



**PRIMENA NOVIH TEHNOLOGIJA PRI PLANIRANJU I KONTROLISANJU  
BEZBEDNOSTI I ZDRAVLJA NA RADU U GRAĐEVINI**

**APPLICATION OF NEW TECHNOLOGIES IN PLANNING AND CONTROL OF  
OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH IN CONSTRUCTION**

Jelena Vujković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – INŽENJERSTVO ZAŠTITE ŽIVOTNE  
SREDINE I ZAŠTITE NA RADU**

**Kratak sadržaj** – U radu je prikazano kakav uticaj imaju nove tehnologije na planiranje i kontrolisanje bezbednosti i zdravlja na radu u građevini. Dat je poseban osvrt na upotrebu veštačke inteligencije i informacionog modeliranja zgrada u cilju poboljšanja bezbednosti i zdravlja na radu u građevinskoj industriji.

**Ključne reči:** nove tehnologije, bezbednost i zdravlje na radu, veštačka inteligencija, informaciono modeliranje zgrada

**Abstract** – The paper presents the impact of new technologies on the planning and control of safety and health at work in construction. Special attention is given to the use of artificial intelligence and information modeling of buildings in order to improve safety and health at work in the construction industry.

**Keywords:** new technologies, occupational safety and health, artificial intelligence, building information modeling

**1. UVOD**

Bezbednost i zdravlje na radu podrazumevaju razumno upravljanje rizicima radi zaštite zaposlenih i poslovanja. Dobro upravljanje bezbednošću i zdravljem na radu karakteriše snažno vođstvo koje uključuje menadžere, zaposlene, dobavljače, izvođače, kupce. U globalnom kontekstu, bezbednost i zdravlje na radu su suštinski deo kretanja ka održivom razvoju.

Bezbednost u građevini, posebno na gradilištima, postala je predmet primarne brige građevinskih industrija širom sveta. Uopšteno se smatra da su građevinski radovi opasni, jer izlažu radnike velikom riziku od povreda i bolesti. Primena tehnologije smatra se efikasnim pristupom za poboljšanje zdravstvenih i bezbednosnih uslova radnika na gradilištu i za obezbeđivanje upravljanja bezbednosti izgradnje uopšte.

Implementirane su različite vrste tehnologija i intervencija za bezbednost u građevini, poput informacionog modeliranja zgrada (BIM), veštačke inteligencije (AI), virtuelne stvarnosti (VR), onlajn baza podataka, geografskih informacionih sistema (GIS), fotogrametrije i slično.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Vladimir Mučenski, vanr. prof.**

**2. BEZBEDNOST I ZDRAVLJE NA RADU**

Bezbednost i zdravlje na radu (BZR) se generalno definiše kao nauka o predviđanju, prepoznavanju, procenjivanju i kontroli opasnosti koje nastaju na ili sa radnog mesta i koje mogu da naruše zdravlje i dobrobit radnika, uzimajući u obzir mogući uticaj na okolne zajednice i opšte okruženje. Ovaj domen je nužno ogroman i obuhvata veliki broj disciplina i brojne opasnosti na radnom mestu i po životnu sredinu. Potreban je širok spektar struktura, veština, znanja i analitičkih kapaciteta za koordinaciju i implementaciju svih gradivnih elemenata koji čine nacionalne sisteme bezbednosti i zdravlja na radu, tako da se zaštita proširuje i na radnike i na životnu sredinu.

Opseg zaštite na radu razvijao se postepeno i kontinuirano kao odgovor na društvene, političke, tehnološke i ekonomske promene. Poslednjih godina, globalizacija svetskih ekonomija i njihove posledice percipirane su kao najveća sila za promene u svetu rada, a samim tim i u domenu bezbednosti i zdravlja na radu, na pozitivan i negativan način. Liberalizacija svetske trgovine, brzi tehnološki napredak, značajan napredak u transportu i komunikacijama, promenjivi obrasci zapošljavanja, promene u praksi organizacije rada, različiti obrasci zapošljavanja muškaraca i žena, i veličina, struktura i životni ciklusi preduzeća i novih tehnologija, mogu stvoriti nove vrste i obrasce opasnosti, izloženosti i rizika. Demografske promene i kretanje stanovništva i posledični pritisci na globalno okruženje takođe mogu uticati na bezbednost i zdravlje u svetu rada [1].

**3. BEZBEDNOST I ZDRAVLJE NA RADU U  
GRAĐEVINI**

U većini industrijski razvijenih zemalja, građevinska industrija jedna je od najznačajnijih industrija u smislu doprinosa bruto domaćem proizvodu (BDP). Takođe ima značajan uticaj na zdravlje i bezbednost radnika. Građevinska industrija je i ekonomski i društveno važna.

U građevinarstvu radnici obavljaju različite aktivnosti, od kojih svaka ima poseban rizik. Radnik koji izvršava zadatak direktno je izložen povezanim rizicima i pasivno je izložen rizicima koje stvaraju bliski saradnici.

Bezbednost i zdravlje na radu oblast je koja se bavi razvojem, promocijom i održavanjem okruženja na radnom mestu, politikama i programima koji osiguravaju mentalno, fizičko i emocionalno blagostanje zaposlenih,

kao i očuvanjem okruženja na radnom mestu relativno oslobođenim od stvarnih ili potencijalnih opasnosti koje mogu nauditi zaposlenima [2].

Bezbednost i zdravlje na radu nisu homogeno pitanje. Upravo suprotno, uključeno je mnogo zainteresovanih strana. Osim toga, može se smatrati višestepenim procesom. Carvajal (2008) je predložio ciklus bezbednosti i zdravlja na radu od pet koraka [3]:

1. Regulacija
2. Obrazovanje i obuka
3. Procena rizika
4. Sprečavanje rizika
5. Analiza nesreća

Razvijen je novi ciklus zaštite na radu koji uključuje sigurnosnu klimu, prilagođavajući ciklus koji je predložio Carvajal, a koji se stvara u fazama obrazovanja i obuke, procene rizika i prevencije rizika.

Prečica u ovom ciklusu zaštite na radu mogla bi se pojaviti ako se propisi (bilo kompanije ili javnih agencija) ne analiziraju, ne poboljšavaju ili ne primene, i u kasnijim koracima, ako se ne obezbedi obrazovanje i obuka.

Preduzeće koje ne primenjuje ozbiljno sistem upravljanja bezbednošću i zdravljem na radu, može ući u spiralu nesigurnosti, pokušavajući da na najlakši način izađe iz ciklusa, i svaki put ga skraćivati i skraćivati do ozbiljne nesreće. U svakom slučaju, trebalo bi primeniti „kulturu bezbednosti u građevini“. Ovakva kultura predstavlja čitavu grupu znanja, navika i ponašanja koja podstiču kompanije na samovoljnu primenu pristupa i procedura bezbednosti i zdravlja u građevinskoj industriji.

Ovo je dobar način za postizanje „klime sigurnosti“, koja podrazumeva subjektivnu percepciju i evaluaciju sigurnosnih pitanja vezanih za organizaciju, njene članove, strukture i procese, zasnovanu na iskustvu organizacionog okruženja i društvenih odnosa.

Procena rizika obuhvata identifikaciju i analizu rizika, kako je navedeno u tradicionalnoj literaturi o upravljanju rizicima. Slično, prevencija rizika sastoji se od odgovora i kontrole. Da bi se naglasila važnost postavljanja ciljeva i organizacionog učenja tokom vremena, dodaju se dva prethodna koraka i poslednji.

Uredba je uključena kako bi se naglasila važnost korporativnih politika koje izdaju kompanije s jedne strane, i zakona i standarda koje izdaju javne agencije s druge strane. Obuka i obrazovanje odražavaju uticaj koji su prethodni koraci imali na uključene ljude, ako je potrebno da dođe do poboljšanja. Konačno, potrebna je analiza nezgoda da bi se istražili uzroci nesreća. Na taj način se mogu izvući pouke, a ubuduće se mogu izbeći i druge nesreće - očigledno, ovaj korak se preskače ako se ne dogodi nesreća.

#### **4. PRIMENA NOVE TEHNOLOGIJE PRI UPRAVLJANJU BEZBEDNOŠĆU I ZDRAVLJEM NA RADU U GRAĐEVINI**

Pitanje bezbednosti je ključno pitanje u građevinskoj industriji širom celog sveta. Skoro svaka publikacija koja se odnosi na bezbednost u građevini može započeti rečenicom: „Građevinarstvo je jedna od najopasnijih

industrija sa lošom bezbednosnom evidencijom.“, ili drugom, sličnom [4].

Postoje dva glavna pristupa proučavanju bezbednosti u građevini. Prvi pristup, iz perspektive upravljanja, obično se fokusira na analizu uzroka nesreće, bezbednosnu klimu, bezbednosnu kulturu, percepciju i kompetenciju bezbednosti radnika, bezbednost zasnovanu na ponašanju, upravljanje opasnostima i slično. Drugi pristup, fokusira se na to kako primeniti različite vrste tehnologije u upravljanju bezbednošću u građevini, kao što su automatizacija, informaciono modeliranje zgrada, veštačka inteligencija, geografski informacioni sistemi, identifikacija radiofrekvencija, robotika, senzorna tehnologija, bežične mreže i virtuelna stvarnost [4].

#### **4.1. Bezbednosni i zdravstveni problemi u građevini**

Zaštita na radnom mestu je od izuzetnog značaja, a naponi da se o njoj podigne svest nastavljaju da dobijaju zamah u građevinskoj industriji, sa ciljem da se zabeleži nulti nivo povreda i smrtnih slučajeva.

Građevinska industrija je jedna od industrija sa najvećim rizikom, sa oko 50% nesreća i smrti radnika na gradilištima. Posledice loše bezbednosne prakse na gradilištima su obično nesreće ili gubitak života. Stoga, unapređenje bezbednosti i zdravlja u građevini značajno smanjuje rizike ovog posla i prekoračenje troškova usled nesreća na radnom mestu [5].

Iako je tokom godina došlo do sporog poboljšanja u broju povreda i smrtnih slučajeva u građevinskoj industriji, nesreće kao i smrt radnika usled povreda na radnom mestu su neoprostive. Pojava nesreća na radnom mestu je dokazala da svi aspekti zdravlja i bezbednosti u građevinarstvu zahtevaju dalje poboljšanje [6].

Swallow i Zulu (2019) su naveli da su glavni razlozi slabe bezbednosti građevinske industrije kulturološki i ljudski faktori ponašanja, uz troškove i obuku koji utiču na ove faktore.

Azmy i Zain (2016) prijavili su uzroke nesreća povezanih sa građevinom kao što su prenaprezanje i naporno kretanje, način podizanja i transporta opreme i zaglavljivanje između objekata.

Ulaganjem u sigurnosnu opremu, komunikaciju, obuku radnika i vođstvo, treba ojačati pozitivnu bezbednosnu kulturu organizacija. Osim toga, kombinovanje naprednih digitalnih tehnologija i tehnika sa ovim faktorima pomaže u rešavanju pitanja zdravlja i bezbednosti na radu.

#### **5. BIM U UPRAVLJANJU BEZBEDNOŠĆU I ZDRAVLJEM NA RADU U GRAĐEVINI**

Previše ljudi se povredi i pogine u građevinskoj industriji svake godine, uprkos najboljim naporima svih zainteresovanih strana. Dok mnogi koriste informaciono modeliranje zgrada (BIM) za povećanje efikasnosti i poboljšanje profitne marže, manje njih razmatra pitanja bezbednosti i zdravlja na radu. Čak i u vreme ekonomskog pada, građevinarstvo je bilo i dalje jedan od najvećih industrijskih sektora. Takođe je jedna od najriscantnijih i najopasnijih, i pored toga što je stopa povreda u poslednjih 20 godina značajno smanjena,

građevinarstvo ostaje visoko rizična industrija u kojoj se radi.

### 5.1 BIM i pitanje bezbednosti

Kao što je već navedeno, danas se informaciono modeliranje zgrada u građevinskoj industriji smatra jednim od alata koji može pomoći da se poboljša bezbednost i zdravlje radnika. BIM se može koristiti u obuci i obrazovanju o bezbednosti radnika, dizajniranju za bezbednost, planiranju bezbednosti (analiza opasnosti na poslu i planiranje pre obavljanja zadataka), istraživanju nesreća i bezbednosti u fazi realizacije i održavanja.

Jedan važan cilj u procesu projektovanja može biti pitanje bezbednosti na koje dizajner sa saradničkim timom može obratiti pažnju. Drugim rečima, graditelji mogu preduzeti zaštitne postupke kako bi isključili opasnosti sa gradilišta od samog početka projekta. Za poboljšanje ovog problema, u ovoj fazi, tehnologije kao što je informaciono modeliranje zgrada, mogu pomoći dizajnerima u implementaciji znanja o bezbednosti u građevini. S tim u vezi, BIM obezbeđuje trodimenzionalne modele zgrada za efikasan timski rad i omogućava projektantima i konstruktorima da stave na raspolaganje predloge za bezbednost građevinskih radnika.

### 5.2. BIM i unapređenje bezbednosti gradilišta

Karakteristike savremenog građevinskog poslovanja, njegovi projekti i rad na gradilištu su veoma izazovni, što podrazumeva komplikovanu interakciju brojnih partnera i kompanija. Ova komplikovana postavka je takođe izazov za upravljanje bezbednošću gradilišta. BIM tehnologija koja je omogućila nove alate, komunikacione prilike i procedure koje se bave aspektima bezbednosti na gradilištu, mogu na efikasan način da pomognu pri promociji vrhunskog planiranja bezbednosti na lokaciji.

Pre započinjanja građevinskih radova, nadzornik projekta priprema plan gradilišta koji prikazuje kako će se područje gradilišta koristiti za organizaciju potrebnih građevinskih operacija. S tim u vezi, rukovodilac projekta će sistematski i dovoljno adekvatno analizirati i identifikovati opasnosti i faktore rizika koji se odnose na organizaciju, praktično uređenje i korišćenje konkretnog gradilišta i eliminisati ih odgovarajućim merama.

Pri planiranju korišćenja površine gradilišta treba uzeti u obzir najmanje sledeća pitanja [7]:

1. Broj i lokacija kancelarijskih objekata, prostorija za osoblje i skladišta
2. Postavljanje dizalica, mašina i opreme
3. Postavljanje iskopane zemlje i nasipanja
4. Postavljanje prostora za utovar, istovar i skladištenje građevinskog materijala, ostalog materija i elemenata za predproizvodnju
5. Saobraćaj u zoni gradilišta i spojnih tačaka unutrašnjeg i javnog saobraćaja
6. Prilazna sredstva, rampe i transportne puteve i njihovo održavanje
7. Red i čistoću na gradilištu i postavljanje objekata i opreme za odbranu i upravljanje prašinom
8. Prikupljanje, skladištenje, uklanjanje i odlaganje otpada i materijala koji izazivaju opasnost po zdravlje i bezbednost

9. Gašenje požara

10. Ograničavanje i uređenje skladišnih prostora posebno pri rukovanju materijalima koji izazivaju opasnosti i štete po zdravlje i sigurnost

Sva gore navedena pitanja će se uzeti u obzir na način da se na gradilištu minimiziraju svi rizici od nezgoda, opasnosti po zdravlje i požari. Centralni delovi planova za korišćenje gradilišta prikazuju se kao tlocrt gradilišta, po fazama izgradnje po potrebi. Planovi rasporeda lokacije će se proveriti ako se uslovi promene i oni u svakom slučaju moraju biti ažurirani.

## 6. AI U UPRAVLJANJU BEZBEDNOŠĆU I ZDRAVLJEM NA RADU U GRAĐEVINI

Inteligencija koju poseduju i demonstriraju mašine poznata je kao veštačka inteligencija (AI). Veštačka inteligencija je postala veoma popularna u savremenom svetu. To je simulacija prirodne inteligencije u mašinama koje su programirane da uče i oponašaju radnje ljudi. Ove mašine mogu učiti sa iskustvom i obavljati zadatke slične kao ljudi. Kako tehnologije poput veštačke inteligencije nastavljaju da rastu, one će imati veliki uticaj na kvalitet ljudskog života.

Odgovor na pitanje šta je to tačno veštačka inteligencija, umnogome zavisi od toga kome se to pitanje postavi. Laik sa prolaznim razumevanjem tehnologije povezao bi je sa robotima. Istraživači veštačke inteligencije rekli bi da je to skup algoritama koji mogu da proizvedu rezultate bez potrebe da budu izričito upućeni da to urade. Iz tog razliga su date određene odrednice i značenja koje karakterišu veštačku inteligenciju [8]:

- Veštačka inteligencija je inteligentni entitet koji su stvorili ljudi.
- Veštačka inteligencija je sposobna da inteligentno obavlja zadatke bez eksplicitnih instrukcija.
- Veštačka inteligencija je sposobna da razmišlja i postupa racionalno i humano.

Ljudska sličnost AI entiteta može se zasnovati na [9]:

- Tjuringovom testu
- Pristupu kognitivnom modeliranju
- Pristupu zakonu misli
- Pristupu racionalnog agenta

### 6.1. AI i pitanje bezbednosti

Ključna komponenta veštačke inteligencije su podaci. U različitim fazama procesa izgradnje, prikupljeni podaci se mogu uporediti sa različitim projektima u različitim građevinskim firmama. Programi veštačke inteligencije mogu da isporuče precizne podatke i uvide kako bi pomogli izvođačima da optimizuju bezbednost radnog mesta.

Uz sve rizike koji su svojstveni u građevini, eliminisanje opasnosti nije samo neophodnost za rešenja za uštedu troškova, već i za dobrobit radnika. Dva najčešća razloga zbog kojih mladi ne žele da se bave građevinom su fizički zahtevi posla i težina posla. Veštačka inteligencija menja ove opasne aspekte u građevini kako bi je učinila bezbednijom.

Ublažavajući rizike, saopštavajući opasnosti i pojednostavljujući transparentnost na licu mesta, veštačka inteligencija igra vitalnu ulogu u poboljšanju bezbednosti u građevini na sledeće načine [10]:

- Ublažavanje rizika - Veštačka inteligencija i robotika pomažu u uklanjanju rizika, fizičkih zahteva i teškog rada sa gradilišta, ostavljajući radnicima da obavljaju manje opasne aspekte posla. Predproizvodnja i 3D štampa sve više postaju elementi građevinskih radova, što znači da rukovodioci mogu da kontrolišu proizvodnju u fabrici, a zatim da transportuju delove do gradilišta uz manje angažovane radne snage.
- Komuniciranje opasnosti - Sistemi veštačke inteligencije imaju sposobnost da posmatraju, procenjuju i komuniciraju opasnosti izgradnje na licu mesta, sa nivoima brzine i efikasnosti sa kojima nijedan čovek ne može da se meri. Veštačka inteligencija to postiže prikupljanjem podataka iz snimaka u realnom vremenu i procenom tog stalnog toka informacija za znakove upozorenja.
- Racionalizacija transparentnosti - Za radnu snagu, transparentnost je ključna za smanjenje troškova uz održavanje integriteta posla. Veštačka inteligencija omogućava transparentnost na gradilištu akumulirajući uvide za monitore, kamere i senzore u jedinstven izvor informacija. Iz toga rukovodioci mogu da procene sve elemente bezbednosti svoje lokacije kako bi lakše uočili/sprečili probleme.
- Mere bezbednosti u razvoju u izgradnji - Kako tehnologija nastavlja da napreduje, gradilišta mogu da iskoriste prednosti ovih alata da poboljšaju zdravlje i bezbednost svojih radnika. U modernoj eri, građevinskoj industriji su potrebne sve prednosti koje može da dobije da bi pomogla u privlačenju novih talenata uz inoviranje isplativijih rešenja.

## 7. ZAKLJUČAK

Iako nije nov, interesovanje za BIM je poslednjih godina doživelo veliki porast. To je uglavnom zbog velikih skokova u tehnologiji. Neophodno je obezbediti odgovarajuću obuku kako bi BIM postao obavezan u projektima kako bi se ostvarile koristi. Veoma je važno razumeti implementaciju BIM-a u procesu izgradnje, pre nego samo učenje softvera zasnovanog na BIM-u. Kako se industrija kreće ka složenijim i mega projektima, potreba za odgovarajućim upravljanjem bezbednošću na licu mesta je izuzetno važna. Prednosti BIM-a za upravljanje bezbednošću nisu ograničene samo na upravljanje bezbednosnim podacima, planiranje izgleda lokacije i vizuelizaciju, već takođe uključuju napredni nivo bezbednosti sa mogućnošću automatske provere bezbednosti koja može da služi tokom čitavog životnog ciklusa projekta.

Nove tehnologije veštačke inteligencije se fokusiraju na povećanje bezbednosti osoblja na lokaciji, kao što je sistem koji upozorava operatera porukom upozorenja, čime se minimiziraju rizici. Uz poboljšanu efikasnost,

veštačka inteligencija može da dovede do napretka u bezbednosti i zdravlju, jer se tehnologije i robotika mogu koristiti za procenu lokacija i obavljanje opasnih zadataka po ljude. U građevinskoj industriji, veštačka inteligencija može da pomogne u ponovnom sagledavanju kako se procesi završavaju. Na primer, sa informacionim modeliranjem zgrada i sa lekcijama naučenim u projektnim timovima, znanje veštačke inteligencije je sadržano u dnevnim izveštajima, rasporedima i još mnogo toga.

## 8. LITERATURA

- [1] Alli, B. 2008. *Fundamental principles of occupational health and safety*. Vol. II. Geneva: International Labour Organization.
- [2] Nyirenda, V, Y Chinniah, and B Agard. 2015. "Identifying Key Factors for an Occupational Health and Safety Risk estimation Tool in Small and Medium-size Enterprises." *IFAC- PapersOnLine* 48: 541-546.
- [3] Carvajal, G. 2008. *Modelo de cuantificación de riesgos laborales en la construcción: RIES-CO. (Tesis Doctoral)*. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.
- [4] Zhou, W., Whyte, J., & Sacks, R. (2012). Construction safety and digital design: a review. *Automation in Construction*, 22(3), 102-111.
- [5] Swallow, M, and S Zulu. 2019. "Benefits and Barriers to the Adoption of 4D Modelling for Site Health and Safety Management." *Frontiers in Built Environment* 4: 1-12.
- [6] Azmy, N, and A Zain. 2016. "The Applications of Technology in Enhancing Safety and Health Aspects on Malaysian Construction Projects." *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences* 11: 7209-7213.
- [7] Khoshnava, S, A Ahankoob, C Preece, and R Rostami. 2012. "Application of BIM in construction safety." *Management in Construction Research Association (MiCRA), Postgraduate Conference*. Malaysia: University Teknologi Malaysia.
- [8] Wang, P. 2008. "What Do You Mean by "AI"?" *AGI* 362-373.
- [9] Stein, J, and P Ohler. 2017. "Venturing into the uncanny valley of mind-The influence of mind attribution on the acceptance of human-like characters in a virtual reality setting." *Cognition* 160: 43-50.
- [10] Tracy, C, H Lingard, N Blismas, and A Stranieri. 2008. "ToolSHeDTM: the development and evaluation of a decision support tool for health and safety in construction design." *Engineering, Construction and Architectural Management*.

### Kratka biografija:



**Jelena Vujković** rođena je u Novom Sadu 1993. godine. Diplomski rad na temu „Niskofrekventna zračenja i mere zaštite na pri radu na delekovidima“ odbranila je 2017. godine Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu. kontakt: jelena886@hotmail.com