, te ima sljedeća poglavlja koja su prikazana na Slici 4. [4]

ANEKS SL- STRUKTURA VISOKE RAZINE			
Poglavlje 1	OPSEG	Poglavlje 7	PODRŠKA
Poglavlje 2	NORMATIVNE REFERENCE	7.1	Resursi
Poglavlje 3	POJMOVI I DEFINICIJE	7.2	Kompetencije
Poglavlje 4	KONTEKST ORGANIZACIJE	7.3	Svijest
4.1	Razumijevanje organizacije i njenog konteksta	7.4	Komunikacija
4.2	Razumijevanje potreba i očekivanja zainteresiranih strana	7.5	Dokumentirane informacije
4.3	Određivanje opsega sustava upravljanja	Poglavlje 8	PROVEDBA
4.4	Sustav upravljanja	8.1	Operativno planiranje i nadzor
Poglavlje 5	VOĐENJE	Poglavlje 9	VREDNOVANJE PERFORMANSI
5.1	Vođenje i opredjeljenje	9.1	Nadzor, mjerenje, analiza i vrednovanje
5.2	Politika	9.2	Interni audit
5.3	Organizacijske uloge, odgovornosti i ovlasti	9.3	Upravina ocjena
Poglavlje 6	PLANIRANJE	Poglavlje 10	POBOLJŠAVANJE
6.1	Radnje za obradu rizika i prilika	10.1	Nesukladnost i korektivne radnje
6.2	Ciljevi i planiranje njihova postizanja	10.2	Trajno poboljšavanje

Slika 4. Nova struktura ISO 9001:2015 [4]

Prilikom svake velike revizije standarda uvodi se novi koncept koji certificiranoj organizaciji pruža viši stupanj „zrelosti“ uspostavljenog sustava upravljanja.

U prethodnim izdanjima ISO 9001, dodatak o preventivnom djelovanju je odvojen od cjeline. Sada se rizik razmatra i prožima kroz cijeli standard. Koristeći pristup zasnovan na riziku, organizacija postaje proaktivna prije nego čisto reaktivna, sprečavajući ili smanjivajući neželjene efekte i uz provođenje stalnih poboljšanja. Preventivno djelovanje postaje automatsko kada koristimo sistem upravljanja zasnovano na procjeni rizika.

Koncept rizika je oduvijek bio dio zahtjeva u ISO 9001, ali ovom revizijom postaje jasniji i ugrađen u cijeli sistem upravljanja. Rizik se promatra od početka i u toku cijelog procesa, što čini da preventivno djelovanje postaje dio strategije planiranja. Analiza rizika

zasnovana na razmišljanju već je dio procesnog pristupa i predstavlja rutinsko preventivno djelovanje.

Norma obuhvaća identifikaciju rizika, analizu rizika, kategorizaciju rizika, kontrolu i ponovnu procjenu rizika. Osim rizicima, norma ISO 9001:2015 se bavi i prilikama vezanim uz poslovanje, proizvode i usluge koje organizacija treba prepoznati i njima upravljati. [8]

Mjesta i uloge analize rizika u normi ISO 9001:2015 prikazane na Slici 5.

PODRUČJE NORME ISO 9001:2015	SPOMINJANJE RIZIKA U NORMI
0. UVOD	Objašnjen koncept razmišljanja baziranog na procjeni rizika.
1. OPSEG	Ne spominje se rizik.
2. NORMATIVNE REFERENCE	Ne spominje se rizik.
3. POJMOVI I DEFINICIJE	<i>Rizik se definira kao efekt na nesigurnost očekivanog rezultata.</i>
4. KONTEKST ORGANIZACIJE	<i>Od organizacije se zahtjeva da odredi sve rizike koji mogu utjecati na cjelokupnu organizaciju i ciljeve.</i>
5. VOĐENJE	Uprava predstavlja vodstvo te mora osigurati da svi rizici i prilike koje mogu utjecati na sukladnost proizvoda ili usluga budu definirani i adresirani.
6. PLANIRANJE SUSTAVA UPRAVLJANJA KVALITETOM	Od organizacije se zahtjeva da poduzme akcije za identificiranje rizika i prilika, te da planira kako će adresirati identificirane rizike i prilike.
7. PODRŠKA	Ne spominje se rizik.
8. PROVEDBA	Od organizacije se traži da planira, implementira i kontrolira procese kako bi adresirala akcije identificirane u točki 6.
9. VREDNOVANJE PERFORMANSI	Od organizacije se traži da prati, mjeri, analizira i evaluira rizike i prilike.
10. POBOLJŠAVANJE	U točki 10 se traži poboljšavanje odgovaranjem na promjene uzrokovane rizicima.

Slika 5. Mjesta i uloga rizika u normi ISO 9001:2015 [4]

1.6.1 Pregled točaka norme ISO 9001:2015 koje definiraju rizik [8]

0.3.3 Razmišljanje na temelju rizika

Razmišljanje na temelju rizika je bitno za postizanje učinkovitog sustava upravljanja kvalitetom. Pojam razmišljanje na temelju rizika je bio primijenjen u prethodnom izdanju međunarodne norme uključujući, na primjer, izvršenje zaštitne mjere radi uklanjanja moguće nesukladnosti, analiziranje nesukladnosti koje se javljaju i poduzimanje mjera za sprječavanje ponavljanja koji odgovaraju učincima nesukladnosti.

U skladu sa zahtjevima ove međunarodne norme organizacija treba planirati i primijeniti mjere za rješavanje rizika i prilika. Rješavanje rizika i prilika ustanovljuje osnovu za povećanje učinkovitosti sustava upravljanja kvalitetom, postizanje poboljšanih rezultata i sprječavanje negativnih učinaka.

Prilike se mogu pojaviti kao rezultat situacije povoljne za postizanje očekivanog rezultata, na primjer, skup okolnosti koje dopuštaju organizaciji privlačenje kupaca, razvoj novih proizvoda i usluga, smanjenje otpada ili poboljšanje proizvodnosti. Mjere za rješavanje prilika također mogu uključiti razmatranja s njima povezanih rizika.

Rizik je učinak neizvjesnosti, a takva neizvjesnost može imati pozitivni ili negativni učinak. Pozitivno odstupanje koje proizlazi iz rizika može dati priliku, ali svi pozitivni učinci rizika neće rezultirati u prilike.

4.1 Razumijevanje organizacije i njezinog konteksta

Organizacija mora odrediti vanjska i unutarnja pitanja koja su bitna za njezinu svrhu i njezino strateško usmjerenje, a koja utječu na njezinu sposobnost za postizanje očekivanih rezultata sustava upravljanja kvalitetom.

Organizacija mora pratiti i preispitivati informacije o ovim vanjskim i unutarnjim pitanjima.

NAPOMENA 1: Pitanja mogu uključiti pozitivne i negativne čimbenike i uvjete za razmatranje.

NAPOMENA 2: Razumijevanje vanjskog konteksta može se olakšati obzirom na pitanja koja proizlaze iz pravnih, tehnoloških, konkurentskih, trgovačkih, kulturoloških, društvenih i gospodarskih uvjeta, bilo da su međunarodna, nacionalna, regionalna ili lokalna.

NAPOMENA 3: Razumijevanje unutarnjeg konteksta može se olakšati obzirom na pitanja koja se odnose na vrijednosti, kulturu, znanje i poslovanje organizacije.

4.2 Razumijevanje potreba i očekivanja zainteresiranih strana

Uslijed utjecaja ili mogućeg utjecaja na organizacijsku sposobnost stalne ponude proizvoda i usluga koji udovoljavaju kupčevim i primjenjivim propisanim i zakonskim zahtjevima, organizacija mora odrediti:

- a) zainteresirane strane koje su bitne za sustav upravljanja kvalitetom;
- b) zahtjeve tih zainteresiranih strana koji su bitni za sustav upravljanja kvalitetom.

6.1 Mjere za rješavanje rizika i prilika

U točki 6.1 određuje se da organizacija mora planirati mjere za rješavanje rizika, ne postoji zahtjev za obvezne metode za upravljanje rizicima ili dokumentiranim procesom upravljanja rizikom. Organizacije mogu odlučiti hoće li ili ne razvijati opsežniju metodologiju upravljanja rizicima nego što to zahtjeva ova međunarodna norma. Prema zahtjevu 6.1 organizacija je odgovorna za primjenu razmišljanja upravljanja rizicima te poduzeti mjere za rješavanje rizika uključujući treba li ili ne sačuvati dokumentiranu informaciju kao dokaz utvrđivanja rizika.

6.1.1 Kada se planira sustav upravljanja kvalitetom, organizacija mora razmatrati pitanja iz 4.1 i zahtjeve iz 4.2 i odrediti rizike i prilike koje treba riješiti za:

- a) osiguranje da sustav upravljanja kvalitetom može postići određene rezultate;
- b) poboljšanje željenih učinaka;
- c) postizanje poboljšanja.

6.1.2 Organizacija mora planirati:

- a) mjere za rješavanje tih rizika i prilika;
- b) kako:
 - 1) objediniti i provesti mjere u svojim procesima sustava upravljanja kvalitetom;
 - 2) ocijeniti učinkovitost tih mjera.

Poduzete mjere za rješavanje rizika i prilika moraju biti razmjerne mogućem utjecaju na sukladnost proizvoda i usluga.

NAPOMENA: Mogu se uključiti mogućnosti za rješavanje rizika i prilika: izbjegavanje rizika, uzimajući rizik kako bi se nastavio u priliku, uklanjanje izvora rizika, mijenjanje vjerojatnosti ili posljedica, dijeljenje rizika ili sačuvanje rizika kao informativnom odlukom.

1.6.2 Dodatak unutar norme ISO 9001:2015 [8]

A.4 Razmišljanje na temelju rizika

Pojam razmišljanje na temelju rizika je prešutno bio u prethodnom izdanju ove međunarodne norme, npr. kroz zahtjeve za planiranje, preispitivanje i poboljšavanje. Ova međunarodna norma određuje zahtjeve organizaciji za razumijevanje svog konteksta te određuje rizike kao osnovu za planiranje (vidjeti 6.1). To predstavlja primjenu razmišljanja na temelju rizika za planiranje i provedbu procesa sustava upravljanja kvalitetom te pomaže u određivanju količine dokumentiranih informacija.

Jedna od ključnih svrha sustava upravljanja kvalitetom je da djeluje kao zaštitno sredstvo. Stoga, ova međunarodna norma nema posebno poglavlje ili potpoglavlje o zaštitnim mjerama. Pojam zaštitne mjere je iskazan kroz uporabu razmišljanja na temelju rizika u oblikovanim zahtjevima sustava upravljanja kvalitetom.

Razmišljanje na temelju rizika koje se primjenjuje u ovoj međunarodnoj normi olakšava malo smanjenje u propisanim zahtjevima i njihovu zamjenu zahtjevima temeljenim na rezultatima. Veća je prilagodljivost u zahtjevima za procese, dokumentirane informacije i organizacijske odgovornosti nego u ISO 9001:2008.

Predma 6.1 određuje da organizacija mora planirati mjere za rješavanje rizika, ne postoji zahtjev za obvezne metode za upravljanje rizicima ili dokumentiranim procesom upravljanja rizikom. Organizacije mogu odlučiti hoće li ili ne razvijati opsežniju metodologiju upravljanja rizicima nego što to zahtjeva ova međunarodna norma, npr. kroz primjenu drugih uputa ili normi.

Ne predstavljaju svi procesi sustava upravljanja kvalitetom isti nivo rizika u pogledu organizacijske sposobnosti za udovoljenje ciljevima te posljedice neizvjesnosti nisu iste za sve organizacije. Prema zahtjevu 6.1, organizacija je odgovorna za primjenu razmišljanja upravljanja rizicima te poduzimati mjere za rješavanje rizika uključujući je li treba ili ne sačuvati dokumentiranu informaciju kao dokaz utvrđivanja rizika

2. NORMA ISO 31010:2009

Kroz ovo poglavlje biti će podrobnije objašnjena norma ISO 31010:2009, te analitičke metode procjene rizika uz dodatno pojašnjenje svake pojedine metode.

2.1 Općenito o ISO 31010:2009

ISO 31000 Upravljanje rizikom- principi i smjernice nastao je na osnovi norme AS/NZS 4360 (Australija / Novi Zeland), uz doprinose Francuske, Švicarske i Brazila.

ISO 31000 ne bavi se isključivo samim procesom već se usmjerava se na akcije poduzete nad identificiranim rizicima, kako bi se troškovno učinkovito poboljšale performanse organizacije. Norma ISO 31000 daje osnovnu disciplinu odlučivanja u vezi s rizicima i pomaže organizacijama postići očekivane ciljeve. ISO 31000 je univerzalna norma koja se može prilagoditi specifičnim potrebama i strukturama organizacije. Rizik se definira kao 'djelovanje neizvjesnosti na ciljeve'. [9]

Prema normi ISO 31010:2009 rizik se predstavlja kao bilo koje stanje koje odstupa od nekog očekivanog stanja. Također može biti i kombinacija posljedica određenog događaja. Stoga treba definirati osobe koje su odgovorne za upravljanje rizicima te izvršavaju česte kontrole kako bi se izbjegli rizici. [10]

Norma ISO 31010:2009 je odgovorna za djelovanje, koje uključuje pravovremeno donošenje odluka, obvezu odgovora na odluku i odgovaranje na nastalu situaciju. Kroz normu ISO 31010:2009 upravljanje rizikom mora biti sastavni dio organizacijskog procesa. Mora se bazirati na korištenju raspoloživih informacija i obavezno uzimati u obzir ljudski faktor. Politiku upravljanja rizicima stalno treba poboljšavati i unapređivati. Također politika mora biti jednostavna, razumljiva i ostvariva, s jasnim ciljevima. [10]

2.2 Metode procjene rizika sukladno normi ISO 31010:2009

Neke od metoda za procjenu rizika sa oznakama preporučenosti prema normi ISO 31010:2009 prikazani su na Slici 6.

Alati za procjenu rizika (ISO/IEC 31010:2009)

- Strogo preporučeno
- može se koristiti
- nije primjenljivo

Alati i tehnike	Proces procjene rizika			
	Identifikacija rizika	Analiza rizika		Vrednovanje rizika
		Posljedice	Vjerojatnost	
Brainstorming	■	■	■	■
Structured or semi-structured interviews	■	■	■	■
Delphi	■	■	■	■
Check-lists	■	■	■	■
Primary hazard analysis	■	■	■	■
Hazard and operability studies (HAZOP)	■	■	■	■
Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP)	■	■	■	■
Environmental risk assessment	■	■	■	■
Structure "What if?" (SWIFT)	■	■	■	■
Scenario analysis	■	■	■	■
Business impact analysis	■	■	■	■
Root cause analysis	■	■	■	■
Failure mode effect analysis	■	■	■	■
Fault tree analysis	■	■	■	■
Event tree analysis	■	■	■	■
Cause and consequence analysis	■	■	■	■
Cause-and-effect analysis	■	■	■	■
Layer protection analysis (LOPA)	■	■	■	■
Decision tree	■	■	■	■
Human reliability analysis (HRA)	■	■	■	■
Bow tie analysis	■	■	■	■
Reliability centred maintenance	■	■	■	■
Sneak circuit analysis	■	■	■	■
Markov analysis	■	■	■	■
Monte Carlo simulation	■	■	■	■
Bayesian statistics and Bayes Nets	■	■	■	■
FN curves	■	■	■	■
Risk indices	■	■	■	■
Consequence/probability matrix	■	■	■	■
Cost/benefit analysis	■	■	■	■
Multi-criteria decision analysis (MCDA)	■	■	■	■

Slika 6. Alat za procjenu rizika prema ISO 31010:2009 [11]

2.2.1 Metoda analize utjecaja i posljedica pogrešaka (FMEA)

Analiza utjecaja i posljedica pogrešaka (FMEA) sustavna je metoda kojom se identificiraju i sprječavaju problemi na proizvodu ili u procesu prije nego što proizvod nastane. Metoda je fokusirana na prevenciju pogrešaka, odnosno smanjivanje mogućnosti da se pogreška dogodi. [12]

Postoje četiri osnovne vrste analize utjecaja i posljedica pogrešaka [12]:

- FMEA sustava;
- FMEA dizajna;
- FMEA procesa;
- FMEA usluge.

Ovu metodu jednostavno je prepoznati po jednoznačnosti pojmova kojima se služi prilikom primjene, kao što su: pogreška, posljedica, rizik, uzrok pogreške, važnost vjerojatnosti pojavljivanja, vjerojatnost otkrivanja. Primjena FMEA povećava troškove za kvalitetu, povećavajući prije svega njihovu preventivnu komponentu.

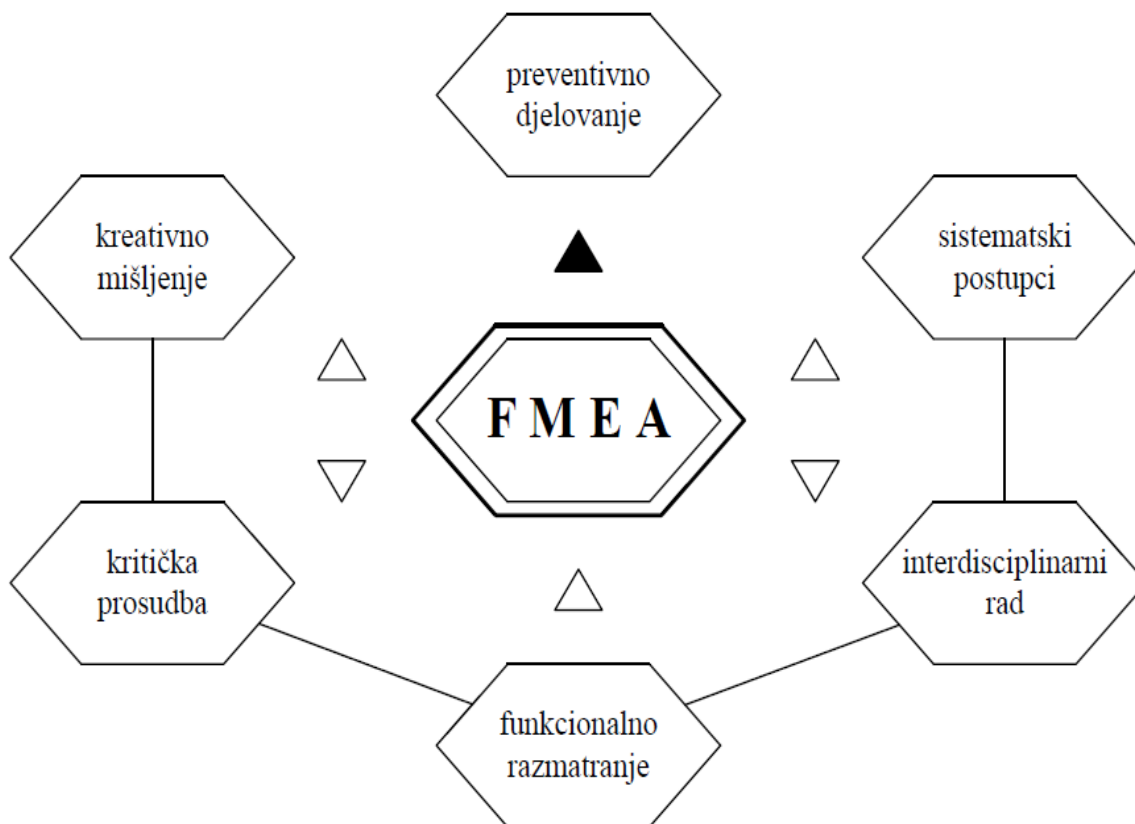
Metodu je moguće primijeniti prilikom dizajniranja robe ili usluga, definiranja i razvijanja procesa kao i na već postojećim proizvodima ili procesima koji zahtijevaju poboljšanje. Njena primjena nije ograničena samo na poduzeća koja imaju sustav upravljanja kvalitetom. Maksimalna korist od ove metode može se ostvariti provodeći FMEA u cilju poboljšanja kvalitete proizvoda, procesa ili cjelokupnog sustava kvalitete poduzeća. [12]

Ova metoda zaživjela je u praksi jer omogućuje sistematizaciju potencijalnih opasnosti i rizika sustava, te olakšava procjenu i analizu rizika. Kod FMEA sustavno se pregledavaju i procjenjuju svi mogući potencijalni neželjeni događaji u sustavu, te eventualne posljedice takvih događaja na sustav[13]:

- Sustavno se popisuju i analiziraju sve moguće potencijalne greške, te njihovo potencijalno djelovanje na sustav;
- Određuju se mogući uzroci pogrešaka;
- Ocjenjuju se specifikacije proizvoda ili procedure za nadzor procesa s obzirom na njihove mogućnosti za otkrivanje i prevenciju pogrešaka;
- Kroz procjenu mogućnosti pojave i otkrića pogreške te efekta na klijenta formiraju se prioriteti;
- Uspostave se odgovarajuće dizajnerske i/ili proizvodne ispitne mjere, te se odredi odgovornost za njihovo izvršavanje;
- U skladu s novim procesima korigiraju se identifikacijske i preventivne mjere.

Sustavna priprema za FMEA nameće određene zahtjeve, čije su prednosti vidljive u sljedećem[13]:

- Dobiva se potpuno razumijevanje potencijalnih problema u cilju prevencije grešaka u fazi projektiranja ili u fazi realizacije;
- Smanjenje rizika kroz opoziv akcija pomoću praćenja kritičnih greški;
- Smanjenje troškova i vremena za naknadne promjene proizvoda i poboljšanje test mjera kroz uštedu u fazama dizajna i planiranja.



Slika 7. Princip FMEA metode [4]

Na Slici 7. prikazan je princip FMEA metode, vidljivo je da se FMEA metoda temelji na preventivnom djelovanju. Za provođenje FMEA metode potrebno je kreativno i funkcionalno razmišljanje, kritička prosudba te sistematizirani postupci provođenja. Sve spomenuto provodi se kroz interdisciplinarni rad.

2.2.2 Metoda analize utjecaja na poslovanje (BIA) [14]

Metoda utjecaja na poslovanje (BIA) je proces analiziranja poslovnih procesa i resursa sustava potrebnih za odvijanje osnovnih procesa kojima se identificiraju razni učinci koji mogu nastati uslijed prekida svakodnevnih operacija.

Cilj BIA je:

- Definirati ključne poslovne procese određene organizacije i vezao za njih utvrditi moguće prijetnje koje nastaju zbog međuovisnosti;
- Nedostupnost resursa i drugih utjecaja koji mogu prekinuti uobičajeno odvijanje poslovanja;
- Odrediti učinak tih utjecaja na poslovanje ukoliko se dogode.

Metoda utjecaja na poslovanje svoju vrijednost ima u predlaganju mjera za povećavanje efektivne prilagodbe organizacije na moguće neželjene događaje. Ona je sredstvo promišljene pripreme za mogućnost prekida poslovanja i brzog oporavka, kako bi se u takvim situacijama, ako do njih dođe, zadržalo povjerenje klijenata. Bitna informacija koju ova analiza daje je definiranje prioriteta kritičnih procesa i njihovih međuovisnosti, dok je druga - dokumentirani financijski i operativni utjecaji nakon gubitka kritičnog procesa.

Analiza utjecaja na poslovanja obuhvaća slijedeće:

- Identifikaciju poslovnih procesa i klasifikaciju s obzirom na njihovu kritičnost i/ili vitalnost;
- Procjenu rizika vezanih uz pojedine poslovne procese;
- Određivanje prihvatljive razine pojedinih rizika;
- Određivanje prihvatljivog vremena nerasploživosti pojedinih poslovnih procesa, odnosno vremena u kojem je potrebno obnoviti poslovni proces (*Recovery Time Objective – RTO*);
- Određivanje vremena (u odnosu na vrijeme početka nepoželjnog i/ili nepredviđenog događaja) od kojeg će organizacija biti u stanju obnoviti podatke (*Recovery Point Objective – RPO*).

2.2.3 Metode What-if (SWIFT) i HAZOP [15]

Metode pod nazivom SWIFT i HAZOP predstavljaju jednostavnije pristupe kod procjene rizika koje se najčešće koriste u naftnoj i petrokemijskoj industriji. HAZOP metoda je sistematičan i temeljni pristup kod procjene rizika za nešto složenija postrojenja, dok se SWIFT koristi za procjenu rizika na jednostavnijim postrojenjima.

Kod tijeka analize SWIFT metode analiziraju se poznati rizici i opasnosti, dosadašnje iskustvo i incidenti, poznate i postojeće mjere i kontrole, te regulatorni zahtjevi i ograničenja. Prednost ove metode je u lakom učenju i brzini provedbe procjene što osigurava relativno niske troškove procjene rizika. Ta njena jednostavnost ujedno može i biti nedostatak jer ne generira kompletnost analize i previše ovisi o subjektivnosti analitičara.

Za razliku od SWIFT² metode, HAZOP³ metoda je sistematičnija i temeljitija što značajno utječe na vrijeme potrebno za provedbu procjene, a to na kraju i rezultira višim troškovima. Osnovna ideja ove metode je da rizik u radu postrojenja dolazi iz pogonskih stanja u kojima se vrijednost pojedinih parametara nalaze izvan intervala predviđenih projektom.

Obje metode moguće je primijeniti u svim fazama kroz koje prolazi neko postrojenje:

- Projektiranje;
- Pogon;
- Razmatranje modifikacije;
- Prije dekomisije.

Dobiveni rezultati procjene u identificiranju važnih izvora rizika i definiranju preporuka za smanjivanje rizika predstavljaju podlogu za temeljitije upravljanje ukupnim rizikom postrojenja. Glavni nedostatak navedenih metoda je u tome što s njima nije moguće analizirati složenija stanja i kompleksne sustave, npr. stanja nastala kod istovremenog odvijanja više neovisnih ili povezanih događaja.

2.2.4 Metoda HACCP - Hazard Analysis and Critical Control Points [16]

Analiza opasnosti i kontrola kritičnih točaka (HACCP) osigurava strukturu za utvrđivanje opasnosti i uspostavlja kontrolu u svim relativnim dijelovima procesa [17]. Zadatak HACCP-a je pronalaženje i analiziranje opasnosti, te utvrđivanje preventivnih mjera kojima se rizik svodi na minimum ili potpuno uklanja. Koristi se za zaštitu od opasnosti i održavanja kvalitete, pouzdanosti i sigurnosti proizvoda. Krajnji cilj HACCP-a je proizvodnja što je moguće sigurnijeg proizvoda primjenom što sigurnijeg postupka.

² SWIFT – Structured What If Tehnique - je prvenstveno koncipiran za procjenu opasnosti u kemijskoj i petrokemijskoj industriji

³ Metoda HAZOP - Hazard and Operability - je sistematičan i temeljit pristup procjeni rizika za nešto složenija postrojenja

HACCP je sustavni pristup upravljanja potencijalnim opasnostima i sastoji se od sedam principa:

1. Provedba analize opasnosti;
2. Određivanje kritičnih kontrolnih točaka;
3. Uspostava kritičnih granica;
4. Uspostava nadzornih postupaka;
5. Uspostava korektivnih mjera;
6. Uspostava postupaka verifikacije;
7. Uspostava zapisa i dokumenata.

Taj sustav upravljanja može se podijeliti u 12 dijelova, u kojima se primjenjuju HACCP principi:

1. Formiranje HACCP tima – organizacija koja želi uvesti ovu metodu prvo mora imenovati HACCP tim koje će to provesti te njegovog voditelja;
2. Popis i opis proizvoda – organizacija mora imati točan popis i opis proizvoda u čiji uvid ima odabrani tim;
3. Utvrđivanje potencijalnih korisnika – tim mora utvrditi potencijalne korisnike njihovih proizvoda;
4. Razvoj dijagrama toka koji opisuje procese – procesni dijagram toka se osniva za identifikaciju i analizu opasnosti te označava karakteristike procesa;
5. Verifikacija dijagrama toka – tim mora provesti verifikaciju dijagrama toka kako bi se potvrdila točnost procesnih dijagrama, a ona se vrši obilaskom naznačenih procesnih koraka;
6. Provedba analize opasnosti (Princip 1) – potrebno je provesti identificiranje bilo koje opasnosti koja se mora spriječiti, eliminirati ili smanjiti na prihvatljivu razinu;
7. Određivanje kritičnih točaka (Princip 2) – Identifikacija kritičnih kontrolnih točaka u fazi ili fazama na kojima je kontrola bitna za procjenu ili eliminaciju opasnosti ili njihovo smanjivanje na prihvatljivu razinu;
8. Uspostava kritičnih granica (Princip 3) – određivanje kritičnih granica na kritičnim kontrolnim točkama koje odvajaju prihvatljivost od neprihvatljivosti u svrhu prevencije, eliminacije ili smanjenja identificiranih opasnosti;

9. Uspostava nadzornih postupaka (Princip 4) – utvrđivanje i provedba djelotvornih procesa praćenja na kritičnim kontrolnim točkama;
10. Uspostava korektivnih mjera (Princip 5) – određivanje korektivnih mjera kada praćenje pokazuje kako kritična kontrolna točka više nije pod kontrolom;
11. Uspostava postupka verifikacije (Princip 6) – utvrđivanje postupaka koji će se redovito provoditi kako bi se potvrdilo da su mjere iz prethodnih dijelova djelotvorne;
12. Uspostava zapisa i dokumenata (Princip 7) – uspostava čuvanja zapisa kako bi se dokumentirao HACCP sustav uključujući zapise o rizicima i metodama kontrole, nadgledanje zahtjeva za sigurnošću i akcija poduzetih da bi se eliminirali problemi.

2.2.5 Strukturirani i polu-strukturirani intervju

Strukturirani intervju se vodi u skladu s unaprijed definiranim pitanjima, dok polu-strukturirani intervju ima pripremljena pitanja, ali dozvoljava više slobode u razgovoru i mogućnost otvaranja novih pitanja. [17]

Glavne karakteristike polu-strukturiranog intervju su [18]:

- Anketar i ispitanici sudjeluju u formalnom razgovoru;
- Anketar razvija i koristi popis pitanja i tema koje trebaju biti pokrivena tokom razgovora;
- Anketar slijedi pitanja, ali može i pratiti temu, te skrenuti sa nje kada osjeća da je to prikladno.

Polu-strukturirani intervju najbolje je koristiti kada se više neće dobiti prilika razgovarati s osobom od koje se mogu prikupiti podaci za procjenu rizika. Takav intervju pruža jasan skup uputa za anketara, te pružiti pouzdane i kvalitativne podatke. Kod takvih vrsta intervju često prethodi niz promatranja, neformalnih i nestrukturiranih anketiranja, kako bi se omogućilo istraživačima da razviju bolje razumijevanje teme. Tipično provođenje polu-strukturiranog intervju je da anketar ima papirnati zapis kojim prati tijekom intervju. Anketar može odstupati od pitanja koja su predviđena, ali u tom slučaju obično koristi trake za snimanje rasprave koje nakon intervju daje na analizu. Prednosti kod polu-strukturiranog intervju su te da anketar može pripremiti pitanja unaprijed. Također ovakav intervju potiče dvosmjernu komunikaciju pri čemu i osoba koju se anketira može postaviti pitanja ispitivaču. Tijek polu-strukturiranog intervju se odvija na sljedeći način [18]:

1. Anketar definira temu i prethodno priprema pitanja;
2. Uspostavlja se veličina uzorka i metode uzimanja uzorka;
3. Anketari u praksi mogu provesti nekoliko intervju kako bi se upoznali s pitanjima i dobili informacije o komunikacijskim vještinama.

Bilježe se odgovori tijekom intervju i poslije se razrađuju.

Na Slici 8. u nastavku prikazan je primjer anketnog lista sa polu-strukturirani intervju. Anketni list sadrži ime anketara i ispitanika, datum ispunjavanja te mjesto gdje se anketa provodi. Također se nalaze aktivnosti koje propituje anketar te se zapisuju odgovori, problemi i prijedlozi ispitanika.

Ime _____			
Datum _____			
Grad _____			
Anketar			
Aktivnost	Odgovori	Problemi	Prijedlozi
Konstruiranje			
Planiranje			

Slika 8. Primjer papirnato zapisa za polu-strukturirani intervju [19]

Glavne prednosti polu-strukturiranog intervju su [19]:

- Dobivanje specifičnih kvalitativnih i kvantitativnih podataka iz uzorka populacije;
- Dobivanje opće informacije koja se odnose na probleme;
- Stjecanje novih nova saznanja o konkretnim pitanjima.

2.2.6 Brainstorming

Brainstorming je metoda za pronalaženje kreativnih rješenja za određene probleme. Provedi se tako da se sudionici koncentriraju na problem i pritom nastoje smisliti što više, što radikalnijih rješenja. Ideje bi trebale biti što šire i što neobičnije sagledati određeni problem. Dinamičnost je jedna od glavnih karakteristika brainstorminga. Brainstorming je osmišljen zato da vas se izbacila iz okvira u kojima razmišljate i uvede u nove načine razmišljanja u pronalaženju rješenja. [20]

Brainstorming uključuje stimuliranje i poticanje slobodnog toka razgovora u skupini raznorodnog znanja, radi identifikacije potencijalnih načina pojave posljedice, povezanih opasnosti, rizika, te kriterija za donošenje odlika i mogućnosti popravka. [17]

Koraci za uspješno provođenje Brainstorming metode su[20]:

- Dobro definiranje problema;
- Stručni tim ljudi sa znanjem o postojećem problemu;
- Brainstorming tehnika;
- Modelator.

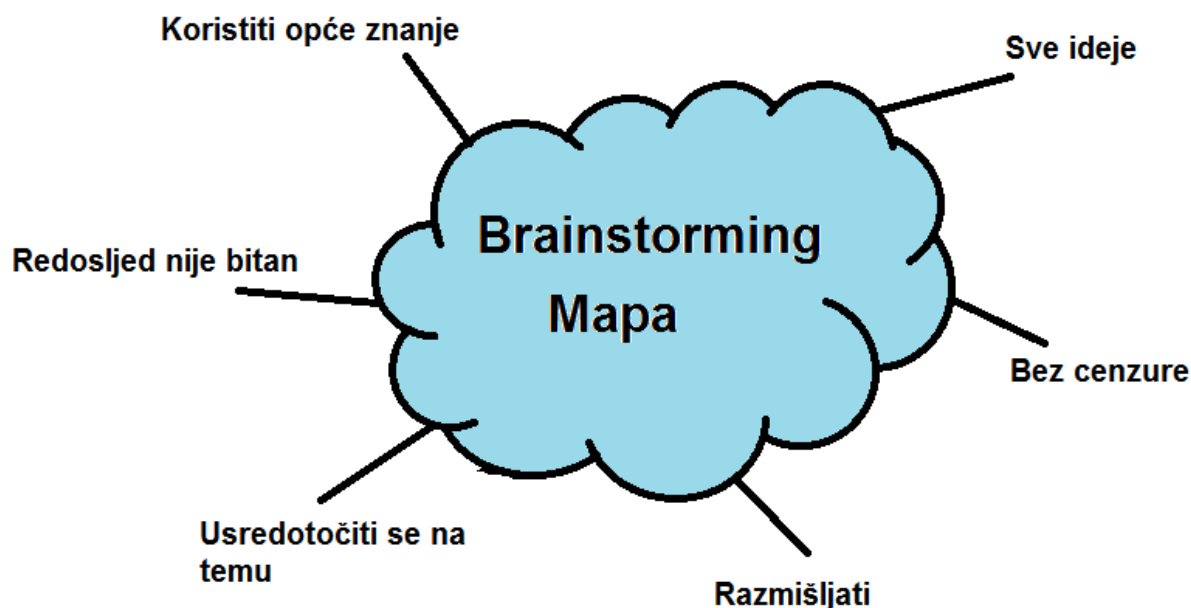
Sam proces brainstorminga može biti formalne ili neformalne prirode. Formalan proces je više strukturiran i ima definiranu svrhu, strukturu i ishod. S druge strane, neformalni proces je manje definiran i može biti predstavljen na konferenciji gdje nazočni mogu izraziti svoje mišljenje. Ishod Brainstorming metode može biti popis ideja, ali se te ideje uglavnom ne vrednuju ozbiljno. [20]

Glavne prednosti kod ove metode su[20]:

- Poticanje mašte;
- Identificiranje novih rješenja i rizika;
- Uključivanje bitnih sudionika i poticanje komunikacije cijele organizacije;
- Relativno brz i jednostavan za postavljanje.

Kao i kod svake metode postoje slabosti, tako i kod Brainstorming metode, a to su[20]:

- Nemogućnost dobivanja prave kombinacije vještina i znanja u grupi;
- Dominacija jedne ili više osoba jakih osobnosti.



Slika 9. Brainstorming mapa [17]

Na Slici 9. prikazana je brainstorming mapa koja prikazuje najbitnije značajke. Najbitnije značajke su da se usredotoči na temu, opširno razmišlja te da se skupe sve ideje.

2.2.7 Metoda kontrolne liste

Kontrolne liste najbolje je koristiti za identifikaciju opasnosti rizika, ali i za procjenu učinkovitosti kontrole. Kod kontrolnih lista nije bitno kada se koriste, jer se mogu koristiti u bilo kojoj fazi životnog ciklusa proizvoda, procesa ili sustava. Također se mogu koristiti kao dio drugih tehnika procjene rizika, ali su najkorisnije kada se primjenjuju nakon općenitijih tehnika koje samo identificiraju moguće probleme i rizike. [17]

Neke od glavnih karakteristika metode kontrolnih lista su [21]:

1. Upravljanje rizikom treba biti informativno;
2. Treba biti u mogućnosti razumjeti koja stavka će biti pod utjecajem bilo kakve akcije, uključujući i partnere na projektu;
3. Koristiti plan za procjenu rizika, te identifikaciju i mjerenje koji sve rizici utječu na projekt, te provoditi odgovarajuću strategiju;
4. Različite strategije mogu se koristiti kako bi se ublažili potencijalni rizici;
5. Koriste se tablični zapisi.

2.2.8 Tehnika Delphi

Tehnika Delphi temelji se na postizanju konsenzusa između stručnjaka i donošenju odluka uporabom serije upitnika. Slična je nominalnoj tehnici, s razlikom što se članovi ne susreću licem u lice. Provodi se kroz nekoliko faza [20]:

1. Pripremaju se upitnici u kojima je prezentiran problem, te se oni šalju odabranim stručnjacima uključenim u skupinu i traži se određivanje mogućih rješenja;
2. Stručnjaci ispunjavaju upitnik i vraćaju organizatoru istraživanja;
3. Obrada upitnika s rezultatima, koji se prezentiraju u novom izmijenjenom upitniku dostavljaju se ponovo svim stručnjacima skupine;
4. Stručnjaci odgovaraju na drugi upitnik.

Postupak odlučivanja se ponavlja toliko puta dok se ne postigne sporazum. Ova tehnika je skupa i dugotrajna. Koristi se u odlučivanju o najvažnijim pitanjima, tj. o predviđanju budućnosti. Također metoda Delphi prihvaćena je kao komunikacijski proces kojim se prikupljaju odgovori na pitanja u svrhu procjene rizika. Ova metoda je široko rasprostranjena i koristi se u različitim područjima npr. planiranje programa, određivanje politike itd.

Najčešće se koristi kada se [22]:

- Ne koriste specijalne analitičke metode;
- Osobe potrebne za provođenje istraživanja nemaju mogućnosti za adekvatnu komunikaciju;
- Treba ispitati više osoba nego što ih se može komunicirati licem u lice;
- Vrijeme i troškovi odlučivanja onemogućuju česte sastanke skupine;
- U odlučivanju želi izbjeći dominacija jedne osobe.

3. PRIMJENA MONTE CARLO SIMULACIJE

Monte Carlo simulacija biti će predmet razmatranja ovog poglavlja. Biti će opisana Monte Carlo simulacija te prikazana dva primjera korištenja Monte Carlo simulacije.

3.1 Općenito o Monte Carlo simulaciji [23]

Bilo koji način rješavanja problema koji se oslanja na generiranje velikog broja slučajnih brojeva te promatranje udjela tih brojeva koji pokazuje željena svojstva naziva se Monte Carlo metoda. Monte Carlo metodu je 1946. godine osmislio Stanislaw Ulam dok je radio na razvoju nuklearnog oružja u *Los Alamos National Laboratory*, a ime je dobila po kasinima Monte Carla gdje je ujak S. Ulama često kockao. Vrijednost metode je ubrzo prepoznao John von Neumann koji je napisao program za prvo elektroničko računalo, ENIAC⁴, koje je probleme neutronske difuzije u fizibilnim materijalima rješavalo upravo Monte Carlo metodom. Vrijednost Monte Carlo algoritma leži u tome što kao rezultat daje sve moguće ishode, ali i vjerojatnosti pojavljivanja svakog od tih ishoda. Nadalje, nad rezultatima Monte Carlo simulacije je moguće provesti analizu osjetljivosti kako bi se identificirali čimbenici koji najviše utječu na ishod procesa kako bi se njihov utjecaj ograničio ili naglasio, ovisno o njihovoj prirodi. Algoritam se može objasniti na sljedeći način:

1. Matematički modelirati poslovni proces;
2. Pronaći varijable čije vrijednosti nisu potpuno izvjesne;
3. Odrediti funkcije gustoće koje dobro opisuju učestalosti kojima slučajne varijable poprimaju svoje vrijednosti;
4. Ukoliko među varijablama postoje korelacije, napraviti matricu korelacija;
5. U svakoj iteraciji svakoj varijabli dodijeliti slučajnu vrijednost proizašlu iz funkcije gustoće uzimajući u obzir matricu korelacija;
6. Izračunati izlazne vrijednosti i spremi rezultate;
7. Korake 5 i 6 ponavljati n puta;
8. Statistički analizirati rezultate simulacije.

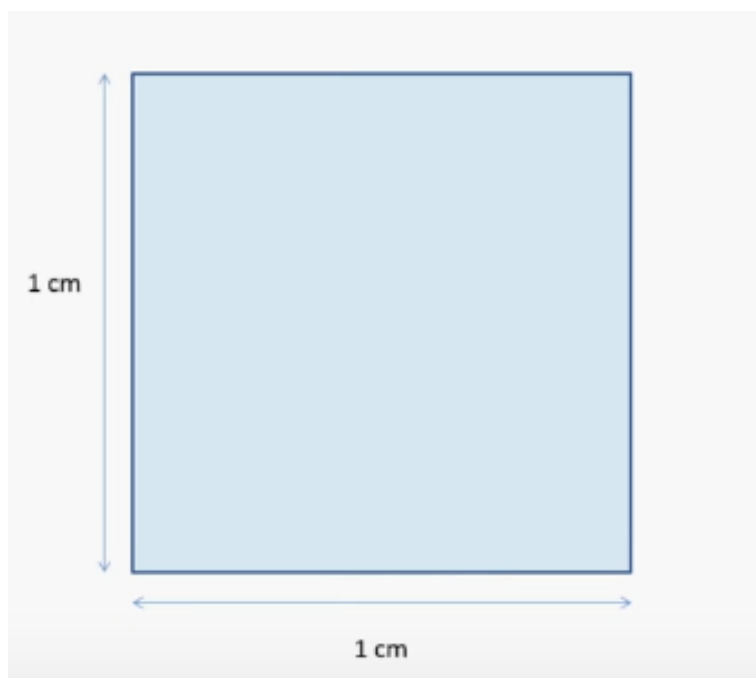
Monte Carlo metoda je slična *what-if* analizi s tom razlikom da *what-if* u obzir ne uzima vjerojatnost događaja, dok Monte Carlo metoda u obzir uzima i probabilistiku što je čini prikladnijim alatom za donošenje odluka u uvjetima rizika.

⁴ ENIAC - Electronic Numerical Integrator And Computer – ime prvog programabilnog računala

Monte Carlo metoda je često korištena numerička metoda za rješavanje raznorodnih problema upotrebom računalnih mogućnosti. Primjenjuje se na probleme koji se mogu svesti na aproksimiranje integrala. U osnovi Monte Carlo metode analize je iznimno jednostavan princip aproksimacije, ali može biti računalno zahtjevan za izračunavanje. Nije teško napisati računalni program koji će koristiti Monte Carlo metodu analize, nego je problem što se mnogi tako napisani programi mogu izvršavati danima. Međutim, postoje načini da se ubrza Monte Carlo metoda analize. U tim slučajevima koriste se različite tehnike smanjivanja varijance. Takve tehnike nisu intuitivne i zahtijevaju detaljnije razumijevanje.

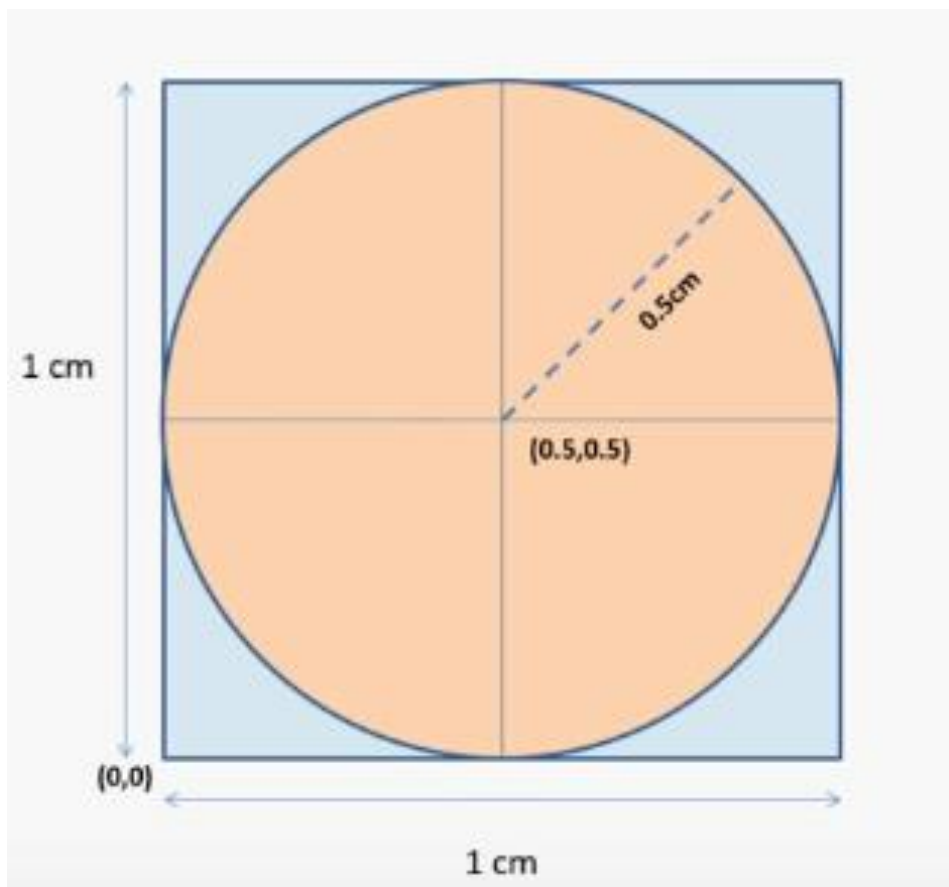
3.2 Primjena Monte Carlo simulacije

U ovom primjeru izračunata je vrijednost Pi (π) parametra. Pi je matematička konstanta koja se danas primjenjuje u matematici i fizici. Definira se kao odnos opsega i promjera kruga. Ako imamo krug i područje oko kruga, možemo lako izračunati vrijednost parametra Pi. Na Slici 10. je prikazan kvadrat stranica 1 cm te površine 1 cm².



Slika 10. Kvadrat stranica 1 cm

Unutar tog kvadrata ima 10.000 točaka promjera 1 mm koji prekrivaju cijelu površinu. Koristeći kvadrat izračunat će se površina kruga koji može biti upisan unutar tog kvadrata. Na Slici 11. je prikazan upisani krug unutar kvadrata.



Slika 11. Upisana kružnica unutar kvadrata

Krug koji je upisan unutar kvadrata ima promjer 1 cm, što je dužina jedne stranice kvadrata. Središte kružnice nalazi se na istom mjestu središta kvadrata, na koordinati (0,5 , 0,5). Radijus kružnice jednak je polovici dužine stranice kvadrata i iznosi 0,5 cm.

Sve točke koje se nalaze unutar kvadrata, sad se mogu nalaziti ili u području kruga ili izvan njega. Na Slici 11. vidljivo je da sve točke koje imaju udaljenost 0,5 cm ili manju od središta kruga pripadaju području unutar kruga. Izračunavanje područja kruga može se izračunati sljedećom jednadžbom:

$$\text{Površina kruga} = (\text{broj točaka unutar kruga} / \text{broj svih točaka}) * (\text{površina točke})$$

Izračun je rađen u programu Excel primjenom Monte Carlo simulacije. Prvi korak je bio generiranje 10.000 točaka koje se nalaze unutar kvadrata stranica 1 cm. U Excelu je formirana tablica sa stupcima. Stupac A prikazuje broj točke unutar kvadrata, stupac B

prikazuje koordinatu X, a stupac C koordinatu Y. U stupu A ima 10.000 točaka koliko ih ima i unutar kvadrata.

Koristeći funkciju „RAND“ dobiveni su nasumični brojevi za koordinate X i Y za svih 10.000 točaka kao što je prikazano na Slici 12.

Br. Točk	X	Y
1	0,85432	0,101831
2	0,34353	0,088824
3	0,262166	0,347016
4	0,454752	0,958539
5	0,059053	0,786588
6	0,376921	0,079905
7	0,48426	0,054535
8	0,596692	0,752685
9	0,654478	0,38855
10	0,806392	0,125475
11	0,04384	0,801916
12	0,693857	0,999623
13	0,560904	0,559304
14	0,622521	0,93414
15	0,607267	0,092022
16	0,486898	0,726738
17	0,924413	0,005874
18	0,820783	0,344594
19	0,768769	0,934516
20	0,423995	0,839874
21	0,961686	0,4152
22	0,355222	0,947886
23	0,587101	0,284897
24	0,644379	0,138844

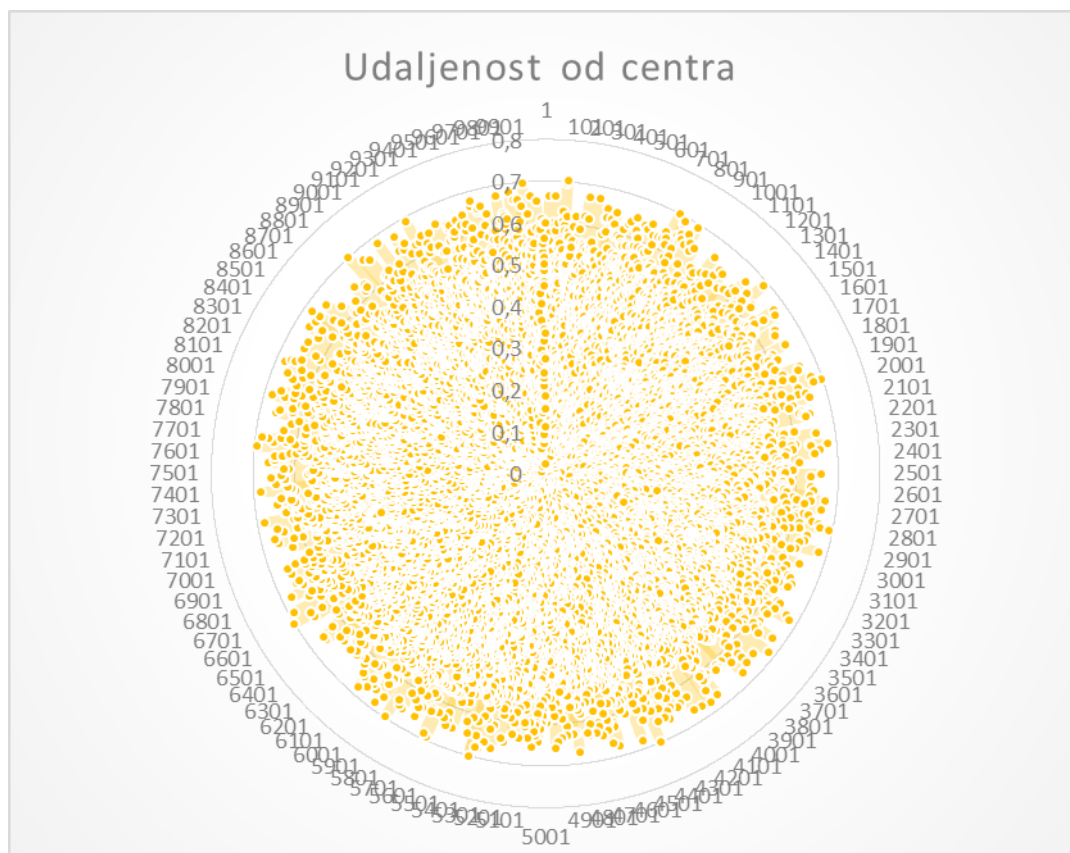
Slika 12. Tablica nasumičnih točaka

Na slici 12. prikazan je postupak generiranja nasumičnih točaka potrebnih za Monte Carlo metodu korištenjem programa MS Office Excel.

Sljedeći korak je izračunavanje udaljenosti točke od centra kruga. Za to je korištena funkcija „SQRT“. U stupcu D se nalazi jednadžba koja glasi:

$$=SQRT((0,5-[@X])^2+(0,5-[@Y])^2)$$

Na Slici 13. jasno se može vidjeti koje točke se nalaze izvan kruga, odnosno koje su veće od vrijednosti 0,5 cm.



Slika 13. Sve točke na udaljenosti od centra kruga

Nakon što je za svaku točku dobivena udaljenost od središta kruga, sistematizirane su točke koje se nalaze unutar, a koje van kruga. Za je korištena funkcija „IF“ te je u stupcu E postavljena jednadžba koja glasi:

$$=IF([@[Udaljenost od centra]]<=0,5;1;0)$$

U jednadžbi su uzete granice manje ili jednako 0,5 cm od središta kružnice. Vrijednosti koje su dobivene su 1 ili 0. Broj 1 označava točku koja je manja ili jednaka udaljenosti 0,5 cm, odnosno pripada krugu. Dok broj 0 označava točku koja je veća od 0,5 cm, odnosno nalazi se izvan kruga. Prethodna dva koraka prikazana su na Slici 14.

Br. Točk	X	Y	Udaljenost od centra	Je li unutar kruga
1	0,788549	0,01982	0,560208901	0
2	0,958727	0,059269	0,636140226	0
3	0,627066	0,30756	0,230605426	1
4	0,895252	0,62527	0,414628258	1
5	0,471959	0,030111	0,470725368	1
6	0,796663	0,662843	0,338417765	1
7	0,182679	0,731047	0,392524896	1
8	0,79706	0,410182	0,310341096	1
9	0,226046	0,636282	0,305980094	1
10	0,772221	0,391831	0,292925046	1
11	0,952225	0,212694	0,535772402	0
12	0,212368	0,702284	0,351640377	1
13	0,958276	0,770949	0,532382128	0
14	0,579617	0,724388	0,238094521	1
15	0,570086	0,665127	0,179385403	1
16	0,627257	0,396463	0,164055923	1
17	0,781855	0,371648	0,309704159	1
18	0,394618	0,136929	0,37805575	1
19	0,75287	0,676242	0,30822803	1
20	0,374767	0,999482	0,514942082	0
21	0,34544	0,338656	0,223429536	1
22	0,980914	0,531411	0,481938971	1
23	0,398642	0,142228	0,371852884	1
24	0,118996	0,504599	0,381031981	1

Slika 14. Točke unutar/izvan kruga

Iz Slike 14. vidljive su dobivene točke koje pripadaju, a koje ne pripadaju krugu, sumirane su sve točke koje pripadaju krugu. Za to je korištena funkcija „COUNTIF“ i jednadžba koja glasi:

$$=COUNTIF(Table1[Je li unutar kruga];1)$$

Jednadžba je zbrojila sve točke koje se nalaze unutar kruga, odnosno sve vrijednosti 1 u stupcu E. Poslije tog koraka, računa se površina kruga. Površina se računa tako da se zbrojene točke unutar kruga podijele sa brojem točaka 10.000 te pomnože sa 1 mm da se dobije površina koju te točke tvore. Jednadžba koja je korištena:

$$=(Točke unutar kruga) / 10000*1$$

Nakon što su zbrojene sve vrijednosti označene sa 1, dobiva se vrijednost 7868 što predstavlja broj točaka koje se nalaze unutar kruga. Broj točaka pomnoži se sa površinom jedne točke koja iznosi 1 mm^2 te se na taj način dobije površina kruga koja iznosi $0,7868 \text{ cm}^2$.

Zadnji korak je izračun vrijednosti broja Pi, koja se dobiva tako što se površinu kruga koju točke tvore podijeli sa kvadratom radijusa, odnosno 0,25 cm. Na Slici 15. je prikazan konačan rezultat primjene Monte Carlo simulacije kod dobivanja vrijednosti Pi parametra.

Br. Točk	X	Y	Udaljenost od centra	Je li unutar kruga		
1	0,788549	0,01982	0,560208901	0		
2	0,958727	0,059269	0,636140226	0	Točke unutar kruga	7854
3	0,627066	0,30756	0,230605426	1	Površina kruga	0,7854
4	0,895252	0,62527	0,414628258	1		
5	0,471959	0,030111	0,470725368	1	Pi	3,1416
6	0,796663	0,662843	0,338417765	1		
7	0,182679	0,731047	0,392524896	1		
8	0,79706	0,410182	0,310341096	1		
9	0,226046	0,636282	0,305980094	1		
10	0,772221	0,391831	0,292925046	1		
11	0,952225	0,212694	0,535772402	0		
12	0,212368	0,702284	0,351640377	1		
13	0,958276	0,770949	0,532382128	0		
14	0,579617	0,724388	0,238094521	1		
15	0,570086	0,665127	0,179385403	1		
16	0,627257	0,396463	0,164055923	1		
17	0,781855	0,371648	0,309704159	1		
18	0,394618	0,136929	0,37805575	1		
19	0,75287	0,676242	0,30822803	1		
20	0,374767	0,999482	0,514942082	0		
21	0,34544	0,338656	0,223429536	1		
22	0,980914	0,531411	0,481938971	1		
23	0,398642	0,142228	0,371852884	1		
24	0,118996	0,504599	0,381031981	1		

Slika 15. Konačna vrijednost Pi parametra

Pritiskom tipke F9 mijenjaju se vrijednosti koordinata X i Y, što mijenja vrijednost Pi parametra. Može se vidjeti da ta vrijednost nikada značajnije ne odstupa od vrijednosti 3,14 .

3.3 Primjer analize rizika Monte Carlo simulacijom [25]

U ovom primjeru prikazana je praktična primjena Monte Carlo simulacije za analiziranje rizika unutar jedne građevinarske kompanije. Analiza je provedena u programu „Minitab 17“ na osnovu podataka iz kompanije. „Minitab 17“ je statistički paket razvijen na državnom sveučilištu u Pennsylvaniji u svrhu provođenja raznih statističkih analiza.

Prva faza kod procjene troškova predviđenim cijenama iz ponude dana je na Slici 16. koja prikazuje rezultat procjene troškova od očekivanih cijena danih u ponudi.

Direktni troškovi	Osnovna procjena
Plaće zaposlenika	2.000.000
Materijal	500.000
Indirektni troškovi	50.00
Kooperanti:	13.500.000
Kooperanti 1	1.200.000
Kooperanti 2	800.000
Kooperanti 3	5.000.000
Kooperanti 4	4.000.000
Kooperanti 5	1.000.000
Kooperanti 6	500.000
Kooperanti 7	1.000.000
Oprema	50.000
Transport	350.000
Troškovi uvoza	250.000
Ukupni direktni troškovi	16.700.000
Indirektni troškovi	1.500.000
Direktni+ indirektni	18.200.000
Troškovi poslovanja+rizik&profit	1.583.400
Ukupno	19.783.400
Učinak kompanije+rizik&profit	8,00%

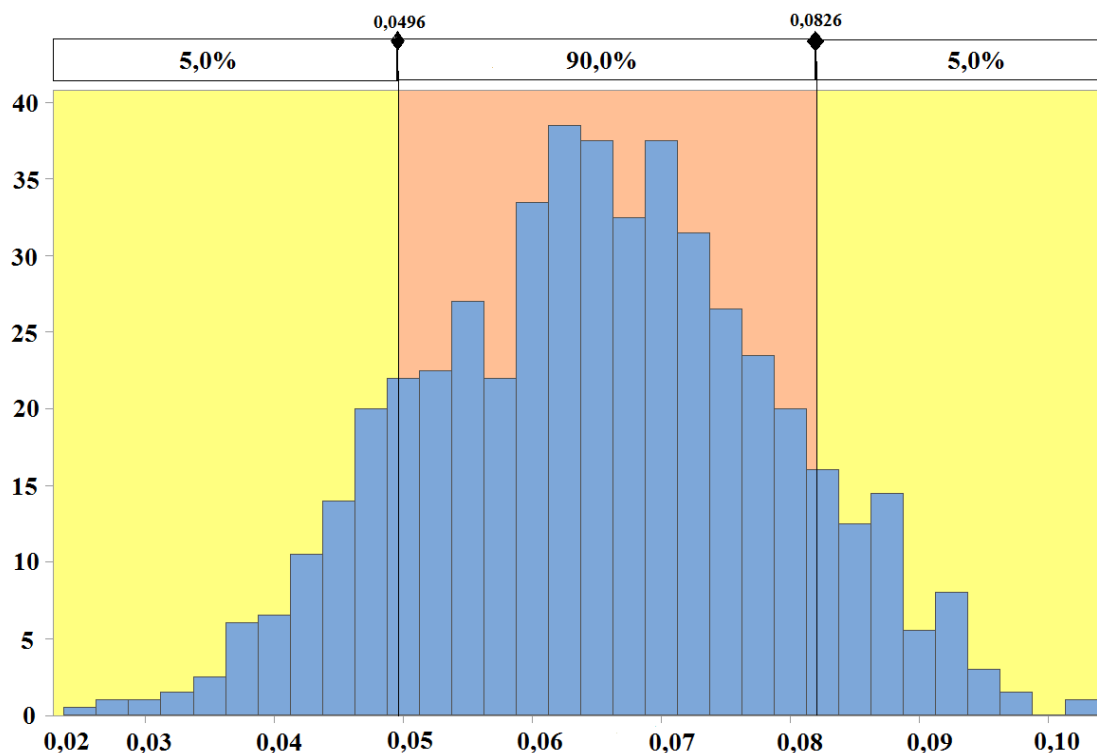
Slika 16. Osnovna procjena za prvu fazu

Druga faza je procjena troškova Monte Carlo simulacijom. Na Slici 17. prikazane su granične vrijednosti za Monte Carlo simulaciju.

Direktni troškovi	Procjena rizika od troškova kooperanta		
Plaće zaposlenika			2.000.000
Materijal			500.000
Indirektni troškovi			50.000
Kooperanti:			
	Minimum	Maksimum	13.761.667
Kooperanti 1	1.000.000	1.500.000	1.233.333
Kooperanti 2	780.000	825.000	801.667
Kooperanti 3	4.950.000	5.500.000	5.150.000
Kooperanti 4	3.800.000	4.300.000	4.033.333
Kooperanti 5	950.000	1.100.000	1.016.667
Kooperanti 6	400.000	650.000	516.667
Kooperanti 7	980.000	1.050.000	1.010.000
	12.860.000	14.925.000	
Oprema			50.000
Transport			350.000
Troškovi uvoza			250.000
Ukupni direktni troškovi			16.961.667
Indirektni troškovi			
			1.500.000
Direktni+ indirektni			
			18.461.667
Troškovi poslovanja+rizik&profit			
			1.321.733
Ukupno			
			19.783.400
Učinak kompanije+rizik&profit			
			6,68%

Slika 17. Granične vrijednosti kao temelj za Monte Carlo simulaciju

Rezultati Monte Carlo simulacije dobiveni putem uniformne distribucije prikazani su na Slici 18., koja prikazuje gustoću vjerojatnosti za primjer.



Slika 18. Gustoća vjerojatnosti

Minimalni iznos troškova poslovanja + rizika i profita tvrtke bit će 2,63%, što je minimalni postotak koji se dobio iz provedene statistike za učinak kompanije + rizik i profit podijeljen za procjenu rizika od kooperantskih troškova. Ta vrijednost 2,63%, će se postići samo ako se dogode sve negativne okolnosti. Na Slici 18. vidljivo je da rezultat za VaR 5% iznosi 4,96%, a to znači da s vjerojatnost od 5% troškovi poslovanja + rizik i profit tvrtke neće pasti ispod 4,96%.

Najveći iznos troškova poslovanja + rizika i profita biti će 9,84%. Ta vrijednost će se postići samo ako se dogode sve pozitivne okolnosti. Rezultat za VaR 95% iznosi 8,26%, a to znači da s vjerojatnošću od 5% troškovi poslovanja + rizik i profit tvrtke će premašiti 8,26%.

4. ZAKLJUČAK

Bogatstvo raspoloživih alata za procjenu rizika pokazuje da je upravljanje rizicima značajna disciplina. Organizacije koje žele ostvariti svoje ciljeve, moraju veliku pažnju posvetiti upravljanju rizicima koji utječu na njihovo poslovanje. Upravljanje rizicima je u stalnom razvoju i ima značajnu primjenjivost u svim vrstama organizacija. Tako i Monte Carlo simulacija koja je u uporabi u različitim područjima znanosti, također se koristi i za rješavanje svakodnevnih problema. Prednost Monte Carlo simulacije je u intuitivnosti postupka aproksimacije i jednostavnom primjenjivanju u računalnim izračunima.

U okviru ovog završnog rada upoznati su osnovni principi primjene Monte Carlo simulacije. U kratko je opisana povijest nastanka ove metode i prikazan jednostavan primjer na kojem je pokazana primjenjivost Monte Carlo simulacije za određivanje vrijednosti broja Pi. U drugom primjeru pokazana je analiza rizika jedne građevinske kompanije koja prikazuje mogućnost boljeg pregleda upravljanja rizicima. Kod takvog građevinskog projekta rizici će biti uočljiviji i transparentni. Primjenom Monte Carlo simulacije stavlja se u bolji položaj kompaniju, jer se lakše detektira rizik i opasnost određenog projekta. Također se može u ranoj fazi odvojiti projekte koji su više rizični od onih koji su manje rizični te se manje rizičnim projektima dati veća pažnja.

5. LITERATURA

- [1] Martina Novak, Diplomski rad, Kvaliteta kao konkurentska prednost u poduzetništvu i gospodarstvu, Fakultet ekonomije i turizma „Dr. Mijo Mirković“, Sveučilište Jurja Dobrile u Puli http://eknjiznica.unipu.hr/2988/1/2013_228.pdf (6.2.2017)
- [2] Hrvatski zavod za norme <http://www.hzn.hr/default.aspx?id=34> (6.2.2017)
- [3] KAGOR poslovno savjetovanje <http://www.kagor.hr/hr/usluge/implementacija-iso-standarda/iso-9001/> (6.2.2017)
- [4] Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb http://e-ucenje.fsb.hr/pluginfile.php/38813/mod_resource/content/1/ISO%20STANDARDI-1.pdf (9.2.2017)
- [5] Hrvatska norma HRN EN ISO 9001:2008, Peto izdanje, travanj 2009
- [6] SUPERA savjetovanje <http://www.supera-kvaliteta.hr/component/content/article/5-iso/338-promjene-u-iso-90012015-u-odnosu-na-iso-90012008.html> (7.2.2017)
- [7] Mihajlo Tomic, Analiza rizika, ISO 9001:2015 <https://www.linkedin.com/pulse/analiza-rizika-iso-90012015-mihajlo-tomic> (7.2.2014)
- [8] Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb http://e-ucenje.fsb.hr/pluginfile.php/38867/mod_resource/content/1/ISO%209001%202015%20FDIS.pdf (6.2.2017)
- [9] Dragutin Vuković, Stručni rad, Sastav upravljanja kvalitetom temeljen na rizicima https://bib.irb.hr/datoteka/760807.15HKK-Zbornik-HDK_2015-_253-262.pdf (7.2.2017)
- [10] Kevin W Knight AM; International Standard for the Management of Risk, 2009
- [11] Zdenko Adelsberger, Upravljanje rizicima prema ISO 3100 <http://www.hdkvaliteta.hr/file/articleDocument/documentFile/zdenko-adelsberger-upravljanje-rizicima-prema-iso-31000.pdf> (8.2.2017)
- [12] Tomislav Dobrović, Diana Tadić i Zoran Stanko; FMEA metoda u upravljanju kvalitetom
- [13] Tamara Topić, Davor Kožuh, Vladimir Bralić, Primjena FMEA metode pri izradi analize rizika djelatnosti vezanih uz ionizirajuće zračenje, identifikacije mogućih izvanrednih događaja i evaluacije stupnja rizika https://bib.irb.hr/datoteka/642276.DKU_Topic.pdf (8.2.2017)

- [14] CROZ, Analiza utjecaja na poslovanje <http://croz.net/usluge/poslovna-analiza/analiza-utjecaja-na-poslovanje/> (9.2.2017)
- [15] Zdenko Šimić, „Što ako“ i HAZOP – Jednostavne metode za procjenu rizika, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb http://www.aes.hr/_download/repository/What-if_HAZOP_kratko%5B1%5D.pdf (9.2.2017)
- [16] Svijet kvalitete <http://www.svijet-kvalitete.com/index.php/norme-i-hrana/haccp> (9.2.2017)
- [17] Ivo Ritz; Metode upravljanja rizicima po standardu ISO 31010, *BCM Adriatic*, 2013
- [18] Robert Wood Johnson Foundation, Qualitative Research Guidelines Project <http://www.qualres.org/HomeSemi-3629.html> (9.2.2017)
- [19] FAO Corporate document repository <http://www.fao.org/docrep/x5307e/x5307e08.htm> (9.2.2017)
- [20] <https://burza.com.hr/portal/sto-je-brainstorming/1407> (10.2.2017)
- [21] Risk Management Checklist
<https://www.google.hr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjnn6vBp6zOAhWEhSwKHf08CFwQFgg3MAI&url=http%3A%2F%2Fwww.web2rights.com%2FOERIPSupport%2Fdiagnostic%2FC.4%2520Risk%2520Management%2520Checklist.doc&usg=AFQjCNH6ApBjNoSI74gZNWtYE9cTe4ILoQ> (10.2.2017)
- [22] Višnja Gregović – Vratarić, Vedrana Iveta, Željka Kralj, Iva Kraljević, Vilena Maglica – Šoša, Jasna Mihaljević, Pojedinačno i skupno odlučivanje
<https://www.google.hr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0ahUKEwi-qp63n4DSAhXoB5oKHXIuAfAQFggkMAI&url=https%3A%2F%2Fldap.zvu.hr%2F~sonjak%2FPrezentacije%2520-%2520grupni%2520rad%2FPOJEDINACNO%2520I%2520SKUPNO%2520ODLUCIVANJE%2520RAD.ppt&usg=AFQjCNGqaQT1QmQAd1788NvFYkVyRQ879w&sig2=LRbBV9qx1XjfrU71y9EcGw&bvm=bv.146094739,d.bGs> (10.2.2017)
- [23] Miroslav Popović, Seminarski rad, Aproksimacija vrijednosti broja π Monte Carlo metodom http://web.zpr.fer.hr/ZPM13C2/Monte_Carlo.pdf (11.2.2017)
- [24] Dominika Crnjac Milić; Mogućnost primjene Monte Carlo metode na primjeru agroekonomskog problema prilikom donošenja odluka u uvjetima rizika
- [25] Dr.-Ing. Tilo Nemuth Bilfinger Berger Nigeria GmbH, Practical Use of Monte Carlo Simulation for Risk Management within the International Construction Industry