

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek

Poslijediplomski sveučilišni studij Građevinarstvo

Doktorska disertacija

Utvrđivanje i analiza gubitaka radnog
vremena radnika i strojeva kod izvođača
građevinskih radova u Hrvatskoj

mr.sc. Držislav Vidaković, dipl.ing.građ.

Osijek, 14. svibanj 2024. godine

(prazna stranica ili stranica za posvetu)

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Civil Engineering and Architecture Osijek

Postgraduate University Study Programme in Civil Engineering

Doctoral dissertation

Identification and analysis of working time losses of workers and
machines at construction contractors in Croatia

Držislav Vidaković, M.Sc. in Civ. Eng

Osijek, May 14, 2024

Prosudbena povjerenstva i bibliografski podaci (**ispunjava Ured za
poslijediplomske studije**)

Povjerenstvo za prihvaćanje teme doktorske disertacije

Povjerenstvo za prihvaćanje teme doktorske disertacije imenovano na *n. redovitoj - izvrednoj* sjednici Fakultetskog vijeća Građevinskog fakulteta Osijek Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, održanoj *dd.mm.gggg.* godine:

1. *ime, prezime, znanstveno-nastavno zvanje, akademski naziv i stupanj, visoko učilište i država (ukoliko je visoko učilište izvan Republike Hrvatske) prvog člana (predsjednik Povjerenstva)*
2. *ime, prezime, znanstveno-nastavno zvanje, akademski naziv i stupanj, visoko učilište i država (ukoliko je visoko učilište izvan Republike Hrvatske) drugog člana*
3. *ime, prezime, znanstveno-nastavno zvanje, akademski naziv i stupanj, visoko učilište i država (ukoliko je visoko učilište izvan Republike Hrvatske) trećeg člana*

Tema i mentori doktorske disertacije prihvaćeni su odlukom Fakultetskog vijeća Građevinskog fakulteta Osijek Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku na *n. redovitoj - izvrednoj* sjednici održanoj *dd.mm.gggg.* godine.

Povjerenstvo za ocjenu doktorske disertacije

Povjerenstvo za ocjenu doktorske disertacije imenovano na *n. redovitoj - izvrednoj* sjednici Fakultetskog vijeća Građevinskog fakulteta Osijek Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, održanoj *dd.mm.gggg.* godine:

1. *ime, prezime, znanstveno-nastavno zvanje, akademski naziv i stupanj, visoko učilište i država (ukoliko je visoko učilište izvan Republike Hrvatske) prvog člana (predsjednik Povjerenstva)*

2. ime, prezime, znanstveno-nastavno zvanje, akademski naziv i stupanj, visoko učilište i država (ukoliko je visoko učilište izvan Republike Hrvatske) drugog člana
3. ime, prezime, znanstveno-nastavno zvanje, akademski naziv i stupanj, visoko učilište i država (ukoliko je visoko učilište izvan Republike Hrvatske) trećeg člana

Doktorske disertacija prihvaćena je odlukom Fakultetskog vijeća Građevinskog fakulteta Osijek Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku na *n. redovitoj - izvarednoj* sjednici održanoj *dd.mm.gggg.* godine.

Povjerenstvo za obranu doktorske disertacije

Povjerenstvo za obranu doktorske disertacije imenovano na *n. redovitoj - izvarednoj* sjednici Fakultetskog vijeća Građevinskog fakulteta Osijek Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, održanoj *dd.mm.gggg.* godine:

1. ime, prezime, znanstveno-nastavno zvanje, akademski naziv i stupanj, visoko učilište i država (ukoliko je visoko učilište izvan Republike Hrvatske) prvog člana (predsjednik Povjerenstva)
2. ime, prezime, znanstveno-nastavno zvanje, akademski naziv i stupanj, visoko učilište i država (ukoliko je visoko učilište izvan Republike Hrvatske) drugog člana
3. ime, prezime, znanstveno-nastavno zvanje, akademski naziv i stupanj, visoko učilište i država (ukoliko je visoko učilište izvan Republike Hrvatske) trećeg člana
4. ime, prezime, znanstveno-nastavno zvanje, akademski naziv i stupanj, visoko učilište i država (ukoliko je visoko učilište izvan Republike Hrvatske) trećeg člana (zamjena)

Doktorske disertacija javno je obranjena *dd.mm.gggg.* godine na Građevinskom fakultetu Osijek Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku.

Doktorska disertacija sadržava *n stranica, n ilustracija, n tablica, n dodataka i n citiranih publikacija*.

Prvi mentor doktorske disertacije je *ime, prezime, znanstveno-nastavno zvanje, akademski naziv i stupanj, visoko učilište i država (ukoliko je visoko učilište izvan Republike Hrvatske)*.

Drugi mentor doktorske disertacije je *ime, prezime, znanstveno-nastavno zvanje, akademski naziv i stupanj, visoko učilište i država (ukoliko je visoko učilište izvan Republike Hrvatske)*.

Istraživanje u okviru doktorske disertacije pripada znanstvenom području tehničkih znanosti, znanstvenom polju građevinarstvo.

Izjava o akademskoj čestitosti

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je doktorska disertacija isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju korištene bilješke i bibliografija. Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno prepisan iz necitiranog rada te kako nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem kako nisam prijavio doktorsku disertaciju s istovjetnom temom na drugom studiju Sveučilišta ili na drugom sveučilištu.

Osijek, 14 . 5. 2024.



(potpis autora)

(prazna stranica)

Predgovor

S obzirom na važnost građevinskog sektora za cijelo gospodarstvo, potrebno je identificirati, kvantificirati i prema uzrocima kategorizirati gubitke radnog vremena koji smanjuju produktivnost rada. U Europi i gotovo svim drugim krajevima svijeta od 80-ih godina 20. st. provedena su mnoga ispitivanja važnosti različito definiranih popisa čimbenika produktivnosti radne snage i općenito izvođača, dok je ispitivanja koja su fokusirana samo na utjecaje na produktivnost građevinskih strojeva bilo vrlo malo. Također, napravljen je i velik broj mjerenja produktivnog i izgubljenog vremena radnika na različitim aktivnostima realizacije građevinskih projekata. U Hrvatskoj je do sad bilo samo nekoliko istraživanja ovog područja i to uglavnom na statistički malom uzorku i bez uzimanja u obzir iskustva radnika u građevinskoj operativi.

Prethodna istraživanja i razina ostvarene produktivnosti upućuju na potrebu istraživanja problema gubljenja radnog vremena izvođača i utjecaja na produktivnosti u hrvatskom građevinarstvu zbog:

- često nezadovoljavajuće produktivnost na realizaciji građevinskih projekata, koja iziskuje unaprjeđenja
- različitosti rezultata dosadašnjih istraživanja, koja pokazuje kako nema univerzalnih odgovora na problematiku produktivnosti u građevinarstvu
- izostanka prikupljanja podataka s više metoda i njihovog sagledavanja iz više perspektiva u gotovo svim prethodnim istraživanjima
- nedostatka opsežnijih i detaljnijih istraživanja ovog područja u Hrvatskoj, pogotovo u novije vrijeme.

U ovoj disertaciji provedeno je kompleksno istraživanje gubljenja radnog vremena izvođača, s primjenom nekoliko tehnika prilagođenih za prikupljanje više korisnih podataka kako bi rezultati bili pouzdaniji i omogućili međusobnu usporedbu i usporedbu s rezultatima prethodnih istraživanja te kritičku analizu. Istraživanje je usredotočeno na gubitke radnog vremena i utjecaje na produktivnost na gradilištu i ne obuhvaća gubitke tijekom tvorničke proizvodnje materijala ili predgotovljenih elemenata te njihovog vanjskog transporta.

Anketno ocjenjivanje važnosti utjecaja na produktivnost obuhvatilo je 422 ispitanika iz 86 tvrtki i obrta povezanih s realizacijom građevinskih projekata za čimbenike produktivnosti radnika i 413 ispitanika iz 91 tvrtke i obrta za čimbenike produktivnosti strojeva, pri čemu je blizu tri četvrtine ispitanih bilo iz tvrtki sa sjedištem u pet slavonskih županija. To za oba ispitivanja pruža pouzdanost veću od 95 %, uz mogućnost greške manju od 5 %. Rangiranje važnosti napravljeno je na temelju ocjenjivanja jačine i ocjenjivanja učestalosti djelovanja utjecajnih čimbenika, a usporedba poretka važnosti definiranog na temelju ocjena od strane radnika i drugih grupa ispitanika omogućuje međusobno nadopunjavanje njihovih percepcija.

Paralelno, s kombinacijom triju komplementarnih tehnika 2019. - 2022. godine prikupljani su podaci o udjelu produktivnog rada i izgubljenog vremena radnika i strojeva na radnim procesima na gradilištima. Primjenom modificirane metode 5-minutnog ocjenjivanja produktivnosti napravljeno je 11.231 opažanje nad radnicima (od 1 do 6 radnika istovremeno) i 6.136 opažanja rada strojeva na tekućim aktivnostima realizacije 60 projekta kod 45 izvođača (blizu tri četvrtine sa sjedištem u pet slavonskih županija). Kako bi se dobio uvid i u gubitke vremena koji se teško uočavaju s 5-minutnim ocjenjivanjem, obavljeno je terensko ispitivanje 161 voditelja građenja, pomoćnika voditelja građenja, poslovođa i predradnika te 77 majstora građevinskih zanimanja. Obuhvaćeni ispitanici bili su zaposleni kod 29 izvođača na realizaciji 35 građevinskih projekata.

Analiza nedostataka primjenjenih tehnika ispitivanja pokazuje kako se one nadopunjuju u otkrivanju gubitaka vremena. Na temelju pregleda literature, ranga ozbiljnosti negativno djelujućih čimbenika utvrđenog s anketnim ispitivanjem te evidentirane veličine i uzroka gubljenja radnog vremena pri različitim aktivnostima na realizaciji građevinskih projekata analizirane su odgovarajuće mjere koje sami izvođači mogu poduzeti za poboljšanje svoje produktivnosti uvažavajući kriterije pogodnosti određenih mjera. Poboljšanje produktivnosti povećava konkurentnost izvođača i smanjuje potrebu za radnicima i drugim resursima te općenito poboljšavanja reputaciju djelatnosti.

(prazna stranica)

Sažetak

Disertacija obuhvaća opsežan pregled prethodnih istraživanja utjecaja na produktivnost i iskorištavanja radnog vremena u građevinarstvu. Na temelju toga određena je metodologija istraživanja u Hrvatskoj na sličnim principima, ali prilagođena tako da se izbjegnu ili umanje neki uočeni nedostaci prethodnih studija.

Prema rangu važnosti čimbenika utvrđenog sintezom rezultata 70 istraživanja od 2011. do 2021. godine u inozemstvu i kroz polustrukturirane intervju sa stručnjacima s dugogodišnjim iskustvom na realizaciji građevinskih projekata u Hrvatskoj, definirana su 24 čimbenika koja negativno utječu na produktivnost radnika i posebno 31 čimbenik produktivnosti strojeva na gradilištu. Njihov utjecaj ocijenjen je putem upitnika, davanog „na ruke“ različitim vrstama radnika i menadžmenta u hrvatskoj građevinskoj praksi. S indeksima relativne važnosti i indeksima učestalosti, izračunatim na temelju prosječnih ocjena, određen je rang ukupnog značaja (ozbiljnosti) za sve čimbenike i utvrđeno je da ih 53 % ima umjereni značaj. Spearmanov koeficijent i Kendallov koeficijent pokazali su korelaciju ranga značaja dobivenog od različitih grupa ispitanika, a utvrđena je i vrlo dobra korelacija između rangiranja od pretežitog dijela ispitanika iz pet slavonskih županija i rangiranja ispitanika iz drugih dijelova Hrvatske.

Kako bi se osigurala generalizacija rezultata, udjeli produktivnog i izgubljenog vremena utvrđeni su kod izvođenja građevinskih radova od strane 51 izvođača na 68 različitih projekata, s pomoću 5-minutnog ocjenjivanja i dvije tehnike terenskog ispitivanja. Pri tome su evidentirani uočeni načini gubljenja radnog vremena i njihova učestalost. Rezultati dobiveni različitim tehnikama otkrivaju „mrtve kuteve“ perspektive pojedinih tehnika i potrebnu korekciju utvrđenog udjela izgubljenog radnog vremena. Procijenjeno prosječno gubljenje radnog vremena od oko 34 % u granicama je rezultata prethodnih istraživanja u inozemstvu. Od toga, blizu 74 % gubljenja vremena imalo je uzroke pod

kontrolom izvođača, a to predstavlja veliko područje za moguća djelovanja s odgovarajućim mjerama za povećanje produktivnosti.

Mjere poboljšanja izvođača razmotrene su uzimajući u obzir rang značaja utjecajnih čimbenika, odnosno načine na koje se najviše gubi radno vrijeme. Za odlučivanje o primjeni tih mjera definirani su kriteriji, koji mogu biti polazište analitičkog hijerarhijskog procesa za svaki konkretni slučaj.

Ključne riječi

Gubici radnog vremena, produktivnost rada, radnici, strojevi, utjecajni čimbenici, ispitivanje, mjerenje, odgovornost, analiza, mjere poboljšanja

Abstract

The dissertation includes an extensive review of previous research on the impact on construction productivity and utilization of working time. Based on this, the research methodology in Croatia was determined based on similar principles but adjusted to avoid or minimize some perceived shortcomings of previous studies.

According to the ranking of the importance of the factors determined by the synthesis of the results of 70 research from 2011 to 2021 abroad and through semi-structured interviews with experts with many years of experience in the implementation of construction projects in Croatia, 24 factors that negatively affect the productivity of workers and especially 31 factors of the productivity of machines on construction site. Their impact was evaluated through a questionnaire, given "hands-on" to different types of workers and management in Croatian construction practice. With relative importance indices and frequency indices calculated based on average scores, the rank of overall importance (severity) was determined for all factors, and it was determined that 53% of them have moderate importance. Spearman's and Kendall's coefficients showed the correlation of the rank of significance obtained from different groups of respondents, and an excellent correlation was established between the ranking of the majority of respondents from the five Slavonic counties and the ranking of respondents from other parts of Croatia.

To ensure the generalizability of the results, the proportions of productive and lost time were determined in the performance of construction work by 51 contractors on 68 different projects, using a 5-minute rating and two Field survey techniques. In doing so, the observed ways of losing working time and their frequency were recorded. The results obtained with different techniques reveal the "blind spots" of the perspective of individual techniques and the necessary correction of the determined share of lost working time. The estimated average loss of working time of around 34 % is within the limits of the results of previous research abroad. Of these, close to 74 % of time wastage

had causes under the control of the contractor, and this represents a large area for possible actions with appropriate measures to increase productivity.

The contractor's improvement measures were considered, taking into account the ranking of the importance of the influencing factors, i.e., how working time is wasted the most. Criteria are defined for deciding on applying these measures, which can be the starting point of the analytical hierarchical process for each case.

Key words

Working time losses, labor productivity, workers, machines, influencing factors, examination, measurement, responsibility, analysis, improvement measures

(prazna stranica)

Sadržaj

Popis slika.....	XXIII
Popis tablica.....	XXVIII
Popis kratica i simbola.....	XXXIII
1. UVOD.....	1
2. CILJEVI, HIPOTEZE I METODE ISTRAŽIVANJA I STRUKTURA DISERTACIJE.....	3
2.1 Ciljevi i planirani doprinos istraživanja.....	3
2.2 Hipoteze disertacije.....	5
2.3 Metode istraživanja.....	5
2.4. Redoslijed istraživanja.....	7
2.5 Struktura disertacije.....	8
3. PRODUKTIVNOST I IZGUBLJENO RADNO VRIJEME IZVOĐAČA GRAĐEVINSKIH PROJEKATA.....	12
3.1 Definicije i vrste produktivnosti.....	12
3.2 Važnost produktivnosti izvođača i njeni pokazatelji.....	19
3.3 Mjerenje produktivnosti i izgubljenog radnog vremena izvođača.....	24
3.3.1 Tehnike mjerenja na mikrorazini.....	24
3.3.2 Problemi utvrđivanja produktivnosti.....	37
4. PRODUKTIVNO I IZGUBLJENO RADNO VRIJEME.....	40
4.1 Korištenje radnog vremena.....	40
4.2 Odgovornost za gubitke vremena i kašnjenje realizacije.....	52
5. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA UTJECAJA NA PRODUKTIVNOST I MJERENJA PRODUKTIVNOG I IZGUBLJENOG VREMENA U GRAĐEVINARSTVU.....	58
5.1 Usmjerenost istraživanja produktivnosti građenja.....	58
5.2 Utjecajni čimbenici.....	62

5.3 Grupiranje čimbenika produktivnosti.....	68
5.4 Metodologije prethodnih istraživanja važnosti čimbenika produktivnosti....	74
5.4.1 Tijek i metode ispitivanja.....	74
5.4.2 Definiranje anketnog obrasca.....	78
5.4.3 Potreban broj ispitanika i distribucija anketa.....	81
5.4.4 Rangiranje čimbenika produktivnosti prema važnosti.....	86
5.5 Rezultati prethodnih istraživanja utjecajnih čimbenika.....	92
5.5.1 Najvažniji čimbenici produktivnosti radnika utvrđeni istraživanjima u inozemstvu.....	92
5.5.2 Dosadašnja ispitivanja utjecaja na produktivnost radnika u hrvatskom građevinarstvu.....	104
5.5.3 Najvažniji čimbenici produktivnosti građevinske mehanizacije...	106
-5.6 Istraživanja razine produktivnosti i izgubljenog radnog vremena na gradilištima.....	111
5.6.1 Metodologija istraživanja razine produktivnosti i gubitaka vremena	111
5.6.2 Rezultati prethodnih mjerenja gubitaka i iskorištenosti vremena...	112
6. ISTRAŽIVANJE PRODUKTIVNOSTI I GUBLJENJA RADNOG VREMENA U HRVATSKOM GRAĐEVINARSTVU.....	120
6.1 Ispitivanja čimbenika koji utječu na produktivnost izvođača.....	120
6.1.1 Kreiranje upitnika i način provođenja anketnog ispitivanja.....	120
6.1.2 Ispitivanje i obrađeni rezultati utjecaja na produktivnost radne snage izvođača u građevinarstvu.....	126
6.1.3 Ispitivanje i obrađeni rezultati utjecaja na produktivnost strojeva na gradilištima.....	138
6.2 Praćenje produktivnosti radnika i strojeva.....	147
6.2.1 Mjerenje produktivnog i izgubljenog vremena.....	147

6.2.2	Obradeni rezultati 5-minutnog praćenja radova.....	153
6.3	Terenska ispitivanja o izgubljenim radnim satima radnika.....	164
6.3.1	Prikupljanje podataka od poslovođa i građevinskih majstora.....	164
6.3.2	Obradeni rezultati ispunjenih FDS i CQ obrazaca.....	169
7.	TUMAČENJE I KOMPARATIVNA ANALIZA REZULTATA ISPITIVANJA U HRVATSKOJ	173
7.1	Analiza utjecaja na produktivnost izvođača.....	173
7.1.1	Raspodjela utjecaja ispitivanih čimbenika.....	173
7.1.2	Analiza problema ocjenjivanja utjecaja.....	175
7.1.3	Usporedba rangiranja čimbenika od različitih grupa ispitanika....	177
7.1.4	Usporedba značaja čimbenika s rezultatima prethodnih ispitivanja i razlike utjecaja prema lokaciji izvođenja radova.....	184
7.1.5	Različitost utjecaja na produktivnost radnika i strojeva.....	195
7.1.6	Čimbenici produktivnosti na koje izvođač može djelovati.....	198
7.2	Analiza utvrđenih gubitaka radnog vremena na hrvatskim gradilištima....	201
7.2.1	Iskorištenost radnika i strojeva utvrđena praćenjem aktivnosti na gradilištima.....	201
7.2.2	Usporedba evidentiranih uzroka gubljenja vremena različitim ispitivanjima.....	206
7.2.3	Analiza razlike gubitaka vremena utvrđenih različitim tehnikama mjerjenja	213
7.2.4	Gubici vremena na koje izvođači mogu djelovati.....	218
8.	PRIMJENJIVE MJERE IZVOĐAČA ZA SMANJENJE GUBITAKA VREMENA I POBOLJŠANJE PRODUKTIVNOSTI.....	221
8.1	Prostor i prepreke za poboljšanja.....	221
8.2	Praćenje produktivnosti u funkciji njenog poboljšanja.....	222

8.3 Mjere poboljšanja preporučene u prethodnim studijama.....	225
8.3.1 Vrste mjera za poboljšanje produktivnosti.....	225
8.3.2 Djelovanja uprave.....	230
8.3.3 Važnost osobina radnika za produktivnost.....	233
8.4 Višekriterijski izbor prioriternih mjera unaprjeđenja produktivnosti na temelju rezultata istraživanja u Hrvatskoj.....	236
9. ZAKLJUČCI I SMJERNICE ZA DALJNJA ISTRAŽIVANJA.....	243
9.1 Nalazi i doprinosi istraživanja u okviru disertacije.....	243
9.2 Ispunjavanje postavljenih ciljeva i potvrda hipoteza.....	245
9.3 Ograničenja provedenog ispitivanja, mogućnosti primjene i smjernice za daljnja istraživanja.....	248
POPIS LITERATURE.....	250
PRILOZI.....	293
Prilog 1.a Matrica ocjena pilot-ispitivanja jačine utjecaja čimbenika produktivnosti radne snage (upisana u <i>Microsoft Excel</i> tablicu).....	293
Prilog 1.b Izračun Cronbach alfa koeficijenta za ispitivanje jačine utjecaja čimbenika produktivnosti radnika pomoću funkcije <i>Analyze Data</i> u <i>M. Excelu</i>	294
Prilog 1.c Matrica ocjena pilot-ispitivanja učestalosti utjecaja čimbenika produktivnosti radne snage (upisana u <i>Microsoft Excel</i> tablicu).....	295
Prilog 1.d Izračun Cronbach alfa koeficijenta za ispitivanje učestalosti utjecaja čimbenika produktivnosti radnika pomoću funkcije <i>Analyze Data</i> u <i>M. Excelu</i>	296
Prilog 2.a Matrica ocjena pilot-ispitivanja jačine utjecaja čimbenika produktivnosti strojeva na gradilištu (upisana u <i>Microsoft Excel</i> tablicu)	297

Prilog 2.b Izračun Cronbach alfa koeficijenta za ispitivanje jačine utjecaja čimbenika produktivnosti strojeva pomoću funkcije <i>Analyze Data</i> u M. Excelu	298
Prilog 2.c Matrica ocjena pilot-ispitivanja učestalosti utjecaja čimbenika produktivnosti strojeva na gradilištu (upisana u <i>Microsoft Excel</i> tablicu)	299
Prilog 2.d Izračun Cronbach alfa koeficijenta za ispitivanje učestalosti utjecaja čimbenika produktivnosti strojeva pomoću funkcije <i>Analyze Data</i> u M. Excelu	300
Prilog 3. Srednje ocjene jačine i učestalosti čimbenika produktivnosti radnika	301
Prilog 4. Indeksi prema rezultatima ispitivanja čimbenika produktivnosti radnika	302
Prilog 5. Izračun Kendallovog koeficijenta za sve grupe ispitanika o čimbenicima produktivnosti radnika i čimbenicima produktivnosti strojeva.....	303
Prilog 6. Srednje ocjene jačine i učestalosti čimbenika produktivnosti strojeva	304
Prilog 7. Indeksi prema rezultatima ispitivanja čimbenika produktivnosti strojeva izračunati prema radnom mjestu ispitanika.....	305
Prilog 8. Indeksi prema rezultatima ispitivanja čimbenika produktivnosti strojeva izračunati prema grupama strojeva.....	306
Prilog 9. Rezultati 5-minutnog ocjenjivanja produktivnosti radnika i strojeva po projektima.....	307
Prilog 10. Rezultati 5-minutnog ocjenjivanja produktivnosti iskazani po izvođačima.....	310
Prilog 11. Postotak izgubljenog vremena i udjeli gubitaka prema uzrocima evidentiranim na projektima gdje je provođeno FDS i/ili CQ.....	313
CURRICULUM VITAE.....	316

(prazna stranica)

Popis slika

Slika 2.1 Slijed primjene metoda usmjerenih na ostvarenje postavljenih ciljeva.	6
Slika 2.2 Povezanost sadržaja ključnih poglavlja disertacije.....	11
Slika 3.1 Proizvodni sustav izvođača radova, s ulazom i izlazom preko kojih se mjeri produktivnost (nadopunjeno prema [Ingvaldsen i sur., 2010]).....	13
Slika 3.2 Razine analize kod istraživanja produktivnosti rada u građevinarstvu (prema [Yi i Chan, 2013]).....	14
Slika 3.3 Povezanost produktivnosti rada i glavnih kriterija uspješnosti realizacije građevinskih projekata (objedinjeno i nadopunjeno od [Ovararin, 2001] i [Serdar i sur., 2014]).....	19
Slika 3.4 Izravno i neizravno negativno djelovanje gubljenja produktivnosti i kašnjenja kod radova na građevinskim projektima.....	20
Slika 3.5 Moguće razine detaljnosti opažanja kod uzorkovanja rada stroja (prilagođeno prema [ILO, 1992]).....	29
Slika 3.6 Primjer popunjavanja obrazaca za uzorkovanja rada [Dozzi i AbouRuzk, 1993].....	30
Slika 3.7 Obrazac 5-minutnog ocjenjivanja produktivnosti radne grupe strojeva [Dozzi i AbouRuzk, 1993].....	33
Slika 3.8 Rezultati 5-minutnog ocjenjivanja grupe armirača pri izvođenju armirano-betonske konstrukcije zgrade u sveučilišnom kampusu u Osijeku.....	34
Slika 4.1 Glavne vrste gubljenja radnog vremena u građevinarstvu prema prethodnim studijama u inozemstvu.....	44
Slika 4.2 Gubljenje vremena i produktivnosti tijekom radnog vremena.....	45
Slika 5.1 Područja istraživanja produktivnosti u građevinarstvu prema pregledima literature Dolage i Chana i Yi i Chana.....	58 - 59
Slika 5.2 Poremećaji i utjecaji između čimbenika produktivnosti [Lee, 2007].....	62

Slika 5.3 Najzastupljeniji čimbenici prema pregledu 30 godina istraživanja Hasana i sur. (2018).....	64
5.4. Utjecaji na produktivnost pri izvođenju građevinskih projekata od različitih strana prema odgovornosti.....	65
5.5. Utjecaji na sustav koji izvodi radove na građevinskim projektima [Vidaković i Marenjak, 2019].....	65
Slika 5.6 Indirektni utjecaji na produktivnost rada preko motivacije radnika (nadopunjeno prema [Ng i sur., 2004] i [Hazrati, 2016]).....	66
Slika 5.7 Odnos glavnih grupa čimbenika koje utječu na produktivnost u građevinarstvu (prema [Ailabouni i sur., 2009]).....	69
Slika 5.8. Načini prikupljanja podataka u prethodnim istraživanjima produktivnosti prema [Dolage i Chan, 2013].....	77
Slika 5.9 Uobičajeni redoslijed istraživanja čimbenika koji utječu na produktivnost građevinskih radova u prethodnim istraživanjima.....	78
Slika 5.10 Udjeli postotka dobivenih odgovora u pregledanim prethodnim istraživanjima u kojima su anketni obrasci bili poslani ispitanicima.....	85
Slika 5.11 Zaglavlje obrasca za ispitivanje čimbenika prema veličini utjecaja i učestalosti njihovog pojavljivanja (prema [Ailabouni i sur., 2009]).....	91
Slika 5.12 Područje istraživanja u radovima obuhvaćenim analizom utjecajnih čimbenika na produktivnost prema godinama publiciranja.....	94
Slika 5.13 Zastupljenost prethodnih istraživanja utjecaja na produktivnost po kontinentima.....	95
Slika 5.14 Pregled udjela direktnog rada utvrđenih u 50-godišnjem razdoblju s krivuljom normalne distribucije [Wandahl i sur., 2021a].....	113
Slika 6.1 Udjeli ispitanika o utjecajima na produktivnost radne snage prema radnom mjestu.....	130
Slika 6.2 Prosječne godine iskustva u građevinarstvu pojedinih grupa ispitanika o utjecajima na produktivnost radne snage izvođača.....	131

Slika 6.3 Matrica razina ozbiljnosti utjecaja čimbenika produktivnosti radnika	131
Slika 6.4 Intervali važnosti na skali ocjenjivanja od 1 do 10.....	132
Slika 6.4 Udjeli definiranih grupa ispitanika prema radnom mjestu u ukupnom broju ispitanih o utjecajima na produktivnost strojeva.....	140
Slika 6.5 Prosječne godine rada u građevinarstvu po grupama ispitanika o utjecajima na produktivnost strojeva.....	141
Slika 6.6 Matrica razina ozbiljnosti čimbenika produktivnosti strojeva.....	142
Slika 6.7 Intervali važnosti na skali ocjenjivanja – dolje od 1 do 5 i gore od 1 do 3 (nadopunjeno prema [Soekiman i sur., 2011] i [Khahro i sur., 2016]).....	143
Slika 6.8 Procedura 5-minutnog ocjenjivanja produktivnosti u ovom istraživanju	148
Slika 6.9 Udio projekata prema broju 5-minutnih opažanja radnih grupa s radnicima i strojevima.....	152
Slika 6.10 5-minutnim ocjenjivanjem evidentirani prosječni udjeli u radnom vremenu radnika i strojeva na gradilištima u Hrvatskoj.....	153
Slika 6.11 Prikaz udjela produktivnog rada i izgubljenog vremena radnika po projektima s više od 90 5-minutnih opažanja radnih grupa.....	155
Slika 6.12 Udjeli u radnom vremenu na projektima novogradnje i projektima na postojećim građevinama utvrđeni 5-minutnim ocjenjivanjem.....	156
Slika 6.13 Prikaz udjela direktnog rada i izgubljenog vremena radnika po izvođačima s više od 90 5-minutnih opažanja radnih grupa.....	157
Slika 6.14 Udjeli vremena direktnog rada i izgubljenog radnog vremena radnika po najviše praćenim vrstama radova.....	159
Slika 6.15 Udjeli načina gubljenja vremena utvrđeni pri 5-minutnom ocjenjivanju produktivnosti radnika.....	162
Slika 6.16 Udjeli načina gubljenja vremena utvrđeni pri 5-minutnom ocjenjivanju produktivnosti strojeva na gradilištu.....	162

Slika 6.17 Udjeli uzroka čekanja kod gubljenja radnog vremena radnika utvrđeni pri 5-minutnom ocjenjivanju.....	163
Slika 6.18 Udjeli uzroka čekanja kod gubljenja radnog vremena strojeva na gradilištu utvrđeni pri 5-minutnom ocjenjivanju.....	163
Slika 6.19 Upitnik korišten za ispitivanje radnika o tjednim gubicima radnog vremena (prilagođeno prema [Dozzi i AbouRuzk, 1993]).....	166
Slika 6.20 Obrazac korišten za bilježenje izgubljenog vremena od strane poslovođe ili odgovarajuće osobe iz uprave gradilišta (prema [Dozzi i AbouRuzk, 1993]).....	167
Slika 6.21 Zanimanja radnika (kako su se sami izjasnili na obrascima) obuhvaćenih CQ-om.....	168
Slika 6.22 Udjeli FDS-om i CQ-om evidentiranih uzroka gubljenja vremena.....	171
Slika 7.1 Različitim metodama utvrđeni gubici vremena i produktivnosti zbog nepovoljnih vremenskih uvjeta.....	214
Slika 7.2 Različitim metodama utvrđeni gubici vremena i produktivnosti zbog nedostatka motivacije i loših osobina radnika.....	215
Slika 7.3 Mogućnost detektiranja gubitaka radnog vremena različitim tehnikama mjerenja i procjena dodatnih, neevidentiranih gubitaka.....	216
Slika 8.1 Usmjerenje podataka o ostvarenoj produktivnosti i gubljenju radnog vremena (nadopunjeno od [Adebowale i Agumba, 2023]).....	224
Slika 8.2 Podjela mjera za rast produktivnosti rada (prema [Gapizov, 2004], [Efimenko, 2008], [Jergas, 2009] i [Nosko, 2019]).....	225
Slika 8.3 Moguće mjere izbjegavanja gubitaka radnog vremena na izvođenju građevinskih projekata.....	227
Slika 8.4. Metodologija određivanja najprikladnijih mjera u okviru cikličnog poboljšavanja produktivnosti (prema [Vidaković i Marenjak, 2019]).....	237
Slika 8.5 Negativni utjecajni čimbenici produktivnosti i pozitivno djelujuće mjere na gubljenje radnog vremena radnika i strojeva na gradilištu.....	238

Slika 8.6 Mjera za povećanje produktivnosti prema vremenu djelovanja (prema [Vidaković i Marenjak, 2019]).....	240
--	-----

Slika 8.7 Shema analitičkog hijerarhijskog procesa s ciljem izbora mjera koje najbolje doprinose povećanju produktivnosti i boljem poslovanju izvođača.	241
---	-----

Popis tablica

Tablica 2.1 Istraživačke metode i njihova primjena u okviru disertacije.....	5
Tablica 2.2 Koraci istraživanja i njihov sadržaj.....	7
Tablica 3.1 Pokazatelji uspješnosti realizacije povezani s produktivnosti i iskorištenosti resursa.....	22
Tablica 3.2 Grupe utjecaja koji definiraju provođenje mjerenja rada (prema [Yee i sur., 2013]).....	25
Tablica 3.3 Moguće prepreke mjerenju produktivnosti rada (prema [Best, 2010])	39
Tablica 4.1 Struktura radnog vremena (prema [Koskela, 1992], [Dozzi i Abourizk, 1993], [Hines i Rich, 1997], [Groover, 2007], [Monden, 2011], [O'Neill i Panuwatwanich, 2013], [Emuze i sur., 2014], [Denzler i sur., 2015], [Shou i sur., 2020], [Nurhendi i sur, 2021], [Abukhalaf i Abusal, 2021]).....	40
Tablica 4.2 Načini gubljenja radnog vremena (prilagođeno prema Serpell i sur., 1995).....	45
Tablica 4.3. Podjela podaktivnosti zidara kod uzorkovanja radova (prema [Olomolaiye, 1988]).....	46
Tablica 4.4 Opisi kategorija za određivanje razine produktivnosti betoniraca (prema [O'Neill i Panuwatwanich, 2013]).....	47
Tablica 4.5 Podjela podaktivnosti za građevinske radove koje obavljaju radnici različitih zanimanja (prema [Kumar i sur., 2014]).....	47
Tablica 4.6 Klasifikacija vremena u radnom danu građevinara (prema [Olomolaiye, 1988g]).....	48
Tablica 4.7 Sagledavanje ukupnog radnog vremena prema ILO-u (1992).....	48
Tablica 4.8 Vremena sadržana u finskom <i>Ratu</i> -standardu (prilagođeno prema [Koskenvesa i sur., 2010], [Nerwal, 2011]).....	49

Tablica 4.9 Klasifikacija radnog vremena kod rada radnika i strojeva na cestama u Rusiji (prilagođeno prema [Ministarstvo prometa Rusije, 2003]).....	50
Tablica 4.10 Vrijeme rada i neiskorišteno vrijeme stroja prema britanskom standardu (prilagođena slika iz [ILO, 1996]).....	50
Tablica 4.11 Tipizirane aktivnosti kod rada sa strojem (prilagođeno prema [Car i sur., 1983]).....	51
Tablica 4.12 Podjela izgubljenog vremena pri izvođenju građevinskih radova prema odgovornosti izvođača.....	54
Tablica 4.13 Uzroci gubljenja produktivnosti izvođača i pravo na nadoknadu (prema [Alaghbari, 2007a], [Saleh i sur., 2009], [Trauner i sur., 2009], [Hamzah i sur., 2011], [Twana, 2015], [Akhund i sur., 2017]).....	54
Tablica 4.14 Podjela uzroka gubljenja vremena koje izvođač može kontrolirati i na njih djelovati (prilagođeno prema [Serpell i sur., 1995]).....	55
Tablica 4.15 Odgovornost za utjecaje koji djeluju na produktivnost kod izvođenja građevinskih projekata (prilagođeno prema [Klanac i Nelson, 2004] i nadopunjeno prema [Posebne uzance o građenju, 2021]).....	55
Tablica 5.1 Pregled uže usmjerenih istraživanja utjecaja na produktivnost izvođenja građevinskih radova.....	60
Tablica 5.2 Čimbenici koji uslijed promjena na projektu mogu bitno utjecati na produktivnost rada (prema [MCAA, 2016]).....	67
Tablica 5.3 Vanjski i unutarnji čimbenici produktivnosti (prema [Horner i Witehead, 1986], [Olomolaiy, 1988], [Aoun, 2013], [Durdeyev i Ismail, 2016])...	68
Tablica 5.4 Podjela čimbenika prema Ailabouni i sur. (2009).....	70
Tablica 5.5 Detaljnije grupiranje utjecajnih čimbenika na produktivnost rada.	71
Tablica 5.6 Glavni i osnovni čimbenici u istraživanjima utjecaja na produktivnost strojeva na gradilištima.....	75
Tablica 5.7 Značenje ocjena na Likertovoj skali kod ocjenjivanja čimbenika produktivnosti.....	87

Tablica 5.8 Prikaz prethodnih pregleda prijašnjih istraživanja.....	93
Tablica 5.9 Izračun zbirnog poretka važnosti čimbenika koji utječu na produktivnost građenja prema rezultatima rangiranja iz inozemnih istraživanja od 2011. do 2021. godine.....	96
Tablica 5.10 Rezultati ispitivanja utjecaja na produktivnost rada izvođača u Europi.....	100
Tablica 5.11 Pregled istraživanja s usporedbom rangiranja važnosti čimbenika produktivnosti rada od radnika i drugih ispitanika.....	103
Tablica 5.12 Pregled prethodnih istraživanja čimbenika produktivnosti radnika u Hrvatskoj.....	105
Tablica. 5.13 Ukupni poredak najznačajnijih čimbenika različite građevinske mehanizacije prema bodovanju ranga utvrđenog prethodnim istraživanjima	108
Tablica 5.14 Istovjetni čimbenici koji značajno utječu i na produktivnost radne snage i na produktivnost strojeva na gradilištu.....	111
Tablica 5.15 Rezultati prethodnih mjerenja udjela u radnom vremenu na različitim projektima.....	114
Tablica 5.16 Izmjereni udjeli u vremenu kod izvođenja radnih procesa u pogonu za proizvodnju a.b. elemenata u Zagrebu (prema [Marušić, 1994]).....	118
Tablica 5.17 Istraživanjima utvrđeni najvažniji uzroci gubljenja radnog vremena	119
Tablica 6.1. Vrijednosti Cronbach alfa koeficijenta prema ocjenama pilot ispitivanja.....	125
Tablica 6.2 Rangovi čimbenika prema utjecaju na produktivnost radne snage prema ocjenama grupa ispitanika i svih ispitanika zajedno.....	133
Tablica 6.3 Rangiranje čimbenika prema utjecaju na produktivnost radne snage kada su ispitanici podijeljeni na samo dvije grupe.....	133

Tablica 6.4 Obradeni rezultati anketnog ispitivanja s rangovima utjecaja na produktivnost radne snage s obzirom na sjedište tvrtke ispitanika.....	137
Tablica 6.5 Rangovi čimbenika koji utječu na produktivnost strojeva prema radnom mjestu ispitanika i za sve zajedno.....	143
Tablica 6.6 Rangovi čimbenika prema utjecaju na produktivnost strojeva na gradilištu po vrstama strojeva s kojom ispitanici imaju najviše iskustva.....	145
Tablica 6.7 Usporedba rangiranja od strane onih koji imaju najviše iskustva sa strojevima za zemljane radove i ostalih grupa ispitanika.....	146
Tablica 6.8 Rezultati anketnog ispitivanja s rangom utjecaja na produktivnost strojeva s obzirom na dio Hrvatske u kojem je sjedište tvrtke iz koje su ispitanici	146
Tablica 6.9 Primjer ispunjenog obrasca prilagođenog 5-minutnog ocjenjivanja	150
Tablica 6.10 Prosječni udjeli vremena po vrstama radova utvrđeni 5-minutnim ocjenjivanjem kod rada radnika.....	158
Tablica 6.11 Prosječni udjeli trošenja vremena po vrstama strojeva utvrđeni 5-minutnim ocjenjivanjem.....	160
Tablica 7.1 Čimbenici koji utječu na produktivnost radnika s iskazanim kumulativnim udjelom utjecaja.....	173
Tablica 7.2 Čimbenici koji utječu na produktivnost strojeva s iskazanim kumulativnim prirastom utjecaja.....	174
Tablica 7.3 Usporedba rangiranja prema ocjenama svih ispitanih i prema srednjoj ocjeni grupa ispitanika o utjecajima na produktivnost radnika.....	182
Tablica 7.4 Usporedba rangiranja prema ocjenama svih ispitanih i prema srednjoj ocjeni grupa ispitanika o utjecajima na produktivnost strojeva.....	182
Tablica 7.5 Usporedba ranga važnosti čimbenika produktivnosti radne snage prema ispitivanju u Hrvatskoj s rangom utvrđenim ispitivanjima u inozemstvu.	186

Tablica 7.6 Usporedba ranga čimbenika koji utječu na produktivnost strojeva u Hrvatskoj s rangom utvrđenim prema ispitivanjima u inozemstvu.....	192
Tablica 7.7 Usporedba čimbenika koji negativno utječu i na produktivnost radnika i na produktivnost strojeva na hrvatskim gradilištima.....	196
Tablica 7.8 Čimbenici na koje može djelovati (kontrolirati) uprava izvođača.	200
Tablica 7.9 Usporedba najvažnijih gubitaka radnog vremena evidentiranih FDS-om i CQ-om i ranga čimbenika produktivnosti radnika	
Tablica 7.10 Usporedba poretka učestalosti evidentiranih gubitaka radnog vremena i ranga čimbenika produktivnosti radnika prema ocjenama učestalosti njihovog djelovanja	
Tablica 7.11 Usporedba načina gubljenja radnog vremena radnika uočenih različitim tehnikama mjerenja	
Tablica 7.12 Utjecaj najvažnijih čimbenika produktivnosti radne snage na gubitke vremena i produktivnosti.....	217
Tablica 7.13 Podjela prema odgovornosti za gubljenje radnog vremena radnika utvrđenog s pomoću FDS-a i CQ-a.....	219
Tablica 8.1. Mjere za povećanje produktivnosti rada u građevinarstvu i autori koji su ih preporučili.....	228
Tablica 8.2 Pozitivni utjecaj osobina radnika na produktivnost rada u koji su uključeni.....	234
Tablica 8.3 Pozitivna djelovanja uprave izvođača na radnike.....	235

Popis simbola i kratica

α - Cronbach alfa koeficijent

A_i - raspon intervala, tj. zona važnosti

AHP - *Analytic Hierarchy Process* (hrv. analitički hijerarhijski proces)

AMAC – *Advanced Materials Advisory & Consultancy* (hrv. savjetovanje o naprednim materijalima i konzalting)

BIM - *Building Information Modeling* (hrv. modeliranje informacija o građevini)

CII - *Construction Industry Institute* (hrv. Institut za građevinarstvo)

CQ - *Craftman questionnaire* (hrv. ispitivanje građevinskih majstora)

CV - *Coefficient of variation* (hrv. koeficijent varijacije)

DI - *Disruption index* (hrv. indeks poremećaja)

FDS - *Foreman delay surveys* (hrv. istraživanje zastoja od strane predradnika)

FI - *Frequency index* (hrv. indeks učestalosti)

GCC - *Gulf Cooperation Council* (hrv. Vijeće za suradnju zemalja Zaljeva - Bahrein, Kuvajt, Oman, Katar, Saudijska Arabija i UAE)

ILO - *International Labour Organization* (hrv. Međunarodna organizacija rada)

LUF - *Labour utilisation factor* (hrv. faktor iskorištenja radne snage)

MCAA - *Mechanical Contractors Association of America* (hrv. Američka udruga izvođača strojarских radova)

MENA - *Middle East and Northern Africa* (hrv. Bliski istok i sjeverna Afrika)

MFP - *Multi-factor productivity* (hrv. višefaktorska produktivnost)

MPDM - *Method Productivity Delay Model* (hrv. metoda modela gubljenja produktivnosti)

MS / MIS - *Mean score / Mean item score* (hrv. srednja ili prosječna vrijednost)

OECD - *Organisation for Economic Cooperation and Development* (hrv. Organizacija za ekonomsku suradnju i razvoj)

PF - *Performance factor* (hrv. faktor izvedbe)

PMI - *Project management index* (hrv. indeks upravljanja projektom)

PR - *Performace ratio* (hrv. omjer izvedbe)

PWI - *Project waste index* (hrv. indeks gubitaka projekta)

RII - *Relative Importance Indeks* (hrv. indeks relativne važnosti)

r_s - Spearmanov koeficijent

SI - *Severity index* (hrv. indeks ozbiljnosti ili značaja)

SPSS - *Statistical package for social sciences* (hrv. Statistički paket za društvene znanosti)

W - Kendallov koeficijent korelacije ranga

(prazna stranica)

1. UVOD

Produktivnost izvođača bitna je odrednica uspješnosti realizacije građevinskih projekata, a ona proizlazi iz razine iskorištenosti raspoloživih radnika i strojeva, odnosno gubitaka njihovog radnog vremena [Ghoddousi i sur., 2014], [Hasan i sur., 2018], [Hamza i sur., 2019]. Zbog specifičnosti projektne proizvodnje i prirode izvođenja radova na gradilištima, gubici radnog vremena u građevinarstvu višestruko su veći, a produktivnost znatno niža od one koja se uobičajeno postiže kod tvorničke proizvodnje [Tran i Tookey, 2011], [Goulding i Rahimian, 2012], [Aziz i Hafez, 2013], gdje su bolji radni uvjeti i kontrola, a radnici mogu koristiti šablone pri radu i više se uigrati [Mader, 2003].

Građevinarstvo ima velik utjecaj na cijelo gospodarstvo, a već je dugi niz godina u mnogim državama kritizirano zbog nezadovoljavajuće produktivnosti [Nassri i sur., 2021] i posljedičnog prekoračenja planiranih rokova i troškova realizacije projekata. U Hrvatskoj se također produktivnost rada ističe kao najslabija točka građevinskog sektora [Dokonal, 2021].

Općenito, na izvedbi građevinskih projekata dominantan je udio rada radnika i u prosjeku se troškovi rada procjenjuju na oko 30 - 50 % cjelokupnog troška projekta [Yates i Guhathakurta, 1993], [McTague i Jergeas, 2002], [Hanna i sur., 2005], [Enshassi i sur., 2007], [Jarkas i Bitar, 2012], [Nassri i sur., 2021]. Uz pretpostavku da je zajednički udio radnika i mehanizacije na gradilištu u troškovima oko 50 %, Horner (2020) preko mogućeg povećanja njihove produktivnosti procjenjuje potencijalnu uštedu troškova izvedbe građevinskih projekata na ukupno 15 %.

Zato su česta razmatranja mogućnosti poboljšanja produktivnosti rada u građevinarstvu. Poznavanje veličine ostvarene produktivnosti i njena usporedba s referentnim parametrima pokretač je mjera unaprjeđenja poslovanja. Kako bi se gubici vremena sveli na najmanju moguću mjeru, nužno ih je prvo prepoznati i kvantificirati, a to nije lako jer su različiti za različite projekte i različite vrste aktivnosti [Denzer i sur., 2015], često su skriveni iza aktivnosti koje dodaju vrijednost u različitim oblicima [Shingo, 1988] i pod

utjecajem su većeg broja čimbenika, koji su nerijetko komplicirano povezani. Poznavanje koji čimbenici i koliko značajno utječu na produktivnost po jačini i učestalosti djelovanja te njihovi uzroci diktiraju prioritet mjera za unaprjeđenje produktivnosti.

Problematika postignutog produktivnog vremena i izgubljenog vremena tijekom rada te utjecaja na produktivnost više od 40 godina intenzivno je istraživana svuda u svijetu, o čemu piše veliki broj članaka, poslijediplomskih radova i izvješća raznih institucija. Ta istraživanja različito su fokusirana (na samu produktivnost rada, na utjecaje na kašnjenje realizacije projekata općenito i pojedinačno, na određene građevinske procese itd.) i nisu potpuno usklađena, odnosno ujednačena prema definicijama i ispitivanim parametrima, što otežava usporedbe rezultata. Velika većina dosadašnjih studija produktivnosti u građevinarstvu pruža samo percepciju jedne vrste ispitanika (uglavnom iz redova menadžmenta izvođača i investitora) i ne mjeri gubitke vremena i iskorištenost radnika na većem uzorku. Prethodna istraživanja u Hrvatskoj ne otkrivaju razinu gubljenja radnog vremena na gradilištima, što je potrebno za uviđanje veličine ovog problema i pokretanje odgovarajućih mjera za njegovo prevladavanje. Procjene djelovanja čimbenika produktivnosti potrebne su i za planiranje vremena realizacije i potrebnih resursa te kao dokaz o šteti zbog odgovornosti za negativne utjecaje pri građenju.

2. CILJEVI, HIPOTEZE I METODE ISTRAŽIVANJA I

STRUKTURA DISERTACIJE

2.1 Ciljevi i planirani doprinos istraživanja

Uvažavajući važnost produktivnosti za realizaciju građevinskih projekata, u okviru ove disertacije utvrđuju se i analiziraju gubici radnog vremena i produktivnosti izvođača u hrvatskom građevinarstvu.

Glavni postavljeni ciljevi poduzetog istraživanja su:

- C1: Istražiti metode i rezultate dosadašnjih istraživanja produktivnosti kod izvođenja građevinskih projekata u svijetu.
- C2: Odrediti važnosti i učestalosti utjecaja na produktivnost radne snage kod izvođenja građevinskih radova u Hrvatskoj.
- C3: Odrediti važnost i učestalost utjecaja na produktivnost strojeva kod izvođenja građevinskih radova u Hrvatskoj.
- C4: Definirati kriterije za izbor (višekriterijski) mjera poboljšanja produktivnosti izvođača.
- C5: Definirati ograničenja i smjernice za primjenu razmatranih mjera za poboljšanje produktivnosti.

Uz glavne ciljeve definirani su i s njima povezani podciljevi:

- PC1: Razmotriti razliku percepcija važnosti negativno djelujućih čimbenika produktivnosti između grupa ispitanika podijeljenih prema njihovoj funkciji i cjeloživotnom iskustvu na realizaciji građevinskih projekata.
- PC2: Utvrditi razlike i sličnosti u rangiranju utjecajnih čimbenika u Hrvatskoj i onih utvrđenih prethodnim istraživanjima u inozemstvu.
- PC3: Kvantificirati gubitke radnog vremena i utvrditi način njihovog nastanka kod izvođenja aktivnosti na realizaciji građevinskih projekata u Hrvatskoj.
- PC4: Provjeriti rezultate o gubicima vremena uspoređujući podatke dobivene različitim metodama.

- PC5: Odrediti skup negativnih čimbenika produktivnosti i udio gubitaka radnog vremena za koje je odgovoran izvođač.

Planirani znanstveni doprinos disertacije je sljedeći:

- Identificiranje ključnih gubitaka vremena kod izvođenja radova na hrvatskim gradilištima.
- Identificiranje utjecaja koji predstavljaju najveći rizik za produktivnost izvođenja građevinskih projekata u Hrvatskoj.
- Definiranje kriterija i mjera za poboljšanje produktivnosti izvođača građevinskih radova kroz pripremu i tijekom realizacije građevinskih projekata.

Prema Zakonu o gradnji (2013) građenje je izvedba građevinskih i drugih radova kojima se gradi nova građevina, rekonstruira, održava ili uklanja postojeća građevina, a Leksikon građevinarstva građevinske radove definira kao sve radove koji se obavljaju pri gradnji, rekonstrukciji i održavanju građevina, u što su uključeni i popravci oštećenja za vrijeme uporabe građevina [Simović, 2002]. To je naglašeno jer su gubici radnog vremena radnika i strojeva utvrđivani kod izvođenja različitih vrsta građevinskih radova, a ispitivani čimbenici koji utječu na produktivnost također se odnose na sve radove pri realizaciji građevinskih projekata.

U disertaciji se pod građevinskim strojevima ili građevinskom mehanizacijom podrazumijevaju sva pomoćna radna sredstva u procesu građenja koja su pokretana bilo kojom vrstom motora, a uključuju i vozila i druga transportna sredstva [Linarić, 2005],[Vukomanović i sur., 2018]. Strojevi i sredstva za prijenos i prijevoz tereta, zajedno s postrojenjima, alatima i skelama te drugim sredstvima za povremeni rad na visini, prema Zakonu o zaštiti na radu (2014) smatraju se radnom opremom.

2.2 Hipoteze disertacije

Za istraživanje u okviru disertacije postavljene su sljedeće hipoteze:

- H1: Kod izvođača građevinskih radova postoje različiti gubici vremena, opravdani (za koje je odgovoran investitor ili nastaju zbog djelovanja više sile) i neopravdani, koji umanjuju njihovu produktivnost.
- H2: Neopravdani gubici radnog vremena izvođača u Hrvatskoj imaju značajan utjecaj na njihovu produktivnost kod realizacije građevinskih projekata.
- H3: Pojedini utjecaji na realizaciju građevinskih projekata i utjecaji na produktivnost radnika i strojeva razlikuju se ovisno o lokaciji i izvođačima radova.

2.3 Metode istraživanja

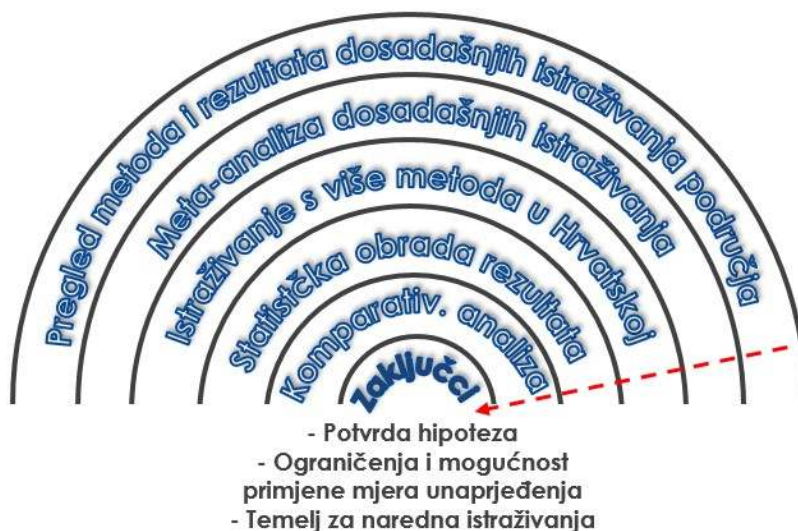
Kako bi se ostvarili ciljevi istraživanja i dokazale postavljene hipoteze, u istraživanju se za prikupljanje podataka i njihovu analizu primjenjuju kvantitativne i kvalitativne metode navedene u tablici 2.1.

Tablica 2.1 Istraživačke metode i njihova primjena u okviru disertacije

Metoda	Primjena za:
Kišobran istraživanje postupaka i rezultata prethodnih istraživanja	pregled prethodnih istraživanja o predmetnoj temi, kao usmjerenje za istraživanje u okviru disertacije
Meta-analiza	tumačenje rezultata prethodnih znanstvenih istraživanja i stvaranje zaključka o njihovoj prihvatljivosti (kritički osvrt)
Polustrukturirani intervjui stručnjaka s dugogodiš. iskustvom	provjera i ažuriranje sadržaja anketnih upitnika definiranih na temelju sinteze prethodnih istraživanja
Anketno ispitivanje zadovoljavajućeg broja stručnih osoba davanjem upitnika „na ruke“	dobivanje ocjena za rangiranje značaja (prema jačini i učestalosti utjecaja) negativno djelujućih čimbenika produktivnosti radnika i strojeva na gradilištu
5-minut. ocjenjivanje modificirano za prikupljanje više podataka	utvrđivanje udjela iskorištavanja radnog vremena radnika i strojeva (produktivno, poluproduktivno i izgubljeno radno vrijeme) na razini određenih radnih aktivnosti, s evidentiranjem načina gubljenja vremena produktivnosti

Terensko ispitivanje o dnevnim i tjednim gubicima vremena	kvantificiranje gubitaka vremena radnika i klasificiranje načina na koji nastaju
Statistička analiza rezultata (deskriptivna i inferencijalna statist.)	izračun parametara (srednje ocjene, indeksa relativne važnosti, indeksa učestalosti, indeksa značaja, Cronbach alfa koeficijenta i Spearmanovog i Kendallovog koeficijenta korelacije) te tumačenje rezultata
Komparativna analiza	usporedba rezultata ispitivanja u Slavoniji i drugim dijelovima Hrvatske, rezultata u Hrvatskoj i sinteze rezultata istraživanja u inozemstvu, značajnosti čimbenika produktivnosti radnika i strojeva, gubitaka vremena na novogradnji i radovima na postojećim građevinama i analiza rezultata dobivenih različitim metodama prikupljanja podataka

Predviđene metode istraživanja detaljnije su opisane u narednim poglavljima. U poglavljima 3.2 i 3.3 objašnjene su metode koje se općenito primjenjuju za utvrđivanje produktivnog vremena i gubitaka radnog vremena te parametri kojima se to iskazuje, a u 5.4 opisana je metodologija ispitivanja čimbenika koji utječu na produktivnost, kakva je primjenjivana u prethodnim istraživanjima. Slijed primjene metoda u ovom istraživanju pokazuje slika 2.1



Slika 2.1 Slijed primjene metoda usmjerenih na ostvarenje postavljenih ciljeva

Slika 2.1 pokazuje povezani put od početnog pregleda literature o prethodnim istraživanjima predmetne problematike do obrade i analize rezultata, na čemu se temelji izbor mjera poboljšanja produktivnosti izvođača i iz čega proizlaze potvrde postavljenih hipoteza i doprinosi ovog istraživanja.

2.4 Redoslijed istraživanja

Nakon određivanja ciljeva i svrhe istraživanja, definirano je dvanaest koraka kroz koje se ono provodi. Ti koraci opisani su u tablici 2.2.

Tablica 2.2 Koraci istraživanja u okviru disertacije

Koraci	Sadržaj koraka
1. korak	Istraživanje problematike produktivnosti u građevinarstvu (gubitaka radnog vremena i utjecaja na produktivnost radne snage i mehanizacije izvođača) na temelju dostupnih izvora. Paralelno s tim je i istraživanje predloženih mjera za poboljšanje produktivnosti autora dosadašnjih istraživanja. Izdvajanje najznačajnijih čimbenika za produktivnost radnika i strojeva s vrednovanjem (bodovanjem) rezultata novijih istraživanja u inozemstvu. Razmatranje pogodnosti i nedostataka primijenjenih metoda istraživanja.
2. korak	Terensko mjerenje produktivnog rada i evidentiranje gubitaka vremena različitim metodama (kombinacijom modificiranog 5-minutnog ocjenjivanja te ispunjavanjem upitnika o zastojima rada radnika od strane majstora i predradnika ili voditelja građenja (kod različitih izvođača, različitih projekata i različitih vrsta radova).
3. korak	Analiza međusobne ovisnosti čimbenika koji utječu na produktivnost izvođača obuhvaćenih dosadašnjim istraživanjima (kako bi se bolje definiralo one koji će biti obuhvaćeni ispitivanjem u Hrvatskoj).
4. korak	Konzultiranje u vidu polustrukturiranih intervjua s iskusnim stručnjacima u građevinarstvu i kroz to definiranje čimbenika čiji će se utjecaj na produktivnost anketno ispitivati u daljnjem tijeku istraživanja.
5. korak	Kreiranje upitnika za planirana ispitivanja utjecaja na produktivnost radnika i produktivnost strojeva. U okviru ovog koraka upitnici se provjeravaju pilot-ispitivanjem, koje obuhvaća oko 10 % planiranog ukupnog broja ispitanika.
6. korak	Anketno ispitivanje negativnih utjecaja na produktivnost radnika i na produktivnost strojeva na gradilištu.
7. korak	Obrada rezultata ispitivanja iz 2. koraka - izračun prosječnih vrijednosti i detektiranje najzastupljenijih načina nastajanja gubitaka vremena.
8. korak	Obrada rezultata anketnog ispitivanja iz 6. koraka - izračun srednjih ocjena i indeksa relativne važnosti i učestalosti, definiranje matrica značaja te provjera korelacije rangiranja značaja čimbenika od različitih grupa ispitanika.
9. korak	Analiza svih obrađenih rezultata predmetnog istraživanja, uključujući usporedbu s rezultatima prethodnih istraživanja i usporedbu izmjerenog udjela produktivnog i drugog načina korištenja radnog vremena na razini različitih vrsta aktivnosti i projekata te analiza rezultata dobivenih različitim metodama prikupljanja podataka.
10. korak	Razmatranje mogućih mjera za poboljšanje produktivnosti rada na temelju analize prijedloga autora sličnih dosadašnjih istraživanja, s uzimanjem u obzir specifičnosti građevinske proizvodnje i uvjeta u hrvatskom građevinarstvu i ovdje utvrđenih rezultata o negativnim utjecajima i gubljenju radnog vremena.
11. korak	Analiza ograničenja primjene i isplativosti mogućih mjera izvođača za povećanje produktivnosti te definiranje kriterija za izbor najpogodnijih.
12. korak	Sinteza istraživanja, zaključci i smjernice za daljnja istraživanja ovog područja.

Anketno ispitivanje obavlja se sve dok se ne prikupi broj upotrebljivih odgovora dovoljan za predviđenu razinu pouzdanosti od 95 % uz grešku ± 5 %. Paralelno s priređivanjem ankete i anketiranjem (koraci 3. - 6.), trima su metodama prikupljani podaci o iskorištavanju radnog vremena i načinima gubljenja vremena na gradilištima (2. korak). Prikupljanje podataka promatrača i popunjavanjem obrazaca zaposlenika na gradilištima nastavlja se sve dok se ne postigne zasićenost podacima, tj. u završnoj fazi promatranja ne pronalaze nove vrste gubljenja radnog vremena niti dolazi do bitnije promjene prosječnog postotka načina trošenja radnog vremena utvrđenog na temelju prethodno prikupljenih podataka.

2.5 Struktura disertacije

Disertacija je strukturirana prema uputama Građevinskog i arhitektonskog fakulteta Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku. Na početku je izjava o akademskoj čestitosti, predgovor, sažetak na hrvatskom i engleskom jeziku, sadržaj, popisi slika, tablica i korištenih kratica, a iza toga slijedi glavni dio rada, koji ima devet poglavlja.

U prvom, uvodnom poglavlju, istaknut je problem gubitaka radnog vremena i nezadovoljavajuće produktivnosti pri realizaciji građevinskih projekata te nedostatak istraživanja ove problematike u Hrvatskoj, kao podloge za analiziranje i poduzimanje mjera unaprjeđenja.

Drugo poglavlje predstavlja ciljeve i hipoteze istraživanja u okviru disertacije i ukratko su opisani koraci i metode ovog istraživanja.

Treće poglavlje pojašnjava pojam produktivnosti i specifičnosti njenog iskazivanja u građevinarstvu, poglavito na razini izvođača i građevinskih projekata. Obrazložena je važnost produktivnosti u građevinskom sektoru i potreba mjerenja, odnosno praćenja ostvarene produktivnosti. Također, dan je pregled pokazatelja uspješnosti poslovanja povezanih s produktivnosti i iskorištenjem radnog vremena. Uz to, predstavljene su najčešće korištene

metode mjerenja produktivnog i izgubljenog radnog vremena (čije su karakteristike i nedostaci važni za definiranje pristupa prikupljanju podataka primijenjenog u predmetnom istraživanju).

Četvrto poglavlje pojašnjava strukturu radnog vremena radnika i strojeva na gradilištu, što obuhvaća produktivne i poluproduktivne aktivnosti i nekorisno utrošeno vrijeme. Povezano s tim, navedena su uobičajena tumačenja odgovornosti za uzroke zastoja i gubitaka produktivnosti, odnosno posljedice toga na ciljeve izvedbe građevinskog projekta.

Peto poglavlje prezentira područje dosadašnjih istraživanja produktivnosti u građevinarstvu. Dan je opsežan pregled ispitivanih čimbenika koji utječu na produktivnost radne snage i strojeva na građevinskim projektima i napravljena je sinteza ranga važnosti određenog prema novijim ispitivanjima na šest kontinenata. Posebno su dani rangirani čimbenici produktivnosti radne snage utvrđeni ispitivanjima u Europi i u Hrvatskoj. Pokazana je metodologija ovakvih ispitivanja i parametri prema kojima se rangira važnost čimbenika, a ukazano je i na probleme i nedostatke nekih studija. Nakon toga dan je pregled rezultata prethodnih ispitivanja iskorištenosti i gubitaka radnog vremena na procesima realizacije građevinskih projekata te najvažniji uočeni uzroci gubljenja vremena.

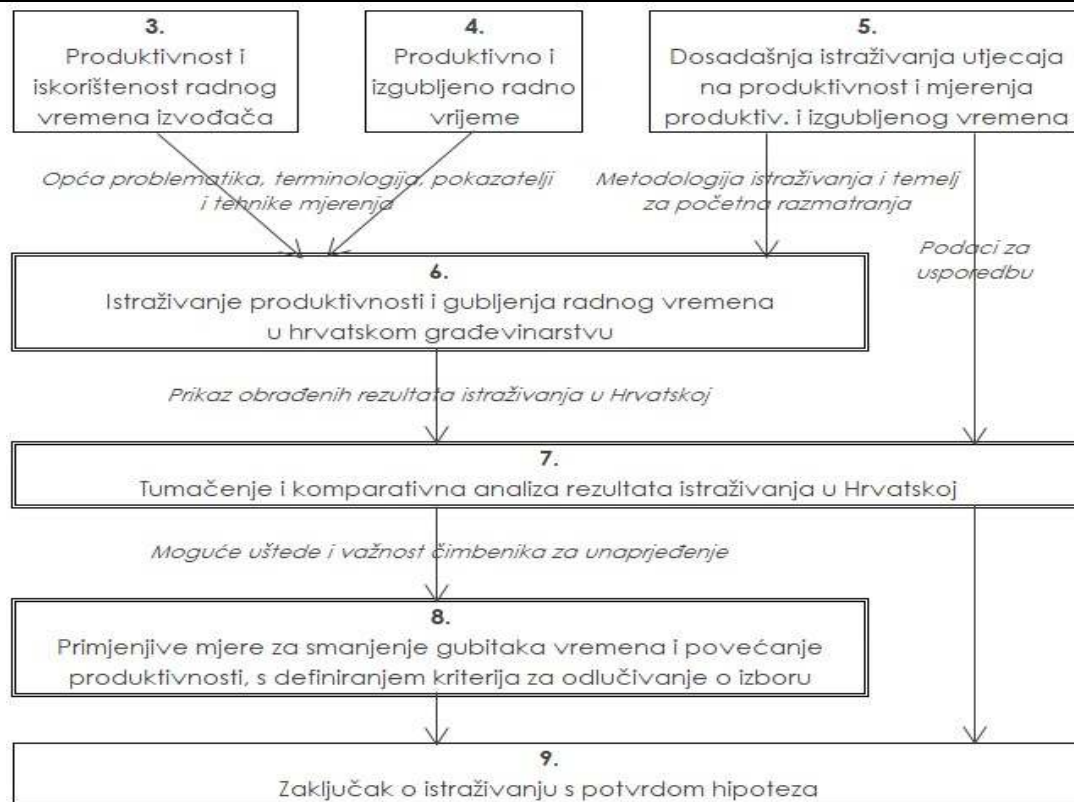
Šesto poglavlje detaljno opisuje i obrazlaže provedene metode prikupljanja podataka u ovom istraživanju i tablično i grafički pokazuje dobivene, statistički obrađene rezultate. Prvo je opisano anketno ispitivanje negativnih utjecaja na produktivnost radnika i posebno na produktivnost strojeva na gradilištu, na temelju kojeg je napravljeno rangiranje čimbenika prema njihovom ukupnom značaju. Zatim su prezentirani prilagođeno 5-minutno ocjenjivanje produktivnosti i terenska ispitivanja poslovođa i voditelja radova te građevinskih radnika, kojima su dobiveni udjeli produktivnog i izgubljenog radnog vremena i evidentirani načini gubljenja radnog vremena. U okviru ovog poglavlja uspoređene su ocjene važnosti dobivene od različitih grupa ispitanika i rezultati dobiveni u slavonskim županijama i u drugim dijelovima Hrvatske.

Sedmo poglavlje tumači i uspoređuje dobivene rezultate istraživanja. Razmotrena je raspodjela jačine utjecaja čimbenika produktivnosti radnika i čimbenika produktivnosti strojeva na gradilištu. Dublje je analizirano ocjenjivanje u okviru anketnog ispitivanja i preferencije pojedinih grupa ispitanika. Uspoređen je rang značaja utjecajnih čimbenika utvrđen u Hrvatskoj s rezultatima iz prethodnih ispitivanja i analizirane su razlike utjecaja prema lokaciji izvođenja radova. Iskorištenost radnog vremena u Hrvatskoj uspoređena je s rezultatima mjerenja u inozemstvu, a uspoređeni su i analizirani udjeli izgubljenog vremena dobiveni različitim metodama. Posebno su izdvojeni negativni čimbenici i udio izgubljenog radnog vremena koji su u djelokrugu moguće kontrole i djelovanja izvođača radova.

Osmo poglavlje pruža pregled i pojašnjenje mjera za smanjenje gubitaka vremena i poboljšanje produktivnosti iznesenih u prethodnim istraživanjima u inozemstvu. Na to se nadovezuje prijedlog odgovarajućih mjera za izvođače građevinskih procesa u Hrvatskoj, definiran prema ovim istraživanjem utvrđenim najznačajnijim negativnim utjecajima i načinima gubljenja radnog vremena. Uz to su definirani kriteriji koje treba uzeti u obzir za odlučivanje o poduzimanju mjera u konkretnim slučajevima.

U devetom, zaključnom poglavlju, naglašene su spoznaje i znanstveni doprinos ovog istraživanja. Obrazložena je potvrda postavljenih hipoteza i dane su smjernice za buduća istraživanja na mikro razini problematike produktivnosti u Hrvatskoj.

Povezanost ovih poglavlja za pojašnjavanje i predstavljanje u disertaciji provedenog istraživanja pokazuje slika 2.2.



Slika 2.2 Povezanost sadržaja ključnih poglavlja disertacije

Na kraju disertacije nalazi se popis citirane literature, prilozi i životopis autora.

3. PRODUKTIVNOST I IZGUBLJENO RADNO VRIJEME IZVOĐAČA GRAĐEVINSKIH PROJEKATA

3.1 Definicije i vrste produktivnosti

Nema jedne, univerzalne definicije produktivnosti ili proizvodnosti, niti ima potpunog suglasja o njenom značenju [Yi i Chan, 2013], [Nassri i sur., 2021], već postoje različita gledišta na produktivnost, pa su tako različiti i načini njenog definiranja i mjera preko kojih se izražava [Halligan i sur., 1994], [Lema i Samson, 1995], [Shehata i El-Gohary, 2011], [Attar i sur., 2012].

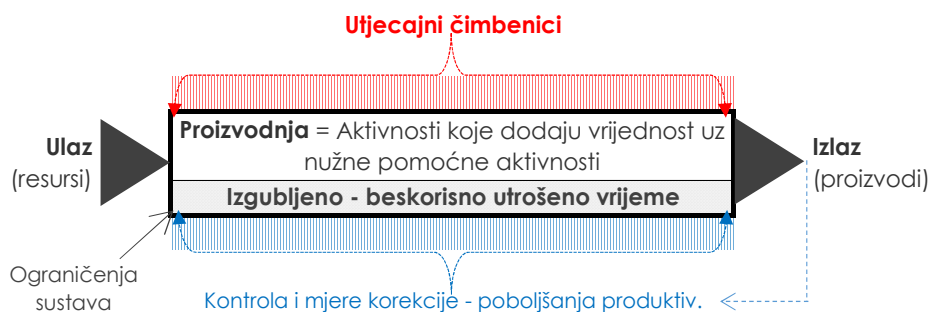
Definiranje produktivnosti prije svega se razlikuje ovisno o razinama sagledavanja i mjerenja te ciljevima njenog iskazivanja [Ghate i Minde, 2016], a ovisi i o karakteristikama posla i dostupnosti podataka. Zato se pojam produktivnost razlikuje od jedne do druge djelatnosti, pa čak definicija produktivnosti varira kada se primjenjuje na različitim područjima unutar jedne djelatnosti, kao što je građevinarstvo [Gundecha, 2013]. Moselhi i Khan (2012) zapazili su kako je problem u tome što definicija produktivnosti rada uvelike ovisi o percepciji stručnog tima uključenog u građevinski projekt. Whiteside (2006) i Shehata i El-Gohary (2011) primjećuju kako mnogi nesporazumi o produktivnosti u građevinarstvu vjerojatno proizlaze upravo iz neusklađene terminologije [Shehata i El-Gohary, 2011], a Dolage i Chan (2013) su u analizi 121 članka koji su imali u ključnim riječima „produktivnost građenja“ (izvorno *construction productivity*) uočili da je među nekim od ovih članaka važna značajka propuštanje jasne definicije produktivnosti.

Produktivnost je višedimenzionalni pojam i općenito se može tumačiti kao:

- sposobnost za proizvodnju [Jarkas, 2005], odnosno kapacitet proizvodnje [Ingvaldsen i sur., 2004] ili snaga za proizvodnju [Yi i Chan, 2013]
- odnos između proizvednog izlaza i utrošenog ulaza, tj. omjer dobivenog rezultata i ulaganja različitih resursa (proizvodnih faktora) [Kusterer, 1980], [Drewin, 1982], [ILO, 1996], [Marušić, 1994], [Coeli i sur., 1998], [OECD,

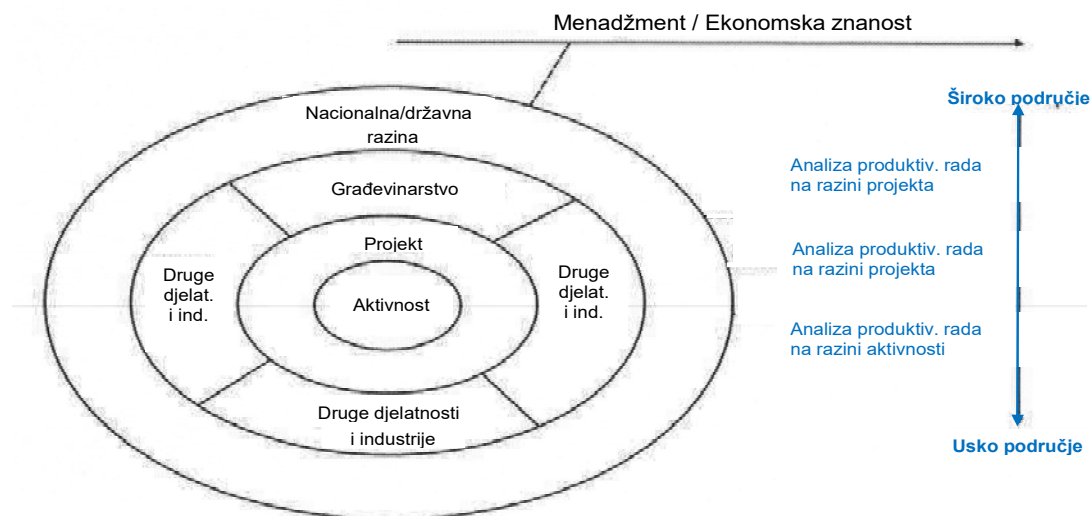
- 2001], [McLellan, 2004], [Klanac i Nelson, 2004], [Park i sur., 2005], [Su, 2010], [Ahuja i Sharma, 2016]
- djelotvornost i učinkovitost pretvaranja resursa u utržive proizvode [Wilcox i sur., 2000], odnosno prema *online* Oxfordovom rječniku, brzina kojom se proizvodi proizvod zadovoljavajuće kvalitete ili stopa proizvodnje u određenom vremenskom razdoblju [Borcherdin i Liou, 1986], [Halligan i sur., 1994], [Klanac i Nelson, 2004], [Yi i Chan, 2013], [Gelo i Družić, 2015]
 - mjera iskorištenja resursa za proizvodnju [Yi i Chan, 2013], [Ahuja i Sharma, 2016], poglavito radne snage i strojeva [Miron i sur., 2016], [Mwanza i Mbohwa, 2016], [Chia i sur., 2018]
 - učinkovitost upravljanja radnom snagom i opremom [Miron i sur., 2016], [Mwanza i Mbohwa, 2016], [Chia i sur., 2018]
 - kritična odrednica ekonomičnosti, odnosno troškovne efikasnosti [Ahuja i Sharma, 2016]
 - ključni izvor gospodarskog rasta i konkurentnosti [Ahuja i Sharma, 2016].

Produktivnost se uglavnom vezuje za fizičke pojave u proizvodnji [Ahuja i Sharma, 2016]. Osnovna definicija produktivnosti u građevinarstvu je omjer izlaza i ulaza [Dozzi i AbouRizk, 1993], [Cox i sur., 2003], [Song i AbouRizk, 2008]. U pravilu je to količina izlaza po jedinici unosa [Su, 2010] [Office for National Statistics, 2016], [Green, 2016], što je ograničeni broj određenih, utrošenih resursa [Marušić, 1994]. Na slici 3.1 je shematski prikaz proizvodnog sustava koji je otvoren (izložen vanjskim utjecajima), dinamičan (promjenjiv u vremenu) i treba biti kontroliran prema postignutoj produktivnosti te fleksibilan.



Slika 3.1 Proizvodni sustav izvođača radova, s ulazom i izlazom preko kojih se mjeri produktivnost (nadopunjeno prema [Ingvaldsen i sur., 2010])

Produktivnost se može određivati na makrorazini cijele građevinske djelatnosti ili na razini tvrtke izvođača radova i/ili projekta, pa sve do pojedinih članova radne grupe [Su, 2010]. Na makrorazini djelatnosti produktivnost se promatra kao skup velikog broja realiziranih projekata i svih izvođača na tom području [Gelo i Družić, 2015]. To pokazuje slika 3.2.



Slika 3.2 Razine analize kod istraživanja produktivnosti rada u građevinarstvu (prema [Yi i Chan, 2013])

Na mikrorazini određivanje produktivnosti temelji se na ukupnom profitu, iskorištenju resursa i vremenu završetka radova pojedinih izvođača [A guide to improving productivity]. Kod izvođača na građevinskim projektima izlaz je građevina, odnosno njeni dijelovi, a ulazi koji se uzimaju u obzir za određivanje produktivnosti mogu biti različiti. Može se ograničiti samo na jedan ulazni parametar, a utjecaj promjena svih ostalih zanemariti [Rogers, 1998] i onda je to parcijalna produktivnost. No produktivnost rada, tj. količina posla koju radnici naprave u određenom vremenu može se mijenjati pod utjecajem tehnološke promjene (razvoja) ili drugih poboljšanja proizvodnog procesa, koja su rezultat promjene uloženog omjera kapitala i rada. Boljom opremljenosti izvođača postiže se veća produktivnost rada, ali to povećanje izlaza omogućeno je povećanjem ulaza u smislu uloženog kapitala [Gelo i Družić, 2015].

Ukupna ili višefaktorska produktivnost obuhvaća više vrsta korištenih ulaza,

izravnih i posrednih. To mogu biti [Eastman i Sacks, 2008], [Shehata i El-Gohary, 2012], [Ayele i Fayjek, 2019]:

- uloženi rad - radna snaga
- materijali korišteni za izgradnju
- strojevi i druga oprema
- energija uložena za izvedbu projekta
- kapital.

A Guide to Improving Construction Productivity ovome još dodaje troškove vlasnika koji nisu za radnu snagu, materijal i energiju te neizravni trošak građevinskog projekta, kao npr. za parking, stanovanje, privremene objekte, komunalije itd., a za kapital specificira da se odnosi na troškove najma i opreme. Kod ovakvih izražavanja produktivnosti ulazi se uvijek uzimaju u novčanim jedinicama jer je to jedina zajednička mjera za sve njih. U građevinarstvu se češće za višefaktorsku produktivnost uzima kombinacija samo tri vrste ulaza - rada, opreme i materijala [Naoum, 2016], [Seresht i Fayek, 2019].

Višefaktorska produktivnost uglavnom se koristi na makrorazini za prepoznavanje dugoročnih trendova na razini pojedinih sektora, kao što je uočavanje stagnacije, smanjenja ili stope rasta produktivnosti na razini države.

No problem s određivanjem ukupne produktivnosti građevinskog sektora jest u heterogenosti proizvodnje i vrijednosti proizvoda (ovisi o lokaciji, razlikuje se za zgradarstvo i niskogradnju, novogradnju i obnovu itd.). Glavni je zaključak studije Rojas i Aramvareekula (2003) da su podaci za izračun produktivnosti na makroekonomskoj razini građevinarstva nedovoljno obrađeni, a njihova daljnja manipulacija i interpretacija toliko je problematična da su rezultati nepouzdana i ne može se utvrditi kako se produktivnost zaista kretala u nekom razmatranom razdoblju [Rojas i Aramvareekul, 2003].

Na razini pojedinih tvrtki izvođača korisnost višefaktorske produktivnosti je upitna, jer ona ne pruža osnovu za dosljednu usporedbu i onda tumačenje podataka može biti pogrešno. Također, izračun višefaktorske produktivnosti za

pojedine projekte može podlijevati značajnim netočnostima [Ghate i Minde, 2016]. Teško je predstaviti ukupnu produktivnost u obliku omjera izlaza i ulaza kada se uzima u obzir rezultate u vidu ugleda, vjerodostojnosti, kvalitete i drugih vrlo teško mjerljivih ciljeva. U praktičnom smislu, ne postoji jednostavan način za mjerenje ukupne produktivnosti sa svim ulaznim resursima koji se koriste za postizanje izlaznih rezultata i upravo je to jedan od glavnih razloga za mali broj istraživanja orijentiranih na takvu produktivnost izvođača građevinskih projekata [Dolage i Chan, 2013].

Mikroperspektiva s parcijalnim mjerama produktivnosti usredotočena je na radne zadatke ili procese (aktivnosti) i prikladnija tvrtkama za usporedbu njihove produktivnosti rada. Produktivnost kod pojedinih aktivnosti razlikuje se od one na razini projekta. Produktivnost rada na razini projekta temelji se na ukupnom rezultatu izvedbe sve radne snage u određenom vremenskom razdoblju.

Iako se parcijalna produktivnost prosuđuje samo na temelju jedne ulazne veličine i njom se ne može detektirati efekte promjene izlaza koji nisu obuhvaćeni promjenom mjerenog ulaza, zbog lakše dostupnosti podataka i jednostavnosti izračuna korištena je puno češće [Borcherding i Liou, 1986]. Za parcijalnu produktivnost obračun unosa resursa može biti u mjernim jedinicama koje se odnose na:

- radnu snagu (npr. sat rada čovjeka)
- strojeve (sat rada stroja)
- materijale (mjerna jedinica količine)
- novčanu vrijednost.

Najstarija i najviše korištena mjera parcijalne produktivnosti jest produktivnost prema utrošenom radu, odnosno vremenu, a manje se koristi produktivnost na osnovi uloženog kapitala [Jayamaha i Mula, 2011].

U građevinarstvu se produktivnost vrlo često poistovjećuje s produktivnosti rada, odnosno radne snage [Halligan i sur., 1994], [Hajikazemi i sur., 2017]. Ipak, preciznije gledano, produktivnost građevinskih radnika može se smatrati

podskupom produktivnosti građenja [Herbsman i Ellis, 1990], jer ta produktivnosti ne uzima u obzir rad, odnosno trošak strojeva i druge opreme, koji u suvremenom građevinarstvu, naročito niskogradnji, može jako utjecati na produktivnost izvedbe. Dolage i Chan (2013) su analizom članaka koji su se bavili s produktivnošću građenja utvrdili da se njih 57 % bavilo produktivnosti radnika, 22 % produktivnosti građenja, koja općenito ukazuje na produktivnost gradilišta ili djelatnosti, a samo 6 % ukupnom faktorskom produktivnosti.

Građevinarstvo zahtijeva mjere pogodne za izražavanje produktivnosti gradilišta [Rojas i Aramvareekul, 2003], [Love i Smith, 2003], [Abdel-Hamid i sur., 2004], [Cottrell, 2006], [Liao i sur., 2011], [Naoum, 2016], a kao izrazito radno intenzivnoj djelatnosti [Chan i Kaka, 2007], [Enshassi i sur., 2007], [Jarkas i Bitar, 2012], [Ghate i Minde, 2016], [Chaturvedi i sur., 2018] rad je najvažniji čimbenik i pogodan je za kvantificiranje [Lemma i sur., 1986], stoga je produktivnost rada, odnosno radne snage jako važno mjerilo [Yi i Chan, 2013], široko prihvaćeno kao pokazatelj uspješnosti u građevinskoj djelatnosti [Wandahl i sur., 2021a].

Zato se kod izvođača na građevinskim projektima produktivnost najbolje i najčešće u užem kontekstu mjeri kao količina posla (fizički izmjereni izlaz) po jednom radnom satu ulaza (najčešće „radnik-sat“) [Kavanaugh i sur., 1978], [Borcherding i Liou, 1986], [Halligan i sur., 1994], [El-Gohary i Aziz, 2004], [Alinaitwe i sur., 2005], [Freeman, 2008], [Ailabouni i sur., 2009], [OECD, 2001], [Tran i Tookey, 2011], [Moselhi i Khan, 2012], [Attar i sur., 2012], [Ghoddousi i Hosseini, 2012], [Ghate i Minde, 2016], [Al-Kofahi i sur., 2020], [Nurhendi i sur., 2021], [Dixit, 2021], što se naziva i učinak ili jedinična stopa [Chan, 2002], [Idiako i Ikemefuna, 2014], [Zhang, 2014], [Poirier i sur., 2015], [Al Rawi i sur., 2021], [Wandahl i sur., 2021a]. Takvo određivanje produktivnosti ima sljedeće prednosti [Poirier i sur., 2015]:

- označavanje produktivnosti relativno je razumljivo
- produktivnost radne snage često je najveći izvor varijacija ukupne proizvodnje
- produktivnost drugih ulaza često se može mjeriti s obzirom na produktivnost radne snage.

Za određivanje produktivnosti može se uzimati i količina posla u sat rada jedne radne grupe tj. brigade na gradilištu [Association for the Advancement of Cost Engineering, 2004], jer se većina građevinskih operacija i procesa općenito temelji na izvedbi radnih grupa [Nerwal, 2011].

Kao ulazno, utrošeno vrijeme, tj. sate rada može se uzimati:

- ukupno vrijeme koje plaća izvođač (produktivno i neproduktivno vrijeme [Ghoddousi i Hosseini, 2012])
- vrijeme raspoloživo za rad, tj. ukupno vrijeme umanjeno za neizbježne gubitke (uglavnom stanke potrebne za odmor radnika i zastoje zbog vremenskih prilika) [Horner i Witehead, 1986], [Horner i Talhouni, 1989]
- samo vrijeme produktivnog rada [Park i sur., 2005], [CII, 2012], [Gavili i Mortaheb, 2015].

Neki autori preporučuju posljednje, ali tako se kod određivanja produktivnosti zanemaruju napori i troškovi uloženi u neke pomoćne, odnosno poluproduktivne radove, kao što je npr. priprema.

Kumulativna produktivnost, kao omjer ukupne napravljene količine posla i za to ukupno utrošenih radnih sati, primarno služi za procjenu kako se realizacija radova kreće u cjelini i predviđanje konačne stope produktivnosti po završetku posla [Thomas, 2000], [Shehata i El-Gohary, 2011], [Thomas i Sudhakumar, 2013], [Zhang, 2014].

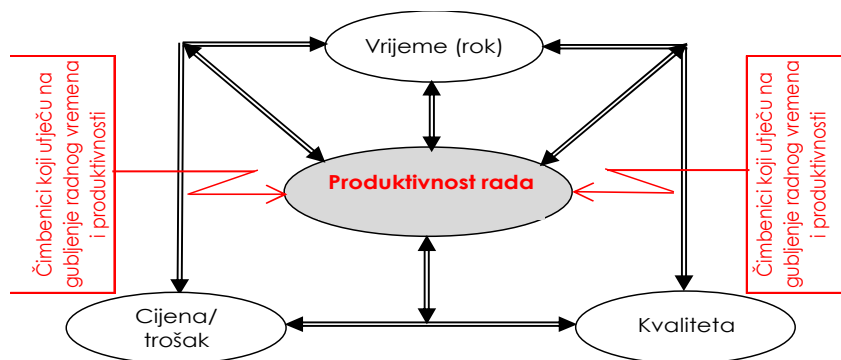
S obzirom na neujednačenost definiranja produktivnosti, ona se može izraziti i obrnuto, kao sati rada potrebni za izradu jedinice gotovog proizvoda [Finke, 1997], [Park i sur., 2005], [Whiteside, 2006], [Yi i Chan, 2013], kao što je u većini normativa vremena. Tada produktivnost predstavlja prosječno vrijeme rada za ugradbu jedinične mjere materijala ili jedinicu proizvoda i kod takvog poimanja produktivnosti njena niža veličina znači bolju produktivnost.

Mjerna ili obračunska jedinica izlaza odabire se prema svrsi studije produktivnosti. Izvođači u građevinarstvu uobičajeno usko definiraju produktivnost prema specifičnostima projekta, gdje jedinice izlaza (m, m², m³, t ili kom) odgovaraju različitim obavljanim aktivnostima [Al Rawi i sur., 2021].

Zbog različitih mjernih jedinica u kojima se obračunavaju, za njihovo kombiniranje na razini izvođača i projekta koriste se novčane vrijednosti [Thomas i Kramer, 1987], [Idiake i sur., 2015], [Shehata i El-Gohary, 2011]. Isto se tako i ulaz, tj. utrošeni rad može izraziti financijskim troškom [Liou i Borchering, 1986], pa se produktivnost može sagledavati kao ostvarena dodana vrijednost po trošku rada [Shehata i El-Gohary, 2011], [Attar i sur., 2012], [Idiakea i Ikemefuna, 2014], [Zhang, 2014], [Kavithra i sur., 2017].

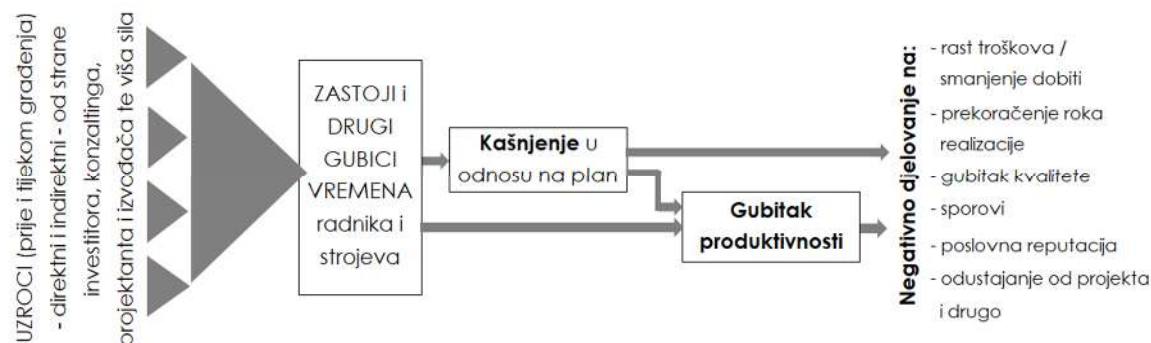
3.2 Važnost produktivnosti izvođača i njeni pokazatelji

S obzirom na to da bolja produktivnost izravno donosi uštedu troškova i povećava profitabilnost poslovanja [Tangen, 2005] te smanjuje potrebu za radnom snagom [Almamlook i sur., 2020], produktivnost je jedan od najvažnijih čimbenika uspješnosti i tržišne konkurentnosti izvođača svih veličina [Proverbs i sur., 1998], [Kazaz i Ulubeyli, 2007], [Green, 2016] [Nurhendi i sur., 2021]. Kako pokazuje slika 3.3, produktivnost na mikrorazini izravno je povezana s uspješnosti postizanja osnovnih, međusobno zavisnih ciljeva svakog građevinskog projekta – troškovima, rokom, kvalitetom i rizikom realizacije. To potvrđuju mnogi izvori, kao npr. Abukhalaf (2021), Nurhendi i sur. (2021), Al Rawi i sur. (2021), Horner (2020), Xu i sur. (2018), Palikhe i sur. (2018), Ajala i sur. (2017), Ghate i Minde (2016) i drugi stariji.



Slika 3.3 Povezanost produktivnosti rada i glavnih kriterija uspješnosti realizacije građevinskih projekata (objedinjeno i nadopunjeno od [Ovararin, 2001] i [Serdar i sur., 2014])

Zbog zastoja i drugih gubitaka radnog vremena smanjuje se produktivnost, a ako je to na aktivnostima koje su na kritičnom putu, dolazi do kašnjenja realizacije projekta i drugih negativnih posljedica. To pokazuje slika 3.4.



Slika 3.4 Izravno i neizravno negativno djelovanje gubljenja produktivnosti i kašnjenja kod radova na građevinskim projektima

Produženje trajanja radne smjene povećava opterećenje radnika, što im može uzrokovati stres te psihički i fizički umor [Dixit i sur., 2017]. Osim umora, tako dolazi do pada morala i motivacije te povećanja stope nesreća i izostanaka, jer su radnici navikli trošiti trud i energiju po određenoj stopi, pa sve to smanjuje razinu njihove produktivnosti [Salhi i Messaoudi, 2021], a to znači da će biti više plaćeni po mjernoj jedinici obavljenog rada. Kašnjenje se može nadoknađivati i povećanim brojem radne snage i paraleliziranim izvođenjem aktivnosti na gradilištu, ali tako se pretrpava radni prostor, nastaju ometanja između radnih grupa (čekanja da drugi naprave svoj dio posla), poteškoća u nadzoru i time opet posljedično smanjenja učinka radnika. Prema istraživanju Salhija i Messaoudija (2021), sami izvođači smatraju da kašnjenje izravno dovodi do opadanja produktivnosti.

Veća produktivnost omogućuje bržu i kvalitetniju isporuku građevina investitoru [Orth i Jenkins, 2003]. Povećanje izlazne vrijednosti gradilišta, uz korištenje istih ulaznih vrijednosti, ojačava izvođača radova, a njihovi izlazni rezultati pozitivno utječu na produktivnost ostalih gospodarskih sektora, jer vrlo je malo onih koji se ne oslanjaju na ili ne koriste neki dio izgrađenog okoliša, odnosno proizvode građevinske djelatnosti. Uz to, povećanje produktivnosti u građevinarstvu

otvara mogućnosti povećanja zarade i privlačenja kvalificiranijih i talentiranijih ljudi, poboljšavanja reputacije ove djelatnosti te potencijala za izvoz usluga na inozemna tržišta [Green, 2016].

Posljednjih se godina sve više obraća pozornost na ugrađenu energiju, koja manjim dijelom proizlazi iz radnih operacija na građevinama, pa se ona štedi s pomoću veće produktivnosti rada izvođača [Wandah i sur., 2021b].

Poznavanje produktivnost na razini tvrtke i na razini pojedinog projekta važno je za planiranje realizacije, procjenu troškova i kontrolu troškova [Proverbs i sur., 1999]. Klanac i Nelson (2004) smatraju kako je najbolja praksa kontrole projekta kontinuirano prikupljanje i analiziranje podataka o produktivnosti tijekom njegove realizacije. Tako se stvaraju i ažuriraju interne baze podataka, a podaci s realizacije tekućeg projekta po potrebi se mogu koristiti za potvrđivanje ili pobijanje tvrdnji o veličini i uzrocima gubitka produktivnosti zbog nečije odgovornosti. Podaci o ostvarenoj produktivnosti omogućuju usporedbu s planom, ali i međusobnu usporedbu radnih grupa, pa i različitih aktivnosti, kao i usporedbu s drugim projektima i izvođačima. No svaki građevinski projekt i njegova realizacija unikatni su, pa usporedbe nisu jednostavne i teško je postaviti standardna mjerila za *benchmarking* produktivnost [Dixit, 2021]. Ipak, veći broj autora i stručnih publikacija produktivnost svrstava u ključne pokazatelje izvedbe [CII, 2012], [Ghate i Minde, 2016], [Okudan i Budayan, 2019].

Na osnovi podataka u svezi ostvarene produktivnosti i iskorištenosti radnog vremena izračunavaju se različiti parametri (indeksi), koji također pokazuju uspješnost poslovanja izvođača ili realizacije pojedinog projekta i mogu poslužiti za unutarnju i vanjsku usporedbu. Iskazivanje ovih parametara važno je za tekuće projekte, jer u slučaju slabijih rezultata treba tražiti uzroke i onda poduzeti odgovarajuće korektivne mjere za poboljšanje [De la Paz, 2014], [Chang i sur., 2015], [Mwanza i Mbohwa, 2016], [Hajikazemi i sur., 2017], [Da Rocha i sur., 2018], a kada je produktivnost rada dobra, primjereno nagraditi djelatnike. Tako redovita procjena uspješnosti izvođača pomaže u upravljanju za donošenje pravovremenih odluka.

U tablici 3.1 opisani su parametri povezani s produktivnosti koji se koriste kao pokazatelji realizacije radova na građevinskim projektima.

Tablica 3.1 Pokazatelji uspješnosti realizacije povezani s produktivnosti i iskorištenosti resursa

Pokazatelj	Značenje
faktor izvedbe (Performance factor – PF) i omjer izvedbe (Performace ratio – PR)	Može se izračunati za svaku aktivnost kao omjer planirane (očekivane) produktivnosti i ostvarene produktivnosti [Poirier i sur., 2015], [Abukhalaf, 2021], [Stimmel i sur., 2022]. Kada je $PF > 1,0$ znači da je izvedba bolja od planirane, a ako je $PR > 1,0$ znači da se stvarno radilo više sati nego u prosječnom osnovnom danu, tj. produktivnost je bila lošija od osnovne produktivnosti [Yi i Chan, 2013]. Recipročno tome, nekada se definira učinkovitost ili omjer izvedbe kao omjer ostvarene i planirane produktivnosti [Hanna i sur.,1999], [Yi i Chan, 2013], [Aziz, 2018]. Može se izračunati za svaku aktivnost kao omjer planirane (očekivane) produktivnosti i ostvarene produktivnosti [Poirier i sur., 2015], [Abukhalaf, 2021], [Stimmel i sur., 2022]. Kada je $PF > 1,0$ znači da je izvedba bolja od planirane, a ako je $PR > 1,0$ znači da se stvarno radilo više sati nego u prosječnom osnovnom danu, tj. produktivnost je bila lošija od osnovne produktivnosti [Yi i Chan, 2013]. Recipročno tome, nekada se definira učinkovitost ili omjer izvedbe kao omjer ostvarene i planirane produktivnosti [Hanna i sur.,1999], [Yi i Chan, 2013], [Aziz, 2018].
PF = planirana stopa produktivnosti / stvarna stopa produktivnosti PR = ostvarena produktivnost / očekivana produktivnost	
stupanj postizanja postavljениh normativa ili radna učinkovitost	Vrlo slično prethodnome, sagledava se kao omjer normativima predviđenog i stvarno utrošenog vremena [Allmon i sur., 2000], [Snyman i Smallwood, 2017]. Sposobni radnici uglavnom prekoračuju normu, dok slabi podbacuju, a Pinter i Lončarić (2006) navode da su granice od – 30 % za podbačaj do + 40 % za prebačaj. mjera radne učinkovitosti = normativima predviđeno vrijeme / stvarno utrošeno vrijeme
stupanj iskorištenosti	Definira se kao omjer između produktivnog vremena i zbroja tog vremena s poluproduktivnim vremenom. Mjeri se kroz određena vremenska razdoblja i treba odrediti donju i gornju granicu odstupanja od predviđenih vrijednosti. Što je manje poluproduktivnog vremena stupanj iskorištenosti je veći [Pinter i Lončarić, 2006]. stupanj iskorištenosti = produktivno vrijeme / (produktivno + poluproduktivno vrijeme)
stupanj zaposlenosti	Zaposlenost, odnosno iskorištenost radnika tijekom radnog vremena pokazuje odnos između njihovog vremena kada rade produktivno i vremena utrošenog na poluproduktivni rad (uz odbitak vremena zastoja u radnom vremenu). Poželjan je što veći stupanj zaposlenosti, jer znači više direktnog rada i manje svih vrsta zastoja u radu [Pinter i Lončarić, 2006]. stupanj zaposlenosti = produktivno vrijeme / poluproduktivno vrijeme
stopa direktn. rada (Direct work rate)	Pokazatelj za sagledavanje i uspoređivanje udjela vremena direktnog, tj. produktivnog rada u ukupnom radu na projektu [Zhang, 2014], kako je evidentirano opažanjima s odgovarajućom metodi praćenja radova. stopa direktnog rada = opažanja produktivnog rada / ukupan broj opažanja

faktor iskorištenja radne snage (<i>Labour utilization factor – LUF</i>)	Slično kao prethodni pokazatelj, ali uz sami produktivni rad uzima u obzir i dio pomoćnog, tj. poluproduktivnog rada. Na temelju praćenja (opažanja) radnika može se uspoređivati po različitim fazama izvedbe u danu, tjednu i mjesecu [Oglesby i sur. 1989], [O'Neill i Panuwatwanich, 2013].
LUF = (vrijeme produktivnog rada + 0,25 x vrijeme pomoćnog rada) / ukupno vrijeme rada Nekada se za izračun LUF-a uzima veći udio vremena pomoćnog rada od 25 % (npr. 1/3 [Abukhalaf i Abusal, 2021] ili čak 100 % [AMAC, 2004]).	
indeks upravljanja projektom (<i>Project management index – PMI</i>) ili indeks gubitaka projekta (<i>Project waste index – PWI</i>).	Kao mjera razlike između stvarne, kumulativne produktivnosti i osnovne produktivnosti (izražene u utrošenim satima po mjernoj jedinici proizvoda), pokazuje utjecaje slabih materijala, opreme i informacija te neadekvatnog planiranja i nadzora, što ovaj indeks čini mjerilom gubitaka. Manji PMI znači da je pozitivan utjecaj uprave projekata na cjelokupnu izvedbu bio veći [Idiaki i Ikemefuna, 2014] i veličina $\leq 0,4$ pokazatelj je razumno prihvatljive učinkovitosti izvedbe [Ghoddousi i sur., 2014]. Bez usporedbe s takvim parametrima izračunatim na drugim projektima ili drugim aktivnostima na istom projektu PMI ima ograničenu korisnost.
PMI = (kumulativna produktivn. – osnovna produktivn.) / očekivana osnovna produktivnost	
indeks poremećaja (<i>Disruption index – DI</i>)	Jednostavno mjerilo za <i>benchmarking</i> produktivnosti rada na projektu, koje pokazuje udio tzv. nenormalnih dana, a to su oni kod kojih je ostvarena produktivnost pod negativnim utjecajima bila više nego duplo slabija od očekivane osnovne produktivnosti (izračunate kao prosjek osnovnih produktivnosti više projekata) [Ghoddousi i sur., 2014]. Što je DI veći, znači da je projekt imao više radnih dana s jako poremećenom produktivnosti i to upućuje na slabu realizaciju. Projekti s $DI < 0,1$ su uspješni, a za projekte kod kojih je $DI > 0,4$ smatra se da su slabo izvođeni [Shehata i El-Gohary, 2011].
DI = broj nenormalnih dana (sa smanjenom produktiv.) / ukupni broj radnih dana na projektu	
promjenjivost produktivnosti rada (<i>Labour productivity variability – V_j</i>) i koeficijent varijacije (<i>Coefficient of variation – CV_j</i>)	Srodan s DI, pokazatelj promjenjivosti dnevne produktivnosti rada za određeni projekt („j“) [Thomas i Završki, 1999]. Promjenjivost za različite projekte ne može se izravno uspoređivati, osim ako su vrijednosti osnovne produktivnosti jednake, pa se zato za projekt „j“ izračunava koeficijent varijacije [Shehat i El-Gohary, 2011]. Veća vrijednost CV_j ukazuje na veću promjenjivost u vještinama upravljanja i u korištenju tehnologije.
$V_j = \frac{\sum \sqrt{\text{produktiv. za rad. dan „j“ na projektu „j“} - \text{osnovna produktivnost}}}{\text{Broj radnih dana na projektu „j“}}$ $CV_j = V_j \times 100 / (\text{osnovna produktivnost})_j$	

Nekada se primjenjuju neki logično prilagođeni pristupi [Abukhalaf, 2021], a iskazuje se i više pokazatelja za istu realizaciju. Svaki od ovih pokazatelja ima neke slabosti i događa se da njihovi rezultati budu proturječni za istu izvedbu [Abukhalaf i Abusal, 2021].

Iskazivanje uspješnosti u bilo kojoj organizaciji često se temelji na nekom normativu s kojim se može usporediti ostvarena produktivnost. Problem produktivnost kao relativne mjere radne učinkovitosti može biti nedostatak

pouzdanih normativa vremena [Horner i Talhouni, 1998], [Naoum, 2016]. Ako većina radnika ne dostiže normirano vrijeme ili većina znatno prebacuje, onda treba provesti kontrolu i prikladnom metodom utvrditi nove normative [Pinter i Lončarić, 2006].

Postoje različiti pristupi u definiranju osnovne produktivnosti s kojom se uspoređuje ostvarena. Neki ju uzimaju kao razinu produktivnosti rada koja podrazumijeva normalne operativne performanse izvođača radova, dok je drugi smatraju najboljom razinom produktivnosti koju jedan izvođač može postići, tj. onom na koju utječu samo sadržaj rada ili složenost projektnog rješenja, a ne radni uvjeti [Thomas, 2000], [Thomas i sur., 2002]. To se naziva „zlatnim“ standardom i kada je produktivnost realizacije građevinskih projekata određena dijeljenjem stvarnih sati rada sa satima predviđenim „zlatnim“ standardom, onda je svaka vrijednost produktivnosti veća od 1,0 lošija od najbolje moguće [Whiteside, 2006].

3.3 Mjerenje produktivnosti i izgubljenog radnog vremena izvođača

3.3.1 Tehnike mjerenja na mikrorazini

Da bi se utvrdilo standardno vrijeme rada, izgubljeni radni sati i razina produktivnosti ili izračunali parametri koji to pokazuju, provode se odgovarajuća mjerenja. Ovisno o ciljevima koji se žele postići, mjerenja mogu biti usmjerena na pojedinog radnika/stroj ili radne grupe, određenu tvrtku, pojedini projekt, pojedine sektore ili gospodarstvo u cjelini [Nurhendi i sur., 2021]. Može se razmatrati i razina produktivnosti realizacije projekata po vrstama građevina ili razina produktivnosti pojedinih vrsta aktivnosti, tj. vrsta radova, određenih strojeva itd. Mjerenja produktivnosti i iskorištavanja radnog vremena dio su studija rada i vremena, jer je njihova primarna svrha poboljšanje produktivnosti prepoznavanjem i smanjivanjem neproizvodnog rada [Park, 2006].

International Labour Organization (1996) opisuje mjerenje rada kao proces kojim se primjenom odgovarajućih tehnika utvrđuje uloženo vrijeme od strane kvalificiranog radnika ili stroja u izvršenje operacije ili niza operacija (radnih zadataka) prema definiranom standardu izvedbe kako bi se istaknulo neučinkovito vrijeme i odvojilo ga od produktivnog vremena [Ochoa i sur., 2017]. Idiako i Ikemefuna (2014) definirali su mjerenje izvedbe kao proces kvantificiranja efikasnosti i efektivnosti djelovanja.

Ovim se mjerenjima najčešće prikupljaju podaci o:

- ostvarenoj količini rada u odgovarajućim mjernim jedinicama i utrošenom vremenu (satima rada)
- udjelu vremena radnika i/ili strojeva kada rade i kada ne rade, odnosno o postotku vremena produktivnog i poluproduktivnog rada i izgubljenog vremena u radnom vremenu
- kretnjama radnika
- lokaciji radnika i strojeva na radu
- uzrocima zastoja ili gubljenjima produktivnosti.

Pri mjerenju treba imati u vidu postojeće utjecaje i moguće prepreke. U tablici 3.2 su utjecaji koje su Yee i sur. (2013) naveli da mogu općenito u praksi djelovati na mjerenje rada.

Tablica 3.2 Grupe utjecaja koji definiraju provođenje mjerenja rada (prema [Yee i sur., 2013])

Znanje i vještina onih koji mjere	Uvjeti okruženja	Ciljevi mjerenja	Metode mjerenja rada
- tehničke kvalifikacije - godine iskustva	- priroda posla - profil tvrtke	- vrsta rada - skup vještina radnika - profil radne snage - vlasništvo	- vrste metoda - uvjeti primjene

Sustav mjerenja treba biti pregledan i ažuriran kao tekući proces [Benon i Milton, 2010] i treba [Lim, 1996]:

- biti jednostavan i lako razumljiv

- biti koristan na različitim razinama organizacije
- posjedovati odgovarajuće baze podataka
- omogućavati praćenje tijekom vremena.

Prikupljeni podaci moraju biti o ulazima sustava koji se proučava, te o različitim komponentama sustava i međusobnim vezama. Izuzetno je važno da se prikupljeni podaci mogu povezati s problemom koji se proučava [Sheheta i ElGohary, 2011]. Prema ILO (1996) proces određivanja neučinkovitog vremena zahtjeva/ima sljedeće faze:

- izbor objekta mjerenja
- bilježenje podataka o uvjetima rada
- mjerenje (snimanje) rada korištenjem nekih od poznatih tehnika
- pregled i objedinjavanje podataka te definiranje gubitaka vremena i produktivnosti.

Imajući na umu složenost realizacije građevinskih projekata i brojne utjecaje, mjerenju produktivnosti mora se pristupati pažljivo, a za mogućnost unaprjeđenja produktivnosti važno je zabilježiti relevantne podatke o raznim ulazima (resursima, opremi, radnoj snazi, itd.) [Mantri, 2016].

Kao što ne postoji jedna definicija produktivnosti, ne postoji ni univerzalno prihvaćen standardni sustav njenog mjerenja [CII, 2000], [Park i sur., 2005] i primjenjuje se više različitih metoda [Malisiovas, 2010]. Istraživači produktivnosti izjavili su da je teško odrediti standardnu metodu za mjerenje produktivnosti građevinske radne snage zbog složenosti i unikatnosti građevinskih projekata [Oglesby i sur., 1989], [Sweis, 2000].

Najstarija metoda mjerenja produktivnosti proizvodnje jest računovodstvena, ali podaci koje ona daje ograničeni su samo na kvantitativne veličine ili zarađene vrijednosti, bez promptnog izvješćivanja o tekućim događajima na mjestu rada, koje bi omogućilo pravovremeno odlučivanje za reagiranje u cilju poboljšanja produktivnosti [Daneshgari i Moore, 2011]. Zato se primjenjuju i druge metode (tehlike) za mjerenje produktivnosti, različite ovisno o prirodi posla i mogućnosti izračuna količine ostvarenog rada.

U radno intenzivnoj djelatnosti kao što je građevinarstvo produktivnost rada preciznije se mjeri na razini aktivnosti, jer je na toj razini veličina produktivnosti neposredno povezana s procesom pretvaranja ulaza u izlaz, odnosno proizvod koji se naplaćuje [Tsehayae i Fayek, 2016]. Za određivanje produktivnosti radnika na razini realizacije projekta s različitim aktivnostima potrebna je precizna klasifikacija izvođenih aktivnosti i vrsta korištenih resursa (radnika i strojeva). Mjerenja na razini aktivnosti realizacije projekata prilagođena su određenim namjenama i uvjetima mjerenja, ali svaka metoda ima svoje zahtjeve i svoja ograničenja, stoga i najbolje područje primjene.

Mjerenje produktivnosti i gubljenja radnog vremena na izvođenju građevinskih projekata može biti povremeno ili kontinuirano i to:

- izravnim promatranjem, odnosno opažanjima promatrača (s ili bez kronometriranja) [Klepac, 1982], [Marušić, 1994]
- snimanjem izvođenja radova kamerom u stvarnom vremenu [Bohn i Teizer, 2010], [Šopić i Vukomanović, 2019] (video ili isprekidani niz fotografija), a kamera može biti dio računalnog sustava (npr. sposobnog da točno uspoređuju fotografije tekućeg stanja i 4D model građevine [Karsch i sur., 2014] ili za prikazivanje 3D putanje radnika po gradilištu i izračunavanje ciklusa rada [Konstantinou i Brilakis, 2018], [Konstantinou i Brilakis, 2019])
- s pomoću s odgovarajućim softverom povezanih specijalnih pametnih satova, pametnih telefona i uređaja (senzora) na dijelovima tijela koji se pokreću vezano za rad praćenje pokreta radnika [Akhavian i Behzadan, 2016], [Kim i Cho, 2020], [Kanižaj, 2021], [Pérez i sur., 2023]
- daljinskim (satelitskim) praćenjem strojeva (npr. *Global Positioning System* i laseri povezani s digitalnim kartama, internetom i računalnim aplikacijama [Navon i Shpatnitsky, 2005], [Salem i sur., 2017])
- audiosustavom praćenja aktivnosti strojeva (temeljenim na obradi i prepoznavanju različitih zvukova koje strojevi stvaraju tijekom izvođenja određenih zadataka) [Cheng i sur., 2017]

- prema iskustvu, odnosno empirijskim podacima koji se prikupljaju od voditelja građenja, poslovođa i radnika građevinskih zanimanja te drugih stručnih osoba povezanih s realizacijom građevinskih projekata kroz popunjavanje odgovarajućih obrazaca i strukturirane intervju
- na temelju dokumentacije koju izvođači vode zbog drugih potreba (dnevna evidencija radnog vremena radnika, građevinski dnevnik, izvješća o praćenju realizacije projekta, građevinska knjiga, evidencija potrošenih materijala i dr.) [Gavili i Mortaheb, 2015].

Za kvantificiranje gubitaka radnog vremena i postotka produktivnog vremena u građevinarstvu najčešće su korištene [Dozzi i AbouRizk, 1993], [Sheheta i ElGohary, 2011], [Hajikazemi i sur., 2017], [Moohialdin i sur., 2019], [Abukhalaf, 2021]:

- različite varijante uzorkovanja rada ili aktivnosti
- istraživanja zastoja vremena ispitivanjem stručnih osoba na prvoj operativnoj liniji (na temelju njihovih dnevnih i tjednih zapažanja).

Uzorkovanje rada (*Work sampling*), poznato i kao uzorkovanje aktivnosti ili metoda slučajnog promatranja ili trenutnih opažanja, odgovarajuće je u slučajevima kada analiza posla zahtijeva izravno promatranje koje ne mora biti kontinuirano. Naročito je pogodno za raznovrsni, neujednačeni i neponavljajući rad [Pffefer, 1967], [Mantri, 2016], kakav je čest na gradilištima. Zbog manje potrebnog vremena mjerenja [Ochoa i sur., 2017] i manjih zahtjeva za ulaganje u ljudske resurse, dobra je alternativa kontinuiranom promatranju (npr. tradicionalnom sa štopericom [Brisley, 2001]), koje često može biti nepraktično [ILO, 1996]. To je jednostavna tehnika [Gavili i Mortaheb, 2015] i može je uz kratku obuku provoditi svatko s osnovnim znanjem o njoj i poznavanjem izvođenih radova [Orth i sur., 2006]

Uzorkovanje se obavlja kroz niz uzastopnih opažanja radnika i/ili strojeva [Orth i sur., 2006], [Haugbølle i sur., 2019.] i bilježenja odgovarajućih podataka pri obilaženju gradilišta u izabranim intervalima [Robinson, 2010], [Moohialdin i sur., 2019], [Talebi i sur., 2020], [Johansen i sur., 2021]. Promatrači u pravilu uzorkovanje započinju u nasumično vrijeme i na različitim početnim točkama

kako radnici ne bi mogli predvidjeti kada će promatrač doći na njihovo mjesto rada [Wandahl i sur., 2021a]. Mjerenje treba biti bez ikakve pristranosti glede toga tko se promatra i svaki radnik treba imati iste šansu biti promatran na poslu [Dozzi i AbouRuzk, 1993].

Zato što se promatrač pomiče po određenoj ruti i nije stalno na istom mjestu, može se pratiti više radnika ili strojeva na različitim aktivnostima, a promatraču je manje dosadno i radnici se ne ometaju ili se minimalno ometaju u poslu [Picard, 2004], [Mantri, 2016]. Radnici nisu pod pritiskom zbog dugotrajnog promatranja [Ochoa i sur., 2017] kao kod kontinuiranog promatranja, pa ovakvo praćenje uzrokuje manje anksioznosti i napetosti među radnicima [Picard, 2004], [Mantri, 2016]. Tako se dobivaju objektivniji rezultati jer događa se da radnici zbog promatrača promijene svoj uobičajeni način rada i u tom slučaju rezultati ne budu realni [Gavil i Mortaheb, 2015].

Prilikom opažanja radnika i/ili strojeva promatrač kategorizira i bilježi u prethodno priređen obrazac što je svaki od njih radio u vrijeme promatranja [Orth i sur., 2006]. Svaki pogled na radnika smatra se opažanjem i svaki uzorak rada može rezultirati većim brojem opažanja [Dozzi i AbouRuzk, 1993]. Dobro kreiran obrazac evidencije opažanja olakšava kasniju obradu i analizu rezultata.

Mogu biti predviđene različite razine detaljnosti evidentiranja korištenja radnog vremena, a kako je izabrano ovisi o početno određenom cilju uzorkovanja. Na slici 3.5 pokazano je što se sve može opažati kod praćenja rada stroja.



Slika 3.5 Moguće razine detaljnosti opažanja kod uzorkovanja rada stroja
(prilagođeno prema [ILO, 1992])

Najjednostavnije kategoriziranje je samo na to radi li radnik ili stroj (što se smatra korisnim i bilježi se s „X“ ili „kvačicom“) ili ne (npr. kada stroj miruje), a nekad se posebno evidentira produktivan rad i poluproduktivan rad [ILO, 1992], [Jenkins i Orth, 2003], [Orth i sur., 2006], [Hajikazemi i sur., 2017], [Moohialdin i sur., 2019]. Primjer jednog takvog tipa obrasca za prikupljanje podataka je na slici 3.6.

Formular za uzorkovanje rada			
Projekt:			
Datum:		Promatrač:	
Bilješke:			
Opažanje	Produktivan (Direktan rad)	Poluproduktivan (Pomoćni rad)	Neproduktivan (Zastoj - gubljenje vremena)
Br.			
1.	X		
2.		X	
3.	X		
4.			X
5.			X
6.			X
7.		X	
8.	X		
9.	X		
Ukupno:	4	2	3
Postotak:	45%	22%	33%

Slika 3.6 Primjer popunjavanja obrazaca za uzorkovanja rada [Dozzi i AbouRuzk, 1993]

Za detaljniju podjelu postoji niz mogućih varijacija, a može se i razviti vlastitu, u skladu s osnovnim konceptom uzorkovanja. Definiranjem različitih aktivnosti poluproduktivnog djelovanja poboljšat će se fleksibilnost, samo treba paziti da previše vrsta za klasificiranje ne iskomplikira pretjerano prikupljanje podataka. Vukomanović i sur. (2018) pokazuju primjer posebnog opažanja stanja pripremnog, osnovnog i pomoćnog rada, tehnoloških prekida, dnevnog odmora (regularnog) i nepotrebnih prekida. U istraživanju Johansena i sur. (2021) prilikom promatranja radnika opažanja su bilježena prema sedam kategorija definiranih u skladu s *Lean* filozofijom: produktivni rad (koji dodaje vrijednost), tri kategorije poluproduktivnog rada - prijevoz, priprema i razgovor te tri kategorije „otpada“, tj. gubljenja vremena - hodanje, čekanje i odlazak.

Uz vrijeme i količinu angažiranih resursa, za kasniju je analizu korisno zabilježiti i uzroke prekida rada i gubljenja vremena [ILO, 1996], [Gavili i Mortaheb, 2015], ako se mogu identificirati.

Kako bi se izbjegla pristranost i dobila objektivnija procjena produktivnosti, bolje je kada mjerenje provodi neovisna strana, nego osobe iz tvrtke čiji se rad promatra [Hwang i Lee, 2017].

Ova metoda temelji se na zakonu vjerojatnosti i njome se ne mjeri stvarna produktivnosti radnika i/ili strojeva, već se ona određuje indirektno [Dozzi i AbouRuzk, 1993], [Johansen i sur., 2021]. Što je veći broj uzoraka [Orth i sur., 2006], odnosno opažanja, pogreška uzorkovanja se smanjuje i rezultati su pouzdaniji. Broj promatranih radnika obično je mali uzorak u odnosu na cijelu populaciju mogućih promatranja, ali prema zakonu vjerojatnosti određeni broj slučajnih događaja ima tendenciju slijediti isti obrazac distribucije koji daje veći broj. Ako su aktivnost ili zastoje koje treba mjeriti tek mali dio ukupnog vremena, broj potrebnih opažanja promatranja za visoku točnost postaje vrlo velik [Pffefer, 1967]. Trajanje promatranja može se prilagoditi kako bi se postigao broj opažanja koji osigurava željenu razinu pouzdanosti [Picard, 2004], [Mantri, 2016]. Kada se vidi da je daljnje uzorkovanje bez utjecaja na rezultate, postupak se može prekinuti [Gavili i Mortaheb, 2015].

Zbog reprezentativnosti promatranih aktivnosti, pri mjerenju treba izbjegavati one neuobičajene i izvođene u neuobičajenim uvjetima. Poželjno je da se prikupljanjem podataka obuhvate vremena tijekom cijele radne smjene kako se ne bi zanemarile razlike do kojih dolazi tijekom nje [Thomas i Daily, 1983]. U slučajevima kada se radni uvjeti neprestano mijenjaju, može se dogoditi da uzorak mjerenja nije adekvatan [Pffefer, 1967], ali s promatranjem izvođenja radova nekoliko dana i duže izbjegavaju se eventualne kratkotrajne abnormalnosti, pa je uzorak reprezentativniji i bolje predstavlja postojeće stanje [Mantri, 2016]. Istraživanje Wandhala i sur. (2022) pokazalo je robusnost metode uzorkovanja rada s evidentiranjem direktnog i pomoćnog rada i izgubljenog vremena. Na studiji slučaja jednog projekta utvrđeno je kako brisanje čak 90 % uzorka gotovo da ne mijenja produktivnost koju određuje. Rezultat je bio

stabilan i ako se određeni dijelovi isključe iz uzorka (npr. promatranja tijekom jutarnjeg pokretanja i sl.) i ako su u uzorak unesene greške [Wandhal i sur., 2022].

Nakon promatranja slijedi statistička analiza dobivenih podataka, koja pokazuje koliko su radnici i/ili strojevi uključeni u praćene aktivnosti bili produktivni i koliko su radnog vremena izgubili u odnosu na ukupno vrijeme. Često se prema tome izračunava i LUF s formulom navedenom u tablici 3.1. Na kraju se uobičajeno rade prikazi dobivenih rezultata u tablicama i/ili prikladnim grafikonima. Takvi su prikazi korisni, ali rezultati još više dobivaju na značaju ako se ispitivanjem utvrđena iskorištenost vremena, odnosno izgubljeno radno vrijeme izrazi ekvivalentnom novčanom vrijednosti (može biti na godišnjoj razini, po zaposlenom radniku ili sl.) [Epicenter Development Group, 2013]. Ta izgubljena vrijednost ujedno dobro pokazuje koliki je postojeći potencijal za uštede koje može donijeti unaprjeđenje produktivnosti.

Standardno uzorkovanje radova i slične metode u osnovi ne bilježe brzinu rada [Katyani, 2013] te ne idu dovoljno daleko u prepoznavanju vodećih uzroka gubljenja radnog vremena i onoga što se može učiniti kako bi se produktivnost poboljšala [Dozzi i AbouRuzk, 1993].

Uzorkovanje rada može biti dio studije rada i nekih opsežnijih metoda analize produktivnosti, kao npr. metode modela gubljenja produktivnosti (*Method Productivity Delay Model* – MPDM), modela aktivnosti (*Activity Model*) i modela zadatka (*Task Model*) [Thomas i Daily 1983], [Thomas i sur., 1984], [Liou i Borcharding, 1986], [Nerwal, 2011].

Postoje dosta slične metode prikupljanja podataka o korištenju radnog vremena, koje neki smatraju vrstama uzorkovanja rada.

Terensko ocjenjivanje (*Field rating*) manje je sofisticirano od uzorkovanja rada i obično se koristiti samo za grubu procjenu razine produktivnosti radnih operacija [Dozzi i AbouRuzk, 1993]. Kod njega za prikupljanje slučajnog uzorka promatrač na licu mjesta promatra radnike i jednostavno registrira stanje svakog radnika samo kao „radno“ ili „neradno“. Abukhalaf i Abusal (2021) koristili su za to obrazac kakav se obično koristi za uzorkovanje rada i terensko ocjenjivanje nazivaju podvrstom te metode. Nakon što se prikupi uzorak,

terenska ocjena izračunava se kao broj opažanja u kategoriji „radno“ podijeljen s ukupnim brojem opažanja radnika, na čega se još dodaje 10 % za obračun aktivnosti predradnika/poslovođe [Dozzi i AbouRuzk, 1993].

5-minutno ocjenjivanje (*5-minute rating*) je metoda grupnog uzorkovanja jer se njome prati onoliko radnika i/ili strojeva koliko ih promatrač može vidjeti pri njihovom obavljanju aktivnosti [ILO, 1996]. Praćenje iste vrste aktivnosti može se obavljati na nasumičnim mjestima, kada radnici ne znaju da će biti promatrani i takvim diskretnim promatranjem na različitim lokacijama dobiva se općenitija slika produktivnosti [AMAC Consultants, 2004].

Naziv ove metode dolazi od toga što se opažanja rade li radnici/strojevi pretežito ili ne u pravilu obavljaju u 5-minutnim intervalima. Abukhalaf i Abusal (2021) smatraju da bi trajanje promatranja po radniku trebalo biti barem jedna minuta po jednom radniku u promatranoj grupi. U skladu s tim, ako se npr. promatra 3 ili 4 radnika, tada će intervali promatranja biti 5 minuta, ali ako je npr. 7 radnika uključeno u promatrani radni proces, tada bi trajanje promatranja trebalo biti 7 minuta [Abukhalaf i Abusal, 2021]. U obrazac se bilježi jedno od stanja koje prevladava tijekom intervala promatranja. Npr. ako je više od 50 % vremena promatranja radnik neaktivan, onda se to bilježi kao izgubljeno vrijeme, a ako više od 50 % vremena obavlja produktivan rad, bilježi se kao produktivno vrijeme. Na slici 3.7 i 3.8 pokazani su primjeri ispunjenog obrasca 5-minutnog ocjenjivanja za grupu strojeva i grupu radnika. (U ovom slučaju intervali promatranja nisu bili produženi zbog veće grupe radnika.)

Vrijeme	Posipač	Vibro letva	Grejder	Gladilica
9:50	x	x	x	
9:55	x	x	x	
10:00				x
10:05	x	x	x	x
10:10	x		x	
10:15	x	x		x
10:20	x	x	x	x
10:25		x		x
produktivan rad	6	6	5	5
Ukupno opažanja = 32			Produktivnost = 22 / 32	
Uočeno je produktivno = 22			5-minutna ocjena = 69%	

Slika 3.7 Obrazac 5-minutnog ocjenjivanja produktivnosti radne grupe strojeva
[Dozzi i AbouRuzk, 1993]

Vrijeme	R 1	R 2	R 3	R 4	R 5	R 6	R 7	R 8	R 9
11:30	X	X	X	X	X	X	X	X	X
11:35	X	X	X	X	X	X	X	X	X
11:40				X				X	X
11:45				X	X	X	X	X	
11:50				X					
11:55	X	X	X	X	X				
12:00	X	X	X	X	X	X	X	X	
12:05	X	X	X	X	X	X	X	X	
kao produktivan	5	5	5	8	6	5	5	6	3
Ukupno opažanja = 72			Produktivnost = 48 / 72						
Uočeno je produktivno = 48			5-minutna ocjena = 67%						

Slika 3.8 Rezultati 5-minutnog ocjenjivanja grupe armirača pri izvođenju armirano-betonske konstrukcije zgrade u sveučilišnom kampusu u Osijeku

Proširenjem osnovnog obrasca na kojemu promatrači bilježe opažanja dobiva se više korisnih podataka za analizu korištenja radnog vremena. AMAC *Consultants* (2004) daje primjer 5-minutnog ocjenjivanja pri kojem se za svakog praćenog radnika ne bilježi samo je li produktivan ili nije, nego se za svako opažanje za radnika ili stroj kratko napiše što radi i uz to se kraticom označava je li to produktivan rad, poluproduktivan rad ili izgubljeno vrijeme. Po uzoru na to formiran je obrazac korišten za prilagođeno 5-minutno ocjenjivanje u okviru ove disertacije, pokazan kao tablica 6.12.

Abukhalaf i Abusal (2021) 5-minutno ocjenjivanje isto ubrajaju u metode uzorkovanja rada, samo ono se obično zasniva na manjem broju opažanja. To daje manju statističku pouzdanost od uzorkovanja rada [Park, H.-S., 2006], ali ipak dovoljnu za dobivanje uvida u izgubljeno radno vrijeme i produktivnost radne grupe. S tim se može identificirati kritična područja rada, koja onda treba detaljnije promatrati [Dozzi i AbouRuzk, 1993].

I za 5-minutno ocjenjivanje, kao i općenito za uzorkovanje radova, može pomoći videosnimanje, pogotovo kada jedan promatrač ne može istovremeno promatrati sve koji rade na praćenoj aktivnosti. Kamerom se može snimiti kompletna izvedba određenih aktivnosti i na taj način prikupiti detaljnije informacije o specifičnim operacijama te zabilježiti neka zapažanja bitna za problem gubljenja produktivnosti na gradilištu (npr. neke negativne utjecaje).

Videozapis se može reproducirati po potrebi, ali nedostaci snimanja su ograničeno vidno polje i to što izdvajanje podataka sa snimljenog zapisa zahtjeva prilično vremena [AMAC Consultants, 2004].

Terensko ispitivanje (*Field surveys*) u proces utvrđivanja izgubljenih radnih sati i otkrivanje problema koji rezultiraju smanjivanjem produktivnosti radova na gradilištu uključuje predradnike (tzv. brigadire ili poslovođe) i radnike građevinskih zanimanja koji sudjeluju u izvedbi analiziranih radova. Te su osobe sigurno vrlo dobro upoznate s odvijanjem radnih procesa, pa mogu dobro prepoznati uzroke zastoja. To je u skladu s *Lean* alatom *Gemba* (hrv. na licu mjesta) „šetnjom“, s pomoću kojeg se u direktnom kontaktu od radnika koji svakodnevno rade na prvoj proizvodnoj liniji nastoji saznati probleme koji ometaju produktivnost te otkriti kako unaprijediti produktivnost, uglavnom na jednostavan, brzo ostvariv i jeftin način [Pannell, 2022]. Metode terenskog ispitivanja su [Dozzi i AbouRuzk, 1993]:

- istraživanje zastoja od strane predradnika (*Foreman delay surveys – FDS*)
- ispitivanje građevinskih majstora (*Craftman questionnaire – CQ*).

Istraživanje Roggea i Tuckera (1982) pokazalo je kako su FDS i CQ, kao i uzrokovanje rada, efikasne tehnike za poboljšanje produktivnosti, ali da su ova terenska ispitivanja u prednosti zbog jednostavnosti i niskih troškova primjene [Rogge i Tucker, 1982]. To je već i zbog toga što kod njih nije potrebno angažiranje promatrača. No, iziskuju ozbiljan pristup i zalaganje predradnika i ispitanih majstora [Park, H.-S., 2006].

Predradnik ili poslovođa (kod manjih gradilišta to može biti voditelj građenja ili njegov pomoćnik) u pravilu je najbolje upoznat s radom grupe (gradilišta) koju vodi i s tim koliko i zašto se gubilo radno vrijeme. Tehnika FDS oslanja se na obrazac koji predradnik ili druga dobro upućena osoba ispunjava na kraju radnog dana. Sadržaj tog obrasca primarno je orijentiran na utvrđivanje broja dnevno izgubljenih sati zbog zastoja u radu radnika i definiranje razloga zbog čega se to dogodilo. Zato su u obrascu navedeni najčešći čimbenici koji ih uzrokuju (ponavljanje prethodno napravljenog rada, čekanje materijala, čekanje alata, čekanje strojeva, čekanje informacija, čekanje zbog drugih

radnih grupa i sl.), a ostavlja se i prostor za moguće dopisivanje nekih drugih. Uz to je potrebno evidentirati i broj radnika u grupi na koju se to odnosi te broj radnih sati na dan. Na slici 6.19 pokazan je FDS obrazac kakav je korišten za ispitivanje ovom tehnikom provedeno u okviru ove disertacije.

Iz popunjenih FDS obrazaca izvlače se podaci u vidu postotaka izgubljenog vremena i najvažnijih čimbenika koji dovode do zastoja u radu [Dozzi i AbouRuzk, 1993], [Park, H.-S., 2006].

Tehnika CQ zasniva se na dijeljenju jednostavnog upitnika radnicima građevinskih zanimanja (majstorima), na temelju čijih se odgovora identificiraju glavni čimbenici koji umanjuju njihovu produktivnost i utvrđuju zbog njih tjedno izgubljeni radni sati. Za to upitnik sadrži niz kratkih i jasnih pitanja, koja se odnose na specificirana problematična područja, kao što su [Dozzi i AbouRuzk, 1993]:

- dostupnost materijala (npr. „Gubi li se vrijeme na traženje i uzimanje materijala?“)
- dostupnost opreme i alata (npr. „Je li potrebna oprema u prihvatljivom stanju?“ i „Ima li dovoljno opreme za sve radove na gradilištu kod kojih je potrebna?“)
- ponovni rad, odnosno popravljjanja rada (npr. „Nedostaje li radnicima znanja/iskustva zbog čega se urađeno mora popravljati?“ i „Nedostaje li pravovremeni nadzor i upute za rad zbog čega se poslije mora dodatno raditi na već urađenom poslu?“) i dr.

Osim toga, upitnik traži procjenu tjedno izgubljenih radnih sati po radniku za svaki od navedenih uzroka. U nekim ispitivanjima još se od majstora traži mišljenje o tome što bi trebalo učiniti za poboljšanje produktivnosti rada uzimajući u obzir uočene probleme. Na slici 6.20 pokazan je obrazac korišten za CQ provedeno u ovoj disertaciji.

Sebastian i Borchering (1979) smatraju da je tehnikom ispitivanja majstora utvrđeno kako oni o svojim problemima u proizvodnji znaju više od bilo kojeg drugog pojedinca [Olomolaiye, 1988]. Potencijal za poboljšanja produktivnosti radnih procesa iz zaključaka na temelju CQ-a uvelike ovisi o tome koliko je

upitnik detaljan i kako je strukturiran te koliko je bilo ozbiljno odgovaranje ispitanika, stoga se nekad za potvrdu istinitosti dobivenih odgovora i testiranje razine ozbiljnosti ispitanika pismeno ispitivanje nadopunjuje intervjuiranjem nekih od ispitanih majstora.

Kao i kod FDS-a, nakon prikupljanja popunjenih upitnika, rezultati CQ-a objedinjuju se i statistički obrađuju te prikazuju u prikladnoj formi kako bi se ukazalo na glavne razloge gubljenja vremena.

Važno je imati na umu da svaki pojedini okvir mjerenja ima svoje ograničenje te je razvijen u određenom kontekstu, usmjeren prema određenim korisnicima s namjerom postizanja određenih krajnjih rezultata [Xiao, 2002], [Costa i sur., 2004]. Vidi se da ne postoji ni jedan idealan način mjerenja, odnosno dovoljno jednostavan i pouzdan za svaki slučaj, pa nema jedinstvenog mišljenja o metodi koja bi bila najpogodnija u svim uvjetima [Yi i Chan, 2013], [Mantri, 2016] [Ankrah i Proverbs, 2005]. S obzirom na to da sve metode imaju neke svoje bolje i lošije strane [Hanna i sur., 2002], [Gulezian i Samelian, 2003], [Ibbs i Liu, 2005], [Park i sur., 2005], [Abdel-Razek i sur., 2007], [Xue i sur., 2008], [Lin i Huang, 2010], [Zhao i Dungan, 2014], istraživači trebaju odabrati onu koja će najbolje odgovarati svrsi i konkretnim uvjetima ispitivanja njihovih studija produktivnosti. Zbog uočenih nedostataka metoda mjerenja nastoji se razviti i neke nove načine, uglavnom kao hibridne postupke [Abukhalaf, 2021], [Abukhalaf i Abasal, 2021]. Sheheta i ElGohary (2011) smatraju da je za mjerenje produktivnosti građevinske radne snage najbolje kada se zajedno koristi više različitih tehnika [Sheheta i ElGohary, 2011].

3.3.2 Problemi utvrđivanja produktivnosti

Izvedba na gradilištu može se uspješno mjeriti [Idiako i Ikemefuna, 2014], no produktivnost se u građevinskoj praksi uglavnom ne mjeri. Mnogi izvođači smatraju da su tehnike mjerenja produktivnosti previše teorijske, teške i skupe za primjenu i nemaju formalizirano mjerenje na razini projekta [Chan i Kaka, 2004], [Naoum, 2016]. Chan i Kaka (2004) navode podatak da prema ranijoj studiji

manje od 50 % građevinskog sektora aktivno mjeri i prati razinu produktivnosti, a većina tvrtki koje tvrde da mjere produktivnost zapravo to temelje na intuiciji ključnog osoblja za upravljanje resursima. Koncept mjerenja produktivnosti jednostavan je za shvaćanje, ali kod konkretnog mjerenja i interpretacija rezultata dolazi do teškoća. Pored toga, neki autori kritizirali su tehnike mjerenja produktivnosti da im nedostaje objektivnost (npr. [Crawford i Vogl, 2006], [Lin i Huang, 2010], [Bröchner i Olofsson, 2012]).

Eventualne netočnosti mjerenja i utvrđenih podataka na mikrorazini prenose se na makrorazinu.

Postojeći podaci o produktivnosti izrazito variraju ovisno o različitim izvorima podataka, metodologijama, vrstama projekata i drugim značajkama [Borcherding i Alarcon, 1991] i često su oprečni [Forbes i Ahmed, 2011]. Različita gledišta na mjerenje produktivnosti i različitosti u prikupljanju i analiziranju podataka daju podatke različite kvalitete, a to dovodi do kontroverzi o produktivnosti u građevinarstvu [Whiteside, 2006].

Brojni problemi uzrokuju pogreške kod mjerenja ulaza i izlaza, a u svezi s tim ističe se problem različitih baza osnovnih podataka koje se koriste za određivanje produktivnosti [Whiteside, 2006]. Kod različitih izvođača razlikuju se visine plaća i drugi direktni troškovi izvedbe radova, pa nisu prikladni za usporedbu produktivnosti. Također, važno je što je uključeno u radno vrijeme na temelju kojeg se izračunava produktivnost (npr. smatraju li se prekovremeni sati normalnim radnim vremenom i kako je definiran produktivni rad). Ako to nije ujednačeno, može dolaziti do nesporazuma, kao npr. da neki izvođač s više utrošenog vremena rada bude identificiran kao manje produktivan, a zapravo nije tako, jer je u tom vremenu imao puno pomoćnog rada koji se morao obaviti na gradilištu. Nekad se nekorektno određivanje produktivnosti previše fokusira na radnike, a zanemaruje pravila, tehnologiju i drugo, što utječe na produktivnost neovisno o radnicima [Whiteside, 2006].

Izvođenje građevinskih radova općenito je, a poglavito na velikim i dugotrajnim projektima, složeno i međusobno ovisno. To otežava mjerenje produktivnosti i zbog mnogo čimbenika koji utječu na izvedbu radova zapravo

je stvarna produktivnost u građevinarstvu često slabo poznata. Borcharding i Alarcon (1991) i Schwartzkopf (1995) ukazuju na nedostatak dovoljno kompetentnih istraživanja za mjerenje interakcije različitih utjecaja. Bez idealnog okruženja gotovo je nemoguće da produktivnost dugo ostane konstantna za svaku aktivnost koju obavljaju radnici [Whiteside, 2006]. Produktivnost građenja teško je proučavati jer se čimbenici koji na nju utječu mijenjaju tijekom vremena realizacije i od posla do posla [Logcher, 1978], [Aziz, 2004], [De Valace, 1996]. Međuodnose pojedinog čimbenika i izlazne produktivnosti često je teško odrediti jer je u dužem razdoblju teško istim zadržati ostale utjecajne čimbenike, a da se mijenja samo onaj u odnosu na kojeg se analizira veličina utjecaja na produktivnost [Marušić, 1994]. Također, u nekim slučajevima za produktivnost mogu biti važni vanjski čimbenici, kao što su gospodarska situacija, nestašica ili velike promjene cijena na tržištu, industrije povezane s građevinarstvom, političke promjene i promjene zakona u okviru kojih se treba djelovati te inovacije u metodama rada na koje sudionici projekta nemaju utjecaj [De Valace, 1996], [Mantri, 2016], [Green, 2016] niti ih mogu predvidjeti.

Best (2010) je ono što općenito smeta mjerenjima produktivnosti svrstao u dvije glavne grupe, kako je navedeno u tablici 3.3. Autor je uz to napomenuo da navedene prepreke nisu sveobuhvatne ni potpuno neovisne.

Tablica 3.3 Moguće prepreke mjerenju produktivnosti rada (prema [Best, 2010])

Tehničke prepreke	Socijalne prepreke
promjene metode rada dvosmislenost elemenata rad. procesa monotonost procesa mjerenja manjak potrebnih uzoraka	hijerarhija organizacijske kulture nedostatak pune podrške nevoljko pristupanje mjerenju strah zaposlenih od gubitka posla

4. PRODUKTIVNO I IZGUBLJENO RADNO VRIJEME

4.1 Korištenje radnog vremena

Iz svih navedenih izraza za produktivnost u građevinarstvu vidi se da je ona direktno povezana s tim kako se koristi radno vrijeme radnika i strojeva. Ako je uz iste izdatke za potrebne radove utrošeno manje vremena (radnih sati) tada je produktivnost veća [ILO, 1996]. Aktivnosti koje ni na koji način ne doprinose stvaranju vrijednosti umanjuju produktivnost rada i štetne su za uspješnost projekta [Alwi i sur., 2002a], [Alwi i sur., 2002b] [Horman i Kenley, 2005], [AbdelRazek i sur., 2007], [Han, 2008] [Ndihokubwayo i Haupt, 2008], [Hwang i sur., 2009], [Emuze i sur., 2014]. Neve i sur. (2020) potvrdili su statistički značajnu vezu između postignutog udjela produktivnog rada i produktivnosti u građevinarstvu na temelju podataka o uzorkovanju radova iz publiciranih studija i ostvarene produktivnosti u Sjevernoj Americi u razdoblju 1972. - 2010. godine.

Općenito, aktivnosti u proizvodnom sustavu prema načinu trošenja vremena na radu, mogu se podijeliti u tri kategorije. One su navedene u tablici 4.1., s različitim nazivima koji se za njih koriste i koji dobro ukazuju na njihovu prirodu.

Tablica 4.1 Struktura radnog vremena (prema [Koskela, 1992], [Dozzi i Abourizk, 1993], [Hines i Rich, 1997], [Groover, 2007], [Monden, 2011], [O'Neill i Panuwatwanich, 2013], [Emuze i sur., 2014], [Denzler i sur., 2015], [Shou i sur., 2020], [Nurhendi i sur, 2021],[Abukhalaf i Abusal, 2021])

Kategorije trošenja radnog vremena		Aktivnosti radnika/strojeva	Tumačenje prema <i>Leanu</i>
Direktni rad	Produktivan rad	Glavni ili osnovni rad koji se naplaćuje od investitora	Aktivnosti koje dodaju vrijednost
Indirektni rad	Poluproduktivni rad	Pomoćni ili podupirući rad, tj. doprinosne aktivnosti nužne da bi se obavio glavni rad	Aktivnosti koje troše resurse, a ne donose dodatnu vrijednost, ali su potrebne - "neophodni otpad"
Nije koristan rad	Neproduktivni rad – izgubljeno vrijeme	Radnje koje ničim ne pridonose ugovorenom poslu i nerad ili neopravdani izostanak s radnog mjesta koje izvođač plaća kao radne sate	Sve što ni izravno ni neizravno ne donosi vrijednost, a troši rad, vrijeme i novac - "čisti otpad"

Ovisno o vrsti proizvodnje, svrstavanje aktivnosti radnika i strojeva u grupe navedene u tablici 4.1 treba jasno definirati prije početka istraživanja s mjerenjem njihovog udjela u radnom vremenu. Njihovo tumačenje u građevinarstvu nije sasvim ujednačeno. Neke studije kategoriziraju sve vrijeme koje nije direktni rad kao gubitak, dok druge detaljnije sagledavaju rad koji ne donosi dodanu vrijednost [Wandahl i sur., 2022]. Različite poslovne filozofije imaju drugačije poimanje produktivnog rada i „otpada“ i u pojedinim istraživanjima razlikovalo se ono što su autori smatrali da spada u određene kategorije rada, odnosno što su odredili kao izgubljeno vrijeme. Tim veći je problem što na izvođenju građevinskih projekata postoje mnoge vrste radova sa specifičnim radnim operacijama.

Aktivnosti koje dodaju vrijednost su glavne aktivnosti za transformaciju sirovina u konačni proizvod [Ramaswamy i Kalidindi, 2009] te one imaju izravan doprinos konačnom proizvodu [Dozzi i Abourizk, 1993], [Orth i sur., 2006], [Groover, 2007]. Forbes i Ahmed (2011) su u tumačenju gledišta *Leana* definirali te aktivnosti kao proces i vrijeme kroz koje se ostvaruju zahtjevi projekta definirani ugovorom između investitora i izvođača i njihovo izvršenje izvođač naplaćuje. Da bi bile aktivnosti s dodanom vrijednošću, one moraju zadovoljiti sljedeća tri kriterija [Beels, 2019]:

- rad koji je naručitelj spreman platiti
- rad koji fizički transformira proizvod
- rad koji se obavi kako treba iz prvog puta (tako da nema potrebe za ponavljanjem tog rada, odnosno naknadnih popravaka).

Dakle, direktni rad je u pravilu spravljanje materijala koji se ugrađuju, prefabrikacija, ugradba (postavljanje, namještanje, učvršćivanje ili završna montaža), izoliranje, premazivanje [Daneshgari i Moore, 2012] itd. Neki autori (npr. Nguyen i sur., 2019) to nazivaju efektivnim radnim zadacima.

U *Lean* terminologiji otpadom se smatra sve što troši resurse, a ne dodaje vrijednost konačnom proizvodu [Womack, 1997]. U tom smislu često se koristi pojam „aktivnosti koje ne dodaju vrijednost“ [Buzby i sur., 2002]. Pri njihovom izvođenju troši se vrijeme i nastaju izravni ili neizravni troškovi, a one ne dodaju

vrijednost proizvodu sa stajališta investitora [Formoso i sur., 1999], [Talebi, 2014], [Elghaish i Abrishami, 2020], pa ih ne plaća, barem ne izravno.

Dio je aktivnosti, iako ne proizvodi dodanu vrijednost, neophodan za aktivnosti koje dodaju vrijednost, jer pomažu njihovo izvršenje [Hines i Rich, 1997], [Han, 2008], [Denzer i sur., 2015], [Brooks i sur., 2020]. Podupiruće aktivnosti, koje troše radno vrijeme i druge resurse, a općenito su potrebne za izvođenje glavnih radova, nazivaju se „neophodan otpad“ [Arleroth i Kristensson, 2011], [Talebi, 2014], [Elghaish i Abrishami, 2020], [Nassri i sur., 2021]. U cilju povećanja produktivnosti, takav pomoćni rad također se nastoji pojednostaviti i minimizirati [Koskela, 1992], [Javed i sur., 2018], ali ne smije se potpuno eliminirati kako ne bi bila ugrožena nesmetana izvedba radova koji proizvode ono što se naplaćuje. Studija slučaja Tsehayaea i Fayeka (2012) u Kanadi pokazuje da pretjerano smanjivanje udjela pomoćnih radova smanjuje produktivnost građenja i npr. kod izvedbe kuća bi ih trebalo biti 20 - 40 %. Zato se uobičajeno za određivanje LUF-a uz direktni rad obračunava barem 25 % udjela pomoćnog rada. Nužnost pomoćnog rada može proizlaziti iz ugovora s investitorom i specifikacija projektne dokumentacije, nekih standarda i zakonskih propisa (npr. za zaštitu na radu), a u nekim slučajevima do potrebe za pomoćnim radom ili njegovog većeg udjela može dovesti zastarjela oprema ili neodgovarajući način izvođenja rada.

Pomoćni rad uobičajeno je: priprema i (ra)spremanje gradilišta i mjesta rada, odlaženje na mjesto rada unutar gradilišta, davanje i primanje uputa, čitanje nacрта, postavljanje i premještanje stroja i druge opreme (mobilizacija opreme), uzimanje i nošenje alata i materijala, raspakiravanje materijala, rezanje materijala, obilježavanje, pregledi, mjerenja, čišćenje alata, dezinfekcija, uklanjanje otpada, prilagodba radnom okruženju, provođenje mjera zaštite na radu itd. [Dozzi i Abourizk, 1993], [Orth i sur., 2006], [Groover, 2007], [Forbes i Ahmed, 2011], [Daneshgari i Moore, 2012], [Nurhendi i sur., 2021]. U ovu kategoriju trošenja vremena uvrštavaju se i predviđene stanke za potrebni odmor tijekom radne smjene, a po nekima i gubici vremena zbog produženja radne smjene i posljedičnog smanjenja učinka radnika [Josephson

i Björkman, 2013]. Međutim, u istraživanjima produktivnosti nema potpune dosljednosti u onome što se smatra pomoćnim radom, te se negdje on miješa s izgubljenim vremenom, a nekada se neke prethodno navedene aktivnosti uvrštavaju kao produktivni rad, kao i obrnuto. Primjerice, Allmon i sur. (2000) su mjerenja i provjere ispravnosti na mjestu rada, stavljanje zaštitne opreme i čišćenja uvrstili u direktni rad, a na neujednačenost kategoriziranja ukazuju i napomene uz tablice 4.2 - 4.5.

Pri praćenju radova postoji problem što nije uvijek lako razlikovati u koju grupu pripada određena aktivnost radnika [Nassri i sur., 2021]. Nekada je promatraču teško odrediti rade li radnici nešto korisno i koje su zaista neophodne pomoćne aktivnosti na gradilištu. To bi najbolje trebali znati odrediti poslovođe i uprava gradilišta ili projekta [Abukhalaf, 2021], ali zapaženo je da su operativci skloni percipirati neke pomoćne radove, kao što je npr. manipuliranje materijalom, kao aktivnosti koje dodaju vrijednosti [Strandberg i Josephson, 2005].

Neproductivan rad su aktivnosti koje nikako ne pridonose konačnom proizvodu, odnosno izvedbi glavnih radova ili su se mogle napraviti s manje utrošenih radnih sati. To je nekorisno utrošeno, izgubljeno vrijeme izvođača, tzv. „čisti otpad“, koji uvijek treba nastojati eliminirati [Shou i sur., 2020]. Tako je npr. odlaganje po potreban materijal i alat i njihovo donošenje na mjesto rada pomoćni rad, ali bespotrebno hodanje i zadržavanje po gradilištu je izgubljeno vrijeme.

Lean pristup općenito kategorizira otpade u sedam vrsta [Liker, 2004], [Yin i sur., 2014], [Ohno i Bodek, 2019]:

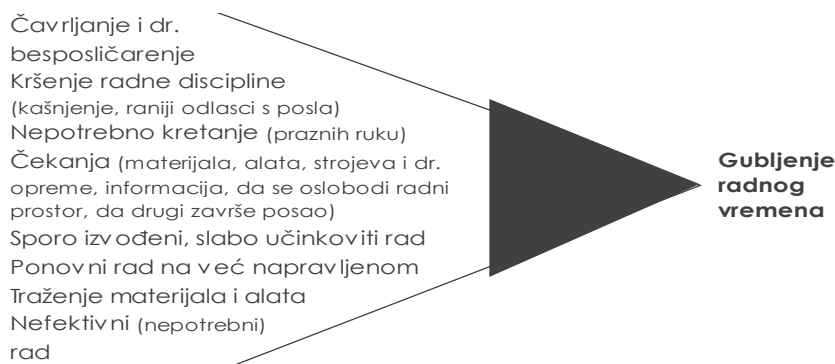
- čekanje (najuočljiviji otpad)
- prekomjerna proizvodnja
- rad na prekomjernoj obradi (koja ne donosi dodatnu vrijednost ili donosi veću vrijednost nego što je potrebno, tj. naplativo)
- nepotrebni pokreti/kretanje radnika i strojeva
- nepotreban, tj. suvišan transport (npr. zbog loše organizacije i lošeg pristupa mjestima rada)
- nedostaci proizvoda, tj. obavljenih radova (koji zahtijevaju ponovni rad)

- prekomjerne zalihe (zbog kojih je više posla na skladištenju nego što je nužno za posao).

Nisu isti oblici u kojima se sve pojavljuju gubici vremena u različitim djelatnostima i industrijama [Denzer i sur., 2015] i zato postoji mišljenje da ova klasifikacija nije dovoljna za obuhvaćanje svih načina gubljenja vremena do kojih dolazi u raznim industrijama i djelatnostima [Sutrisno i sur., 2018]. Koskela (2004) kao osmu vrstu otpada u građevinarstvu predlaže započinjanje aktivnosti bez ostvarenih potrebnih preduvjeta, kao npr. materijala, strojeva, alata, raspoloživih djelatnika odgovarajuće stručnosti i uputa za rad [Formoso i sur., 2011].

Zbog specifičnosti izvođenja radova u građevinarstvu, oni se mogu razlikovati od gubitaka identificiranih na popisima tipičnim za druge djelatnosti, pa ih treba definirati posebno, u skladu s prirodom građevinskih procesa [Koskela i sur., 2013], [Elghaish i sur., 2020]. I udio izgubljenog radnog vremena u građevinarstvu znatno je veći i teži za identificiranje zbog unikatnosti i visokog stupnja složenosti realizacije građevinskih projekata [Rahimian i sur., 2008], [Koskela i sur., 2013], [Bølviken i Koskela, 2016], [Elghaish i Abrishami, 2020].

Česte glavne vrste gubljenja radnog vremena u građevinarstvu (koje navode [Dozzi i AbouRizk, 1993], [Alarcon, 1997], [Alwi i sur., 2002b], [Orth i sur., 2006], [Groover, 2007], [Senaratne i Wijesiri, 2008], [Ngo i sur., 2011], [Sun, 2016], [Nurhendi i sur., 2021], [Nassri i sur., 2021]) prikazane su slikom 4.1.



Slika 4.1 Glavne vrste gubljenja radnog vremena u građevinarstvu prema prethodnim studijama u inozemstvu

Serpell i sur. (1995) dijele izgubljeno vrijeme na neaktivno i neefektivan rad, kako je navedeno u tablici 4.2.

Tablica 4.2 Načini gubljenja radnog vremena (prilagođeno prema [Serpell i sur., 1995])

Izgubljeno radno vrijeme („otpad“) radnika/strojeva	
Neaktivno vrijeme – nerad	Neefektivni rad
- čekanje - besposličarenje - kretanje po gradilištu - odmori - fiziološke potrebe (hrana, piće, WC)	- ponovni rad (popravljanje) - sporiji rad - zbog negativnih vanjskih djelovanja (npr. vremenski uvjeti), skućenog i pretrpanog rad. prostora, nezalaganja radnika, loše organizacije (npr. neodgovarajući sastav radne grupe) ili lošeg stanja strojeva - nepotrební rad (npr. uslijed loše improvizacije)

Napomena: Druge podjele vrijeme utrošeno na normalne fiziološke potrebe klasificiraju kao poluproduktivno.

Do gubitaka radnog vremena dolazi i kod zastoja radnika i/ili strojeva na aktivnostima koje stvaraju dodatnu vrijednost i na podupirućim aktivnostima. Na slici 4.2 naglašeni su gubici vremena s obzirom na vrste aktivnosti.



Slika 4.2 Gubljenje vremena i produktivnosti tijekom radnog vremena

U istraživanjima u kojima se kod praćenja radnika i strojeva bilježe samo dva stanja, donekle se razlikuje usvojena terminologija radnog vremena. Nguyen i sur. (2019) npr. pod neproduktivnim smatraju sve izgubljeno vrijeme i sav rad koji nije direktan ili pomoćni, a Ochoa i sur. (2017) neproduktivno vrijeme definiraju kao ono u kojem se iz bilo kojeg razloga ne obavlja produktivan rad. To je u skladu s podjelom Olomolaiye (1988), koji je kod uzorkovanja radova zidara u

UK njihove podaktivnosti (radne operacije) detaljno podijelio kako je navedeno u tablici 4.3. Pri tome je izrazio dvojbu treba li vrijeme utrošeno na upute za rad i kontrolu rada uzeti kao neproduktivno ili ne.

Tablica 4.3. Podjela podaktivnosti zidara kod uzorkovanja radova (prema [Olomolaiye, 1988])

Produktivne aktivnosti	Neproduktivne aktivnosti
- nanošenje morta na ozi-dani red, odnosno sloj kao priprema za polaganje sljedećeg reda opeka - skupljanje morta lopati-com za razastiranje i pre-mazivanje opeka koje tre-ba položiti - uzimanje opeke s hrpe za premazivanje, rezanje ili polaganje - rezanje opeke na potre-bne dimenzije s odgova-rajućim alatom - polaganje opeke (pozici-oniranje i pritiskanje opeke na ravnini, uključujući lup-kanje) - ispunjavanje mortom slju-bnica između opeka - provjera je li udaljenosti u skladu s nacrtima - obilježavanje linije zidanja i provjere okomitosti ili vo-doravnosti pomoću libele ili na drugi način - uklanjanje viška morta sa sljubnica s pomoću lopa-tice ili drugog alata	- provjera nacрта za detalje prije ili tijekom njihove izvedbe - primanje uputa od poslovođe ili prekidi rada tijekom kontrole - radnik ne radi dok je posao dostupan ili nije na radnom mje-stu bez očitih razloga (neaktivan ili odsutan) - očigledno opuštanje za neophodan fiziološki umor - čekanje radnika na materijal, alat ili zbog smetanja od dru-ge radne grupe - traženje izgubljenih alata ili bilo koje druge potrebne opre-me za izvedbu zadatka - uklanjanje i zamjena već dovršenih radova zbog greški radnika ili krivnje uprave - zbunjenost, neodlučnost ili nagli prekidi rada (nakon čega slijede konzultacije) - izvođenje pomoćnih radova koji su bitni za zidanje, kao što su učvršćivanje nadvoja, prozora, vrata, sidara, toplinske izolacije, postavljanje radnih platformi ili skele itd. - obavljanje ostalih radova koji nisu neposredno vezani za proces zidanja na koje zidar nije prvobitno raspoređen - vožnja dampera za uzimanje i distribuciju materijala - punjenje i pokretanje miješalice za mort s pijeskom i cement. - penjanje/spuštanje do ili od mjesta dijeljenja materijala - raspodjela morta s pomoću lopate, kante ili kolica na predviđenu podlogu za odlaganje i raspodjela opeka na hrpe između odloženog morta - donošenje opeke iz skladišta ili morta od miješalice i donoše-nje ili odnošenje alata - čišćenja, kao što su pranje miješalice, uklanjanje viška morta, slomljenih komada opeke i drugih stvari (obično na kraju radnog dana)

Napomena: Rad s miješalicom za spravljanje morta uvršten je u neproduktivne aktivnosti, što više autora smatra produktivnim, tj. direktinim radom.

U tablicama 4.4 i 4.5 dani su primjeri klasificiranja na direktni i pomoćni rad i nerad kod praćenja grubih građevinskih radova visokogradnje.

Tablica 4.4 Opisi kategorija za određivanje razine produktivnosti betoniraca (prema [O'Neill i Panuwatwanich, 2013])

Bavljenje tijekom smjene	Opis rada (uočeno kod promatranja tijekom radne smjene)
Produktivno	Vidi se da radnik radi učinkovito - vibrira beton, razastire beton, poravnava beton, ispušta beton iz korpe dizalice, ispituje beton (temperatura i dr.)
Pomaže - daje doprinos	Uočeno da radnik pomaže pri ugradbi betona – pomaganje pri vibriranju, pozicioniranju korpe dizalice
Neproduktivno	Radnik nije učinkovit / slabo učinkovit – sjedi, gleda, puši itd.

Napomena: Kontrola kvalitete (u ovom slučaju betona) uobičajeno se klasificira kao indirektni rad.

Tablica 4.5 Podjela podaktivnosti za građevinske radove koje obavljaju radnici različitih zanimanja (prema [Kumar i sur., 2014])

Vrsta rada	Zidanje	Žbukanje	Rad s oplatom	Armiranje
Direktni rad	- postavljanje opeka - nanošenje morta - fina obrada	- nabacivanje žbuke - fina obrada	- postavljanje opl. ploča - povezivanje (zakivanje)	- postavljanje armature - povezivanje armature
Indirektni rad	- spravljanje morta - doprema - manipuliranje materijalom	- spravljanje žbuke - doprema - manipuliranje materijalom	- skela za oplatu - doprema - manipuliranje materijalom	- obilježavanje arm. - doprema arm. - manipuliranje materijalom
Nema rada	- besposlenost/ ljenčarenje - ćaskanje - nema kontakta (radnik odsutan)	- besposlenost/ ljenčarenje - ćaskanje - nema kontakta (radnik odsutan)	- besposlenost/ ljenčarenje - ćaskanje - nema kontakta (radnik odsutan)	- besposlenost/ ljenčarenje - ćaskanje - nema kontakta (radnik odsutan)

Napomena: Dozzi i Abourizk (1993) spravljanje morta ili žbuke svrstavaju u direktni rad.

Radni dan građevinskih radnika može se podijeliti na vrijeme kada nisu na poslu i na vrijeme kada su na svom radnom mjestu, za što su plaćeni bilo da rade ili ne. Vrijeme odsutnosti je svako razdoblje u kojem je radnik nije na poslu tijekom uobičajenog radnog dana ili duže. Vrijeme nazočnosti dalje se dijeli na vrijeme opuštanja, tj. odmora (službena stanka plus dozvoljena fiziološka relaksacija tijekom rada), vrijeme nadzora (vrijeme provedeno u primanju uputa ili zastoja zbog kontrole), produktivno vrijeme (vrijeme provedeno u radu na dodijeljenim glavnim i pomoćnim aktivnostima) i neproduktivno vrijeme (vrijeme provedeno da se ništa ne radi ili se radi nešto što nije povezano s korisnim poslom radnika)

[Olomolaiye, 1988]. U skladu s tim je podjela dnevnog vremena radnika u tablici 4.6.

Tablica 4.6 Klasifikacija vremena u radnom danu građevinara (prema [Olomolaiye, 1988])

Radni dan						
Vrijeme kada su radnici na poslu						Vrijeme kada radnici nisu na poslu (nije predviđeno radno vrijeme)
Produktivno (vrijeme rada)	Neproduktivno vrijeme			Vrijeme nadzora	Vrijeme opuštanja	
Produktivni rad i pomoćni rad	Nepovezani (nepotrebni) rad	Čekanje	Besposličarenje	Vrijeme davanja uputa i vrijeme kontrole izvedenog rada	Vrijeme stanke i vrijeme odmora	
		Vanjski i unutarnji zastoji	Dodatni odmori i kasniji dolasci i raniji odlasci s posla			

Literatura daje više tumačenja sadržaja vremena potrebnog radnicima i strojevima za obavljanje radnih operacija, odnosno za proizvodnju neke količine (najčešće jedinične) određenog proizvoda. U tablici 4.7 pokazano je općenito tumačenje sadržaja radnog ili operativnog vremena prema *International Labour Office* (ILO), kakvo je primjenjivo za građevinsku proizvodnju.

Tablica 4.7 Sagledavanje ukupnog radnog vremena prema ILO-u (1996)

Ukupno vrijeme rada u postojećim uvjetima			
Sadržaj osnovnog rada za proizvod ili operaciju	Ukupno neučinkovito vrijeme		
	Vrijeme dodano lošim projektom ili specifikacijom proizvoda (nestandardni elementi, male količine) i njihovim promjenama ili neprikladnim materijalom i pre niskim ili previsokim standardima kvalitete	Vrijeme dodano s neučinkovitim metodama rada (rezultiraju nepotrebnim kretanjem osoba ili materijala), kao i s neprikladnim rukovanjem, lošim održavanjem strojeva i opreme, tj. kvarovima, lošim rasporedom na gradilištu te slabim planiranjem resursa i redoslijeda aktivnosti	Vrijeme dodano zbog ljudskih resursa (svojevoljno ili nenamjerno) – loše obavljanje posla (slabe vještine), izostajanje s radnog mjesta i opasnosti i ozljede na radu

Dakle, vrijeme rada uvijek se sastoji od racionalno utrošenog vremena na direktni rad i bitan doprinosni rad i vremena slabo učinkovitog rada i zastoja

[Thomas i Daily 1983], [Haas i sur., 1999]. Osnovni sadržaj rada je minimalno vrijeme koje je teoretski potrebno za izvođenje operacije ili proizvodnju jedne jedinice proizvoda, tj. rada. To je nesmanjivo vrijeme i može se smatrati relativno fiksnim, ako su isti uvjeta rada [Ghoddousi i Hosseini, 2012]. Ono podrazumijeva savršen projekt i specifikacije za građevinu i optimalnu izvedbu procesa, odnosno metode rada, kada tijekom izvedbe nema gubitaka radnog vremena iz bilo kojih razloga osim legitimnih stanki za odmor radnicima. Takvom savršenom stanju se teži, ali u građevinskoj praksi nikada se ne događa. Stvarna vremena rada daleko su duža od minimalnog zbog različitih negativnih utjecaja koji ga čine promjenjivim, ovisno o stopi neproduktivnog vremena [Ghoddousi i Hosseini, 2012].

I normativi vremena na neki način moraju odrediti te uzeti u obzir direktni i pomoćni rad i različite gubitke u sastavu radnog vremena. Normativ vremena uobičajeno obuhvaća [Taboršak, 1970]:

- proizvodno, tehnološko vrijeme (glavni, efektivni rad)
- pomoćno vrijeme (da bi se izvršio glavni rad)
- vrijeme za pripremno-završne radove
- dodatno vrijeme (gubici vremena za koje radnik nije kriv).

Tablice 4.8 i 4.9 daju uvid u sagledavanje utroška vremena prema inozemnim normativima za građevinske radove.

Tablica 4.8 Vremena sadržana u finskom *Ratu*-standardu (prilagođeno prema [Koskenvesa i sur., 2010], [Nerwal, 2011])

Ukupno raspoloživo radno vrijeme (svi utrošeni sati - za procjenu troškova i pripremu generalnih vremenskih planova)			
Neto raspoloživo radno vrijeme (za planir. pojedinih grupa radova, faza i zadataka i tjedne plan.)			Glavni gubici vremena - neproduktivno vrijeme – zastoji koji traju više od jednog sata (procjenjuje se na 10 - 30 % neto raspoloživ. vremena)
Produktivno vrijeme		Manji gubici vremena - neproduktivno vrijeme – naknade i prekid ne duži od 1 sat, koji se smatraju normalnim (procjenjuje se na 10 - 20 % produktiv. vrem.)	
Osnovno vrijeme rada - vrijeme tehnološke metode (glavni rad) kod optimalne izvedbe određenog zadatka	Vrijeme pomoćnog rada (poluproduktivno) - vrijeme potrebno uz glavni rad		

Tablica 4.9 Klasifikacija radnog vremena kod rada radnika i strojeva na cestama u Rusiji (prilagođeno prema [Ministarstvo prometa Rusije, 2003])

Klasifikacija utroš. vremena	Radno vrijeme radnika	Vrijeme korištenja strojeva
Standardni utrošci (opravdani)	- vrijeme korisnog rada na zadatku (operativni rad – osnovni i pomoćni te pripremni i završni radovi) - vrijeme odmora koji su potrebni i planirani - vrijeme nužno za osobne fiziološke potrebe radnika - vrijeme neizbježnih tehnoloških prekida	- korisno radno vrijeme – pod punim opterećenjem, tj. s punim učinkom i pod razumno smanjenim opterećenjem (opravdano smanjenje učinka zbog uvjeta na terenu) - neizbježno vrijeme mirovanja, tj. praznog hoda (čekanja) - vrijeme regularnih, redovitih stanki – za tehničko održavanje stroja, zbog radnog procesa i za odmor i osobne potrebe radnika koji rade sa strojem
Nestandardno vrijeme (neopravdano utrošeno)	- vrijeme nepredviđenog rada - gubici radnog vremena – dodatni rad (kao npr. zbog popravaka već napravljenog rada), zastoji u organizaciji posla, slučajni zastoji i zastoji zbog kršenja radne discipline	- vrijeme nepredviđenog rada (nepovezanog s predmetnim procesom) - gubici radnog vremena – dodatni rad, zastoji u radnom procesu (prazni hod, tj. čekanje) koji su uklonjivi, zastoji u organizaciji posla, slučajni zastoji i zastoji zbog kršenja radne discipline radnika koji rade sa strojem

Tablica 4.10 pokazuje kako ILO (1996) objašnjava vrijeme korištenih strojeva prema *Glosary of terms used in work study* (British Standards Institution, 1991).

Tablica 4.10 Vrijeme rada i neiskorišteno vrijeme stroja prema britanskom standardu (prilagođena slika iz [ILO, 1996])

Maksimalno raspoloživo vrijeme (svi sati u danu)				
Raspoloživo vrijeme rada stroja (u okviru radnog vremena)				Ne radi se
Radni dan/tjedan			Prekovremeni rad	
Vrijeme rada stroja		Pomoćni rad na stroju (promjene, postavljanje, čišćenje i sl.)	Stoji jer nema posla, materijala ili radnika	Prekid rada zbog kvara, održavanja ili sl.
Standardni rad stroja (u optimal. uvjetima)	Sa slabijim učinkom			

Radi lakše evidencije prilikom mjerenja udjela (stanja) radnog vremena i usporedbe rezultata, veliki broj različitih aktivnosti koje se prati treba racionalno smanjiti tipizacijom, vodeći računa o njihovoj učestalosti. U tablici 4.11 je primjer popisa tipiziranih aktivnosti, grupiranih prema strukturi radnog vremena sa strojevima.

Tablica 4.11 Tipizirane aktivnosti kod rada sa strojem (prilagođeno prema [Car i sur., 1983])

Naziv i sadržaj		Opis radova
Pripremno - završni rad (podešavanje opreme, radnik na stroju i na transport. sredstvu)		Svi početni i završni radovi za cijelu građevinu ili dio radova na njoj, uključujući pospremanje radnog mjesta, vraćanje alata itd.
Vrijeme izrade	Tehnološki rad	Rad (ručni ili s pomoću stroja) s kojim dolazi do fizičkih promjena na predmetu rada
	Pomoćni rad	Svi oni radovi koji omogućavaju izvođenje tehnoloških (glavnih) radova
Upute - davanje inform.	Službeni razgovor	Razgovori vođeni u svrhu razrješenja nekih nedoumica pri izvođenju tehnološkoga ili pripremno - završnog rada
	Davanje podataka tijekom rada	Sva vremena davanja službenih podataka tijekom proizvodnog procesa te ispisivanje tehničke dokumentacije za izvršeni rad
Priprema radnog mjesta i uvjeta rada	Održavanje pomagala	Popravci i zamjene svih potrebnih pomagala u slučajevima kada je to potrebno (alati, naprave, mjerni pribor)
	Ispunjavanje propisanih obveza zaštite na radu	Uzimanje i upotreba zaštitnih sredstava
	Održavanje radnog mjesta i predmeta rada	Uređenje i održavanje radnog mjesta te čišćenje površina predmeta rada s ciljem osiguranja kvalitete obrade
	Održavanje uvjeta radne okoline	Regulacija klime, grijanja, jačine osvjetljenja te svih drugih čimbenika koji utječu na radnu okolinu
	Uzimanje i vraćanje alata, naprava i ostalog pribora	Uzimanje tijekom rada alata, naprava i ostalog pribora te njihovo vraćanje
Čekanje – nestašica i kvarovi	Kvar stroja	Kvarom stroja dolazi do potpunog prekida rada dok se on ne otkloni
	Dokumentacija	Čekanje na tehničku dokumentaciju koja iz nekih razloga kasni
	Pomagala	Alati, naprave te ostali pribor nisu na vrijeme dostavljeni na radno mjesto ili nisu ispravni za rad
	Materijal i dijelovi	Nedostatak materijala na radnom mjestu ili dijelova potrebnih za nastavak rada
	Kontrola kvalitete	U slučaju potrebe tijekom rada obavljanje odgovarajuće kontrole od strane nadležne osobe
	Transport	Transportno sredstvo ili radnik nisu na vrijeme na radnom mjestu kako bi dopremili opremu ili otpremili dijelove
	Posao	Radniku nije dodijeljen posao, pa čeka neiskorišten
	Energija	Nestanci energije (trenutni ili dugotrajniji)
	Nastavak procesa	Obavljen je posao i čeka se zbog različitih razloga (kvar, prazni hod ili sl.)
	Radnik i suradnik	Na rad. mjestu posao se može obaviti samo uz pomoć drugog radnika te se čeka njegov dolazak
Ispunjavanje higijensko – fizioloških potreba		Nužne potrebe (odlazak na WC, pranje ruku, osvježavanje, stanka za odmor)
Samo-volja	Nedisciplina radnika	Aktivnosti (neopravdane) koje radnik obavlja, a ometaju ili prekidaju proizvodni proces
	Odsustvo radnika	Radnik nije na svome rad. mjestu i nema razloga za izostanak, a posljedica je prekid radnih aktivnosti

4.2 Odgovornost za gubitke vremena i kašnjenje realizacije

Society of Construction Law (2017) u UK-a poremećaje proizvodnje koji rezultiraju gubicima vremena i produktivnosti definira kao smetnju, prekid ili prepreku za uobičajene radne metode izvođača. Zbog takvih poremećaja se aktivnosti izvođača ne provode na toliko učinkovit način koliko je razumno planirano [*Society of Construction Law*, 2017], a to u pravilu dovodi do povećanja troškova izvođača i ako je kod aktivnosti na kritičnom putu realizacije do kašnjenja realizacije.

Kašnjenja kod građenja uobičajeno se definiraju kao dodatno vrijeme potrebno izvođaču da završi posao u usporedbi s početnim planom, odnosno rokom dogovorenim s investitorom [Sorooshian, 2014]. Utjecaji na kašnjenje realizacije u načelu su širi od onih koji utječu na produktivnost, ali istraživanja koja su se primarno bavila čimbenicima zastoja i kašnjenja realizacije projekata (neka su uz rok sagledavala i utjecaje na troškove i kvalitetu) identificirala su čimbenike u velikoj mjeri iste ili slične kao u istraživanjima fokusiranim na utjecaje na produktivnost rada izvođača, a nerijetko je i slaba produktivnost rada utvrđena kao jedan od bitnih čimbenika kašnjenja.

Kada postoji opravdana sumnja da radovi neće biti izvedeni u ugovorenom roku, investitor ima pravo zatražiti od izvođača da poduzme mjere za ubrzanje radova kako bi se uskladili s ugovorenim dinamičkim planom građenja [Posebne uzance o građenju, 2021]. No, takve mjere uglavnom negativno djeluju na produktivnost radnika i tako povećavaju troškove izvođača.

Troškovi zastoja su troškovi koji nastaju unutar aktivnosti kada se ne može osigurati kontinuitet proizvodnje i resursi miruju. Kada su resursi izvan proizvodnje, ne stvaraju novu vrijednost, a iziskuju neke troškove (npr. smještaj, amortizaciju itd.). Resursi se onda mogu smanjiti na minimum, te se izravni troškovi rada u tom slučaju smanjuju. Međutim, već i zbog produženja trajanja radova rastu neki od neizravnih troškova gradilišta.

Ne sami gubici radnog vremena izvođača, nego upravo povećanje troškova te kašnjenje i prekoračenje ugovorenog roka može biti predmet spora između

ugovornih strana. Zato je važno utvrditi odgovornost za poremećaje i posljedično djelovanje na ciljeve realizacije projekta, s obzirom na to da iz toga proizlazi pravo izvođača ili investitora na određenu naknadu, odnosno kaznu.

Odgovornost za smanjenje produktivnosti, a pogotovo s tim povezano prekoračenje ugovorenog roka i troškova, može biti od izvođača ili investitora i konzaltinga i projektanta koje je investitor angažirao. Odgovornost izvođača uvijek obuhvaća i odgovornost za sve negativne utjecaje koje uzrokuju podizvođači i dobavljači koje je on angažirao, a u djelokrug odgovornosti investitora spadaju negativni utjecaji dobavljača koje je on sam ugovorio. Osim toga, zastoji, gubljenje produktivnosti i kašnjenja mogu biti uzrokovani i od treće strane ili incidentima izvan kontrole investitora i izvođača, što se smatra višom silom [Alaghbari i sur., 2007a], [Saleh i sur., 2009].

Određivanje odgovornosti povezano je s utvrđivanjem uzroka negativnih utjecaja na produktivnost. Ako postoji samo jedan čimbenik koji negativno utječe na produktivnost građenja, obično nije problem izračunati izgubljeno vrijeme i troškove koji proizlaze iz toga. Kod građevinskih projekata nerijetko dolazi do poremećaja realizacije od više uzroka i više strana i takvi slučajevi nazivaju se istodobna kašnjenja [Trauner, 2009], [Nelson, 2011]. Tada bi trebalo izolirati izgubljeno radno vrijeme i produktivnosti zbog svakog pojedinog negativnog utjecaja i identificirati koji je od njih zapravo prouzročio kritično odstupanje u produktivnosti građenja. Određivanje koliko je točno svaka strana doprinijela zastojima, tj. negativnim utjecajima može biti teško, ako ne i nemoguće [Klanac i Nelson, 2004], [Alaghbari i sur., 2007a], [Hamzah i sur., 2011], [Lepage, 2020].

Propisi i literatura koriste nazive koji definiraju odgovornost dionika izvedbe projekta za zastoje i smanjivanje produktivnosti radova i posljedice toga kako pokazuje tablica 4.12.

Tablica 4.12 Podjela izgubljenog vremena pri izvođenju građevinskih radova prema odgovornosti izvođača

Izgubljeno radno vrijeme		
Opravođano i oprostivo izvođaču - nije odgovoran za izgubljeno vrijeme i smanjenu produktivnost izvođenja radova		Neopravođano i neopravođivo izvođaču - odgovoran je za izgubljeno vrijeme i smanjenu produktivnost izvođenja radova
Izvan kontrole izvođača – negativni utjecaji i gubici vremena su s njegove strane neuklonjivi (nema utjecaja na njihove uzroke)		Kontrolabilno – izvođač uzrokuje ili može djelovati na negativne utjecaje i s njegove strane su gubici vremena uklonjivi
Nadoknadiivi povećani troškovi izvođaču – ako je odgovoran investitor i oni koje je on angažirao	Nenadoknadiivi povećani troškovi izvođaču ako je uzrok viša sila	Nenadoknadiivi povećani troškovi izvođaču, a mogući i dodatni troškovi izvođača ako dođe do kašnjenja realizacije i plaćanja penala investitoru

Primjeri uzroka izgubljenog vremena i smanjivanja produktivnosti po sudionicima izvedbe građevinskih projekata navedeni su tablici 4.13.

Tablica 4.13 Uzroci gubljenja produktivnosti izvođača i pravo na nadoknadu (prema [Alaghbari, 2007a], [Saleh i sur., 2009], [Trauner i sur., 2009], [Hamzah i sur., 2011], [Twana, 2015], [Akhund i sur., 2017])

Oni koji uzrokuju zastoje – gubitke produktivnosti	Vrste uzroka
Uzroci od izvođača	financijski problemi izvođača, slabe sposobnosti uprave izvođača i kontrola od strane izvođača, nedostatak koordinacije na gradilištu, neodgovarajuća priprema, neodgovarajući plan radova i loše upravljanje vremenom rada, neodgovarajuće metode građenja, nedostatak napredne tehnologije, kvarovi na strojevima i drugoj opremi, zastoji s proizvodnjom i dobavom materijala, ponovni rad - popravci zbog grešaka u radu, ozljede zbog neodgovarajuće zaštite na radu, kadrovski problemi, slaba kvalificiranost tehničkih djelatnika izvođača i podizvođača, neusklađenost obavljanja radova, zastoji u radu i učestale izmjene podizvođača, slaba komunikacija i koordinacija te nesporazumi između izvođača i drugih sudionika izvedbe projekta
Uzroci od investitora	financijski problemi investitora (kašnjenja s plaćanjem i dr.), kašnjenje s predajom gradilišta izvođaču, promjena ugovorom predviđenih radova i tehničkih specifikacija, projektna dokumentacija koja je nekompletna, neusklađena i s greškama, problemi zbog zajedničkog vlasništva na projektu, sporost investitora ili konzaltinga u odlučivanju, pregledu i odobravanju projektne dokumentacije i materijala, sporost u davanju uputa, konflikt između projektanta i konzaltinga, nedostatak iskustva, nefleksibilnost i nedostupnost konzultanata i nadzornog inženjera, slaba komunikacija i koordinacija između sudionika projekta
Utjecaji uzrokovani trećim stranama ili incidentima izvan kontrole i investitora i izvođača, tj. višom silom.	poplava, vatra, štetni vjetar, snijeg, prirodne katastrofe, požar, rat, nestašica potrebnih materijala na tržištu, zastoji u vanjskom transportu, tj. prometu, štrajkovi i druge odgode radova i promjene ugovora zbog više sile

Ngo i sur. (2011) sve gubitke vremena za koje je odgovoran izvođač povezuju s upravljanjem radnim zadacima i tijekovima rada. Serpell i sur. (1995) grupirali su uzroke gubljenja vremena koji su u domeni izvođača građevinskih projekata kako pokazuje tablica 4.14.

Tablica 4.14 Podjela uzroka gubljenja vremena koje izvođač može kontrolirati i na njih djelovati (prilagođeno prema [Serpell i sur., 1995])

Uzroci koje izvođači mogu kontrolirati		
u svezi tijeka rada	u svezi pretvorbe	u svezi upravljanja
Resursi	Metoda	Odlučivanje
- materijal (nedostatak materijala na radnom mjestu, loša raspoređenost i neodgovarajući transport)	- neodgovarajući sastav radnih grupa, neodgovarajuće procedure rada i slaba podrška produktivnim aktivnostima	- loša raspodjela rada radnicima i loša raspodjela radnika
- oprema (nedostupna, neadekvatna za potrebe rada i neučinkovito korištena)	Planiranje	Nadzor
- radna snaga (osobni stavovi radnika i prekidi rada)	- previše ljudi radi na malom prostoru, nedostatak radnog prostora i drugi loši uvjeti rada	
Informacije (loša kvaliteta, nedostatak i nepravovremenost informacija)	Kvaliteta	- loš (nestručan, neefektivan, nepravovremen) i nedovoljan
	- loše napravljen posao i oštećenja završenih radova	

Posebne uzance o građenju u Hrvatskoj točno specificiraju slučajeve kada izvođači imaju pravo tražiti produljenje roka, a kada uz to i naknadu od investitora za povećanje troškova produženog izvođenja radova i ostalih s tim u svezi dokazanih troškova. Uobičajena odgovornost za glavne grupe negativno djelujućih čimbenika pojašnjena je u tablici 4.15.

Tablica 4.15 Odgovornost za utjecaje koji djeluju na produktivnost kod izvođenja građevinskih projekata (prilagođeno prema [Klanac i Nelson, 2004] i nadopunjeno prema [Posebne uzance o građenju, 2021])

Vrsta utjecaja	Odgovornost
Karakteristike projekta: veličina projekta, složenost projekta, raspored, opseg preuređenja ili naknadnog opremanja, ugovor o građenju, dostupnost radne snage, lokacija i konkurentski projekti.	Karakteristike koje su vidljive kada se daje ponuda izvođač treba prepoznati i uzeti u obzir kod određivanja troškova i roka izvedbe. Izvođač nije odgovoran za utjecaje koji su uzrokovani promjenama tijekom izvedbe (npr. koje traži investitor).

Uvjeti na gradilištu: pristup gradilištu, udaljenost gradilišta od mjesta gdje je radna saga (obično većeg mjesta ili grada), drugi rad u pretrpanom prostoru, gomilanje radne snage, rad s opasnim materijalima ili na opasnim procesima, korištenje dozvola za rad na opasnim mjestima na gradilištu (npr. ograničeni, teško pristupačni prostori), strogost sigurnosnih zahtjeva i dr. zakonska ograničenja.	Neki od ovih utjecaja pokazuju se tek tijekom izvođenja radova, ali za one koji su nepromjenjivi i poznati su pri zaključivanju ugovora o građenju odgovara izvođač.
Izvođenje projekta: loša koordinacija izvođača/podizvođača na projektu, veličina i vrijeme promjena projekta, vrijeme odgovora na zahtjeve za informacijama, kvaliteta projektne dokumentacije, vrijeme i dostupnost projektantskih nacrti, vrijeme pregleda i odobravanja izvedbenih nacrti i određenih uzoraka, problemi u isporuci izvedbenih nacrti te kvaliteta, vrijeme isporuke i dostupnost materijala.	Odgovornost ovisi o tipu ugovora i definiranim stavkama ugovora (tko što mora osigurati, odnosno dobiti). S ugovorom „ključ u ruke“ izvođač preuzima veći opseg poslova (kao što je projektiranje, obavljanje administrativnih poslova oko pribavljanja neophodnih odobrenja za građenje, priprema terena i sl.) i s tim odgovornost za njihovu pravovremenost i kvalitetu.
Vremenski uvjeti: ekstremna vrućina ili hladnoća, loše vrijeme (kiša, vjetar, snijeg, led) i dostupnost zaštite od vremenskih uvjeta. (Posebno je izražena važnost ovih utjecaja kada je izvedba projekta ozbiljno ograničena sezonskim vremenskim uvjetima.)	Ovisno o uvjetima ugovora i okolnostima, neuobičajeno vrijeme može biti viša sila koja opravdava produljenje ugovornog roka izvedbe, ali u načelu ne i povećanje ugovorne cijene. Tipična iznimka je kada nečije promjene ili neuspjesi u radu na projektu guraju posao u razdoblja nepovoljnijih (ekstremnih) vremenskih uvjeta, a to onda rezultira gubljenjem radnog vremena i padom produktivnosti.
Nadzor: kvaliteta nadzornika i nadzora, omjer nadzora prema prvom redu nadzornika (predradnici/poslovođe) i omjer predradnika ili poslovođa prema radnicima te iskustvo s radnom snagom koja sudjeluje na radovima.	Izvođač je u pravilu odgovoran za učinkovit nadzor svoje radne snage, a iznimka može biti kada ubrzanje izvedbe na traženje investitora otežava i slabi mogućnost nadzora.
Upravljanje radnim vremenom: udio i učestalost prekovremenog rada, rad u više smjena, kvaliteta planiranja, redoslijed izvođenja radova i podaci o kritičnom putu izvedbe.	Izvođač je u načelu odgovoran za upravljanje vremenom prema ugovoru o građenju. Ubrzavanje dinamike radova i rad izvan planiranog vremenskog rasporeda obično dovodi do neoptimalne izvedbe i gubljenja vremena i produktivnosti (npr. zbog produženih radnih smjena ili rada u više smjena, pretrpavanja radnog prostora radnom snagom ili angažiranja strojeva koji neće biti dobro iskorišteni). Za ubrzanje i promjenu plana izvođenja radova uslijed promjena na projektu koje zahtjeva investitor on i snosi odgovornost.
Uvjeti na lokalnom tržištu rada: obujam radova/aktivnosti na tržištu rada, razina osnovnih vještina lokalne radne snage, sindikalna i nesindikalna prava radnika, lokalno gospodarstvo (plaće i poticaji), fluktuacija radne snage, izostajanje s posla, kulturna	Uvjeti na tržištu rada obično su izvođaču poznati u vrijeme davanja ponude za posao i rizik i upravljanje s tim uvjetima odgovornost je izvođača. Ako dođe do značajnih promjena u uvjetima lokalnog tržišta rada, izvođač može biti prisiljen zaposliti druge, slabije radnike, što dovodi

pijanja (kao što su praznici i vjerski događaji) i zlorporaba droga i alkohola.	do većih gubitaka vremena i smanjenja produktivnosti. Na produktivnost radnika utječu plaće, a izvođač ima mogućnost njima i drugim beneficijama (boljim nego kod konkurencije) privući bolje radnike.
Dostupnost alata i građevinske opreme: neraspoloživost u pravo vrijeme alata, strojeva i druge opreme potrebne za izvođenje radova, kao i njihova neprikladnost za te radove.	Izvođač je u načelu odgovoran za pravovremeno osiguranje raspoloživosti alata i druge opreme potrebne za njegove radove, kao i općenito upravljanje s njom.

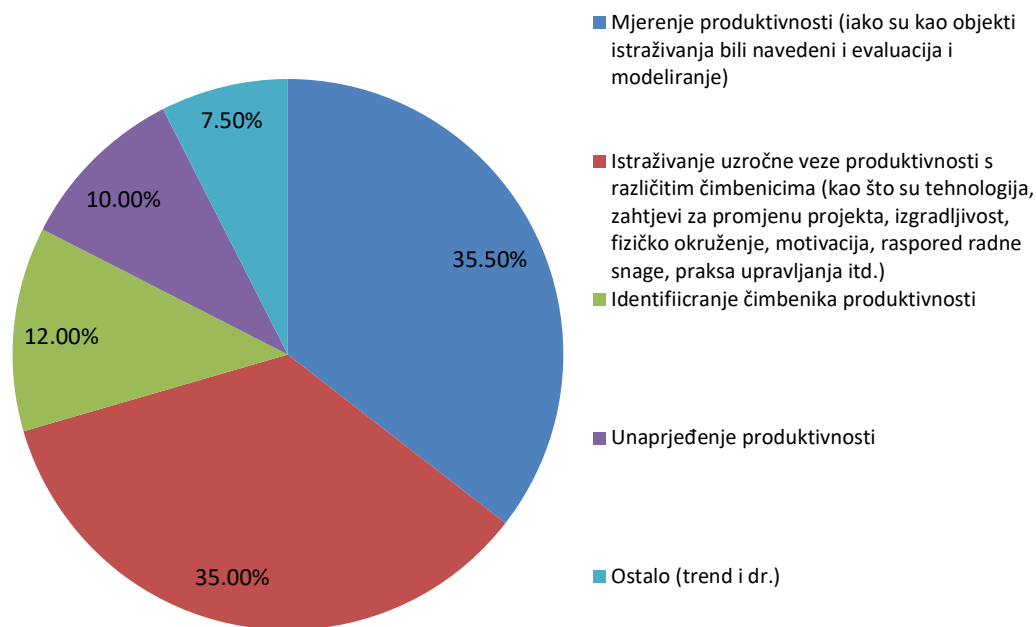
Poznavanje za koliko je izgubljenog vremena i produktivnosti sam odgovoran, odnosno na koliko je izgubljenog vremena i produktivnosti mogao djelovati i umanjiti si troškove, izvođaču pomaže u shvaćanju mogućih ušteda te odlučivanju o poduzimanju mjera za poboljšanje produktivnosti.

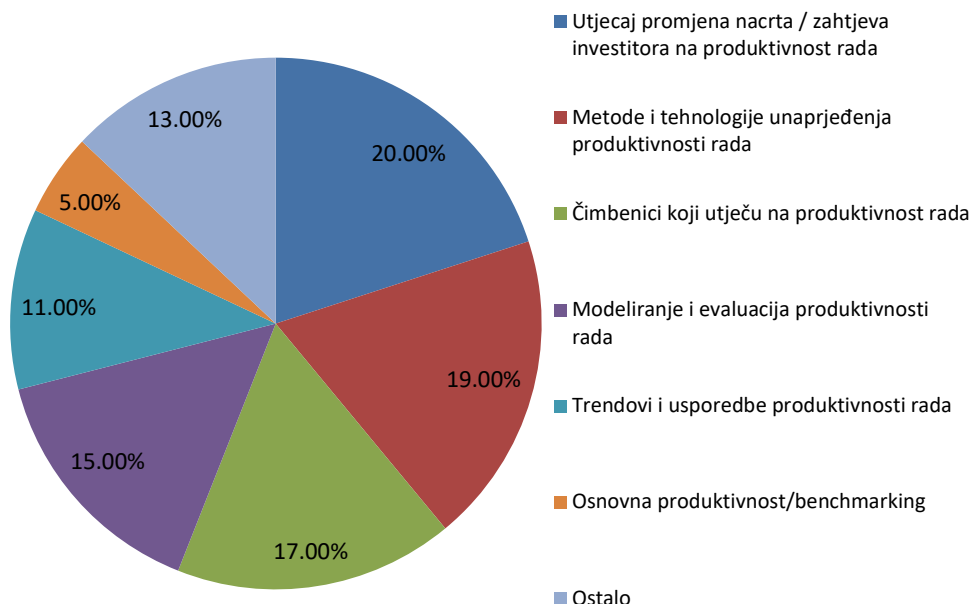
5. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA UTJECAJA NA PRODUKTIVNOST I MJERENJA PRODUKTIVNOG I IZGUBLJENOG VREMENA U GRAĐEVINARSTVU

5.1 Usmjerenost istraživanja produktivnosti građenja

Do sada su gotovo u cijelom svijetu provedena brojna istraživanja produktivnosti u građevinarstvu, od strane sveučilišnih ustanova, same građevinske djelatnosti (neka velika građevinska poduzeća u inozemstvu redovito izrađuju studije produktivnosti za projekte na kojima rade, ali njihovi podaci nisu javno dostupni [Yi i Chan, 2013]), državnih institucija i drugih.

Pregledima velikog broja prethodno publiciranih članaka o istraživanjima produktivnosti u građevinarstvu, Dolage i Chan (2013) i Yi i Chan (2013) utvrdili su čime su se ona najviše bavila. To je prikazano na slici 5.1.





5.1 Područja istraživanja produktivnosti u građevinarstvu prema pregledima literature Dolage i Chana (gore) i Yi i Chana (dolje)

Najviše članaka o produktivnosti bavilo se mjerenjem produktivnost i utjecajima na produktivnost, a najviše studija koje istražuju utjecaje na produktivnost izvođenja radova na građevinskim projektima bavio se čimbenicima koji općenito utječu na produktivnost rada radnika [Dolage i Chan, 2013]. Područje proučavanja različitih čimbenika koji utječu na produktivnost rada u građevinarstvu vrlo je široko i dobro dokumentirano, jer je od sredine 70-ih godina 20. stoljeća puno napravljeno na identifikaciji tih čimbenika [Yi i Chan, 2014].

Pregled 122 članka o istraživanju produktivnosti od 1982. do 2020. godine (više od 92 % u 21. st.) Momade i sur. (2021) pokazuje da ih je najviše bilo provedeno u SAD-u (10 %) i Indiji (10 %), a zatim u Maleziji (8 %) i Nigeriji (8 %) te Turskoj (4 %) i UK (4 %). Hasan i sur. (2018) napravili su sustavni pregled 46 radova iz različitih izvora o čimbenicima koji utječu na produktivnost u građevinarstvu, objavljenih od 1986. do 2016. godine, a 61 % radova bilo je o istraživanjima na području Azije, 13 % Sjeverne Amerike, 11 % Afrike, 7 % Oceanije, 6 % Europe i 2 % Južne Amerike. U tim istraživanjima 24 % ispitanika bili su samo građevinski majstori i

predradnici, 39 % uprava gradilišta, građevinskih tvrtki i projekata, dok su 37 % bile ostale kombinacije [Hasan i sur., 2018].

Osim što se veliki broj istraživanja bavio isključivo s različitim utjecajima na gubljenje radnog vremena i produktivnost rada u građevinarstvu, provedena su i ispitivanja šireg obuhvata. U njima su isto u velikoj mjeri ispitivani čimbenici produktivnost, ali indirektno, preko utjecaja na rokove, troškove ili općenito izvedbu građevinskih projekata, jer je produktivnost rada, odnosno čimbenici koji na nju utječu jako važna za njih.

Dio istraživanja bio je detaljnije koncentriran na značaj samo pojedinih utjecaja ili uže grupe čimbenika produktivnosti. Primjeri takvih ispitivanja kompetentnih osoba i mjerenja na studijama slučaja te analize utjecaja navedeni su u tablici 5.1. Vidi se da su najčešće istraživani utjecaji vremenskih uvjeta, organizacije izvedbe radova, promjene projekta, motivacije, trajanja radne smjene i osobina radnika.

Tablica 5.1 Pregled uže usmjerenih istraživanja utjecaja na produktivnost izvođenja građevinskih radova

Istraživani utjecaji	Autori i godina istraživanja
Vremenski uvjeti (najviše temperatura, vlaga u zraku, kiša i dr.)	Ginther (1993), Moselhi i sur. (1997), Thomas i sur. (1999), El-Rayes i Khaled (2001), Pan (2005), Yi i Hongbo (2007), Rashid (2014), Chinnadurai i sur. (2016), Li i sur. (2016), Ibbs i Sun (2017), Yi i Chan (2017), Al-Abbasi (2017), Usukhbayar i Choi (2017), Matejević i Zlatanović (2018), Senouci i sur. (2018),
Organizacijski čimbenici (uprava gradilišta i upravljanje materijalima i njihovom isporukom, planiranje tijeka rada, nadzor radnika, broj radnika i pretrpanost radnog prostora, veličina i učinkovitost radnih grupa, raspored/organizacija gradilišta, uvjeti smještaja i prehrane, stanke odmora i opuštanje radnika i dr.)	Thomas i sur. (1989), Dozzi i AbouRuzk (1993), Thomas i Sanvido (2000), Horner i Duff (2001), Kazaz i Ulubeyli (2006), Lee (2007), Darvik i Larsson (2010), Nanayakkara (2012), Lamka i sur. (2014), Lamka (2015), Small i Baqer (2016), Jimoh i sur. (2017)
Promjena zahtjeva investitora (kasnih, tj. tijekom gradnje) uključujući negativni utjecaj posljedičnih mjera ubrzanja radova	Leonard (1988), Moselhi i sur. (1990), Ihab (2000), Serag (2006), McEniry (2007), Ibbs (2012), Ibbs i Vaughan (2015), Al-Kofahi (2016), Kermanshachi i sur. (2017), Kermanshachi i Thakur (2018), Carter (2023)
Motivacija radnika (na različite načine)	Borcherding i sur. (1981), Olomolaiye (1988), Ng i sur. (2004), Olatunji i Olotuah (2006), Parkin i sur. (2009), Funso i sur. (2016), Al-Abbadi i Agyekum-Mensah (2017), Sweis i sur. (2017), Momade i Hainin (2019), Wandahl i sur. (2023)
Prekovremeni rad – produžena rad. smjena te tjedni broj radnih sati i odlučivanje o vremen. planu realizacije (u smislu angažiranja dodatnih resursa, promjene roka i dr.)	Oglesby i sur. (1989), Verité (2004), Hanna i sur. (2005), Mei (2006), Whiteside (2006), Lee (2007), Ybanez i sur. (2009), Park i sur. (2010), Alvanchi i sur. (2012)

Osobine radnika (obučenost, iskustvo, dob, snaga, spretnost, moral i dr.)	Horner i Witehead (1986), Lim (1996), Tammy i sur. (2019), Jain i sur. (2020), Vidaković i sur. (2020), Manoharan i sur. (2022), Magsoom i sur. (2022)
Menadžment/upravljanje	Hastak i sur. (2008), Odesola (2015), Dixit (2021), Natukunda i sur. (2020)
Korištenje naprednih tehnika (BIM, praćenje materijala, automatizacija, proširena i virtualna stvarnost, lasersko skeniranje i dr.)	Grau i sur (2009), Poirier i sur. (2015), Sabet i Chong (2021), Kiselica i sur (2021)
Ljudsko ponašanje i organizacijska kultura	Orando (2013), Kuria i Kimutai (2018), Tammy i sur. (2020)
Raspoloživost, tj. nedostatak radnika građevinskih zanimanja	Karimi i sur. (2017), Yusoff i sur. (2021)
Uvjeti na gradilištu i sigurnost na radu (buka, prašina, nadražujući materijali i drugo što ugrožava zdravlje)	Abrey i Smallwood (2014), Choudhry (2017)
Promjene vremenskih planova realizacije	Arriagada i Alarcón (2014)
Pogodnosti gradilišta i mjere socijalne zaštite radnika	Gupta i sur. (2018)
Ponovni rad na već napravljenom (popravci, prerade i dorade)	Mahamid (2020)
Umor radnika	O'Neill i Panuwatwanich (2013)
Obučavanje radnika građevinskih zanimanja	Olatunji i sur. (2000)
Broj katova zgrade na kojima se izvodi armiranje i radovi s oplatom (uigravanje)	Nguyen i Nguyen (2013)
Karakteristike nacrti tipičnih etaža	Khanh i sur. (2013)
Visine rada kod zidarskih radova	Polycarp i sur. (2014)
Ograničenost prostora na gradilištu	Spillane i sur. (2012)

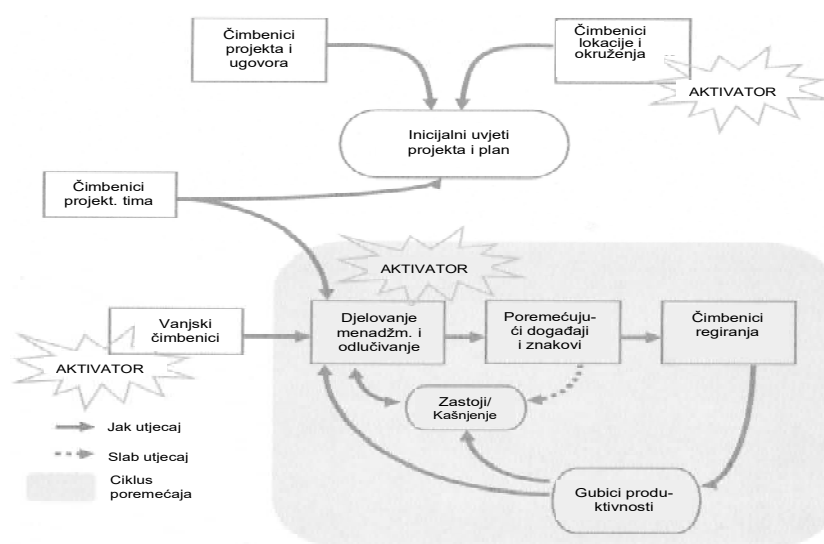
Neka istraživanja ograničila su ispitivanja samo na čimbenike produktivnosti kod određene vrste projekata – prema vrsti građevine (zgrade različite namjene, hidrotehničke građevine, cestogradnja uključujući i mostogradnju) ili prema vlasništvu, tj. investitoru (javni, javno-privatni ili privatni projekti). Obavljana su i istraživanja utjecaja na produktivnost određene skupine izvođača, pa tako npr. Lim (1996) posebno sagledava veličinu utjecaja istih čimbenika na produktivnost domaćih izvođača u Singapuru, a posebno na inozemne izvođače. Osim sagledavanja sveukupnih radova pri izvedbi građevinskih projekata i radnika svih vrsta, tj. zanimanja na gradilištu, istraživani su utjecaji na produktivnost te s tim povezani gubici radnog vremena koji se odnose isključivo na produktivnost izvođenja samo određenih vrsta radova. Primjerice, Shumway (1992) je detektirao čimbenike koji utječu na produktivnost kod izvođenja betonskih radova, Hanafi i sur. (2010) istraživali su čimbenike koji utječu na produktivnost rada kod montaže prefabriciranih elemenata na gradilištu, Idiake i Ikemefuna (2014), Odesola i sur. (2015) te Gerek i sur. (2016)

mjerili su produktivnost radne grupe na aktivnostima žbukanja, a Srikanth i sur. (2022) ispitivali su utjecaje na produktivnost zidarskih radova itd.

U nekim studijama su istom metodologijom kao što su ispitivani utjecaji na produktivnost radnika ispitivani utjecaji na produktivnost opreme za izvođenje radova na građevinskim projektima – samo određene vrste mehanizacije ili svih strojeva.

5.2 Utjecajni čimbenici

Do velikih razlika u ostvarenoj produktivnosti dolazi zbog zastoja i gubitaka vremena uzrokovanih vrlo različitim utjecajima. Ibbs i Vaughan (2015) uvjete koji utječu na produktivnost definiraju kao čimbenike produktivnosti. Utjecajni čimbenici obično stvaraju smetnje koje rezultiraju gubitkom produktivnosti, odnosno dodatno potrebnim radnim satima da bi se dovršio posao [Gundeča, 2013] i tako posljedično utječu na rok, troškove, kvalitetu i sigurnost izvedbe [Ovaranin, 2011]. Lee (2007) i Ibbs i Vaughan (2015) dali su model remećenja produktivnosti, prikazan na slici 5.2, prema kojemu glavni negativni utjecaji (aktivatori) dolaze od čimbenika lokacije i okruženja, upravljačkih akcija i odluka te vanjskih čimbenika.



Slika 5.2 Poremećaji i utjecaji između čimbenika produktivnosti [Lee, 2007]

Na produktivnost u građevinarstvu utječe širok niz čimbenika, od makroekonomskog menadžmenta do organiziranja pojedinačnih aktivnosti na gradilištu, od tehničkih problema povezanih s projektiranjem i problema iz domene profesionalne psihologije do strukture financijskih modela, regulacije proizvodnje (u smislu usmjeravanja i kontrole), vremena, lokacije, obučavanja, uvježbavanja, mehanizacije itd. [Green, 2016].

U studiji literature *Construction industry training board-a* iz UK-a (2016) utvrđeno je više od 70 različitih čimbenika koji utječu na produktivnost u građevinarstvu [Green, 2016], a mnogobrojna istraživanja širom svijeta dala su popis s više od stotinu različito definiranih i različito grupiranih čimbenika koji mogu izravno utjecati na produktivnost rada u građevinarstvu [Nerwal, 2011]. I pored tolikog broja do sada istraživanih čimbenika, Makulsawatudom i Emsley (2002) smatraju da još uvijek postoje nepoznati čimbenici koji traže dodatna proučavanja, čak i u razvijenim zemljama.

Sveučilišni udžbenici iz „Organizacije građenja“ Klepca (1984) i Gušića (2012) pišu da se zbog sustavnog proučavanja utjecaja pojedinih čimbenika na čovjeka u procesu građevinske proizvodnje utjecaji na reagiranje čovjeka i rezultate njegovog rada, pa prema tome i na produktivnost, dijele u tri grupe:

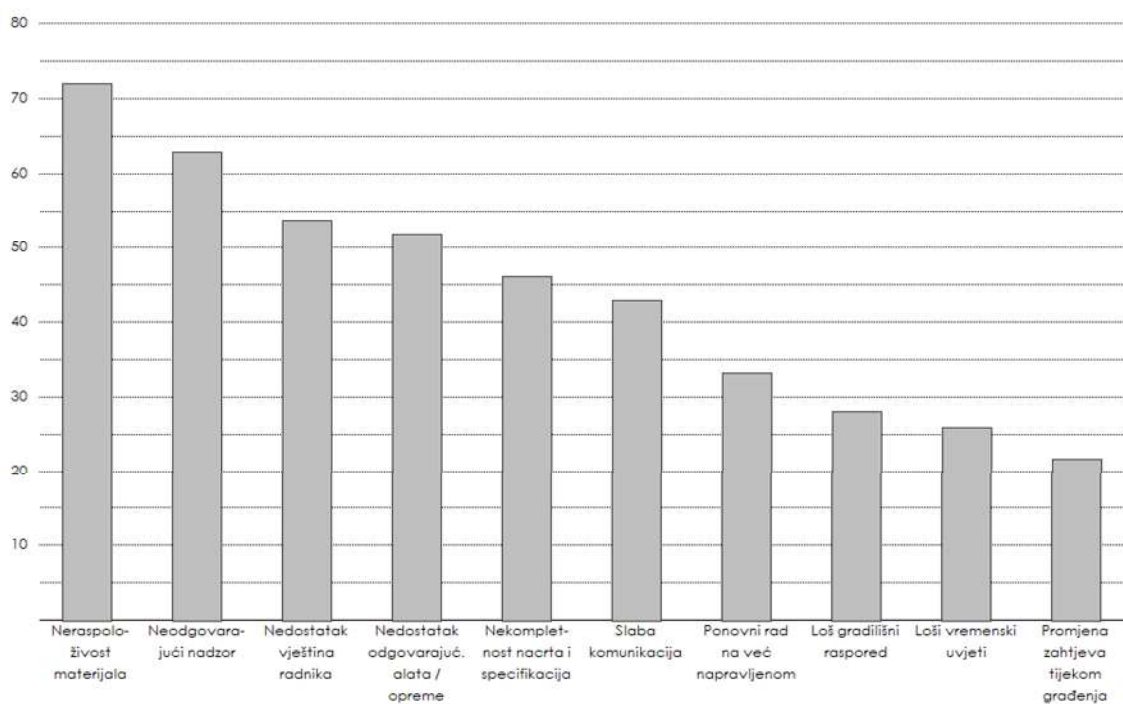
- subjektivni (unutarnji) – ovise o naravi, obrazovanju, iskustvu i građi (fizičkim predispozicijama) čovjeka, kao i životnim uvjetima
- organizacijski – ovise o organizaciji proizvodnje, odnosno o stanju u tvrtki, sposobnosti i zainteresiranosti uprave (sredstva rada, organizacija i plan, raspored rada i odmora, zaštita na radu i sl.)
- vanjski – pretežito objektivne naravi, na koje se u većini slučajeva ne može značajnije utjecati (kao npr. stanje u društvu, okruženje, atmosferske i meteorološke prilike, osvjetljenje, buka, prašina i dr.).

Navodeći čak 75 pojedinih utjecajnih čimbenika, Marušić (1994) tome pridodaje i kategorije čimbenika kao što su: korištenje resursa, primjena znanstvenih metoda, informacijski čimbenici, strukturalni čimbenici, obučavanje i čimbenici selekcije i čimbenici motivacije.

Naoumovo (2016) ispitivanje izvođača u UK-a pokazalo je da su najkritičniji utjecajni čimbenici povezani s aktivnostima prije izgradnje (izbor lokacije, izbor voditelja projekta, greške u projektu, izgradljivost projekata, planiranje, metoda nabave, komunikacija, stil i vođenje). Pri tome Naoum ističe upravljanje materijalom kao po cijelom svijetu raširen problem i glavni uzrok gubitka produktivnosti. Materijali koji su nepropisno sortirani ili označeni, otpad koji ometa pristup i kretanje materijala, nedostatak materijala i neučinkovite metode distribucije te opsežno, višestruko rukovanje materijalima neki su od primjera nepovoljnih utjecaja lošeg upravljanja materijalom koje su u prethodnim istraživanjima utvrdili Thomas i sur. (1989), Kadir i sur. (2005), Singh (2010) i El-Gohary i Aziz (2014).

Za razliku od toga, Kazaz i Acikara (2015) polaze od toga da građevinski radnici imaju najveći utjecaj na produktivnost rada, barem ako se gleda direktni utjecaj.

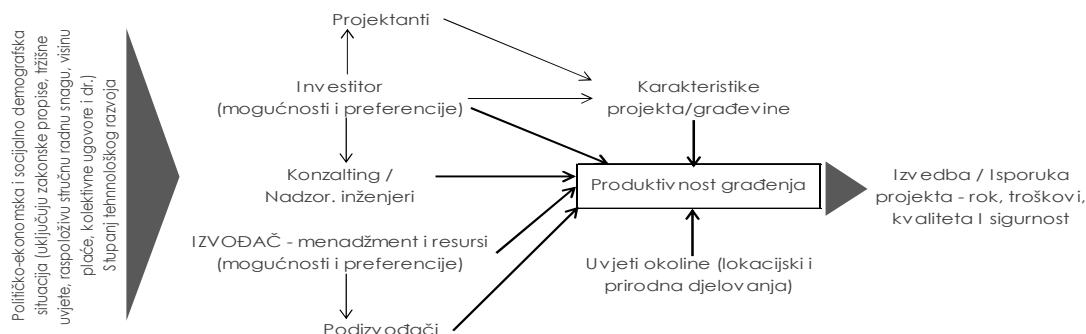
Na slici 5.3 prikazana je zastupljenost utjecajnih čimbenika u prema pregledu istraživanja Hasan i sur. (2018).



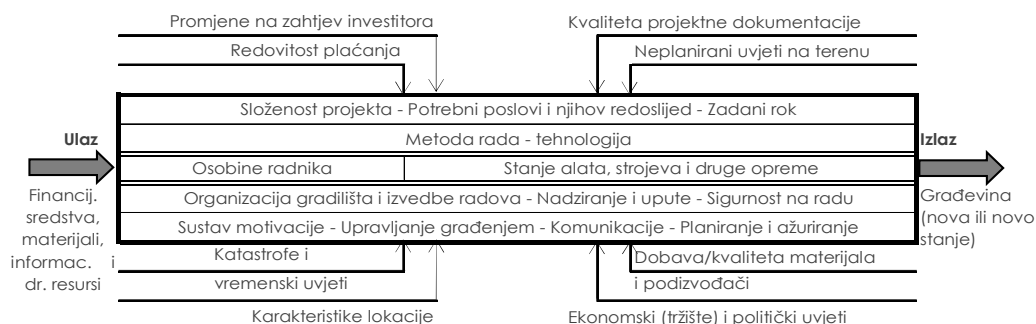
Slika 5.3 Najzastupljeniji čimbenici prema pregledu 30 godina istraživanja Hasana i sur. (2018)

Iako ima dosta sličnosti između utjecajnih čimbenika koji su dosad ispitivani, postoje velike razlike u njihovoj detaljnosti, a to se odražava na broj obuhvaćenih čimbenika.

Međuodnosi između čimbenika produktivnosti mogu biti vrlo komplicirani. Kao primjer povezanih djelovanja na produktivnost, Klepac (1989) navodi djelovanje fizioloških i psiholoških utjecaja. Tako npr. urednost radnog mjesta osim što zbog lakšeg snalaženja i manje traženja poboljšava produktivnost, još dodatno potiče volju za rad [Marušić, 1994] i pozitivno utječe na sigurnost na radu. Potvrđeno je kako općenito, u svim djelatnostima, radna okolina, odnosno uvjeti u vrlo širokom smislu (sigurnost na radu, radno vrijeme, poštovanje potreba radnika, odnos s drugim radnicima i upravom) utječu na zadovoljstvo poslom [Kahya, 2007], [Raziq i Maulabakhsh, 2014], a onda preko toga na produktivnost radne snage. Isprepletene direktne i indirektno utjecaje na produktivnost izvođenja građevinskih projekata pokazuju slike 5.4 i 5.5.

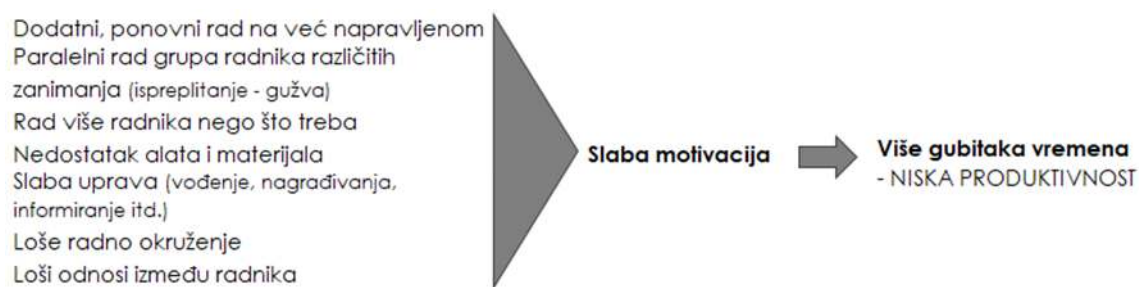


Slika 5.4. Utjecaji na produktivnost pri izvođenju građevinskih projekata od različitih strana prema odgovornosti



Slika 5.5 Utjecaji na sustav koji izvodi radove na građevinskim projektima [Vidaković i Marenjak, 2019]

Može biti problematično u istom ispitivanju ocjenjivanje čimbenika koji su sličnog značenja ili su direktna posljedica djelovanja drugih, uz njih razmatranih utjecaja ili imaju isti uzrok i djelovanje. Otežavajući su složeni odnosi između čimbenika, kao i utjecaji koji mogu biti posljedica različitih uzroka (npr. umor radnika zbog njihovog slabijeg fizičkog stanja, odnosno starosti i zbog težine posla, rad u više smjena zbog zahtjeva tehnologije rada i zbog ubrzavanja izvedbe, popravljavanje/ponavljanje već napravljenog posla zbog promjene i grešaka projekta i grešaka pri radu, koje mogu biti zbog slabog znanja radnika i slabe kontrole, kasnije dolaženje i ranije odlazanje radnika s posla zbog slabe motivacije i zbog slabe kontrole itd.). Na slici 5.6 pokazano je što sve djeluje na motivaciju radnika i preko nje na produktivnost.



Slika 5.6 Indirektni utjecaji na produktivnost rada preko motivacije radnika
(nadopunjeno prema [Ng i sur., 2004] i [Hazrati, 2016])

Od 1971. godine *Mechanical Contractors Association of America* (MCAA) u svom Priručniku o metodama upravljanja daje popis od 16 čimbenika s procijenjenim postotkom njihovih utjecaja na produktivnost rada, poznatih kao „čimbenici MCAA“, koje izvođači koriste za retroaktivnu procjenu ukupnih gubitaka produktivnosti rada nakon završetka projekta, odnosno procjenu povećanja troškova do kojih zbog toga dolazi u slučajevima zahtjeva za promjenu od investitora [MCAA, 2016]. Pojašnjenje kako promjena projekta preko tih čimbenika negativno djeluje na produktivnost izvođača dano je u tablici 5.2.

Tablica 5.2 Čimbenici koji uslijed promjena na projektu mogu bitno utjecati na produktivnost rada (prema [MCAA, 2016])

Čimbenici uzrokovani promjenama projekta	Pojašnjenje negativnog djelovanja
Preklapanje rada različitih radnih grupa	- pretrpavanje radnicima, nemogućnost prikladnog lociranja alata, povećano gubljenje alata, ne može se koristiti optimalna veličina radnih grupa i dodatne sigurnosne ugroze
Radni moral i stav (ponašanje) radnika	- loši uvjeti na gradilištu, veća opasnost, prekovremeni rad, prekomjerna kontrola, višestruke izmjene ugovora, poremećaj ritma i rasporeda rada, itd.
Preraspoređivanje radne snage	- gubitak vremena kada se radna snaga premješta zbog neočekivanih ili prekomjernih promjena ili zahtjeva za ubrzanjem rada ili kada se ponovno, drugačije planira završetak pojedinih radnih faza, bez mogućnosti pripreme za odgovarajuću promjenu
Slabija učinkovitost zbog veličine radne grupe	- radnici dodani postojećim radnim grupama utječu na radni ritam i narušavaju njihovu prvobitnu usklađenost i učinkovitost
Dodatno vremensko paraleliziranje aktivnosti	- slaganje radne snage izvođača i dodavanje operacija već planiranom nizu, bez njihove postupne i kontrolirane provedbe
Slabiji nadzor	- uz nadzor radova u tijeku mora se pažnja preusmjeriti i na analizu i planiranje promjena, zaustavljanje i ponovno planiranje posla, naručivanje i ubrzanje dopreme materijala i opreme, uključivanje promjena u raspored, upute predradnicima i dugim radnicima, revidiranje zahtjeva za ispitivanjem i dr.
Krivulja učenja (slabije uigravanje)	- dolazi do promjene radnih grupa i njima treba određeno razdoblje orijentacije za upoznavanje sa stanjem na gradilištu, pa će ako se uvode novi radnici učinci biti veći tek kada nauče radne postupke, gdje su smješteni alati, materijali itd.
Greške i propusti	- porast grešaka i propusta pri radu, jer se promjene obično izvode naglo, izvan planiranog redoslijeda radova i uzrokuju slabljenje nadzora
Zauzetost prostora – uvjeti na gradilištu	- rad iznad, oko ili u neposrednoj blizini osoblja i proizvodne opreme investitora, kao i oznake, ograničenja buke, prašine i posebni sigurnosni zahtjevi te ograničenja pristupa zbog investitora te korištenje prostora od strane investitora prije završetka ugovorenih radova
Zajedničko korištenje prostora na gradilištu od više različitih izvođača	- radovi se zbog promjena izvode dok objekt zauzimaju i drugi izvođači, što prvobitno nije bilo predviđeno
Pristup mjestu rada	- ometanje pogodnog pristupa područjima izvođenja radova, velika zakrčenost gradilišta, problem korištenja dizala i sl.
Logistika	- izmjene ugovorenih radova na projektu uzrokuju probleme s nabavom i isporukom materijala te preradom materijala na gradilištu, kao i slabiji protok materijala u radna područja
Umor	- kada se nakon izvođenja radova zbog promjena radnici vrate na posao prema osnovnom ugovoru na njihovu izvedbu utječe prethodni neuobičajeni fizički napor
Prenošenje poremećaja izmjena u radu drugih (pod)izvođača	- promjene u radu (kao što je promjena vremenskog plana radova) jednih (pod)izvođača radova utječu na rad drugih
Prekovremeni rad	- produžene radne smjene ili radni tjedan kroz fizički umor i loš mentalni stav smanjuju učinak radnika.
Promjena godiš. doba rada i s tim početno planiranih vrem. uvjeta	- ili vrlo vruće ili vrlo hladno vrijeme i druga nepogodna djelovanja

5.3 Grupiranje čimbenika produktivnosti

Općenito, razvijane su dvije razine čimbenika – grupni, odnosno kategorije čimbenika koje Rivas i sur. (2011) nazivaju glavnim čimbenicima, i osnovni čimbenici, koje Rivas i sur. (2011) i Durdeyev (2014) nazivaju podčimbenicima, a Assbeihat (2016) potkategorijama.

U dosadašnjim istraživanjima često su čimbenici podijeljeni prema onome na čega se detaljnije odnose. Rivas i sur. (2011) uočili su da u literaturi postoji relativni konsenzus oko čimbenika koji utječu na produktivnost rada u građevinarstvu, no da njihova kategorizacija nije konzistentna. Manji broj istraživanja ima definirane iste osnovne i glavne čimbenike, ali u recentnim istraživanjima uglavnom se dijele prema različitim kriterijima, a neka istraživanja uopće nemaju nikakvu kategorizaciju ispitivanih utjecajnih čimbenika.

Nekada je podjela vrlo gruba, na samo dvije široke grupe utjecajnih čimbenika. To je onda najčešće prema tome odakle dolaze - na vanjske i unutarnje, odnosno prema mogućnosti utjecaja na čimbenike i odgovornosti za njihov utjecaj. Obično se smatra da su vanjski čimbenici nekontrolirane varijable, jer su izvan kontrole organizacije (projekta ili izvođača), a unutarnji su pod kontrolom organizacije [Olomolaiy, 1988]. Tablica 5.3 daje pregled osnovnih čimbenika svrstanih u ove dvije grupe, ali u svim studijama nije usuglašeno što sve spada u djelokrug izvođača, a što u vanjsko okruženje (npr. karakteristike radne snage), niti jesu li karakteristike projekta vanjski ili unutarnji čimbenici.

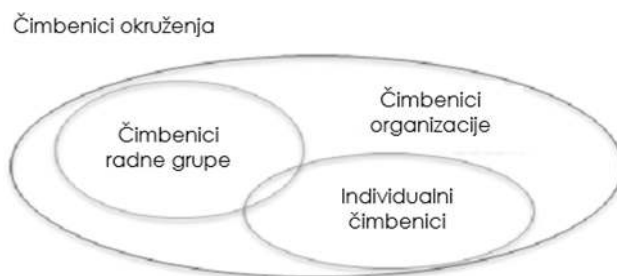
Tablica 5.3 Vanjski i unutarnji čimbenici produktivnosti (prema [Horner i Witehead, 1986], [Olomolaiy, 1988], [Aoun, 2013], [Durdeyev i Ismail, 2016])

Vanjski čimbenici (i u svezi specifičnosti projekta i okruženja)	Unutarnji čimbenici (pod kontrolom uprave izvođača)
čimbenici u svezi prirode djelatnosti, investitora (financiranje i promjene projekta), vremenskih uvjeta i razine ekonomskog razvoja, nacionalna/lokalna politika, tržište (rastuće ili stagnirajuće tržište, raspoloživost, kvaliteta, cijena i isporuka resursa na tržištu), konkurencija, kamatne stope, devizni tečaj, okruženje, karakteristike projekta (izvodljivosti, veličina, složenost, specifičirana kvaliteta, vrsta ugovora i dr.) i uprava projekta (koordinacija, monitoring izvedbe), neradni praznici itd.	upravljanje, stil, organizacijska klima, sustav nagrađivanja, relevantnost, jednostavnost, vjerodostojnost i pravovremenost informacija, nadzor, tehnologija i radnici u operativi, veličina i izbalansiranost radne snage, radni sati itd.

Ostale podjele na dvije grupe glavnih čimbenika u prethodnim ispitivanjima bile su na:

- uredske čimbenike (određene izvan gradilišta) i čimbenike gradilišta [Vavra i Synek, 1994]
- čimbenike menadžmenta i čimbenike gradilišta [Nasiru i sur., 2015],
- čimbenike menadžmenta i tehničke čimbenike [Herbsman i Ellis, 1990], [Agarwal i sur., 2016]
- čimbenike koji se odnose na rad i čimbenike radnog okruženja [Thomas i Sakarcan, 1994]
- ekonomske i socio-psihološke čimbenike [Kazaz i sur., 2016], [Nahod i Knezović, 2017]
- čimbenike organizacijske kulture i čimbenike kompetencija zaposlenika [Wangari i Kimutai, 2018]
- čimbenike koji direktno utječu i čimbenike koji indirektno utječu [Nerwal, 2011].

U istraživanjima je češće definirano više od dvije grupe čimbenika (npr. vidi se u pregledu Kazaza i sur. 2016), nekada čak deset i više od deset (Enshassi i sur., 2007 i Enshassi, 2009 u deset grupa, Polat i Arditi, 2005 u trinaest, a Soekiman i sur., 2011 i Attar i sur., 2012 u petnaest grupa). Najviše pregledanih istraživanja ima definirane grupe „individualni čimbenici“, „menadžment“ i „vanjsko okruženje“. Ailabouni i sur. (2009) prikazali su grupe čimbenika produktivnosti i njihov odnos sa slikom 5.7, a osnovne čimbenike naveli kao u tablici 5.4.



Slika 5.7 Odnos glavnih grupa čimbenika koje utječu na produktivnost u građevinarstvu (prema [Ailabouni i sur., 2009])

Tablica 5.4 Podjela čimbenika prema Ailabouni i sur. (2009)

Čimbenici okruženja	Čimbenici organizacije	Čimbenici radne grupe	Individualni čimbenici
karakteristike tržišta rada, ekonomska i politička situacija, zaštita na radu i sigurnost posla, minimalne plaće, korištenje tehnologije i mehaniziranost, klima i vremen. uvjeti, zahtjevi investitora (specifični zahtjevi projekta) i raspored gradilišta	rad. vrijeme, disciplina i hijerarhijski poredak, politika i procedure, metoda izvješća, uključenost uprave, odgovornost, transparentnost, raspoloživost materijala, alata i opreme, složenost posla, prekidi rada, kompetencije nadzornika, programi nagrađivanja, sloboda izražavanja i povratne informacije, briga o radnicima i brend tvrtke	struktura, tj. sastav radne grupe, pojedinačne vještine radnika unutar grupe, sveukupne (zajedničke) vještine grupe, priroda posla, demografija rad. grupe, nacionalnosti, kulturalne razlike, jezične barijere i učestalost promjena	razina obrazovanja, obuka, dosadašnje iskustvo, sveukupne kompetencije i vještine, dob, osobna kultura, stav pojedinaca, kreativnost, izostajanje s posla, motivacija, zadovoljstvo poslom, opći osjećaj zajedništva i pripadnosti te uvažavanje i razumijevanje

Grupe nazvane „individualni čimbenici“, „radna snaga“, „ljudi“ ili slično obuhvaćaju čimbenike u svezi radne snage, ali njihovo se definiranje znatno razlikuje između pojedinih studija. Čimbenici u ovako nazvanim grupama odnose se na karakteristike radnika, ali nekada i na osobne probleme radnika i stanje na tržištu radne snage te ono što je zapravo u nadležnosti menadžmenta, kao npr. broj i usklađenost ljudi u radnoj gupi, nemotiviranost radnika, nedostaci u prijevozu i smještaju radnika na gradilištu itd. Dok većina autora ovdje uzima samo ono što se tiče radnika na gradilištu, neki ubrajaju i čimbenike u svezi ljudi iz uprave.

„Menadžment“, odnosno uprava obuhvaća čimbenike različitih razina i sudionika u realizaciji projekata, od osobnih karakteristika ljudi u upravi do onih u svezi informiranja, sastanaka, pregovaranja, motiviranja radnika, izbora metode rada, organizacije i nadzora radova, što uključuje raspored radnog vremena, raspored materijala, osiguravanje svih resursa za rad, koordinaciju podizvođača itd. S obzirom na to da se menadžment bavi organizacijom često su isti ili vrlo slični čimbenici kao u kategoriji zvanoj „organizacija“.

„Okruženje“ ili „vanjski uvjeti“ (u nekim studijama su to posebne grupe, a negdje uzimaju isto pod jednim) obuhvaćaju poslovno okruženje i karakteristike lokacije, kao što su udaljenost između gradilišta i gradova, prometni uvjeti i pristup gradilištu, ograničenost prostora, problemi sa susjedima, nedostatak vode, propisi, inspekcija od strane vlasti, državni praznici, religijske prilike,

štrajkovi, geološki uvjeti, klimatsko-vremenski uvjeti, prirodne katastrofe i dr. Osim prije navedenih, istraživanja s detaljnijim podjelama utjecajnih čimbenika rada odnosno radne snage kategoriziraju ih kako je navedeno u tablici 5.5. (Ovdje su uključeni i neki čimbenici prethodno pojašnjenih grupa.)

Tablica 5.5 Detaljnije grupiranje utjecajnih čimbenika na produktivnost rada

Grupe čimbenika i osnovni čimbenici u njima	Istraživanja
Građevinska djelatnost	
unikatnost i složenost izvođenja građevinskih projekata, različitost lokacija, nepovoljni i nepredvidivi vremenski uvjeti i sezonski utjecaji, metode i tehnologija građenja, zakonski propisi i dr.	[Adrian, 1987], [Shehata i El-Gohary, 2011]
Projekti / dokumentacija projekta	
projektna dokumentacija (nacrti i specifikacije) – točnost, potpunost i jasnoća te dostupnost svih elemenata, sporo prihvaćanje nacrti i odgovaranje na upite o nacrtima, promjene nacrti projekta (promjena opsega rada u odnosu na početno planirano), složenost projektnog rješenja, veličina projekta, potrebne aktivnosti na projektu, potrebna metoda građenja, udio radova podizvođača, preklapanje radova, rad u ograničenom prostoru, trajanje i budžet projekta, lokacija projekta i dr. (nekada je ovdje uključena i ugovorna dokumentacija)	[Thomas i Yiakoumisu, 1987], [Borcherding i Alarcon, 1991], [Thomas i Napolitan, 1995], [Lim 1996], [Sonmez, 1996], [Ovararin, 2001], [Polat i Arditi, 2005], [Enshassi i sur., 2007], [Woldesenbet, 2010], [Soekiman i sur., 2011], [Attar i sur., 2012], [Mahamid i sur., 2013], [Robles, 2014], [Alazzaz, 2015], [Ibbs i Vaughan 2015], [Joseph i Shankar 2015], [Gerek i sur., 2016], [Zaballos i Palop, 2016], [Doshi, 2017], [Hwang i sur., 2017], [Abdelalim i sur., 2018], [Khaleel i Nassar, 2018], [Montaser i sur., 2018], [Toan i sur., 2020], [Van Tam i sur., 2021]
Investitor/konzalting i komunikacija	
tražene promjene od strane projektanta, promjene zahtjeva od investitora, nesporazumi između investitora, izvođača i projektanata, sporovi s investitorom i sporovi s projektantima	[Polat i Arditi, 2005], [Soekiman i sur., 2011], [Attar i sur. 2012], [Gundecha, 2013], [Abdelaal i sur., 2014]
Financijski čimbenici	
kašnjenje plaćanja od strane investitora, nepovoljan tijek novca, kašnjenje plaćanja dobavljačima, neodgovarajuće osiguranje za slučaj nepredviđenih okolnosti, niske plaće radnika, visoka cijena potrebnih resursa, eskalacija cijene materijala, nedostatak financijske motivacije i dr.	[Enshassi i sur., 2006], [Soekiman i sur., 2011], [Attar i sur., 2012], [Mahamid i sur., 2013], [Bekr, 2016a], [Bekr, 2016b], [Patel i sur., 2017], [Abidali i Ali, 2018], [Durdjev i Mbachu, 2018], [Montaser i sur., 2018], [Mahammad i sur., 2020]
Resursi za rad (negdje razdvojeno u posebne grupe „oprema“ i „materijal“)	
niska kvaliteta sirovine, povećanje cijene i nestašica materijala, kašnjenje u isporuci, nedostatak potrebnog alata i dr. opreme, nedostatak zaliha, lokacije skladištenja materijala, loše rukovanje materijalom, stara i neefikasna oprema, kvarovi strojeva i opreme, održavanje opreme, poremećaji u opskrbi strujom i vodom i dr. (dio ovih čimbenika u nekim istraživanjima obuhvaća grupa „kvaliteta“)	[Adrian i Boyer, 1976], [Alwi i sur., 2002a], [Polat i Arditi, 2005], [Enshassi i sur., 2007], [Soekiman i sur., 2011], [Attar i sur., 2012], [Gundecha, 2013], [Mahamid i sur., 2013], [Abdelaal i sur., 2014], [Chigara i Moyo, 2014], [Robles, 2014], [Alazzaz, 2015], [Joseph i Shankar, 2015], [Bekr, 2016a], [Bekr, 2016b], [Gergers i sur., 2016], [Sharmila i Nirmalkumar, 2016], [Dakhi i sur., 2017], [Durdjev i Mbachu, 2017], [Chitra i Kumar, 2018], [Manoharan, 2017], [Patel i sur., 2017], [Abdelalim i sur., 2018], [Annigeri i Kelkar, 2018], [Khaleel i Nassar, 2018], [Montaser i sur., 2018]
Gradilište	
pristupačnost gradilišta, raspoloživost radne snage, ugovori sa zaposlenicima i podizvođačima, stupanj iskorištenosti opreme, lokalna klima, izloženost otrovnim tvarima, visina radnog	[Thomas i Yiakoumisu, 1987], [Oglesby i sur., 1989], [Vavra i Synek, 1994], [Thomas i Sakarcian, 1994], [Nasiru i sur., 2015], [Bekr, 2016a], [Bekr, 2016b], [Doshi, 2017], [Van

mjesta, rad u opasnim područjima, buka, intenzitet osvjjetljenja, iskustvo uprave gradilišta, nezgode i dr.	Tam i sur., 2018], [Toan i sur., 2020], [Van Tam i sur., 2021]
Tehnologija i tehnički čimbenici	
tehnologija građenja, oprema potrebna za rad na projektu, vrsta korištenih materijala (jednostavnost obrade i pripreme materijala za rad), vrsta konstrukcije građevine, količina posla dostupna svaki dan, specijalizirane vrste radova i dr. (u najvećoj mjeri čimbenici koji su navedeni u grupama „projekti“, „resursi“, „menadžment“, „organizacija“, „gradilište“, pa čak i „okruženje“)	[Lim, 1996], [Jang i sur., 2011], [Jarkas i Bitar, 2012], [Jarkas i sur., 2012], [Mistry i Bhat, 2013], [Chigara i Moyo, 2014], [Hickson i Ellis, 2014], [Sherif i sur., 2014], [Jarkas, 2015], [Jarkas i sur., 2015], [Jamadagni i Birajdar, 2015], [Joseph i Shankar, 2015], [Mistry i sur., 2015a], [Bekr, 2016a], [Bekr, 2016b], [Gerek i sur., 2016], [Saravanan i Surender, 2016], [Sharmila i Nirmalkumar, 2016], [Alaghbari i sur., 2017], [Dakhi i sur., 2017], [Hwang i sur., 2017], [Sandeep i Mukesh, 2017], [Annigeri i Kelkar, 2018], [Almamlook i sur., 2020], [Mahammad i sur., 2020]
Sigurnost na radu	
propisi zaštite na radu, zaštitna oprema i znakovi upozorenja, neodgovarajuće upute za sigurni rad, obuka za rad na siguran način, dostupnost prve pomoći, (ne)poštivanje mjera zaštite na radu, nedostatak resursa za sigurni rad, opasni radni uvjeti (rad na visini, loša ventilacija, nedovoljno osvjjetljenje i buka, teški vremenski uvjeti), izostanak stručnjaka zaštite na radu na gradilištu, proturječne sigurnosne politike koje su uspostavili različiti nadzornici, socijalno osiguranje i medicinska skrb radnika, nezgode i ozljede na radu	[Polat i Arditi, 2005], [Enshassi i sur., 2007], [Enshassi i sur., 2009], [Soekiman i sur., 2011], [Attar i sur., 2012], [Alazzaz, 2015], [Joseph i Shankar, 2015], [Sharmila i Nirmalkumar, 2016], [Sherekar i Tatikonda, 2016], [Dakhi i sur., 2017], [Abdelalim i sur., 2018], [Annigeri i Kelkar, 2018], [Durdyev i Mbachu, 2018], [Chitra i Kumari, 2018], [Khaleel i Nassar, 2018], [Montaser i sur., 2018], [Van Tam i sur., 2018]
Nadzor (neki istraživači ovu grupu povezuju s vođenjem radnika)	
nedostatak i kašnjenje nadzora rad. snage, obvezivanje datuma kontrole, odsutnost i nekompetentni/neiskusni nadzornici, nesporazumi između radnika i nadzornika, adekvatnost i jasnoća uputa i zadataka, promjena informacija, različita poslovna pravila nadzornika, problemi s komunikacijom, nedostatak periodičnih sastanaka s radnicima, obavješćavanje o pogreškama kada se već dogode, sporo donošenje odluka i dr.	[Polat i Arditi, 2005], [Enshassi i sur., 2007], [Soekiman i sur., 2011], [Attar i sur., 2012], [Alazzaz, 2015], [Hamouda i Abu-Shaaban, 2015], [Sherekar i Tatikonda, 2016], [Abdelalim i sur., 2018], [Khaleel i Nassar, 2018], [Montaser i sur., 2018]
Motivacija/nagrađivanje	
sustav motiviranja na poslu, priznanja za obavljeni rad/poticaži za dobar učinak, mogućnost napredovanja, nedostatak programa financijskog nagrađivanja, način isplate plaća, kašnjenje plaća, kazne radnika, stvaranje natjecateljskog okruženja, zadovoljstvo poslom, nejasne upute radnicima, udaljenost mjesta rada od kuće, osiguranje prijevoza radnika, nedostatak mjesta za jelo i opuštanje na gradilištu i dr.	[Dozzi i AbouRisk, 1993], [Hanna i Heale, 1994], [Lim, 1996], [Enshassi i sur., 2007], [Rivas i sur., 2011], [Chigara i Moyo, 2014], [Alazzaz, 2015], [Mistry i sur., 2015a], [Naoum, 2016], [Dakhi i sur., 2017], [Abdelalim i sur., 2018], [Chitra i Kumari, 2018], [Khaleel i Nassar, 2018], [Van Tam i sur., 2018], [Toan i sur., 2020], [Van Tam i sur., 2021]
Radna grupa	
sastav radne grupe, sveukupne (zajedničke) vještine grupe, pojedinačne vještine radnika unutar grupe, njihova starost, nacionalnost, kulturalne razlike i jezične barijere, sposobnost prilagodbe promjenama i novom okruženju i dr.	[Ailabouni i sur., 2009], [Ailabouni, 2010], [Chigara i Moyo, 2014], [Robles i sur., 2014]
Radno vrijeme / upravljanje vremenom	
broj radnih sati/prekovremeni rad, rad 7 dana tjedno bez dana odmora, rad u smjenama/noćne smjene, nepoštivanje vremenskog plana, trajanje stanki, trajanje zastoja, vrijeme pripreme i finalizacije, pravovremena koordinacija radova izvođača, pravovremeno donošenje odluka, povećanje broja radnika za ubrzanje dinamike radova i dr.	[Polat i Arditi, 2005], [Enshassi i sur. 2007], [Soekiman i sur., 2011], [Attar i sur., 2012], [Alazzaz, 2015], [Hamouda i Abu-Shaaban, 2015], [Joseph i Shankar, 2015], [Sherekar i Tatikonda, 2016], [Abidali i Ali, 2018], [Khaleel i Nassar, 2018], [Abdelalim i sur., 2018], [Van Tam i sur., 2018]
Vremenski plan/planiranje	
neodgovarajuće planiranje rada (glavnog i pomoćnog), pretrpanost radnog prostora, loša uporaba, odnosno nepridržavanje vremenskog plana i dr.	[Hanna i Heale, 1994], [Polat i Arditi, 2005], [Soekiman i sur., 2011], [Attar i sur., 2012], [Dakhi i sur., 2017], [Parthasarathy i sur., 2017], [Chitra i Kumari, 2018]

Uz to, dio istraživanja ima kategoriju čimbenika „razno“ ili „ostalo“. Neka istraživanja imaju i specifične, rjeđe definirane glavne čimbenike kao što su „intenzitet individualnog napora radnika“, „učinkovitost s kojom se napor radnika kombinira s tehnologijom i drugim sredstvima rada“ [Maloney, 1983], „ugovoreni uvjeti“ [Hanna i Heale, 1994], [Gerek i sur., 2016], „sindikati“ [Thomas i Sakarcan, 1994], „strategija upravljanja otpadcima“ [Sugiharto, 2003], „psihološki“ (stres i dr.) [Hamouda i Abu-Shaaban, 2015], [Sherekar i Tatikonda, 2016], „aktivnosti prije izgradnje“ [Naoum, 2016] i „institucionalni“ [Fatokun i sur., 2016]. Drugačije nazvane grupe čimbenika koje su još bile definirane u nekim istraživanjima zapravo uglavnom obuhvaćaju osnovne čimbenike koji su svi već prethodno navedeni, samo su drugačije raspoređeni.

Negdje su posebno izdvojeni kao glavni čimbenici oni koji po svojim karakteristikama nesumnjivo pripadaju drugim definiranim gupama. (Npr. uz „menadžment“ i „organizaciju“ posebno su izdvojene grupe čimbenika „vremensko planiranje“, „upravljanje vremenom“, „nadzor“ i „liderstvo“ [Alazzaz, 2015], a uz „motivaciju“ posebno „plaće radnika“ [Annigeri i Kelkar, 2018].) Često su neki čimbenici u jednim istraživanjima definirani kao glavni, a u drugima su isti ti uvršteni kao osnovni čimbenici produktivnosti. Tako su „financijski čimbenici“, „vremensko planiranje“, „promjene projekta“ i „nadzor projekta“ u nekim istraživanjima zasebna grupa razmatranih čimbenika, ali češće su osnovni čimbenici unutar grupe „menadžment“ ili „projekt“, kao što je i „motivacija“ nekada glavni, a češće osnovni čimbenik „menadžmenta“ ili „ljudi“, dok ima i istraživanja koja uopće ne razmatraju utjecaj motivacije.

Pregledom istraživanja utvrđeno je kako su nerijetko isti čimbenici svrstavani u drugačije grupe. (Npr. „prekovremeni rad“ je kod Abdelaala (2016) u grupi čimbenika „razni“, kod Josepha i Shankara (2015) je među čimbenicima „upravljanje vremenom“, a kod Panda i Kamata (2017) u grupi „ljudski čimbenici“ ili „ponovni rad“, koji su Robles i sur. (2014) uvrstili kao osnovni čimbenik „menadžmenta ili organizacije“, no u studijama Hickson i Ellisa (2014) i Jamadagni i Birajdara (2015) sadržan je u grupi „tehnoški čimbenici“, iako i u njihovoj studiji postoji grupa „čimbenici menadžmenta“.) U istraživanjima s

većim brojem osnovnih čimbenika mogu se zapaziti osnovni čimbenici vrlo sličnog značenja (npr. „prikladnost ili pogodnost korištenih postrojenja i opreme“ i „adekvatnost korištene tehnologije“ [Durdeyev, 2014], „odnos između građevinskih radnika i njihovih poslodavaca“ i „nedostatak poštovanja između građevinskih radnika i njihovih poslodavaca“ [Enshassi, 2014] ili „slaba komunikacija i koordinacija između investitora i ostalih sudionika“ i „nedostatak komunikacije između investitora i izvođača“ [Al Hammadia i Nawaba, 2016]). Često postoji određena uzročna povezanost između razmatranih čimbenika. Primjerice, u istim ispitivanjima obuhvaćeni su „politika poticanja“ i „motivacija radnik“ [Robles i sur., 2014], „kršenje propisa zaštite na radu“ i „nezgode, tj. ozljede na radu“ [Abdelaal i sur., 2014], [Ali Shah i Ahad, 2017], „povećana dob radnika“, „radnici koji rade više od 10 godina“ i „nedostatak iskustva radnika“ [Joseph i Shankar, 2015], „nedostaci alata i opreme“ i „čekanje da stigne oprema“ [Gerges i sur., 2016], „promjene zahtjeva investitora tijekom građenja“ i „promjene nacrtu projekta od investitora“ [Al Hammadi i Nawab, 2016] te „nedostatak odgovarajućeg održavanja“ i „kvarenje opreme“ [Methe i sur., 2018] ili „iskustvo nadzornika“ i „starost nadzornika“ [Khaleel i Nassar, 2018].

Za funkcioniranje i prekide rada operativnih, tehničkih sustava Knezević (2018) je na temelju dugogodišnjeg razmatranja uočio da općenito proizlaze iz:

- unutarnjeg djelovanja uzrokovanog fizikalnim i kemijskim pojavama (npr. korozijom, zamorom materijala, deformacijama materijala, abrazijom, trošenjem i sl.)
- djelovanja uzrokovanih prirodnim fenomenima (snijeg, kiša, magla, vjetar, sunčevo zračenje, potresi itd.)
- ljudski potaknutih radnji (neodgovarajuća opskrba resursima za rad, održavanje, pogreške u izvršavanju zadataka, organizacijska pitanja itd.).

Istraživanja utjecaja na produktivnost strojeva, odnosno mehanizirane opreme pri izvođenju građevinskih projekata imaju slično definirane glavne grupe čimbenika kao kod onih koji utječu na produktivnost radne snage. U tablici 5.6

je pregled grupa i pripadnih osnovnih čimbenika koji utječu na produktivnost mehanizirane opreme za radove na gradilištima, kako je bilo definirano u prethodnim istraživanjima.

Tablica 5.6 Glavni i osnovni čimbenici u istraživanjima utjecaja na produktivnost strojeva na gradilištima (poredani prema sličnosti i godinama istraživanja)

Grupe čimbenika i osnovni čimbenici u njima	Istraživanja
Okruženje – vanjski čimbenici	
temperatura i vlaga, kiša, snijeg, vjetar i pješčane oluje, vrste geoloških formacija / vrsta tla (problematici slojevi), provedba standarda, zakona i propisa, kašnjenje dozvola, promjene projekta, složena projektna rješenja i nepotpuni nacrti, količina i vrsta vegetacije, nedostatak vode i dr.	[Lesley i Gokhale, 2003], [Abdelaal i sur., 2016], [Panda i Kamat, 2017], [Parthasarathy i sur., 2017], [Mehte i sur., 2018], [Al Rawi i sur., 2021]
Istraživanje lokacije projekta	
dokumentiranost istražnih radova na lokaciji projekta, utjecaj izvođenih radova na susjedne zgrade i komunalne vodove, bočno urušavanje zemljišta na gradilištu, pojava podzemnih voda tijekom iskopa, postojanje rasjeda i špilja ispod temelja, pravovremenost primjene rješenja za probleme sa zemljištem i dr.	[Al Rawi i sur., 2021]
Financijska likvidnost i plaćanje	
plaćanje izvedenih radova prema ugovorenim terminima, promjene cijena pogonskog goriva, isplata poticaja radnicima na gradilištu i dr.	[Al Rawi i sur., 2021]
Menadžment	
vodstvo i kompetentnost uprave gradilišta, komunikacija između uprave gradilišta i rukovatelja mehanizacijom, jasnoća uputa i razmjena informacija, vremensko planiranje, tijek rada i zakrčenost radnog mjesta, slab i zakašnjeni nadzor, logistika opreme, koordinacija s dobavljačima, dostupnost materijala i jednostavnost rukovanja, neplanirani odmori, uvjeti na gradilištu, davanje obuke rukovateljima, programi poticanja, neodgovarajući novčani tok, nerealni rok za završetak projekta i dr.	[Panda i Kamat, 2017], [Mehte i sur., 2018], [Ranjithapriya i Arulselvan, 2020]
Ljudi – rukovatelji strojeva	
efikasnost rukovanja strojevima / nedostatak sposobnosti rukovatelja, manjak iskustva, nedostatak obuke, moral, nelojalnost, osobni problemi, dob, fizički umor, izostajanje s posla, nedostatak pomoćnog osoblja, ozljeda ili nesreća u koju je uključen rukovatelj strojeva, neprijateljska radna atmosfera, prekovremeni rad, sustav plaćanja, nesklonost radu na praznike, odmori tijekom radne smjene, dostupnost kvalificiranih rukovatelja za potrebne strojeve, učestalost promjene radnika koji rade s opremom i dr.	[Abdelaal i sur., 2016], [Gluhova i Fetisova, 2017], [Panda i Kamat, 2017], [Parthasarathy i sur., 2017], [Mehte i sur., 2018], [Ranjithapriya i Arulselvan, 2020]
Tehnički i tehnološki (kod nekih autora odnose se na svojstva izvođenja, a kod drugih na projektno rješenje i uvjete rada)	
tehnologija građenja (način gradnje, materijal, sustav opreme), dostupnost mehaniziranih alata i rezervnih dijelova, ponovni rad - popravljivanje, suvišna kretanja, prepreke na gradilištu, stanje gradilišnih prometnica, održavanje i kvarovi opreme, vrsta, veličina, složenost i izvodljivost projekta, promjene projekta, ukupno trajanje izvedbe, uvjeti rada, udaljenost između gradilišta i gradova, pristup gradilištu i dr.	[Gluhova i Fetisova, 2017], [Panda i Kamat, 2017], [Mehte i sur., 2018]
Vrste i spremnost strojeva	
vrsta i broj korištenih strojeva, tehničke karakteristike i stanje strojeva (radni vijek, starost, veličina alata, brzina, učinak), dostupnost specijaliziranog tehničkog osoblja, kašnjenje u postavljanju stroja, dijeljenje strojeva od dvije ili više grupa, kvar strojeva, izostanak pravilnog održavanja, raspoloživost rezervnih dijelova (kao i vrijeme isporuke, visoka cijena, nestandardni rezervni dijelovi, mogućnost lakog popravka), nedostatak prateće opreme, neraspoloživost goriva i dr.	[Gluhova i Fetisova, 2017], [Parthasarathy i sur., 2017], [Mehte i sur., 2018], [Ranjithapriya i Arulselvan, 2020], [Al Rawi i sur., 2021]

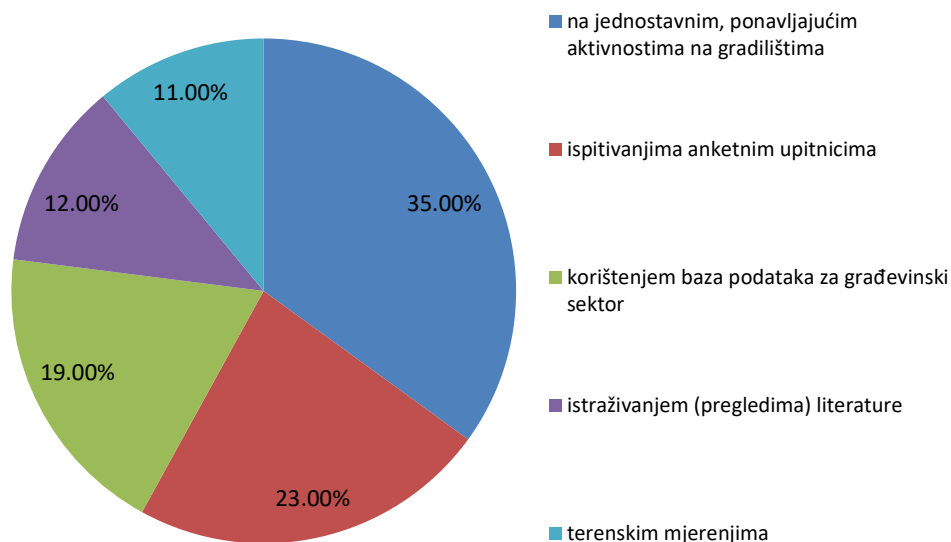
Resursi	
nedostatak potrebnog materijala za građenje ili povećanje cijene, mjesto skladištenja materijala, dostupnost potrebne opreme, prijevoz radnika, nedovoljno osvjetljenje i dr.	[Abdelaal i sur., 2016]
Uvjeti u kojima strojevi rade	
utovar u vozila ili istovar pored stroja, visina ili dubina rada, prijenos s deponije ili vozila i smještaj na gradilišnoj deponiji, otvoreni ili zatvoreni prostor u kojem se odvijaju radovi i dr.	[Gluhova i Fetisova, 2017]

Kao i kod ispitivanja utjecaja na produktivnost radne snage izvođača, u nekim slučajevima usvojene su detaljnije podjele osnovnih utjecajnih čimbenika (npr. „planiranje“ [Parthasarathy i sur., 2017], „komunikacija“ [Abdelaal i sur., 2016], „organiziranost radova na gradilištu“, „osiguranost odgovarajućeg održavanja“ [Gluhova i Fetisova, 2017] i sl.), a različiti autori iste su čimbenike svrstavali u drugačije definirane grupe.

5.4 Metodologije prethodnih istraživanja važnosti čimbenika produktivnosti

5.4.1 Tijek i metode ispitivanja

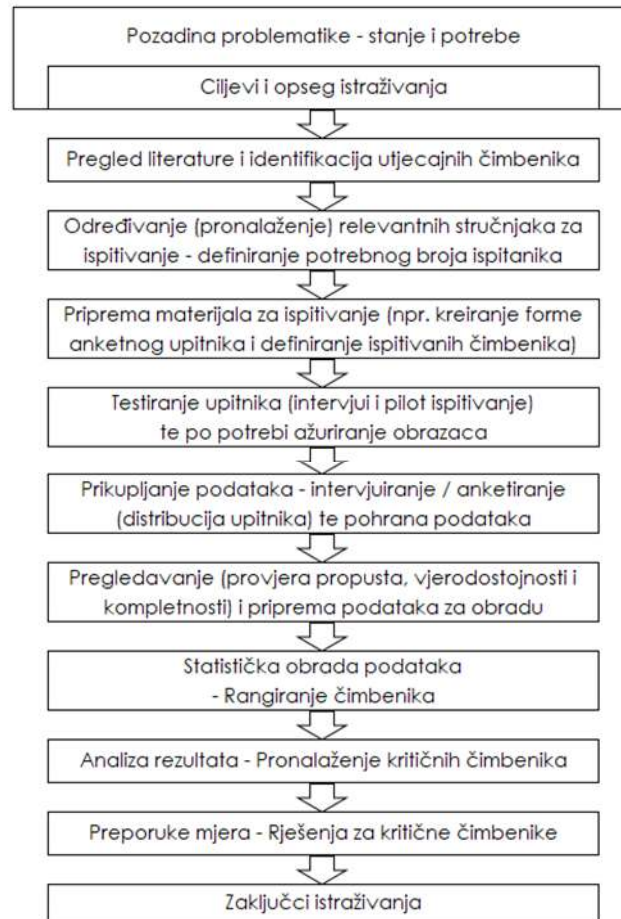
Istraživanja u pravilu počinju proučavanjem prijašnjih istraživanja, odnosno dostupne literature za predmetno područje [Gundeča, 2013]. Sve pregledane studije sadržavale su pregled literature, a većina je uz to imala još jednu, vrlo rijetko više metoda prikupljanja podataka. Dolage i Chan (2013) pregledom literature utvrdili su zastupljenosti načina prikupljanja podataka u istraživanjima produktivnosti građenja kako pokazuje slika 5.8.



Slika 5.8. Načini prikupljanja podataka u prethodnim istraživanjima produktivnosti prema [Dolage i Chan, 2013]

Istraživačke studije koje su koristile anketna ispitivanja stručnih osoba u građevinarstvu većinom su se bavile identificiranjem čimbenika koji utječu na produktivnost i određivanjem ranga njihove važnosti [Dolage i Chan, 2013], [Tsehayae i Fayek, 2014], [Rathnayake i Middleton, 2023]. Nakon toga se obradom podataka dobivaju statistički podaci za svaki ispunjeni upitnik i ukupno, za cijelo istraživanje. Gundecha (2013) smatra da bi na kraju trebalo napraviti pregled cijele studije kako bi se provjerilo ima li propusta i jesu li zaista dobiveni odgovori na postavljena pitanja.

Prikaz najčešćeg tijeka istraživanja koja se bave ispitivanjem čimbenika produktivnosti (objedinjen od [Woldesenbet, 2010], [Gundeshe, 2013], [Thomas i Sudhakumar, 2014], [Abdelaal i sur., 2014], [Joseph i Shankar, 2015], [Abdelaal i sur., 2016], [Sukumar i Kumar, 2016] i [Mehta i sur., 2018]) prikazan je slikom 5.9.



Slika 5.9 Uobičajeni redoslijed istraživanja čimbenika koji utječu na produktivnost građevinskih radova u prethodnim istraživanjima

Kako bi se uočilo sve specifične utjecaje na produktivnost, Doshi (2017) preporučuje da se još istraži utjecaje na nekoliko različitih gradilišta na području za koje se obavlja ispitivanje. Zato neka istraživanja produktivnosti kombiniraju određivanje utjecaja pojedinih čimbenika na produktivnost s mjerenjima produktivnosti s pomoću odgovarajućih tehnika. Na temelju utvrđene važnosti čimbenika produktivnosti često se analiziraju mjere za smanjivanje njihovog negativnog djelovanja, odnosno poboljšanje produktivnosti.

5.4.2 Definiranje anketnog obrasca

Intervjui i ankete su uobičajene istraživačke metode za utvrđivanje razloga za pojavu događaja [Knight i Ruddock, 2009]. Prepoznavanje i ocjenjivanje

čimbenika produktivnosti je subjektivno [Hickson i Ellis, 2014], pa su intervjui kompetentnih osoba, a pogotovo ankete, kao jednostavne, standardne metode, često korišteni u istraživanjima produktivnosti [Gundeča, 2013]. Ciljana grupa ovakvih ispitivanja su profesionalci koji rade u građevinskom sektoru – u bilo kojem ili nekom njegovom određenom dijelu, ovisno o području relevantnom za temu istraživanja.

Odgovori u anketama i intervjuima trebaju biti dani s razumijevanjem, a za dobivanje ozbiljnih, promišljenih odgovora bitno je da ispitanici razumiju što je produktivnost, jer se na tome temelji njihova percepcija o produktivnosti [Dolage i Chan, 2013] i utjecajima na nju. Također, ispitanici trebaju shvaćati i prihvaćati svrhu ispitivanja u kojem sudjeluju. Ograničavajuće je što izvođači ponekad ne žele otkriti svoje spoznaje o vlastitoj produktivnosti i zato Woldesenbet (2010) ističe da ispitivanjem treba obuhvatiti više strana, odnosno različite sudionike izvedbe građevinskih projekata (minimalno još jednu skupinu specijalista struke uz izvođače radova), jer se onda može usporediti i objediniti njihova saznanja o utjecajima na produktivnost.

Glavni set pitanja u upitniku odnosi se na vrednovanje jačine negativnih ili pozitivnih utjecaja na produktivnost i/ili učestalosti djelovanja (nastupanja) svih specificiranih osnovnih čimbenika (mogu biti podijeljeni u određene kategorije). Najveći dio istraživanja bavio se utjecajima koji dovode do zastoja i gubljenja produktivnosti snage i/ili opreme, tj. strojeva izvođača, ali provedena su i ispitivanja u kojima su čimbenici ocjenjivani prema tome koliki je njihov potencijal za povećanje produktivnosti te su neka ispitivanja sadržavala i pitanja o mogućnosti poboljšanja produktivnosti u građevinarstvu (npr. Chan i Kaka (2003a) i Valverde-Gascueña i sur., 2011). Najčešće se veličina utjecaja i/ili učestalost čimbenika vrednuje od nepostojećeg ili zanemarljivog do najvećeg djelovanja na produktivnost preko brojčane ocjene. Kod vrednovanja utjecajnih čimbenika u pravilu se ocjenjivanje ne odnosi samo na jedan projekt, već na sveukupno dosadašnje iskustvo i znanje ispitanika [Gundeča, 2013].

Istraživanja Gundeshe (2013) i Thiagua i Dheenadhayalana (2015) potvrdila su da u anketnom ispitivanju treba nastojati izbjegavati čimbenike koji se ponavljaju sa sličnim značenjem. Nije pogodno kada se npr. posebno ocjenjuje nedostatak obučavanja radnika i slabe vještine, koje su zapravo posljedica obučavanja ili da se slaba predanost radnika na poslu razmatra paralelno s nedostatkom motivacije, koji je često njen uzrok. Gundecha (2013) preporučuje da se prilikom sastavljanja upitnika za istraživanje uvažavaju kriteriji primjenjivosti, potpunosti, razumljivosti i jednostavnosti za ispunjavanje. Ako su pitanja suviše komplicirana i ispitanicima frustrirajuća, veća je vjerojatnost da velik broj upitnika neće biti ispunjen ili da neće biti ispunjeni na odgovarajući, upotrebljiv način. Zbog toga treba nastojati sastaviti koncept upitnika tako da je što više prilagođen profilu onih koji ga trebaju popunjavati. Uz to, prijelom teksta na stranici treba biti takav da ne ometa čitljivost, a treba paziti i na boju i tipografiju [Gundecha, 2013].

Primjenjivost i efikasnost upitnika osigurava se proučavanjem sličnih, prije provedenih istraživanja i načinom na koji su u njima bila formulirana pitanja. Za poboljšanje sadržaja i izgleda upitnika korisno je posavjetovati se s iskusnim djelatnicima u građevinskoj praksi (uobičajeno kroz polustrukturirane intervjuje), poglavito o čimbenicima koji utječu na produktivnost građevinskih procesa, relevantnim baš na području za koje se obavlja istraživanje ili o utjecajima na produktivnost bitnim za neku specifičnu opremu čijom se produktivnosti studija bavi. Dosadašnja istraživanja pokazala su kako povratne informacije relevantnih stručnjaka mogu dovesti do redukcije čimbenika koji će biti ocjenjivani u upitniku.

Najčešće se u anketnim obrascima ispitanicima ostavlja prostor za komentare i mogućnost dopisivanja drugih čimbenika koji utječu na produktivnost građevinskih radova [Gundecha, 2013].

Ovakva ispitivanja u pravilu su tajna, ali uobičajeno se traže i neki za analizu rezultata korisni podaci o osobi koja popunjava upitnik (stupanj obrazovanja, posao koji obavlja, godine iskustva u struci, lokacija posla na kojem trenutno radi i dr.) i tvrtki u kojoj je zaposlena (npr. područje bavljenja, sjedište, broj

zaposlenih, godišnji broj projekata i njihova okvirna vrijednost i dr.). Ti su podaci važni kako bi se rezultati ispitivanja mogli uspoređivati prema profesionalnom profilu ispitanika, veličini i lokaciji tvrtke izvođača i sl.

Radi provjere prikladnosti i jasnoće upitnika te njegove eventualne korekcije često se obavlja pilot-ispitivanje. Opseg takvog preliminarnog ispitivanja ovisi o veličini ciljane populacije i provodi se na uzorku između 1 % i 10 % [Mugenda i Mugenda, 2003] (prema Jarkas i sur. (2015) i Polit i sur. (2001) 10-20 %) planiranog broja ispitanih. U nekim istraživanjima (npr. Gundeča, 2013, Thiyaagu i Dheenadhayalan, 2015 i Durdyev i Mabachu, 2018) informacije dobivene pilot-ispitivanjem bile su osnova za redizajniranje sadržaja i strukture upitnika, odnosno neki su čimbenici izostavljeni ili drugačije definirani kako bi bili prikladniji, jasniji i konzistentniji te prihvatljiviji za ispitivanje te kako bi se anketiranjem dobio veći postotak odgovora. Također, preliminarnim ispitivanjem mogu se identificirati razni uzroci koji utječu na samu studiju i prikupiti podaci i donijeti zaključci koji mogu biti od velike pomoći za formuliranje same studije [Gundeča, 2013], [Thomas i Sudhakumar, 2014].

Prethodna ispitivanja utjecaja na produktivnost obuhvaćala su najmanje po jedanaest čimbenika, kao što je bilo kod Hornera (1982) i kod Valverde-Gascueña (2011). (U istraživanju Kuykendalla (2007), Olasbosipo i sur. (2011) i Lamke i sur. (2014) bio je jedan više, a kod Zakeria i sur. (1996) trinaest.) Ipak, većina autora uzimala je u svoja razmatranja znatno veći broj osnovnih čimbenika. Primjerice, Soekiman i sur. (2011) u istraživanju u Indoneziji kvantificirali su utjecaj čak 113, a Dai i sur. (2009) u ispitivanju provedenom diljem SAD-a 83 čimbenika produktivnosti rada, dok su Methe i sur. (2018) ispitivali utjecaj 83 čimbenika na produktivnost opreme kod izvedbe građevinskih projekata u Indiji.

5.4.3 Potreban broj ispitanika i distribucija anketa

Potrebna veličina uzorka, što je u ovim istraživanjima broj ispitanika koji trebaju na odgovarajući način ispuniti upitnik, obično se određuje u odnosu na

zahtijevanu razinu pouzdanosti, koja je najčešće 90-95 %. Razina pouzdanosti kazuje koliko se može biti siguran u rezultat. Što je veći uzorak, to je veća sigurnost da odgovori, u ovom slučaju ocjene ispitanika, održavaju cijelu postojeću populaciju, odnosno približavaju se pravoj vrijednosti, ali odnos intervala pouzdanosti i veličine uzorka nije linearan.

Za zahtijevanu pouzdanost minimalno zadovoljavajući broj ispitanika (n) može se izračunati prema formuli ili se može očitati iz tablica ili iz za to predviđenog nomograma (daje ga ILO, 1992). Raspoloživi su i računalni programi [Dozzi i AbouRuzk, 1993] i stranice na internetu (npr. <https://hr.martech.zone/survey-sample-size-calculator/> i <https://www.surveymonkey.com/mp/sample-size-calculator/>), koje izračunavaju n ispitanika za unesene veličine (ukupni broj populacije, zahtijevanu pouzdanost i granice povjerenja).

U većini istraživanja ove vrste korišten je izraz za određivanje minimalno potrebnog broja ispitanika [Ayoub i McCuen, 2000], [Enshassi i sur., 2007], [Hogg i Tanis, 2009], [Ailabouni i sur., 2009], [Mistry i Bhatt, 2013], [El-Gohary i sur., 2014], [Hickson i Ellis, 2014], [Robles i sur., 2014], [Jarkas i sur., 2015], [Gerges, 2015], [Gerges i sur., 2016], [Khaleel i Nassar, 2018], [Nguyen i sur., 2018]:

$$n = \frac{m}{1 + \left(\frac{m-1}{N}\right)}, \quad (5.1)$$

gdje je (u literaturi se za elemente u ovom izrazu koriste različite oznake):

N - veličina uzroka iz skupa s dostupnim brojem (obično se doznaje iz registra izvođača, strukovnih udruga ili iz pregleda statističkih podataka na razini države),

m - veličina uzorka neograničene populacije, koja se izračunava prema:

$$m = \frac{z^2 \times p \times (1-p)}{e^2}, \quad (5.2)$$

gdje je:

z - razina izabrane statističke pouzdanosti, tj. standardno odstupanje (vrijednost se očitava iz tablice normalne raspodjele – za 90 %-tnu preciznost $z = 1,645$, a za 99 %-tnu $z = 2,575$, dok je za najčešće uzimanu od 95 % $z = 1,962$),

p - stupanj varijacije, tj. odstupanja odgovora (ocjena) između populacije i to izražen u decimalnom obliku (budući da je vrijednost p nepoznata, ona se procjenjuje, a Sincich i sur. (2002) predlažu uzimanje konzervativne vrijednosti od 0,50 jer je 50 % najveća moguća pogreška),

e - standardna ili maksimalna pogreška uzorkovanja izražena u decimalnom obliku, koja definira polovicu širine intervala povjerenja (najčešće se uzima 5 ili 10 %).

Uz izabranu razinu pouzdanosti od 95 % i $e = 5$ %, veličina uzorka populacije određena je jednadžbom [Jarkas i sur., 2015]:

$$m = \frac{1,96^2 \times 0,5 \times (1-0,5)}{0,05^2} = 385 \quad (5.3)$$

Točna veličina populacije (broj građevinskih poduzeća ili djelatnika u građevinarstvu na istraživanom području) koju treba uzeti u proračun nekada nije poznata, no to većinom ne predstavlja problem jer kod ovakvih ispitivanja ona obično ne utječe značajnije na veličinu uzorka. Veličina populacija važna je kada se radi o relativno maloj i poznatoj grupi, a ako je jako velika ili nepoznata, može se jednostavno zanemariti.

Osim prethodno navedenog, za izračun potrebnog broja ispitanika nekada se koristi i pojednostavljena formula [Yamane, 1967]:

$$n = \frac{N}{1+N \times (e^2)} \quad (5.4)$$

Objavljeni radovi pokazuju da u provedenim istraživanjima nisu rijetki slučajevi kada je obrađeni broj anketnih odgovora manji od prethodno određenog broja potrebnih ispitanika prema željenoj razini pouzdanosti. (Primjerice, iako su poslali veći broj upitnika, Abdelaal i sur. (2014) prikupili su 26 % ispravno

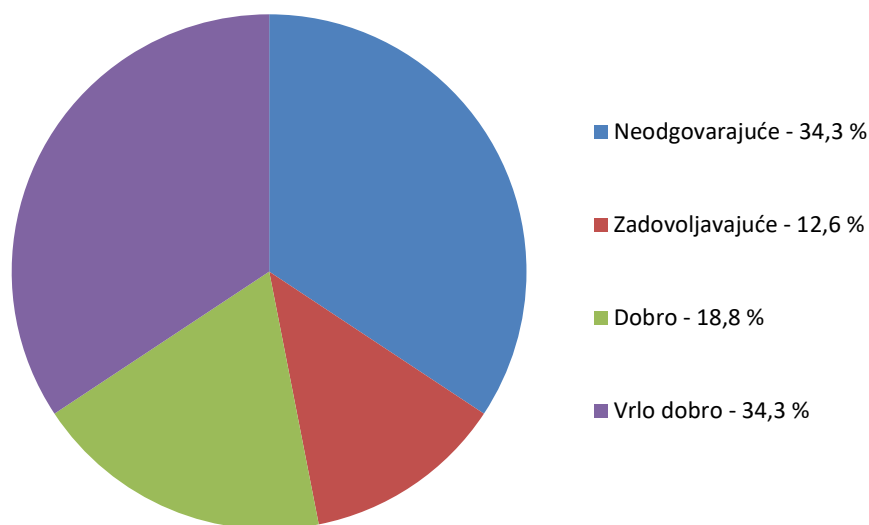
popunjenih upitnika od potrebnog broja, Mistry i Bhatt (2013) 30 %, a Hickson i Ellis (2014) 52 %.)

Prema Trompu (2009) treba najmanje 30 ispitanika u svakoj grupi za korelacijska i deskriptivna istraživanja [Lamka i sur., 2014]. No, neke studije o utjecajima na produktivnost provedene su na temelju 25 i manje prikupljenih odgovora (Abrey i Smallwood (2014) u JAR-u s 14, Karimi i Gidado (2012) u Afganistanu, kao i Abdelaal i sur. (2014) u GCC-u sa 16, Kuykendall (2007) s 24 u SAD-u i Chitra i Kumari (2018) s 25 u Indiji), a malo je bilo istraživanja s više od 200 ispitanika (kao npr. Gerges i sur. (2016) 227 u Egiptu, Halwatura (2015) 352 u Šri Lanki, Ailabouni (2010) 480 u UAE-u, Odesola i Idoro (2014) 1.043 u južnoj zoni Nigerije, Dai i sur. (2009) 1.996 u SAD-u).

Zbog efikasnosti procesa ispitivanja, odgovarajuće strukturirani upitnici najčešće su slani e-poštom ili su pripremljeni tako da se mogu ispunjavati na internetskim stranicama (pozivi su distribuirani prema podacima iz javnih baza podataka ili ciljano). Općenito, odgovaranje preko mrežnih stranica ispitanicima omogućava veću opuštenost i sprječava izostavljanje odgovora zbog kojih anketni obrazac ne bi bio upotrebljiv te zahtjeva manje vremena i troškova za istraživanje. Efikasnosti dodatno doprinosi automatsko sortiranje, spremanje i obrada unesenih podataka. Problem je što se kod korištenja interneta pokazalo kako se događa da bude mali postotak vraćenih upitnika, pogotovo ispravno popunjenih.

U okviru ove disertacije pregledanim istraživanjima utjecaja na produktivnost u kojima su objavljeni podaci o postotku dobivenih odgovora utvrđene su velike razlike u broju poslanih upitnika (od nekoliko desetaka do preko tisuću), kao i u postotku na kraju dobivenih i ispravno popunjenih. To je od 10,5 % u Hrvatskoj [Nahod i Knezović, 2017] i 12 % u SAD-u [Kuykendall, 2007] i Španjolskoj [Valverde-Gascueña i sur., 2011] do preko 90 % u Keniji [Nyanjong i Were, 2017], Etiopiji [Mengistu i sur., 2016], Pojasu Gaze [Hamouda i Abu-Shaaban, 2015] i Vijetnamu [Nguyen i sur., 2018]. U 64 prethodna istraživanja iz razdoblja 1996. do 2020. godine (od toga 87 % nakon 2010.) prosječni postotak iskoristivih anketnih obrazaca bio je 57,9 % od poslanih. Mugenda i Mugenda (2003) i

Babbie (2007) dali su ocjenu da je stopa dobivenih odgovora od 50 % zadovoljavajuća, 60-70 % dobra, a iznad 70 % vrlo dobra. Prema tome, u ovom pregledu publikacija o istraživanjima produktivnosti u kojima su anketni obrasci bili poslani ispitanicima 34,3 % ih nije imalo zadovoljavajući postotak dobivenih odgovora, a u isto toliko je bio vrlo dobar (slika 5.10).



Slika 5.10 Udjeli postotka dobivenih odgovora u pregledanim prethodnim istraživanjima u kojima su anketni obrasci bili poslani ispitanicima

Negativna strana ispitivanja bez direktne komunikacije s ispitanicima je i to što postoji opasnost da ne shvate, odnosno pogrešno shvate na čega je sastavljač upitnika mislio pod pojedinim čimbenicima, jer zbog forme upitnika definicije u njima ne mogu sadržavati jako detaljna pojašnjenja. Vrlo je bitno naglasiti što se na ovaj način teško može doći do mišljenja onih koji nemaju e-adresu na poslu, kao što je uglavnom slučaj s radnicima u građevinarstvu.

Davanje ispitanicima upitnika osobnim kontaktom, tj. „na ruke“, rijetko je primjenjivano, ali u prosjeku je davalo veći postotak upotrebljivih odgovora, nego kada su ispitanici pozivani putem interneta da daju odgovore. (Npr. Assbeihat (2016) je u Jordanu tako dobio odgovore od 83 % konzultanata, 83 % izvođača i 57 % investitora). Iz navedenih razloga su Chan i Kaka (2007a) u svom istraživanju menadžere ispitivali slanjem anketnog upitnika, a radnicima

su upitnike davali direktno na ruke. (Ipak, zbog teže dostupnosti i više potrebnog vremena za ovakvo ispitivanje prikupili su oko 2,5 puta manje odgovora radnika od menadžera.) Kazaz i sur. (2008) isto su prvo ispitivali projekt-menadžere, dijelom slanjem anketnog obrasca i dijelom intervjuiranjem „lice u lice“ ili telefonski, a poslije su Kazaz i Acikara (2015) radnike ispitivali isključivo „licem u lice“ prema istom upitniku. Vidaković i sur. (2020) u Hrvatskoj su ispitivali utjecaj osobina radnika na njihovu produktivnost same radnike i građevinske inženjere te upravu tvrtki davanjem upitnika „na ruke“ te tako dobili malo više od 90 % iskoristivih odgovora.

5.4.4 Rangiranje čimbenika produktivnosti prema važnosti

Zbog česte povezanosti čimbenika koji djeluju u građevinskoj praksi teško je precizno kvantificirati njihov pojedinačni utjecaj na produktivnost i ne postoje općeprihvaćeni standardi za mjerenje čimbenika koji uzrokuju gubitak produktivnosti rada [Gundeča, 2013].

Uobičajeno se primjenjuje neki vid ponderiranja na temelju ocjena od ciljane skupine ispitanika. Kod ocjenjivanja se koriste skale različitih raspona, a uobičajeno veća dodijeljena vrijednost znači jaču percepciju utjecaja ili učestalosti tog čimbenika od strane ispitanika [Naoum, 2016]. U pregledanim prethodnim istraživanjima minimalni raspon podjele ocjena bio je od 1 do 3 ([Naoum, 2016], [Madhan i Gunarani, 2018]), a maksimalan od 1 do 10 ([Yeung i sur., 2017]). Novija ispitivanja čimbenika produktivnosti uglavnom su koristila raspon od pet ocjena, odnosno od 1 do 5 ili vrlo rijetko od 0 do 4. Značenja pet ocjena su kako je opisano u tablici 5.7 ili vrlo slično tome. (Npr. nekada se definira i da „1“ znači da se ispitanik ne slaže s postojanjem utjecaja tako ocijenjenog čimbenika, a da „5“ znači da se jako ili potpuno slaže [Tahir i sur., 2015].)

Tablica 5.7 Značenje ocjena na Likertovoj skali kod ocjenjivanja čimbenika produktivnosti

Ocjena	Značenje (prema [Soekiman, 2011], [Ghoddousi i Hosseini, 2012], [Nasiru i sur., 2015], [Khaleel i Nassar, 2018])	Procjena veličine utjecaja (prema [Ghoddousi i Hosseini, 2012] i [Khaleel i Nassar, 2018])
1	nevažno ili mali, tj. vrlo slab utjecaj	< 20 % [Ghoddousi i Hosseini, 2012] ili 10-20 % [Khaleel i Nassar, 2018]
2	nije jako važno, tj. slab utjecaj ili ima neki utjecaj	20-40 %
3	umjereno važno ili prosječni utjecaj	40-60 %
4	jako važno ili veliki utjecaj	60-80 %
5	izuzetno (ekstremno) važno ili vrlo veliki utjecaj	80-100 %

U istraživanjima Zakeria i sur. (1996) i McTaguea i Jergeasa (2002) ispitanici su određivali ocjenu veličine negativnog utjecaja svakog pojedinog čimbenika na produktivnost prema procijenjenom tjedno izgubljenom radnom vremenu do kojeg dovodi (podijeljeno na raspone od tri izgubljena sata).

Čimbenike je potrebno rangirati po važnosti i za to su razvijene tehnike i parametri za njihovu evaluaciju, tj. iskazivanje. Pri tome se, u pravilu, ocjene dobivene iz anketnih upitnika za svaki ispitivani čimbenik poslije množe s brojem onih koji su dali te ocjene i ti se umnošci zbrajaju za svaki čimbenik.

Za analizu podataka najčešće se koristi neki oblik indeksa relativne važnosti (*Relative Importance Index* – RII), koji niz autora u radovima s ovog područja (npr. [Lim i Alum, 1995], [Alwi i sur., 2002], [Kadir i sur., 2005], [Enshassi i sur., 2007], [Ailabouni, 2009 i 2010], [Karimi i Gidado, 2012], [Mahamid, 2013b], [Thomas i Sudhakumar, 2014], [Alazzaz, 2015], [Bekr, 2016a] i [Bekr, 2016b]) naziva samo indeks važnosti (*Importance Index* – II). Većina studija navodi da se RII izračunava jednadžbom [Cheung i sur., 2004], [Iyer i Jha, 2005] i [Ugwu i Haupt, 2007], [Gündüz i sur., 2013], [Dixit i sur., 2018], [Chitra i Kumari, 2018], [Patel i sur., 2018]:

$$RII = \frac{\sum W}{A \times N}, (0 \leq RII \leq 1), \quad (5.5)$$

gdje je (u literaturi se ponekad koriste različite oznake za iste parametre):

A - najveća težina, tj. ocjena (ovisno o rasponu ocjena, npr. 3, 5 ili 10),

N - ukupan broj dobivenih ocjena za određeni čimbenik.

S obzirom na to da je W težina, tj. ocjena koju svaki ispitanik daje za svaki čimbenik, može se detaljnije napisati [Panda i Kamat, 2017], [Nahod i Knezović, 2017]:

$$\sum W = \sum_{i=1}^{i=A} n_i \times W, \quad (5.6)$$

gdje je n broj ispitanika koju su izabrali ocjenu i .

Kada je ocjenjivanje važnosti čimbenika s od 1 do 5, jednadžba za izračun može se pisati [Lim i Alum, 1995], [Kadir i sur., 2005], [Ailabouni i sur., 2009], [Jarkas i Bitar, 2012], [Thomas i Sudhakumar, 2014]:

$$RII = \frac{5 \times n_1 + 4 \times n_2 + 3 \times n_3 + 2 \times n_4 + 1 \times n_5}{5 \times (n_1 + n_2 + n_3 + n_4 + n_5)}, \quad (5.7)$$

gdje je:

n_1 - broj ispitanika koji su čimbeniku dodjelili ocjenu 5,

n_2 - broj ispitanika koji su čimbeniku dodjelili ocjenu 4,

n_3 - broj ispitanika koji su čimbeniku dodjelili ocjenu 3,

n_4 - broj ispitanika koji su čimbeniku dodjelili ocjenu 2,

n_5 - broj ispitanika koji su čimbeniku dodjelili ocjenu 1.

U statističkoj analizi istraživanja i prikazu rezultata nekada se veličina RII množi sa 100 i izražava u postocima.

S RII određuje se relativna važnosti različitih čimbenika koji utječu na produktivnost i tako se otkriva čimbenike koji najviše pridonose problemima s produktivnosti [Hickson i Ellis, 2014]. Čimbenici se u pravilu rangiraju tako da se prema veličini ovog indeksa poredaju silaznim redoslijedom. Tako čimbenici s ocjenama koje daju RII najveće vrijednosti imaju najviši rang, što ukazuje da oni imaju maksimalni utjecaj na produktivnost rada, dok niski rang čimbenika znači da imaju malu veličinu utjecaja na produktivnost. U skladu s tim, čimbenici s RII

koji je veći od prosječnog smatraju se važnijima, a oni s manjim RII od prosječnog uvrstavaju se u manje važne [Valverde-Gascueña i sur., 2011].

Robles i sur. (2014) izračunavali su RII u postocima za svaku kategoriju ispitanika s obzirom na broj godina njihovog iskustva u građevinarstvu te su svakoj kategoriji dodijelili koeficijent težine (ponder) ovisno o godinama iskustva.

Na isti način kao i RII, za vrednovanje važnosti utjecaja čimbenika primjenjuje se prosječna ocjena, tj. srednja vrijednost rezultata iz ispitivanja (*Mean score – MS* ili *Mean item scores – MIS*), koja se za ocjenjivanje od 1 do 5 izračunava prema izrazu [Valverde-Gascueña i sur., 2011], [Durdyev i sur., 2012b], [Jimoh i sur., 2013], [Odesola i sur., 2014], [Abrey i Smallwood, 2014], [Snyman i Smallwood, 2017], [Joseph i Shankar, 2015], [Nasiru i sur., 2015], [Assbeihat, 2016]:

$$MS = \frac{\sum_{i=1}^5 W_i \times X_i}{\sum_{i=1}^5 X_i}, \quad (5.8)$$

gdje je:

X_i - broj ispitanika koji su dali određenu ocjenu tj. W_i ,

$\sum X_i$ - ukupan broj ispitanika koji su dali svoje ocjene (isto značenje kao N u 5.5).

Ako je ocjenjivanje od 1 do 5 onda je $1 \leq MS \leq 5$ i prema veličini srednje ocjene za neki čimbenik isto se može zaključiti koliko je značajan.

Kako bi se olakšala daljnja usporedba i analiza određuju se zone važnosti kojima pripadaju čimbenici prema izračunatim pokazateljima. Raspon intervala, tj. zona važnosti (A_i) određuje se prema izrazu [Salhi i Messaoudi, 2021]:

$$A_i = \frac{X_{max} - X_{min}}{n} \quad (5.9)$$

gdje je:

X_{max} = najveća ocjena koja se dodjeljuje čimbenicima,

X_{min} = najmanja ocjena koja se dodjeljuje čimbenicima i

n - broj intervala, tj. zona važnosti.

Tako je npr. za ocjenjivanje od 1 do 5 i 3 zone važnosti određeno da je $A_i = 1,33$ i onda su zone važnosti:

- 1,00 do 2,33 – slaba važnost („zelena zona“)
- 2,34 do 3,66 – umjerena važnost („žuta zona“)
- 3,67 do 5,00 – velika važnost („crvena zona“).

U nekim istraživanjima (npr. Hosny i sur., 2015) rang je određen samo prema izračunatom skorom svih dobivenih ocjena za svaki istraživani čimbenik, što je zapravo nazivnik izraza za izračun RII i MS.

Nakon što se RII ili MS izračuna za sve čimbenike, u istraživanjima koja su grupirala osnovne utjecajne čimbenike može se izračunavati prosječna veličina utjecaja čimbenika u svakoj grupi, odnosno indeks tih grupa i tako odrediti njihov rang prema važnosti svih čimbenika koje obuhvaćaju.

Za razliku od ovakvog ocjenjivanja, Kuykendall (2007) je u upitniku tražio da se ocjeni težina 12 navedenih čimbenika koji ključno utječu na produktivnost rada u građevinarstvu u postocima, tako da zbroj tih postotaka za sve čimbenike bude 100 % te je na temelju toga utvrđen poredak čimbenika prema važnosti za produktivnost.

U prethodnom desetljeću više autora (npr. Mistry i Bhatt (2013), Hamouda i Abu-Shaaban (2015), Mistry i sur. (2015b), Tiwari i sur. (2016), Sherekar i Tatikonda (2016) i Agarwal i sur. (2017)) određivalo je poredak važnosti utjecajnih čimbenika metodom procesa analitičke hijerarhije (*Analytic hierarchy process* – AHP). Pri tome su čimbenici međusobno uspoređivani prema važnosti na skali raspona od 1 do 9 (Sattyeva skala), uvijek po dva u paru. To je kompliciranije za ispitanike, iziskuje posebno prilagođen obrazac upitnika i nije pogodno za velik broj čimbenika.

Patel i sur. (2017) u istoj studiji odredili su poredak važnosti čimbenika produktivnosti s pomoću AHP metode i Garretovom tehnikom rangiranja te su dobili kontradiktorne rezultate, odnosno znatna odstupanja u rangovima pojedinih čimbenika.

Osim jačine utjecaja čimbenika, često se ispituje učestalost njihovog pojavljivanja, tj. djelovanja. Neka istraživanja bavila su samo s učestalosti djelovanja čimbenika produktivnosti, a više je njih učestalost ispitivalo paralelno s jačinom utjecaja. Tada je prikladan anketni obrazac kao što je primijenjen za ispitivanje Ailabouni i sur. (2009) i pokazan na slici 5.11.

Red. br.	Čimbenici koji vjerojatno utječu na produktivnost	Stupanj važnosti					Učestalost događanja			Opaske
		5	4	3	2	1	1	2	3	
		Vrlo važno	Važno	Ni važno ni nevažno	Nije važno	Potpuno nevažno	Velika	Srednja	Mala	

Slika 5.11 Zaglavlje obrasca za ispitivanje čimbenika prema veličini utjecaja i učestalosti njihovog pojavljivanja (prema [Ailabouni i sur., 2009])

Za određivanje ranga ispitivanih čimbenika u odnosu na učestalosti njihovog djelovanja, po istom principu kao RII izračunava se indeks učestalosti (*Frequency index – FI*). Može se vrednovati u različitim rasponima, a ako je od 1 do 3, onda se FI izračunava na sljedeći način [Kadir i sur., 2005], [Ailabouni i sur., 2009]:

$$FI = \frac{3 \times m_1 \times 2 \times m_2 \times 1 \times m_3}{3 \times (m_1 + m_2 + m_3)}, \quad (5.10)$$

gdje je:

m_1 - broj ispitanika koji su dali ocjenu 3, tj. odgovorili „velika učestalost“,

m_2 - broj ispitanika koji su dali ocjenu 2, tj. odgovorili „srednja učestalost“,

m_3 - broj ispitanika koji su dali ocjenu 1, tj. odgovorili „mala učestalost“.

Uz prilagodbu prethodnog izraza, FI se izračunava i na temelju druge podjele na skali, kao npr. od 1 do 5. Onda su značenja za 1 „nikada“ ili „vrlo rijetko“, za 2 „rijetko“, za 3 „ponekad“, za 4 „često“ i za 5 „uvijek“ [Alwi i sur., 2002b], [Mahamid, 2013a].

Neki čimbenici mogu imati jak utjecaj, ali rijetko djeluju, a neki mogu biti vrlo učestali u građevinskoj praksi, ali s malom jačinom utjecaja, tj. neznatnim gubicima radnog vremena i produktivnosti do kojih dovode. Da bi se značaj čimbenika odredio uzimajući odvojeno u obzir jačinu i učestalost njihovog

utjecaja, izračunava se indeks ozbiljnosti (*Severity index* – SI), koji Mahamid (2013a) naziva indeks važnosti (*Importance Index* – IMPI), Alwi i sur. (2002) indeks težine (*Weight index*), a Durdyev i Ismail (2016) veličina, odnosno skor rizika (*Risk score*). Taj indeks je u funkciji RII i FI [Kadir i sur., 2005], [Ailabouni, 2010], [Thomas i Sudhakumar, 2014], [Halwatura, 2015], [Montaser i sur., 2018]:

$$SI = RII \times FI \quad (5.11)$$

Kada su vrijednosti RII i FI izračunate u postocima, njihov umnožak za SI dijeli se sa 100.

Za izračune potrebne u analizi veličine i učestalosti utjecaja na produktivnost često su korišteni odgovarajući programski paketi za statistiku u *Excelu* ili različite verzije „Statističkog paketa za društvene znanosti“ (*Statistical package for social sciences* – SPSS). Pored toga, dostupne su i web stranice sa slobodnim softverom za statistiku (*Free Statistics Software - Calculator*), gdje se izračunavaju parametri za statističku obradu rezultata.

5.5 Rezultati prethodnih istraživanja utjecajnih čimbenika

5.5.1 Najvažniji čimbenici produktivnosti radnika utvrđeni istraživanjima u inozemstvu

Radovi koje se bave istraživanjem čimbenika produktivnosti uobičajeno daju sažeti pregled prethodnih istraživanja u različitim državama, u nekim slučajevima samo državama u bližem okruženju. To se onda može koristiti za usporedbu s glavnim rezultatima vlastitog istraživanja (npr. Vavra i Synek (1994) u Češkoj s rezultatima ispitivanja u UK-u, Makulsawatudom i Emsley (2001) u Tajlandu s rezultatima u pet drugih država na četiri kontinenta, Rivas i sur. (2011) u Čileu s rezultatima SAD-a, Nahod i Knezović (2017) u Hrvatskoj s rezultatima ispitivanja u Turskoj, Vidaković i sur. (2020) u Hrvatskoj s rezultatima dobivenim u UK-u, Singapuru, Maleziji i Indiji). Utvrđena važnost čimbenika nekada pokazuje mnoga poklapanja s onom u prethodnim istraživanjima, ali uočljive su i znatne razlike, koje se analiziraju i nastoje objasniti. Green (2016) je primijetio kako je

različitost rezultata s različitim poticajima, u različito vrijeme provedenih istraživanja produktivnosti u građevinarstvu manja od očekivane, posebno u dijagnozama osnovnih problema.

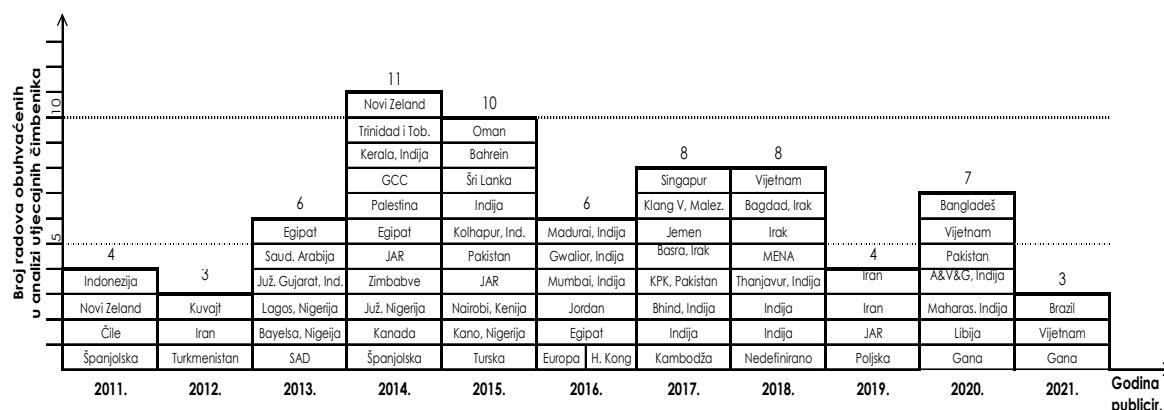
Objavljivani su i članci koji daju isključivo pregled rezultata većeg broja istraživanja utjecaja na produktivnost rada u građevinarstvu. U tablici 5.8 je sažetak četiri takva pregleda najvažnijih čimbenika utvrđenih prijašnjim istraživanjima u inozemstvu.

Tablica 5.8 Prikaz prethodnih pregleda prijašnjih istraživanja

Autori i godina	Broj i razdoblje pregledanih radova	Utvrdjeni najvažniji/najčešći utjecajni čimbenici
Gundecka (2013)	10 radova od 1991. do 2005.	1. Raspoloživost materijala 2. Nekompetentnost nadzornika 2. Pretrpanost/zakrčenost na gradilištu 4. Raspoloživost alata i strojeva 4. Teški vremenski uvjeti 4. Redoslijed radova 7. Vremensko planiranje realizacije 7. Ponovni rad 7. Metoda građenja i strojevi (tehnologija) 10. Raspoloživost radne snage 10. Izgredi radnika
Thomas i Sudhakumar (2014)	10 radova od 1981. do 2012.	1. Neraspoloživost materijala 2. Nedostatak alata i opreme 3. Nesposobni nadzornici, nedostatak nadzora rada 4. Ponovni rad / popravci napravljenog 5. Nedostatak vještina/iskustva radne snage 6. Promjena zahtjeva investitora (tijekom izvedbe) i problemi zbog nacrti i tehničkih specifikacija (nejasnoće i nekompletnost) 7. Kašnjenja s plaćanjem 8. Uprava gradilišta i koordinacija na projektu 9. Miješanje radnih grupa 10. Izostajanje s posla
Hasan i sur. (2018)	46 radova od 1987. do 2016.	1. Neraspoloživost materijala 2. Neodgovarajući nadzor 3. Nedostatak vještina radnika 4. Nedostatak odgovarajućeg alata i dr. opreme 5. Nepotpuni nacrti i specifikacije 6. Slaba komunikacija 7. Ponovni rad 8. Slab raspored (uređenje) gradilišta 9. Nepovoljni vremenski uvjeti 10. Promjena zahtjeva investitora tijekom izvedbe
Hamza i sur. (2019)	88 radova od 1983. do 2019.	1. Nesposobni nadzornici / slabo upravljanje i planiranje 2. Nedostatak materijala, alata i dr. opreme 3. Problemi s komunikacijom/koordinacijom/nesporazumi 4. Učinkovitost radnika / obuka za stjecanje vještina 5. Radna učinkovitost/iskustvo 6. Neplaćanje izvođaču 7. Plaće/bonusi/beneficije na vrijeme

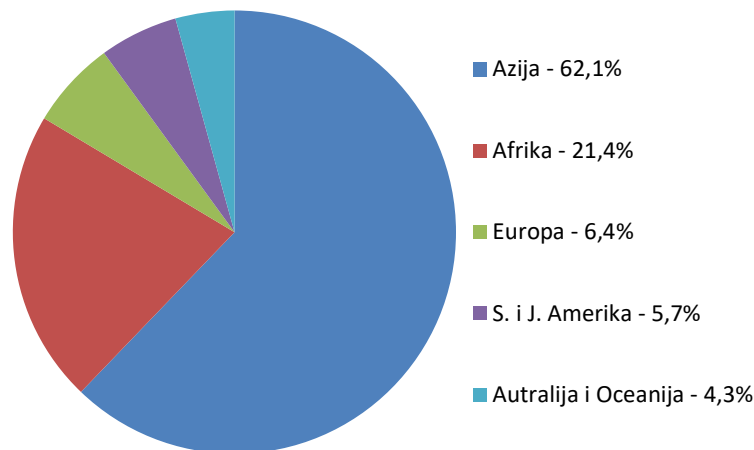
		8. Nepotpuni nacrti 9. Sigurnost/ozljede na radu 10. Loše metode građenja 10. Ponovni rad na već napravljenom poslu 10. Kašnjenje s uputama 10. Poteškoće u zapošljavanju radnika
--	--	--

U okviru ove disertacije napravljena je metaanaliza najviše rangiranih čimbenika koji utječu na produktivnost građenja. „Kišobran istraživanjem“ obuhvaćeni su rezultati iz 70 radova objavljenih od 2011. do 2021. godine. Među njima nisu oni radovi koji su se bavili istraživanjem čimbenika koji utječu na rezultate izvedbe građevinskih projekata ili trajanje njihove realizacije. Broj istraživanja po godinama publiciranja radova i države na koje se odnose pokazani su na slici 5.12. Ta istraživanja obavljena su na području 36 država. U većim državama, kao npr. Indiji, često su ispitivanja fokusirana na različite regije unutar iste države, dok je nekoliko ispitivanja obuhvaćalo više teritorijalno bliskih država.



Slika 5.12 Područje istraživanja u radovima obuhvaćenim analizom utjecajnih čimbenika na produktivnost prema godinama publiciranja

Najviše ovdje obuhvaćenih istraživanja provedeno je u Aziji i Africi, jer je većina istraživanja u Europi i SAD-u bila starijeg datuma. (Neka od obrađenih istraživanja bila su u sklopu poslijediplomskih radova na sveučilištima u Europi i SAD-u, ali odnose se na područja s drugih kontinenata.) Na slici 5.13 prikazana je zastupljenost istraživanja prema kontinentima. Kod izračuna udjela Turska je uračunata kao 50 % Europa i 50 % Azija, a uzeto je u obzir da je jedno istraživanje imalo paralelna ispitivanja u više država Europe i Aziji.



Slika 5.13 Zastupljenost prethodnih istraživanja utjecaja na produktivnost po kontinentima

Analizom je obuhvaćeno deset osnovnih čimbenika koji su prema rezultatima svakog uključenog istraživanja određeni kao deset najvažnijih, odnosno manje, ako negdje nije navedeno svih deset najvažnijih. Osim učestalosti pojedinih čimbenika u rezultatima istraživanja, kao u prethodnim pregledima drugih autora, ovdje je u izračun njihove zbirne važnosti uzeto u obzir koje su mjesto zauzimali među deset najvažnijih čimbenika. Zato su čimbenici bodovani prema rangui koji su imali prema rezultatima prethodnih istraživanja - od 10 bodova za čimbenike 1. ranga do 1 bod za deseterangirane čimbenike. Pri tome nije uzimano u obzir zanimanje/funkcija, iskustvo i broj ispitanika u pojedinim istraživanjima, po čemu se ona znatno razlikuju, nego su rezultati, odnosno utvrđeni rangovi čimbenika svakog istraživanja uzeti kao jednakovrijedni. Ukupni skor dobiven zbrajanjem bodova prema svim istraživanjima za svaki čimbenik određuje njegovu važnost u ukupnom poretku. Kod istraživanja koja su dala poredak čimbenika prema ocjeni više grupa sudionika građevinskog projekta uzet je prosječni rang od svih ispitanika (za [Thomas i Sudhakumar, 2014]) ili rezultati rangiranja i jedne i druge grupe ispitanika posebno (za [Odesola i sur., 2013] i [Van Tam i sur., 2021]), a iz istraživanja koja daju rang čimbenika prema utjecaju na izvođače različite veličine (za [Soekiman i sur., 2011]) uvršten je rang prema najvećem utjecaju

na sve tvrtke. Kod istraživanja koja daju poredak prema više parametara ([Mistry i Bhatt, 2013], [Halwatura, 2016] i [Madhan i Gunarani, 2018]), čimbenici su bodovani prema rangi određenom s RII, jer je i u velikoj većini rangiranje čimbenika bilo prema tom indeksu (ili prema MS ili skoru ocjena, što daje isti poredak). Iz istraživanju Zaballos Palopa (2016) posebno su bodovani čimbenici s obzirom na rang na temelju ispitivanja u Europi i u Hong Kongu, a iz istraživanja Hwanga i sur. (2017) obračunati su i utjecaji na tradicijsku i na zelenu gradnju.

U tablici 5.9 dan je poredak 25 najvažnijih čimbenika s najvećim ukupnim skorom iz pregledanih istraživanja, a oni s ukupno manje od 20 bodova i sa samo nekoliko puta pojavljivanja među deset najvažnijih nisu upisani. U tablici su ujednačeni i objedinjeni opisi donekle različito definiranih čimbenika u pojedinim istraživanjima, koji se zapravo odnose na isto (npr. iskustvo i vještine radnika, neraspoloživost i kasna dobava materijala, nedovoljni/zakašnjeli nadzor radnika i nekompetentnost nadzornika i sl.). Zato je nekim slučajevima jedan čimbenik više puta bodovan za rang iz istog istraživanja (npr. jednom za iskustvo i jednom za vještine radnika, kada su u nekom istraživanju to bili odvojeno razmatrani čimbenici za koje je određeno da su među deset najvažnijih).

Tablica 5.9 Izračun zbirnog poretka važnosti čimbenika koji utječu na produktivnost građenja prema rezultatima rangiranja iz inozemnih istraživanja od 2011. do 2021. godine

Rang	Utjecajni čimbenici	Istraživanja koja navode čimbenik u 10 najvažnijih	Učestalost	Zbirni utjecaj
1.	Nedostatak vještina i iskustva raspoloživih radnika	[Tran i Tookey, 2011], [Durdyev i sur., 2012], [Ghoddousi i Hosseini, 2012], [El-Gohary i Aziz, 2013], [Jimoh i sur., 2013], [Mahamid, 2013a], [Mistry i Bhatt, 2013], [Abdelaal i sur., 2014], [Chigara i Moyo, 2014], [Durdyev, 2014], [Enshassi, 2014], [Hickson i Ellis, 2014], [Lamka i sur., 2014], [Odesola i Idoro, 2014], [Robles i sur., 2014], [Sherif i sur., 2014], [Tsehayae i Fayek, 2014], [Alazzaz, 2015], [Jarkas, 2015], [Joseph i Shankar, 2015], [Tahir i sur., 2015], [Bekr, 2016a], [Gergers i sur., 2016], [Ghate i Minde, 2016], [Trivedi i Mukesh Pandey, 2016], [Zaballos Palop, 2016], [Alaghbari i sur., 2017], [Ali Shah i Ahad, 2017], [Dakhi i sur., 2017], [Durdyev i Mbachu, 2017], [Hwang i sur., 2017], [Manoharan, 2017], [Parthasarathy i sur., 2017], [Nguyen i sur., 2018], [Jalal i Shahab, 2019], [Lefoka i sur., 2019], [Almamlook i sur., 2020], [Irfan i sur., 2020], [Jatinkumar i Patel, 2020], [Rakib i sur., 2020], [Akbar i sur., 2021], [Van Tam i sur., 2021]	59,2%	10x14+9x10+8x7+7x10+6x6+5x4+4x2+3x6+2 = <u>445</u>
2.	Neraspeloživost potre-	[Rivas i sur., 2011], [Soekiman i sur., 2011], [Valverde-Gascueña i sur., 2011], [Ghoddousi i Hosseini, 2012], [El-Gohary i Aziz, 2013], [Gundechea, 2013], [Mistry i Bhatt, 2013], [Odesola i sur., 2013], [Abrey i Smallwood, 2014], [Chigara i Moyo, 2014], [Enshassi, 2014],	57,7%	10x13+9x9+8x3+7x3+6x4+5x2+4

	bnog materijala/kasna dobava	[Lamka i sur., 2014], [Robles i sur., 2014], [Thomas i Sudhakumar, 2014], [Tsehayae i Fayek, 2014], [Nasiru i sur., 2015], [Bekr, 2016a], [Gergers i sur., 2016], [Ghate i Minde, 2016], [Thiyagu i sur., 2016], [Trivedi i Mukesh Pandey, 2016], [Zaballos Palop, 2016], [Alaghbari i sur., 2017], [Ali Shah i Ahad, 2017], [Manoharan, 2017], [Parthasarathy i sur., 2017], [Sandeep i Mukesh, 2017], [Abdelalim i sur., 2018], [Annigeri i Kelkar, 2018], [Chitra i Kumari, 2018], [Dixit i sur., 2018], [Khaleel i Nassar, 2018], [Lefoka i sur., 2019], [Jalal i Shahab, 2019], [Rakib i sur., 2020], [Toan i sur., 2020], [Agrawal i Halder, 2020], [Akomah i sur., 2020], [Jatinkumar i Patel, 2020], [Sarmiento i Ferreira, 2021], [Van Tam i sur., 2021]		$x7+3x3+1x3 = 353$
3.	Nedovoljni i zakašnjeni nadzor radova i nekompetentnost nadzornika	[Soekiman i sur., 2011], [Tran i Tookey, 2011], [Valverde-Gascueña i sur., 2011], [Jarkas i Bitar, 2012], [El-Gohary i Aziz, 2013], [Mistry i Bhatt, 2013], [Abdelaal i sur., 2014], [Abrey i Smallwood, 2014], [Chigara i Moyo, 2014], [Durdyev, 2014], [Enshassi, 2014], [Hickson i Ellis, 2014], [Lamka i sur., 2014], [Odesola i Idoro, 2014], [Sherif i sur., 2014], [Alazzaz, 2015], [Jamadagni i Birajdar, 2015], [Jarkas, 2015], [Jarkas i sur., 2015], [Joseph i Shankar, 2015], [Bekr, 2016a], [Ghate i Minde, 2016], [Ali Shah i Ahad, 2017], [Dakhi i sur., 2017], [Manoharan, 2017], [Sandeep i Mukesh, 2017], [Parthasarathy i sur., 2017], [Abdelalim i sur., 2018], [Chitra i Kumari, 2018], [Khaleel i Nassar, 2018], [Madhan i Gunarani, 2018], [Nguyen i sur., 2018], [Lefoka i sur., 2019], [Akomah i sur., 2020], [Almamlook i sur., 2020], [Rakib i sur., 2020], [Toan i sur., 2020], [Akbar i sur., 2021], [Van Tam i sur., 2021]	56,3%	$10x6+9x2+8x3+7x7+6x4+5x4+4x5+3x9+2x2+1x3 = 249$
4.	Kašnjenje plaćanja/neplaćanje izvođaču (financ. poteškoće investitora), podizvođačima i radnicima	[Soekiman i sur., 2011], [Durdyev i dr., 2012], [Mahamid, 2013a], [Mistry i Bhatt, 2013], [Abdelaal i sur., 2014], [Chigara i Moyo, 2014], [Enshassi, 2014], [Hickson i Ellis, 2014], [Sherif i sur., 2014], [Kazaz i Acikara, 2015], [Jamadagni i Birajdar, 2015], [Halwatura, 2015], [Joseph i Shankar, 2015], [Tahir i sur., 2015], [Gergers i sur., 2016], [Thiyagu i sur., 2016], [Trivedi i Mukesh Pandey, 2016], [Dakhi i sur., 2017], [Durdyev i Mbachu, 2017], [Parthasarathy i sur., 2017], [Sandeep i Mukesh, 2017], [Abidali i Ali, 2018], [Chitra i Kumari, 2018], [Shoar i Banitis, 2019], [Toan i sur., 2020], [Akomah i sur., 2020], [Irfan i sur., 2020], [Jatinkumar i Patel, 2020], [Akbar i sur., 2021], [Van Tam i sur., 2021]	42,3%	$10x3+9x10+8x4+7x6+6x2+5x4+4x3+2x1 = 229$
5.	Nedostatak potrebnih alata i dr. opreme i njihova kvaliteta i efikasnost	[Rivas i sur., 2011], [Valverde-Gascueña i sur., 2011], [Ghoddousi i Hosseini, 2012], [Gundechea, 2013], [Jimoh i sur., 2013], [Abdelaal i sur., 2014], [Chigara i Moyo, 2014], [Enshassi, 2014], [Lamka i sur., 2014], [Robles i sur., 2014], [Tsehayae i Fayek, 2014], [Alazzaz, 2015], [Jamadagni i Birajdar, 2015], [Bekr, 2016a], [Ghate i Minde, 2016], [Gergers i sur., 2016], [Zaballos Palop, 2016], [Manoharan, 2017], [Thiyagu i sur., 2016], [Trivedi i Mukesh Pandey, 2016], [Dakhi i sur., 2017], [Parthasarathy i sur., 2017], [Abdelalim i sur., 2018], [Chitra i Kumari, 2018], [Madhan i Gunarani, 2018], [Nguyen i sur., 2018], [Jalal i Shahab, 2019], [Akomah i sur., 2020], [Jatinkumar i Patel, 2020], [Rakib i sur., 2020], [Sarmiento i Ferreira, 2021]	43,7%	$10x4+9x3+8x6+7x5+6x4+5x3+4x3+3x3+2x2+1x3 = 217$
6.	Nedostatak programa poticanja zaposlenika - financijska (plaće) i druga motivacija	[El-Gohary i Aziz, 2013], [Mahamid, 2013a], [Mistry i Bhatt, 2013], [Jimoh i sur., 2013], [Chigara i Moyo, 2014], [Enshassi, 2014], [Lamka i sur., 2014], [Sherif i sur., 2014], [Alazzaz, 2015], [Halwatura, 2015], [Jamadagni i Birajdar, 2015], [Jarkas, 2015], [Jarkas i sur., 2015], [Kazaz i Acikara, 2015], [Nasiru i sur., 2015], [Tahir i sur., 2015], [Trivedi i Mukesh Pandey, 2016], [Dakhi i sur., 2017], [Durdyev i Mbachu, 2017], [Sandeep i Mukesh, 2017], [Chitra i Kumari, 2018], [Jalal i Shahab, 2019], [Malara i sur., 2019], [Agrawal i Halder, 2020], [Akomah i sur., 2020], [Almamlook i sur., 2020], [Jatinkumar i Patel, 2020], [Akbar i sur., 2021], [Sarmiento i Ferreira, 2021], [Van Tam i sur., 2021]	42,3%	$10x3+9x4+8x3+7x6+5x2+4x6+3x2x4+1 = 180$
7.	Nedovoljne sposobnosti vođenja i iskustvo uprave (loše upravljanje i odnosi radnicima)	[Soekiman i sur., 2011], [Ghoddousi i Hosseini, 2012], [El-Gohary i Aziz, 2013], [Jimoh i sur., 2013], [Mahamid, 2013a], [Mistry i Bhatt, 2013], [Durdyev, 2014], [Hickson i Ellis, 2014], [Sherif i sur., 2014], [Tsehayae i Fayek, 2014], [Jamadagni i Birajdar, 2015], [Joseph i Shankar, 2015], [Kazaz i Acikara, 2015], [Tahir i sur., 2015], [Bekr, 2016a], [Ghate i Minde, 2016], [Zaballos Palop, 2016], [Alaghbari i sur., 2017], [Ali Shah i Ahad, 2017], [Dakhi i sur., 2017], [Durdyev i Mbachu, 2017], [Manoharan, 2017], [Nguyen i sur., 2018], [Almamlook i sur., 2020], [Jatinkumar i Patel, 2020], [Toan i sur., 2020], [Sarmiento i Ferreira, 2021], [Van Tam i sur., 2021]	39,4%	$10x3+9x3+8x5+7x5+6x3+5x4x2+3x2+2x2+1x3 = 177$
8.	Neodgovarajuće pla-	[Ghoddousi i Hosseini, 2012], [Mahamid, 2013a], [Abrey i Smallwood, 2014], [Durdyev, 2014], [Enshassi, 2014], [Hickson i Ellis, 2014], [Lamka i sur., 2014], [Thomas i Sudhakumar, 2014], [Bekr,	32,4%	$10x5+9x4+8x3+7x2+6$

	niranje radova (loš, neredan vremens. plan) i nepraćenje plana	[2016a], [Ghate i Minde, 2016], [Ali Shah i Ahad, 2017], [Durdyev i Mbachu, 2017], [Hwang i sur., 2017], [Parthasarathy i sur., 2017], [Annigeri i Kelkar, 2018], [Chitra i Kumari, 2018], [Dixit i sur., 2018], [Madhan i Gunarani, 2018], [Shoar i Banitis, 2019], [Agrawal i Halder, 2020], [Akomah i sur., 2020], [Irfan i sur., 2020], [Rakib i sur., 2020]		$x2+5x2+2x4 = \underline{167}$
9.	Nejasnoća i nedostaci nacrti i teh. specifikacija (projektna dokumentacija)	[Jarkas i Bitar, 2012], [Odesdola i sur., 2013], [Mistry i Bhatt, 2013], [Robles i sur., 2014], [Abdelaal i sur., 2014], [Sherif i sur., 2014], [Tsehayae i Fayek, 2014], [Jamadagni i Birajdar, 2015], [Joseph i Shankar, 2015], [Jarkas i sur., 2015], [Jarkas., 2015], [Zaballos Palop, 2016], [Alaghbari i sur., 2017], [Hwang i sur., 2017], [Abdelalim i sur., 2018], [Abidali i Ali, 2018], [Lefoka i sur., 2019], [Almamlook i sur., 2020], [Jatinkumar i Patel, 2020], [Irfan i sur., 2020], [Van Tam i sur., 2021]	29,6%	$10x3+9x4+8x4+7+6x2+5+4+3+2x5+1 = \underline{151}$
10.	Opseg i učestalost izmjena tijekom izvedbe (zbog greški u nacrtima, specifikacijama i želja investitora)	[Soekiman i sur., 2011], [Valverde-Gascueña i sur., 2011], [Jarkas i Bitar, 2012], [Mahamid, 2013a], [Thomas i Sudhakumar, 2014], [Durdyev, 2014], [Enshassi, 2014], [Alazaz, 2015], [Jamadagni i Birajdar, 2015], [Jarkas i sur., 2015], [Tahir i sur, 2015], [Thiyagu i sur., 2016], [Zaballos Palop, 2016], [Trivedi i Mukesh Pandey, 2016], [Alaghbari i sur., 2017], [Hwang i sur., 2017], [Durdyev i Mbachu, 2017], [Manoharan, 2017], [Dixit i sur., 2018], [Khaleel i Nassar, 2018], [Lefoka i sur., 2019], [Rakib i sur., 2020], [Toan i sur., 2020], [Sarmiento i Ferreira, 2021], [Van Tam i sur., 2021]	35,2%	$10+9x4+8x2+7x6+6+5x3+4+3x2+2x7+1 = \underline{149}$
11.	Slaba zaštita na radu i nezgode i nesigurnost zbog toga	[Gundeche, 2013], [Abdelaal i sur., 2014], [Abrey i Smallwood, 2014], [Enshassi, 2014], [Tsehayae i Fayek, 2014], [Kazaz i Acikara, 2015], [Tahir i sur., 2015], [Halwatura, 2015], [Ghate i Minde, 2016], [Gergers i sur., 2016], [Thiyagu i sur., 2016], [Ali Shah i Ahad, 2017], [Sandeep i Mukesh, 2017], [Annigeri i Kelkar, 2018], [Chitra i Kumari, 2018], [Dixit i sur., 2018], [Nguyen i sur., 2018], [Rakib i sur., 2020], [Toan i sur., 2020], [Van Tam i sur., 2021]	28,2%	$10+9x3+8x3+7x2+6x3+5x2+4x2+3x4+1x3 = \underline{126}$
12.	Ponovni rad na već obavljenom poslu	[Rivas i sur., 2011], [Soekiman i sur., 2011], [Tran i Tookey, 2011], [Durdyev i sur, 2012], [Mahamid, 2013a], [Abdelaal i sur, 2014], [Hickson i Ellis, 2014], [Odesola i Idoro, 2014], [Jarkas., 2015], [Jarkas i sur., 2015], [Joseph i Shankar, 2015], [Tahir i sur., 2015], [Bekr, 2016a], [Gergers i sur., 2016], [Trivedi i Mukesh Pandey, 2016], [Hwang i sur., 2017], [Sandeep i Mukesh, 2017], [Shoar i Banitis, 2019], [Akomah i sur., 2020], [Almamlook i sur., 2020], [Irfan i sur., 2020], [Van Tam i sur., 2021]	32,4%	$10+9x2+8x2+7+6+5x5+4x5+3x3+1x3 = \underline{115}$
13.	Prekovremeni rad i rad bez dana odmora u tjednu ("stiskanje roka")	[Durdyev i sur, 2012], [Odesdola i sur., 2013], [Gundeche, 2013], [Sherif i sur, 2014], [Halwatura, 2015], [Jamadagni i Birajdar, 2015], [Jarkas., 2015], [Jarkas i sur., 2015], [Tahir i sur, 2015], [Thiyagu i sur., 2016], [Trivedi i Mukesh Pandey, 2016], [Sandeep i Mukesh, 2017], [Jalal i Shahab, 2019], [Shoar i Banitis, 2019], [Agrawal i Halder, 2020], [Irfan i sur., 2020], [Almamlook i sur., 2020]	25,4%	$10+9x3+8x3+7+6x2+5x2+4x2+3x2+2+1 = \underline{107}$
14.	Ograničen. pristupačn. i slabi uvjeti /organizacija gradilišta (skladištenje, osvjjetljenje, zakrčenost itd.)	[Valverde-Gascueña i sur., 2011], [Odesdola i sur., 2013], [Abdelaal i sur., 2014], [Jimoh i sur., 2013], [Gundeche, 2013], [Tsehayae i Fayek, 2014], [Nasiru i sur., 2015], [Thiyagu i sur., 2016], [Shah i Ahad, 2017], [Parthasarathy i sur., 2017], [Dixit i sur., 2018], [Nguyen i sur., 2018], [Jalal i Shahab, 2019], [Malara i sur., 2019], [Akomah i sur., 2020]	21,1%	$10+8+7x3+6x3+5+4+3x3+2x8+1x2 = \underline{97}$
14.	Neodgovarajuća koordinacija na projektu	[Jarkas i Bitar, 2012], [Mahamid, 2013a], [Thomas i Sudhakumar, 2014], [Durdyev, 2014], [Robles i sur., 2014], [Joseph i Shankar, 2015], [Jarkas i sur., 2015], [Jarkas., 2015], [Zaballos Palop, 2016], [Abidali i Ali, 2018], [Dixit i sur., 2018], [Madhan i Gunarani, 2018], [Almamlook i sur., 2020]	18,3%	$10x2+9x2+8+7x3+6x2+5+4x2+3+2 = \underline{97}$
16.	Loši vremenski uvjeti (kiša, vlažnost zraka, temperatura i dr.)	[Soekiman i sur., 2011], [Ghoddousi i Hosseini, 2012], [Gundeche, 2013], [Jimoh i sur., 2013], [Hickson i Ellis, 2014], [Sherif i sur., 2014], [Jarkas., 2015], [Jarkas i sur., 2015], [Nasiru i sur., 2015], [Thomas i Sudhakumar, 2014], [Tahir i sur., 2015], [Parthasarathy i sur., 2017], [Khaleel i Nassar, 2018], [Madhan i Gunarani, 2018], [Jalal i Shahab, 2019], [Lefoka i sur., 2019], [Malara i sur., 2019], [Shoar i Banitis, 2019], [Agrawal i Halder, 2020], [Irfan i sur., 2020], [Van Tam i sur., 2021]	29,6%	$10+9+7x2+8+5+4x4+3x3+2x5+1x7 = \underline{88}$

17.	Adekvatnost i složenost metode građenja.	[Tran i Tookey, 2011], [Odesdola i sur., 2013], [Mistry i Bhatt, 2013], [Jamadagni i Birajdar, 2015], [Zaballos Palop, 2016], [Ghate i Minde, 2016], [Manoharan, 2017], [Hwang i sur., 2017], [Annigeri i Kelkar, 2018], [Dixit i sur., 2018], [Jatinkumar i Patel, 2020]	15,5%	$10 \times 3 + 8 + 7 \times 2 + 5 \times 3 + 3 + 2 \times 3 + 1 \times 2 = \underline{78}$
18.	Složenost, veličina i izvodljivost projekta	[Tran i Tookey, 2011], [Jimoh i sur., 2013], [Odesdola, 2013], [Durdyev, 2014], [Zaballos Palop, 2016], [Alaghbari i sur., 2017], [Hwang i sur., 2017], [Chitra i Kumari, 2018], [Lefoka i sur., 2019], [Agrawal i Halder, 2020]	14,1%	$9 + 7 \times 3 + 5 + 4 \times 2 + 3 \times 2 + 2 \times 2 + 1 \times 2 = \underline{55}$
19.	Nedostatak /kašnjenje informacija o projektu	[Valverde-Gascueña i sur., 2011], [Odesdola, 2013], [Hickson i Ellis, 2014], [Thomas i Sudhakumar, 2014], [Tsehayae i Fayek, 2014], [Jarkas i sur., 2015], [Jarkas i sur., 2015], [Almamlook i sur., 2020]	11,3%	$8 + 7 \times 2 + 6 \times 3 + 3 \times 1 + 5 \times 2 + 2 = \underline{49}$
20.	Često izostajanje radnika s posla	[Rivas i sur., 2011], [Soekiman i sur., 2011], [Hickson i Ellis, 2014], [Odesola i sur., 2014], [Thomas i Sudhakumar, 2014], [Alazzaz, 2015], [Trivedi i Mukesh Pandey, 2016], [Madhan i Gunarani, 2018], [Akbar i sur., 2021]	11,3%	$8 \times 2 + 6 \times 3 + 5 \times 2 + 2 \times 1 + 1 = \underline{47}$
21.	Fizički umor /snaga radnika	[Mistry i Bhatt, 2013], [Jamadagni i Birajdar, 2015], [Jarkas i sur., 2015], [Nguyen i sur., 2018], [Jalal i Shahab, 2019], [Malara i sur., 2019], [Shoar i Banitis, 2019], [Irfan i sur., 2020]	11,3%	$10 + 9 + 8 \times 2 + 4 \times 2 + 2 + 1 = \underline{46}$
21.	Nedisciplinirani radnika	[Soekiman i sur., 2011], [Kazazi i Acikara, 2015], [Gergers i sur., 2016], [Nguyen i sur., 2018], [Toan i sur., 2020], [Van Tam i sur., 2021]	8,5%	$9 + 8 \times 2 + 7 \times 2 + 4 + 3 = \underline{46}$
23.	Problemi s komunikacijom sudionika projekta	[Hickson i Ellis, 2014], [Robles i sur., 2014], [Nasiru i sur., 2015], [Ghate i Minde, 2016], [Zaballos Palop, 2016], [Sandeep i Mukesh, 2017], [Shah i Ahad, 2017], [Chitra i Kumari, 2018], [Rakib i sur., 2020]	12,7%	$9 + 8 + 7 + 6 + 4 \times 2 + 3 + 1 \times 2 = \underline{43}$
24.	Manjak energije ili vode	[Gundecha, 2013], [Abdelaal i dr., 2014], [Nasiru i sur., 2015], [Abdelalim i sur., 2018], [Sarmiento i Ferreira, 2021]	7,0%	$10 + 9 + 7 + 4 \times 1 = \underline{30}$
25.	Sporovi s radnicima – štrajkovi	[Soekiman i sur., 2011], [Odesola, 2014], [Thomas i Sudhakumar, 2014], [Sarmiento i Ferreira, 2021]	5,6%	$9 + 8 + 7 + 1 = \underline{25}$

Zbog prije naglašene neujednačenosti razmatranih čimbenika, ni sva ova pregledana ispitivanja nisu obuhvaćala iste utjecajne čimbenike, pa je to svakako utjecalo na njihovu utvrđenu učestalost i ukupni značaj pokazan u tablici 5.9.

Nedostatak iskustva i vještina raspoloživih radnika po ukupnom skor bodova izrazito je prvorangirani čimbenik po važnosti, a ocijenjen je kao jedan od deset najvažnijih u 59,2 % rezultata pregledanih istraživanja i od toga 14 puta kao najvažniji (u 20 % pregledanih istraživanja). Neraspoloživost / kasna dobava potrebnog materijala ocijenjena je kao jedan od deset najvažnijih čimbenika u 57,7 % rezultata pregledanih istraživanja, ali je za taj čimbenik skor bodovanja poretkom kod pregledanih istraživanja 20,7 % manji od prvorangiranog (u 13 istraživanja ocijenjen je kao najvažniji). Nedovoljni i zakašnjeni nadzor radnika i nekompetentnost nadzornika treći je čimbenik i prema učestalosti ocijenjenih među prvih 10 (56,3 %) i prema ukupnoj važnosti, s 29,5% manjim skorom od

drugorangiranog (u 6 istraživanja ocijenjen kao najvažniji) i s 8 % više od četvrtorangiranog.

Nedovoljna vještina i iskustvo radnika mogu, uz druge moguće uzroke, dovesti do potrebe ponavljanja radova (popravci, dorade i sl.) na već napravljenom poslu, što je zasebno dvanaestorangirani čimbenik produktivnosti. Osiguravanje potrebnih materijala i potrebnih alata i opreme za rad je, uz više ostalih visokorangiranih čimbenika (kao što su motiviranje radnika, vođenje, planiranje radova, mjere zaštite na radu i dr.), u nadležnosti uprave izvođača radova.

U građevinarstvu Europe provedeno je još nekoliko ovakvih ispitivanja 80-ih i 90-ih godina 20. st., a novijeg su datuma istraživanja čimbenika koji utječu na kašnjenje realizacije građevinskih projekata. U Sjevernoj Americi bilo je nekoliko ispitivanja utjecaja na produktivnost radnika u građevinarstvu u prvom desetljeću 21. st., ali ona, kao ni ranija u Europi, nisu obuhvaćena pregledom rezultata u tablici 5.9.

U tablici 5.10 navedeno je 10 najvažnijih čimbenika produktivnosti radne snage utvrđenih ispitivanjima u sedam istraživanja u UK-a, Češkoj, Španjolskoj, Poljskoj i drugim europskim državama, uključujući i ispitivanja čiji rezultati su obuhvaćeni u tablici 5.9. Ni u svim ovim ispitivanjima nisu bili ocjenjivani isti čimbenici, niti je njihov utvrđeni rang isti (čak ni u dva ispitivanja napravljena u različito vrijeme u istoj državi). Iako nema potpune suglasnosti o najvećim utjecajima na produktivnost izvođača, gledajući sve rezultate ističu se čimbenici u svezi radne snage, raspoloživosti materijala i alata, izmjena i nedostataka projektne dokumentacije i raznih funkcija menadžmenta (nadzor, motivacija, organizacija radova i dr.).

Tablica 5.10 Rezultati ispitivanja utjecaja na produktivnost rada izvođača u Europi (kronološki poredani)

Autori (god.) i država	Broj čimbenika i način rangiranja	Utvrđeni najvažniji utjecajni čimbenici
Horner i sur. (1989), UK	28 čimbenika RII	1. Obrazovanje i iskustvo radnika 2. Izvodljivost

		- Nadziranje - Metoda izvođenja - Program poticanja (motiviranje) - Raspored (uređenje) gradilišta - Složenost informacija projekta - Veličina i sastav radne grupe - Trajanje radnog dana - Raspoloživost mehaniziranog alata
Vavra i Synek (1994), Češka	17 čimbenika RII (rangiranje čimbenika bilo je za različite veličine izvođačkih tvrtki, a u stupcu desno čimbenici su rangirani za sve zajedno)	- Raspored (uređenje) gradilišta - Raspoloživost mehaniziranog alata - Snabdijevanje građevinskim materijalom - Obrazovanje i iskustvo radnika - Metoda izvođenja - Nadziranje - Program poticanja (motiviranje) - Izvodljivost - Kvaliteta rada - Sastav radne grupe
Chan i Kaka (2007a), UK	59 čimbenika MS (rangiranje čimbenika bilo je za dvije grupe ispitanika, a u stupcu desno rangiranje je za obje zajedno)	- Razina iskustva na gradilištu - Nadzor - Komunikacija unutar radnih grupa - Upravljanje zdravljem i sigurnošću - Zahtjevana kvaliteta - Korištena opreme za rad - Raspoloživost materijala - Isporuka - Tijek informacija - Komunikacija s podizvođačima
Valverde-Gascueña i sur. (2011), Španjolska	11 čimbenika MS	- Slaba izvedba - Neraspoloživost materijala - Promjene projekta tijekom realizacije - Nedostatak informacija o projektu - Neraspoloživost opreme - Neispravno napravljeni radovi - Miješanje radnih grupa - Zakrčenost radnog prostora - Nedovoljna čistoća na gradilištu - Kašnjenje kontrolnih pregleda
Robles i sur. (2014), Španjolska	35 čimbenika RII (%)	- Nedostatak materijala ili kasna dobava - Jasnoća nacrti i projektne dokumentacije - Jasno dodjeljivanje dnevnih zadataka - Nedostaci alata ili opreme - Razina vještina i iskustva - Kašnjenje u plaćanju radnicima - Koordinacija između radnih grupa - Neodgovarajuća koordinacija s podizvođačima - Nedovoljni nadzor nad podizvođačima - Problemi s komunikacijom
Zaballos Palop (2016), 9 država - prema zastupljenosti ispitanika: Španjolska, Švicarska, UK, Švedska, Nizozemska, Norveška, Austrija, Portugal, Češka i Italija	19 čimbenika RII	- Promjene, pogreške i propusti projekt. dokument. - Problemi u komunikaciji između radnika i uprave gradilišta - Slab menadžment na različitim razinama - Nedostatak vještih/iskusnih radnika - Neodgovarajuća koordinacija između radnika različitih zanimanja - Složenost projektnog rješenja - Nejasne tehničke specifikacije - Nepovoljni ekonomski i financijski uvjeti - Neodgovarajuća metoda građenja - Nedostatak obučavanja radnika i programa za unaprjeđenje njihovih vještina

Malara i sur. (2019), Poljska	17 čimbenika MS	1. Plaće 2. Zdravlje 3. Umor 4. Organizacija radnih mjesta 5. Ergonomski uvjeti 6. Starost radnika 7. Prilagodba novim uvjetima rada 8. Buka 9. Dan u tjednu 10. Temperatura zraka 10. Vjetar
----------------------------------	--------------------	---

Detaljnija istraživanja produktivnosti mogu se podijeliti i s obzirom na različitost veličine tvrtki izvođača na čiju izvedbu se utjecaji razmatraju te prema različito definiranim grupama ispitanika. Pri potonjem podjela je na sudionike građevinskog projekata (izvođač, investitor, konzalting i dr.) ili na radno mjesto/zanimanje ispitanika (građevinski radnici, predradnici, nadzornici, inženjeri na gradilištu, uprava i dr.) ili na dob ispitanika.

Dai i sur. (2007) i Kazaz i Acikara (2015) tvrde da su u većini studija zanemarena, odnosno nedovoljno ispitana gledišta građevinskih radnika, a upravo oni određuju produktivnost rada i mogu točnije procijeniti čimbenike koji utječu na njihovu produktivnost. Hasan i sur. (2018) su pregledom 46 radova o utjecajima na produktivnost u građevinarstvu objavljenih diljem svijeta od 1986. do 2016. godine utvrdili da je u njima među ispitanima udjel radnika građevinskih zanimanja i poslovođa, odnosno nadzornika na terenu bio samo 24 %. U tom pregledu manje od 10 % istraživanja temeljilo se samo na ocjenama građevinskih radnika, a ostala su primarno prikupljala odgovore inženjera u građevinarstvu, odnosno uprave izvođača i projekata te konzaltinga, s tim da su neka uz to paralelno ispitivala i poslovođe i radnike građevinskih zanimanja.

Više različitih grupa ispitanika omogućuje usporedbu ranga važnosti čimbenika prema profilu ispitanika, odnosno analizu usklađenosti njihovih gledišta. Tako je utvrđena općenito slabija podudarnost ocjena čimbenika između uprave i radnika na gradilištu, a dobra i vrlo dobra između pojedinih kategorija menadžmenta. Radnici su uobičajeno više naglašavali važnost problema nedostatka materijala i alata kojima rade te negativne utjecaje u svezi okoline, zdravlja i sigurnosti, kao i čimbenike bitne za motivaciju. U tablici 5.11 su

kronološki poredani nalazi istraživanja koja su usporedila rezultate ocjenjivanja utjecajnih čimbenika od radnika s rangiranjem istih od drugih grupa ispitanika.

Tablica 5.11 Pregled istraživanja s usporedbom rangiranja važnosti čimbenika produktivnosti rada od radnika i drugih ispitanika

Autori (god.) i država	Ispitanici	Razlike u vrednovanju čimbenika
Makulsawatudom i Emsley (2001 i 2003), Tajland	34 menadžera u građevinarstvu i 57 predradnika	Obje grupe ispitanika ocijenile su da najveći utjecaj imaju nedostatak materijala i nepotpuni nacrti, a prema predradnicima trećerangiran je nedostatak alata i opreme dok su ispitanima iz uprave to zakašnjeli kontrolni pregledi. (Ovdje je dobiveno najslabije rangiranje od svih takvih usporednih ispitivanja.)
Chan i Kaka (2007a), UK	400 „bijelih ovratnika“ (iz uprave projekata) i 150 „plavih ovratnika“ (građevinskih radnika)	„Bijeli ovratnici“ su kao tri čimbenika s najvećim utjecajem rangirali nadzor radnika, jednostavnost projekta građevine i razinu iskustva na gradilištu. Radnici su nadzor i razinu iskustva uvrstili među čimbenika s najvećim utjecajem (to su jedini u prvih 10 isti za obje grupe), a prema njihovom mišljenju tri prvorangirana su zahtjevi za kvalitetom, upravljanje zdravljem i sigurnošću na radu i komunikacija unutar radnih grupa.
Dai i sur. (2007 i 2009), SAD	2.000 radnika i poslovođa	Radnici dobro razumiju čimbenike koji utječu na njihovu svakodnevnu produktivnost i poslovođe dijele s njima opću percepciju čimbenika koji utječu na produktivnost građenja. Međutim, poslovođe više naglašavaju važnost čimbenika koji se odnose na upravljanje projektom i nacrt, a radnici smatraju da čimbenici u svezi građevinskih materijala imaju jači utjecaj.
Odesola i sur. (2013), Bayelsa u Nigeriji	63 inženjera na projektu i nadzorna inženjera i 93 građevinska radnika	Tri čimbenika najvećeg utjecaja (specifikacija i standardizacija, raspoloživost materijala te zahtjevana visoka kvaliteta radova) vrlo su slično rangirali, ali radnici su više rangirali čitljivost nacrti i slabu kvalitetu materijala, a za rad u ograničenom prostoru i prekovremeni rad u odnosu na drugu grupu ispitanika smatraju da su manje važni.
Thomas i Sudhakumar (2014), Kerala u Indiji	35 iz uprave projekata, 90 inženjera na gradilištu i nadzorna inženjera i 60 građev. radnika	Postoji jaka korelacija između rangova čimbenika prema ocjenama voditelja projekta i uprave gradilišta, a umjerena između inženjera gradilišta i nadzor. inženjera i radnika, dok je slaba korelacija rangiranja između uprave projekata i radnika. Radnici su kao čimbenik najvećeg utjecaja ocijenili štrajkove ili ulične nemire, a iza njih su rangirali čimbenike koji se odnose na neraspoloživost potrebnog materijala. Uprava projekta i inženjeri na gradilištu i nadzor. inž. slažu se da je najveći utjecaj neraspoloživosti materijala u pravo vrijeme na radnom mjestu, ali uprava projekata je neodgovarajuću koordinaciju na projektu ocijenila kao drugi čimbenik po važnosti, dok ni radnici ni inženjeri na gradilištu to ne smatraju toliko važnim. Uprava projekta je slabo planiranje i vremenski raspored odredila kao 4. čimbenik po važnosti, inženjeri na gradilištu i nadzor. inž. kao 9., a radnici tome pridaju puno slabiji značaj. Radnici su ocijenili čimbenike koji se odnose na motivaciju za rad izrazito važnim, a inženjeri na gradilištu i nadzor. inž., kao i voditelji projekta rangirali su ih puno niže.

Tsehayae i Fayek (2014), Alberta u Kanadi	42 stručnjaka iz uprave gradilišta, uprave projekata, nadzornih inženjera, koordinatora, planera i dr. i 99 radnika različitih građ. zanimanja (uključujući i one za završne i instalaterske radove) na šest projekata	Ispitanici iz uprave najviše su rangirali pozitivni utjecaj čimbenika iz grupe „opreme i alata“ (npr. adekvatni i kvalitetni radni alati), a globalne uvjete (npr. nesigurnost global. gospodarstva u suočavanju s novim usporavanjem) te „inženjering i upute“ (npr. nedovoljno rana dostupnost nacrti i tehničkih podataka) kao najnegativnije po produktivnost. Radnici su ocijenili utjecaj opreme i alata (raspoložive potrebne alate za obavljanje svog posla) te materijala (materijali se ne isporučuju na vrijeme na mjesto rada i problematične su kvalitete) kao najnegativnije po produktivnost, a „predradnika“ (npr. predradnik ima potrebno iskustvo te ima motivirajući način upravljanja radnicima) te „radnike i radnu grupu“ (npr. radnici su pokazali dobru brzinu učenja, postoji dobra suradnja između radnika u grupi, postoji dobra suradnja između različitih rad. grupa, rad. grupe su iskusne i kompetentne i dr.) kao grupe čimbenika koja imaju najveće pozitivne utjecaje na produktivnost. I uprava je vrlo visoko rangirala pozitivni utjecaj čimbenika u svezi predradnika, a u odnosu na njih radnici su znatno više ocijenili i pozitivni i negativni utjecaj čimbenika „zdravlje, sigurnost i okoliš“. (Globalna djelovanja nisu ni bila uključena u anketu za radnike.)
Kazaz i sur. (2008) i Kazaz i Acikara (2015), Turska	82 gradilišna inž. i iz uprave tvrtke izvođača i uprave projekta i 126 radnika na četiri projekta	Iz perspektive uprave organizacijska struktura građ. projekta je najutjecajniji čimbenik za produktivnost. Oni smatraju da uprava gradilišta ima najveći utjecaj, upravljanje materijalima je drugorangirani utjecaj, a redovito plaćanje radnika trećerangirano. Radnici su vrlo osjetljivi na socijalnu sigurnost te visinu i redovitost plaće, a od organizac. uvjeta jako važnim smatraju blagovaonice i spavaonice na terenu. I uprava i radnici su vrlo slično rangirali utjecaj radne discipline (kao 7. i 8. čimbenik).

5.5.2 Dosadašnja ispitivanja utjecaja na produktivnost radnika u hrvatskom građevinarstvu

U Hrvatskoj su do sada malo istraživani čimbenici koji utječu na produktivnost rada i izvedbu građevinskih projekata, tj. rokove i troškove, a nije bilo istraživanja koja su se bavila isključivo utjecajima na gubitke vremena i produktivnost rada građevinske mehanizacije. Sva istraživanja bila su ograničena samo na jedan način ispitivanja utjecaja. Podaci su prikupljeni anketiranjem i intervjuiranjem stručnih osoba u građevinarstvu, a analiza i zaključci temeljeni su samo na nekoliko studija slučaja i nepoznatom ili za cijelu Hrvatsku nedovoljnom uzorku za 95 % pouzdanost. U tablici 5.12 je usporedni pregled glavnih rezultata istraživanja čimbenika produktivnosti.

Tablica 5.12 Pregled prethodnih istraživanja čimbenika produktivnosti radnika u Hrvatskoj

Autori i godina	Oštarijaš (1986)	Nahod i Knezović (2017)	Vidaković i sur. (2020)
Fokus ispitivanja	Opća produktivnost radnika	Čimbenici produktivnosti radnika u svezi njihove motivacije	Čimbenici produktivnosti radnika u svezi osobina radnika
Ispitani	Nepoznat broj – podaci s nekoliko gradilišta zagrebačke regije	157 članova Hrvatske komore inženjera građevinarstva	96 građevinskih inž. i menadžera i 166 poslovođa i radnika u operativi Slavonije
Indeks rangiranja	–	RII	RII
Najvažniji utjecajni čimbenici	- nedovoljna obučenost radnika - spora dobava materijala - niska mehaniziranost radova - kvaranje strojeva i alata te dugo čekanje na popravak - nepoštivanje mjera higijensko-tehničke zaštite - konzumiranje alkohola na gradilištu - pušenje i odmaranje u nepredviđeno vrijeme - nedovoljna koordinacija između rukovoditelja i poslovođa - loša tehnička dokumentacija - nedovoljan projekt organizacije i kontrola izvedbe	1. Redovitost plaće 2. Zadovoljstvo poslom 3. Veličina plaće 4. Novčani bonusi 5. Odnosi s kolegama 6. Sigurnost posla 7. Radna disciplina 8. Dodjeljivanje odgovornosti 9. Dijeljenje i rješavanje izazova 9. Zdravstveni i sigurnosni uvjeti	1. Iskustvo u građevinarstvu 2. Spretnost 3. Fizička snaga 4. Moral 5. Školska izobrazba

Pored ovoga, blisko ispitivanjima utjecaja na produktivnost izvođača u građevinarstvu Hrvatske, publicirani su rezultati istraživanja utjecaja na prekoračenje planiranih rokova i troškova projekata. Radujković (1999) je utvrdio sljedeću zastupljenost unutarnjih izvora rizika prekoračenja rokova i troškova kod projekata u Hrvatskoj:

- 14 % tehnička dokumentacija (nedostaci i naknadne izmjene)
- 12 % opskrba i logistika (nestašice materijala i problemi s dopremom, nedostatak radne snage i nepouzdanost strojeva)
- 11 % ljudski čimbenici (produktivnost i u svezi s njom zalaganje i motivacija, bolovanja, nezgode i propusti u radu)
- 10 % upravljanje (nerealni ciljevi, loša kontrola i vremensko planiranje, izbor tehnologije i postavljena organizacija).

Tijanić i Pušić (2018) su u studiji slučajeva realizacije dvanaest građevinskih projekata intervjuiranjem voditelja građenja doznali da su najčešći uzroci vremensko-troškovnih prekoračenja redom prema jačini:

- vremenski uvjeti i nepredviđeni radovi
- izmjena projekata
- pogreške tijekom izvedbe
- problemi s podizvođačima
- problemi s materijalom na gradilištu
- kvarovi strojeva.

5.5.3 Najvažniji čimbenici produktivnosti građevinske mehanizacije

Mnoga dosadašnja anketna ispitivanja i studije slučaja bavili su se s utjecajima na produktivnost radne snage ili općenito produktivnosti izvođača. Utjecaji u svezi mehanizacije nekada su bili uključeni u ispitivanja kao pojedinačni čimbenici produktivnosti izvedbe građevinskih projekata, a u nekim je studijama ispitivanje utjecaja na produktivnost strojeva obavljeno usporedno s ispitivanjem utjecaja na produktivnost radne snage (npr. [Parthasarathy i sur., 2017]).

Seresht i Fayek (2019) smatraju da nedostaju istraživanja o produktivnosti aktivnosti koje zahtijevaju intenzivno korištenje mehanizirane opreme. Mali broj prethodnih istraživanja bavio se isključivo čimbenicima koji utječu na produktivnost strojeva i druge opreme na gradilištima.

Dok su neka istraživanja (kao Hasan i sur. (2018), Methe i sur. (2018), Seresht i Fayeka (2019), Ranjithapriya i Arulselvana (2020)) ispitivala utjecaje na produktivnost svih strojeva kod realizacije građevinskih projekata na gradilištu, neka su bila ograničena samo na čimbenike produktivnosti mehanizacije za određenu vrstu projekata, odnosno samo opreme za određenu vrstu radova. Parthasarathy i sur. (2017), Parthasarathy i sur. (2018) i Suresh i Eldhose (2018), Venkatesh i Saravana Natarajan (2019) ispitivali su čimbenike koji utječu na produktivnost strojeva kod izvođenja višekatnih zgrada, a Abdelaal i sur. (2016)

ispitivali su utjecaje na produktivnost opreme za izvođenje infrastrukturnih projekata. Utjecaje na produktivnost strojeva za zemljane radove istraživali su Salem i sur. (2017) i Al Rawi i sur. (2021), a Hosny i sur. (2015) i Panda i Kamat (2017) fokusirali su ispitivanje na utjecaj čimbenika produktivnosti rada s mehaniziranom opremom za duboko temeljenje (zabijanje pilota).

Broj različitih čimbenika čiji je utjecaj ispitivan u svim istraživanjima produktivnosti građevinske mehanizacije znatno je manji nego ispitivanih čimbenika koji utječu na rad radnika, ali su čimbenici obuhvaćeni u pojedinim ispitivanjima vrlo različiti s obzirom na vrstu strojeva na koje se odnose, tako da je manje sličnosti između njih nego kod istraživanih čimbenika produktivnosti radne snage.

Ova istraživanja provedena su u principu istom metodologijom kao i ispitivanja utjecaja na produktivnost radne snage. Rangiranje čimbenika produktivnosti strojeva na gradilištima najčešće je temeljeno na ocjenjivanju putem upitnika i intervjuiranjem, a u nekim istraživanjima je važnost određena studijom slučaja, tj. praćenjem grupe mehanizirano obavljanih aktivnosti na određenim projektima. Treba naglasiti da je postotak odgovora na upitnike o čimbenicima produktivnosti gradilišne mehanizacije uglavnom bio slab i da su prethodna ispitivanja napravljena na broju ispitanih koji ni za jedno ne bi pružao uobičajeno traženu razinu statističke pouzdanosti. (Ispitanih je bilo 16 kod Abdelaal i sur. (2016) do najviše 96 kod Parthasarathy i sur., (2017), a u dvjema studijama nije dan broj i struktura ispitanih.)

U tablici 5.13 je 16 najznačajnijih utjecajnih čimbenika na produktivnost rada građevinske mehanizacije prema rezultatima 13 istraživanja od 2015. do 2021. godine u različitim državama (7 na području Indije, dva u Egiptu i po jedno u državama u razvoju (Indija i druge), državama Perzijskog zaljeva, GCC-u, Jordanu i Kanadi). Sva ta istraživanja rangirala su čimbenike samo prema jednom izračunatom parametru, najčešće RII. Ukupni rang čimbenika prema svim tim ispitivanjima određen je kao i za utjecaje na rad radnika, tako da je za prvorangirane čimbenike u pojedinim istraživanjima računato 10 bodova, pa do 1 bod za deseterangirane. Neki od ispitivanih čimbenika povezani su s

djelovanjem drugih čimbenika koji su isto razmatrani. Primjerice, neefikasnost rukovatelja strojeva proizlazi iz razine njihovih vještina, tj. obučenosti i motivacije, učestali kvarovi iz neodgovarajućeg (slabog preventivnog) održavanja, a efikasnost strojeva iz broja ciklusa, brzine rada i zapremnine radnih alata (tehničkih karakteristika), vrste radova, organizacije izvedbe, sposobnosti rukovatelja itd. Zato su u tablici objedinjeni neki od čimbenika koji su vrlo bliskog značenja. I nedostatak nadzora znatno utječe na ponovni rad, odnosno popravke već napravljenog, ali to je ostavljeno kao posebni čimbenik jer do toga može doći i zbog drugih utjecaja (kao npr. pogrešnih nacрта ili promjene od strane investitora).

Tablica. 5.13 Ukupni poredak najznačajnijih čimbenika različite građevinske mehanizacije prema bodovanju ranga utvrđenog prethodnim istraživanjima

Rang	Utjecajni čimbenici	Autori i godina istraživanja	Zbroj i učestalost ocjena
1.	Neefikasnost rukovatelja mehanizacije - nedostatak vještina (obučenosti) i iskustva	Abdelaal i sur. (2016), Parthasarathy i sur. (2017), Parthasarathy i sur. (2018), Salem i sur. (2017), Panda i Kamat (2017), Methe i sur. (2018), Hasan i sur. (2018), Suresh i Eldhose (2018), Venkatesh i Saravana Natarajan (2019), Seresht i Fayek (2019), Ranjithapriya i Arulselvan (2020)	$9+9+9+3+10+10+9(+7)+6+6+10+9+8+3 = 108$ 100 %
2.	Kvarenje mehanizacije - nedostatak odgovarajućeg, održavanja	Parthasarathy i sur. (2017), Parthasarathy i sur. (2018), Salem i sur. (2017), Methe i sur. (2018), Hasan i sur. (2018), Suresh i Eldhose (2018), Ranjithapriya i Arulselvan (2020)	$7+4++8+4+5+3+3+10+8+10 = 62$ 50 %
3.	Loše planiranje i nevjerojatno očekivanje izvršenja	Panda i Kamat (2017), Parthasarathy i sur. (2017), Parthasarathy i sur. (2018), Methe i sur. (2018), Hasan i sur. (2018), Venkatesh i Saravana Natarajan (2019)	$2+10+10+10+8+8 = 48$ 43 %
4.	Nedostatak potrebnog građevn. materijala	Abdelaal i sur. (2016), Panda i Kamat (2017), Parthasarathy i sur. (2017), Parthasarathy i sur. (2018), Hasan i sur. (2018)	$5+8+5+5+7 = 30$ 36 %
5.	Nedostatak opreme i kada više grupa dijeli istu oprem.	Abdelaal i sur. (2016), Panda i Kamat (2017), Parthasarathy i sur. (2017), Parthasarathy i sur. (2018), Methe i sur. (2018)	$6+6+5+6+5 = 28$ 36 %
5.	Ponovni rad - popravci, dorada već napravljenog	Abdelaal i sur. (2016), Panda i Kamat (2017), Methe i sur. (2018)	$10+8+10 = 28$ 21 %
7.	Nedostatak nadzora radova	Abdelaal i sur. (2016), Methe i sur. (2018), Venkatesh i Saravana Natarajan (2019)	$7+10+8 = 25$ 21 %
8.	Starost opreme	Hosny i sur. (2015), Salem i sur. (2017), Suresh i Eldhose (2018), Ranjithapriya i Arulselvan (2020)	$6+9+7+1 = 23$ 29 %
9.	Uvjeti tla (geološke formacije)	Hosny i sur. (2015), Suresh i Eldhose (2018), Ranjithapriya i Arulselvan (2020), Al Rawi i sur. (2021)	$9+1+3+9 = 22$ 29 %

10.	(Ne)efikasnost korištenih strojeva	Hosny i sur. (2015), Ranjithapriya i Arulselvan (2020), Al Rawi i sur. (2021)	$10+2+9 = \underline{21}$ 21 %
11.	Klimatski uvjeti i viša sila	Hosny i sur. (2015), Panda i Kamat (2017), Venkatesh i Saravana Natarajan (2019), Seresht i Fayek (2019)	$5+(2+)5+8 = \underline{20}$ 29 %
11.	Neraspoloživost goriva i rezervnih dijelova	Parthasarathy i sur. (2017), Parthasarathy i sur. (2018), Hasan i sur. (2018), Ranjithapriya i Arulselvan (2020)	$6+2+6+6 = \underline{20}$ 29 %
13.	Uvjeti rada na gradilištu (uključujući neodgovarajući pristup / izlaz)	Panda i Kamat (2017), Parthasarathy i sur. (2017), Parthasarathy i sur. (2018), Ranjithapriya i Arulselvan (2020)	$3+3+8+3 = \underline{17}$ 29 %
14.	Izmjene projekta	Abdelaal i sur. (2016), Panda i Kamat (2017)	$5+10 = \underline{15}$ 14 %
14.	(Ne)usklađenost između strojeva / radnih grupa	Hasan i sur. (2018), Venkatesh i Saravana Natarajan (2019)	$6+9 = \underline{15}$ 14 %
16.	Neoslobodenost radnog prostora	Hasan i sur. (2018), Venkatesh i Saravana Natarajan (2019)	$1+10 = \underline{11}$ 14 %

Uz utjecaje navedene u tablici 5.13 ispitivani su, ali rjeđe, i broj korištenih strojeva, nedostatak sredstava za nabavu, povezivanja različitih aktivnosti, udaljenost između gradilišta i gradova, neplaćanje radova, (ne)raspoloživost kvalificiranih rukovatelja mehanizacijom, pogrešan izbor opreme, mogućnosti lakog popravka rezervnih dijelova, problematična specifikacija i nacrti projekta / nepotpuna tehnička dokumentacija, komunikacija između uprave gradilišta i rukovatelja, nelojalnost djelatnika, tehničke karakteristike strojeva i dr.

Mico (2021), prodavač teške mehanizacije za građevinarstvo iz SAD-a s više od 60 godina rada također, uz tehničke karakteristike stroja, za njegovu produktivnost ističe kao najvažnije održavanje i popravke te vještinu rukovatelja.

Tablica 5.13 obuhvaća rezultate istraživanja čimbenika produktivnosti građevinske mehanizacije općenito i onih koja su ispitivala samo značaj utjecaja na strojeve za zemljane radove ili mehanizacije za zabijanje pilota. Gledajući samo istraživanja koja se bave strojevima za zemljane radove, kao najznačajniji utjecaji utvrđeni su:

- efikasnost opreme
- iskustvo i vještine rukovatelja
- uvjeti u tlu.

Za produktivnost strojeva za zemljane radove vrednovan je i utjecaj specifičnih čimbenika, uglavnom vezanih za probleme u tlu (kao što su geološke formacije, dostupnost dokumentacije o istražnim radovima te utjecaj bočnog urušavanja i utjecaj na susjedne zgrade) i transport (stanje ceste, udaljenost između gradilišta i gradova).

Slični utjecajni čimbenici onima za produktivnost strojeva za zemljane radove ocijenjeni su kao najvažniji za produktivnost na projektima cestogradnje i mostogradnje (u istraživanjima Herbsman i Ellis (1995), Lee i sur. (2000), Jiang i Wu (2007), Woldesenbet (2010) i Aoun (2013) u SAD-u, Wambui i sur. (2015) u Keniji, Sukumara i Kumara (2016) u Indiji, Mengistu i sur. (2016) u Etiopiji i Abdelaal i sur. (2016) u državama Perzijskog zaljeva). To je očekivano jer ti projekti uključuju veći udio strojno izvođenih zemljanih radova.

Niti jedna studija koja se bavila utjecajima na produktivnost strojeva na gradilištima nije obradila paralelno ocjene dobivene od rukovatelja strojevima i drugih ispitanika. Istraživanja čimbenika produktivnosti strojeva ili strojno izvođenih radova uglavnom su temeljena na ocjenama inženjera na gradilištu, voditelja projekata, konzaltinga i investitora, a nije poznato jesu li i koliko ispitivali rukovatelje strojeva. Samo u istraživanju Gerami Seresht i Fayek (2019) u Kanadi napravljeno je paralelno ispitivanje uprave na građevinskim projektima i građevinskih radnika na realizaciji projekata. Prema tome su uspoređena njihova gledišta na važnost utjecaja na aktivnosti koje se izvode pretežito mehanizirano, tj. s puno opreme. Pokazalo se kako su ispitanici iz uprave odredili „osobnu zaštitnu opremu“, „iskustvo radne grupe s takvom vrstom projekta“ i „iskustvo rukovatelja strojevima“ kao čimbenike s najvećim pozitivnim utjecajem na produktivnost, a „cijenu nafte i njene promjene“, „vremenske uvjete“ i „globalne ekonomske izgleda“ kao čimbenike koji najviše negativno utječu na produktivnost (svi koji se ne mogu kontrolirati). Ispitani radnici kao čimbenike s najvećim pozitivnim utjecajem ocijenili su „broj jezika koje govori radna grupa“, „iskustvo rukovatelja strojem“ i „osobnu zaštitnu opremu“, a „mijenjanje članova radne grupe“, „sigurnosne incidente“ i „plaćanje

projektnog tima“ kao tri čimbenika koji najviše negativno utječu na produktivnost.

Postoji preklapanje 75 % čimbenika iz tablice 5.13 s 25 najvažnijih čimbenika utvrđenih pregledom prethodnih istraživanja utjecaja na produktivnost rada, odnosno radne snage u tablici 5.9. Oni su, uz malo pojednostavljeni opis, izdvojeni u tablici 5.14, s naznačenom razlikom ranga dobivenog prema tim različito fokusiranim istraživanjima. Iako se prvorangirani utjecaj na obje produktivnosti odnosi na sposobnosti radnika, uočljiva je znatna razlika u rangu ostalih važnih čimbenika.

Tablica 5.14 Istovjetni čimbenici koji značajno utječu i na produktivnost radne snage i na produktivnost strojeva na gradilištu

Čimbenici koji utječu na produktivnost mehanizacije i na produktivnost radnika	Razlika ranga utjecaja na produktivnost strojeva i radnika
Sposobnost radnika – rukovatelja strojem	0
Vremensko planiranje	-5
Ponavljanje već napravljenog rada	-7
Slab nadzor radova (i radne snage)	4
Nedostatak opreme	0
Nedostatak materijala za građenje	2
Vremenski (klimatski) uvjeti	-5
Izmjene projekta tijekom realizacije	4
Koordinacija (usklađenost) radova na projektu	0
Neraspoloživost goriva / rezervnih dijelova	-13
Uvjeti rada na gradilištu	-1
Raspoloživi prostor za rad	2

5.6 Istraživanja razine produktivnosti i izgubljenog radnog vremena na gradilištima

5.6.1 Metodologija istraživanja razine produktivnosti i gubitaka vremena

U odnosu na ispitivanja utjecaja na produktivnost, u 21. st. publicirano je manje radova koji daju primjere i rezultate mjerenja iskorištavanja, odnosno gubitaka radnog vremena u građevinarstvu.

Prethodna istraživanja ostvarene strukture radnog vremena na građevinskim

projektima primjenjivala su više različitih metoda određivanja gubitaka radnog vremena i razine produktivnosti rada. Publicirane studije nezavisnih istraživača najčešće su bile studije slučaja, koje su analizu rezultata i zaključke donosile na temelju praćenja rada na samo jednom projektu ili malom broju projekata te na samo jednoj ili nekoliko vrsta radova, a rijetko su obuhvaćala veći broj različitih izvođača i duža vremenska razdoblja. Dio studija ima mjerenja prije i nakon unaprjeđenja izvedbe, najčešće na *Lean* principima. Kod prikupljanja podataka na različitim projektima i kod različitih izvođača istraživači rijetko daju podatke o mogućim razlikama između njih u svezi načina prikupljanja i bilježenja podataka, koje bi mogle bitno utjecati na rezultate.

Ova istraživanja uglavnom su, kao i ispitivanja utjecajnih čimbenika, bila usmjerena na produktivnost radnika (radnih grupa), odnosno radno intenzivnih aktivnosti. Pri tome su vrlo rijetko koristila više od jednog načina prikupljanja podataka o ostvarenoj razini produktivnosti i gubicima radnog vremena.

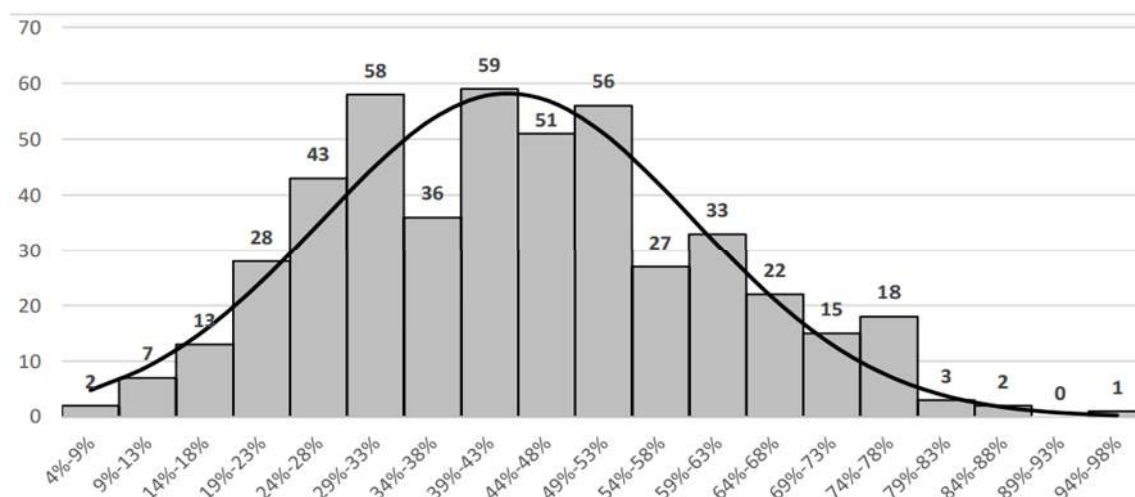
5.6.2 Rezultati prethodnih mjerenja gubitaka i iskorištenosti vremena

Dozzi i AbouRuzk (1993) navode kako se rezultati različitih uzorkovanja rada radnika u građevinarstvu iz 70-ih godina 20. st. razlikuju od niskih 9,4 % do visokih 64,4 % produktivnog, tj. direktnog vremena, a daju primjer produktivnosti od 69 % dobivene 5-minutnim ocjenjivanjem grupe strojeva u niskogradnji.

Haas i sur. (2000) su na temelju 72 studije uzorkovanja radova na građevinskim projektima u SAD-u (Teksas) u razdoblju 1973. - 1997. godine utvrdili kako direktni i dio pomoćnog rada (autori sve zajedno nazivaju direktni rad, ali prema njihovoj podjeli to obuhvaća produktivne radnje i podizanje alata, mjerenje, držanje materijala na mjestu, provjere, čišćenje te stavljanje sigurnosne opreme) ima udio od 41 % do 61 % radnog vremena. *Construction Industry Institute* (CII) procjenjuje da je u SAD-u 25-50 % troškova građenja posljedica „otpada“, odnosno nepotrebnog gubljenja i neučinkovitosti u kontroli rada i materijala, te da nastaju gubici zbog grešaka u informacijama pri prevođenju projekta u građevinu, odnosno realizaciji projekta.

McTague i Jergeas (2002) daju podatak da radnici u prosjeku troše 55,5 % svog radnog vremena na produktivne aktivnosti, 29,4 % je pomoćno vrijeme, 2,1 % vremena utrošeno je za poslove vezane uz nadzor, dok je 13 % utrošeno na dodatne stanke, koje se sastoje od ranijih prekida i kasnijih početaka rada.. Prema Jenkinsu i Orthu (2003), vrijeme koje radnici na dnevnoj bazi troše na produktivni rad u prosjeku je oko 30 % ukupno raspoloživog vremena rad.

Wandahl i sur. (2021a) vrlo opsežnim pregledom literature identificirali su od 1970. do 2021. godine 474 studije slučaja mjerenja gubitaka vremena u 23 države (sa svih kontinenata osim Antarktike, a najviše iz SAD-a) te prema njima odredili da se prosječni udio vremena direktnog rada kreće u rasponu od 30 do 40 % ± 10 %. Indikativno je kako prosjek utvrđenog postotka direktnog rada ne da raste, nego zapravo slabo opada od ranijih studija do onih s posljednjim podacima iz 2020. godine. Autori smatraju kako obrađeni rezultati sadrže značajnu nesigurnost, koja je najviše posljedica nedosljednog razumijevanja direktnog i pomoćnog rada i izgubljenog tj. nekorisnog vremena utvrđenog u različitim studijama [Wandahl i sur., 2021a]. Raspon kretanja izmjerenih udjela direktnog rada u pregledanim studijama Wandahl i sur. prikazali su histogramom na slici 5.14. (Ispod apscise piše raspon udjela produktivnog rada, a na stupcima broj studija s tim udjelom.)



Slika 5.14 Pregled udjela direktnog rada utvrđenih u 50-godišnjem razdoblju s krivuljom normalne distribucije [Wandahl i sur., 2021a]

U tablici 5.15 je pregled rezultata 38 prethodnih istraživanja, gdje su različitim tehnikama utvrđeni udjeli direktnog rada, pomoćnog rada i izgubljenog vremena kod različitih radova na izvedbi građevinskih projekata. Od toga je 50,0 % istraživanja koristilo uzorkovanje radova ili aktivnosti (često bez detaljnijeg objašnjenja postupka uzorkovanja), 21,1 % FDS i CQ ili slične evidencije, 13,2 % 5-minutno ili slično ocjenjivanje produktivnosti, a ostala su primijenila neke grublje ili detaljnije, prilagođene tehnike. Sva pregledana istraživanja daju samo jedne rezultate dobivene određenom tehnikom ili kombinacijom nekoliko prilagođenih metoda mjerenja, bez usporedbe s rezultatima dobivenim na druge načine, kako bi se provjerile njihove veličine.

Dobiveni rezultati jamče različitu razinu pouzdanosti jer su ispitivanja imala velike razlike u trajanju mjerenja i broju opažanja, kao i broju ispitanika. Pored toga, svi autori nemaju sasvim jednaku klasifikaciju onoga što uračunavaju u pojedine načine trošenja vremena (najveće su razlike u sadržaju pomoćnih radova).

Tablica 5.15 Rezultati prethodnih mjerenja udjela u radnom vremenu na različitim projektima

Autori (god.), država	Tehnika mjerenja	Praćeni radovi	Direktni rad	Pomoćni rad	Izgubljeno vrijeme
Liou i Borchering (1986), SAD	Uzorkovanje rada	Na 15 projekata elektrana	32 %	28 %	40 %
Olomolaiye (1988), UK	Uzorkovanje rada i CQ	Na 12 gradilišta 7 različitih izvođača 3 dana praćeni zidari i radnici koji rade s njima	45 - 63 % prosjek 56 %	37 - 65 %	
Handa i Abdalla (1989), Kanada	Uzorkovanje rada	8 tjedana praćena grupa radnika na postavljanju drven. okvira 30 dv etažnih kuća (dobro nadzirani i uigrani)	70%	22 %	8 %
Oglesby i sur. (1989), SAD	– nepoznato	Dvogodišnja studija velikog izvođača	36 %	33 %	31 %
Cortinas (1991), SAD	FDS	– nepoznato			24 (nakon poboljš.) – 40 % (prije poboljšanja)

Serpell i sur. (1997), Čile	Uzorkovanje rada i FDS	Tijekom 4 god. radovi na 17 zgrada	47 % (35 - 55 %)	28 % (24 - 34 %)	25 % (18 - 31%)
Kaming i sur. (1998), UK (prema Nguyen i sur., 2019)	Uzorkov. rada (s podjelom samo na vrijeme rada i nerada)	Na 7 projekata praćeni radovi s optatama, armat. i betonir.	44 % (rad s optatama) 51 % (betoniranje) 56 % (armiranje)	56 % (opl.) 49 % (bet.) 44 % (arm)	
Round Table, UK (prema McTague i Jergeas, 2002)	CQ (prilagođeni)	Tipičan radni dan od 10 sati	33 %	23 %	44 %
Bandyopadhyay i Smith (2003), SAD	Uzorkovanje aktivnosti	744 opažanja kroz 37 dana na 2 zgrade	41 - 46 %	30 - 35 %	24 %
Agbulos i AbouRizk (2003), Kanada	Promatranje	Promatrane cijelu rad. smjenu tijekom 3 mj. aktivnosti ekipe za održav. mreže odvodnje	32 %	68 %	
Diekmann i sur. (2004), SAD	Mapiranje rad. vremena svakog člana radne grupe	Montaža čelič. konstrukcije na 3 projekta	10 - 32 %	57 - 67 %	9 - 35 %
Strandberg i Josephson (2005), Švedska	Uzorkovanje radova	4.979 opažanja kroz 22 dana grupe radnika na jednom gradilištu s rad. na nosivoj konstr., krovu i fasadi	18 %	45 %	37 %
Thune-Holm i Johansen (2006), Norveška	Metoda grublje procjene	Tesari na 4 projekta i 2 mjerenja betoniraca	51 - 71 % (tesari) i 65 - 70 % (betonirci)	– nepoznato	– nepoznato
Orth i Jenkins (2006), SAD	Uzorkovanje rada	535 opaž. kroz 30 nasumičnih obilazaka rad. na vatrootpornosti i izolaciji bolnice	44 % (28 - 47 % kod grupa različitih radnika)	33 % (29 - 41 % kod grupa različitih radnika)	27 % (24 - 31 % kod grupa različitih radnika)
Alinaitwe i sur. (2006), Uganda	Uzorkovanje aktivnosti	37.500 opaž. zidara, žbuke-ra, betoniraca, ličioca i tesara na 52 gradilišta od 45 izvođača	40 % (zajedno s čišćenjem i istovarom)	27 % (zajedno s nepovolj. vrijeme)	33 %
Hewage (2007), Kanada	5-min. ocjenjivanje	Tesari na jednoj zgradi praćeni 5 sati dnevno 10 dana prije i 10 dana nakon poboljšanja s IT komunikacijom	46 % (početno) - 55 % (nakon poboljšanja)	39 % (nakon poboljšanja) - 43% (početno) sa svim kretanjima	6 % (nakon poboljšanja) - 11% (početno)
Björkman i sur. (2010), Švedska	Uzorkovanje rada	Vodoinstalater. radovi	13 %	52 %	35 %
Kalsaas (2010) Norveška	Detaljno praćenje – mikro-mapiranje i posebno raz-	11 dana praćeni betonirci, tesari, limari, monter ventilacije, električari, vo-	49 % (od 19 % kod električara do 57 % kod tesara)	34 %	17 %

	vijena metoda (slično FDS)	doinstalateri i ličnici			
Rivas i sur. (2011), Čile	CQ	Na tri projekta	– nepoznato	– nepoznato	53 - 58 %
Picard (2013), SAD	Uzorkovanje rada	Tijekom 5 god. praćeno 200 radnika na projektu pročišćava zrak na elektrani	58 % (početno) - 80 % (nakon poboljšanja)	12 % (nakon poboljšanja) - 26 % (početno)	8 % (nakon poboljš.) - 16 % (početno)
O'Neill i Panuwatwanich, (2013), Australija	Opažanja svakih pola sata tijekom rad. smjene	2 tjedna praćeni betonirci na izgradnji brane	LUF _(25%) = 83 % (uz direktni rad obraćunato 25 % vremena pomoćnog rada)		
Josephson i Björkman (2013), Skandinavija	Uzorkovanje rada	18.374 opaž. kroz 39 dana rada vodoinstalatera na 7 projekata renovacije zgrada	13 % (min. 8 - maks. 19 %)	52 % – 3 % (popravci nedostataka) = 49 %	35 % +3 % = 38 %
Dasgupta i Varghese (2014), Indija	Uzorkovanje rada	65 opaž. grupe radnika koja radi s oplat. sustavom za zidove i ploče na višek. zgradi	35 - 40 %	34 - 35 %	25 - 30 %
Kumar i sur. (2014), Indija	Uzorkovanje rada	Na 6 malih projekata praćeno žbukanje, zidanje, rad s oplat. i s armaturom	32 % (armiranje) - 46 % (žbukanje)	40 % (žbukanje) - 44 % (armiranje)	15 % (žbukanje) - 24 % (armiranje)
Chang i sur. (2015), J. Koreja	5-min. ocjenjivanje i uzorkovanje rada	336 opažanja na postavljanju čelič. okvira za beton. ploče na 5-kat. zgradi	18 %	42 %	40 %
Pradeepkumar i Loganathan (2015), Indija	Uzorkovanje aktivnosti	– nepoznato	41 %	25 %	34 %
Panda i Kamat (2017), Indija	5-min. ocjenjivanje	Nabijanje pilota tijekom 1 sata	67 %	– nepoznato	– nepoznato
Tsehayae i Fayek (2016), Kanada	Uzorkovanje radova	15.396 opaž. tijekom 2,5 god. na beton., završnim i elektr. radovima na 11 projekata	38 - 63 % (min. kod betoniranja stupova, a maks. kod pokrivanja)	17 - 31 % (min. kod betoniranja ploče, a maks. kod betoniranja stupova)	15 - 27 % (min. kod pokrivanja, a maks. kod betoniranja ploče)
Hajikazemi i sur. (2017), Norveška	Opažanje radova (svake minute)	13.753 opaž. kod elektroinst. radova na 8 projekata novih zgrada	61 % (min. 28 - maks. 78 %)	28 % (min. 17 - maks. 46 %)	11 % (min. 3 - maks. 27 %)
Oktafia i Indrayadi (2018), Indonezija	IT sustav evidencije (izvješća poslovođa)	8 dana prikupljeni podaci za 5 radnih grupa na radovima na krov. nosačima i završnim rad. na krovu	LUF _(25%) = 81 % (uz direktni rad obraćunato 25 % vremena pomoćnog rada)		– nepoznato

Nguyen i sur. (2019), Vijetnam	Uzorkovanje radova (pomoću kamere) cijeli dan u razmacima od 15 min	480 opažanja tijekom 15 dan. na radu s oplat. greda i strop. ploča na jednoj višekat. zgradi	32 %	35 %	33 %
Arunkumar i sur. (2020), Indija	Uzorkovanje radova	Više od 1200 opažanja kod zidanja blokovi-ma i 900 kod žbukanja na tri gradilišta	56 % (zidanje) 56 % (žbukanje)	26 % (zidanje) 28 % (žbukanje)	18 % (zidanje) 16 % (žbukanje)
Roziko i sur. (2021), Indonezija	IT sustav evidencije (izvješća poslovođa)	3 dana praćenje 30 radnika na radovima na krovu bolnice od čelič. okvira	LUF _(25%) = 67 % (uz direktni rad obračunato 25 % vremena pomoćnog rada)		– nepoznato
Nassri i sur. (2021), Iran	Izravna promatranja i polustrukturirani intervjui	Više od 70 sati promatranja na 10 projekata stanogradnje (vodoinstalateri i ostali)	38 %	15 %	47 %
Abukhalaf i Abusal (2021), Saudijska Arabija	5-min. ocjenjivanje (u okviru hibridne metode)	18 opaž. 6 radnika na montaži čelič. konstrukc. aerodroma u 3 navrata tijekom uobičaj. radne smjene	59 %	18 %	23 %
Johansen i sur. (2021), Danska	Uzorkovanje radova	Tijekom 3 god. na obnovi 19 blokova s 350 stamb. jedinica	26 % (početno) - 40 % (nakon poboljšanja)	44 % (početno) - 30% (nakon poboljšanja)	30 %
Lerche i sur. (2022), Danska	Uzorkovanje rada i dr.	Tijekom 466 sati na postavljanju kablova na 2 projekta	25 %	38 - 47 % (na jednom i drugom projektu)	28 - 37 % (na jednom i drugom projektu)
Wandahl i sur. (2022), Danska	Uzorkovanje rada	1.550 opaž. u 9 dana praćenja 40 radnika na obnovi 24 višestamb. zgrade (zamjena prozora i krovništa te instaliranje novih ventilacija i elektr. sustava)	25 %	53 %	22 %

U tablici 5.15 nisu obuhvaćena istraživanja iz 70-ih i prve polovice 80-ih godina 20. st., a 52,6 % rezultata je iz istraživanja objavljenih od 2011. do 2022. godine. 31,6 % tih istraživanja bilo je u Europi (najviše u skandinavskim zemljama), 28,9 % u Sjevernoj Americi, 28,9 % u Aziji (najviše u Indiji), 5,3 % u Južnoj Americi (Čile) te 2,6 % u Australiji i isto toliko u Africi. Raspon udjela vremena direktnog rada

na različitim vrstama praćenih radova bio je između 13 % i 80 %, a izgubljenog radnog vremena od 6 do 58 %.

U jednoj manje opsežnoj studiji Građevinskog fakulteta u Zagrebu, provedenoj prije više od 30 godina u pogonu za proizvodnju montažnih armiranobetonskih elemenata na različitim vrstama radova izmjereni su udjeli gubitaka radnog vremena radova od 15,0 do 51,2 % [Marušić, 1994]. Rezultati tih snimanja su u tablici 5.16. Vrijeme korisnog rada navedenog u tablici obuhvaća direktni i indirektni rad (pripremno-završni i pomoćni) [Marušić, 1994].

Tablica 5.16 Izmjereni udjeli u vremenu kod izvođenja radnih procesa u pogonu za proizvodnju a.b. elemenata u Zagrebu (prema [Marušić, 1994])

Vrsta praćenih radova	Rad radnika				Rad kрана	
	Koristan	Tehnoł. prekidi	Odmori	Gubici	Radi	Ne radi
Finalizacija sanitar. kabina	68,1 %	0,0 %	9,2 %	22,7 %	-	-
Proizvodnja fasad. elemen.	72,4 %	9,1 %	3,5 %	15,0 %	14,8 %	85,2 %
Proizvodnja pregrad. zidova (snimak 1.)	70,0 %	6,6 %	3,6 %	19,8 %	52,4 %	47,6 %
Proizvodnja pregrad. zidova (prosjeak za snimak 2. i 3.)	38,6 %	9,2 %	1,0 %	51,2 %	42,0 %	58,0 %
Prosječno:	62,3 %	6,2 %	4,3 %	27,2	36,4 %	63,6 %

Kod rezultata iz ove studije treba uzeti u obzir da su se snimani radovi odvijali u tvorničkim uvjetima, u kojima ima manje negativnih utjecaja na produktivnost i postoji ustaljena organizacija kontinuirane proizvodnje, što omogućuje postizanje dobre uigranost radne snage [Lončarić, 1995]). Razlozi evidentiranih gubitaka vremena u prosjeku za sva mjerenja bili su sljedeći [Marušić, 1994]:

- zbog radnika (62,3 %)
- organizacijske naravi (25,5 %)
- prekidi neovisno o radniku (7,3 %)
- nema posla (4,9 %).

U tablici 5.17 su s pomoću CQ-a, FDS-a, promatranja i drugih tehnika utvrđeni načini, odnosno razlozi zbog kojih je dolazilo do gubitaka vremena pri izvođenju radova na građevinskim projektima u inozemstvu.

Tablica 5.17 Istraživanjima utvrđeni najvažniji uzroci gubljenja radnog vremena

Autori (god.), država	Kako/zašto dolazi do gubitaka radnog vremena (izgubljeno vrijeme u %)
Borcherding i Chang (1985), SAD	- izmjene tijekom izvođenja - problemi s nabavom materijala i alata - dostupnost teške i specijalizirane mehanizacije - nesloga radnika, zakrčeni gradilišni prostori - manjak instrukcija i objašnjenja - manjak kontrole kvalitete - intervencije voditelja građenja
Cortinas (1991), SAD	- promjena zahtjeva investitora i zbog greški u projektu (55 %) - čekanja materijala (30 %) - čekanja informacija (8 %) - čekanja alata, strojeva i druge opreme (7 %)
McTague i Jergeas, (2002), UK	- čekanja i besposličarenja (32 %) - zbog alata/materijala (5 %)
Serpell i sur. (1997), Čile (17 projekata)	- čekanje, vrijeme mirovanja i kretanje bez razloga (zajedno 90 %)
Olomolaiye (1988), UK (zidari)	- nedostatak materijala - ponavljanja rada - nedostatak alata ili opreme - pretrpanost - miješanja radnih grupa na istom prostoru i nadzora
Strandberg i Josephson (2005), Švedska	- čekanje i prekidi (62 %) - neiskorišteno vrijeme (28 %) - ponovni rad (6 %) - ostalo (4 %)
Kalsaas (2010), Norveška	- nedostatak materijala i opreme (najviše)
Ghoddousi i Hosseini (2012), Iran	- materijal/alati - metoda građenja/tehnologija - menadžment/planiranje, - nadzor - ponovni rad - vremenski uvjeti - uvjeti na gradilištu, tj. mjestu rada
Pradeepkumar i Loganathan (2015), Indija	- čekanje (26,4 %) - besposlenost (25,8 %) - čavrljanje (19,1 %) - kretanje (14,7 %) - prekidi rada, tj. neplanirane stanke (6,5 %) - telefoniranje (4,2 %) - ponovni, dodatni rad na već napravljenom (3,2 %)
Nassri i sur. (2021), Indija	- nepotrebno kretanje i čekanje (najviše)

6. ISTRAŽIVANJE PRODUKTIVNOSTI I GUBLJENJA RADNOG VREMENA U HRVATSKOM GRAĐEVINARSTVU

Istraživanje utjecaja na produktivnost u Hrvatskoj provedeno je u skladu s preporukama i po uzoru na metode i tijek većine prethodnih istraživanja ovog područja (slika 5.9.), ali paralelno obuhvaća ispitivanja utjecaja na produktivnost radne snage i strojeva na izvedbi građevinskih projekata.

Kako bi se omogućila usporedba, provjera i nadopunjavanje rezultata, ovo je istraživanje prošireno na prikupljanje podataka o udjelima produktivnog i izgubljenog vremena kod rada radnika i strojeva. Za to je primijenjeno nekoliko jednostavnih, prilagođenih metoda, koje identificiraju načine i uzroke gubljenja vremena i produktivnosti. U cilju potvrde postavljenih hipoteza, istraživanje je obavljano na većem broju projekata s različitim izvođačima.

Sva ispitivanja i mjerenja na terenu (gradilištima) obavio je autor s pomagačima (zaposlenici tvrtki izvođača, nadzorni inženjeri i studenti), koji su dobili detaljne upute kako to trebaju obaviti, što je uobičajeno kod prikupljanja podataka za ovu vrstu istraživanja.

6.1 Ispitivanja čimbenika koji utječu na produktivnost izvođača

6.1.1 Kreiranje upitnika i način provođenja anketnog ispitivanja

Popis čimbenika za ispitivanje utjecaja definiran je na temelju opsežnog pregleda i analize radova o takvim dosadašnjim istraživanjima u inozemstvu i Hrvatskoj, danog u prethodnom poglavlju. Uzeti su u obzir svi višerangirani utjecajni čimbenici iz napravljenog zbirnog pregleda i vrednovanja čimbenika u tablicama 5.9 i 5.13.

Čimbenici nisu početno podijeljeni u određene grupe, odnosno nisu definirani glavni čimbenici, nego samo osnovni čimbenici. Grupiranje nije napravljeno

zato što nema usvojene ujednačene kategorizacije čimbenika i različiti su autori u prethodnim istraživanjima vrlo različito, ponekad i dvojbeno tumačili što podrazumijevaju određene grupe. No, u analizi u poglavlju 7. čimbenici su odvojeni s obzirom na odgovornost za njihov utjecaj i mogućnost djelovanja na njih, a to je jedan od osnovnih kriterija klasificiranja čimbenika.

Početno definirani čimbenici za ispitivanje o utjecajima na produktivnost rada radne snage i strojeva izvođača radova u Hrvatskoj provjereni su i ažurirani (prilagođeni i dopunjeni) kroz polustrukturirane intervju sa sedam građevinskih inženjera i jednim građevinskim tehničarem, od kojih svaki ima više od dva desetljeća prakse povezane s izvođenjem građevinskih projekata (voditelji građenja, uprava izvođača, nadzorni inženjeri). Za odabir intervjuiranih visoko stručnih osoba korišteno je namjerno uzorkovanje jer je ono pogodno kada postoji mali uzorak koji mora biti informativan [Saunders i sur., 2016].

Kod sastavljanja upitnika nastojalo se da ne bude predugačak, tako da sve stane na papir A4 formata. Broj čimbenika za ocjenjivanje reduciran je na 24 čimbenika za ispitivanje utjecaja na produktivnost radnika i 31 za ocjenjivanje utjecaja na produktivnost strojeva, ali tako da budu obuhvaćeni svi najvažniji utjecaji. Opisi čimbenika su sažeti pazeći da bude jasno na čega se odnose, da nisu dvoznačni i da su jednostavni za shvatiti. Težilo se izbjegavanju preklapanja utjecaja i uzročno-posljedičnih veza između pojedinih čimbenika (međusobno zavisnog djelovanja i čimbenika sličnog značenja, kakvi su se mogli naći u dosta prethodnih ispitivanja. Minimiziranjem dvosmislenih fraza povećava se konzistentnost ishoda istraživanja i poboljšava primjena rezultata istraživanja u praksi [Amarkhil i sur., 2021]. S obzirom na predviđenu strukturu ispitnika s velikim udjelom terenskih radnika, izbjegavani su pojmovi koji njima mogu biti nerazumljivi ili pogrešno shvaćeni te utjecaji teški za procjenu (npr. o kulturi organizacije, u svezi privatnog života i zdravlja, strategiji održavanja strojeva izvođača itd.). Nije se tražilo uspoređivanje doprinosa, odnosno utjecaja za svaki par čimbenika, koje bi bilo potrebno za višekriterijsku analizu, jer nije bilo očekivano da će svi ispitnici na to znati i imati strpljenja odgovarati.

Na ispitnim obrascima pojašnjeno je značenje veličine ocjene. Previđeno je da se u anketi čimbenici vrednuju na temelju cjelokupnog dosadašnjeg iskustva ispitanika s pomoću Likertove skale i to prema jačini njihovog utjecaja na produktivnost i posebno prema učestalosti pojavljivanja. To je u skladu sa shvaćanjem negativnog djelovanja čimbenika na produktivnost kao rizika u užem smislu [Project Management Institute, 2004], koji se sagledava kao umnožak vjerojatnosti nastupa negativnog djelovanja i težine njegove posljedice [Kerzner, 2003], te odgovara indeksu ozbiljnosti (prema formuli 5.11). Ispitivanje je tako koncipirano kako bi se u analizi značaja čimbenika i razmatranju mogućih mjera poboljšanja ove obje bitne karakteristike uzele u obzir. Također, na taj se način i ispitanike više potiče na pomnije razmišljanje o djelovanju čimbenika koje ocjenjuju.

Iskazivanje jačine i učestalosti utjecaja na produktivnost radne snage je s ocjenama od 1 do 10, gdje 1 znači najmanji, gotovo nikakav utjecaj kod ocjenjivanja njegove jačine i nikada ili gotovo nikada kod ocjenjivanja učestalosti, dok je 10 najveći, tj. izuzetno veliki utjecaj, a kod ocjenjivanja učestalosti najveća učestalost, tj. vrlo često djelovanje (kao u istraživanju Yeunga i sur. (2017) u Hong Kongu i Salema i sur. (2017) u Egiptu). Ocjenjivanje jačine utjecaja na produktivnost rada strojeva je od 1 do 5 (1 je najmanja ili nikakva jačina utjecaja, a 5 vrlo velika), a ocjenjivanje njihove učestalosti s od 1 do 3 (1 je vrlo slaba učestalost, tj. vrlo rijetko događanje, a 3 vrlo često). Vrednovanje ocjenama od 1 do 5 bilo je najčešće u prethodnim ispitivanjima, a u rasponu od 1 do 3 provodili su npr. Kadir (2005) i Thomas i Sudhakumar (2014). Prije je počelo ispitivanje utjecaja na produktivnost radne snage i uočeno je da nije nužan toliko veliki raspon ocjena za vrednovanje čimbenika (dio ispitanika nije raspoređivao ocjene u punom ponuđenom rasponu), pa je za ispitivanje veličine utjecaja na produktivnost strojeva raspon ocjena sužen. Različite skale za ispitivanje utjecaja na produktivnost strojeva postavljene su i zato da se izbjegne upisivanje istih ocjena za jačinu i učestalost utjecaja (što je uočeno u nekim ispunjenim anketama za ispitivanje utjecaja na produktivnost radne snage) ili besmisleno prepisivanje ocjena iz obrasca za ispitivanje

utjecaja na produktivnost radnika u onaj za ispitivanje utjecaja na strojeve, u slučaju kada ista osoba ispunjava i jedan i drugi upitnik istovremeno.

Na kraju upitnika svi ispitanici morali su dati podatke o sebi, koji su potrebni za analizu podataka (stručna sprema, radno mjesto, godine rada u građevinarstvu i tvrtka zaposlenja), te datum ispunjavanja. Četiri ispitanika s dugogodišnjim radnim vijekom u građevinarstvu u vrijeme ovog ispitivanja bila su u mirovini i tri tvrtke u kojima su radili danas više ne postoje, pa su oni u obradi rezultata evidentirani prema radnom mjestu i tvrtki gdje su bili najduže zaposleni.

Nije postavljano pitanje o državnosti, ali ispitivani su isključivo oni koji znaju hrvatski jezik. Sve veći udio uvozne radne snage u Hrvatskoj nije bio ciljane skupina, jer njihovo se prijašnje iskustvo uglavnom ne odnosi na hrvatsko građevinarstvo koje je bilo objekt istraživanja.

Do sada su napravljene mnoge studije u kojima su čimbenici vrednovani iz perspektive različitih razina uprave kod sudionika građevinskih projekata, ali nalazi manjeg broja ispitivanja građevinskih radnika pokazuju da oni vrlo dobro razumiju čimbenike koji utječu na njihovu svakodnevnu produktivnost [Dai i sur., 2009]. Ovo istraživanje također ispituje upravu izvođača radova i nadzorne inženjere, a uzimajući u obzir važnost radnika za produktivnost u građevinarstvu i njihov neposredni uvid u gubljenje radnog vremena, nastojalo se i njihovo mišljenje značajno uključiti u konačnu ocjenu utjecaja. To je u skladu s *Lean* tehnikom detektiranja gubitaka vremena prikupljanjem podataka od „prve linije“ proizvođača.

Zaposlenici u tvrtki izvođača koji nisu uprava ili ne rade na pripremi i praćenju izvedbe (ekonomisti, pravnici) nisu ispitivani, kao ni pomoćni radnici s manje od 3 godine rada u građevinskoj praksi, a niti djelatnici na radnim mjestima koja nisu uže povezana s realizacijom građevinskih projekata (npr. projektanti koji nisu radili i kao nadzorni inženjeri).

Kod ispitivanja o utjecajima na produktivnost u građevinarstvu, s obzirom na broj zaposlenih u toj djelatnosti (ukupnu populaciju) i izabranu razinu

pouzdanosti, potrebni broj ispitanika (veličina uzorka) izračunat je formulom 5.1.

Prema okvirno uzetom broju ukupno zaposlenih u građevinskoj djelatnosti u Hrvatskoj od 100.000 (točan broj je promjenjiv, ali nije bitan jer je rezultat isti i za duplo veću populaciju) na web stranici <https://hr.martech.zone/survey-sample-size-calculator/> izračunato je da 383 ispitanika pruža razinu pouzdanosti od 95 % uz granice greške $\pm 5\%$ i pretpostavljenu maksimalnu nesigurnost ($p = 0,5$). S obzirom na to da svi zaposleni u građevinskoj djelatnosti nisu u ciljanom skupu ispitanika za utjecaje na produktivnost radnika i još je znatno manje stručnih osoba koje rade sa strojevima ili imaju dobar uvid u njihov rad na gradilištu, rezultati ispitivanja bili bi relevantni i s nešto manjim brojem obrađenih odgovora.

Dosadašnja istraživanja pokazala su da kada se upitnik šalje „naslijepo“ e-poštom ili se masovno šalju pozivi na ispunjavanje upitnika u nekoj aplikaciji na internetu, može se očekivati manji postotak dobivenih odgovora. (Najslabiji postotak dobivenih odgovora bio je upravo u istraživanju u Hrvatskoj 2017. godine, a vrlo sličan odziv od 10 % bio je i na poslane upitnike e-poštom članovima Komore arhitekata za istraživanje za doktorsku disertaciju na Pravnom fakultetu u Osijeku 2019. [Vitez-Pandžić, 2018]). Zato je u više od 98 % slučajeva ispitivanje obavljeno davanjem anketnog obrasca „na ruke“ onih koji su pristali da ga popune, a manje od 2 % ispitano je telefonom (ciljano) ili im je poslan upitnik e-poštom uz prethodni dogovor.

Za provjeru adekvatnosti upitnika tijekom 2019. i 2020. godine provedena su pilot-ispitivanja na više od 10 % broja potrebnih ispitanika. Pilot-ispitivanje trebalo je pokazati ima li izrazitih i učestalih problema pri dobivanju odgovora i ima li nekih dodatnih prihvatljivih prijedloga utjecajnih čimbenika koje bi trebalo uvrstiti u ispitivanje.

S Cronbach alfa koeficijentom (α) izračunatim nakon pilot ispitivanja testirana je unutarnja konzistentnost ispitivanih čimbenika u anketnom upitniku. Cronbach alfa je koeficijent pouzdanosti (što je veća pouzdanost manja je greška u ispitivanju) i pokazuje koliko su postavljene ljestvice ocjenjivanja pogodne za mjerenje mišljenja ispitanika. Za ovaj koeficijent može se očekivati

veće vrijednosti kod većeg broja ispitivanih čimbenika. Cronbach alfa izračunava se prema formuli [Horvat i Mijoč, 2009]:

$$\alpha = \frac{N}{N-1} * \left(1 - \frac{\sum s_i^2}{s_x^2}\right), \quad (6.1)$$

gdje je:

N – broj čestica, tj. ocjenjivanih čimbenika mjernog instrumenta,

s_i^2 – varijanca i -čestice ($i = 1, 2, \dots, k$),

s_x^2 – varijanca mjernog instrumenta.

Podaci anketnih ispitivanja upisani su u *Microsoft Excel* tablice i Cronbach koeficijent izračunat je s pomoću funkcije *Analyze Data* u *Microsoft Excelu*. Veličine ovog koeficijenta za učestalost pojavljivanja i za jačinu utjecaja na produktivnost radnika i produktivnost strojeva dane su u tablici 6.1. Detaljniji postupak izračuna, uključujući matricu s ocjenama pilot-ispitivanja, je u prilogima 1.a – 1.d i 2.a – 2.d.

Tablica 6.1 Vrijednosti Cronbach alfa koeficijenta prema ocjenama pilot ispitivanja

Pilot-ispitivanje:	Ocjene jačine	Ocjene učestalosti
- utjecaja na produktivnost radnika (45 ispitanih)	$\alpha = 0,91$	$\alpha = 0,95$
- utjecaja na produktivnost strojeva (40 ispitanih)	$\alpha = 0,93$	$\alpha = 0,82$

Cronbachov alfa koeficijent može imati vrijednosti od 0 do 1. Vrijednosti manje od 0,5 su neprihvatljive, a veličine između 0,8 i 0,9 znače da je mjerna ljestvica vrlo dobra, dok je za $\alpha > 0,9$ izvrsna ljestvica [Horvat i Mijoč, 2009], [Mengistu i sur., 2016], [Hair i Black, 2019].

Budući da Cronbach koeficijent pokazuje dobru pouzdanost za dobivanje mišljenja i da pilot-ispitivanja nisu pokazala nedostatke upitnika niti donijela nikakve prihvatljive prijedloge za promjenu popisa ispitivanih čimbenika i upitnici obrađeni za pilot-ispitivanje uvršteni su u konačnu obradu rezultata.

I u kasnijim ispitivanjima u svakom je upitniku ostavljena mogućnost da se dodatno upiše i ocijeni još neke čimbenike koje bi netko smatrao važnima, kako bi se to moglo uzeti u obzir u analizi ili nekim narednim ispitivanjima. No, mali broj dopisanih čimbenika zapravo je već bio obuhvaćen kroz one vrednovane na listi upitnika. Tako je utjecaj predloženih „problema u poslovanju tvrtke“ na produktivnost radnika u ovom ispitivanju pokriven s investitorovim neplaćanjem radova (kao mogućim uzrokom lošeg poslovanja izvođača) te nedostatkom materijala i alata/opreme, slabom motivacijom zaposlenika i slabom potporom gradilištu od uprave tvrtke (kao posljedicama do kojih mogu dovesti problemi u poslovanju). Isto tako, kod utjecaja na produktivnost strojeva predloženi „nailazak na postojeće instalacije koje moraju ostati u funkciji“ i „iskop na mjestima podzemne vode“ obuhvaćeni su ispitivanim „uvjetima tla“, a „previše stanki tijekom rada“ i „prekovremeni rad“ „lošim korištenjem radnog vremena“. Kako bi se prikupio što veći broj ispravno popunjenih upitnika, anketiranje se provodilo sve do sredine 2022. godine. Rezultati ispitivanja pokazani su i interpretirani u sljedećim potpoglavljima.

6.1.2 Ispitivanje i obrađeni rezultati utjecaja na produktivnost radne snage izvođača u građevinarstvu

Kroz anketno ispitivanje ocjenjivana je veličina, tj. jačina negativnih utjecaja i učestalost nastupanja sljedeća 24 čimbenika (uz njih je napisana oznaka koja je nadalje korištena u tablicama i matrici):

- investitorovo neplaćanje radova na vrijeme (UČR1)
- problemi s podizvođačima (UČR2)
- čekanje na dozvole (UČR3)
- nedostatak iskustva izvođača za radove na projektu (UČR4)
- nedostatak potrebnog materijala za građenje (UČR5)
- nedostatak potrebne struje ili vode na gradilištu (UČR6)
- nedostatak potrebnog alata/opreme na gradilištu (UČR7)
- nezgode i ozlijede na radu tijekom gradnje (UČR8)

- loš pristup lokacijama na gradilištu (UČR9)
- razlika projektom predviđenih uvjeta od stvarnih (UČR10)
- loši uvjeti na terenu (buka, prašina i sl.) (UČR11)
- vremenski uvjeti - vrućine (UČR12)
- vremenski uvjeti - niske temperature (UČR13)
- vremenski uvjeti - kiša i/ili snijeg (UČR14)
- vremenski uvjeti - jak vjetar (UČR15)
- nedovoljno osvjetljenje (UČR16)
- promjene nacrti i dr. elemenata projektne dokumentacije (UČR17)
- nedovoljno razrađen projekt za izvedbu (UČR18)
- prekovremeni rad (UČR19)
- rad u više smjena (UČR20)
- nedovoljna sposobnost uprave gradilišta (UČR21)
- slaba potpora gradilištu od uprave njihove tvrtke (UČR22)
- manjak motivacije kod zaposlenika (UČR23)
- loše osobine radnika (UČR24).

U definiranju ispitivanih čimbenika naglasak je stavljen na one na koje odgovarajućim mjerama mogu djelovati izvođači radova i velika većina obuhvaćenih pod neposrednim je ili posrednim, manjim ili većim mogućim djelovanjem različitih razina uprave izvođača.

Vremenski uvjeti detaljnije su razrađeni jer su u prethodnim istraživanjima najviše zasebno ispitivani prema utjecajima na produktivnost u građevinarstvu (vidi se u pregledu u tablici 5.1). U ovom ispitivanju podijeljeni su na četiri nepogodna utjecaja na produktivnost radne snage i općenito odvijanje radova (slično kao u ispitivanju Mistrya i Bhatta (2013) te Josepha i Shankara (2015) u Indiji, Sherif i sur. (2014) u Egiptu, Roblesa i sur. (2014) u Španjolskoj i Malara i sur. (2019) u Poljskoj), jer se ovisno o tome koji od njih djeluje mogu poduzeti različite mjere za ublažavanje gubitaka radnog vremena i produktivnosti. Iz istog razloga su uz loše uvjete na gradilištu posebno dodani za ocjenjivanje nedovoljno osvjetljenje na mjestu rada i loš pristup lokacijama na gradilištu. Također, i pored čimbenika „nedovoljna sposobnosti uprave gradilišta“ i „slaba potpora

gradilištu od uprave njihove tvrtke“, ovi čimbenici apostrofiraju više problema upravljanja. Posebno su definirani čimbenici koji vrednuju utjecaj nedostatka potrebnih materijala, alata i opreme te energije i vode na gradilištu. (Za nedostatak materijala za građenje Zakeri i sur. (1996) u Iranu i McTague i Jergeas (2002) u Kanadi utvrdili su sljedeće uzroke: loše planiranje, nemar/sabotiranje, neodgovarajuće rukovanje s materijalom, problem transporta unutar gradilišta, neodgovarajuća dostava na gradilište, neprikladni materijali, smetnje i nepotrebna, pretjerana papirologija.)

Od čimbenika koji su u inozemnim istraživanjima rangirani kao važniji (prema tablici 5.9), ovo ispitivanje u Hrvatskoj nije obuhvatilo ponavljanje rada, nego su neposredno ili posredno usvojeni različiti čimbenici koji dovode do toga da se mora ponavljati rad. (Autori prethodnih istraživanja kao uzroke ponavljanja radova naveli slabu obučenost i (ne)iskustvo radnika, nemar/sabotiranje, loše vremenske uvjete, zakrčenost, upotrebu neodgovarajućih materijala, neodgovarajuće tehnologije rada, nedovoljan i nekompetentan interni nadzor izvođenih radova, slabe upute za rad, složene, komplicirane nacрте i specifikacije te manjkavosti nacрта i promjene projektne dokumentacije tijekom izvedbe projekta [Sepell sur., 1995], [Zakeri i sur., 1996], [Olommolaiye, 1988], [Hanna i sur., 1999], [McTague i Jergeas, 2002], [Ngo i sur., 2011], [Ye i sur., 2015].) Planiranje, koordiniranje i nadziranje na gradilištu, zajedno s kompetencijama, iskustvom i sposobnošću vođenja, u ovom istraživanju obuhvaćeno je čimbenicima „nedovoljna sposobnost uprave gradilišta“ i „slaba potpora gradilištu od uprave njihove tvrtke“.

Ispitivani utjecaj osobina radnika u prvom redu podrazumijeva iskustvo u struci, spretnost, fizičku snagu, moral te školsku obuku, a također i sklonost timskom radu, konfliktnost, komunikativnost, kreativnost, snalažljivost/inteligenciju i prilagodljivost (što su čimbenici utvrđeni ispitivanjima Vidakovića i sur. u Hrvatskoj (2020) i drugim ispitivanjima osobina važnih za produktivnost rada u inozemstvu). Od nekoliko preliminarno konzultiranih voditelja radova i uprave građevinskih tvrtki kao bitna osobina za produktivnost prepoznata je samostalnost radnika pri radu, ali ovdje nije posebno istaknuta jer se temelji na

znanju stečenom obrazovanjem i iskustvom i obuhvaćena je ispitivanjem osobinama radnika. Pojedine inozemne studije posebno su ispitivale utjecaje kašnjenja i ranijeg odlaženja s posla, lojalnosti radnika, ljubavi prema poslu, discipline, konzumiranja alkohola i sl., no i ti su utjecaji već posredno sadržani u drugim ovdje ocjenjivanim čimbenicima (osobinama radnika, tj. moralom i upravom izvođača, tj. nadziranjem, vođenjem i motiviranjem radnika).

Od 450 ispunjenih anketnih obrazaca o utjecajima na produktivnost radne snage izvođača, 6,2 % odbačeno je zbog neodgovarajućeg radnog mjesta ispitanika i nedovoljno godina rada u struci (kod pomoćnih radnika) te zbog nepotpuno upisanih ocjena čimbenika i drugih podataka, kao i u slučajevima velike sumnje u korektnost ocjenjivanja (npr. kada je svim čimbenicima dana ista ocjena). Konačno obrađena 422 anketna obrasca za utjecaje na produktivnost radne snage izvođača pružaju 95 %-tnu pouzdanost uz najviše +/- 4,8 % granicu greške ili 99 %-tnu pouzdanost uz grešku +/- 6,3 %.

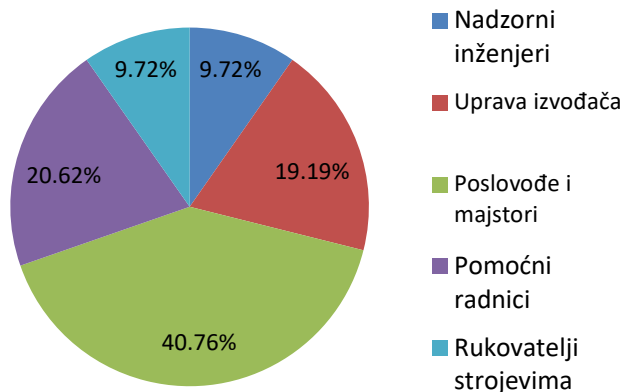
Od ispitanika čiji su odgovori obrađeni, 85,6 % ih je iz tvrtki sa sjedištem u pet slavonskih županija (Osječko-baranjskoj, Vukovarsko-srijemskoj, Brodsko-posavskoj, Požeško-slavonskoj i Virovitičko-podravskoj županiji). Od 86 tvrtki (uključujući i obrte i urede ovlaštenog inženjera građevinarstva), u kojima su ispitanici bili zaposleni, 87,2 % ima sjedište u slavonskim županijama, dok je 14,4 % ispitanika bilo iz 11 tvrtki iz drugih dijelova Hrvatske.

Ispitani o utjecajima na produktivnost radne snage izvođača podijeljeni su u grupe prema njihovom radnom mjestu:

- nadzorni inženjeri (ovlašteni inženjeri i članovi nadzornog tima)
- uprava gradilišta (voditelji građenja i njihovi pomoćnici te ostali inženjeri i tehničari na gradilištu) i uprava i priprema tvrtke (uključujući praćenje izvedbe projekata) te vlasnici građevinskog obrta
- poslovođe i majstori (građevinskih zanimanja i onih koji rade na završnim i instalaterskim radovima)
- pomoćni radnici (nekvalificirani, s najmanje 3 godine rada u struci)
- rukovatelji strojeva i vozači kamiona u građevinarstvu.

Svi ispitani nadzorni inženjeri imaju visoku stručnu spremu, kao i veći dio uprave

kod izvođača (među njima ima i onih s višom stručnom spremom i manji broj tehničara, a među vlasnicima obrta ima i majstora). Svi majstori nisu KV i VKV prema školskom obrazovanju, nego oni koji mogu samostalno raditi, odnosno imaju takav status kod izvođača (tako su se sami izjasnili). U ovoj podjeli, zbog uobičajene razine obrazovanja i blizine radnicima, poslovođe nisu pridruženi upravi gradilišta (kao u nekim prethodnim ispitivanjima), iako obavljaju nadzor radnika i u pravilu ne obavljaju svojeručno poslove s radnom grupom koju vode. Najviše ispitanika o utjecajima na produktivnost radne snage su radnici različitih kvalifikacija na gradilištu. Udio ispitanika podijeljenih prema radnim mjestima pokazan je na slici 6.1.

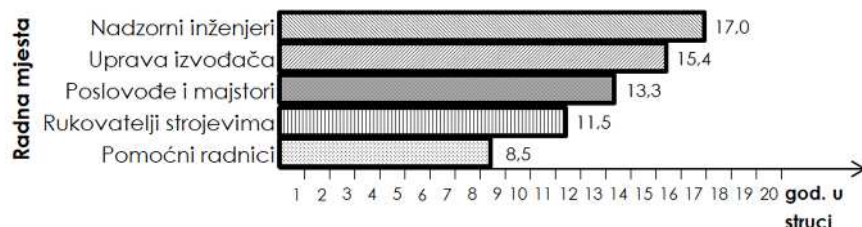


Slika 6.1 Udjeli ispitanika o utjecajima na produktivnost radne snage prema radnom mjestu

Sastav ispitanih u grupi poslovođa i majstora je sljedeći (kako su se sami izjasnili):

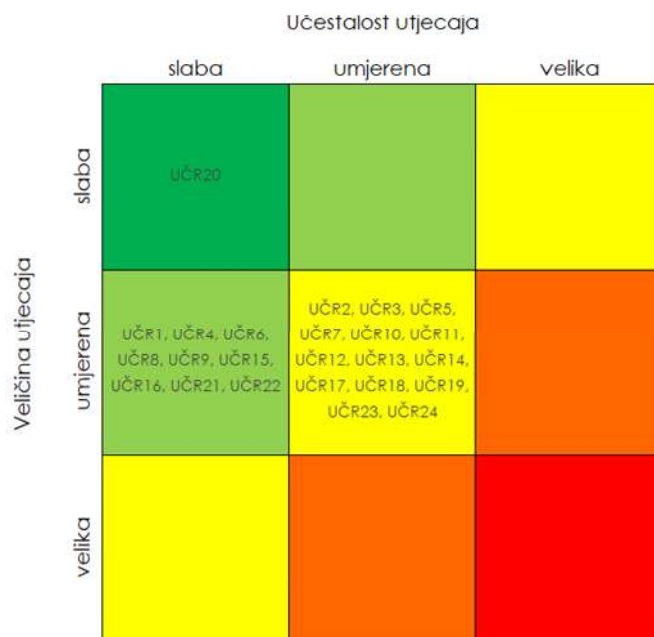
- 29,9 % - majstori (univerzalni i nedefiniranog zanimanja)
- 26,1 % - tesari
- 15,7 % poslovođe i brigadiri
- 15,7 % zidari
- 4,5 % armirači
- 3,7 % ličioci
- 2,2 % monter suhe gradnje
- 2,2 % majstori ostalih zanimanja.

Ispitani su imali prosječno 12,13 godina rada u građevinskoj praksi. Prosječne godine iskustva u građevinskoj praksi po pojedinim grupama ispitanika pokazane su grafikonom na slici 6.2. Vidi se da prosječno iskustvo ispitanih opada s kvalifikacijama potrebnim za radno mjesto.



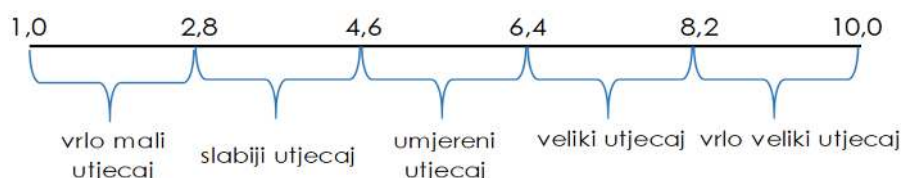
Slika 6.2 Prosječne godine iskustva u građevinarstvu pojedinih grupa ispitanika o utjecajima na produktivnost radne snage izvođača

Srednje ocjene za svaki pojedini čimbenik izračunate su prema izrazu 5.8 i dane u tablici u Prilogu 3. Za bolju usporedbu i razmatranje rezultata ocjenjivanja jačine i učestalosti utjecaja čimbenika određene su tri zone važnosti. Rezultati ocjenjivanja dobiveni su kao decimalni brojevi, pa su prema izrazu 5.9 to intervali s ocjenama od 1,00 do 4,00, 4,00 do 7,00 i 7,00 do 10,00. Na slici 6.3 čimbenici su prema svojim ukupnim ocjenama smješteni u matricu koja ih dijeli prema značaju s obzirom na jačinu i učestalost djelovanja, odnosno ozbiljnost.



Slika 6.3 Matrica razina ozbiljnosti utjecaja čimbenika produktivnosti radnika

Za još detaljniju podjelu važnosti kod ocjenjivanja od 1 do 10 uzimaju se intervali od 1,8, kako je pokazano na slici 6.4. Prema tome, u odnosu na dobivene ukupne ocjene pojedinih čimbenika za jačinu utjecaja, samo njih 8,33 % (nedostatak materijala za građenje te kiša i snijeg) ima veliki utjecaj, čak 79,12 % ima srednje velik, tj. umjereni, a 12,50 % ima slabiji utjecaj. S obzirom na srednje ocjene učestalosti djelovanja, u skladu sa skalom na slici 6.4, 16,57 % čimbenika ima umjerenu učestalost, 75,00 % ima slabiju učestalost, a samo 8,33% (rad u više smjena i nezgode/ozljede na radu) ima vrlo malu učestalost djelovanja.



Slika 6.4 Intervali važnosti na skali ocjenjivanja od 1 do 10

Iako su prethodno za sve čimbenike izračunate prosječne ocjene, zbog bolje usporedivosti kod korištenja različitih skala ocjenjivanja, rezultati vrednovanja iskazani su indeksima relativne važnosti, indeksima učestalosti (čija je veličina proporcionalna veličini ocjena za te čimbenike i daju isti poredak važnosti) te indeksima ozbiljnosti, kao umnošcima prethodnih dvaju indeksa. Veličine tih indeksa navedene su u tablici u Prilogu 4. za sve čimbenike, kao veličine prema ocjenama definiranih grupa ispitanika po radnom mjestu i ukupno za sve ispitanike.

Na temelju indeksa ozbiljnosti (težine) određen je rang čimbenika prema ocjenama pojedinih grupa ispitanika i za sve ispitanike. Veličine prema kojima se određuje rang upisane su s tri decimale, ali su izračunate u tablici u *Microsoft Excelu* na pet decimala i prema tome je određen poredak kod onih kojima su u tablici napisane iste veličine. Rangovi svih čimbenika, usporedno po radnom mjestu ispitanika i za sve ispitanike navedeni su u tablici 6.2, a podebljano je deset prvorangiranih.

Tablica 6.2 Rangovi čimbenika prema utjecaju na produktivnost radne snage prema ocjenama grupa ispitanika i svih ispitanika zajedno

Utjecajni čimbenik	Nadzorni inženjeri	Uprava izvođača	Poslovođe i majstori	Pomoćni radnici	Rukovatelji strojeva	Svi ispitanici
UČR1	11.	4.	13.	12.	14.	12.
UČR2	8.	7.	12.	14.	13.	10.
UČR3	16.	12.	10.	16.	22.	17.
UČR4	10.	16.	21.	17.	18.	18.
UČR5	2.	3.	5.	5.	1.	5.
UČR6	17.	20.	20.	22.	16.	21.
UČR7	9.	6.	8.	7.	2.	7.
UČR8	22.	17.	22.	21.	20.	22.
UČR9	21.	21.	19.	18.	11.	20.
UČR10	14.	9.	9.	13.	17.	11.
UČR11	18.	18.	4.	3.	8.	6.
UČR12	13.	8.	1.	1.	6.	2.
UČR13	15.	10.	7.	4.	15.	8.
UČR14	6.	2.	3.	6.	4.	4.
UČR15	20.	19.	18.	15.	21.	19.
UČR16	23.	23.	23.	23.	23.	23.
UČR17	12.	14.	15.	19.	19.	16.
UČR18	7.	15.	11.	11.	12.	9.
UČR19	19.	22.	14.	9.	7.	14.
UČR20	24.	24.	24.	24.	24.	24.
UČR21	3.	13.	16.	10.	10.	13.
UČR22	4.	11.	17.	20.	9.	15.
UČR23	5.	5.	2.	2.	3.	1.
UČR24	1.	1.	6.	8.	5.	3.

U tablici 6.3 je rangiranje značaja čimbenika kada se ispitanici podijele na sve radnike na gradilištu, uključujući i poslovođe („plavi ovratnici“) i zajedno svu upravu i pripremu izvođača i nadzorne inženjere („bijeli ovratnici“).

Tablica 6.3 Rangiranje čimbenika prema utjecaju na produktivnost radne snage kada su ispitanici podijeljeni na samo dvije grupe

Utjecajni čimbenik	„Plavi ovratnici“	„Bijeli ovratnici“	Razlika ranga
UČR1	14.	5.	9
UČR2	12.	7.	5
UČR3	15.	16.	1
UČR4	20.	14.	6
UČR5	5.	2.	3
UČR6	21.	18.	3
UČR7	7.	6.	1
UČR8	22.	21.	1
UČR9	17.	22.	5

UČR10	11.	13.	2
UČR11	4.	17.	13
UČR12	1.	11.	10
UČR13	8.	15.	7
UČR14	3.	3.	0
UČR15	19.	19.	0
UČR16	23.	23.	0
UČR17	18.	12.	6
UČR18	10.	10.	0
UČR19	9.	20.	11
UČR20	24.	24.	0
UČR21	13.	8.	5
UČR22	16.	9.	7
UČR23	2.	4.	2
UČR24	6.	1.	5

Najveće razlike u ocjeni značaja, tj. ozbiljnosti (10 i više rangova) od strane radnika i uprave izvođača zajedno s nadzornim inženjerima su za loše uvjete na terenu, prekovremeni rad i vrućine, za koje sve radnici smatraju da su puno važniji za njihovu produktivnost nego druga grupa ispitanika.

Prema kvadratu razlika rangova za sve čimbenike na temelju ocjena ovih grupa ispitanika izračunat je Spearmanov koeficijent korelacije ranga (r_s). Spearmanov koeficijent koristi se kada su podaci na ordinalnoj ljestvici, kada je raspodjela varijabli odstupajuća te postoje podaci koji značajno odskakuju od ostalih rezultata (*outliers*). Pogodan je za utvrđivanje usuglašenosti između dviju grupa podataka, odnosno rangova dobivenih od dviju grupa ispitanika, a izračunava se prema formuli [Colton, 1974], [Hrvatska enciklopedija, 2021]:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^N d_i^2}{N^3 - N}, \quad (6.2)$$

gdje je:

d_i - razlika parova rangova, odnosno rangova za isti čimbenik prema dvjema skupinama ispitanika,

N – broj parova rangova, što je broj ispitivanih i rangiranih čimbenika.

Kada je Spearmanov koeficijent 0, znači da nema nikakve povezanosti rangova, a kod veličine 1,0 je savršena povezanost, tj. podudaranje rangova.

Ako je r_s u granicama od 0,50 do 0,75, znači da je umjerena i pozitivna, a $r_s > 0,76$ pokazuje vrlo dobru do izvrsnu i pozitivnu usuglašenost ili korelaciju [Colton, 1974], [Hrvatska enciklopedija, 2021].

Izračunati Spearmanov koeficijent korelacije između rangova prema ocjenama utjecaja na produktivnost radne snage od ispitanih nadzornih inženjera i rangova prema ocjenama od uprave gradilišta, uprave građevinskih tvrtki i vlasnika građevinskih obrta je 0,80 (najveća razlika ranga je u ocjeni sposobnosti uprave gradilišta, čiji loš utjecaj nadzorni inženjeri smatraju znatno važnijim od uprave izvođača). Ta veličina Spearmanovog koeficijenta pokazuje vrlo dobro do izvrsno podudaranje rangova između ovih dviju grupa. Još je veća podudarnost između rangiranja čimbenika prema ocjenama majstora i prema ocjenama pomoćnih radnika u građevinarstvu, gdje je izračunat $r_s = 0,91$. Umjerena je podudarnost rangova od strane uprave gradilišta s upravom tvrtke izvođača i vlasnicima obrta u odnosu na rangove određene prema ocjenama majstora ($r_s = 0,67$), kao i u odnosu na rangove prema ocjenama pomoćnih radnika ($r_s = 0,59$). Između rangiranja uprave izvođača i rangiranja majstora, kao i pomoćnih radnika, najveća je razlika u ocjeni utjecaja loših uvjeta na terenu. Najslabije podudaranje, koje je na gornjoj granici slabog prema umjernom, je između rangova dobivenih ocjenjivanjem nadzornih inženjera i ocjenjivanjem pomoćnih radnika, gdje je $r_s = 0,49$. Podudaranje rangova dobivenih od nadzornih inženjera i rangova dobivenih od poslovođa i majstora također je umjereno ($r_s = 0,54$). I kod ispitanih poslovođa i majstora i kod pomoćnih radnika u odnosu na nadzorne inženjere najveća razlika rangova je kod utjecaja loših uvjeta na terenu i vrućine (pomoćni radnici i majstori smatraju ih puno značajnijim) te nedovoljne sposobnosti uprave gradilišta i slabe potpore gradilištu od uprave njihove tvrtke (nadzorni inženjeri to smatraju puno značajnijim).

Kod podjele u samo dvije grupe ispitanika – „bijeले“ i „plave ovratnike“ $r_s = 0,67$, što pokazuje dobru podudarnost.

Za provjeru usuglašenosti mišljenja, tj. rangiranja prema ocjenama triju ili više grupa ispitanika primjenjuje se Kendallov koeficijent korelacije ranga (W), koji se izračunava prema formuli [Lovrinčević i sur., 2004], [Rozga, 2009]:

$$W = \frac{12 \times \sum_{i=1}^n (\bar{R}_i - \bar{R})^2}{N \times (N^2 - 1)}, \quad (6.3)$$

gdje je:

N - broj čimbenika,

i - čimbenici 1, 2, ..., n ,

$\bar{R}_i$ - aritmetička sredina rangova (r_{ki}) po svim varijablama, tj. čimbenicima ($k = 1, 2, \dots, K$) za i -ti ($i = 1, 2, 3, \dots, N$) član niza, koja se izračunava prema izrazu:

$$\bar{R}_i = \frac{\sum_{k=1}^K r_{ki}}{K} \quad (6.4)$$

$\bar{R}$ - opća aritmetička sredina (zbroj svih ocjena podijeljen s brojem ocjena) svih grupa ispitanika (r_{ki}) za sve čimbenike i , koja se izračunava prema izrazu:

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^K r_{ki}}{K \times N}. \quad (6.5)$$

Kendallov koeficijent poprima vrijednosti od 0 za potpuno neslaganje do 1 kod potpunog podudaranja rangova [Lovrinčević i sur., 2004].

Za ocjenu utjecaja na produktivnost radne snage izvođača ispitanici su podijeljeni u pet grupa ($K = 5$), a ispitivana su 24 utjecajna čimbenika ($N = 24$). Izračunata je vrijednost $W = 0,75$, koja ukazuje na visoku razinu slaganja svih grupa ispitanika o značaju utjecaja obuhvaćenih čimbenika na produktivnost radne snage izvođača. Izračun Kendallovog koeficijenta napravljen je u *Microsoft Excelu* i dan je u Prilogu 5.

U tablici 6.4 je usporedni pregled rangiranja čimbenika od strane ispitanika iz tvrtki registriranih u slavonskim županijama i onih zaposlenih kod izvođača čije je sjedište u drugim dijelovima Hrvatske.

Tablica 6.4 Obradeni rezultati anketnog ispitivanja s rangovima utjecaja na produktivnost radne snage s obzirom na sjedište tvrtke ispitanika

Utjecajni čimbenik	Ispitanici iz tvrtki u Slavoniji				Ispitanici iz tvrtki izvan Slavonije			
	RII	FI	SI	Rang	RII	FI	SI	Rang
UČR1	0,63	0,38	0,242	10.	0,50	0,33	0,163	19.
UČR2	0,57	0,41	0,237	12.	0,55	0,37	0,202	8.
UČR3	0,54	0,42	0,224	16.	0,49	0,33	0,159	21.
UČR4	0,59	0,35	0,204	18.	0,52	0,31	0,161	20.
UČR5	0,69	0,44	0,301	4.	0,56	0,36	0,202	7.
UČR6	0,59	0,31	0,180	21.	0,49	0,26	0,127	23.
UČR7	0,64	0,43	0,273	7.	0,57	0,35	0,196	10.
UČR8	0,57	0,24	0,135	22.	0,59	0,28	0,166	18.
UČR9	0,51	0,38	0,193	19.	0,51	0,34	0,173	16.
UČR10	0,53	0,45	0,240	11.	0,49	0,37	0,180	14.
UČR11	0,50	0,55	0,275	6.	0,45	0,50	0,225	4.
UČR12	0,58	0,55	0,318	2.	0,49	0,50	0,248	1.
UČR13	0,56	0,45	0,253	8.	0,47	0,40	0,185	13.
UČR14	0,67	0,45	0,298	5.	0,57	0,40	0,226	3.
UČR15	0,49	0,38	0,183	20.	0,51	0,36	0,236	2.
UČR16	0,41	0,29	0,120	23.	0,44	0,33	0,145	22.
UČR17	0,49	0,46	0,221	17.	0,51	0,38	0,195	11.
UČR18	0,57	0,44	0,250	9.	0,53	0,33	0,176	15.
UČR19	0,43	0,54	0,231	14.	0,40	0,49	0,197	9.
UČR20	0,36	0,25	0,088	24.	0,35	0,22	0,076	24.
UČR21	0,63	0,38	0,235	13.	0,54	0,35	0,189	12.
UČR22	0,59	0,38	0,227	15.	0,49	0,35	0,169	17.
UČR23	0,64	0,51	0,329	1.	0,56	0,38	0,213	5.
UČR24	0,63	0,48	0,305	3.	0,55	0,39	0,211	6.

Izračunati Spearmanov koeficijent prema ocjenama utjecaja na produktivnost radne snage izvođača ispitanika zaposlenih u tvrtkama sa sjedištem u slavonskim županijama i ocjenama onih iz tvrtki sa sjedištem u drugim dijelovima Hrvatske je 0,71.

U ovom istraživanju prikupljeni su podaci o tvrtkama u kojima se ispitanici trenutno zaposleni, ali čimbenici su ocjenjivani na temelju njihovog cjeloživotnog iskustva, koje je moglo biti u različitim tvrtkama i zato ocjene i određeni rangovi čimbenika nisu uspoređivane prema tvrtkama zaposlenja, kao ni prema projektima na kojima trenutno rade.

6.1.3 Ispitivanje i obrađeni rezultati utjecaja na produktivnost strojeva na gradilištima

Anketno je ocjenjivana veličina i učestalost utjecaja na produktivnost gradilišnih strojeva sljedećih 31 čimbenika (uz koje je oznaka koja je nadalje korištena u tablicama i matrici):

- loši vremenski uvjeti (UČS1)
- složenost (kompliciranost) radnih zadataka (UČS2)
- projektom predviđene male količine radova koji se obavljaju strojno (UČS3)
- promjene na projektu tijekom realizacije (UČS4)
- loši uvjeti tla (za strojeve za zemljane radove i strojeve za koje treba pripremiti podlogu) (UČS5)
- visina na kojoj se radi/podiže materijal (za dizalice, betonske pumpe i dr.) (UČS6)
- drugačiji uvjeti na terenu od prvobitno predviđenih (UČS7)
- nedostatak informacija za rad (nejasna projektna dokumentacija i dr.) (UČS8)
- stroj se u radu izmjenjuje na više poslova, tj. isprekidanost radova koje obavlja (UČS9)
- loša organizacija radova (redoslijed, smjer odvijanja i dr.) (UČS10)
- neodgovarajući vremenski plan (nerealan, nejasan) ili rad bez plana (UČS11)
- čekanje na druge radove (da se dovrše) (UČS12)
- čekanje na druge strojeve / transportna vozila s kojima je povezan proces rada (UČS13)
- otežani pristup/kretanje (ograničen prostor, slaba preglednost, prepreke) na mjestu rada (UČS14)
- nepogodan gradilišni raspored – strojeva, lokacija materijala i dr. (UČS15)
- dugo kretanje do mjesta rada / loši putevi na gradilištu (UČS16)
- nedostatno nadziranje kvalitete radova i nedavanje potrebnih uputa (UČS17)

- neredovito praćenje ostvarene količine rada (UČS18)
- loše korištenje radnog vremena (kašnjenje s početkom, ranije završavanje s poslom, preduge stanke) (UČS19)
- nedostatak potrebnih materijala s kojima se radi (UČS20)
- nedostatak goriva / pogonske energije (UČS21)
- nedostupnost potrebnih zamjenskih dijelova odgovarajuće kvalitete (UČS22)
- nedostatak stručnih ljudi i potrebnog alata za tekuće održavanje (UČS23)
- česti kvarovi i sporo otklanjanje ako do njih dođe (UČS24)
- loša kvaliteta stroja (ne odnosi se na veličinu i snagu) i starost stroja (UČS25)
- nekomfornost kabine (UČS26)
- kompliciranost stroja za upravljanje (UČS27)
- nepogodnost vrste stroja za vrstu posla koji obavlja (UČS28)
- slabe vještine (obučenost i iskustvo) rukovatelja strojem (UČS29)
- slaba motiviranost rukovatelja strojem za uspješnost posla (UČS30)
- često mijenjanje strojara koji rade na jednom stroju (UČS31).

Utjecaji na produktivnost ovise o vrsti strojeva i radova koje obavljaju, ali nastojalo se obuhvatiti najvažnije za sve. (Prethodna istraživanja utjecaja na produktivnost strojeva u inozemstvu uglavnom su se bavila samo uže određenim vrstama radova / građevinskih projekata ili pojedinim vrstama strojeva.)

Od 425 ispunjenih anketnih obrazaca o utjecajima na produktivnost strojeva na gradilištu 3,1 % je odbačeno zbog nepotpuno upisanih ocjena čimbenika i drugih podataka, neodgovarajućeg radnog mjesta ispitanika ili nevjerodostojnosti upisanih ocjena (npr. kada su za sve dane iste ocjene).

Obradenih 413 anketnih obrazaca o utjecajima na produktivnost strojeva na gradilištu izvođača pruža minimalno 95 %-tnu pouzdanost uz +/- 4,8 % granicu greške ili 99 %-tnu razinu pouzdanosti uz grešku +/- 6,3 %.

Od svih u obradu uzetih anketnih obrazaca o utjecajima na produktivnost strojeva 75,5 % je od ispitanika iz tvrtki sa sjedištem u pet slavonskih županija. Od

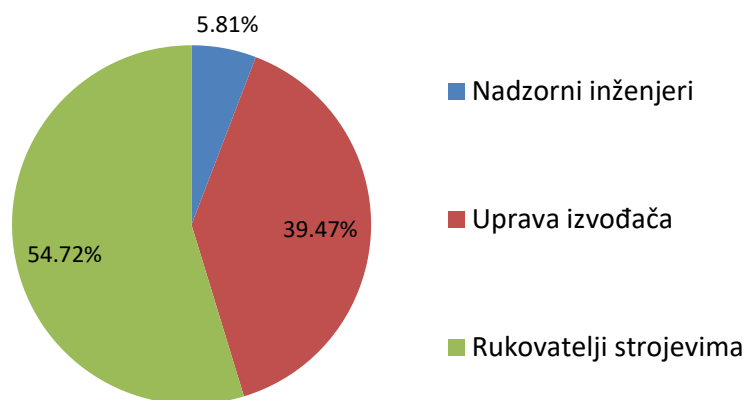
91 tvrtke u kojima su ispitanici bili zaposleni 73,6 % ima sjedište u slavonskim županijama, a 24,5 % ispitanika je iz 24 tvrtke (26,4 %) u drugim dijelovima Hrvatske.

Anketirani ispitanici o utjecajima na produktivnost gradilišnih strojeva podijeljeni su u grupe prema njihovom radnom mjestu:

- nadzorni inženjeri
- uprava gradilišta (zajedno s poslovođama) i uprava tvrtke izvođača (uključujući voditelje mehanizacije i pripremu) te vlasnici građevinskog obrta
- rukovatelji strojeva zajedno s vozačima kamiona u građevinarstvu.

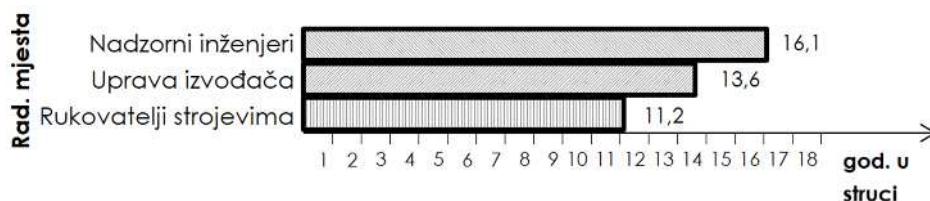
Uprava i priprema tvrtke izvođača i vlasnici građevinskih obrta objedinjeni su s upravom gradilišta jer ih je samih dosta malo ispitano, a pored toga i stručne osobe zaposlene u upravi i pripremi često imaju prethodno iskustvo na gradilištima. Poslovođe su u ovoj podjeli uvršteni zajedno s upravom jer nisu po zanimanju rukovatelji strojevima.

Ispitani su imali prosječno 12,52 godine rada u građevinskoj praksi. Udio pojedinih grupa ispitanika u ukupnom broju ispitanih i prosječne godine rada u praksi po grupama pokazani su na slikama 6.4 i 6.5.



Slika 6.4 Udjeli definiranih grupa ispitanika prema radnom mjestu u ukupnom broju ispitanih o utjecajima na produktivnost strojeva

Kod uprave izvođača 21,5 % ispitanika je iz uprave tvrtke i pripreme, a 78,5 % su uprava gradilišta zajedno s poslovođaма i vlasnicima građevinskih obrta.



Slika 6.5 Prosječne godine rada u građevinarstvu po grupama ispitanika o utjecajima na produktivnost strojeva

U ovom anketnom obrascu ispitanicima je postavljeno pitanje kojim strojem/strojevima rade, odnosno imaju najviše iskustva. S obzirom na to, a prema srodnosti djelovanja strojeva definirane su sljedeće grupe mehanizacije:

- strojevi za zemljane radove (dozeri, grejderi, bageri, kombinirke, utovarivači, buldozeri, valjci, vibroploče)
- transportna vozila u građevinarstvu (kamioni, kiperi, damperi, traktori, automješalice)
- strojevi za beton i mort (betonske pumpe, miješalice i samoposlužujuće pokretne betonare te strojevi za žbukanje i podnu glazuru)
- dizalice (toranjske, teleskopske, mobilne, transporter i dr.)
- općenito – svi strojevi.

Podjela građevinske mehanizacije je uvjetna, jer mnogi strojevi u okviru pojedinih vrsta radova osim njima svojstvene radne operacije obuhvaćaju i druge operacije, kao npr. unutarnji transport [Linarić, 2005].

Zastupljenost ispitanika u grupama prema iskustvu s određenim vrstama strojeva ne može se prikazati udjelima na kružnom grafikonu jer bi zajedno dali više od 100 % od ukupnog broja ispitanih, budući da su neki ispitanici obračunati u više od jedne grupe. To je bilo ako su u upitniku naveli kako rade strojevima koji su svrstani u dvije ili tri definirane grupe, a opet ne svim strojevima da bi bili uvršteni u posljednju grupu, tj. općenito sve strojeve. Izrazito najviše ispitanih ima iskustvo sa strojevima za zemljane radove. Postotak ispitanih po

grupama u svezi iskustva s vrstama strojeva u odnosu na ukupni broj ispitanika je:

- sa strojevima za zemljane radove – 60,53 %
- općenito sa svim strojevima – 17,92 %
- s dizalicama – 12,83 %
- s transportnim vozilima u građevinarstvu – 8,47 %
- sa strojevima za beton i mort – 6,30 %.

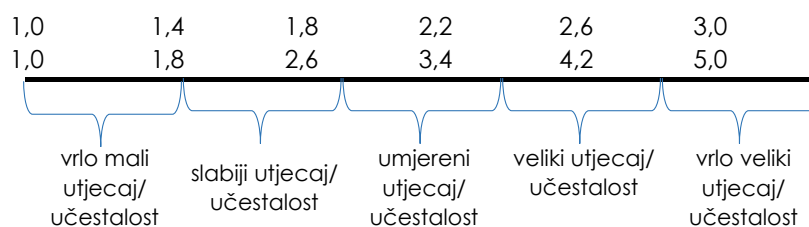
Finišeri nisu uzeti kao posebna grupa strojeva jer je ispitano premalo njihovih rukovatelja i drugih koji imaju iskustva s njihovim radom.

Srednja ocjena jačine utjecaja (između 1 i 5) za sve ispitivane čimbenike kod svih ispitanika bila je 3,20, a srednja ocjena učestalosti njihovog djelovanja (između 1 i 3) je 1,67. Sve srednje ocjene čimbenika produktivnosti strojeva su u Prilogu 6. Čimbenici su prema ocjenama jačine utjecaja i učestalosti podijeljeni u tri zone važnosti. Veličina tri intervala važnosti za ocjene od 1 do 5 izračunata je u 5.3.3, a za ocjene učestalosti od 1 do 3 prema izrazu 5.8 intervali su: 1,00 do 1,66, 1,67 do 2,33 i 2,34 do 3,00. Matrica sa svim čimbenicima podijeljenim u zone važnosti je na slici 6.6.

		Učestalost utjecaja		
		slaba	umjerena	velika
Veličina utjecaja	slaba			
	umjerena	UČS3, UČS6, UČS16, UČS17, UČS18, UČS20, UČS21, UČS22, UČS24, UČS25, UČS26, UČS27, UČS28, UČS29, UČS31	UČS2, UČS4, UČS5, UČS7, UČS8, UČS9, UČS10, UČS11, UČS12, UČS13, UČS14, UČS15, UČS19, UČS23, UČS30	
	velika		UČS1	

Slika 6.6 Matrica razina ozbiljnosti čimbenika produktivnosti strojeva

U odnosu na podjelu čimbenika na pet zona važnosti, prema skali na slici 6.7, njih 19,35 % ima veliki utjecaj (loši vremenski uvjeti, čekanje da se dovrše drugi radovi, česti kvarovi i njihovo sporo otklanjanje, nedostatak stručnih ljudi i potrebnog alata za tekuće održavanje, loša organizacija radova i izmjenjivanje stroja u radu na više poslova, odnosno isprekidanost rada), a 80,65 % ima umjereni (srednje veliki) utjecaj, dok onih sa slabijim i vrlo malim utjecajem nema, kao ni čimbenika s vrlo velikim utjecajem. U skladu sa skalom na slici 6.7, 19,35 % čimbenika ima umjerenu učestalost (izmjenjivanje stroja u radu na više poslova, odnosno isprekidanost rada, čekanje da se dovrše drugi radovi, promjene na projektu tijekom realizacije, čekanje na druge strojeve/vozila, drugačiji uvjeti na terenu od prvobitno predviđenih i loši uvjeti tla), a svi ostali (80,64 %) imaju slabiju učestalost.



Slika 6.7 Intervali važnosti na skali ocjenjivanja – dolje od 1 do 5 i gore od 1 do 3 (nadopunjeno prema [Soekiman i sur., 2011] i [Khahro i sur., 2016])

Isto kao i kod ispitivanja utjecaja na produktivnost radnika, nakon izračuna srednjih ocjena (Prilog 6.) dobiveni rezultati o veličini i učestalosti utjecaja iskazani su indeksima relativnog utjecaja, učestalosti i indeksom ozbiljnosti. U Prilogu 7. dani su ti indeksi po tri grupe ispitanika i ukupno za sve ispitane, a u tablici 6.5 su čimbenici rangirani prema veličini indeksa ozbiljnosti od te tri grupe ispitanika i ukupno. U tablici je podebljano deset prvorangiranih čimbenika.

Tablica 6.5 Rangovi čimbenika koji utječu na produktivnost strojeva prema radnom mjestu ispitanika i za sve zajedno

Utjecajni čimbenik	Nadzorni inženjeri	Uprava izvođača	Rukovatelji strojeva	Svi ispitanici
UČS1	21.	5.	1.	3.
UČS2	22.	10.	15.	12.

UČS3	25.	24.	25.	25.
UČS4	2.	3.	9.	7.
UČS5	6.	9.	7.	8.
UČS6	24.	20.	30.	28.
UČS7	13.	7.	5.	5.
UČS8	16.	4.	13.	9.
UČS9	7.	1.	3.	2.
UČS10	1.	14.	11.	10.
UČS11	3.	12.	22.	15.
UČS12	5.	2.	2.	1.
UČS13	4.	6.	4.	4.
UČS14	27.	15.	8.	11.
UČS15	10.	22.	18.	21.
UČS16	28.	26.	20.	23.
UČS17	12.	27.	27.	26.
UČS18	25.	29.	29.	30.
UČS19	13.	18.	14.	16.
UČS20	9.	23.	10.	17.
UČS21	23.	28.	26.	27.
UČS22	20.	21.	24.	22.
UČS23	15.	8.	6.	6.
UČS24	11.	13.	16.	14.
UČS25	18.	19.	19.	19.
UČS26	30.	30.	17.	24.
UČS27	31.	31.	31.	31.
UČS28	19.	25.	28.	29.
UČS29	8.	16.	21.	18.
UČS30	16.	11.	12.	13.
UČS31	29.	17.	23.	20.

Spearmanov koeficijent korelacije prema kvadratu razlike rangova određenih na temelju ocjena nadzornih inženjera i od uprave građevinskih tvrtki i vlasnika obrta je 0,59, što je umjerena podudarnost. Jedino je između rangova čimbenika prema ocjenama nadzornih inženjera i rangova čimbenika prema ocjenama rukovatelja strojeva izračunat Spearmanov koeficijent koji je na donjoj razini umjerenog podudaranja ($r_s = 0,51$). U odnosu na nadzorne inženjere, rukovatelji strojeva puno veću važnost pridaju utjecaju loših vremenskih uvjeta i otežanom pristupu/kretanju na gradilištu. Najveća suglasnost mišljenja o utjecajima na produktivnost strojeva je između rukovatelja strojeva i uprave gradilišta zajedno s upravom građevinskih tvrtki te vlasnicima obrta, gdje je $r_s = 0,81$.

Izračun Kendallovog koeficijenta napravljen je u *Microsoft Excelu* i dan je u Prilogu 5. Kendallov koeficijent za provjeru usklađenosti ocjena rangova kod

sve tri grupe ispitanika je 0,76. Ta veličina pokazuje visoku razinu slaganja svih grupa ispitanika o značaju utjecaja na produktivnost strojeva na gradilištu.

U tablici u Prilogu 8. su statistički obrađeni rezultati o veličini i učestalosti utjecaja po grupama ispitanika u svezi njihovog iskustva s građevinskim strojevima, a u tablici 6.6 su rangovi značaja utjecajnih čimbenika za te grupe određeni prema veličini indeksa ozbiljnosti u Prilogu 8. (podebljani su oni koji su među prvih deset najznačajnijih).

Tablica 6.6 Rangovi čimbenika prema utjecaju na produktivnost strojeva na gradilištu po vrstama strojeva s kojom ispitanici imaju najviše iskustva

Utjecajni čimbenik	Stroj. za zemljane radove	Transport. vozila	Stroj. za beton i mort	Dizalice	Općenito – svi strojevi
UČS1	1.	4.	11.	8.	17.
UČS2	11.	19.	13.	4.	16.
UČS3	24.	22.	20.	21.	29.
UČS4	8.	1.	10.	5.	6.
UČS5	6.	8.	8.	9.	12.
UČS6	30.	30.	16.	5.	25.
UČS7	4.	12.	14.	15.	9.
UČS8	10.	7.	21.	11.	2.
UČS9	2.	11.	7.	2.	3.
UČS10	14.	10.	4.	10.	4.
UČS11	18.	16.	5.	12.	8.
UČS12	3.	2.	1.	1.	1.
UČS13	5.	3.	2.	3.	10.
UČS14	9.	17.	8.	16.	21.
UČS15	23.	9.	27.	18.	14.
UČS16	22.	21.	24.	27.	28.
UČS17	27.	26.	28.	26.	15.
UČS18	29.	29.	23.	28.	26.
UČS19	17.	15.	6.	17.	13.
UČS20	15.	13.	26.	19.	20.
UČS21	26.	23.	29.	29.	27.
UČS22	20.	27.	21.	24.	22.
UČS23	7.	6.	3.	7.	5.
UČS24	12.	14.	15.	13.	19.
UČS25	16.	20.	19.	20.	24.
UČS26	25.	18.	25.	23.	30.
UČS27	31.	31.	31.	30.	31.
UČS28	28.	28.	30.	31.	23.
UČS29	21.	24.	17.	22.	11.
UČS30	13.	4.	18.	14.	7.
UČS31	19.	5.	12.	15.	18.

U tablici 6.6 vidi se da ispitanici iz svih grupa s iskustvom rada s različitim strojevima kao jedan od triju najznačajnijih čimbenika po negativnom djelovanju na produktivnost strojeva smatraju čekanje da se dovrše drugi radovi, ali i da kod nekih čimbenika postoje vrlo izražene razlike u rangovima. No, bez obzira na iskustvo ispitanika s različitim vrstama strojeva, rangiranje od ovih grupa ispitanika dobro je usuglašeno. To pokazuje Spearmanov koeficijent korelacije između rangova od onih koji imaju najviše iskustva sa strojevima za zemljane radove i ostalih grupa ispitanika s pretežitim iskustvom s drugim vrstama strojeva. Napravljena je usporedba ostalih grupa s onima koji se najviše bave strojevima za zemljane radove, zato što je blizu dvije trećine ispitanika u toj grupi i njihove ocjene imaju daleko najveći utjecaj na poredak rangiranja za ukupno sve ispitane. Rezultati te usporedbe su u tablici 6.7.

Tablica 6.7 Usporedba rangiranja od strane onih koji imaju najviše iskustva sa strojevima za zemljane radove i ostalih grupa ispitanika

Grupa ispitanika	Usuglašenost rangiranja s ispitanicima iz najveće grupe	Najveća razlika u rangiranju
s najvećim iskustvom s transportnim vozilima	$r_s = 0,84$	- nepogodni raspored strojeva i materijala na gradilištu
s najvećim iskustvom s dizalicama	$r_s = 0,78$	- visina na kojoj se radi / podiže materij. (jako velika razlika)
s najvećim iskustvom sa strojevima za beton i mort	$r_s = 0,74$	- visina na kojoj se radi / podiže materijal i neodgovarajući vremenski plan
s općenito iskustvom sa svim građ. strojevima	$r_s = 0,71$	- loši vremenski uvjeti

Tablica 6.8 daje usporedni pregled rangiranja čimbenika od strane ispitanika iz tvrtki registriranih u slavonskim županijama i onih zaposlenih kod izvođača iz drugih dijelova Hrvatske (podebljano prvih deset rangova).

Tablica 6.8 Rezultati anketnog ispitivanja s rangom utjecaja na produktivnost strojeva s obzirom na dio Hrvatske u kojem je sjedište tvrtke iz koje su ispitanici

Utjecajni čimbenik	Ispitanici iz tvrtki u Slavoniji				Ispitanici iz tvrtki izvan Slavonije			
	RII	FI	SI	Rang	RII	FI	SI	Rang
UČS1	0,75	0,58	0,433	2.	0,75	0,60	0,450	8.
UČS2	0,63	0,57	0,358	13.	0,69	0,64	0,439	11.

UČS3	0,58	0,52	0,297	23.	0,59	0,57	0,336	26.
UČS4	0,62	0,62	0,387	8.	0,70	0,68	0,480	3.
UČS5	0,65	0,60	0,393	7.	0,69	0,66	0,453	7.
UČS6	0,54	0,51	0,271	29.	0,63	0,62	0,386	18.
UČS7	0,66	0,61	0,404	5.	0,66	0,66	0,439	10.
UČS8	0,66	0,57	0,375	9.	0,70	0,66	0,461	4.
UČS9	0,69	0,64	0,440	1.	0,67	0,69	0,459	5.
UČS10	0,69	0,52	0,357	14.	0,68	0,66	0,447	9.
UČS11	0,62	0,54	0,333	19.	0,68	0,67	0,456	6.
UČS12	0,69	0,62	0,425	3.	0,73	0,71	0,515	1.
UČS13	0,66	0,61	0,402	6.	0,72	0,68	0,486	2.
UČS14	0,64	0,57	0,368	10.	0,67	0,61	0,411	13.
UČS15	0,59	0,53	0,309	22.	0,68	0,63	0,428	12.
UČS16	0,58	0,50	0,292	26.	0,65	0,60	0,390	16.
UČS17	0,60	0,48	0,292	27.	0,59	0,58	0,343	25.
UČS18	0,55	0,49	0,267	30.	0,52	0,60	0,313	29.
UČS19	0,65	0,54	0,349	15.	0,63	0,61	0,388	17.
UČS20	0,69	0,50	0,344	16.	0,64	0,58	0,372	21.
UČS21	0,69	0,43	0,295	24.	0,64	0,48	0,308	30.
UČS22	0,65	0,51	0,328	21.	0,60	0,54	0,322	28.
UČS23	0,70	0,59	0,412	4.	0,69	0,59	0,404	15.
UČS24	0,69	0,52	0,361	12.	0,70	0,52	0,368	22.
UČS25	0,66	0,50	0,332	20.	0,65	0,58	0,373	20.
UČS26	0,55	0,54	0,295	25.	0,58	0,60	0,345	23.
UČS27	0,51	0,45	0,229	31.	0,56	0,52	0,288	31.
UČS28	0,58	0,49	0,284	28.	0,58	0,56	0,323	27.
UČS29	0,67	0,51	0,341	17.	0,67	0,56	0,374	19.
UČS30	0,65	0,57	0,367	11.	0,66	0,61	0,405	14.
UČS31	0,62	0,54	0,335	18.	0,59	0,58	0,343	24.

Spearmanov koeficijent korelacije rangova prema ocjenama utjecaja na produktivnost strojeva ispitanika zaposlenih u tvrtkama sa sjedištem u slavonskim županijama i prema ocjenama onih iz tvrtki sa sjedištem u drugim dijelovima Hrvatske je 0,78. To je još veća usklađenost nego kod ocjenjivanja utjecaja na produktivnost radnika od ispitanika iz tvrtki iz ovih dvaju dijelova Hrvatske.

6.2. Praćenje produktivnosti radnika i strojeva

6.2.1 Mjerena produktivnog i izgubljenog vremena

Samo anketno ispitivanje često nije dovoljno za postizanje boljeg razumijevanja ili za dubinske provjere razloga gubljenja produktivnosti identificiranih u postojećoj literaturi [Rosenfeld, 2014], [Ye i sur., 2015]. Zato je ovdje paralelno

provedeno prikupljanje podataka o načinu trošenja radnog vremena na gradilištima konkretnih projekata u fazi izvedbe.

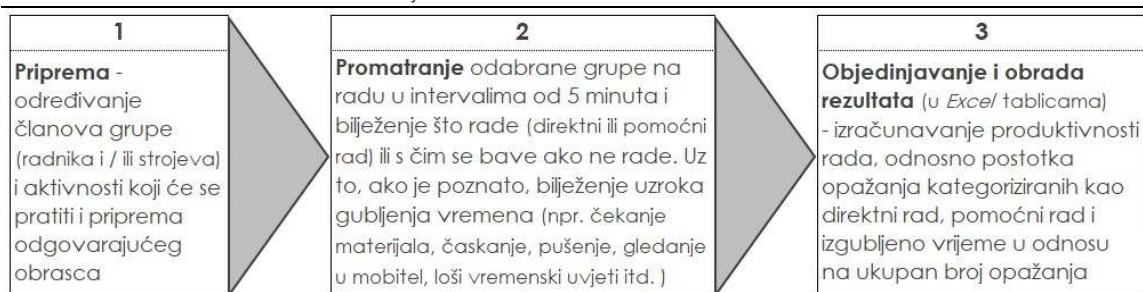
U prethodnim istraživanjima često su tehnike mjerenja produktivnosti provedene na jednom projektu ili samo kod jednog izvođača radova, s manjim ili većim uzorkovanjem. U pregledu danom u tablici 5.15 oko 60 % istraživanja prikupljalo je podatke na 1 do 3 projekta, dok je manje od petine njih obuhvatilo više od deset projekata i među njima je samo jedno istraživanje imalo rezultate od više od 20 projekata i više od 20 izvođača.

Studije slučaja omogućuju dubinsko istraživanje jednog fenomena, ali ograničavaju mogućnost generalizacije rezultata izvan toga [Yin, 2017], pa je za dobivanje šire, općenitije slike stanja gubljenja radnog vremena i produktivnosti izvođača u Hrvatskoj obuhvaćen veći broj projekata, izvođen od većeg broja različitih izvođača. U cilju dobivanja podataka sa što više projekata i od više izvođača, prikupljanje podataka bilo je manje detaljno nego kod nekih prethodnih istraživanja, orijentiranih samo na jedan projekt i to najčešće na jedan dio njegove izvedbe (npr. samo na neke vrste radova). Problem s metodama povremenog praćenja radnika je što promatranje radnika na radu prema utvrđenom obrascu određenog dana ne znači da će taj obrazac ponavljati svaki dan [Olomolaiye, 1988]. Kako bi rezultati bili vjerodostojniji, promatranja su u pravilu obavljana barem nekoliko nasumično odabranih dana (najčešće oko 10 dana na istom gradilištu). Ipak, zbog količine određenih vrsta poslova na nekim gradilištima nisu se mogli pratiti isti radnici i strojevi na istoj vrsti rada nekoliko dana, ali su zato praćeni različiti radnici i strojevi na izvođenju istih vrsta radova na različitim projektima. Tako je oko 90 % praćenja radnika bilo na istim vrstama radova koji se odvijaju na više projekata. To u potpunosti ne uklanja sumnju zbog promjena obrazaca rada tijekom obavljanja radova i shodno tome mijenjanja udjela u trošenju radnog vremena u odnosu na one koji su izmjereni, ali sigurno povećava povjerenje u prikupljene podatke. Kod strojeva nije iskazano koliko su prilikom praćenja radili na istim vrstama radova (daleko najviše praćenja bilo je na zemljanim radovima,

točnije iskopima), jer sama vrsta stroja uglavnom definira vrstu radova koju obavljaju.

Za utvrđivanje učestalosti radnog stanja radnika i strojeva na gradilištima u ovom istraživanju primjenjene su nadopunjene metode, prilagođene mogućnostima provođenja terenskih mjerenja i postavljenim ciljevima. Zbog u poglavlju 3.3 istaknutih zahtjeva i nedostataka pojedinih metoda te iskustva primjene i usporedivosti s prethodnim istraživanjima pojašnjenim u 5.5., kao i ograničenja u raspoloživoj opremi i mogućnostima praćenja na različitim gradilištima, izabrana je kombinacija osnovnog uzorkovanja aktivnosti na razini radnih procesa s 5-minutnim ocjenjivanjem produktivnosti, kakvu pokazuje *AMAC Consultants* (2004). Tako je, uz određivanje razine produktivnosti pri odvijanju različitih radova na gradilištu, omogućeno utvrđivanje udjela produktivnog, pomoćnog i izgubljenog vremena. U skladu s njihovim definiranjem u 4.1 poglavlju, kao direktni rad kategoriziran je onaj koji se odnosi na aktivnosti s dodanom vrijednošću, odnosno u načelu opise rada iz troškovničkih stavaka, dok su kao pomoćni rad označene sve aktivnosti koje su potrebne radi izvođenja direktnog rada, i to bez obzira jesu li se mogle izbjeći nekom boljom metodom ili naprednijom tehnologijom rada. Iako neki autori preporučuju pitati radnike što se radi, to je samo ponekad prakticirano kako ih se ne bi ometalo i kako bi radili kao kada se ne promatraju. Ovom se tehnikom primarno prikupljaju kvantitativni podaci, ali za proširenje spoznaja uz to se mogu sekundarno, na neformalan način prikupljati i nestrukturirane, kvalitativne informacije [Johansen i sur., 2021]. Tako su, koliko je bilo moguće, uz 5-minutno ocjenjivanje produktivnosti uvijek bilježeni načini, odnosno uzroci gubljenja vremena.

Redoslijed i sadržaj koraka utvrđivanja gubitaka radnog vremena i produktivnosti kroz 5-minutno ocjenjivanje, po uzoru na upute Dozzi i AbouRuzk (1993), *AMAC Consultants* (2004) i Panda i Kamat (2017), prikazani su na slici 6.8.



Slika 6.8 Procedura 5-minutnog ocjenjivanja produktivnosti u ovom istraživanju

Obrazac koji se koristio za bilježenje i obračun podataka 5-minutnim ocjenjivanjem pokazuje tablica 6.9.

Tablica 6.9 Primjer ispunjenog obrasca prilagođenog 5-minutnog ocjenjivanja (D = direktni rad, P = pomoćni rad, I = izgubljeno vrijeme)

Aktivnost: <i>Montaža velikoplošne oplata a.b. zidova 4. kata stambeno-poslovne zgrade.</i>				
Vrijeme promatr.	Radnik 1	Radnik 2	Radnik 3	Toranj, dizalic.
9:00	<i>postavlja opl. (D)</i>	<i>postavlja opl. (D)</i>	<i>postavlja opl. (D)</i>	<i>čeka (I)</i>
9:05	<i>buši za ankere (P)</i>	<i>stoji - razgovara (I)</i>	<i>stoji - razgovara (I)</i>	<i>čeka (I)</i>
9:10	<i>buši za ankere (P)</i>	<i>mjeri (P)</i>	<i>pomaže R 2 (P)</i>	<i>prenosi (P)</i>
9:15	<i>buši za ankere (P)</i>	<i>prenosi (P)</i>	<i>pomaže R 1 (P)</i>	<i>čeka (I)</i>
9:20	<i>spaja (D)</i>	<i>postavlja opl. (D)</i>	<i>prenosi (P)</i>	<i>čeka (I)</i>
9:25	<i>spaja (D)</i>	<i>postavlja opl. (D)</i>	<i>spaja (D)</i>	<i>čeka (I)</i>
9:30	<i>buši za ankere (P)</i>	<i>stoji - gleda (I)</i>	<i>otišao (I)</i>	<i>prenosi (P)</i>
Broj opažanja: 21 radnici + 7 stroj				
Radnici : D = $8 / 21 = 38,10 \%$ P = $9 / 21 = 42,85 \%$ I = $4 / 21 = 19,05 \%$				
Stroj (dizalica) : D = 0% P = $2 / 7 = 28,57 \%$ I = $5 / 7 = 71,43 \%$				
Napomena (razlozi gubitaka vremena i dr.): <i>Dizalica čeka dok radnici postave dio oplata.</i>				

Kod obrade rezultata ocjenjivanja produktivnosti provedeno je nužno ujednačavanje pojmova iz opisa aktivnosti i dodatnih bilješki promatrača. Također, radi ujednačavanja na razini cijelog istraživanja, za dio popunjenih obrazaca je kod objedinjavanja rezultata promijenjena prvobitno označena kategorizacija utrošenog vremena na terenu (u skladu s opisom rada), najviše u smislu je li nešto direktni ili pomoćni rad, pa s tim i izračunati postotak koji je uvrštavan u konačnu statističku obradu.

Praćenje radnika i strojeva i bilježenje trošenja njihovog vremena odvijali su se tijekom 2020., 2021. i 2022. godine, uvijek u razdoblju od ožujka do listopada.

Vrijeme promatranja bilo je nasumično i odvijalo se u različitim vremenima tijekom radne smjene, ali uvijek izvan redovitih odmora i tek nakon što su radnici počeli raditi na svojim radnim mjestima. Najčešće je bilo tri puta dnevno, po 30-40 min. Istovremeno je praćeno 1 do 6 radnika i 1 do 3 stroja koji rade zajedno, jer više od toga teško može uspješno nadzirati jedan promatrač.

Prema Strandbergu i Josephsonu (2005) može se pretpostaviti kako je rizik da je promatrač utjecao na promatrane radnike tijekom ocjenjivanja produktivnosti rada mali, jer se promatranje odvijalo dovoljno dugo i na velikom broju projekata.

Ovo istraživanje obuhvatilo je rezultate 5-minutnog ocjenjivanja kod 45 različitih izvođača (glavnih i podizvođača) na 60 građevinskih projekata, uključujući devet različitih zgrada na kojima je praćen isti izvođač pri montaži skela. Pored toga, bilo je mjerenja još na osam projekta, koja nisu uzeta u obradu zbog nejasno unesenih podataka i sumnje u dobro bilježenje opažanja. Promatranja su obavljana sve dok nije postignuta zasićenost podacima. U završnoj fazi promatranja nisu pronalažene nove vrste gubljenja radnog vremena i za nastavak mjerenja i obradu rezultata daljnjih 5-minutnih ocjenjivanja ne očekuje se da bi znatnije promijenili ukupne rezultate prosječnih udjela direktnog rada i izgubljenog vremena, jer su promjene bile neznatne već na posljednjih 10 unesenih projekata.

51,7 % projekata na kojima su praćeni radovi bilo je novogradnja, a kod 48,3 % radovi su izvođeni na postojećim građevinama (rekonstrukcije i održavanje, uključujući i veće projekte na poboljšanju postojeće infrastrukture, kao što su ceste, obaloutvrde i kanalizacijska odvodnja). Na novogradnji je bilo malo više opažanja radnika, a blizu 20 % manje opažanja strojeva.

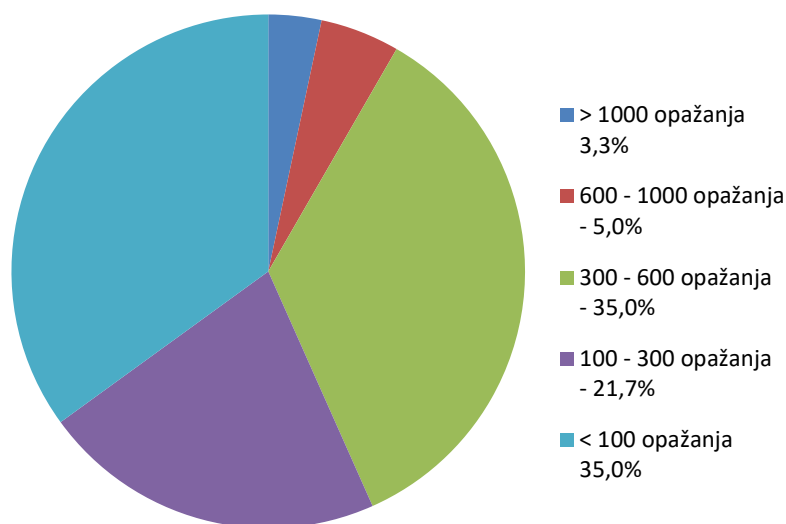
5-minutno ocjenjivanje bilo je kod 33 tvrtke izvođača (73,3 %) sa sjedištem u pet slavonskih županija i kod svih njih praćen je rad radnika, a kod 66,7 % rad strojeva. 5-minutno ocjenjivanje napravljeno je kod 12 tvrtki izvođača iz drugih dijelova Hrvatske (26,7 % od svih izvođača) i kod 91,7 % od njih praćen je rad radnika, a kod 41,7 % rad strojeva.

Ukupno, na svim projektima napravljeno je:

- 11.231 opažanja radne grupe radnika (56.16 min = 935,92 sati praćenja)
- 6.136 opažanja strojeva u radnoj grupi (30.68 min = 511,33 sati praćenja).

Većim dijelom su promatranja radnika i strojeva bila istovremeno - kada su bili povezani u radu, odnosno u istoj radnoj grupi (jedan ili više strojeva zajedno s radnikom ili radnicima). Najveći broj opažanja na jednom projektu bio je 1.811, a projekti (gradilišta) gdje je bilo najmanje opažanja (21) bili su kod praćenja istog izvođača na montaži skela na različitim zgradama. Navedeni brojevi opažanja odnose se na istovremeno promatranu radnu grupu u jednom 5-minutnom intervalu, a ne na svakog pojedinog praćenog radnika (kako je iskazivano u prethodnim istraživanjima). Prosječan broj praćenih radnika u grupi bio je 3,23 i ukupan broj pojedinačnih opažanja svih radnika bio je 36.276. Rezultati praćenja strojeva obrađeni su po vrstama, a jedino je na zajedničkom radu od istih vrsta strojeva praćeno više bagera (najviše tri na praćenim aktivnostima) i više valjaka (najviše dva), tako da je ukupno opažanja svih pojedinih strojeva bilo 8.126.

Zastupljenost projekata u ovom istraživanju prema broju 5-minutnih opažanja radnih grupa (zajedno i radnika i strojeva) pokazan je s grafikonom na slici 6.9.

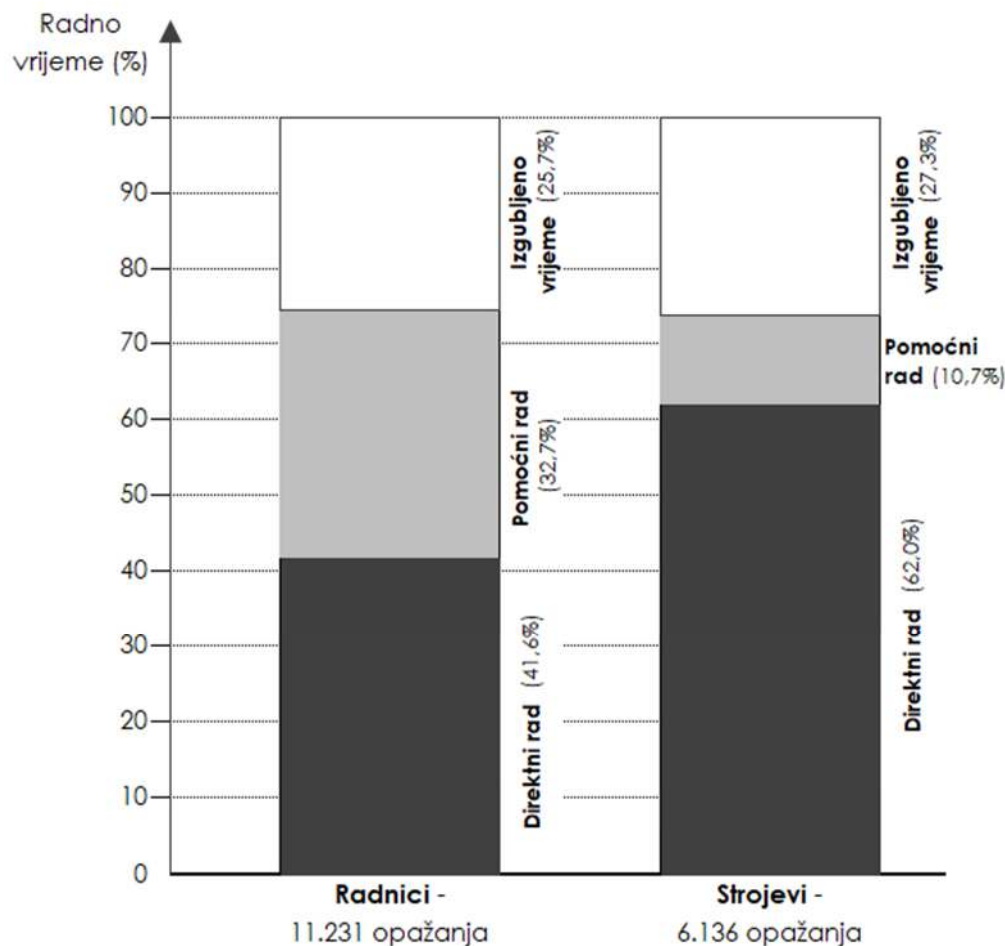


Slika 6.9 Udio projekata prema broju 5-minutnih opažanja radnih grupa s radnicima i strojevima

6.2.2 Obrađeni rezultati 5-minutnog praćenja radova

Radnici su praćeni na 59 projekata kod 44 izvođača i u prosjeku su imali 41,6 % utrošenog vremena na direktni rad, a 25,7 % izgubljenog radnog vremena, uz 32,7 % vremena utrošenog na pomoćne radove. Pri tome su radovi montaže i demontaže skele obračunati kao direktni rad, kao što je kategorizirana i sama izrada, montaža i demontaža oplata (ali ne priprema, prijenosi, pridržavanja i sl.).

Rad strojeva praćen je na gradilištima 29 projekata kod 28 izvođača i u prosjeku su 62,0 % radnog vremena obavljali direktni rad, 10,3 % vremena utrošeno je na pomoćne radove, a 27,3 % vremena bilo je izgubljeno. To je prikazano slikom 6.10.



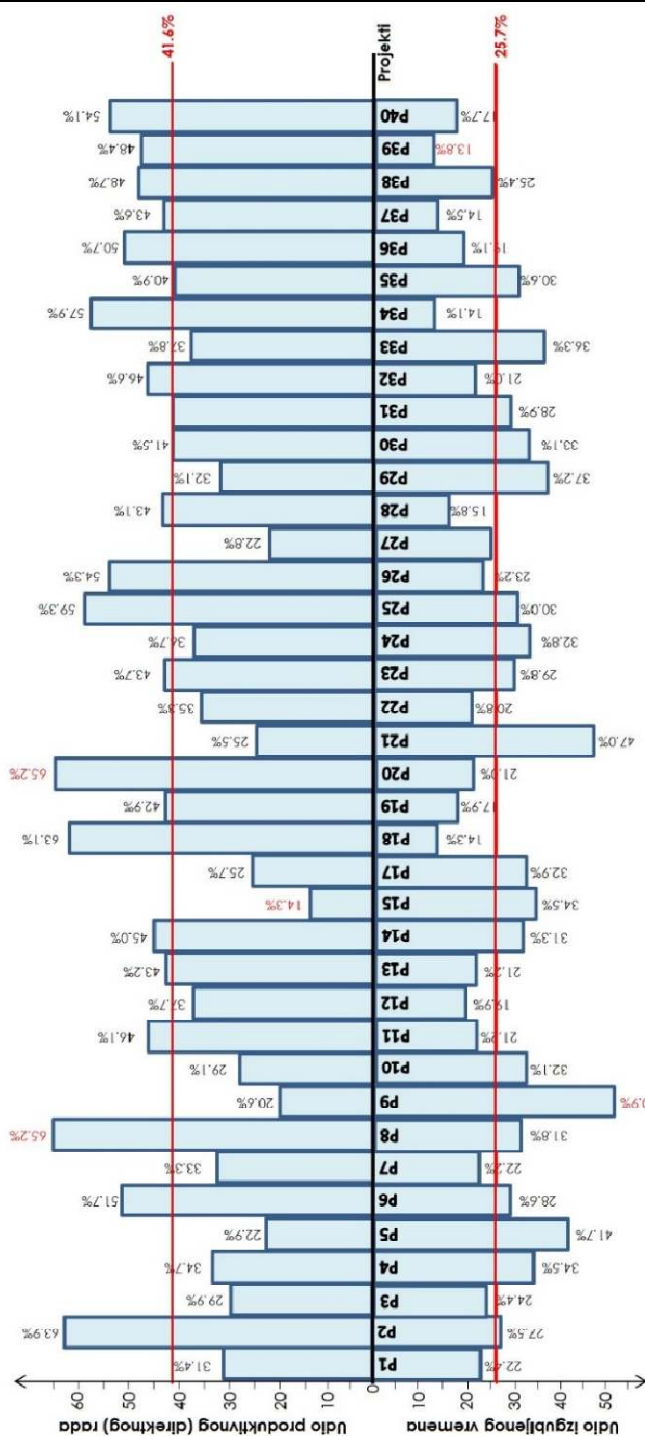
Slika 6.10 5-minutnim ocjenjivanjem evidentirani prosječni udjeli u radnom vremenu radnika i strojeva na gradilištima u Hrvatskoj

Treba imati u vidu da prilikom 5-minutnog ocjenjivanja ni radnici ni strojevi nisu praćeni u vrijeme kada još uopće ne sudjeluju u izvođenju radova (npr. kada se još nije počelo s radovima, dok su radnici na stanki za odmor ili kada se strojevi održavaju ili pune gorivom), pa se ovi rezultati odnose samo za vrijeme mogućeg aktivnog rada na gradilištu.

Prilozi 9. i 10. daju pregled s 5-minutnim ocjenjivanjem produktivnosti utvrđenih udjela direktnog rada, pomoćnog rada i izgubljenog radnog vremena, posebno za sve projekte i posebno za sve izvođače. Projekti i izvođači u tim tablicama navedeni su i označeni prema redoslijedu ukupnog broja napravljenih opažanja i to od najviše do najmanje.

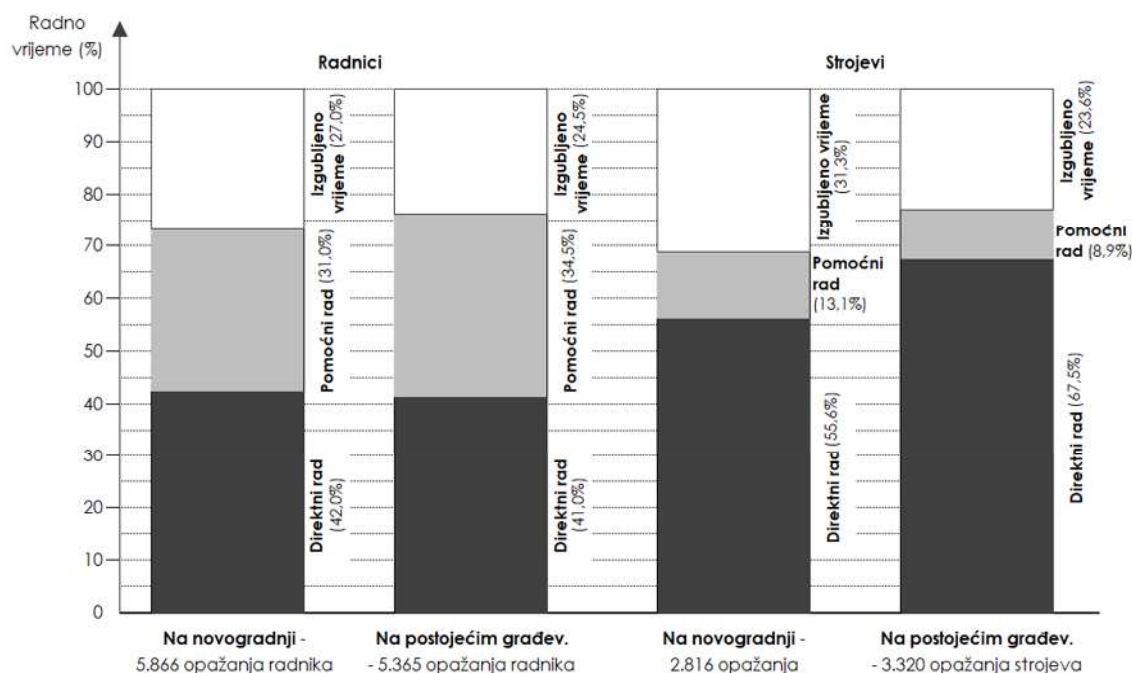
Najveći udio direktnog rada radnika na projektima bio je 95,2 %, a najmanji utvrđeni gubici vremena bili su 4,8 %, oboje na dvama projektima sa samo 21 opažanjem grupe radnika na jednoj vrsti radova, koju obavlja za to specijalizirani izvođač. Najmanji postignut udio direktnog rada na projektima na kojima su praćeni radnici bio je 14,3 %, a najveći udio izgubljenog vremena 50,9 %.

Na grafikonu na slici 6.11 prikazani su udjeli direktnog rada i izgubljenog vremena u radnom vremenu radnika, utvrđeni na 40 projekata s više od 90 napravljenih 5-minutnih opažanja radnih grupa. Na slici su projekti označeni s oznakama koje imaju u tablicama u prilogima 9. i 10.



Slika 6.11 Prikaz udjela produktivnog rada i izgubljenog vremena radnika po projektima s više od 90 5-minutnih opažanja radnih grupa

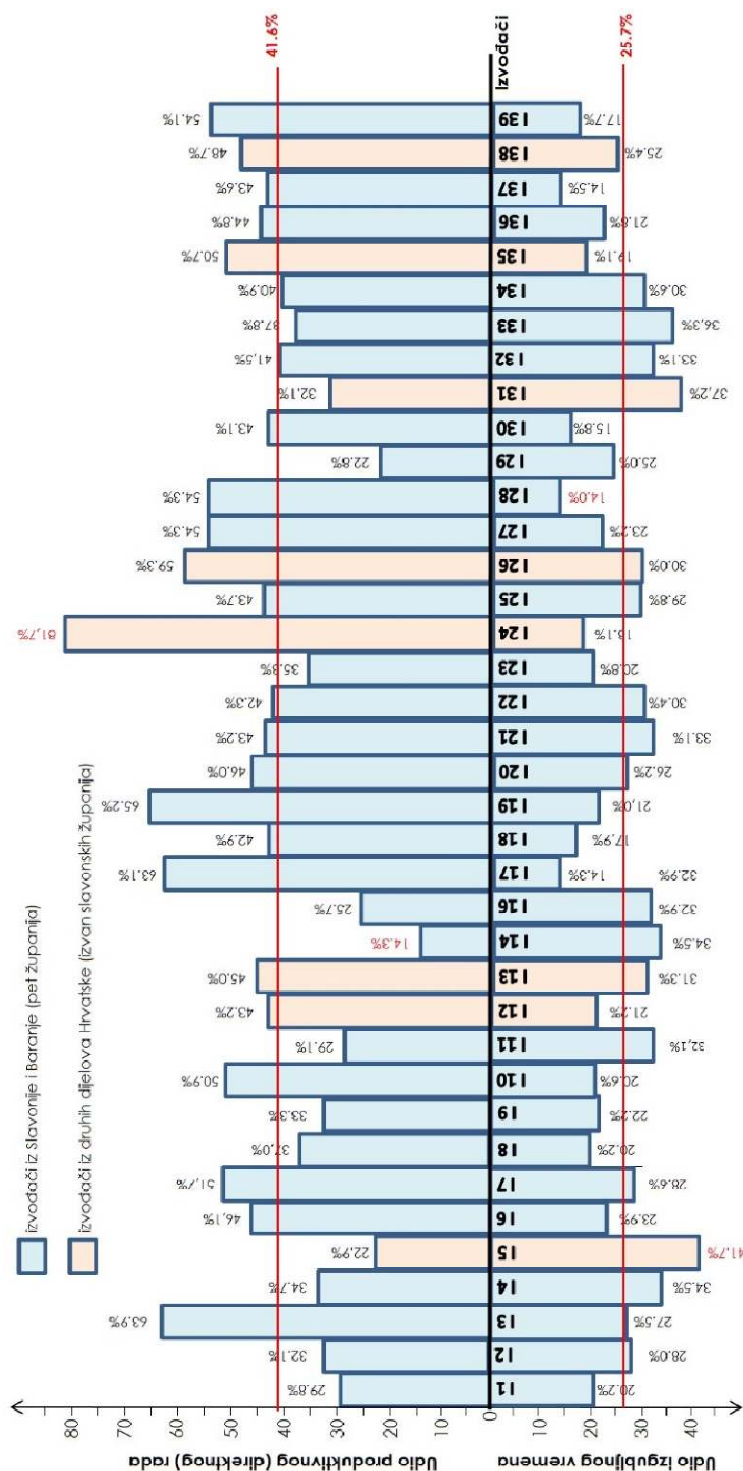
Na projektima novogradnje napravljeno je 52,2 % opažanja rada radnika i 45,9 % opažanja strojeva. Udio direktnog rada radnika na projektima novogradnje i na radovima koji su izvođeni na postojećim građevinama bio je podjednak, a kod novogradnje je utvrđen oko 10 % veći udio izgubljenog radnog vremena. Na projektima novogradnje direktni rad strojeva imao je 17,6 % manji udio vremena, a 33,5 % veći udio izgubljenog vremena od strojeva koji su radili na postojećim građevinama. Postoci utrošenog radnog vremena utvrđeni 5-minutnim ocjenjivanjem produktivnosti radnika i strojeva na ovako podijeljenim projektima pokazani su na slici 6.12.



Slika 6.12 Udjeli u radnom vremenu na projektima novogradnje i projektima na postojećim građevinama utvrđeni 5-minutnim ocjenjivanjem

Najveći udio direktnog rada radnika pojedinih izvođača kod kojih je obavljano 5-minutno ocjenjivanje bio je 81,7 % (kod izvođača koji obavlja samo jednu vrstu radova za koje je specijaliziran), a najmanji 14,3 %, dok su najmanji utvrđeni gubici vremena bili 14,0 %, a najveći 50,9 %. Na grafikonu na slici 6.13 prikazani su udjeli direktnog rada i izgubljenog vremena u radnom vremenu radnika po izvođačima kod kojih je napravljeno više od 90 5-minutnih opažanja radnih grupa. Na slici su izvođači označeni oznakom koju imaju u tablici u

Prilogu 10. Različitom bojom označene su tvrtke izvođača koje imaju sjedište u slavonskim županijama i one u drugim dijelovima Hrvatske.



Slika 6.13 Prikaz udjela direktnog rada i izgubljenog vremena radnika po izvođačima s više od 90 5-minutnih opažanja radnih grupa

U izvođačkim tvrtkama sa sjedištem u pet slavonskih županija bilo je 80,67 % opažanja grupa radnika i utvrđeno je prosječno 39,4 % vremena direktnog rada, 35,2 % pomoćnog rada i 25,4 % izgubljenog radnog vremena. U tvrtkama sa sjedištem u ostalim dijelovima Hrvatske bilo je 19,3 % opažanja grupa radnika i utvrđeno je prosječno 50,8 % vremena direktnog rada, 22,0 % pomoćnog rada i 27,2 % izgubljenog radnog vremena.

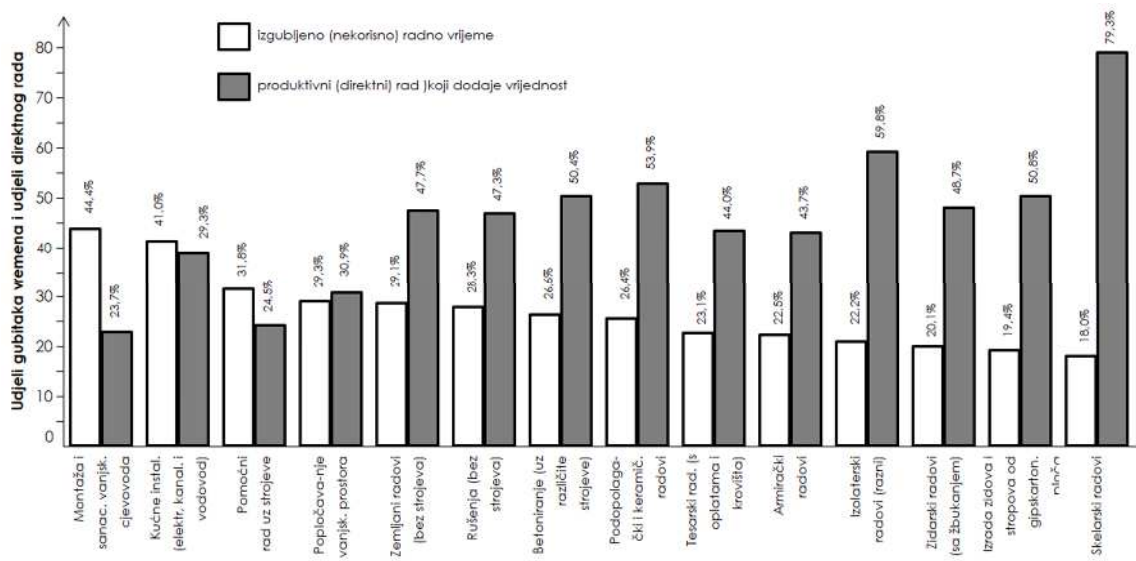
Rezultati praćenja radova visokogradnje i niskogradnje nisu obrađeni odvojeno jer su se na više projekata ispreplećali i ovisili su o fazi gradnje. No iskazani su posebno rezultati 5-minutnog ocjenjivanja produktivnosti radnika za pojedine, najzastupljenije vrste praćenih radova, a kod praćenja rada strojeva za glavne grupe strojeva. U tablici 6.10 navedeni su udjeli rada i izgubljenog vremena za petnaest vrsta radova s najviše 5-minutnih opažanja. Kod dviju vrsta radova udjeli izgubljenog vremena su čak preko 40 %, a kod dviju vrsta radova su malo manji od 20 %, dok su kod ostalih u rasponu od 20 do 35 %. Kod najviše radova udio direktnog rada je između 40 i 55 %, a samo kod skelarskih radova je izrazito visok (najviše praćenja te vrste radova je kod izvođača koji je specijaliziran samo za njih), dok je kod triju vrsta radova ispod 35 %.

Tablica 6.10 Prosječni udjeli vremena po vrstama radova utvrđeni 5-minutnim ocjenjivanjem kod rada radnika

Vrsta glavnih praćenih radova	Broj projek. na kojima su praćeni	Broj izvođača	Broj opažanja	Direktni rad	Pomoć. rad	Izgubljeno vrijeme
Rušenja (bez strojeva)	3	3	166	47,3 %	24,4 %	28,4 %
Zemljani radovi (bez strojeva)	8	8	128	47,7 %	23,2 %	29,1 %
Pomoćni rad uz strojeve (kod zemljanih radova i rušenja)	14	14	2123	24,5 %	43,7 %	31,8 %
Armirački radovi	21	18	871	43,7 %	33,8 %	22,5 %
Tesarski rad (montaža i demont. oplata i krovšte)	22	20	1526	44,0 %	32,9 %	23,1 %
Betoniranje raznih elemenata (uz različitu mehanizaciju)	18	17	738	50,4 %	23,0 %	26,6 %
Izolaterski radovi (geotekstil, Hi i TI temelja, poda i zidova)	7	7	553	59,8 %	18,0 %	22,2 %
Zidarski radovi (sa žbukanjem)	12	12	1969	48,7 %	31,2 %	20,1 %
Izrada zidova i stropova od gipskartonskih ploča	3	3	292	50,8 %	29,8 %	19,4 %
Podopolagački (laminat, teraco, estrih) i keramič. rad.	3	3	408	53,9 %	19,7 %	26,4 %
Popločavanje vanjskih prostora (uključujući rubnjake i pokose)	9	8	580	30,9 %	39,2 %	29,3 %

Montaža cijevi vanjskog cjevovoda i sanacija	6	6	194	23,7 %	31,9 %	44,4 %
Kućne instalac. (elektroinstalac., vodovod i kanalizacija)	5	5	92	39,7 %	19,3 %	41,0 %
Skelarski radovi (montaža i demont., cijevne, fasadne)	12	4	351	79,3 %	2,7 %	18,0 %
Ličilački radovi	2	2	130	45,9 %	20,0 %	34,1 %
Ukupno obuhvaćenih opažanja grupa radnika			10.121			

Na svim ostalim praćenim radovima (čišćenje i uređenje okoline, krovopokrivački, ugradba prozora i vrata, ručni istovar i prijenos i prijevoz kolicima, ugradba monolitnih revizijskih okana i šahtova, izravnavanje slivnika, izrada podloge igrališta i dr.) zajedno je bilo 9,88 % 5-minutnih opažanja grupa radnika. Četrnaest vrsta radova praćenih na najmanje trima projektima kod najmanje triju izvođača s više od 90 opažanja radnih grupa prikazano je na slici 6.14, poredano prema veličini udjela izgubljenog vremena.



Slika 6.14 Udjeli vremena direktnog rada i izgubljenog radnog vremena radnika po najviše praćenim vrstama radova

U tvrtkama sa sjedištem u slavonskim županijama bilo je 79,81 % opažanja rada strojeva i kod njih je utvrđeno prosječno 64,10 % vremena direktnog rada, 8,80 % pomoćnog rada i 27,10 % izgubljenog radnog vremena. U tvrtkama sa sjedištima u ostalim dijelovima Hrvatske bilo je 20,19 % od svih opažanja rada

strojeva i utvrđeno je prosječno 54,25 % vremena direktnog rada, 17,79 % pomoćnog rada i 27,96 % izgubljenog radnog vremena.

Rezultati utvrđeni 5-minutnim ocjenjivanjem najviše praćenih vrsta strojeva navedeni su u tablici 6.11. Vidi se da najviše direktnog rada i najmanje gubitaka radnog vremena imaju strojevi s kontinuiranim radom na većim površinama (finišeri), kao i strojevi kod kojih sama tehnologija rada nameće kontinuitet rada (betonske pumpe). Slično je zabilježeno i kod buldozera, ali taj stroj ima najmanje opažanja na radu i to na samo jednom projektu, pa rezultati samo posebno za njega nemaju značajniju vjerodostojnost. Veliki postotak direktnog rada imaju i strojevi za žbukanje, ali samo u slučajevima kada je organizacija takva da ne moraju čekati da radnici obave svoj dio posla. Najmanje direktnog rada imaju dizalice jer je kod njih u tu kategoriju uvrštavan samo prijenos betona koji je završavao istovarom u izvođeni element građevine, dok su prijenosi armature i oplata kategorizirani kao pomoćni rad.

Tablica 6.11 Prosječni udjeli trošenja vremena po vrstama strojeva utvrđeni 5-minutnim ocjenjivanjem

Vrsta strojeva koji su praćeni u radu	Broj praćenih projekata	Broj izvođača	Broj opažanja	Direktni rad	Pomoć. rad	Izgu- bljeno vrijeme
Bageri	15	15	2718* (4267**)	61,4 %	11,4 %	27,2 %
<i>Bageri bez pomoćnog rada (kao što je prijenos tereta)</i>				64,7 %	9,7%	25,6 %
Kombinirke	3	3	238	45,0 %	34,9%	20,1 %
<i>Bageri i kombinirke zajedno</i>				60,1 %	13,3%	26,2 %
Buldozer	1	1	110	83,6 %	0,0%	16,4 %
Valjci	6	6	522* (962**)	68,7 %	0,0%	31,2 %
Vibro ploče (nabijači)	6	6	298	54,0 %	0,8%	45,1 %
<i>Svi strojevi za zemljane radove</i>				61,4 %	10,3%	28,3 %
Betonske pumpe	7	6	237	80,0 %	2,0%	17,8 %
Autobetonara i miješalice za beton / mort	6	6	172	60,3 %	4,8%	34,9 %
Strojevi za žbukanje	3	3	700	67,4 %	4,6%	28,0 %
Finišeri	2	2	189	98,8 %	0,0%	1,2 %
Dizalice (na prijenosu oplata, armature i betona)	4	4	640	39,3 %	31,3%	29,4 %

* - broj opažanja strojeva (bagera / valjaka) kada rade pojedinačno ili više njih zajedno (kao grupa strojeva)

** - ukupno opažanja strojeva (u koje su ubrojena i pojedinačna opažanja bagera / valjaka koji zajedno rade na praćenim aktivnostima)

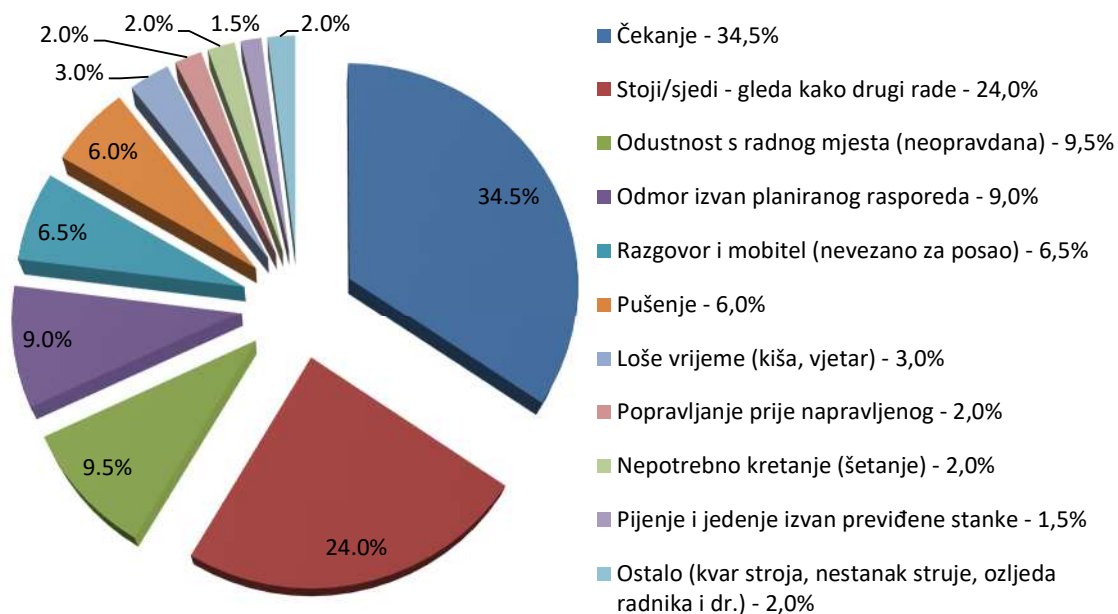
Iako je primijenjena tehnika mjerenja prilagođena kako bi se detaljnije zabilježilo na čega radnici i strojevi troše radno vrijeme, bilo da je vezano uz posao ili ne, to se nije uvijek moglo sa sigurnošću utvrditi. Primjerice, često promatračima nije bilo moguće odrediti:

- prirodu razgovora radnika, odnosno je li to nešto u svezi posla ili je privatno i neobvezno (pogotovo ako je telefonski razgovor)
- kada radnik ne radi (stoji ili sjedi, gleda, razgovara, puši i sl.) je li to zato što mu je zbog težine posla potreban fizički odmor (dok su redoviti odmori i užina za sve radnike praćenje nije obavljano) ili je svojevrijedno prekinuo rad zato što je lijen i nemotiviran ili ne radi jer čeka na nešto (ne može raditi dok drugi ne završe posao, zbog kvara, nedostataka materijala, dok ne dobije alat ili upute i sl.)
- jesu li radnici mogli izbjeći besposličarenje dok čekaju materijal, opremu i sl. tako da rade nešto drugo što je korisno (pomoćni ili glavni rad na drugim aktivnostima)
- kada je radnik odsutan (odšetao), koji je razlog tome, tj. je li opravdan ili ne
- kada je radnik otišao po materijal ili alat, je li trajanje toga opravdano ili gubi vrijeme na traženje ili se negdje usput nepotrebno zadržava
- je li neki rad koji radnici/strojevi obavljaju ponovni rad, odnosno popravak ili doradivanje nečeg što je prije trebalo biti gotovo (u tom slučaju trebalo bi ga evidentirati kao gubitak vremena, a ne kao produktivno vrijeme).

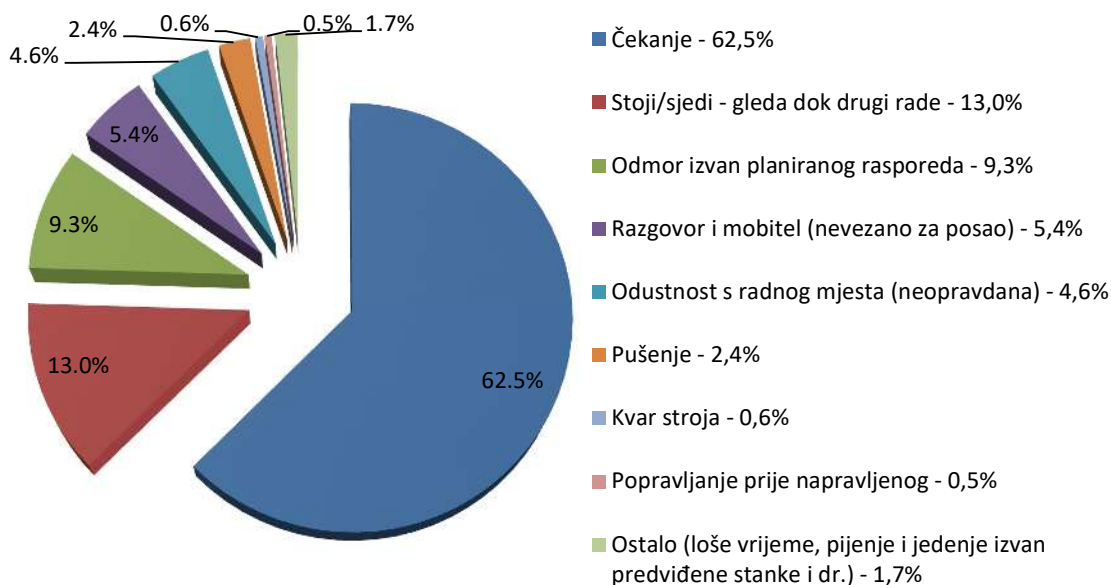
5-minutnim ocjenjivanjem radnici i strojevi prate se na mjestu rada, pa se pri tome nekada ne obuhvaća spravljanje materijala (ako miješalica ili betonara nije u blizini mjesta rada) i Transporte (kamioni se mogu pratiti samo pri utovaru i istovaru).

Iako se gubici vremena utvrđeni 5-minutnim ocjenjivanjem iz navedenih razloga ne mogu sasvim pouzdano klasificirati, prema dodatno zabilježenim informacijama promatrača poznati su uočeni načini gubljenja vremena i

njihova zastupljenost. Kako je to bilo kod rada radnika pokazuje slika 6.15, a kod rada strojeva slika 6.16.

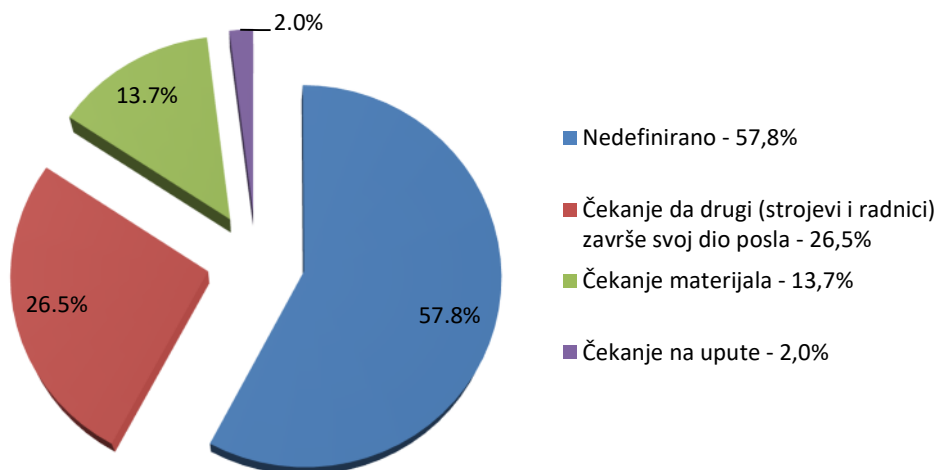


Slika 6.15 Udjeli načina gubljenja vremena utvrđeni pri 5-minutnom ocjenjivanju produktivnosti radnika

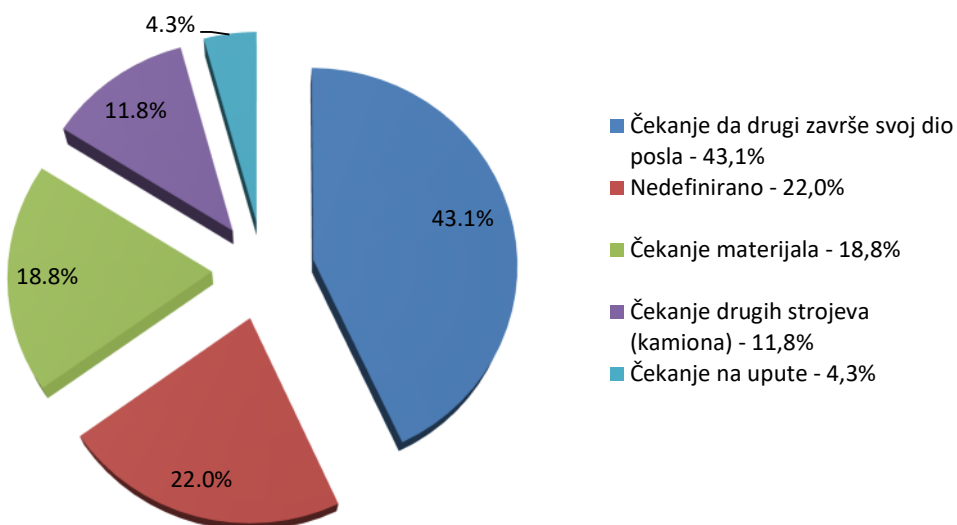


Slika 6.16 Udjeli načina gubljenja vremena utvrđeni pri 5-minutnom ocjenjivanju produktivnosti strojeva na gradilištu

Metoda 5-minutnog ocjenjivanja produktivnosti ne može sasvim točno utvrditi sve razloge gubljenja vremena, kao ni uzroke čekanja koja dovode do najvećeg udjela izgubljenog radnog vremena i kod radnika i kod strojeva. Na slikama 6.17 i 6.18. pokazano je kako su uz provedena opažanja evidentirani uzroci čekanja.



Slika 6.17 Udjeli uzroka čekanja kod gubljenja radnog vremena radnika utvrđeni pri 5-minutnom ocjenjivanju



Slika 6.18 Udjeli uzroka čekanja kod gubljenja radnog vremena strojeva na gradilištu utvrđeni pri 5-minutnom ocjenjivanju

Praćenjem rada radnika i strojeva na gradilištima te neformalnim razgovorima s upravom izvođača radova još je uočeno da općenito gubici radnog vremena i razina produktivnosti ovise o sljedećem:

- dinamici koju diktira tehnologija rada (kao u mehaniziranim procesima koji u nekim slučajevima tjeraju radnike na rad bez prekida, odnosno ne dozvoljavaju proizvoljne stanke - npr. kod pumpanja betona, strojnog žbukanja ili asfaltiranja finišerom)
- veličini i sastavu, odnosno usklađenosti radne grupe (zbog slabe usklađenosti pojedinačnih učinaka više radnika povezanih u radu kod nekih od njih dolazi do čekanja i gubljenja vremena)
- vremenu izvedbe radova (slabija produktivnost na početku i završetku rada zbog pripremnih radnji i uhodavanja na početku radne smjene i početku rada na novoj aktivnosti te umora i završnih spremanja na kraju rada);
- mjestu izvođenja radova (ima li dovoljno mjesta, je li rad na visini, koliko je mjesto rada udaljeno od skladišta i gdje se radnici provode stanku te je li rad u zatvorenom prostoru u kojem nema problema od nepovoljnih vanjskih utjecaja)
- razini internog nadzora radnika (jesu li radnici sami na gradilištu)
- mogu li radnici nakon obavljenog posla ići kući ili svakako moraju ostati do kraja radne smjene na gradilištu.

6.3 Terenska ispitivanja o izgubljenim radnim satima radnika

6.3.1 Prikupljanje podataka od poslovođa i građevinskih majstora

Uzorkovanje aktivnosti i 5-minutno ocjenjivanje produktivnosti ne idu dovoljno daleko da pouzdano otkriju vodeće uzroke gubljenja radnog vremena i slabe produktivnosti, pa su za proširenje baze podataka na temelju koje se donose zaključci provedena odgovarajuća ispitivanja stručnih osoba na gradilištu. U skladu s već istaknutim nastojanjem da se o gubicima vremena dobiju

informacije s „prve linije“ proizvodnje, gdje se gubljenje vremena i događa, provedena su terenska ispitivanja predradnika/poslovođa, tj. FDS-a i radnika građevinskih zanimanja, tj. CQ-a. Takvu kombinaciju ispitivanja radi nadopunjavanja podataka o gubljenju vremena preporučuju Tsehayae i Fayek (2012).

Tijekom proljeća i ljeta 2019. - 2022. godine prikupljeno je 161 FDS izvješća i 104 popunjena CQ upitnika o tjednim gubicima radnih sati radnika. S posljednjih 10 % prikupljenih obrazaca nisu pronalazeni novi načini gubljenja vremena i nije se bitnije mijenjao (manje od 1 %) ukupni prosječni udio evidentiranog udjela izgubljenog radnog vremena, što pokazuje da je postignuta zasićenost podacima [Nassri i sur., 2021].

Ispitivanje je obavljeno prema proceduri opisanoj u poglavlju 3.3.1, ali su zbog malog broja kvalitetnih poslovođa i brigadira na gradilištima u FDS-u prema istom obrascu uz poslovođe uključeni i pomoćnici voditelja građenja i voditelji građenja/radova. To je bilo na manjim građevinskim projektima, odnosno gdje je obim radova bio manji i gdje često poslovođa nije ni bilo na gradilištu.

Predradnici i poslovođe ispunili su 45,3 % FDS obrazaca, a ostalo voditelji radova i gradilišta i njihovi pomoćnici, što je bilo prihvatljivo zato što se sve radilo o manjim grupama radnika na gradilištu, u čije su odrađene sate tijekom smjene oni mogli imati dovoljno dobar uvid. Iako je tehnika FDS izvorno predviđena za dnevno izvještavanje o zastoјima i gubicima vremena, ovdje je obrađeno i 26 FDS izvješća (16,1 %) ispunjenih za izgubljene radne sate za cijeli radni tjedan.

Obrasci za CQ i FDS napravljeni su po uzoru na one koje kao tipične primjere daju Dozzi i AbouRuzk (1993), a pokazani su na slikama 6.19 i 6.20. Namjerno su izbjegnuta dodatna pitanja i čimbenici, koji bi mogli ispunjavanje učiniti kompliciranijim i tako neke odbiti od sudjelovanja. No zato je u svim obrascima za bilježenje načina gubljenja vremena bila mogućnost da se uz navedeno još dopiše i drugo što je u obuhvaćenom razdoblju uzrokovalo gubitak radnih sati. U FDS izvješćima za radni tjedan dopisan je broj radnih rada tjedno kako bi se znala ukupna satnica za koju se računa postotak izgubljenog vremena.

Podaci o ispunjatelju		
Zanimanje radnika :		
Poduzeće/obrt :		
Građevina koja se izvodi i lokacija :		
Vrsta radova na kojoj se radilo :		
Upisati X u odgovarajuću rubriku za DA ili NE i ispuniti rubrike s potrebnim podacima		
	DA	NE
Da li je materijal uvijek raspoloživ kada ga se treba?		
Koliko sati se po vašoj procjeni tjedno izgubi zato što materijal nije raspoloživ?	sati	
Da li su alati uvijek raspoloživi kada su potrebni?		
Koliko sati se po vašoj procjeni tjedno izgubi zbog toga što alat nije dostupan ili nije prihvatljiv za posao?	sati	
Da li su strojevi uvijek raspoloživi kada su potrebni?		
Koliko sati se po vašoj procjeni tjedno izgubi zbog toga što strojevi nisu dostupni za rad?	sati	
Da li je sva potrebna oprema za zaštitu na radu uvijek raspoloživa?		
Koliko sati se po vašoj procjeni tjedno izgubi zbog neraspoloživosti potrebne opreme za zaštitu na radu?	sati	
Da li dolazi do ponavljanja rada na već napravljenom poslu (popravci, naknadne prerade i sl.)?		
Koliko sati se po vašoj procjeni tjedno utroši na dodatni rad na prije napravljenom poslu do kojeg je došlo zbog nedostatka nadzora, uputa / informacija pri radu?	sati	
Koliko sati se po vašoj procjeni tjedno utroši na dodatni rad na prije napravljenom poslu do kojeg je došlo zbog greški ili promjena projekta?	sati	
Koliko sati se po vašoj procjeni tjedno utroši na dodatni rad na prije napravljenom poslu do kojeg je došlo zbog greški (neznanja, nemara i dr.) radnika?	sati	
Drugo što dovodi do gubljenja vremena - <i>dopišite što i koliko sati</i>		
	sati	
	sati	
	sati	
Datum ispunjavanja:	Broj sati tjedno:	Ukupno izgubljeno sati

Slika 6.19 Upitnik korišten za ispitivanje radnika o tjednim gubicima radnog vremena (prilagođeno prema [Dozzi i AbouRuzk, 1993])

Problem koji uzrokuje zastoj - gubljenje vremena	Izgubljeni sati radnika		
	Broj izgubljenih sati	Broj radnika	Ukupno radnik-sati
Ponavljanje rada (pogreške ili promjene projekta)			
Ponavljanje rada (pogreške pri ugradbi/montaži)			
Ponavljanje rada (zbog nedostatka nadzora, uputa/informac.)			
Čekanje na materijal sa skladišta			
Čekanje na materijal od dobavljača			
Čekanje alata			
Čekanje građevinske strojeva / opreme za rad			
Kvar strojeva			
Čekanje na informacije			
Čekanje na druge radne grupe			
Čekanje na pojedince - radnike iz radne grupe			
Neobjašnjivo ili nepotrebno kretanje/radnje			
Drugo:			
Ukupno radnika: _____ Radnih sati na dan: _____ Izgubljeno radnih sati (%): _____			
Komentari:			
Izradio:			
Datum:			

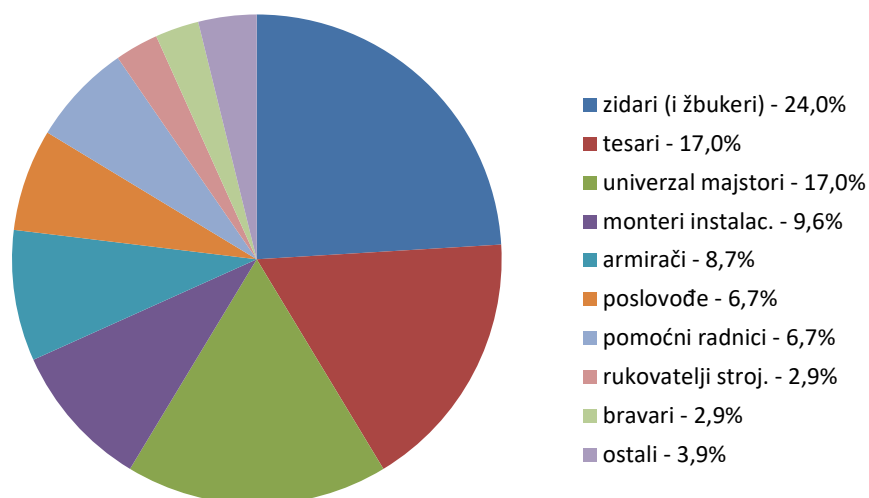
Slika 6.20 Obrazac korišten za bilježenje izgubljenog vremena od strane poslovođe ili odgovarajuće osobe iz uprave gradilišta (prema [Dozzi i AbouRuzk, 1993])

Podaci nisu bilježeni prema strogo definiranom vremenskom rasporedu, kontinuirano na jednom gradilištu, nego su prikupljeni na većem broju projekta, koliko je moguće više, a da su dani vjerodostojno. Ovim ispitivanjem obuhvaćeni su operativci kod 30 izvođača, na realizaciji 34 različita građevinska projekta (od toga je 3 samo montaža i demontaža skele). 90,1 % ispitanih s FDS i 92,2 % ispitanih s CQ su iz 25 izvođačkih tvrtki sa sjedištem na području pet slavonskih županija, a ostali su iz drugih krajeva Hrvatske.

Na 27 od obuhvaćenih projekata i kod 23 od izvođača kod kojih su ovako prikupljeni podaci provedeno je i 5-minutno ocjenjivanje produktivnosti, ali ne uvijek u istom razdoblju kada i FDS i CQ. 80,67 % ispitanih na ovaj način bili su zaposlenici kod izvođača čije je izvođenje radova praćeno 5-minutnim ocjenjivanjima, što je 82,8 % obuhvaćenih izvođača. Neki izvođači ispitani su FDS-om i CQ-om na drugim projektima nego onima na kojima je u njihovim

tvrtkama ocjenjivana produktivnost 5-minutnim opažanjem, a na nekim projektima na kojima je bilo 5-minutno opažanje FDS-om i CQ-om ispitani su izvođači koji nisu bili praćeni 5-minutnim opažanjem. (U 5-minutnom ocjenjivanju izvođač I 2 praćen je na drugim projektima, a na projektu P15 ocjenjivana je produktivnost izvođača I 14.)

Obrazac za CQ najviše su ispunjavali građevinski majstori različitih zanimanja i oni univerzalni, a u maloj mjeri i poslovođe i pomoćni radnici (kako je bilo i u istraživanju Rivas i sur. (2011) u Čileu). Sastav radnika koji su ispunili CQ prema vrstama njihovih zanimanja pokazan je na slici 6.21.



Slika 6.21 Zanimanja radnika (kako su se sami izjasnili na obrascima) obuhvaćenih CQ-om

Prema vrstama radova na kojima su ispitanici radili prilikom ispunjavanja FDS-a i CQ-a, zastupljenost je bila sljedeća:

- armirano-betonski radovi zajedno s radom s oplatama – 22,6 %,
- iskopi, postavljanje/montaža i zatrpavanje vanjskih vodovodnih i kanalizacijskih cjevovoda – 21,5 %
- zidarski radovi (sa žbukanjem) – 15,1 %
- postavljanje gips-kartonskih ploča – 7,5 %
- radovi na cestama i pločnicima – 5,7 %
- vanjsko popločavanje – 3,8 %

- demontaža i montaža stolarije – 3,0 %
- skelarski radovi – 1,9 %
- izrada krovišta – 1,5 %
- keramičarski radovi – 1,5 %
- ostali radovi (razni, mješoviti) – 15,9 %.

6.3.2 Obrađeni rezultati ispunjenih FDS i CQ obrazaca

S pomoću ove dvije tehnike terenskog ispitivanja, uz manje ujednačavanje pri obradi rezultata, na kraju su od svih ispitanih utvrđeni sljedeći uzroci, tj. čimbenici gubitaka radnog vremena:

1. čekanje na informacije/upute za rad (samo FDS-om)
2. ponavljanje prije napravljenog rada zbog nedostatka nadzora ili uputa/informacija
3. ponavljanje prije napravljenog rada zbog greški radnika (slabo znanje i nemar radnika),
4. ponavljanje prije napravljenog rada zbog greški ili promjena projekta
5. neraspoloživost materijala
6. neraspoloživost potrebnog, odgovarajućeg alata
7. neraspoloživost potrebnih strojeva i druge opreme za rad
8. loše stanje/kvar strojeva
9. neraspoloživost opreme za zaštitu na radu / nesiguran rad
10. čekanje na svoje radnike s kojima treba odraditi posao (samo FDS-om)
11. čekanje drugih da naprave svoj posao
12. nepotrebno kretanje/pokreti i radnje (samo FDS-om)
13. loši vremenski uvjeti (jaka kiša, velika vrućina)
14. ostalo (nepredviđeni uvjeti pod zemljom, nestanak struje, loša organizacija gradilišta, loše upravljanje, pušenje i dr.).

Zajedno s FDS-om i CQ-om, ukupno je evidentirano 5.866 izgubljenih radnih sati, što je 25,40 % radnog vremena za koje se ta izvješća odnose. FDS-om je na svim gradilištima evidentirano 1.722 izgubljenih radnih sati, a ostalo je na tjednoj bazi procijenjeno CQ-om. Gledano po radnom danu, u CQ obrascima evidentirano je oko 44 % izgubljenih radnih sati od onih evidentiranih u izvješćima FDS-a. U promatranim vremenskim razdobljima od svih ispitanih tehnikom FDS utvrđen je prosječni udio izgubljenog radnog vremena od 23,17 %, a svim CQ-om procijenjen je prosječni udio izgubljenog radnog vremena od 28,86 %.

U Prilogu 11. su u tablici detaljno prikazani rezultati ispitivanja FDS-om i CQ-om. Izračunati udio uzroka gubljenja radnog vremena po projektima i ukupno za sve projekte nije uzimao u obzir koliko je utvrđeno sati u pojedinim izvješćima FDS-a i CQ-a, nego samo postotak izgubljenog vremena. Evidentirani uzroci gubljenja vremena označeni su u toj tablici njihovim rednim brojevima na prethodno navedenom popisu. Projekti i izvođači koji nisu bili obuhvaćeni 5-minutnim ocjenjivanjem ovdje su se nastavili označavati novim oznakama, od P61 i I46 nadalje. U tablici su dani redoslijedom prema ukupnom broju ispitanih objema tehnikama ispitivanja, od ukupno više prema manje ispitanih.

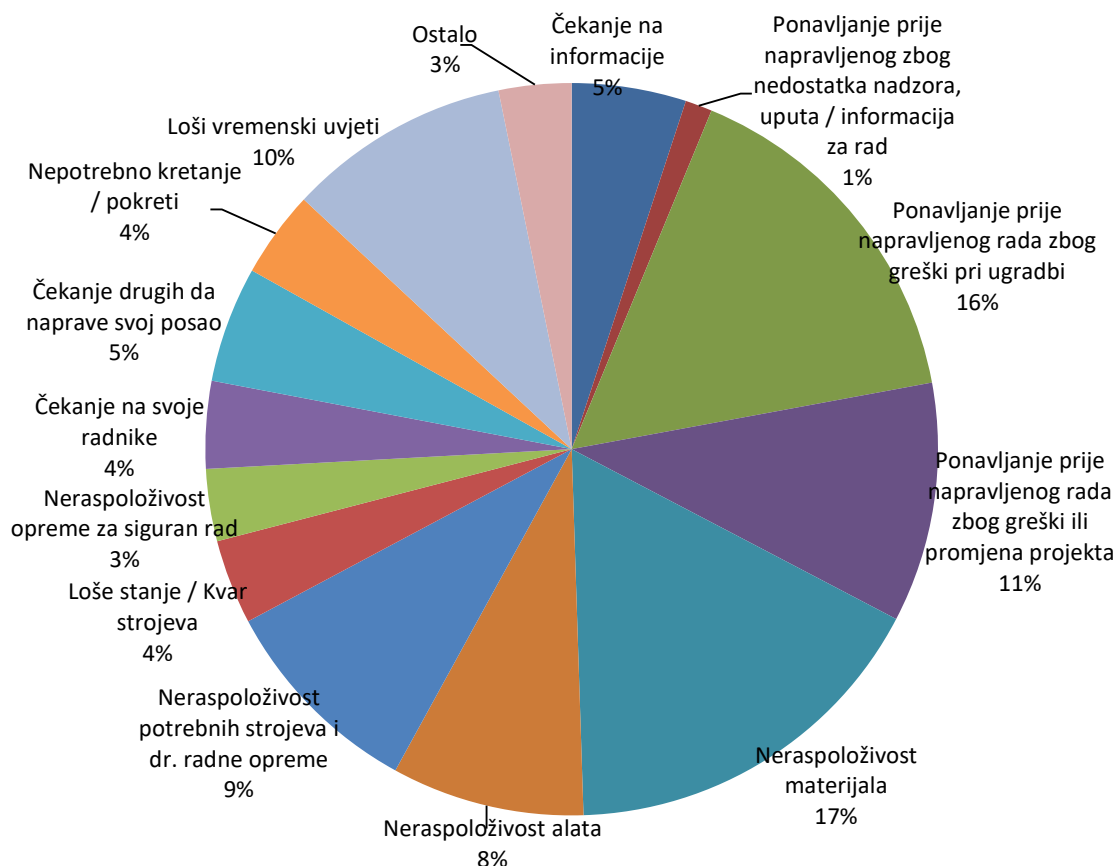
56 % ispitanih FDS-om i CQ-om u vrijeme ispitivanja radilo je na realizaciji projekata novogradnje i to su najviše bili projekti visokogradnje. Na ovaj način utvrđeni izgubljeni sati rada imaju vrlo sličan udio u radnom vremenu radnika, bez obzira na to jesu li radovi bili na novogradnji (25,50 % izgubljenog radnog vremena) ili na postojećim građevinama (25,26 % izgubljenog radnog vremena).

U tvrtkama sa sjedištem u slavonskim županijama FDS pokazuje 21,85 % prosječno izgubljenog radnog vremena, a prema CQ-u je to 21,39 %. Kod 5 izvođača koji imaju sjedište u drugim dijelovima Hrvatske FDS-om je utvrđen gubitak radnog vremena od 30,35 %, a CQ-om 44,92 % izgubljenog radnog vremena.

Najveći gubici utvrđeni na nekom od projekata bili su 48,15 % raspoloživog radnog vremena (utvrđeno FDS-om i u tom slučaju 31 % gubitaka bilo je zbog

kiše), a najmanje 9,29 %. Iz tablice u Prilogu 11. vidi se kako na blizu 82 % obuhvaćenih projekata ovo ispitivanje pokazuje da su bila tri dominantna uzroka gubljenja vremena. Oni su doveli do više od 50 % gubitaka vremena na svakom pojedinom projektu, ali nisu uvijek bili isti.

Prema svim rezultatima svih terenskih ispitivanja, udio uzroka gubljenja radnog vremena pokazan je na slici 6.22.



Slika 6.22 Udjeli FDS-om i CQ-om evidentiranih uzroka gubljenja vremena

Poredak uzroka gubljenja vremena prema učestalosti evidentiranoj u FDS i CQ obrascima u velikoj mjeri odgovara udjelima tih uzroka u izgubljenim satima rada. Poredano prema broju kojim su ih ispitanici FDS-om i CQ-om evidentirali na projektima na kojima su radili to su:

- neraspoloživost materijala - zabilježeno na 64,3 % obrazaca

- ponavljanje prije napravljenog rada zbog greški pri ugradbi - zabilježeno na 54,2 % obrazaca
- neraspoloživost potrebnog, odgovarajućeg alata - zabilježeno na 53,8 % obrazaca
- neraspoloživost potrebnih strojeva i druge radne opreme za rad - zabilježeno na 42,0 % obrazaca
- ponavljanje prije napravljenog rada zbog greški ili promjena projekta - zabilježeno na 34,5 % projekata
- čekanje na svoje radnike s kojima treba odraditi posao - zabilježeno na 28,2 % obrazaca
- čekanje drugih da naprave svoj posao - zabilježeno na 28,2 % obrazaca
- nepotrebno kretanje/pokreti - zabilježeno na 25,6 % obrazaca
- čekanje na informacije/upute za rad - zabilježeno na 24,4 % obrazaca
- loše stanje/kvar strojeva - zabilježeno na 19,8 % obrazaca
- neraspoloživost opreme za zaštitu na radu / nesiguran rad - zabilježeno na 16,8 % obrazaca
- loši vremenski uvjeti (jaka kiša, velika vrućina) - 13,9 %
- ostalo - zabilježeno na 12,2 % obrazaca
- ponavljanje prije napravljenog rada zbog nedostatka nadzora ili informacija/uputa za rad - zabilježeno na 5,5 % obrazaca.

7. TUMAČENJE I KOMPARATIVNA ANALIZA REZULTATA ISTRAŽIVANJA U HRVATSKOJ

7.1 Analiza utjecaja na produktivnost izvođača

7.1.1 Raspodjela utjecaja ispitivanih čimbenika

Rezultati ispitivanja utjecaja na produktivnost radnika i strojeva pokazuju (u tablicama u prilogima 4. i 7. i matricama na slikama 6.3 i 6.5) kako manji broj ocjenjivanih čimbenika utječe jako, najviše njih ima umjereni utjecaj, a nijedan nema vrlo veliki niti vrlo mali utjecaj na produktivnost. Pri tome većina čimbenika ima podjednaku učestalost. Zbog toga je utjecaj izražen indeksom ozbiljnosti prilično ravnomjerno raspoređen i kod ispitivanih čimbenika produktivnosti radnika i kod čimbenika produktivnosti strojeva na gradilištu. Kada se gleda kumulativni prirast po redoslijedu utvrđenog ranga čimbenika, jasno je da ovdje ne vrijedi Paretoovo pravilo, odnosno nema manje grupe čimbenika (oko 20 %) koji bi imali pretežiti udio (oko 80 %) utjecaja na produktivnost. To je izračunato u tablicama 7.1 i 7.2, gdje su čimbenici poredani prema značaju na temelju ocjena svih ispitivanja i uz to je zbrojen njihov pripadni udio u utjecaju (prema SI).

Tablica 7.1 Čimbenici koji utječu na produktivnost radnika s iskazanim kumulativnim udjelom utjecaja

Utjecajni čimbenik	RII	Rang prema RII	FI	Rang prema FI	SI	Kumulat. utjecaj
manjak motivacije kod zaposlenika	0,631	3.	0,493	4.	0,311	5,77%
vremenski uvjeti - vrućine	0,565	14.	0,544	2.	0,307	11,48%
loše osobine radnika	0,622	5.	0,467	5.	0,291	16,87%
vremenski uvjeti - kiša i/ili snijeg	0,654	2.	0,440	9	0,288	22,20%
manjak potrebnog materijala za građ.	0,668	1.	0,428	10.	0,286	27,51%
loši uvjeti na terenu (buka, prašina i sl.)	0,491	21.	0,546	1.	0,268	32,48%
manjak potrebnog alata/opreme	0,629	4.	0,415	12.	0,261	37,32%
vremenski uvjeti - niske temperature	0,547	15.	0,444	7.	0,243	41,82%
nedovoljno razrađen projekt za izvedbu	0,565	13.	0,423	11.	0,239	46,26%
problemi s podizvođačima	0,571	12.	0,406	13.	0,232	50,57%
razlika projektom predviđenih uvjeta od stvarnih	0,524	17.	0,441	8.	0,231	54,86%
investitorovo neplaćanje radova	0,615	6.	0,374	17.	0,230	59,12%
nedovoljna sposobnosti gradiliš. uprave	0,613	7.	0,372	19.	0,228	63,36%

prekovremeni rad	0,425	22.	0,532	3.	0,226	67,55%
slaba potpora gradilištu od uprave njihove tvrtke	0,579	8.	0,376	16.	0,218	71,60%
promjene nacrti i dr. elemenata projektne dokumentacije	0,489	20.	0,444	6.	0,217	75,63%
čekanje na dozvole	0,531	16.	0,403	14.	0,214	79,60%
nedostatak iskustva izvođača	0,578	9.	0,342	20.	0,198	83,27%
vremenski uvjeti - jak vjetar	0,491	19.	0,388	15.	0,191	86,81%
loš pristup lokacijama na gradilištu	0,511	18.	0,372	18.	0,190	90,34%
nedostatak potrebne struje ili vode	0,572	10.	0,301	21.	0,172	93,53%
nezgode (ozljede) na radu	0,571	11.	0,243	23.	0,139	96,11%
nedovoljno osvjetljenje	0,417	23.	0,296	22.	0,123	98,40%
rad u više smjena	0,356	24.	0,243	24.	0,086	100,00%

Izračunati udjeli i kumulativni utjecaj prema ocijenjenoj važnosti čimbenika pokazuje da njih 17 prvorangiranih odnosno 71 % daje blizu 80 % utjecaja na produktivnost radne snage. Kumulativnu veličinu utjecaja izračunao je Durdyev (2014) na temelju ocijenjene jačine utjecaja (s pomoću RII) 56 čimbenika produktivnosti radne snage u građevinarstvu Novog Zelanda i prema tom istraživanju 71,4 % čimbenika davalo je 80 % utjecaja. Iz brojnih drugih prikazanih rezultata ispitivanja utjecaja na produktivnost rada u građevinarstvu vidi se da bi se također dobila slična, ravnomjerna raspodjela utjecaja po čimbenicima produktivnosti, iako to tamo autori nisu posebno iskazali na ovaj način.

Tablica 7.2 Čimbenici koji utječu na produktivnost strojeva s iskazanim kumulativnim prirastom utjecaja

Utjecajni čimbenik	RII	Rang prema RII	FI	Rang prema FI	SI	Kumulat. utjecaj
stroj se u radu izmjenjuje na više poslova, tj. isprekidanost rada	0,683	6.	0,651	1.	0,445	4,03%
čekanje da se dovrše drugi radovi	0,696	2.	0,641	2.	0,446	8,05%
loši vremenski uvjeti	0,748	1.	0,584	10.	0,437	12,00%
čekanje na druge strojeve/vozila	0,677	9.	0,623	4.	0,422	15,81%
drugačiji uvjeti na terenu od prvobitno predviđenih	0,663	12.	0,622	5.	0,413	19,54%
nedostatak stručnih ljudi i alata za tekuće održavanje	0,694	4.	0,591	7.	0,410	23,25%
promjene na projektu tijekom realizacije	0,641	19.	0,638	3.	0,409	26,94%
loši uvjeti tla	0,662	13.	0,616	6.	0,407	30,62%
nedostatak informacija za rad	0,670	11.	0,591	7.	0,396	34,20%
loša organizacija radova	0,686	5.	0,553	15.	0,379	37,63%
otežani pristup/kretanje na mjestu rada	0,651	16.	0,580	11.	0,378	41,04%
složenost radnih zadataka	0,642	18.	0,587	9.	0,377	44,45%

slaba motivacija rukovatelja strojem	0,652	15.	0,577	12.	0,376	47,84%
česti kvarovi i njihovo sporo otklanjanje	0,695	3.	0,521	23.	0,362	51,12%
neodgovarajući vremenski plan	0,635	21.	0,569	13.	0,362	54,39%
loše korištenje radnog vremena	0,647	17.	0,554	14.	0,359	57,53%
nedostatak materijala s kojima se radi	0,679	8.	0,518	25.	0,352	60,81%
slabe vještine rukovatelja strojem	0,670	10.	0,521	23.	0,349	63,97%
loša kvaliteta stroja i starost	0,656	14.	0,522	22.	0,342	67,06%
često mijenjanje strojara koji rade na jednom stroju	0,616	22.	0,548	18.	0,337	70,11%
nepogodan gradilišni raspored	0,609	23.	0,553	15.	0,337	73,15%
nedostupnost zamjenskih dijelova	0,636	20.	0,513	26.	0,326	76,10%
dugo kretanje do mjesta rada / loši putevi na gradilištu	0,599	25.	0,526	21.	0,315	78,94%
nekomfornost kabine	0,557	29.	0,550	17.	0,307	81,72%
male količine radova koji se obavljaju strojno	0,580	26.	0,529	20.	0,307	84,49%
nedostatno nadziranje kvalitete radova i nedavanje potrebnih uputa	0,600	24.	0,508	28.	0,304	87,24%
nedostatak goriva / pogonske energije	0,680	7.	0,440	31.	0,299	89,94%
visina na kojoj se radi / podiže materijal	0,559	28.	0,533	19.	0,298	92,63%
(ne)pogodnost stroja za vrstu posla koji obavlja	0,579	27.	0,508	28.	0,294	95,28%
neredovito praćenje ostvarene količine rada	0,544	30.	0,513	27.	0,279	97,80%
komplikiranost stroja za upravljanje	0,519	31.	0,469	30.	0,243	100,00%

Izračunati udjeli i kumulativni utjecaj prema rangu čimbenika produktivnosti strojeva pokazuju da ni ovdje ne vrijedi Paretovo pravilo, nego tek prvih 24 čimbenika (77,42 %) ima preko 80 % utjecaja.

7.1.2 Analiza problema ocjenjivanja utjecaja

Osim zbog neozbiljnosti i nerazmišljanja, odnosno ispunjavanja upitnika tek da se nešto napiše, zapaženo je da kod anketnog ispitivanja do nekorektnog ocjenjivanja i većih odstupanja u ocjenama može dolaziti iz sljedećih razloga:

- nerazumijevanja pojma produktivnosti
- nerazlučivanja razlike učestalosti i jačine utjecaja čimbenika (slučajevi kada neki ispitanici ocjenjujući jačinu utjecaja vjerojatno već uzimaju u obzir i njihovu učestalost)
- slabog shvaćanja značenja pojedinih čimbenika
- loše sposobnosti gradacije ocjena u ponuđenom rasponu (npr. kada se svi čimbenici ocjenjuju izrazito visokim ili svi niskim ocjenama).

Johnson i LeBreton (2004) i Hickson i Ellis (2014) smatraju da problema kod vrednovanja u ispitivanju može biti zbog previše subjektivnog ili nerealnog ocjenjivanja veličine utjecaja, koje se događa relativno često kada ispitanici misle da ako nečemu ne daju veliku važnost, njihovo mišljenje neće biti uzeto dovoljno u obzir i neće doći do izražaja, pa onda stoga svako djelovanje čimbenika pretjerano ocjenjuju. Pregledom pojedinačnih ocjenjivanja nije zamijećeno da je taj problem bio izražen u ispitivanju u Hrvatskoj, već bi se prije, s obzirom na rezultate paralelno provedenih ispitivanja o uzrocima gubitaka radnog vremena, moglo govoriti općenito o podcjenjivanju, odnosno nesvjesnosti jačine, a pogotovo učestalosti nekih utjecaja. Zbog subjektivnosti ispitanika, poglavito radnika, do izraženijih razlika ocjena može dovesti:

- ograničenost uvida i shvaćanja produktivnosti izvedbe svih procesa i izvedbe cijelog projekta (majstori i pomoćni radnici uglavnom ocjenjuju isključivo s obzirom na svoju produktivnost ili učinak svoje radne grupe, odnosno prema radovima u kojima oni sudjeluju) i shodno tome slabo poznavanje utjecaja na produktivnost koji nisu povezani za vlastiti djelokrug posla (npr. radnici teško zapažaju utjecaje na produktivnost koji su u domeni poslova uprave gradilišta)
- dominantno uzimanje u obzir stanja na projektu na kojemu sada rade za ocjenjivanje jačine i učestalosti čimbenika, a ne cjelokupnog iskustva u svojoj građevinskoj praksi
- različito iskustvo u dosadašnjoj praksi, gdje su oni s malim stažem obično radili u samo jednoj tvrtki, na malom broju projekata i na sličnoj vrsti radova, pa nemaju širu sliku (slučajevi koje poznaju mogu odudarati od prosječnih negativnih utjecaja do kojih dolazi pri građenju)
- osobne psihičke i fizičke karakteristike (npr. kako na nekoga utječe vrućina/hladnoća, određeni motivatori i dr.)
- ocjenjivanje determinirano osobnim sklonostima i interesima (naglašavanje utjecaja više nego što realno jest onome što ispitaniku

ne odgovara ili umanjivanje negativnog značaja onoga što ispitaniku odgovara, pa izbjegavanje da se negativnim naglasi nešto što je povezano s vlastitim nedostacima na radu)

- bojazan od izražavanja svog mišljenja (iako je anketa tajna upitno je jesu li možda neki radnici izbjegavali ocijeniti upravljanje ili potporu uprave tvrtke kao učestalo loše).

S obzirom na navedene slučajeve do kojih može doći pri ocjenjivanju, važno je što je obuhvaćen dovoljno velik broj ispitanika različitih zanimanja i u različitim tvrtkama jer se tako minorizira utjecaj pojedinih nepravilno određenih ocjena te one postaju samo stršeće vrijednosti.

7.1.3 Usporedba rangiranja čimbenika od različitih grupa ispitanika

U tablicama 6.2 i 6.5 s pregledom rangiranja od grupa ispitanih radnika i od strane uprave gradilišta i izvođačkih tvrtki/obrta uočljive su sličnosti, ali i neke veće razlike u gledanju na veličinu i učestalost utjecaja na produktivnost radne snage i strojeva na gradilištima.

To potvrđuje spoznaje većine prethodnih istraživanja u inozemstvu, koja su uspoređivala ocjene radnika i uprave te drugih grupa ispitanika o utjecajima na produktivnost građenja, kako je opisano u poglavlju 5.4.1. Seresht i Fayek (2019) nalaze kako ispitanici koji se bave upravljanjem projektima imaju opću percepciju o problemima razvoja projekta, a majstori i drugi radnici na gradilištu više o izazovima na koje svakodnevno nailaze obavljajući svoje poslove. Za razumijevanje ocjena radnika treba imati u vidu da oni nisu tako dobro upoznati s negativnim utjecajima koji se ne tiču direktno njihovog djelokruga rada i oni uglavnom ne znaju sve što ometa upravu tvrtke izvođača i samog gradilišta u postizanju bolje produktivnosti radova na izvedbi projekta. Prema Chanu i Kaki (2003), radnici općenito više naglašavaju utjecaj onoga s čim su direktno u doticaju na poslu, kao sigurnosnih i socijalnih uvjeta te komunikacije unutar radne grupe, a uprava smatra važnijim komunikaciju na drugim, višim razinama i probleme dopreme i dostupnosti resursa. Kako su u

svojim istraživanjima zaključili Dai i sur. (2007) i Thomas i Sudhakumar (2014), građevinski majstori, a još više pomoćni radnici, ne služe se toliko sami nacrtima i planovima, nego ovise o svojim nadređenima u prenošenju informacija, pa onda utjecaj njihove nedostupnost i pogreški ocjenjuju niže od inženjera i uprave koji se njima učestalo bave.

Ovim ispitivanjem u Hrvatskoj utvrđeno je vrlo slično slaganje između ispitanika iz uprave projekta i uprave izvođača (ako se nadzorni inženjeri uvrste u upravu projekta), između uprave gradilišta i građevinskih radnika i između uprave projekta i građevinskih radnika kao u ispitivanju Thomasa i Sudhakumara (2014) u Indiji, samo što je u Hrvatskoj veličina Spearmanovog koeficijenta korelacije kod svih uspoređivanih grupa bila manja za 0,05 do 0,15.

Rezultati ispitivanja u Hrvatskoj pokazuju znatne razlike ocjena čimbenika od strane pojedinih ispitanika kod različitih izvođača, ali stavovi svih majstora, pomoćnih radnika i rukovatelja strojeva o značaju utjecaja čimbenika na produktivnost u velikoj su mjeri usuglašeni. Također, postoji vrlo dobro podudaranje mišljenja nadzornih inženjera i uprave gradilišta. Jedino nadzorni inženjeri puno više od svih ostalih grupa rangiraju važnost nedovoljne sposobnosti uprave gradilišta i slabe potpore uprave tvrtke njihovom gradilištu, a uprava izvođača puno više od svih ističe investitorovo neplaćanje radova na vrijeme. Za razliku od nalaza istraživanja Chana i Kakia (2003) u UK-u i Dai i sur. (2007) u SAD-u, u Hrvatskoj su utjecaj nedostatka materijala za građenje više rangirali nadzorni inženjeri i uprava izvođača, mada ga i radnici smatraju vrlo važnim (petorangiran), a rukovatelji strojeva najvažnijim od svih. Oni također više od svih grupa ispitanika smatraju važnim utjecaj nedostatka potrebnog alata/opreme na gradilištu. (Kod svih je među prvih deset, a rukovateljima strojeva je to drugorangiran utjecaj.) Sve grupe ispitanika veliku važnost pridaju nedostatku motivacije, osobinama radnika te kiši i/ili snijegu, a također sve grupe ispitanika potpuno se slažu da su najmanje važni utjecaji na produktivnost radnika slabo osvjetljenje i rad u više smjena (zato što se rijetko prakticira). Ipak, radnici, čija je motivacija posrijedi, smatraju je važnijom za produktivnost svog rada od drugih grupa ispitanika. Radnici puno više od drugih naglašavaju

značaj uvjeta rada, odnosno vremenskih prilika, naročito vrućine. S druge strane, radnici ne smatraju da loše osobine radnika toliko jako, a pogotovo ne toliko često utječu na produktivnost, dok su upravo one nadzornim inženjerima i upravi izvođača najznačajniji od svih čimbenika. Uz to, za razliku od nadzornih inženjera i uprave izvođača (među ispitanim pretežito je uprava na gradilištu), radnici ne uviđaju toliku važnost problema s podizvođačima i slabe potpore gradilištu od uprave tvrtke. Također, sve grupe radnika puno više vrednuju utjecaj nedovoljne razrađenosti projekta za izvedbu nego promjene projektne dokumentacije.

Iz svega toga razvidno je kako zapravo i radnici i uprava pretežito smatraju manje važnim negativne utjecaje na produktivnost koji proizlaze iz njihovih loših strana na poslu, a nadzorni inženjeri utjecaj koji dolazi zbog neispunjavanja obveza investitora, odnosno da općenito svi umanjuju svoju odgovornost za negativne utjecaje na produktivnost ili odgovornost onih za koju rade. S obzirom na prirodu gubitaka vremena na koju pojedini čimbenici utječu, jasno je da nadzorni inženjeri i uprava tvrtke teže uočavaju važnost onih koji dovode do kraćih zastoja u radu i izvođenja radova s manjim učinkom od planiranog, tj. prosječnog (npr. vrućine i slabe motivacije).

Iako Spearmanov koeficijent pokazuje dobru usklađenost rangova utjecaja kod ispitivanja zaposlenih na različitim radnim mjestima, i ovo ispitivanje potvrđuje da uprava gradilišta i izvođača, a pogotovo nadzorni inženjeri, nisu svjesni svih problema i podcjenjuju važnost nekih čimbenika koji utječu na gubljenje radnog vremena i produktivnosti radnika, kao i gubljenje produktivnosti strojeva na gradilištu.

Ispitivanje je pokazalo da je u Hrvatskoj visoka suglasnost u rangiranju čimbenika produktivnosti strojeva od strane rukovatelja strojeva i uprave gradilišta zajedno s upravom građevinskih tvrtki te vlasnicima obrta, dok je između nadzornih inženjera i rukovatelja strojeva prema Spearmanovom koeficijentu usuglašenost za oko trećinu slabija. Sve grupe ispitanika slažu se o velikoj važnosti promjena na projektu tijekom izvedbe (nadzorni inženjeri to ističu znatno više od rukovatelja strojevima), loših uvjeta tla (za strojeve koji rade

sa zemljom ili im treba pripremiti podlogu), izmjenjivanju stroja na više poslova, tj. isprekidanosti radova koje obavlja (nadzorni inženjeri manje od ostalih, a uprava izvođača najviše) te čekanja da se završe drugi radovi i čekanja strojeva/vozila, dok kompliciranost stroja za upravljanje svi smatraju najmanje važnom. Nadzorni inženjeri ističu najveću važnost loše organizacije radova i neodgovarajućeg vremenskog plana / rada bez plana (1. i 3. rang), što kod ostalih grupa ispitanika nije ni među prvih deset čimbenika prema važnosti. Suprotno tome, nadzorni inženjeri lošim vremenskim uvjetima ne pridaju veći značaj, a prema rukovateljima strojeva upravo je njihov utjecaj prvorangiran. Dugo kretanje do mjesta rada i loše puteve na gradilištu rukovatelji strojeva smatraju srednje značajnim čimbenikom, upravo to vrednuje po jačini utjecaja i po učestalosti slabije od njih, a nadzorni inženjeri još manje to uočavaju kao loš utjecaj. Velika je razlika i u ocjeni važnosti komfornosti kabine za produktivnost strojeva, koja je prema rukovateljima srednje značajan čimbenik, a ostali ga smatraju zanemarivim. S tim u svezi nameće se pitanje koliko netko iz uprave tvrtke ima pojma o tome što konkretno i koliko u kabini ometa u radu rukovatelje stroja.

Stoga rezultati provedenog ispitivanja i za utjecaje na produktivnost radnika i za utjecaje na produktivnost strojeva dokazuju opravdanost uključivanja radnika u operativi u ispitivanje, jer se tako u ukupne ocjene uključuje i iskustvo onih pri čijem radu dolazi do gubljenja vremena.

Sve grupe ispitanih s obzirom na iskustvo s različitim strojevima, odnosno strojevima za različite vrste radova, suglasne su da su među deset prvorangiranih čimbenika promjene na projektu tijekom realizacije, čekanje da se naprave drugi radovi te čekanje na strojeve / transportna vozila s kojima je povezan proces rada i nedostatak stručnih ljudi i potrebnog alata za tekuće održavanje. Loši uvjeti tla (za strojeve za zemljane radove i strojeve za koje treba pripremiti podlogu) svima su među prvih deset čimbenika po važnosti, osim onima koji se općenito bave sa svim strojevima, koji su ih rangirali kao dvanaeste. Za razliku od ostalih, oni koji se bavi transportnim vozilima u građevinarstvu među deset najvažnijih utjecaja uvrstili su nepogodan gradilišni

raspored, slabu motiviranost rukovatelja strojem i često mijenjanje strojara koji rade na jednom stroju. Samo ispitanici koje se bave strojevima za zemljane radove i strojevima za beton i mort među deset su prvorangiranih čimbenika uvrstili i otežani pristup/kretanje na mjestu rada (kao 9., odnosno 8. rang), a oni koji se bave strojevima za beton i mort jedini su visoko rangirali (6. rang) važnost lošeg korištenja radnog vremena. Onima koji rade dizalicama visina na kojoj se radi je petorangirani čimbenik, dok je ostalima to puno manje važno (za one koji rade strojevima za beton i mort je to 16. čimbenik, a onima koji se bave zemljanim radovima i transportnim vozilima tek 30.).

To pokazuje kako veličina i učestalost utjecaja pojedinih čimbenika produktivnosti strojeva nesumnjivo u određenoj mjeri ovise o vrsti izvođenih radova, a s tim i korištenih strojeva.

Budući da je poslovođa, majstora i pomoćnih radnika bilo blizu 71 % među ispitanima o utjecaju na produktivnost radne snage izvođača, a blizu 55 % ispitanih o utjecajima na produktivnost strojeva su njihovi rukovatelji, kod načina određivanja ukupnog značaja, odnosno ozbiljnosti čimbenika (u prilogima 4. i 7. i tablicama 6.2 i 6.5) preteže njihovo gledište. Kako bi se zanemario utjecaj broja ispitanih u pojedinim grupama definiranim prema njihovom radnom mjestu, a s obzirom na to da je u svim grupama bio dovoljan broj ispitanika za statistički uzorak, RII i FI izračunati su kao aritmetičke sredine veličina (SV) tih koeficijenata od svih pojedinih grupa ispitanika:

$$SV = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Srednja veličina koeficijenta grupe}}{N_{GR}}, \quad (7.1)$$

gdje je:

N_{GR} – broj grupa u koje su ispitanici podijeljeni prema radnom mjestu (5 kod ispitivanja utjecaja na produktivnost radne snage i 3 kod ispitivanja utjecaja na produktivnost strojeva).

U tablicama 7.3 i 7.4 dane su tako izračunate srednje veličine RII i FI te SI kao njihov umnožak i prema tome je određen rang čimbenika u zadnjem stupcu. Usporedno s tim u prvom stupcu upisan je prije određen rang prema indeksima

dobivenim uzimanjem ukupne ocjene svih ispitanika (iz tablica 6.2 i 6.5) i tako su poredani čimbenici. Prvih deset čimbenika prema obama načinima određivanja ranga značaja naglašeno je podebljavanjem.

Tablica 7.3 Usporedba rangiranja prema ocjenama svih ispitanih i prema srednjoj ocjeni grupa ispitanika o utjecajima na produktivnost radnika

Rang svih ispitanih	Utjecajni čimbenik	Prema sred. ocjeni grupa ispitanih			
		RII	FI	SI	Rang
1.	manjak motivacije kod zaposlenika	0,629	0,518	0,326	2.
2.	vremenski uvjeti - vrućine	0,557	0,537	0,300	5.
3.	loše osobine radnika	0,637	0,506	0,322	3.
4.	vremenski uvjeti - kiša i/ili snijeg	0,660	0,478	0,316	4.
5.	manjak potrebnog materijala za građenje	0,687	0,477	0,328	1.
6.	loši uvjeti na terenu (buka, prašina i sl.)	0,477	0,535	0,256	8.
7.	manjak potrebnog alata/opreme	0,640	0,457	0,294	6.
8.	vremenski uvjeti - niske temperature	0,540	0,458	0,247	13.
9.	nedovoljno razrađen projekt za izvedbu	0,574	0,441	0,253	10.
10.	problemi s podizvođačima	0,572	0,441	0,252	11.
11.	razlika predviđenih uvjeta od stvarnih	0,529	0,451	0,239	14.
12.	investitorovo neplaćanje radova	0,622	0,408	0,254	9.
13.	nedovoljna sposobnosti gradilišne uprave	0,628	0,414	0,260	7.
14.	prekovremeni rad	0,426	0,529	0,226	15.
15.	slaba potpora gradilištu od uprave tvrtke	0,597	0,415	0,248	12.
16.	promjene nacrti i drugih elemenata projekta	0,499	0,444	0,222	17.
17.	čekanje na dozvole	0,516	0,405	0,209	18.
18.	nedostatak iskustva izvođača za radove	0,591	0,378	0,223	16.
19.	loš pristup lokacijama na gradilištu	0,514	0,391	0,201	19.
20.	vremenski uvjeti - jak vjetar	0,479	0,395	0,189	21.
21.	nedostatak potrebne struje ili vode	0,573	0,340	0,195	20.
22.	nezgode (ozlijeđe) na radu	0,572	0,288	0,165	22.
23.	nedovoljno osvjetljenje	0,426	0,307	0,131	23.
24.	rad u više smjena	0,369	0,264	0,098	24.

Tablica 7.4 Usporedba rangiranja prema ocjenama svih ispitanih i prema srednjoj ocjeni grupa ispitanika o utjecajima na produktivnost strojeva

Rang svih ispitanih	Utjecajni čimbenik	Prema sred. ocjeni grupa ispitanih			
		RII	FI	SI	Rang
1.	čekanje da se dovrše drugi radovi	0,673	0,658	0,443	2.
2.	stroj se u radu izmjenjuje na više poslova, tj. isprekidanost poslova	0,711	0,641	0,455	1.
3.	loši vremenski uvjeti	0,742	0,559	0,414	7.
4.	čekanje na druge strojeve/vozila	0,688	0,636	0,438	3.
5.	drugačiji uvjeti na terenu od predviđenih	0,663	0,610	0,405	8.
6.	nedostatak stručnih ljudi i alata za tekuće održavanje	0,679	0,596	0,405	9.
7.	promjene na projektu tijekom realizacije	0,669	0,653	0,437	4.
8.	loši uvjeti tla	0,675	0,631	0,426	5.

9.	nedostatak informacija za rad	0,669	0,591	0,395	11.
10.	loša organizacija radova	0,703	0,594	0,418	6.
11.	otežani pristup/kretanje na mjestu rada	0,630	0,563	0,354	19.
12.	složenost radnih zadataka	0,632	0,592	0,374	13.
13.	slaba motivacija rukovatelja strojem	0,653	0,579	0,378	12.
14.	česti kvarovi i njihovo sporo otklanjanje	0,713	0,524	0,374	14.
15.	neodgovarajući vremenski plan	0,647	0,616	0,399	10.
16.	loše korištenje radnog vremena	0,649	0,564	0,366	16.
17.	nedostatak materijala s kojima se radi	0,690	0,527	0,363	17.
18.	slabe vještine rukovatelja strojem	0,687	0,535	0,368	15.
19.	loša kvaliteta stroja i starost	0,657	0,536	0,352	20.
20.	često mijenjanje strojara koji rade na jednom stroju	0,573	0,548	0,314	24.
21.	nepogodan gradilišni raspored	0,619	0,572	0,354	18.
22.	nedostupnost zamjenskih dijelova odgovarajuće kvalitete	0,654	0,516	0,334	21.
23.	dugo kretanje do mjesta rada / loši putevi na gradilištu	0,578	0,512	0,296	28.
24.	nekomfortnost kabine	0,531	0,531	0,282	30.
25.	male količine radova koji se obavljaju strojno	0,574	0,536	0,307	26.
26.	nedostatno nadziranje kvalitete radova i nedavanje potrebnih uputa	0,612	0,538	0,329	22.
27.	nedostatak goriva / pogonske energije	0,707	0,439	0,311	25.
28.	visina na kojoj se radi / podiže materijal	0,578	0,529	0,306	27.
29.	(ne)pogodnost stroja za vrstu posla koji obavlja	0,601	0,529	0,318	23.
30.	neredovito praćenje ostvarene količine rada	0,519	0,559	0,290	29.
31.	komplikiranost stroja za upravljanje	0,490	0,438	0,215	31.

Ovakvo sagledavanje pruža manji utjecaj subjektivnosti većeg udjela ispitanih radnika i rukovatelja strojeva među ispitanima na značaj pojedinih čimbenika, odnosno rangiranje je manje podložno njihovom slabijem uvidu u produktivnost i poslovanje cijelog gradilišta. No, ovim načinom određivanja ranga promijenila su se samo dva među prvih deset najznačajnijih čimbenika produktivnosti radne snage i samo jedan koji utječe na produktivnost strojeva. Kod utjecaja na radnu snagu prema ocjenama svih ispitanika zajedno, prvorangirana je motivacija, dok je prema srednjoj ocjeni svih grupa ispitanika motivacija druga po značaju, a prvorangiran je utjecaj nedostatka materijala potrebnog za građenje. Kod utjecaja na produktivnost strojeva i s ovakvim određivanjem poretka važnosti dva su prvorangirana čimbenika ista. Spearmanov koeficijent korelacije rangova određenih na ova dva načina je i za utjecaje na produktivnost radne snage i za utjecaje na produktivnost strojeva na gradilištu 0,94. Tako visoka vrijednost Spearmanovog koeficijenta dokazuju da veći broj

ispitanih radnika u operativi u odnosu na ispitane iz uprave i nadzorne inženjere ne iskrivljuje bitno pogled na važnost razmatranih čimbenika produktivnosti.

7.1.4 Usporedba značaja čimbenika s rezultatima prethodnih ispitivanja i razlike utjecaja prema lokaciji izvođenja radova

U prijašnjim istraživanjima utjecaja na produktivnost radnika u hrvatskom građevinarstvu nekoliko je najvažnijih utjecajnih čimbenika utvrđeno kao i ovim ispitivanjem. Sredinom 80-ih godina 20. st., u drugom društvenom uređenju, najnegativnije djelovanje bilo je u svezi osobina radnika (prije svega nedovoljne obučenosti, a nešto manje konzumiranja alkohola na gradilištu, te pušenja i odmaranja u nepredviđeno vrijeme). Uzimajući u obzir da su u isto vrijeme naši radnici na gradilištima u Njemačkoj imali puno bolju produktivnost [Oštarijaš, 1986.], može se zaključiti kako je problem bio u njihovoj motivaciji i kontroli. To očito ni do danas nije sasvim uspješno riješeno i ovo je istraživanje upravo čimbenik nedostatka motivacije utvrdilo kao najvažniji. Ispitivanje Nahode i Knezovića (2017) utvrdilo je prvorangiranim i trećerangiranim čimbenike u svezi plaće (redovitost i veličina), koja je građevinskim radnicima, s obzirom na njihov socijalni status, jedan od najvažnijih motivatora. (Isti čimbenici bili su isto rangirani prema istraživanju Kazaz i Ulubeyli (2007) u Turskoj, a prema Tammy i sur. (2020) u Maleziji utjecaj plaće na produktivnost je trećerangiran.) Prema istraživanju Nahode i Knezovića, zadovoljstvo poslom bilo je u Hrvatskoj drugorangirano među ekonomskim i sociopsihološkim čimbenicima produktivnosti, dok je u Turskoj isto tek srednje važno.

Spearmanov koeficijent pokazuje da prema ovom ispitivanju postoji umjerena podudarnost rangova utjecaja u slavonskim županijama i ostalom dijelu Hrvatske, što znači da su rezultati primjenjivi za šire područje od onog iz kojeg je bilo najviše ispitnika. Ipak, zbog donekle drugačijeg okruženja, poglavito klimatskih uvjeta, važnost nekih utjecajnih čimbenika može se značajnije razlikovati u primorskim i kontinentalnim dijelovima Hrvatske. Kod utjecaja na produktivnost radnika, najizraženija je razlika u ocjeni utjecaja vjetera i neplaćanja izvedenih radova. Vjetar je puno značajniji u drugim dijelovima

Hrvatske (pogotovo je tako ocijenjen od ispitanika zaposlenih kod izvođača u primorskim krajevima), a neplaćanje radova u slavonskim županijama. Od utjecaja na produktivnost strojeva, u odnosu na druge dijelove Hrvatske, u Slavoniji su puno značajnijim ocijenjeni česti kvarovi i njihovo sporo otklanjanje, dok su za ispitanike iz drugih dijelova Hrvatske puno važniji utjecaj visine na kojoj se radi, neodgovarajući vremenski plan ili rad bez plana, nepogodan gradilišni raspored i dugo kretanje do mjesta rada / loši putevi na gradilištu. Različita ocijenjenost nekih čimbenika zacijelo proizlazi iz karakteristika gradilišta i izvođenih projekata.

Glede ovih razlika, treba imati u vidu kako se veličina danih ocjena utjecaja trebala odnositi na cjelokupno dosadašnje iskustvo ispitanika, a da oni nisu uvijek iz mjesta u kojem je sjedište tvrtke u kojoj su zaposleni i mogli su promijeniti više tvrtki do sada, kao i da tvrtke uglavnom nisu ograničene samo na djelovanje u mjestu gdje im je sjedište, nego izvode radove na gradilištima u različitim dijelovima Hrvatske. Dakle, iskustvo ispitanika na temelju kojeg donose ocjene ne mora zavisiti od sjedišta njihove sadašnje tvrtke, nego se može pretpostaviti da je obično šire.

Utvrđena važnost čimbenika produktivnosti više se razlikuje na području različitih država i kontinenata, mada su i tu često uočljive sličnosti u nekim od najvažnijih utjecaja, što se vidi u pregledima danim u tablicama 5.8 i 5.9. No, razlike u rangiranju važnosti čimbenika za produktivnost kod različitih istraživanja uvelike ovise i o tome kako su autori definirali popis ocjenjivanih čimbenika.

U tablici 7.5 uspoređeno je prvih 16 čimbenika po važnosti u Hrvatskoj s poretkom dobivenim na temelju pregleda istraživanja čimbenika produktivnosti rada od 2011. do 2021. godine u 36 država s pet kontinenata pokazanom u tablici 5.9. Pregledana prethodna istraživanja najčešće su rangirala utjecajne čimbenike samo prema jednom parametru važnosti, najčešće RII ili srednjoj ocjeni ili zbroju bodova, ali nije poznato koliko su pri ocjenjivanju važnosti ispitanici uzimali u obzir samo jačinu ili učestalost utjecaja. Zato su u tablici za usporedbu navedeni i RII i SI koje su imali uspoređivani čimbenici prema ispitivanju u Hrvatskoj.

Tablica 7.5 Usporedba ranga važnosti čimbenika produktivnosti radne snage prema ispitivanju u Hrvatskoj s rangom utvrđenim ispitivanjima u inozemstvu

Utjecajni čimbenik	Rang važnosti u HR		Rang važnosti prema inozemnim ispitivanjima
	prema RII	prema SI	
manjak motivacije kod zaposlenika	3.	1.	6. (nedostatak odgovarajućih podsticaja, što je usko povezano i sa sposobnostima gradilišne uprave i potporom uprave tvrtke)
vremenski uvjeti - kiša i/ili snijeg - vrućine - niske temperature - jak vjetar	2. 14. 15. 19.	4. 2. 8. 19.	16. (za sve klimatske uvjete, tj. utjecaje)
loše osobine radnika	5.	3.	1. (za osposobljenost i iskustvo) - povezano i s izostancima koji su rang 20. i s nedisciplinom i umorom radnika koji su 21. rang
nedostatak potrebnog materijala za građenje	1.	5.	2.
loši uvjeti na terenu (buka, prašina i sl.)	21.	6.	14. (svi uvjeti na terenu – buka, prašina, zajedno s pristupom i osvjetljenjem)
nedostatak potrebnog alata/opreme	4.	7.	5.
nedovoljno razrađen projekt za izvedbu	13.	9.	9. (nejasnoće i nedostaci, uključujući greške projekta)
problemi s podizvođačima	12.	10.	-
razlika projektom predviđenih uvjeta od stvarnih	17.	11.	- (obuhvaćeno nedostacima projektne dokument, što je rang 9.)
investitorovo neplaćanje radova na vrijeme	6.	12.	4.
nedovoljna sposobnosti gradilišne uprave	7.	13.	3. (samo za nadzor radova) 7. (općenito) 8. (planiranje i praćenje) 14. (koordinacija) 17. (adekvatnost metode građenja) 23. (problemi s komunikacijom sudionika projekta)
prekovremeni rad	22.	14.	13.
slaba potpora gradilištu od uprave njihove tvrtke	8.	15.	- s tim može biti povezan nedostatak programa motivacije (rang 6.), loše planiranje (rang 8.) i koordinacija (rang 14.)
promjene nacrti i drugih elemenata projekne dokumentacije	20.	16.	10. (promjene zbog greški u projektu i želja investitora)
čekanje na dozvole	16.	17.	-
nedostatak iskustva izvođača	9.	18.	- obuhvaćeno u općoj sposobnosti uprave izvođača, što je rang 7.
loš pristup lokacijama na gradilištu	18.	20.	- obuhvaćeno svim uvjetima na terenu, što je rang 14.
manjak potrebne struje ili vode	10.	21.	24.
nezgode na radu tijekom gradnje	11.	22.	11. (slaba zaštita na radu i ozljede)
nedovoljno osvjetljenje	23.	23.	- obuhvaćeno svim uvjetima na terenu, što je rang 14.
rad u više smjena	24.	24.	- najbliže povezano sa „stiskanjem roka“, što je rang 13.

Prema sintezi rezultata 70 inozemnih studija o čimbenicima produktivnosti rada, sveukupno su najznačajnije vještine i iskustvo raspoloživih radnika. U 19,7 % pregledanih ispitivanja bile su ocijenjene kao najvažniji utjecaj, a u 43,7 % među prva tri provorangirana. Istraživanja Hornera i Witeheada (1986) u UK-u, Tammya i sur. (2019) u Maleziji, Jaina i sur. (2020) u Indiji i Vidakovića i sur. (2020) u regiji Slavonija i Baranja utvrdila su da je iskustvo radnika osobina koja najviše utječe na produktivnost. U Hrvatskoj su loše osobine radnike petorangirani čimbenik po jačini utjecaja, a kada se uzme u obzir učestalost utjecaja, onda su treće po važnosti. Ispitivanje Vidakovića i sur. (2020) pokazalo je da su uz iskustvo, za produktivnost građevinskih radnika vrlo važni spretnost, fizička snaga i moral. I u Slavoniji i Baranji i u istraživanjima Hornera i Witeheada i Tammya i sur. pokazalo se da školska obuka radnika ima najmanji utjecaj na njihovu produktivnost.

Značaj nedostatka materijala za građenje, kao i nedostatka alata i druge opreme potrebne za rad, te investitorovo neplaćanje radova na vrijeme vrlo slično, visoko je rangirano i prema ispitivanjima u inozemstvu (2., 5. i 4. rang) i prema jačini utjecaja u Hrvatskoj (1., 4. i 5. rang važnosti s obzirom na jačinu utjecaja). No, uzimanjem u obzir učestalosti njihovog događanja u hrvatskom građevinarstvu, snižava im se mjesto u poretku značaja svih čimbenika (5., 7. i 12.).

Nedostatak programa poticanja zaposlenika - financijski (plaća) i drugi vidovi motivacije prema sintezi rezultata prethodnih istraživanja šesti su čimbenik po važnosti utjecaja. U Hrvatskoj je manjak motivacije radnika trećerangirani čimbenik po tome koliko jako može utjecati na produktivnost, a kada se uzme u obzir i učestalost, najvažniji je čimbenik. Kao u Hrvatskoj, da je najznačajniji utjecaj na produktivnost radne snage u svezi njihove motivacije utvrđeno je u 7,0 % pregledanih inozemnih istraživanja objavljenih nakon 2010. godine (Kazaz i Acikara (2015) u Turskoj, Nasiru i sur. (2015) u Nigeriji, Trivedi i Pandey (2016) u Indiji, Malara i sur. (2019) u Poljskoj i Akbar i sur. (2021) u Gani). Indikativno je da je od istraživanja u inozemstvu, koja su najviše rangirala čimbenike motivacije,

60 % ispitivalo samo radnike ili većinom radnike. Utjecaji plaće i općenito motivacije drugorangirani su u 8,5 % pregledanih istraživanja (Tahir i sur. (2014) u Pakistanu, Chigara i Moyo (2014) u Zimbabveu, Halwatura (2015) u Šri Lanki, Jalal i Shahab (2019) u Iranu i Jatinkumar i Patel (2020) u Indiji i Sandeep i Mukesh (2017) u Indiji), a ukupno u 31 % istraživanja su među trima prvorangiranim čimbenicima.

Ispitivanje u Hrvatskoj je neke loše vremenske uvjete vrlo visoko rangiralo. Prema jačini utjecaja na produktivnost, drugorangirana je kiša i/ili snijeg (uzimajući u obzir učestalost, ukupno je četvrtorangirana), a prema ukupnom značaju, tj. ozbiljnosti, drugorangirana je vrućina. (Jačina utjecaja vrućine je ispodprosječna, ali učestalost je velika – skoro kao i loši uvjeti rada na terenu.) Klimatski utjecaji općenito u inozemstvu su ocijenjeni tek kao šesnaestorangirani i samo u jednom istraživanju iz napravljenog pregleda su prvorangirani i u jednom drugorangirani. Razlog tome, također, vjerojatno je u sastavu ispitanika, jer su utjecaj vrućine u Hrvatskoj kao najznačajniji rangirali poslovođe, majstori i pomoćni radnici, dok je prema upravi izvođača i nadzornim inženjerima 8. i 13. u poretku važnosti. Utjecaj temperature, vlage u zraku i drugih vremenskih uvjeta (različitih na različitim područjima) i zasebno su vrlo često istraživani u studijama koje su se bavile s produktivnosti u građevinarstvu. Međutim, prije više od 40 godina Kusterer (1980) navodi podatak kako ispitanici poznavatelji građevinske djelatnosti vjeruju da vremenske prilike nisu tako važan čimbenik kao što je nekada bilo ili kako neki analitičari izvan građevinarstva još uvijek vjeruju da jest.

Ostali čimbenici iz pregleda još se više razlikuju po važnosti za produktivnost u Hrvatskoj i u inozemstvu. Uz drugačije klimatske uvjete, stupanj gospodarske razvijenosti, političku i socijalnu situaciju i pravnu regulativu na ispitivanom području, razlog veće razlike ocjena ovih čimbenika opet može biti i zastupljenost građevinskih radnika među ispitanicima. Kako je već naglašeno, u svim istraživanjima u inozemstvu u prosjeku ih je bilo puno manje u odnosu na ovo istraživanje u Hrvatskoj. U pregledanim inozemnim istraživanjima, na temelju kojih je definiran ukupni poredak utjecajnih čimbenika u tablici 5.9,

pretežito su ispitivani uprava izvođača, stručne osobe od strane investitora, konzaltingi, a u nekim slučajevima i projektanti, pa i osobe iz javnih službi i s fakulteta, odnosno tip ispitanika bliži dvjema grupama ispitanika u Hrvatskoj (nadzorni inženjeri i uprava gradilišta i izvođačkih tvrtki) koje su motivaciju rangirali kao petu po značaju, a sve loše vremenske uvjete, osim kiše i snijega (njihov utjecaj su ocijenili slično kao i radnici), znatno slabije od radnika.

Iz pregleda ispitivanja u državama EU danog u tablici 5.10 vidi se da među najviše rangiranim čimbenicima produktivnosti isto prevladavaju oni u svezi osobina radnika (obučenost i iskustvo te fizičko stanje), raspoloživosti materijala i alata, motivacije radnika (plaća, program poticanja), projektne dokumentacije (jasnoća i promjene) te općenito organizacije gradilišta. Za razliku od Hrvatske, tamo se utjecaji vremenskih uvjeta ne smatraju toliko značajnim. To je djelomično i zato što su utjecaji različitih vremenskih uvjeta sasvim izostavljeni u nekim ispitivanjima (Horner i sur., 1989. i Valverde-Gascueña i sur., 2011.). Manja važnost tog čimbenika može biti i zbog povoljnijih klimatskih uvjeta u nekim zemljama (manje vrućine, koja u Hrvatskoj najčešće smeta radnicima u postizanju veće produktivnosti) te boljih mjera zaštite od vremenskih nepogoda i naprednijih tehnologija rada u razvijenijim zemljama (manje fizički zahtjevnih za radnike i manje podložnih vremenskim utjecajima).

Na temelju komparativne analize rezultata istraživanja ove problematike diljem svijeta mogu se donijeti zaključci o raznolikosti čimbenika produktivnosti radne snage i njihove važnosti, slični onima iz nekih prethodnih istraživanja, koja su usporedbom rezultata svog ispitivanja s drugima utvrdila značajne razlike (npr. Dai i sur., 2009, Gundecha, 2013 i Thomas i Sudhakumar, 2014). Orth i Jenkins (2006) i Hajkazemi i sur. (2014) napominju kako se utjecajni čimbenici specifični za određenu vrstu projekta i lokaciju razlikuju između radnih mjesta u različitim regijama i zemljama te da je prilikom mjerenja i usporedbe razine produktivnosti važno to uzeti u obzir. Momade i sur. (2021) su analizom 122 članka o produktivnosti radne snage u građevinarstvu u razdoblju od 1982. do 2020. godine identificirali razlike u utvrđenim važnostima utjecaja između studija

provedenih u razvijenim državama i u onim koje se ubrajaju u zemlje u razvoju i zemlje trećeg svijeta, a da pri tome nisu uzete u obzir klimatsko-prirodne razlike (pet najvažnijih čimbenika sasvim je različito). No, uočili su i kako istraživanja često nisu bila jednoglasna u svojim nalazima u istoj regiji, što dovodi u pitanje pouzdanost provedenih istraživanja [Momade i sur., 2021].

Sve to potvrđuje opravdanost provođenja ispitivanja u Hrvatskoj. Različitost razmatranih čimbenika i njihove važnosti ukazuje na potrebu da se posebno odrede i ispituju čimbenici koji odgovaraju području gdje se izvode projekti ili čak za određenu vrstu projekata za koje se istražuje produktivnost. Zato neka istraživanja u okviru kategorija „vanjskih čimbenika“ ili „okruženja“ imaju definirane čimbenike karakterističnog utjecaja za područja na koja su usmjerena (npr. Gundeča, 2013, Assbeihat, 2016 i Chitra i Kumari, 2018). Thomas i Završki (1999) su u svom istraživanju imali posebnu grupu regionalnih čimbenika [Woldesenbet, 2010], a Ibbs i Vaughan (2015) su u Vodiču za gubitke produktivnosti zbog promjena kod izvođenja građevinskih projekata u SAD-u (*Change and the Loss of Productivity in Construction: A Field Guide*) kao jednu od sedam grupa utjecajnih čimbenika definirali čimbenike lokacije i okruženja - geološke uvjete na gradilištu, mrežu transporta (dnevno putovanje na posao, logistička potpora, promet i pristup gradilištu), karakteristike lokalnih klimatskih uvjeta (temperatura, vlažnost i sezonske promjene), lokalnu radnu klimu, lokalne zajednice i gradove (veličina, stav i gospodarstvo).

Kazaz i Acikara (2015) naglašavaju kako se radna snaga razlikuje od regije do regije i razlikuju se utjecaji na nju, odnosno njihov značaj za produktivnost. Kusterer (1980) kao jedan od glavnih razloga regionalnih varijacija u produktivnosti rada na izvedbi građevinskih projekata ističe razlike u cijeni i sofisticiranosti primijenjene tehnologije u vidu kapitalne opreme, regionalne razlike u sustavima vrijednosti ili radnoj etici građevinske radne snage, razlike u formalnim i neformalnim normama i pravilima rada (sindikalnim i drugim) te razlike u vremenskim uvjetima. Slično tome, Gundeča (2013) smatra kako do razlika u produktivnosti dolazi zbog razlika u klimatskim uvjetima, korištenju materijala, tehnologiji građenja i dostupnosti inovativnih tehnologija te

postupcima građenja. Shodno tome, neka ispitivanja nisu ni razmatrala utjecaj niske temperature (npr. Hickson i Ellis, 2014 u Trinidadu i Tobagu), a u Indiji je identificiran utjecaj pješčane oluje (Jamadagni i Birajdar, 2015 te Mehte i sur., 2018).

Također, može se vidjeti da je npr. prema ispitivanju Mahamida (2013b) u Palestini najvažnijim čimbenikom produktivnosti izvođenja javnih projekata ocijenjena politička situacija, Muhwezi i sur., (2014) u Ugandi su detektirali uvriježenost korupcije među prvih deset čimbenika produktivnosti, Soekiman i sur. (2011) u Indoneziji i Attar i sur., (2012) i Thomas i Sudhakumar (2014) u Indiji utvrdili su kako je istaknut utjecaj prosvjeda, a Khaleel i Nassar, 2018 su ispitivanjem u Iraku utvrdili važnost utjecaja vjerskih događanja. U državama gdje se u većoj mjeri zajedno s domaćim radnicima koristi strana radna snaga, problem su loše sporazumijevanje između radnika i kulturne razlike. Primjerice, u UAE-u [Ailabouni i sur., 2009], Nigeriji [Nasiru i sur., 2015] i Tajlandu [Thanawatdecha, 2016] se kao jedan od utjecajnih čimbenika javljaju jezične barijere, dok su u Kuvajtu 100 % građevinske radne snage stranci, pa takvi problemi nisu naglašeni [Jarkas i Bitar, 2012]. U nekim zemljama jače je izražen negativan utjecaj konzumiranja alkohola i narkotika (npr. Frantazolas (1984) u SAD-u, Soekiman i sur. (2011) u Indoneziji, Odesola i Idoro (2014) u Nigeriji), koji proizlazi iz socijalnog konteksta i jedan je od čestih uzroka ozljeda na radu i izostanaka s posla, pa onda i preko toga gubljenja produktivnosti.

Na području grada Osijeka nekoliko ispitanih u preliminarnim intervjuima kao velike probleme koji loše utječu na produktivnost navela su zastoje do kojih dolazi zbog nailaženja na podzemne vodove koji nisu nigdje ucrtani i na arheološke nalaze. (To je u provedeno anketno ispitivanje uvršteno preko čimbenika „razlika projektom predviđenih uvjeta od stvarnih“ i „drugačiji uvjeti na terenu od prvobitno predviđenih“).

Prije u Hrvatskoj nisu obavljana ispitivanja o utjecajima na produktivnost rada strojeva na gradilištima, a pregled manje broja takvih istraživanja u inozemstvu od 2015. godine do danas (78,6 % u Aziji, a ni jedno u Europi) dan je u tablici 5.13. Nije zanemarljivo što su ta ispitivanja često napravljena s malim brojem

ispitanih, nedovoljnim za uobičajeno traženu granicu pouzdanosti ili kao studije određenih slučajeva, tj. pojedinih projekata u realizaciji.

Tablica 7.6 pokazuje veliku razliku ocjene važnosti pojedinih čimbenika koji utječu na produktivnost rada strojeva na gradilištima u Hrvatskoj (iz tablice 6.5) u odnosu na rezultate 13 ispitivanja iz tablice 5.13. S obzirom na to da su ovdje obuhvaćena prethodna ispitivanja imala izračunat samo jedan parametar (najčešće RII) za rangiranje čimbenika prema važnosti, u tablici 7.6 je za usporedbu naveden i RII kao mjerilo ocijenjene jačine utjecaja i SI koji uzima u obzir zajedno jačinu s učestalosti.

Tablica 7.6 Usporedba ranga čimbenika koji utječu na produktivnost strojeva u Hrvatskoj s rangom utvrđenim prema ispitivanjima u inozemstvu

Utjecajni čimbenik	Rang važnosti u HR		Rang važnosti prema inozemnim ispitivanjima
	prema RII	prema SI	
čekanje da se dovrše drugi radovi	2.	1.	- povezano s koordinacijom, tj. usklađenošću između strojeva / radnih grupa i s neoslobođenosti radnog prostora, što je rang 14 i 16.
stroj se u radu izmjenjuje na više poslova, tj. isprekidanost rada	6.	2.	- može biti povezano s nedostatkom opreme i dijeljenjem iste opreme od više grupa, što je rang 5.
loši vremenski uvjeti	1.	3.	11.
čekanje na druge strojeve/vozila	9.	4.	14. (koordinacija, tj. usklađenost između strojeva / radnih grupa)
drugačiji uvjeti na terenu od prvobitno predviđenih	12.	5.	-
nedostatak stručnih ljudi i alata za tekuće održavanje	4.	6.	2. (nedostatak odgovarajućeg održavanja)
promjene projekta tijekom realizacije	19.	7.	14.
loši uvjeti tla	13.	8.	9.
nedostatak informacija za rad	11.	9.	-
loša organizacija radova (redoslijed, povezanost, smjer odvijanja i dr.)	5.	10.	- povezano s koordinacijom, tj. usklađenosti između strojeva / radnih grupa, što je rang 14.
otežani pristup / kretanje na mjestu rada	16.	11.	13. (uvjeti rada na gradilištu)
složenost radnih zadataka	18.	12.	-
Slaba motivacija rukovatelja strojem	15.	13.	-
česti kvarovi i njihovo sporo otklanjanje	3.	14.	2. (kvarenje mehanizacije)
neodgovarajući vremenski plan	21.	15.	3.
loše korištenje radnog vremena	17.	16.	-
nedostatak materijala s kojima se radi	8.	17.	4.
slabe vještine rukovatelja strojem	10.	18.	1.
loša kvaliteta stroja i starost	14.	19.	8. (starost strojeva) 10. (efikasnost korištenih strojeva)

često mijenjanje strojara koji rade na jednom stroju	22.	20.	- povezano s nedostatkom opreme i dijeljenjem iste opreme od više grupa, što je rang 5.
nepogodan gradilišni raspored (strojeva, lokacija materijala i dr.)	23.	21.	13. (uvjeti rada na gradilištu)
nedostupnost potrebnih zamjenskih dijelova odgovarajuće kvalitete	20.	22.	11. (neraspoloživost goriva / rezervnih dijelova) - usko povezano s nedostatkom odgovarajućeg državanja, što je rang 2.
dugo kretanje do mjesta rada / loši putevi na gradilištu	25.	23.	13. (uvjeti rada na gradilištu)
nekomfornost kabine	29.	24.	-
projektom predviđene male količine radova koji se obavljaju strojno	26.	25.	-
nedostatno nadziranje kvalitete radova i nedavanje potrebnih uputa	24.	26.	7.
nedostatak goriva / pogonske energije	7.	27.	11. (neraspoloživost goriva / rezervnih dijelova)
visina na kojoj se radi / podiže materijal	28.	28.	- (obuhvaćaju uvjeti rada na gradilištu, koji su rang 13)
(ne)pogodnost vrste stroja za vrstu posla koji obavlja	27.	29.	- (usko povezano za efikasnost korištenih strojeva, koja je rang 10.)
neredovito praćenje ostvarene količine rada	30.	30.	- povezano s nedostatkom nadzora radova, što je rang 7.
komplikiranost stroja za upravljanje	31.	31.	-

Tablica 7.6 pokazuje još veće razlike u rangui utjecajnih čimbenika utvrđenim ispitivanjima u Hrvatskoj i u drugim zemljama. Prema veličini SI u Hrvatskoj, dva su najznačajnija negativna utjecaja na produktivnost strojeva organizacijske naravi, koji u prethodnim ispitivanjima nisu bili definirani kao posebni čimbenici. Prvorangirano je čekanje na druge radove, a najbliže tome što je ispitivano u inozemstvu je koordinacija između strojeva / radnih grupa, koja je nešto šireg značenja, te neoslobodjenost radnog prostora, što ima uže značenje (može biti posljedica loše koordinacije, odnosno čekanja da se završe drugi radovi). U inozemnim istraživanjima ovi su čimbenici u prosjeku 14. i 16. po utjecaju, a najviše su rangirani kao drugo i trećerangirani u istraživanju Venkatesha i Saravana Natarajana (2019) u Indiji.

U Hrvatskoj je drugorangiranim čimbenikom utvrđeno izmjenjivanje stroja na više poslova, tj. isprekidanost radova koje obavlja i to zato što je ocijenjen najučestalijim na gradilištima. Rad stroja na više različitih aktivnosti može biti posljedica nedostatka potrebne opreme, odnosno dijeljenja strojeva između više grupa, ali može biti i zbog loše organizacije vremena i resursa izvedbe te vrste i količine radova zahtijevanih projektom. Ovaj čimbenik izravno dovodi do

slabe efikasnosti strojeva, ali ona može imati i razne druge uzroke. Efikasnost korištenih strojeva ocijenjena je prvorangiranim i drugorangiranim utjecajem na produktivnost u istraživanjima Hosnya i sur. (2015) u Egiptu i Al Rawia i sur. (2021) u Jordanu.

Trećerangirani čimbenik po značaju u Hrvatskoj, a prvi prema jačini utjecaja su vremenski uvjeti. Gledano za sva istraživanja u inozemstvu, taj čimbenik je tek jedanaestorangirani, a najviše je bio trećerangiran u ispitivanju Sereshta i Fayeka (2019) u Alberti u Kanadi.

Slabe vještine rukovatelja stroja su u 50 % razmatranih inozemnih istraživanja utjecaja na produktivnost strojeva bili prvo ili drugorangirani čimbenik, ali u Hrvatskoj su ukupno ocijenjene umjereno, tj. srednje važnima. Jačina utjecaja im je desetorangirana, a ispitanici u Hrvatskoj su još niže ocijenili učestalost tog čimbenika.

Istraživanje u Hrvatskoj u sastavu ispitanih imalo je najviše rukovatelja strojeva (54,72 %), dok su oni u prethodnim istraživanjima bili manje ili nikako zastupljeni, što se sigurno odražava na utvrđeni rang nekih čimbenika. Tako su npr. nadzorni inženjeri u Hrvatskoj vremenske uvjete rangirali tek kao 21., ali njih je bilo najmanje uključeno u ovo ispitivanje. Nasuprot tome, u Hrvatskoj su slabe vještine rukovatelja stroja nadzorni inženjeri rangirali kao 8., ali sami rukovatelji su ih ocijenili manje važnima i puno manje učestalima.

Pregledana prethodna istraživanja nisu ni posredno ispitivala utjecaj drugačijih uvjeta na terenu od prvobitno predviđenih, nedostatka informacija za rad, složenosti radnih zadataka, slabe motivacije rukovatelja stroja i lošeg korištenja radnog vremena, a ti su čimbenici ispitivanjem u Hrvatskoj određeni kao umjereno važni (u matrici na slici 6.6).

Utjecajni čimbenici u određenoj mjeri ovise o vrsti stroja, odnosno poslova koje strojevi obavljaju. Kod nekih strojeva, kao što su npr. finišeri i betonske pumpe, nema korištenja na više vrsta radova i na različitim zadacima, a količine rada su rijetko male, pa čimbenici u svezi toga imaju mali ili nikakav utjecaj. Metoda izračuna planskog učinka koju prezentira Linarić (2005) iziskuje obračun najviše

različitih koeficijenata korekcije za strojeve koji obavljaju zemljane radove, a to je stoga što na njihov rad djeluje najviše čimbenika.

7.1.5 Različitošć utjecaja na produktivnost radnika i strojeva

Aoun (2013) je istražujući utjecaj pojedinih čimbenika na određene aktivnosti niskogradnje u SAD-u uočila kako je kod takve vrste projekata (sa zemljanim radovima, asfaltiranjem i betoniranjem cesta i izgradnjom mostova) udio rada radnika puno manji nego kod visokogradnje i zato su tu manje značajni utjecaji na sam rad radnika, a posebno su važni neposredni i posredni utjecaji na rad mehanizacije. Pri tome treba imati u vidu da strojevima rukuju radnici, čiji rad i učinak opet dijelom ovisi o čimbenicima sličnim kao i rad drugih radnika na gradilištu, te da radom radnika i radom strojeva upravlja isti menadžment, koji je odgovoran za vremensko planiranje radova, nabavu materijala i drugih resursa, nadzor izvedbe, koordinaciju radova i dr. Isto tako, i rad radnika na gradilištu nekada je povezan sa strojevima i njihova produktivnost onda ovisi o produktivnosti tih strojeva, pa tako posredno i na njih mogu utjecati čimbenici produktivnosti strojeva. Utjecaj produktivnosti strojeva nije ispitivan kao zasebni čimbenik produktivnosti radnika u Hrvatskoj, ali je uzet u obzir nedostatak potrebne opreme i nesposobnost uprave gradilišta, u smislu slabog planiranja vremena i resursa i usklađivanja rada (što se odnosi i na strojeve).

Prethodna istraživanja utjecaja na produktivnost građevinske mehanizacije obuhvatila su velik skup čimbenika, ali približno duplo manji od onoga u ispitivanjima utjecaja na produktivnost radne snage i općenito rada izvođača. Na temelju razlike ranga važnosti 12 zajedničkih čimbenika produktivnosti radnika i građevinske mehanizacije utvrđenih istraživanjima u inozemstvu (pokazano u tablici 5.14), izračunat je $r_s = -0,13$. Ta veličina Spearmanovog koeficijenta korelacije ranga pokazuje da ne postoji povezanost, odnosno da je velika razlika redoslijeda značaja čimbenika produktivnosti ovih dvaju resursa za izvedbu projekata. Zbog drugačijih karakteristika i zahtjeva, odnosno tehnologije strojnih radova u odnosu na ručni rad, različiti su utjecajni čimbenici na njihovu produktivnost, pa su tako već početno različito definirani za

ispitivanje u Hrvatskoj, stoga nisu pogodni za određivanje međusobne razlike ranga i izračun koeficijenta korelacije.

Ipak su neki isti i(li) slični utjecajni čimbenici važni i za radnike i za strojeve. Vodeći računa o sličnosti, takvih 54,2 % od ispitanih čimbenika produktivnosti radne snage i 38,7 % od ispitivanih čimbenika produktivnosti strojeva u Hrvatskoj uspoređeni su sa svojim rangovima prema ozbiljnosti u tablici 7.7.

Tablica 7.7 Usporedba čimbenika koji negativno utječu i na produktivnost radnika i na produktivnost strojeva na hrvatskim gradilištima

Utjecaji na produktivnost radnika	Utjecaji na produktivnost strojeva
manjak motivacije kod zaposlenika - rang 1.	slaba motivacija rukovatelja strojem - rang 13.
loši vremenski uvjeti - rang 2. (vrućina), 4. (kiša / snijeg), 8. (niske temperature) i 20. (vjetar)	loši vremenski uvjeti - rang 3.
loše osobine radnika (stručne sposobnosti i dr.) - rang 3.	slabe vještine rukovatelja strojem - rang 18.
nedostatak potrebnog materijala - rang 5.	nedostatak materijala s kojim se radi - rang 17.
promjene projektne dokumentacije - rang 16.	promjene na projektu tijekom realizacije - rang 7.
nedostatak potrebnog alata/opreme na gradilištu - rang 7. problemi s podizvođačima - rang 10. nedovoljna sposobnost uprave gradilišta - rang 13. nedovoljna potpora gradilištu od uprave tvrtke - rang 15.	čekanje da se dovrše drugi radovi - rang 2. čekanje na druge strojeve/vozila - rang 4. nedostupnost potrebnih zamjenskih dijelova - rang 22. nedostatno nadziranje kvalitete radova i nedavanje potrebnih uputa - rang 26. nepogodnost stroja za vrstu posla koju obavlja - rang 29. neredovito praćenje ostvarene količine radova - rang 30.
nedostatak struje / vode na gradilištu - rang 21.	nedostatak goriva / pogonske energije - rang 27.

I u ovom istraživanju u Hrvatskoj, kao i na temelju rezultata prethodnih istraživanja u inozemstvu, razvidna je razlika značajnih čimbenika produktivnosti radnika i strojeva i velika razlika utvrđenog ranga njihove važnosti. To dokazuje

potrebu posebnih istraživanja utjecaja za oba ova područja, kako je napravljeno u okviru istraživanja ove disertacije.

U tablici 7.7 vidi se kako je za produktivnost strojeva znatno manje važan utjecaj motivacije i osobina radnika (rukovatelja strojeva), ali i nedostatak materijala s kojima se radi. No, za produktivnost strojeva promjena projektne dokumentacije tijekom realizacije ima znatno negativniji utjecaj nego na rad radnika. Očekivano je da čimbenici u svezi osobina radnika ili utjecaja na radnike imaju veći značaj za produktivnost radne snage. Osobine radnika bitne su za produktivnost strojeva, ali njima bi smjeli rukovati samo oni koji imaju potrebne kvalifikacije za to i zadovoljavajuće fizičke i psihičke sposobnosti, pa negativni utjecaj slabih sposobnosti rukovatelja ipak manje dolazi do izražaja nego kod građevinskih radnika.

Manji rang važnosti nedostatka potrebnog materijala za produktivnost strojeva može se objasniti time da za strojeve za iskope i slične zemljane radove zemlja kao materijal rijetko nedostaje pri radu, a daleko najviše ispitanih ima primarno iskustvo upravo s tom vrstom strojeva.

Veći negativni utjecaj promjene projekta na produktivnost strojeva može biti zato što su radnici u velikoj mjeri univerzalni, pa se najčešće mogu lakše zaposliti i na drugoj vrsti radova na gradilištu, odnosno prilagoditi potrebi za drugim aktivnostima prema izmijenjenom projektnom rješenju ili lakše prebaciti na drugo gradilište. U pitanju može biti i puno veći satni učinak i koštanje sata rada strojeva od radnika, zbog kojeg je, ako dođe do zastoja zbog mijenjanja projekta, kod njih veća šteta od neiskorištenog vremena rada.

Loši vremenski uvjeti jako negativno utječu i na rad radnika i na rad strojeva, ali realno je za pretpostaviti da vrućina, koja je najnegativniji vremenski čimbenik za radnu snagu, nije ni približno toliko značajna za rad strojeva. Strojeve koji rade sa zemljom i na otvorenom jake oborine i vjetar mogu potpuno spriječiti da rade, a teško se mogu onda, kao nekada radnici, prebaciti na neke druge aktivnosti.

Zbog opisanih značajnih razlika u utjecaju na produktivnost radnika i produktivnost strojeva, razlikuju se čimbenici produktivnosti kod izvođenja radova s tehnologijama koje su manje ili više mehanizirane.

7.1.6 Čimbenici produktivnosti na koje izvođač može djelovati

Može se reći da općenito produktivnost izvođača, tj. građenja ovisi o utjecajima koji proizlaze iz čimbenika povezanih s:

- raspoloživom/angažiranom radnom snagom
- metodama i tehnologijom rada (definiraju radne postupke i strojeva i drugu opremu)
- vrstama radova koji se obavljaju
- stilovima i vještinama upravljanja (u pripremi, vođenju i praćenju realizacije)
- usvojenim standardima kvalitete
- tržišnom, socijalnom i političkom okruženju
- konkretnim uvjetima na terenu (gradilišnim i klimatsko-vremenskim)
- kvalitetom i specifičnim zahtjevima izvođenog projekta (lokacija, zahtjevnost, veličina, dinamika itd.)
- kvalitetom projektne dokumentacije
- postupanjem investitora i konzaltinga
- važećom pravnom regulativom koja se mora poštovati.

Izvođač nije za sve to odgovoran, ali na veći dio toga može manje ili više djelovati.

Prema podjelama na grupe iz prethodnih istraživanja u inozemstvu (opisane u poglavlju 5.3), obuhvaćeni utjecajni čimbenici pretežito su unutarnji, pod kontrolom uprave izvođača, a manje vanjski, odnosno oni koji proizlaze iz okruženja i karakteristika projekta (tablica 5.3). Može se reći da su to najviše organizacijski čimbenici i da su među najvažnijim (osim vremenskih utjecaja) uglavnom resursni i gradilišni. Projektni čimbenici nisu u fokusu ovog istraživanja, jer oni su izvođačima zadani i ne mogu na njih bitnije djelovati.

Za ukupno 35,64 % utjecaja čimbenika na produktivnost radne snage izvođača utvrđenih anketnim ispitivanjem u Hrvatskoj odgovorni su investitori, projektanti i viša sila. To su (iz tablice 7.1):

- vremenski uvjeti: vrućine s udjelom u negativnom utjecaju 5,70 %, kiša i/ili snijeg s udjelom u negativnom utjecaju 5,34 %, niske temperature s udjelom u negativnom utjecaju 4,51 % i jak vjetar s udjelom u negativnom utjecaju 3,54 % (ukupno 19,09 %)
- razlika projektom predviđenih uvjeta od stvarnih – s udjelom u negativnom utjecaju 4,29 %
- investitorovo neplaćanje radova na vrijeme – s udjelom u negativnom utjecaju 4,26 %
- promjene nacрта i drugih elemenata projektne dokumentacije – s udjelom u negativnom utjecaju 4,03 %
- čekanje na dozvole – s udjelom u negativnom utjecaju 3,97 %.

Ostali utjecaji s ukupnim udjelom od 64,36 % u potpunoj su ingerenciji izvođača radova. Uz to, izvođači imaju mogućnost povećanja produktivnosti djelomičnim smanjenjem negativnih utjecaja vremenskih uvjeta, pogotovo vrućine.

Čimbenici koji utječu na produktivnost strojeva na gradilištu prema klasifikacijama u prethodnim studijama pretežito se mogu uvrstiti u „menadžment i planiranje“, „resurse“, „radne uvjete i okruženje“ i „tehničke čimbenike“.

Za 27,49 % utjecaja ispitivanih čimbenika produktivnosti strojeva na hrvatskim gradilištima odgovoran je investitor, konzalting, projektant i viša sila. Njihovi udjeli utjecaja su (iz tablice 7.2):

- loši vremenski uvjeti – 3,95 %
- drugačiji uvjeti na terenu od prvobitno predviđenih – 3,73 % (ako za prethodna istraživanja terena nije bio zadužen izvođač)
- promjene na projektu tijekom realizacije – 3,69 %
- loši uvjeti tla – 3,68 %

- nedostatak informacija za rad (nejasna projektna dokumentacija i dr.) – 3,58 %
- složenost radnih zadataka – 3,40 %
- projektom predviđene male količine radova koji se obavljaju strojno – 2,77 %
- visina na kojoj se radi / podiže materijal – 2,69 %.

Svi drugi razmatrani čimbenici u ingerenciji su izvođača i prema tome oni mogu eliminirati ili umanjiti do 72,51 % negativnih utjecaja na produktivnost strojeva.

U tablici 7.8. izdvojeni su čimbenici koji su obično u djelokrugu mogućih mjera za poboljšanje produktivnosti u nadležnosti izvođača odnosno njegove uprave te su u tom pogledu razmatrani u poglavlju 8.

Tablica 7.8 Čimbenici na koje može djelovati (kontrolirati) uprava izvođača

Čimbenici produktivnosti radne snage i njihov utjecaj	Čimbenici produktivnosti strojeva i njihov utjecaj
manjak motivacije kod zaposlenika – 5,77 %	stroj se u radu izmjenjuje na više poslova – 4,03 %
loše osobine radnika – 5,39 %	čekanje da se dovrše drugi radovi – 4,02 %
manjak potrebnog materijala za građ. – 5,31 %	čekanje na druge strojeve/vozila – 3,81 %
loši uvjeti na terenu (buka, prašina i sl.) – 4,97 %	nedostatak struč. ljudi i alata za održav. – 3,71 %
manjak potrebnog alata/opreme – 4,84 %	loša organizacija radova – 3,43 %
nedovoljno razrađen projekt za izvedbu – 4,33 %	otežani pristup / kretanje na mjestu rada – 3,41 %
problemi s podizvođačima – 4,31 %	slaba motivacija rukovatelja strojem – 3,39 %
nedovoljna sposobnosti gradiliš. uprave – 4,24 %	česti kvarovi i njihovo sporo otklanjanje – 3,28 %
prekovremeni rad – 4,19 %	neodgovarajući vremenski plan – 3,27 %
slaba potpora od uprave njihove tvrtke – 4,05 %	nedostatak materijala s kojima se radi – 3,27 %
nedostatak iskustva izvođača – 3,67 %	loše korištenje radnog vremena – 3,14 %
loš pristup lokacijama na gradilištu – 3,53 %	slabe vještine rukovatelja strojem – 3,14 %
nedostatak potrebne struje ili vode – 3,19 %	loša kvaliteta stroja i starost – 3,09 %
nezgode (ozlijede) na radu – 2,58 %	često mijenjanje strojara koji na stroju – 3,05 %
nedovoljno osvjetljenje – 2,29 %	nepogodan gradilišni raspored – 3,04 %
rad u više smjena – 1,60 %	nedostupnost zamjenskih dijelova – 2,95 %
	dugo kretanje do mjesta rada/loši putevi – 2,84 %
	nekomfortnost kabine – 2,78 %
	nedostatni nadzor i nedavanje uputa – 2,75 %
moгуće djelomično ublažavanje utjecaja:	nedostatak goriva / pogonske energije – 2,75 %
vremenski uvjeti - vrućine – 5,70 %	(ne)pogodn. stroja za posao koji obavlja – 2,65 %
	neredov. praćenje ostvar. količine rada – 2,52 %
	komplikiranost stroja za upravljanje – 2,20 %

7.2 Analiza utvrđenih gubitaka radnog vremena na hrvatskim gradilištima

7.2.1 Iskorištenost radnog vremena radnika i strojeva utvrđena praćenjem aktivnosti na gradilištima

Kusterer (1980) piše da se unatoč poteškoćama kvantitativne provjere, građevinski stručnjaci povezani s realizacijom građevinskih projekata slažu kako produktivnost rada varira od projekta do projekta u iznimno širokom rasponu, više nego u bilo kojem drugom sektoru. Granice udjela izgubljenog radnog vremena utvrđene prethodnim istraživanjima u inozemstvu, kao i one koje su izmjerene na različitim projektima i izvođačima u Hrvatskoj, vrlo su široke. Razlozi tome svakako su u malom broju opažanja nekih prethodnih studija i sada na nekim projektima u Hrvatskoj te praćenje različitih vrsta radnih procesa (npr. zastupljeni su i grubi građevinski radovi, montažni radovi i instalaterski radovi) na različitim vrstama građevinskih projekata (veliki, složeni i jednostavni, manjeg obima, visokogradnja i niskogradnja odnosno s različitim udjelom mehaniziranih radova itd.) u različitim fazama realizacije. Josephson i Björkman (2013) naglašavaju da je za relevantnost ovakvog određivanja produktivnosti i uspoređivanje rezultata problem što se uvjeti odvijanja praćenih aktivnosti u velikoj mjeri razlikuju jedni od drugih, a i što se radni uvjeti s vremenom mogu značajno mijenjati. Također, do različitih rezultata dovodi i način mjerenja produktivnosti [Kuykendall, 2007] i gubitaka vremena te nepostojanje sasvim ujednačenog definiranja onoga što se ubraja u direktni, a što u pomoćni rad (kako su primijetili Kalsaas (2010) te Chang i sur. (2015) u svezi rezultata svojih istraživanja).

Ne definirajući uvijek jasno što „otpad“ ili izgubljeno vrijeme podrazumijeva, različiti autori navode sljedeće podatke o njegovoj veličini u građevinarstvu:

- Horman i Kenley (2005) - blizu 50 %
- Lee i sur. (1999) - između 40 % i 70 %
- Drewin (1982) i Josephson i Saukkoriipi (2007) - između 30 % i 60 % radnog vremena.

Dozzi i AbouRuzk (1993) pišu da istraživanja pokazuju kako bi u građevinarstvu produktivan, odnosno direktan rad normalno trebao biti više od 30 % vremena. Prema ispitivanju Jergeasa u Kanadi, mišljenje je unutar ove djelatnosti kako bi 65 %-tna produktivnost bila sjajna, ali da bi i postizanje produktivnosti od 50 % bilo jako veliko poboljšanje za konkurentnost. Velikim brojem opažanja s prilagođenom metodom 5-minutnog ocjenjivanja produktivnosti na 59 projekata kod 44 izvođača u Hrvatskoj utvrđen prosječni udio direktnog rada od 41,6 % i izgubljenog vremena 25,7 % u radnom vremenu praćenih radnika (tablice u Prilogu 9. i 10.) u okvirima je rezultata prethodnih istraživanja u inozemstvu detaljnije pokazanih u poglavlju 5.5.2 i vrlo blizu prosječnog udjela direktnog rada radnika od 43,6 % prema pregledu 50-godišnjeg razdoblja rezultata studija s pet kontinenata Wandahla i sur. (2021). U odnosu na novije rezultate navedene u tablici 5.15, dobivene različitim metodama u Vijetnamu (Nguyen i sur., 2019), Iranu (Nassri i sur., 2021) i Danskoj (Johansen i sur., 2021, Lerche i sur., 2022 i Wandahl i sur., 2022.), u Hrvatskoj je evidentirano 3,6 - 16,6 % više udjela direktnog rada i od 3,7 % više do 21,3 % manje izgubljenog vremena rada radnika (u odnosu na početna mjerenja u studijama gdje su mjerenja napravljena i nakon unaprjeđenja produktivnosti). Rezultati dobiveni u Hrvatskoj najbliži su udjelima u radnom vremenu utvrđenim s istraživanjima u Čileu (Serpell i sur., 1997), SAD-u (Bandyopadhyay i Smith, 2003 i Orth i Jenkins, 2006) i Indiji (Dasgupta i Varghese, 2014). Sva ta mjerenja bila su s manjim brojem opažanja od ispitivanja u Hrvatskoj i bila su na projektima visokogradnje, a osim onog u Čileu, sva druga odvijala su se samo na jednom projektu. Nedostatak pregledanih istraživanja jest orijentiranost samo na jednu metodu mjerenja i često samo na manjem broju projekata, što smanjuje pouzdanost njihovih rezultata, barem izvan okvira studija slučaja na kojima su napravljena. Faktor iskorištenja radne snage izračunat prema prosječnim rezultatima 5-minutnog ocjenjivanja produktivnosti u Hrvatskoj za sve projekte i izvođače kod kojih su praćeni radnici je (prema formuli u tablici 3.1):

$$LUF_{(25)} = 41,6 \% + 0,25 \times 32,7 \% = 49,8 \%$$

To prema AMAC (2004) nije dobro, jer se zadovoljavajućim smatra $LUF > 50 \%$ [Oktafia i Indrayadi 2018]). No, u ovaj faktor pomoćni rad može se obračunavati i u većem udjelu (50 ili 75 %), pa se npr. za 75 % izračunava:

$$LUF_{(75)} = 41,6 \% + 0,75 \times 32,7 \% = 66,1 \%$$

Tako gledano, iskorištenost radne snage je bolja, ali još uvijek bi je trebalo nastojati poboljšati. Primjerice, mjerenje O'Neill i Panuwatwanicha (2013) u Australiji i Oktafia i Indrayadi (2018) u Indoneziji pokazalo je $LUF_{(25)}$ veći od 80 %, ali tamo su radnici praćeni samo na jednom projektu. Prema Picardovoj (2013) klasifikaciji upravljanja, utvrđeno produktivno vrijeme od 41,6 % predstavlja najniži stupanj zrelosti (od 40 do 50 %).

Raspon udjela vremena direktnog rada smanjuje se s obuhvaćenim vrstama radova na kojima je evidentiran. 76,5 % vrsta radova na kojima su obavljena 5-minutna ocjenjivanja produktivnosti radne snage u Hrvatskoj imaju gubitak radnog vremena između 20 i 35 %, a 58,9 % vrsta radova ima udio direktnog rada od 39 % do 51 %. U Hrvatskoj je, kao i u istraživanju Hajikazemi i sur. (2017), primjetljivo kako je rad produktivniji, odnosno bolja je iskorištenost radnog vremena radnih grupa specijaliziranih za određenu vrstu radova na građevinama (npr. montaža i demontaža skela, postavljanje gips-kartonskih ploča i žbukanje). Kod takvih je radova udio gubitaka u radnom vremenu do 20 %, a produktivno vrijeme iznadprosječno (od najmanje preko 50 % do preko 80 %).

Rezultati ovog istraživanja (na slici 6.12) pokazuju da na udio direktnog i pomoćnog rada i izgubljenog radnog vremena malo utječe obavljaju li se radovi na projektima novogradnje ili na postojećim građevinama. 5-minutnim ocjenjivanjem evidentiran je za 2,5 % veći postotni udio izgubljenog vremena i za 1,0 % veći udio direktnog rada radnika kod novogradnje, a udio pomoćnog rada bio je za 3,5 % manji nego kod radova na postojećim građevinama. S pomoću FDS-a i CQ-a utvrđeni gubici radnog vremena radnika na novogradnji i postojećim građevinama još su sličniji – udio im je samo 0,24 % veći kod radova na novogradnji. 5-minutnim ocjenjivanjem utvrđeni postotni udio direktnog

rada strojeva na novogradnji je 11,9 % manji, a udio izgubljenog vremena blizu 7,7 % veći nego kod radova na postojećim građevinama. Više izgubljenog vremena i manje direktnog rada na novogradnji mogu objasniti karakteristike projekata na kojima su praćeni radovi. Projekti novogradnje pretežito su bili visokogradnja (s dizalicama koje su obavljale više pomoćnih radova) i manji radovi niskogradnje, a među projektima na kojima su izvođeni radovi na postojećim građevinama bilo je nekoliko većih infrastrukturnih projekata (npr. sustavi odvodnje), koji su imali manje vrsta radova s većim količinama strojnih radova nego kod visokogradnje.

Opažanja rada strojeva na gradilištima 29 projekata kod 28 izvođača (tablice u prilogima 9. i 10.) pokazuju da je kod njih udio direktnog rada blizu 50 % veći, a udio pomoćnog rada malo više od tri puta manji nego kod praćenih radnika, dok je postotak izgubljenog, nekorisnog radnog vremena za 1,6 % veći nego kod rada radnika (6,2 % više od udjela izgubljenog vremena radnika). S obzirom na to da je udio izgubljenog vremena podjednak, ovo pokazuje koliko strojevi manje od radnika obavljaju pomoćne aktivnosti na gradilištu. Kod nekih zastoja u radu, kada strojevi ne troše pogonsku energiju (u pravilu najviše doprinosi njihovim troškovima rada [Bezák i Linarić, 2009]), gubici su manji, ali još uvijek veći nego kod zastoja pojedinih radnika.

Prema prosječnim rezultatima 5-minutnog ocjenjivanja za sve praćene projekte i izvođače, izračun iskorištenosti strojeva prema istom izrazu kao za LUF (izvorno se odnosi za rad radnika), uz obračunavanje 25 % pomoćnog rada, pokazuje da je to:

$$62,0 + 0,25 \times 10,7 \% = 64,7 \%$$

Zbog malog udjela pomoćnog rada kod rada strojeva obračun većeg postotka pomoćnog rada ne pokazuje puno bolju iskorištenost:

$$62,0 + 0,75 \times 10,7 \% = 70,0 \%$$

62,0 % produktivnog rada još ostavlja velik prostor za mogući napredak jer je 70-80 % predviđeni udio produktivnog rada kod najbolje razine upravljanja

(koja podrazumijeva primjenu suvremenih metoda za unaprjeđenje) [Picard, 2013].

5-minutno ocjenjivanje produktivnosti pokazalo je da najveću razinu produktivnog vremena i najmanje gubitaka imaju strojevi koji rade u kontinuitetu na većim količinama radova. Suprotno tome, najmanji udio direktnog rada imaju strojevi koji se koriste za razne pomoćne radove, kao što su kod praćenih radova bile dizalice i kombinirke.

Opažanjima pri radu strojeva utvrđen direktni rad (62,0 %) i gubitak radnog vremena (27,3 %) može se sagledati u odnosu na neke koeficijente korekcije teorijskog učinka za određivanje planskog učinka. Koeficijent korekcije radnog vremena predstavlja odnos između planiranog efektivnog radnog vremena i mogućeg ukupnog radnog vremena stroja i kreće se od 0,75 (slabo korištenje radnog vremena) do 0,92 (izvršno korištenje radnog vremena) [Linarić, 2005]. Stariji izvori uzimali su za pretpostavku objektivno mogućeg korištenja radnog vremena strojeva još niže vrijednosti, pa je prosječni koeficijent za to u SAD-u bio 0,67 [Trbojević, 1982].) Josephson i Saukkoripi (2007) daju primjer iz Švedske korištenja građevinske mehanizacije na postavljanju cjevovoda, gdje je iskorišteno vrijeme većih strojeva bilo u prosjeku samo 28,4 %, sitnog mehaniziranog alata ispod 6,0 %, a kod praćene mobilne dizalice 30,0 % (praćenja su bila samo jednodnevna). Koeficijent organizacije odnosi se na praktične uvjete rada i održavanja strojeva i za njega priručnik proizvođača građevinskih strojeva *Komatsu* predviđa veličine od 0,32 (nezadovoljavajuće) do 0,84 (izvršno), odnosno od 0,50 do 0,83 kod glavnih strojeva i transportnih vozila za zemljane radove [Linarić, 2005]. Gubitak od oko 30 % vremena i s tim produktivnosti zbog uvjeta rada i organizacije odgovara uobičajenom održavanju i dobrim uvjetima rada ili dobrom održavanju i uobičajenim uvjetima rada. Kod strojeva za zemljane radove 5-minutnim ocjenjivanjem utvrđeni gubitak radnog vremena bio je 28,3 %, a direktni rad 61,4 %, s tim da su ti strojevi praćeni i pri nekim pomoćnim radovima, koji nisu zemljani. Prema *Komatsuovom* priručniku, to bi odgovaralo koeficijentu organizacije za strojeve za zemljane radove u lošim uvjetima rada. No, ovaj koeficijent se ne odnosi

samo na smanjenje učinka zbog zastoja u radu, nego i zbog sporijeg rada (dužeg trajanja radnih ciklusa i manje brzine kretanja), a to ne registrira 5-minutno ocjenjivanje. Uz pretpostavku da su 5-minutnim opažanjem zabilježeni i gubici vremena zbog organizacije i iskorištenja vremena, oko 30 % neiskorištenog radnog vremena kod strojeva za zemljane radove odgovaralo bi dobrom korištenju radnog vremena u dobrim uvjetima rada ($0,83 \times 0,84 = 0,70$). Ipak, treba uzeti u obzir da opažanja nisu provedena npr. kada strojevi ne rade zbog održavanja ili kvara ili kada nisu raspoređeni na neki posao na gradilištu, a onda bi zastoji i izmjereni gubici produktivnosti bili veći i iskorištenost radnog vremena manja.

7.2.2 Usporedba evidentiranih uzroka gubljenja vremena različitim ispitivanjima

Zabilježeni načini i vjerojatni uzroci gubljenja vremena pri 5-minutnom ocjenjivanju imaju određene sličnosti, ali i bitne razlike. Kako se vidi na grafikonima na slikama 6.15 i 6.16, najviše vremena i kod rada radnika i kod rada strojeva izgubljeno je na razna čekanja, a nakon toga kada radnici stoje ili sjede i gledaju ništa ne radeći. Kod strojeva je udio gubitaka vremena zbog čekanja 1,81 puta veći nego kod radnika, a kod radnika je 1,85 puta veći udio izgubljenog vremena kada radnici stoje ili sjede i gledaju dok drugi rade. Kada radnici samo sjede ili stoje i ništa korisno ne rade, moguće je da je to zato što nešto čekaju ili su svojevolumno prekinuli rad (besposličare, puše i sl.), ali to se ne može uvijek utvrditi prilikom ovakvog opažanja. Od prepoznatih razloga čekanja i kod strojeva i kod radnika najviše je vremena izgubljeno na čekanje da drugi završe svoj dio posla i na čekanje materijala (slike 6.17 i 6.18). Strojevi su dosta čekali i na druge strojeve, odnosno transportna vozila.

Odmor izvan predviđenog vremena i kod radnika i kod strojeva ima skoro isti udio gubitaka vremena (9,0 % i 9,3 % u promatranom vremenu), a vrlo mala razlika je i kod udjela izgubljenog vremena na razgovore i korištenje mobitela nevezano za posao (kod radnika 6,5 %, a kod strojeva 5,4 %). I kod radnika i kod strojeva odsutnost s radnog mjesta je između pet najzastupljenijih načina

gubljenja radnog vremena, ali je kod radnika više nego duplo veća (9,5 % u odnosu na 4,6 % kod strojeva). Ovom tehnikom opažanja promatrač ne može uvijek pouzdano utvrditi jesu li ovakvi gubici radnog vremena posljedica kršenja radne discipline (loših osobina radnika i nemotiviranosti) ili su nekada dodatni odmori potrebni zbog teškog fizičkog rada i uvjeta rada, kao ni opravdanost odsutnosti radnika i/ili njenog trajanja.

Osim gubitaka vremena na pušenje kod rada radnika i strojeva i gubitaka vremena zbog kiše i vjetrova kod rada radnika, svi ostali načini gubljenja vremena imaju udio 2 % i manji.

Kod rada strojeva nema usporenog rada zbog djelovanja na radnika, odnosno rukovatelja (mada će i on vjerojatno uzimati više stanki za odmor i osvježanje u slučaju rada u neugodnim vremenskim uvjetima, pogotovo ako stroj nema komfornu kabinu). Do sporijeg rada strojeva, odnosno snižavanja učinka može doći uslijed otežanog pristupa/kretanja (kada je ograničen prostor, slaba preglednost, prepreke) na mjestu rada, što je jedanaestorangirani čimbenik negativnog utjecaja. Nepogodan gradilišni raspored (strojeva, lokacija i materijala) i dugo kretanje do mjesta rada / loši putevi na gradilištu mogu dovesti do smanjenja produktivnosti zbog dužeg trajanja, odnosno većeg udjela pomoćnih radova. Anketno ispitivanje pokazalo je da su ti čimbenici tek 21. i 23. prema važnosti, pa se može pretpostaviti da oni u prosjeku ne dovode do većeg snižavanja razine produktivnosti rada.

U tablici 5.17 dan je pregled uzroka gubljenja radnog vremena prema nalazima deset istraživanja od 1985. do 2021. godine, iz kojeg se vidi da je kao i u Hrvatskoj daleko najviše vremena gubljeno zbog različitih čekanja. Osim toga, u inozemnim istraživanjima još je istaknuto gubljenje vremena zbog promjena projekta (također može dovesti do čekanja) i ponavljanja rada koji je već napravljen (može biti zbog promjene projekta).

FDS-om i CQ-om ne evidentira se vrijeme direktnog i pomoćnog rada, već samo zastoji, odnosno gubici vremena do kojih dolazi pri radu radnika, te kako do njih dolazi. U tablici 7.9 uspoređene su najzastupljenije vrste gubitaka radnih sati radnika prema udjelu u evidentiranim gubicima vremena FDS-om i CQ-om

s rangom čimbenika na temelju jačine i učestalosti njihovog utjecaja na produktivnost radnika u Hrvatskoj. Dio negativnih utjecaja je isto ili vrlo slično definiran u anketnom ispitivanju i u uobičajenoj formi FDS-a i CQ-a, a za druge je u tablici navedena najbliža uzročna povezanost.

Tablica 7.9 Usporedba najvažnijih gubitaka radnog vremena evidentiranih FDS-om i CQ-om i ranga čimbenika produktivnosti radnika

Gubici radnih sati radnika (udio)	Utjecajni čimbenici produktivnosti radnika
neraspoloživost materijala - 1. po veličini (udio 16,8 %)	nedostatak potrebnog materijala - rang 5.
ponavljanje prije napravljenog zbog greški pri ugradbi - 2. po veličini (udio 15,9 %)	loše osobine radnika (slaba stručna sposobnost i dr.) - rang 3. nedostatak iskustva izvođača - rang 18.
ponavljanje prije napravljenog zbog greški ili promjene projekta - 3. po veličini (udio 10,6 %)	razlika projektom predviđenih uvjeta od stvarnih - rang 11. Promjene nacрта i dr. elemenata projektne dokumentacije - rang 16.
loši vremenski uvjeti - 4. po veličini (udio 9,9 %)	vremenski uvjeti – vrućina, kiša/snijeg, niska temperatura i vjetar - rang 2., 4., 8. i 20.
neraspoloživost strojeva i dr. opreme - 5. po veličini (udio 9,2 %)	nedostatak potrebnog alata/opreme - rang 7.
neraspoloživost alata - 6. po veličini (udio 8,5 %)	
čekanje da drugi naprave svoj posao - 7. po veličini (udio 5,1 %)	problemi s podizvođačima - rang 10. nedovoljna sposobnosti uprave gradilišta - rang 13.

Rangiranje značaja čimbenika od strane nadzornih inženjera i uprave izvođača, u odnosu na rangiranje na temelju ocjena svih ispitanika, bilo je malo bliže poretku prema veličini utvrđenih udjela izgubljenog vremena za nedostatak potrebnog materijala (prema njima je to 2. i 3. utjecajni čimbenik), nedostatak iskustva izvođača, promjene nacрта i drugih elemenata projektne dokumentacije i vremenske uvjete.

Neizbježne su razlike u rangi važnosti utjecajnih čimbenika i poretku određenog prema udjelima uzroka izgubljenog vremena zbog različitog broja ocjenjivanih čimbenika produktivnosti i uzroka utvrđenih za evidentirane

gubitke. To je zato što u pravilu FDS i CQ bilježe gubitke vremena kada je došlo do određenih zastoja u radu, a ispitanici rijetko kao izgubljeno vrijeme registriraju sporiji rad do kojeg dovode neki visoko rangirani čimbenici u anketnom ispitivanju. Zbog manjka motivacije (rang 1), vrućine (rang 2), loših osobina radnika (rang 3), loših uvjeta na terenu (rang 6.), lošeg pristupa lokacijama na gradilištu (rang 19.), prekovremenog rada i rada u više smjena (rang 14. i 24.) te slabog osvjetljenja (rang 23.) ne moraju uvijek nastati samo duži zastoji koji će biti percipirani kao gubici vremena, ali produktivnost se svejedno gubi zbog slabijeg intenziteta izvedbe. Isto kao i npr. zbog slabe kvalitete materijala ili korištenja neodgovarajućih alata, strojeva i druge opreme. Slabo motivirani i lijeni radnici više besposličare i ne zalažu se na poslu, a nespretni, fizički slabiji, nevješti i nestručni (loše osobine) radnici brže se umaraju (što dokazuje istraživanje Zhang i sur., 2019) i trebaju više konzultacija. Uslijed vrućine radnici se moraju više, odnosno češće odmarati i također rade s manjim učinkom. Ovakvi gubici vremena odnosno smanjenje produktivnosti moglo bi se uočiti MPDM-om ili usporedbom s dobro razrađenim internim normativima izvođača, koji uzimaju u obzir različite uvjete rada.

Analiza rezultata ispitivanja ukazuje kako su u odnosu na u FDS i CQ obrascima evidentirane gubitke vremena u radu (uglavnom kiša), negativni utjecaji loših vremenskih uvjeta na produktivnost radnika od strane samih anketiranih radnika vjerojatno donekle precijenjeni, a nedostaci i promjene projektne dokumentacije podcijenjeni. Većina anketiranih radnika je subjektivno prenamaglašavala utjecaj vrućine, a promjene na projektu zanemarivala, jer ne razaznaju izravno njihov puni utjecaj. U svezi toga treba uzeti u obzir da FDS i CQ nisu provedeni kada su uobičajene niske temperature i snijeg, ali jesu u razdoblju kada budu velike vrućine. U rubrikama obrazaca za FDS i CQ nisu bili navedeni „vremenski uvjeti“ kao mogući uzrok gubljenja radnog vremena, nego su ih ispitanici sami trebali dodati ako je bilo potrebno, odnosno ako je zbog njih došlo do gubljenja vremena u danu ili tjednu na koje se evidencija odnosi.

Anketiranjem o čimbenicima produktivnosti se uz jačinu posebno ocjenjivala njihova učestalost i gledajući samo prema tome, utvrđeni poredak važnosti je drugačiji. U tablici 7.10 pokazan je odnos takvog rangiranja čimbenika i učestalosti na terenu evidentiranih načina gubljenja radnog vremena FDS-om i CQ-om.

Tablica 7.10 Usporedba poretka učestalosti evidentiranih gubitaka radnog vremena i ranga čimbenika produktivnosti radnika prema ocjenama učestalosti njihovog djelovanja

Gubici radnih sati radnika (učestalost) prema FDS i CQ	Učestalost utjecajnih čimbenika produktivnosti radne snage
1. neraspoloživost materijala (64,3 %)	10. nedostatak potrebnog materijala
2. ponavljanje prije napravljenog zbog greški pri ugradbi (54,2 %)	loše osobine radnika (slaba stručna sposobnost i dr.) - rang 5. nedostatak iskustva izvođača - rang 20.
3. neraspoloživost alata (53,8 %)	nedostatak potrebnog alata/opreme - rang 12.
4. neraspoloživost (potrebnih) strojeva i dr. radne opreme za rad (42,0 %)	
5. ponavljanje prije napravljenog rada zbog greški ili promjena projekta (34,5 %)	nedovoljno razrađen projekt za izvedbu - rang 6. razlika projektom predviđenih uvjeta od stvarnih - rang 8. promjene nacrti i dr. elemenata projekt. dokum. - rang 11.
6. čekanje na svoje radnike s kojima treba odraditi posao (28,2 %)	manjak motivacije - rang 4. nedovoljna sposobnosti uprave gradilišta - rang 19.
7. čekanje da drugi da naprave svoj posao (28,2 %)	problemi s podizvođačima - rang 13. nedovoljna sposobnosti uprave gradilišta - rang 19.
8. nepotrebno kretanje /pokreti (25,6 %)	manjak motivacije - rang 4. loše osobine radnika (slaba stručna sposobnost i dr.) - rang 5.
9. čekanje na informacije/upute (24,4 %)	-
10. loše stanje/kvar strojeva (19,8 %)	nedostatak potrebnog alata/opreme - rang 12.
11. neraspoloživost opreme za zaštitu na radu / nesiguran rad (16,8 %)	nezgode i ozlijede na radu tijekom gradnje - rang 23.
11. loši vremenski uvjeti - jaka kiša, velika vrućina (13,9 %)	vremenski uvjeti – vrućina, kiša/snijeg, niska temperatura i vjetar - rang 2., 7., 9. i 15.

Anketno ispitivanje pokazalo je kako na produktivnost radne snage izvođača najčešće negativno utječu loši uvjeti na terenu i loši vremenski uvjeti, zatim nemotiviranost i loše osobine radnika, pa onda nedostatak materijala, nedostaci i nerazrađenost projektne dokumentacije i neraspoloživost opreme i alata (FI u tablici 6.2). Ocjene učestalosti većine ostalih čimbenika dosta su ujednačene, osim triju čimbenika koji znatno rjeđe nastupaju. Kao i u odnosu na jačinu utjecaja, FDS-om i CQ-om utvrđen je češći utjecaj nedostatka materijala te alata i opreme (uključujući i loše stanje i kvar strojeva) nego što ukazuje njihov rang prema anketnom ispitivanju. Nasuprot tome, isto kao i jačina, utjecaj loših vremenskih prilika na gubitke vremena rjeđe nastupa nego što to pokazuje rang prema ocjenama anketiranih ispitanika. Često ponavljanje prije napravljenog rada zbog greški kod izvedbe proizlazi iz nedostatka znanja i iskustva radnika (osobine) i izvođača, što su 5. i 20. rangirani čimbenici prema učestalosti. Čekanje na svoje radnike i nepotrebno kretanje/pokreti radnika isto se može dovesti u vezu s lošim osobinama radnika, ali i nedostatkom motivacije (4. prema učestalosti). Promjene, nedostaci (razlike u odnosu na stvarno stanje) i nerazrađenost projektne dokumentacije su 6., 8. i 11. čimbenik prema učestalosti, a svi mogu biti povezani s petim po učestalosti uzrokom gubljenja radnog vremena utvrđenim s pomoću FDS-a i CQ-a.

Svim metodama utvrđeni udio gubljenja vremena ukazuje da ispitanici u anketnim obrascima u prosjeku nisu dovoljno visoko ocijenili važnost utjecajnih čimbenika, odnosno da su neke utjecaje trebali vrednovati više u gornjem rasponu skale. Kako je istaknuto u poglavlju 7.1.2, bila je zamijećena loša sposobnost gradacije ocjena (od 1 do 10).

FDS-om i CQ-om utvrđeno je, isto kao što pokazuje 5-minutno ocjenjivanje produktivnosti, da su razlog gubljenja najvećeg dijela radnog vremena radnika čekanja resursa za rad - materijala, alata, strojeva i druge opreme, radnika, prostora (čekanje da se obavi neki posao koji prethodi promatranoj aktivnosti kako bi se oslobodio prostor za rad) i informacija, odnosno uputa za rad. Svaki slučaj neraspoloživosti resursa ne mora uvijek dovesti do zastoja i gubljenja

radnog vremena, jer u nekim slučajevima može se obavljati neki drugi posao na gradilištu (često pomoćni rad). No, ni svim opažanjima nerada (kada su radnici odsutni ili sjede, gledaju dok drugi rade, puše, razgovaraju međusobno ili na mobitel nevezano za posao i sl.) zabilježenim pri 5-minutnom ocjenjivanju produktivnosti ne mora biti razlog svojevrijedno kršenje discipline, nego to može biti dok nešto čekaju, što promatrač ne može uvijek utvrditi. U tablici 7.11 uspoređeni su načini gubljenja vremena zabilježeni pri 5-minutnom ocjenjivanju i u obrascima FDS i CQ.

Tablica 7.11 Usporedba načina gubljenja radnog vremena radnika uočenih različitim tehnikama mjerenja

Način gubljenja radnog vremena	Zastupljenost prema FDS i CQ	Zastupljenost prema 5-min. ocjenjivanju
neraspoloživost materijala	16,8 %	4,7 %
neraspoloživost alata	8,5 %	
neraspoloživ. strojeva i dr. opreme za rad	9,2 %	
čekanje na informacije/upute	5,0 %	2,0 %
čekanje da drugi naprave svoj posao	5,1 %	9,1 %
čekanje na svoje radnike (odsutni ili rade drugi posao)	3,9 % (samo FDS)	
ponavljanje prije napravljenog zbog greški pri ugradbi	15,9 %	
ponavljanje prije napravljenog rada zbog greški ili promjena projekta	10,6 %	2,0 %
ponavljanje prije napravljenog zbog nedostatka nadzora ili informacija za rad	1,2 % (samo FDS)	
radnik stoji/sjedi - gleda dok drugi rade	nije registrirano	24,0 %
neopravdana odustnost s radnog mjesta	nije registrirano	9,5 % (zato može biti čekanje na radnike)
odmor izvan planiranog rasporeda	nije registrirano	9,0 %
razgovor i mobitel (nevezano za posao)	nije registrirano	6,5 % (može biti i odmor)
pušenje	registrirano pod ostalo (mali udio)	6,0 % (može biti i odmor)
pijenje i jedenje izvan predviđene stanke	nije registrirano	1,5 %
loši vremenski uvjeti	9,9 %	3,0 %
nepotrebno kretanje/pokreti	3,8 % (samo FDS)	2,0 %
ostalo (kvar stroja, problemi sa ZNR, nestanak struje, loša organizacija i upravljanje i dr.)	10,1 %	2,0 %

7.2.3 Analiza razlike gubitaka vremena utvrđenih različitim tehnikama mjerenja

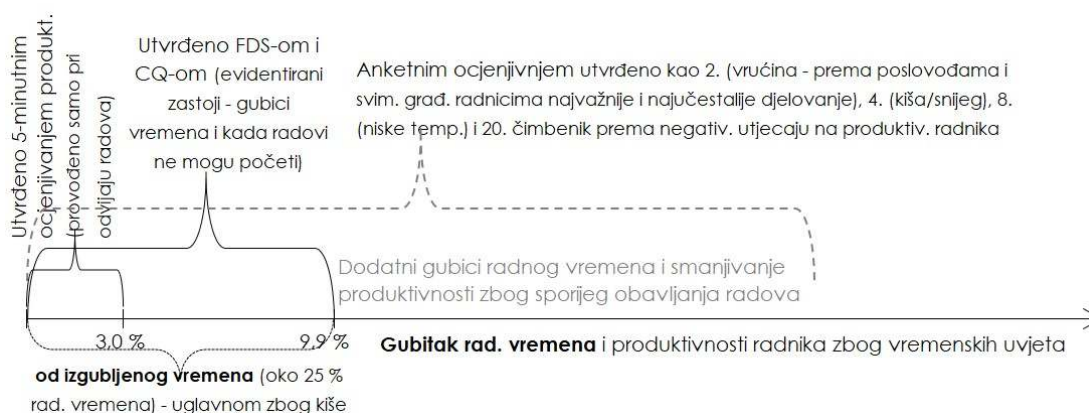
5-minutno ocjenjivanje produktivnosti i zajedno FDS i CQ dali su gotovo isti udio izgubljenog vremena. Prema 5-minutnom ocjenjivanju to je 25,7 %, a prema FDS-u 23,2 % i prema CQ-u 28,9 %, odnosno objedinjeno za ova dva ispitivanja 25,4 %. Iz tablice 7.11 vidi se kako se struktura evidentiranih gubitaka razlikuje prema kategoriziranom načinu/uzroku gubljenja vremena kod ovih tehnika. Razlog većih razlika u tome kako i zašto do pojedinih gubitaka vremena dolazi očito je u tome što sve tehnike mjerenja ne uočavaju iste gubitke vremena, odnosno nemaju sposobnost registriranja svih gubitaka vremena do kojih dolazi pri radu.

Zbog karakteristika tehnike 5-minutnog ocjenjivanja njome se, kao ni drugim metodama uzorkovanja aktivnosti, u osnovi ne opaža:

- obavljanje radova slabijim intenzitetom (kratki zastoji i sporiji rad s manjim učinkom od predviđenog normativima vremena) uslijed utjecaja raznih čimbenika (Prema pravilima ove tehnike zastoji kraći od pola 5-minutnog intervala ne kategoriziraju se kao nerad, odnosno izgubljeno vrijeme.)
- duže zastoje u radu (cjelodnevnne ili dugotrajnije), kao npr. zbog čekanja na informacije, čekanja na dozvole, loših vremenskih uvjeta, nedostatka materijala, dugotrajnih kvarova i popravaka stroja itd., odnosno može ih evidentirati samo ako do zastoja dođe tijekom praćenja radova (Kada se aktivnosti ne odvijaju zbog zastoja, nema ni opažanja radnika i strojeva na njima i ne može se uočiti gubljenje radnog vremena na njima.)
- redovite, duže odmore tijekom radne smjene (npr. za objed), koji se u pravilu smatraju poluproduktivnim vremenom
- radnike koji ne dođu na posao ili radnike i strojeve koji uopće nisu raspoređeni na neke od aktivnosti gradilištu (npr. ako su osigurani za planiranu izvedbu, ali zbog promjene projekta ili drugih utjecaja dođe do odstupanja od plana, pa za njih trenutno nema predviđenog posla)

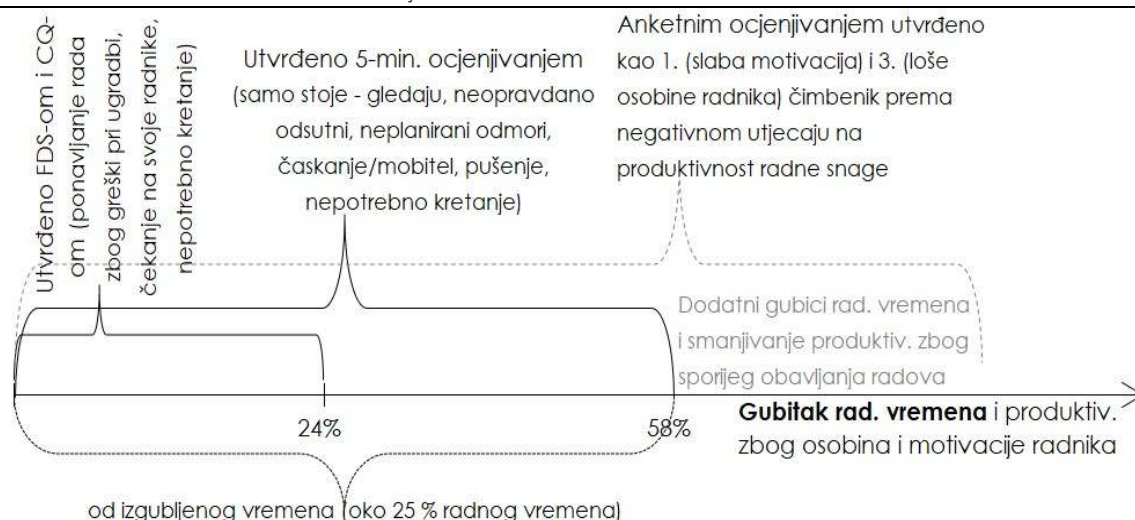
- ponavljanje, odnosno popravke i dorade prije napravljenog rada, do čega može doći zbog različitih razloga, jer promatrač teško može prepoznati u kojoj je mjeri neka aktivnost popravljivanje već napravljenog (zbog prethodnih grešaka) ili ponovni rad nečega što je prije urađeno pa srušeno. (To bi bilo pravilno kategorizirati kao izgubljeno vrijeme izvođača, a ne kao direktni rad.).

Uz to, ako se 5-minutno ocjenjivanje izvodi u nekoliko ciklusa tijekom radnog dana, ali ne odmah na početku i na kraju, zaobići će se vrijeme kada prevladavaju pripremno-završni radovi i to će se odraziti na manji udio vremena pomoćnih radova. Manjkavosti u otkrivanju izgubljenog vremena ovom tehnikom mjerenja produktivnosti i FDS-om i CQ-om pokazuje slika 7.1 na primjeru gubitaka do kojih dolazi zbog utjecaja različitih loših vremenskih uvjeta, koji su bili ocijenjeni kao jedan od najvažnijih čimbenika produktivnosti radnika.



Slika 7.1 Različitim metodama utvrđeni gubici vremena i produktivnosti zbog nepovoljnih vremenskih uvjeta

Slično slici 7.1 može se prikazati udio gubitaka vremena i produktivnosti zbog slabe motivacije i loših osobina radnika, što su bili 1. i 3. čimbenik negativnog utjecaja na produktivnost prema anketnom ispitivanju. Na slici 7.2 prikazani su udjeli izgubljenog vremena koji se mogu povezati s nedostatkom motivacije i lošim osobinama radnika. Osim gubitaka vremena koji su utvrđeni 5-minutnim ocjenjivanjem i FDS-om i CQ-om, zbog ta dva čimbenika može doći do sporijeg obavljanja radova i kraćih zastoja, što ne evidentiraju primijenjene tehnike.



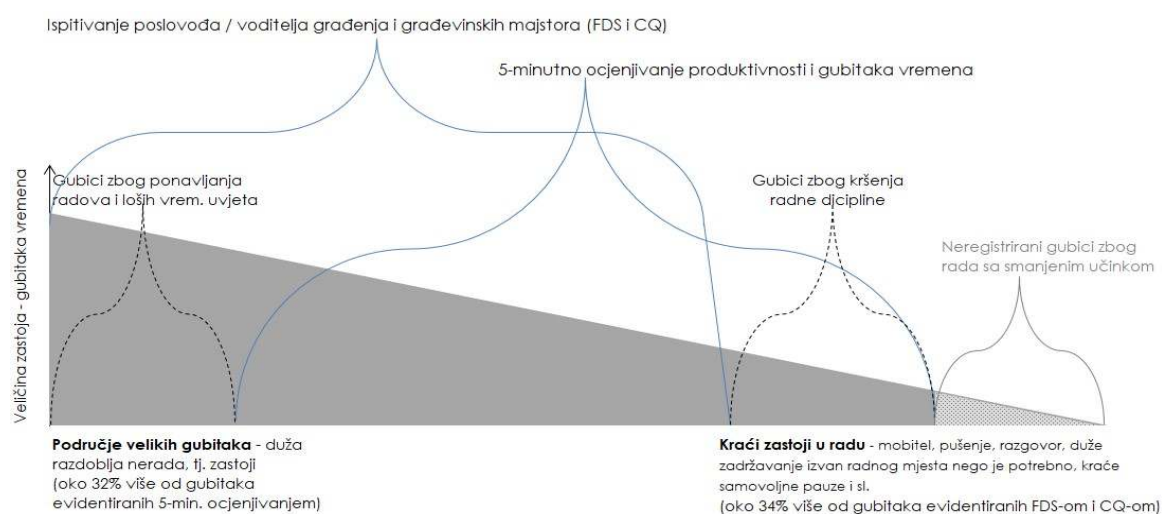
Slika 7.2 Različitim metodama utvrđeni gubici vremena i produktivnosti zbog nedostatka motivacije i loših osobina radnika

Na temelju gubitaka vremena koji su utvrđeni s pomoću FDS-a i CQ-a, a nisu evidentirani kroz 5-minutno ocjenjivanje, što se vidi u tablici 7.10, može se zaključiti da bi gubitke radnog vremena određene prema 5-minutnom ocjenjivanju trebalo uvećati za oko 32,0 %. Taj je iznos dobiven tako da su pridodani postoci za neobračunate gubitke za ponavljanje rada i loše vremenske uvjete (25,1 % + 6,9 %). Tako se procjenjuje da je zapravo ukupno izgubljeno 33,9 % radnog vremena ($1,32 \times 25,7$).

Uz teško identificiranje izvođenja radova slabijim intenzitetom u obrascima FDS i CQ, u odnosu na praćenje radnika na aktivnostima nisu evidentirani ni kraći, uglavnom pojedinačni gubici vremena kada radnici krše radnu disciplinu (osim čekanja na radnike, što može, ali ne mora biti zbog njihovog kršenja radne discipline). Udio tih neevidentiranih gubitaka može se prema rezultatima 5-minutnog ocjenjivanja u tablici 7.11 prepoznati kao razliku izgubljenog vremena zbog kršenja radne discipline i čekanja utvrđenih 5-minutnim ocjenjivanjem i svih čekanja prema rezultatima FDS-a i CQ-a (zato što je dio onoga što je pri 5-minutnom ocjenjivanju kategorizirano kao stoji/sjedi dok drugi rade ili puši i odmara zapravo bilo dok je radnik čekao) te razlike udjela gubitaka vremena registriranih kao „ostali“. Imajući to u vidu, postotak

izgubljenog vremena evidentiran FDS-om i CQ-om trebalo bi zbog različitih kršenja radne discipline još uvećati barem za 34,4 %. S tim je udio ukupno izgubljenog vremena radnika 34,1 % ($1,344 \times 25,4$). Takav udio izgubljenog radnog vremena nije daleko od prosjeka od 30,9 % utvrđenog na pet najnovijih istraživanja (iz perspektive jedne metode mjerenja) u inozemstvu navedenih u tablici 5.15.

Slika 7.3 ilustrativno prikazuje mogućnosti detektiranja gubitaka vremena dvjema primijenjenim tehnikama ispitivanja.



Slika 7.3 Mogućnost detektiranja gubitaka radnog vremena različitim tehnikama mjerenja i procjena dodatnih, neevidentiranih gubitaka

Vrednovanje anketno ispitivanih čimbenika produktivnosti trebalo je uvažiti i utjecaj na intenzitet rada radnika. U tablici 7.12 analiziran je utjecaj triju prvorangiranih čimbenika produktivnosti radne snage na gubljenje radnog vremena kroz zastoje, koji se mogu uočiti kao gubici vremena korištenim tehnikama ispitivanja, i na smanjenje produktivnosti zbog slabijeg intenziteta rada, koje one u pravilu ne evidentiraju.

Tablica 7.12 Utjecaj najvažnijih čimbenika produktivnosti radne snage na gubitke vremena i produktivnosti

Rang	Utjecajni čimbenik	Uzrokovani gubici vremena koji mogu biti evidentirani 5-minutnim ocjenjivanjem i/ ili FDS-om i CQ-om	Gubici vremena koji se ne evidentiraju ni 5-min. ocjenjivanjem ni FDS-om i CQ-om
1.	manjak motivacije	besposličarenje, kašnjenje na posao i ranije odlazanje	rad slabijeg intenziteta zbog nezalaganja i nemara
2.	vrućine	češći odmori/osvježavanje	rad slabijeg intenziteta zbog većeg opterećenja organizma (bržeg umaranja)
3.	loše osobine radnika (manjak iskustva, slaba obučenost, snaga i spretnost i dr.)	nedostatak obučenosti i iskustva može dovesti do grešaka zbog kojih se posao mora ponavljati ili popravljati, a slaba snaga i spretnost u nekim slučajevima rezultiraju s više potrebnih odmora	nedostatak obučenosti i iskustva zahtijeva više uputa i kontrole od poslovođa/nadzornika (više pomoćnog rada), a slaba snaga i spretnost usporavaju obavljanje radova i u nekim slučajevima više radnika obavlja zajedno isti posao koji bi spretniji i jači radnik mogao obaviti sam

Za dodatne gubitke radnog vremena strojeva od onih utvrđenih 5-minutnim ocjenjivanjem produktivnosti nema potvrde od rezultata drugih tehnika ispitivanja, ali sigurno je da 5-minutna opažanja nisu evidentirala duže zastoje u radu strojeva. Do njih može doći npr. u slučaju dužih kvarova, odnosno dugotrajnijeg održavanja, što je prema anketnom ispitivanju među deset najvažnijih čimbenika koji negativno djeluju na produktivnost strojeva. Utjecaj ostalih, više rangiranih čimbenika prema važnosti za produktivnost strojeva na gradilištu (razna čekanja) može biti uočen pri 5-minutnom opažanju.

Sagledavanjem utvrđenih gubitaka radnog vremena u Hrvatskoj od malo preko 25 % i s procjenom na ukupno oko 34 % (prema slici 7.2) vidi se koliko je velik vremenski i troškovni gubitak na realizacijama projekata u pitanju. Pretpostavljajući da je udio troškova rada radnika u cijeni građevinskih projekata 40 % [Nelson, 2011] (više autora iznosi podatke da radna snaga čini 30-50% ukupnih troškova izvedbe projekta), takav gubitak radnog vremena radnika znači veće troškove izvođača od 10,0-13,6 %, bez uračunavanja izgubljenih sati rada strojeva. Primjerice, samo FDS-om i CQ-om evidentiranim izgubljenim satima rada radnika na 34 projekta na kojima su obavljena ova

ispitivanja, uz pretpostavku prosječne bruto satnice radnika od 6 eura i prosječno 5,5 radnih dana tjedno, izračunati gubitak je od više od 81.000 eura tjedno (6×4.144 sati/tjedno CQ-om + $6 \times 5,5 \times 1.722$ sati/dnevno evidentirano FDS-om). Prema tome se prosječni godišnji gubitak po ovim ispitivanjima obuhvaćenom projektu može procijeniti na oko 120.000 eura (81.000×50 tjedana / 34 projekta). Treba naglasiti da su ova terenska ispitivanja provedena pretežito na projektima s manjim brojem radnika i u povoljnijim vremenskim uvjetima (ne zimi). Također, u ovo nisu uračunati gubici zbog slabijeg intenziteta izvođenih radova i smanjenog učinka radnika, do čega nesumnjivo dolazi pod djelovanjem nekih nepovoljnih utjecaja na koje ukazuju rezultati anketnog ispitivanja utjecajnih čimbenika.

7.2.4 Gubici vremena na koje izvođači mogu djelovati

Usprkos svim ograničenjima rezultata koji se dobivaju ovakvim ispitivanjima, Josephson i Björkman (2013) smatraju kako ti podaci upravi tvrtki i gradilišta mogu biti od velike važnosti za razmišljanja o mogućnostima poboljšanja produktivnosti. I ova analiza dokazuje da na najveći dio gubitaka vremena izvođači mogu djelovati kako bi se izbjegli ili barem smanjili te time povećala produktivnost.

Više od 75 % uzroka izgubljenog radnog vremena prepoznatih pri 5-minutnom ocjenjivanju produktivnosti pod ingerencijom je izvođača. Za dvije trećine čekanja nije točno određen uzrok, a to je oko 20 % izgubljenog vremena. Vrlo malo je utvrđenih gubitaka vremena zbog više sile, a tom metodom općenito je teško uočiti da su za neke zastoje i gubljenje vremena odgovorni investitori, projektanti ili konzaltinzi.

Za gubitke radnog vremena s pomoću FDS-a i CQ-a kvantificirane i kategorizirane kao čekanje uprave gradilišta na potrebne informacije i ponavljanje već napravljenog rada zbog promjena projekta i grešaka u projektnoj dokumentaciji (10,59 % + 5,04 % gubitaka radnog vremena radnika) odgovorni su investitori, projektanti i konzaltinzi. Tu bi se još mogli ubrojati i

problemi u komunikaciji i koordinaciji, tj. razmjeni informacija između sudionika projekta. Gubitak radnog vremena uzrokovan višom silom evidentiran u FDS i CQ izvješćima je onaj zbog nepovoljnih vremenskih prilika (9,85 %), ali nije poznato koliko je od njih bilo ekstremno i neočekivano, tako da se izvođač nije mogao pripremiti (planirati) i boljom organizacijom smanjiti negativni utjecaj na izvođenje radova. Djelovanjem više sile može se smatrati i nedostatak građevinskih materijala za ugradbu kada je to posljedica nepredvidivih promjena na tržištu (nije poznato je li bilo takvih slučajeva). Iako je veći dio ispitivanja proveden tijekom pandemije bolesti COVID-19, nitko to nije naveo kao uzrok izgubljenog vremena. Za najveći dio gubitaka vremena u FDS-u i CQ-u kategoriziranih pod „ostalo“ (3,21 %) odgovoran je izvođač (loša organizacija gradilišta, loše upravljanje, pušenje i dr.). Odgovornost u odnosu na ukupne rezultate ispitivanja poslovođa / voditelja građenja i građevinskih majstora razvrstana je u tablici 7.13.

Tablica 7.13 Podjela prema odgovornosti za gubljenje radnog vremena radnika utvrđenog s pomoću FDS-a i CQ-a

Odgovornost investitora/ konzaltinga/ projektanta	Viša sila	Odgovornost izvođača (loše upravljanje/organiziranje, planiranje i nadziranje i nedostaci radne snage)
- ponavljanje prije napravljenog rada zbog greški ili promjena projekta - čekanje na informacije / upute za rad.	- loši vremenski uvjeti (jaka kiša, velika vrućina) - ostalo dijelom – oko 25 % gubitaka (nepredviđeni uvjeti pod zemljom, nestanak el. energije).	- ponavljanje i popravci prije napravljenog rada zbog greški radnika / pri ugradbi (slabo znanje i nemar radnika), zbog nedostatka nadzora ili uputa za rad - neraspoloživost materijala - neraspoloživost potrebnih strojeva i druge opreme za rad - neraspoloživost potrebnog, odgovarajućeg alata, - loše stanje/kvar strojeva - čekanje da drugi naprave svoj posao - čekanje na svoje radnike (s kojima treba odraditi posao) - nepotrebno kretanje/pokreti (radnje) - neraspoloživost opreme za zaštitu na radu / nesiguran rad - ostalo dijelom – oko 75 % gubitaka (loša organizacija gradilišta, loše upravljanje, pušenje i dr.).
15,63 %	10,65 %	73,72 %

Izračunati postotak izgubljenog radnog vremena u tablici 7.13 na koje izvođači mogu djelovati zapravo je blizu u poglavlju 7.1.6 utvrđenom postotku ispitivanih utjecajnih čimbenika koji bi trebali biti pod kontrolom izvođača. To je bilo 64,56 % utjecaja, ali mora se uzeti u obzir da terenska ispitivanja ne registriraju sve

uzroke za koje nije odgovoran izvođač, a koji su bili obuhvaćeni anketno ispitivanim čimbenicima produktivnosti. Neplaćanje investitora i čekanje na dozvole dva su čimbenika s utvrđenim udjelom u negativnom djelovanju od 8,23 %. Ostala razlika može se objasniti donekle pretjeranim ocjenjivanjem utjecaja vremenskih uvjeta u anketama i nemogućnosti evidentiranja većeg udjela gubljenja vremena FDS-om i CQ-om u razdoblju kada su ta ispitivanja provedena.

Dakle, može se zaključiti da su izvođači odgovorni za gotovo tri četvrtine FDS-om i CQ-om utvrđenog gubitka radnog vremena radnika, a to je 18,7 % izgubljenih radnih sati ($0,74 \times 25,4 \%$). Usvajanjem pretpostavke o gubicima vremena koji nisu evidentirani ovim metodama, postotak izgubljenog vremena povećava se na 25,1 % ($0,74 \times 34 \%$).

Gledajući samo te gubitke na plaćenom, a neiskorištenom vremenu rada radnika, vidi se koliko je veliko postojeće područje za poboljšanja i uštede primjenom odgovarajućih mjera u djelokrugu mogućeg djelovanja izvođača radova. Još dodatno povećanje produktivnosti i profitabilnosti poslovanja izvođača moguće je postići reduciranjem dijela pomoćnih radova.

8. MJERE IZVOĐAČA ZA SMANJENJE GUBITAKA VREMENA I POBOLJŠANJE PRODUKTIVNOSTI

8.1 Prostor i prepreke za poboljšanja

I pored prepreka koje otežavaju postizanje veće produktivnosti u građevinarstvu zbog karakteristika ove djelatnosti [Dvornik-Perhavec i Vidaković, 2023] i negativnih utjecaja investitora, više sile i treće strane, postoji veliki prostor za izvođače da unaprjeđenjem izvođenja građevinskih procesa smanje gubitke vremena i novca [Picard, 2013]. Uz to, izvođači odgovarajućim postupanjima mogu umanjiti i gubljenje vremena za koje nisu primarno ili sami odgovorni (kada gubici nastaju zbog više istovremenih utjecaja). Također, mogu biti fleksibilni i što više koristiti kada se ukažu pojedine neplanirane prilike za uštedu radnog vremena i produktivniji rad.

Neki problemi koji ometaju značajnije povećanje produktivnosti kod građevinskih izvođača duboko su ukorijenjeni, ponekad povezani i s kulturom [Horner i Duff, 2001]. Horner i Duff, (2001) i Attar i sur. (2012) naglašavali su problem slabe predanosti kontinuiranom poboljšanju produktivnosti u ovoj djelatnosti, a Strandberg i Josephson (2005) opazili su da izvođači i značajne gubitke radnog vremena uobičajeno prihvaćaju kao nešto sasvim normalno i to često niti ne pokušavaju umanjiti. Koskela (1992) i de Araujo i sur. (2012) smatraju kako nepotpuno razumijevanje gubitaka vremena i zanemarivanje aktivnosti koje ne dodaju vrijednost otežava postizanje veće produktivnosti u građevinarstvu.

Kroz više od pola stoljeća bavljenja produktivnosti u građevinarstvu brojni autori studija sugerirali su razna rješenja za poboljšanja. Formbes i Ahmed (2011) pišu da postoje dokazi da je poboljšana produktivnost povezana s razinama istraživanja i razvoja u djelatnosti. Naoum (2016) smatra da je poboljšanje produktivnosti još uvijek područje koje iziskuje mnogo istraživanja kako bi se utvrdio odnos između produktivnosti i modernih koncepata optimizacije izvedbe te odredio njihov potencijal u praktičnom kontekstu.

U osnovi, poboljšanje produktivnost moguće je postići [Porier i sur., 2015], [Green, 2016]:

- smanjivanjem ulaganja, odnosno ulaza za dobivanje iste količine proizvodnje, odnosno izlaza
- povećanjem količine proizvodnje s istim ulaganjem ili dijelom smanjenjem ulaganja i dijelom povećanjem proizvodnje
- povećavanjem ulaganja uz povećanje produktivnosti, ali u mjeri većoj od vrijednosti povećanja ulaganja.

Green (2016) ističe da je najbolja kombinacija smanjenja ulaganja i povećanja količine proizvoda, a Gelo i Družić (2015) smatraju da je u Hrvatskoj posebno zanimljiv rast proizvodnje bez povećanja ulaganja.

Konvencionalni pristup poboljšava produktivnost maksimiziranjem aktivnosti koje dodaju vrijednost, dok *Lean* u građevinarstvu teži poboljšanju minimiziranjem udjela „otpada“, odnosno usmjeren je na eliminiranje vremena koje ne donosi nikakvu vrijednost [Buzby i sur., 2002], [Emuze i sur., 2014]. Prema tome, podizanje razine produktivnosti postiže se smanjenjem neproduktivnog vremena radnika i strojeva i prijenosom tih radnih sati na rad koji donosi dodanu vrijednost. Gubici radnog vremena predstavljaju skrivene troškove rada i njihovo uklanjanje treba biti neprekidan proces postupnog usavršavanja. To je naročito važno na velikim i složenim projektima, jer na njima je potencijal za gubitak više tisuća ili čak desetaka tisuća radnih sati, što dovodi do visoke razine rizika [MCA, 2016].

8.2 Praćenje produktivnosti u funkciji njenog poboljšanja

Upravljanje produktivnošću temelji se na prikupljanju, dostupnosti i korištenju informacija tijekom građenja [de Araujo i sur., 2012]. Prema ILO-u (1992), mjerenje rada koristi se za istraživanje, smanjenje i konačno uklanjanje neproduktivnog vremena radnika i strojeva. To je uskladu s *Lean* pristupom kod kojeg je prvi korak mjerenje „otpada“ u proizvodnji koja se želi unaprijediti [Alwi

i sur., 2002a]. Onim što se mjeri može se i upravljati [Eckerson, 2009] i mnogi autori (npr. McTague i Jergeas (2002), Daneshgari i Moore (2011), Jarkas i Bitar (2011), Shehata i El-Gohary (2011) i Abukhalaf i Abusal (2021)) naglašavaju da se produktivnost u građevinarstvu može poboljšati samo ako se prethodno izmjeri na odgovarajući način te tako utvrdi postojeće stanje korištenja radnog vremena.

Usporedba s drugim projektima ili tvrtkama temelj je za odlučivanje o poboljšanju produktivnosti [Park, 2006] i mjerenje produktivnosti nije jednokratni zadatak [Liou i Borchering, 1986]. Kontinuirano praćenje produktivnosti omogućuje pravovremeni uvid u gubitke koji se događaju i određivanje potrebe i mogućnosti njenog unaprjeđenja. Nekada je moguće mjere unaprjeđenja produktivnosti primijeniti već na realizaciji tekućeg, praćenog projekta, a nekada će se stečena saznanja iskoristiti za planiranje i upravljanje realizacijom budućih projekata (npr. za listu rizika, interne normative vremena, procjenu produktivnosti i dr.) [Vidaković i Marenjak, 2019], [Venkatesh i Saravana Natarajan, 2019].

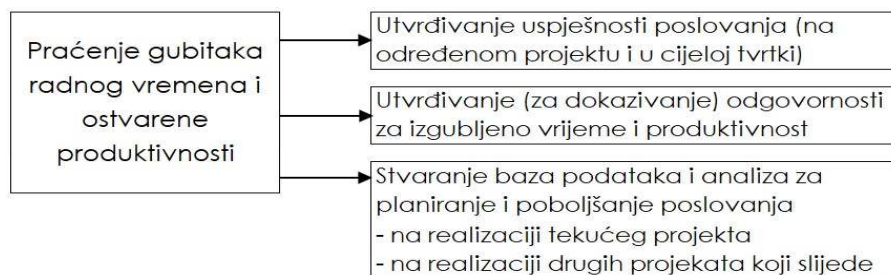
Nguyen i Chileshe (2015) zaključili su da se pravodobnim identificiranjem kritičnih čimbenika može izbjeći neuspjeh projekta. Kako bi se znalo na što se treba primarno usredotočiti i shodno tome odrediti najbolje mjere poboljšanja produktivnosti, treba što jasnije odrediti uzroke gubitaka i što zaista ograničava povećanje produktivnosti [Neve i sur., 2020]. Bez uklanjanja problema identificiranih „na licu mjesta“ povećanje produktivnosti neće biti uspješno [Olomolaiy, 1988]. Zato su Mojahed i Aghazadeh (2008), Rivas i sur. (2011) i Thomas i Sudhakumar (2014) identifikaciju utjecajnih čimbenika odredili kao prvi korak koji treba poduzeti za poboljšanje produktivnosti građenja. Obrada izvješća o neželjenim događajima koji su se dogodili ili bi se mogli dogoditi i utjecati na izvedbu građevinskih radova dovodi do boljeg shvaćanja njihovih uzroka, a onda i do sustavnih promjena koje će ih ubuduće spriječiti [Nerwal, 2011].

U skladu sa svim tim su preporuke koje izvođačima daje Horner (2020):

- unaprijediti kod menadžmenta razumijevanje uzroka smanjenja produktivnosti i načina za njeno povećanje
- periodično mjeriti ostvareni izlaz po satu rada radnika i strojeva
- prikupiti podatke i analizirati uzroke svih zastoja dužih od 15 minuta
- konstantno koristiti odgovarajući pokazatelj za poticanje unaprjeđenja.

Uz to, poželjno je prepoznati primjere dobre prakse [de Araujo, 2012], kako u vlastitoj tvrtki, tako i šire u struci.

Slika 8.1 pokazuje koje sve koristi može biti od odgovarajućeg praćenja izvedbe.



Slika 8.1 Usmjeravanje podataka o ostvarenoj produktivnosti i gubljenju radnog vremena (nadopunjeno od [Adebowale i Agumba, 2023])

I pored svega rečenog, neki menadžeri ipak tvrde da je redovito praćenje rada previše posla i da ulaganje resursa u to nije dovoljno nagrađeno vrijednošću informacija koje se dobivaju [MCAA, 2016].

Mjerenje izvedbe treba biti pregledno i ažurirano kao tekući proces [Benon i Milton, 2010] i za to je potrebno formiranje odgovarajućeg podsustava. Svim uključenim djelatnicima treba pojasniti ciljeve i pružiti odgovarajuću obuku i informacije. Problem može biti kada oni koji prikupljaju podatke to obavljaju uz druga zaduženja, koja su obično prioritetnija [Poirier i sur., 2015]. Zato Shinde i Hedao (2017) smatraju da treba uvesti funkcije zadužene za unaprjeđenje produktivnosti u tvrtki. Venkatesh i Saravana Natarajan (2019) preporučuju formiranje jezgre tima za mjerenje, praćenje i poboljšanje produktivnosti. Osnovni tim trebao bi se sastojati od zaposlenika na najvišim razinama uprave do nadzornika na terenu tj. poslovođa.

8.3 Mjere poboljšanja preporučene u prethodnim studijama

8.3.1 Vrste mjera za poboljšanje produktivnosti

Mjere poboljšanja produktivnosti u osnovi mogu biti organizacijske i tehnološke. Glavne i pomoćne organizacijske mjere su priprema (npr. vremensko planiranje potrebne radne snage, strojeva i druge opreme i materijala, ispitivanje terenskih uvjeta te organizacija prostora na gradilištu i priprema uvjeta rada), organizacija transporta radnika i materijala, obučavanje, pravovremeno informiranje i stručna kontrola (ispravnosti i kvalitete rada, opreme, prostora za rad i dr.), motiviranje radnika, vođenje uz davanje pozitivnih primjera, organizacija izvođenja radova na siguran način itd. Tehnološke mjere odnose se na uvođenje tehnologija koje pružaju mogućnost rada s manje radnika i manje kvalificiranih radnika te trošenje manje radnih sati za istu količinu rada (upotreba pogodnijih alata, strojeva i druge opreme). U tehnološke mjere može se uvrstiti i uporaba naprednih sredstava zaštite na radu, komunikacije i nadzora, kao što su kamere, dronovi i računalni programi.

Postoje i različite druge klasifikacije mjera za rast produktivnosti građevinskih radova. Neki autori organizacijske mjere dijele na mjere upravljanja i organizacije rada i socio-ekonomske i socio-psihološke čimbenike, kako pokazuje slika 8.2.



Slika 8.2 Podjela mjera za rast produktivnosti rada (prema [Gapizov, 2004], [Efimenko, 2008], [Jergas, 2009] i [Nosko, 2019])

Hwang i sur. (2020) su kao posebne grupe mjera izdvojili one u svezi ljudskih resursa, logistike, planiranja te komunikacije i upravljanja na gradilištu.

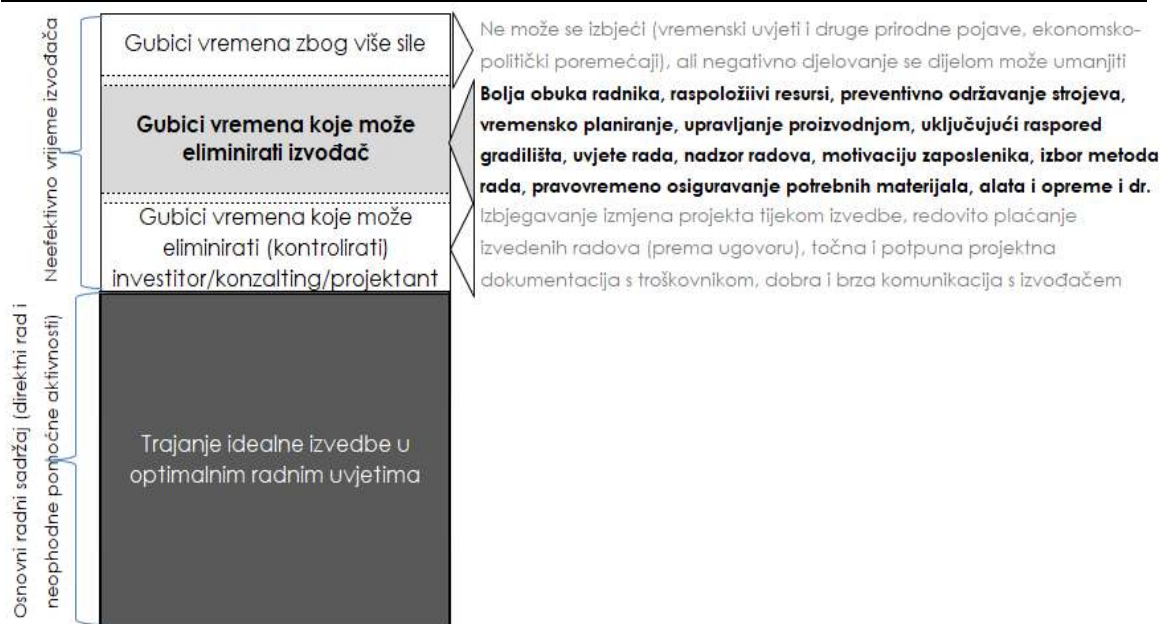
Kiselica i sur. (2021) su čimbenike povećanja produktivnosti rada podijelili na:

- znanstveno-tehničke (promjena tehničke razine proizvodnje, ovladavanje novim generacijama opreme, korištenje naprednih tehnologija i automatiziranih sustava i sl.)
- strukturne pomake (promjene u strukturi i obujmu proizvodnje i usluga, udjela kupljenih komponenti i poluproizvoda i sl.)
- ekonomske (upravljanje radnim procesima, planiranje i organizacija proizvodnje, uvjeti rada i sl.)
- društvene (kvalifikacijska struktura, kvalitativni i kvantitativni sastav radne snage, motivacijske karakteristike itd.).

Vam Tam (2024) je scijentometrijskom analizom 710 članaka u građevinskim časopisima u razdoblju između 2000. i 2023. godine kao glavne preporuke za povećanje produktivnosti rada u građevinarstvu definirao:

- poboljšanje vještina građevinske radne snage
- jačanje motivacije građevinske radne snage
- unaprjeđenje sposobnosti upravljanja na gradilištima
- poboljšanje radnog okruženja i komunikacije na gradilištu (uključujući sigurnost i očuvanje zdravlja)
- usvajanje tehnoloških dostignuća (poticanje uvođenja naprednih tehnologija u realizaciju građevinskih projekata kao što su umjetna inteligencija, robotika, dronovi, automatizacija, virtualna stvarnost, internet stvari i BIM).

Više mjera poboljšanja produktivnosti iz različitih grupa može se kombinirati i nadopunjavati. Na slici 8.3 naglašeno je područje djelovanja različitih mjera za smanjenje evidentiranog gubljenja radnog vremena na aktivnostima izvođenja građevinskih projekata. U ovom slučaju se kao gubljenje vremena na koje se može utjecati smatra i pomoćne aktivnosti koje se mogu izbjeći, a da se ne naruši kvaliteta i sigurnost radova.



Slika 8.3 Moguće mjere izbjegavanja gubitaka radnog vremena na izvođenju građevinskih projekata

Organizacijske mjere mogu poboljšati produktivnost i radnika i strojeva, dok su tehnološke mjere u većoj mjeri usmjerene na produktivnost strojeva, odnosno prijelaz s ručnog rada na mehanizirane procese. Stoga produktivnosti rada dobro pokazuje poboljšanja postignuta organizacijskim mjerama u svezi rada radnika i rada strojeva, dok je u slučaju ulaganja u opremu za rad, kojima se primarno povećava produktivnost strojeva, za iskazivanje poboljšanja pogodna produktivnost kapitala.

Velika većina mjera koje se predlažu za poboljšanje produktivnosti u domeni su izvođača radova. U tablici 8.1 je detaljni pregled mjera izvođača za povećavanje produktivnosti danih od autora prethodnih istraživanja. Mjere su razvrstane u grupe prema sličnosti područja na koja djeluju, odnosno koja unaprjeđuju, ali te grupe mjera su u svojoj provedbi nekada djelomično povezane (npr. motivacija i upravljanje radnicima ili upravljanje vremenom i organizacija izvođenja radova).

Tablica 8.1. Mjere za povećanje produktivnosti rada u građevinarstvu i autori koji su ih preporučili

Mjere unaprjeđenja	Način djelovanja	Autori koji preporučuju
Radna snaga	odgovarajuća obuka radnika (pružanje mogućnosti za uvježbavanje i razvoj), <i>team building</i> i zapošljavanje što više radnika na duže vrijeme te dugoročni razvoj radne snage	[ILO, 1992], [Serpell i Alarcón, 1998], [Rowlinson i Proctor, 1999], [Horner i Duff, 2001], [Bandyopadhyay i Smith, 2004], [Jergeas, 2009], [Attar i sur., 2012], [Dharani, 2015], [Green, 2016], [Sukumar i Kumar, 2016], [Buli, 2017], [Kozlov, 2018]
Nadzor izvedbe	pravovremeni, intenzivni, kompetentni nadzor na mjestu izvođenja, s davanjem jasnih uputa, te manji broj radnika po nadzorniku	[Serplell, 1996], [Rowlinson i Proctor, 1999], [Goodrum i Haas, 2002], [Bandyopadhyay i Smith, 2004], [Valverde-Gascueña i sur., 2011], [Attar i sur., 2012], [de Araujo i sur., 2012], [Aziz i Hafez, 2013], [Dharani, 2015], [Jamadagni i Birajdar, 2015], [Khan i Ajmal, 2015], [Sukumar i Kumar, 2016], [Kozlov, 2018]
Motivacija radnika	vrsta ugovora o poslu s radnicima i način obračuna plaća, isplata plaće na vrijeme i pod jasnim uvjetima te motivacija kroz različite programe (stvaranje motivirajućeg radnog okruženja različitim poticajima – bonusi, nagrađivanje najboljeg djelatnika, stvaranje konkurentskog okruženja itd.)	[Dozzi i AbouRizk, 1993], [Serplell, 1996], [Zakeri i sur., 1997], [Kaming i sur., 1998], [Rowlinson i Proctor, 1999], [Efimenko, 2008], [Jergeas, 2009], [Naoum i sur., 2009], [Parkin i sur., 2009], [Kalsas, 2010], [Attar i sur., 2012], [Gundechea, 2012], [Dharani, 2015], [Jamadagni i Birajdar, 2015], [Khan i Ajmal, 2015], [Funso i sur., 2016], [Hiyassata i sur., 2016], [Sukumar i Kumar, 2016], [Buli, 2017], [Kozlov, 2018], [Venkatesh i Saravana Natarajan 2019]
Upravljanje radnicima	prikladne mjere za održavanje radne discipline, odgovarajući stil vođenja, primjena modernih tehnika upravljanja (prijateljski odnos s radnicima i međusobno povjerenje, podizanje radnog morala, stvaranje zadovoljavajućeg radnog okruženja – stvaranje zajedničke kulture i timskog duha itd.), efikasni sustav komuniciranja i koordiniranja, učinkovito korištenje vještina radnika, dobro definirana odgovornost, određivanje vođe i balansiranje radne grupe	[ILO, 1992], [Serplell, 1996], [Serpell i Alarcón, 1998], [Rojas i Aramvareekul, 2003], [Efimenko, 2008], [Ailabouni i sur., 2009], [Abdel-Wahab i sur., 2008], [Jergeas, 2009], [Shehata i El-Gohary, 2011], [de Araujo i sur., 2012], [Gundechea, 2012], [Attar i sur., 2012], [Pi-card, 2013], [Hughes i Thorpe, 2014], [Dharani, 2015], [Hiyassata i sur., 2016], [Naoum, 2016], [Buli, 2017], [Thomas i Ellis, 2017], [Uddin i sur., 2017], [Kozlov, 2018], [Dixit, 2021]
Upravljanje materijalima, alatima i opremom	osiguranje potrebne raspoloživosti materijala pravovremenom nabavom u dovoljnim količinama (s pomoću detaljnog plana nabave, automatskog praćenja materijala, unaprjeđenja transporta i dr.)	[Serplell, 1996], [Serpell i Alarcón, 1998], [Rowlinson i Proctor, 1999], [Adrian, 2008], [Attar i sur., 2012], [Shehata i El-Gohary, 2011], [Gundechea, 2012], [Dharani, 2015], [Jamadagni i Birajdar, 2015], [Sukumar i Kumar, 2016], [Ghate i Minde, 2016], [Gurmu i Aibinu, 2017], [Shinde i Hedao, 2017], [Uddin i sur., 2017], [Thomas i Ellis, 2017]
Upravljanje vremenom	efikasno vremensko planiranje s odgovarajućim metodama i planovima i njihovo ažuriranje u skladu s promjenama i odstupanjima od ostvarenog (uključuje redovite, dovoljno česte sastanke za praćenja napretka), kratkoročno operativno planiranje, izbjegavanje prekovremenog rada, planiranje alternativnih	[ILO, 1992], [Dozzi i AbouRizk, 1993], [Serplell, 1996], [Serpell i Alarcón, 1998], [Horner i Duff, 2001], [Ballard i sur., 2003], [Adrian, 2008], [Efimenko, 2008], [Jergeas, 2009], [Valverde-Gascueña i sur., 2011], [de Araujo i sur., 2012], [Aziz i Hafez, 2013], [Dharani, 2015], [Jamadagni i Bi-rajdar, 2015], [Green, 2016], [Hiyassata i sur., 2016], [Naoum, 2016], [Sukumar i Kumar, 2016], [Thomas i Ellis, 2017], [Uddin i sur., 2017], [Kozlov, 2018]

	aktivnost za radne grupe i <i>Lean</i> koncept „Posljednjeg planera“	
Organizacija izvođenja radova	pojednostavljenje procesa rada i radnih zadataka, organiziranje cikličnog obavljanja radnih zadataka i izbjegavanje preklapanja rada više grupa na istom prostoru	[Valverde-Gascueña i sur., 2011], [Picard, 2013]
Uvjeti za rad na gradilištu	siguran rad – briga o zaštiti na radu (kontinuirana obuka i sastanci za sigurnost na radu), održavanje čistoće radnog mjesta, osiguravanje dovoljne osvjetljenosti, sadržaji na gradilištu za potrebe radnika i optimalan raspored gradilišta (materijal lako pristupačan i dobro raspoređen i dr.)	[Dozzi i AbouRizk, 1993], [Serplell, 1996], [Rowlinson i Proctor, 1999], [Bandyopadhyay i Smith, 2004], [Adrian, 2008], [Valverde-Gascueña i sur., 2011], [Attar i sur., 2012], [Gundecha, 2012], [Hughes i Thorpe, 2014], [Dharani, 2015], [Ghate i Minde, 2016], [Green, 2016], [Naoum, 2016], [Sukumar i Kumar, 2016]
Metode rada – naprednije tehnologije	uporaba novih, naprednijih tehnologija za organizaciju i obavljanje aktivnosti (uključujući prefabrikaciju, nove materijale, informatizaciju i dr.)	[Olomolaiyi, 1988], [Serplell, 1996], [Serpell i Alarcón, 1998], [Rojas i Aramvarekul, 2003], [Haskell, 2004], [Adrian, 2008], [Eastman i Sacks, 2008], [Efimenko, 2008], [Goodrum i sur., 2009], [Huang i sur., 2009], [Chapman i sur., 2010], [Jarkas, 2010], [Malisiovas, 2010], [Yi i Chan, 2013], [Loosemore, 2014], [Safa i sur., 2016], [Green, 2016], [Naoum, 2016], [Porier i sur., 2016], [Sukumar i Kumar, 2016], [Uddin i sur., 2017], [Kozlov, 2018], [Venkatesh i Saravana Natarajan 2019], [Horner, 2020], [Zulu i sur., 2023]
Održavanje radne opreme	preventivno održavanje – sprječavanje kvarova i mogućnost brzog reagiranja na kvarove (npr. održavanje vikendima)	[ILO, 1992], [Serplell, 1996], [Serpell i Alarcón, 1998], [Kozlov, 2018], [Gurmu i Aibinu, 2017], [Dixit, 2021]
Podizvođači	dobar odnos glavnog izvođača s podizvođačima i njihovo rano uključivanje u projekt	[Loosemore, 2014]

S obzirom na to da se višestruko veći broj prethodnih istraživanja bavio produktivnošću rada radnika ili općenito izvođenjem radova u kojem uglavnom dominira rad radnika, u tablici 8.1 pretežito su zastupljene organizacijske mjere poboljšanja.

Tablica pokazuje i da mnogi autori smatraju ulaganja u nove tehnologije izrazito važnima za produktivnost, jer građevinarstvo općenito pati od niske razine ulaganja i inovacija, pa se nove tehnologije ne prihvaćaju u potpunosti kao u drugim sektorima [Arnorsson, 2012], [Myers, 2013], [A guide to improving productivity]. Naoum (2016) smatra posebno važnim ulaganje u informacijsku

tehnologiju i integraciju informacijskog sustava za upravljanje materijalima na gradilištu, za nadzor te općenito za pomoć pri koordinaciji radnih grupa i dobivanje točnih informacija za brže i bolje odlučivanje. Zulu i sur. (2023) na temelju kritičke analize 60 članaka pišu kako digitalizacija može djelovati na povećanje produktivnosti u građevinarstvu preko sigurnosti i boljeg života radnika, boljeg planiranja, suradnje i komunikacije, razvoja vještina i minimizacije pogrešaka uslijed kojih se gubi vrijeme. Naravno da takve tehnologije pomažu i u svezi djelovanja na produktivnost investitora, konzaltinga i projekatanta.

8.3.2 Djelovanja uprave

Rojas i Aramvareekul (2003) smatraju da uvođenje novih tehnika ili tehnologija u građevinarstvu može biti korisno, ali nije dovoljno za poboljšanje produktivnosti jer je to prije svega pitanje koje treba rješavati uprava [Venkatesh i Saravana Natarajan 2019] i ne može se pre naglasiti važnost upravljanja za produktivnost [English i Marchione, 1983]. Sukumar i Kumar (2016) te Venkatesh i Saravana Natarajan (2019) ističu koliko je važno da na svim razinama upravljanja, od vrha do dna organizacije izvođača postoji predanost većine djelatnika poboljšanju produktivnosti.

Preko svih navedenih mjera u prethodnim studijama uprava izvođača na različitim razinama ima mogućnosti za poboljšanje produktivnosti - od strateškog planiranja i odlučivanja o ulaganjima u opremu do pripreme i logističke podrške za svaki projekt i organizacije izvedbe te vođenja i nadzora radnika na operativnoj razini. Učinkovito upravljanje može donijeti velike uštede u vremenu i troškovima [Naoum, 2016]. Rast zrelosti upravljanja na terenu Picard (2013) je stavio u korelaciju s učinkovitijim procesima građenja, kojima se postiže smanjenje utrošenih sati rada. Klanac i Nelson (2004) napominju da na projektu kojim se loše upravlja može biti prekomjernog korektivnog rada, koji dovodi do slabe produktivnosti izvedbe. Dakle, da bi se postiglo povećanje produktivnosti treba poboljšati menadžment [Tucker, 1986] i primijeniti dobre prakse upravljanja [Gurmu i Aibinu, 2017].

Mei (2006) smatra da općenito postoje tri kategorije ograničenja produktivnosti rada u građevinarstvu, koje su sve pod kontrolom menadžmenta:

- čimbenici „potrebe za“ – uključuju sadržaj posla, plaćanje, radne uvjete, fizičke kapacitete i društvo (međusobni odnosi i atmosfera na poslu)
- čimbenici „znati kako“ – upute i priprema (obučavanje i uvježbavanje)
- omogućavajući čimbenici – organizacija, sirovine / građevinski materijali, alati za rad, informacije i vrijeme za rad.

Literatura ističe važnost različitih elemenata, odnosno funkcija upravljanja za produktivnost. Za smanjenje zastoja i gubitaka vremena potrebno je što bolje korištenje raspoloživih resursa [Stocker i sur., 2015]. Naoum (2016) smatra kako se to može postići odgovarajućim planiranjem radnih procesa i optimalnim izborom metoda rada i resursa za rad, uz osiguravanje njihove pravovremene raspoloživosti na gradilištu. Brito (2021) zaključuje kako je važno da izvođači usvoje inovativne sustave planiranja te da imaju učinkovito i detaljno planiranje rada. Planiranje je osmi čimbenik po utjecaju na produktivnost prema objedinjenim rezultatima inozemnih istraživanja, a direktno je povezano s još nekoliko drugih visokorangiranih utjecajnih čimbenika.

Produktivnost je rezultat učinkovitosti upravljanja građevinskim resursima [El-Gohary i Aziz, 2014], [Rahman i sur., 2013], a poglavito je povezana s učinkovitom upotrebom radne snage i to one kvalificirane [Dai i Goodrum, 2012], [Nurhendi i sur., 2021]. U skladu s tim, Rojas i Aramvareekul (2003) smatraju da su vještine upravljanja i planiranje radne snage područja koja imaju najveći potencijal za utjecaj na produktivnost. To postaje iznimno važno u situaciji kada su kvalificirani radnici deficitarni. Odgovornost uprave kroz planiranje, kontroliranje i koordiniranje korištenja resursa na gradilištima raste s povećanjem veličine i složenosti projekta [Maloney, 1983].

Prema istraživanju Daia i sur. (2009), mišljenje je građevinskih radnika da se većina negativnih čimbenika koji utječu na njihovu produktivnost može riješiti od strane gradilišne uprave. To mogu biti npr. samo promjene u rasporedu mjesta rada ili bolje raspoređen materijal na gradilištu. Mnogi organizacijski,

ljudski i tehnički čimbenici koji određuju razinu produktivnosti izvođača izravno su u djelokrugu kontrole i djelovanja uprave gradilišta, stoga Naoum (2016) za poboljšanje produktivnosti preporučuje decentralizaciju ovlasti za odlučivanje na projektima i veću razinu utjecaja uprave gradilišta.

Naoum (2016) gleda na stil upravljanja i vođenja kao na kišobran koji pokriva većinu čimbenika koji utječu na produktivnost rada na gradilištu. Dixit (2021) je analizirao utjecaj upravljanja na produktivnost izvedbe građenja i ispitivanjem utvrdio da su socijalne vještine voditelja timova jedan od najvažnijih čimbenika. Stilovi upravljanja povezani su sa zadovoljstvom podređenih, stopom fluktuacije radnika i pritužbi kao i međugrupnim sukobima. Studije koje su istraživale odnos između stilova vođenja i stope produktivnosti ukazuju da se zadovoljstvo zaposlenika najviše postiže karizmatičnim i participativnim ponašanjem menadžmenta [Naoum, 2016]. Thomas i Sudhakumar (2014) smatraju da se može očekivati kako uključivanje radne snage u planiranje i donošenje odluka osigurava njihovu suradnju u inicijativama za povećanje produktivnosti.

Prikladna motivacija radnika uvijek je jako važna za maksimiziranje njihove produktivnosti [Kazaz i sur., 2008], [Khan i Ajmal, 2015]. Mnoga ispitivanja utjecaja na produktivnost rada u građevinarstvu utvrdila su visok rang čimbenika motivacije ili čimbenika koji utječu na motivaciju. Uprava mora biti svjesna važnosti motivacije te raditi na izgradnji atmosfere suradnje u organizaciji tako da radnici vide da su cijenjeni, a njihove motivacijske potrebe da se zadovoljavaju [Thomas i Sudhakumar, 2014]. Kalburgi i Dinesh (2010) i Naoum (2016) ističu kako će radnici imati višu razinu motivacije kada su uključeni u proces upravljanja i ako shvate da je upravi stalo do njihove dobrobiti.

Osim produktivnosti, motivacija radnika pridonosi i njihovoj lojalnosti [Funso i sur., 2016], a time i rješavanju kadrovskih pitanja. Mogućnost karijernog rasta koji prati usavršavanje na poslu smanjuje fluktuaciju radne snage.

Djelovanje motivatora nije isto za sve radnike i za sve životne situacije [Maslow, 1970], [Ray i Raju, 2009], [Naoum, 2016] i način motiviranja treba prilagoditi psihološkim karakteristikama, odnosno osobnim preferencijama radnika. Dai i

Goodrum (2012) i Maqsoom i sur. (2022) ispitivanjem su utvrdili kako se motivatori razlikuju po generacijama radnika u građevinarstvu te da je utjecaj zadovoljstva poslom na radni učinak veći kod mladih nego kod starih radnika. Istraživanje Borcheringa i Garnera (1981) pokazalo je da su građevinski radnici najčešće isticali motivatore niže razine, kao što su plaća i druge novčane beneficije [Thomas i Sudhakumar, 2014]. Važnost financijskih poticaja za građevinske radnike potvrđuje i istraživanje Adekunla i Jha (2024). U današnje vrijeme sve više građevinske radne snage čine migranti koji dolaze u Hrvatsku tražeći bolju zaradu, pa su za njih u pravilu financijski motivatori primarni.

8.3.3 Važnost osobina radnika za produktivnost

Zbog radno intenzivne prirode građevinarstva radna snaga ima jako važnu ulogu u procesima izvedbe građevinskog projekta. Strojevi ne mogu poboljšati produktivnost ako se njima ne upravlja efikasno i zato su stručni radnici ključni za iskorištavanje svih prednosti tehnološkog napretka [Olomolaiy, 1988].

Prasetyo i sur. (2021) utvrdili su kako se produktivnost radnika općenito može stimulirati preko varijabli radne okoline (temperatura, osvjetljenje, buka/tišina, vibracije, sigurnost i dr.) i varijabli discipline (kaznene sankcije, odgovornost, pravednost, predanost na poslu, radni duh, pokazatelji mentalnog stava i dr.).

Za produktivnost radnika vrlo su važne njihove osobine, od kojih prethodna ispitivanja najviše naglašavaju vještine i iskustvo (tablica 5.9 i [Horner i Witehead, 1986], [Tammy i sur., 2019], [Jain i sur., 2020], [Vidaković i sur., 2020]). S boljim, kvalificiranijim radnicima može se bez ugrožavanja kvalitete rada napraviti veće količine u manje vremena [Ghate i Minde, 2016]. Produktivnost radnika zajedno određuju njihova sposobnost i volja za rad [Orando, 2013], a sposobnost ovisi o znanju te mentalnim i fizičkim sposobnostima [Grobler i sur., 2002]. Studije koje su se bavile produktivnošću radne snage često su nedovoljno detaljno sagledavale razlike u sposobnostima radnika [Uwakweh, 2000], [Chan i sur., 2001]. Uz tehničke vještine, kod radnika treba uzeti u obzir i njihove kognitivne (inteligencijske) i nekognitivne vještine (kao

što je emocionalna stabilnost [Kautz i sur., 2014]), koje utječu na voljnost za rad i na korištenje kognitivnih vještina [Brunello i Schlotter, 2011], pa tako imaju velik indirektni utjecaj na produktivnost.

Neke od poželjnih osobina se stječe tijekom vremena ili se s vremenom gube, a neke su immanentne pojedincu [Vidaković i sur., 2020]. U tablici 8.2 pokazano je kako su osobine radnika u građevinarstvu povezane s gubljenjem radnog vremena i produktivnošću. Pri tome iste osobine mogu odrediti veličinu više čimbenika produktivnosti.

Tablica 8.2 Pozitivni utjecaj osobina radnika na produktivnost rada u koji su uključeni

Osobine radnika	Poželjno za produktivnost
vještine (obučenost, iskustvo) i pažljivost	manje pogreški u radu i potreba za ponavljanjem rada ili doradom
dob, zdravlje, snaga (kondicija) i obučenost za rad na siguran način	manji fizički umor i manje ozljeda na radu
spretnost, prilagodljivost, kreativnost i samoinicijativnost	bolja prilagodljivost novim uvjetima na radu
marljivost, disciplina i radne navike, poštenje, lojalnost poslodavcu, moral, religijska uvjerenja i privatni život	manje izostajanja s posla (kašnjenja i ranijeg odlaženja), manje nepotrebnih odmora, besposličarenja i konzumiranja alkohola
sklonost timskom radu	bolji međuljudski odnosi na radu
vještine, spretnost, snaga, zainteresiranost za ostvarenje ciljeva, odnosno zalaganje na poslu	rad višeg intenziteta (brži)

Globalno naglašen problem nedostatka zadovoljavajuće kvalificiranih radnika raste sa starenjem postojeće radne snage u građevinarstvu, što je vrlo izraženo u Hrvatskoj [Cerić i Ivić, 2020]. Izvođači trebaju nastojati zadržati svoje iskusne radnike, ali i privući mlade kvalitetne radnike. Prilikom zapošljavanja građevinskih radnika poslodavac često nema velikog izbora, ali onda je važno tijekom rada prepoznati one koji imaju poželjne karakteristike i nastojati ih poticati da prenose te karakteristike na ostale radnike [Vidaković i sur., 2020].

Čini se da postoji suglasnost o nedostatku vještina među građevinskim radnicima [Ntuli i Allopi, 2014], ali ne postoji univerzalni odgovor kako im najbolje poboljšati vještine [Orando, 2013]. Uprava izvođača najviše može utjecati na osobine svoje radne snage kroz obučavanje uz rad, uz stimulaciju za stjecanje novih kompetencija. U tablici 8.3 povezane su osobine i ponašanje radnika s mjerama s pomoću kojih uprava izvođača može na njih djelovati u cilju povećanja produktivnosti. Neke od tih mjera mogu djelovati na više negativnih čimbenika.

Tablica 8.3 Pozitivna djelovanja uprave izvođača na radnike

Mjere uprave za radnu snagu	Pozitivno djelovanje na problematične osobine i ponašanje radnika
kontinuirano obučavanje i upućivanje radnika	slaba obučenost
pogodna tehnologija i organizacija rada (odgovarajući odmori i dobri uvjeti na gradilištu) i izvođenje radova na siguran način (poticanje radnika na to i nadzor) te općenito skrb o zdravlju	fizički umor i ozljeđivanje na radu
odgovarajuća priprema – informiranje i obuka radnika	slaba prilagodljivost novim uvjetima na radu
redoviti nadzor, stegovne mjere, sustavi poticaja (motivacija) i razvoj dobre organizacijske kulture	izostajanje s posla – kašnjenje i ranije odlazanje, nepotrebni odmori/besposličarenje i konzumiranje alkohola na radu
razvoj dobre organizacijske kulture, dobro vođenje i sastavljanje radnih grupa	loši međuljudski odnosi na poslu
redoviti nadzor, obuka/uvježbavanje radnika i odgovarajuća motivacija	rad slabog intenziteta (usporen)

Nedostatak školovanih građevinskih radnika i pristizanje u građevinarstvo nekvalificiranih radnika i radnika drugih struka koje treba prekvalificirati nameće potrebu za ulaganjem u obuku radnika. Uvođenje novih tehnologija rada zahtjeva cjeloživotno obrazovanje radnika. Konzalting i istražni centar *Deloitte* (2024) kao jednu od dugoročnih strategija za prevladavanje neizvjesnosti i jačanje konkurentnosti u građevinarstvu sugerira ulaganje u

razvoj radne snage kroz edukaciju i stručno usavršavanje, kao i u mjere za sigurnost radnika [Dokonal, 2024].

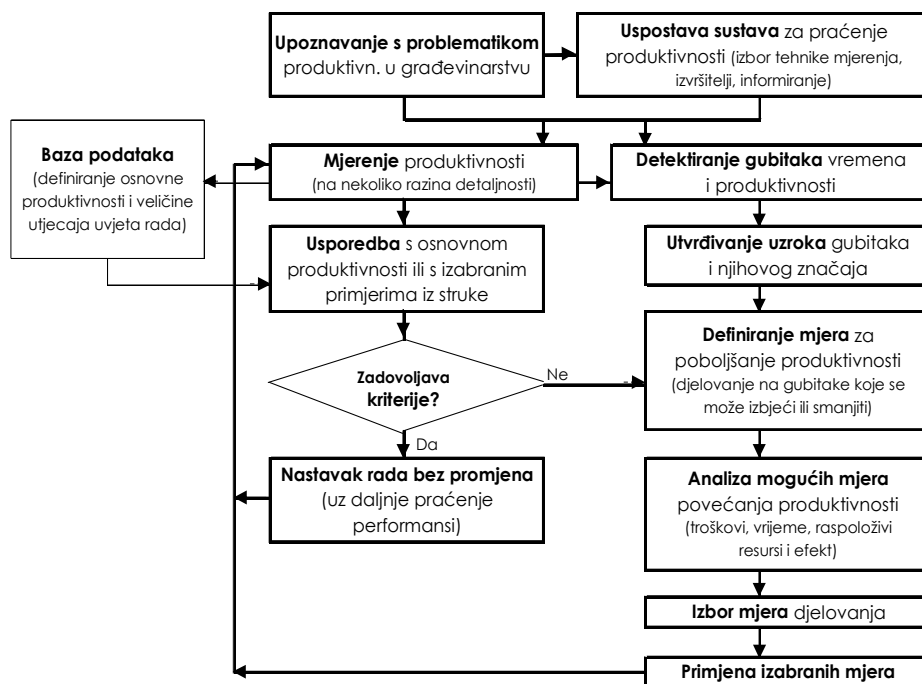
Obuka može biti formalna i neformalna [Olomolaiy, 1988]. Preporučljivi su kratki, ali kontinuirani programi obuke [Gundesha, 2013], kao što su dnevni tečajevi i seminari u obrazovnim ustanovama [Kazaz i sur., 2008]. Fayek i sur. (2006), Hewage i Ruwanpura (2006), Enshassi i sur. (2009) i Ntula i Allopi (2014) najboljim načinom osposobljavanja radnika smatraju interno mentorstvo i usvajanje vještina, a Orando (2013) uz to ističe važnost internog nadzora. Nekvalificirani radnici radeći na gradilištu s dobrim majstorima svog zanata za 5 do 10 godina mogu steći tehničke vještine kvalificiranih radnika [Sukumar i sur., 2016] i sposobnost za samostalni rad. Fester i Haupt (2006) navode da učenje na radnom mjestu pruža temeljna znanja i attribute kompetencija potrebnih za posao u cjelini, što uključuje i aspekte kulture radnog mjesta, radne norme i vrijednosti u organizaciji.

U pravilu, stjecanjem više vještina radnicima se povećavaju prihodi i mogu napredovati na poslu, pa su onda zadovoljniji [Huang i sur., 2009] i više motivirani za rad. Kroz postizanje veće produktivnosti i smanjenje fluktuacije radnika, izostanaka i ponovnog rada zbog grešaka, ulaganja u obuku radnika poslodavcu se višestruko vraćaju [Ntula i Allopi, 2014], [Sukumar i sur., 2016]. Svoje ulaganje u radnike poslodavci mogu zaštititi vežući ih ugovorom za svoju tvrtku.

8.4 Višekriterijski izbor prioriternih mjera unaprjeđenja produktivnosti na temelju rezultata istraživanja u Hrvatskoj

Vrlo je teško odrediti standardne mjere za povećanje produktivnosti građevinske proizvodnje [Dixit, 2021]. Uvijek treba nastojati poboljšati ono što je manjkavo u konkretnom slučaju, s fokusom na ono što uzrokuje najveće gubitke radnog vremena kod izvođača. Model definiran prema tom načelu predlažu Alotaibi i sur. (2016) kao menadžerski alat za ublažavanje djelovanja čimbenika

kašnjenja realizacije građevinskih projekata. Iznalaženje optimalnih mjera za unaprjeđenje produktivnosti Vidaković i Marenjak (2019) prikazali su slikom 8.4. Na njoj se vidi kako se produktivnost unaprjeđuje ciklično, po načelu Demingova kruga, te se nakon primjene mjera nastavlja praćenje produktivnosti i detektiranje eventualnih daljnjih negativnih utjecaja.

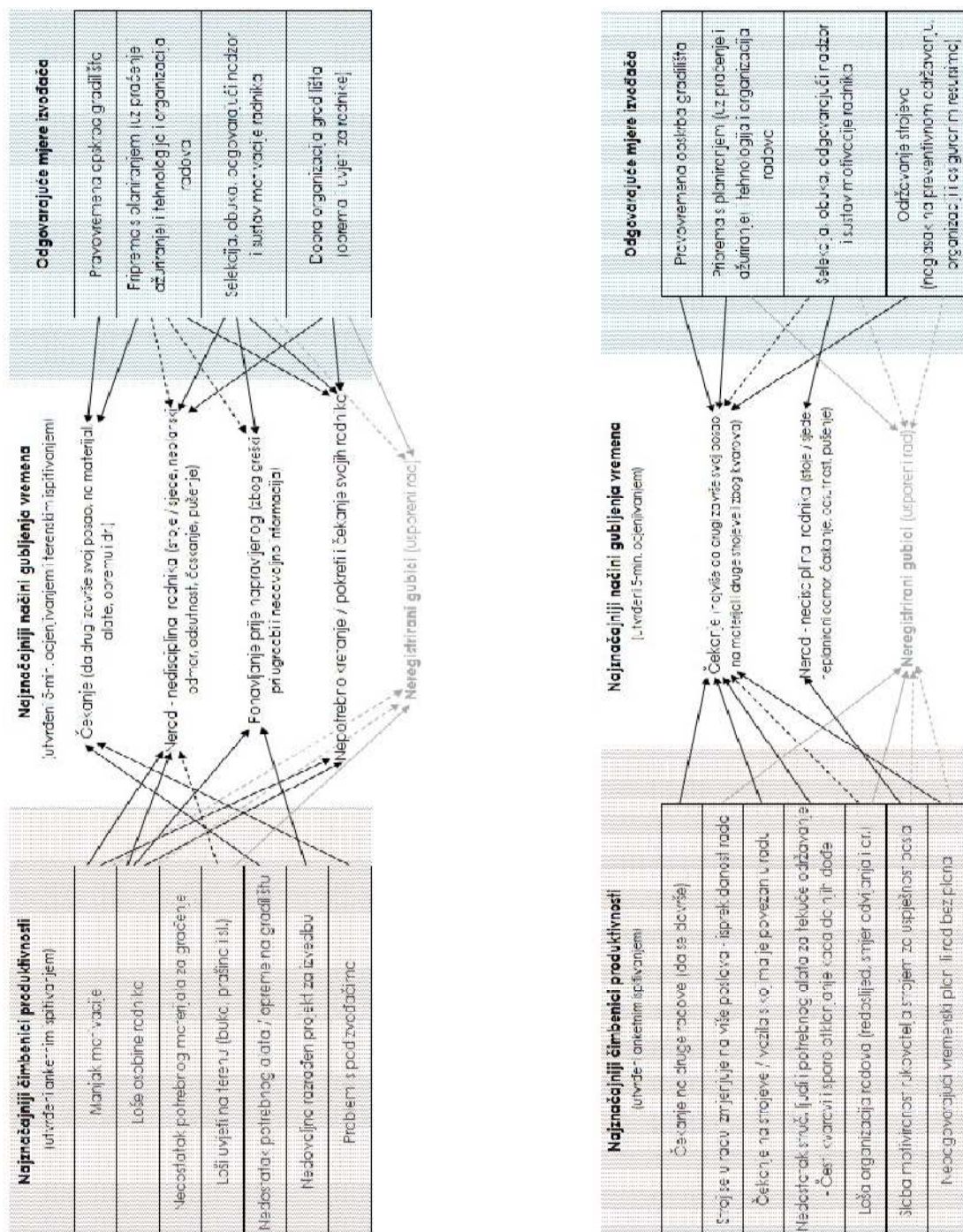


Slika 8.4. Metodologija određivanja najprikladnijih mjera u okviru cikličnog poboljšavanja produktivnosti (prema [Vidaković i Marenjak, 2019])

Za čimbenike produktivnosti treba poznavati jačinu i učestalost negativnog djelovanja, kao i povezanost djelovanja nekih čimbenika na gubljenje radnog vremena. Iz čimbenika koji su u Hrvatskoj prepoznati kao najznačajniji za produktivnost rada vidi se da mjere za njeno povećanje primarno trebaju biti usmjerene na izbor, obuku i motivaciju radnika (i zbog njihovog zadržavanja), te na kvalitetno planiranje, organizaciju i nadzor radova te opskrbu gradilišta potrebnim resursima. Takve mjere provode se:

- kroz dugoročnu poslovnu politiku tvrtke
- kroz pripremu izvedbe projekata
- tijekom izvedbe radova (na gradilištu).

Na slici 8.5 povezani su najznačajniji čimbenici negativnog utjecaja na produktivnost s načinima gubljenja radnog vremena utvrđenih istraživanjem u Hrvatskoj i s tim odgovarajuće mjere izvođača koje preporučuju prethodne studije.



Slika 8.5 Negativni utjecajni čimbenici produktivnosti i pozitivno djelujuće mjere na gubljenje radnog vremena radnika (lijevo) i strojeva na gradilištu (desno)

Crtkane strjelice na slici pokazuju sekundarne pozitivne i negativne utjecaje, odnosno one koji mogu biti, ali ne u svakom slučaju gubljenja radnog vremena. Za produktivnost strojeva vrijedi isto što i za radnike, ali potrebno je i odgovarajuće održavanje. Određene mjere mogu djelovati na više čimbenika gubljenja radnog vremena i produktivnosti.

Planirane mjere poboljšanja trebaju biti realno primjenjive i isplative u odnosu na očekivane rezultate njihovog djelovanja, tj. povećanje produktivnosti. Zato treba imati u vidu količinu posla i vrijeme tijekom kojeg će se ostvariti uštede kroz povećanu produktivnost. Nema smisla birati mjere za koje nema financijskih sredstava ili adekvatnih zaposlenika. Analizom mjera za poboljšanje produktivnosti prepoznata su ograničenja za njihovu primjenjivost. Ona proizlaze iz nedostataka:

- informacija (o kritičnim problemima i njihovim uzrocima)
- znanja i drugih sposobnosti uprave potrebnih za primjenu
- raspoloživih ljudskih resursa
- dostupne tehnološke opreme
- financijskih sredstava
- vremena za provedbu mjera.

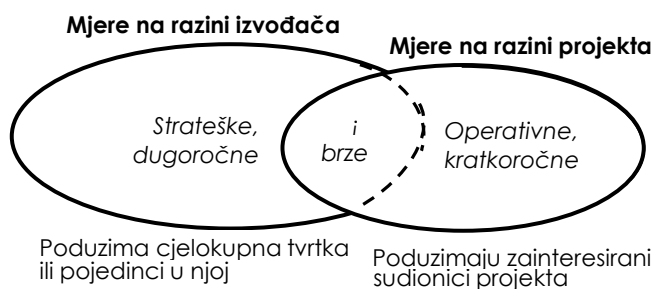
Potencijal djelovanja pojedinih mjera često ovisi o uvjetima koje ostvaruju druge mjere. Primjerice, financijska sredstva potrebna su za nabavu prikladnije mehanizirane opreme, ali kako bi se njome povećala produktivnost, neophodni su stručni, motivirani radnici. English i Marchione (1983) ustvrdili su da nije za očekivati naglo povećanje produktivnosti („veliki prasak“) kroz velike kapitalne izdatke u tehnologiju bez odgovarajućeg upravljanja. Također, bez sposobne uprave i financijskih sredstava ne može se privući i zadržati bolja radna snaga. Mjere poboljšanja su višedimenzionalne [Motowidlo i sur., 1997], [Ahadzie i sur., 2006] i trebaju biti dobro razmotrene i vremenski usklađene, što podrazumijeva prikladno planiranje i koordiniranje u primjeni.

Neke mjere mogu odmah dati rezultate, a nekima je potrebno duže vrijeme. Odgovarajuća motivacija može vrlo brzo dovesti do velikog rasta produktivnosti radnika, ali pojedine mjere motivacije imaju ograničeno trajanje

djelovanja, u pravilu dok se ne zadovolji potreba radnika i tako završi motivacijski ciklus. Nasuprot tome, osiguravanje potrebne radne snage s dobrim kvalifikacijama i iskustvom rezultat je dugoročne strategije izvođača i zahtijeva duže vrijeme djelovanja [Vidaković i Marenjak, 2019].

Organizacijske mjere obično zahtijevaju manja financijska ulaganja i mogu se brže poduzeti od tehnološkog unaprjeđenja. No, istraživanje Goodruma i sur. (2009) pokazalo je da su one aktivnosti koje su doživjele značajne promjene u tehnologiji dale dugoročnija poboljšanja produktivnosti [Naoum, 2016].

Slika 8.6 pokazuje mjere poboljšanja produktivnosti na razini izvođača i na razini pojedinog projekta prema brzini i trajnosti djelovanja, što je bitno za njihov odabir.



Slika 8.6 Mjera za povećanje produktivnosti prema vremenu djelovanja
(prema [Vidaković i Marenjak, 2019])

Kompetentni,iskusni pojedinci s odgovarajućim ovlastima, kao što su voditelji građenja, mogu poduzimati mjere za poboljšanje produktivnosti na razini pojedinih, tekućih projekta i to su u pravilu povremene, kratkoročne mjere s brzim efektom.

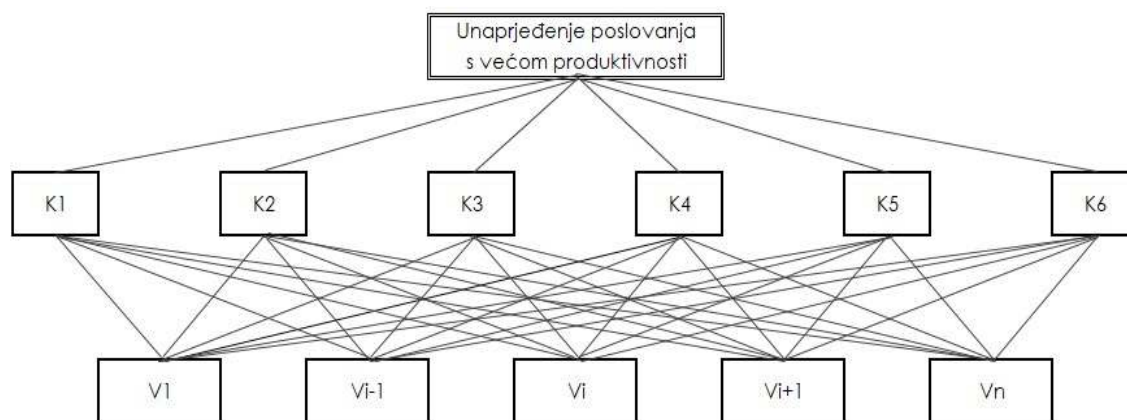
S obzirom na različite karakteristike mjera poboljšanja i različite uvjete za njihovu primjenu izbor mjera je višekriterijski. Takvo odlučivanje osim mogućih pojedinačnih mjera ili grupa mjera (ako je povezanost potrebna zbog efekta djelovanja), kao varijanti kojima se ocjenjuje doprinos, treba definirati kriterije prema kojima se donosi odluka o izboru, odnosno prioritetu za primjenu. Kriteriji koje bi izvođači trebali uzeti u obzir kod odlučivanja o mjerama koje mogu

poduzeti za smanjenje gubitaka vremena i povećanje produktivnosti su:

- veličina (potencijal) povećanja produktivnosti, odnosno ušteda (K1)
- dugotrajnost pozitivnog djelovanja na produktivnost (K2)
- brzina početka davanja efekta (K3)
- trajanje/kontinuitet implementacije mjera (jednokratno ili kontinuirano djelovanje – ulaganje u mjere) (K4)
- raspoloživost potrebnih resursa (odgovarajućih kadrova, znanja, opreme) (K5)
- potrebna financijska ulaganja za provedbu mjera (K6).

Uz navedene, vjerojatnost pozitivnog djelovanja mjera također može biti jedan od kriterija za odlučivanja.

Prioritet mjera nekada ovisi i o određenim građevinskim projektima na kojima treba uvećati produktivnost rada (npr. zbog nedostatka radnika ili ubrzavanja izvedbe). Iako postoje sličnosti kod realizacije različitih projekata, izvođača, investitora i država, zbog ograničenosti resursa koji se mogu usmjeriti na unaprjeđenje primarna je vlastita, interna analiza izvođača. Izbor mjera uvijek treba biti u skladu s uvjetima svakog konkretnog slučaja za primjenu – izvođača i projekta. U tom smislu treba po potrebi korigirati kriterije i odrediti njihovu težinu te napraviti višekriterijsku analizu (AHP), u parovima uspoređujući sve mjere po tim kriterijima, kako pokazuje slika 8.7.



Slika 8.7 Shema analitičkog hijerarhijskog procesa s ciljem izbora mjera koje najbolje doprinose povećanju produktivnosti i boljem poslovanju izvođača

Varijante Vi su primjenjive mjere koje odgovaraju utvrđenim kritičnim problemima izvođača. Međusobna usporedba mjera po svim kriterijima može biti kvantitativna (ako se parametri po kojima se uspoređuju mogu izraziti brojčanom procjenom) ili kvalitativna, uz korištenje Saatyve skale [Saaty, 1990].

9. ZAKLJUČCI I SMJERNICE ZA DALJNJA ISTRAŽIVANJA

9.1 Nalazi i doprinosi istraživanja u okviru disertacije

Za uspješnosti realizacije građevinskih projekata potrebna je dobra produktivnost rada [Nurhendi i sur., 2021], a upravo je produktivnost jedna od najslabijih strana građevinske djelatnosti. Kako pokazuju prethodna istraživanja, zbog uobičajeno velikih gubitaka radnog vremena njihovo uklanjanje može dovesti do značajnog poboljšanja produktivnosti [Vrijhoef i Koskela, 2000], [Green i May, 2005], [Nikakhtar i sur., 2015], dok nastavak poslovanja s visokom razinom rasipanja radnog vremena dovodi do uvećanih troškova građenja, čestih prekoračenja planiranih rokova [Doloi i sur., 2012], [Thomas i Sudhakumar, 2014] i drugih nepovoljnih implikacija [Ganesan, 1984], [Nassri i sur., 2021].

Identificiranje važnosti čimbenika produktivnosti i utvrđivanje veličine gubitaka radnog vremena daje doprinos korpusu znanja o produktivnosti pri izvedbi građevinskih projekata i podiže razinu svijesti o postojećim rizicima i mogućnostima poboljšanja.

U okviru ove disertacije provedeno je prvo paralelno istraživanje čimbenika produktivnosti radne snage i čimbenika produktivnosti strojeva u hrvatskom građevinarstvu te njihovo rangiranje s obzirom na jačinu i na učestalost negativnog utjecaja. To je povezano s mjerenjem razine ostvarene produktivnosti i s utvrđivanjem udjela izgubljenog radnog vremena na gradilištima te najizraženijih načina gubljenja vremena. U odnosu na prethodna istraživanja u Hrvatskoj, obuhvaćen je puno veći broj utjecajnih čimbenika i veći broj ispitanika, što pruža 95 % pouzdanost rezultata uz grešku manju od +/- 5 %, kao i mogućnost sagledavanja utjecaja iz perspektive više grupa stručnih osoba, uključujući i radnike u operativi. Kombinacijom triju prilagođenih metoda na 68 projekata kod 51 izvođača utvrđena je struktura trošenja radnog vremena. Takvo istraživanje ukazuje na područja s općenito najvećim rizikom,

ali i potencijalom za poboljšanje produktivnosti kroz uštede radnog vremena na koje izvođači mogu pozitivno djelovati.

Osim podataka za hrvatsko građevinarstvo, u odnosu na dosadašnja istraživanja u svijetu znanstveni doprinos ovog istraživanja je sljedeći:

- rangiranje čimbenika koji utječu na produktivnost radne snage prema važnosti, određeno na temelju 70 izvora o istraživanjima diljem svijeta objavljenih 2011. - 2021. godine
- rangiranje čimbenika koji utječu na produktivnost gradilišne mehanizacije prema važnosti, određeno na temelju 13 izvora o istraživanjima objavljenih u svijetu 2015. - 2021. godine
- definiranje i ispitivanje utjecaja čimbenika produktivnosti strojeva koji nisu bili obuhvaćeni dosadašnjim istraživanjima
- utvrđivanje usklađenosti ocjena važnosti čimbenika koji utječu na produktivnost strojeva na gradilištima od različitih grupa ispitanika, uključujući rukovatelje mehanizacijom
- izdvajanje čimbenika koji utječu i na produktivnost radnika i na produktivnost strojeva pri izvedbi građevinskih projekata, s usporedbom njihovog značaja
- analiza mogućnosti zapažanja i potrebne korekcije rezultata metoda 5-minutnog ocjenjivanja produktivnosti i ispitivanja poslovođa/voditelja radova i majstora na temelju usporedbe s pomoću njih utvrđene strukture izgubljenog radnog vremena
- utvrđivanje udjela izgubljenog radnog vremena koje je u domeni odgovornosti izvođača i na koje oni mogu utjecati
- opsežan pregled i analiza do sada predlaganih mjera unaprjeđenja produktivnosti te definiranje ograničenja i kriterija koje treba uzeti u obzir pri odlučivanju o prioritetu poduzimanja mjera.

9.2 Ispunjavanje postavljenih ciljeva i potvrda hipoteza

Planirani znanstveni doprinos postignut je ostvarenjem početno postavljenih glavnih ciljeva i podciljeva, a kroz njih i analizu dobivenih rezultata potvrđene su sve postavljene hipoteze.

Prvi cilj istraživanja (C1) ispunjen je u poglavlju 5. opsežnim pregledom metoda i rezultata dosadašnjih istraživanja čimbenika produktivnosti te mjerenja direktnog rada i izgubljenog radnog vremena diljem svijeta. Drugi i treći cilj (C2 i C3) ispunjeni su ispitivanjima jačine i učestalosti utjecaja na produktivnost radne snage i strojeva na gradilištima u Hrvatskoj na statistički zadovoljavajućem broju ispitanika, na temelju čega su u poglavlju 6.1 čimbenici produktivnosti rangirani po važnosti. Tako su identificirani čimbenici koji mogu značajno utjecati na produktivnost rada radnika i strojeva pri izvođenju građevinskih projekata u Hrvatskoj i razlike ocjena važnosti tih čimbenika od grupa ispitanika podijeljenih prema njihovoj funkciji u struci. U poglavlju 7.1.3 detaljnije je analizirana razlika percepcija grupa ispitanika i to je uspoređeno sa spoznajama prethodnih istraživanja, čime je ispunjen prvi podcilj istraživanja (PC1). Usporedbom rangiranja važnosti utjecajnih čimbenika u Hrvatskoj i onih utvrđenih prethodnim istraživanjima u inozemstvu te analizom njihovih razlika i sličnosti u poglavlju 7.1.4, ispunjen je drugi podcilj (PC2). Prilagođenom metodom 5-minutnog ocjenjivanja produktivnosti i s terenskim ispitivanjima FDS i CQ kvantificirani su gubici radnog vremena i utvrđeni su glavni načini njihovog nastanka kod izvođenja aktivnosti na realizaciji građevinskih projekata u Hrvatskoj. To je prezentirano u poglavljima 6.2 i 6.3 i time je ispunjen treći podcilj (PC3). U poglavlju 7.2.2 uspoređeni su podaci o gubljenju radnog vremena radnika dobiveni različitim metodama, a u 7.2.3 je na temelju analize razlika dobivenih rezultata određena korigirana veličine udjela izgubljenog radnog vremena, što je bio četvrti postavljeni podcilj (PC4). Prema propisima i ustaljenim poslovnim običajima (uzancama) u građevinskoj praksi (kako je definirano u poglavlju 4.2) u poglavljima 7.1.6 i 7.2.4 određen je skup negativnih čimbenika produktivnosti i udio gubitaka vremena za koje je odgovoran izvođač i na koje može djelovati, pa je time ispunjen peti

podcilj (PC5). Na temelju karakteristika mjera koje izvođači mogu primijeniti za eliminiranje gubitaka vremena i povećanje produktivnosti u poglavlju 8.4 definirane su smjernice i ograničenja za njihovu primjenu i predloženi su kriteriji za višekriterijski izbor kod odlučivanja o prioritetu poduzimanja mjera poboljšanja, što su bili četvrti i peti cilj istraživanja (C4 i C5).

Kroz prva tri cilja istraživanja utvrđeni su čimbenici koji negativno utječu na produktivnost rada radnika i strojeva u inozemstvu i u Hrvatskoj, a kroz treći podcilj utvrđeni su načini gubljenja radnog vremena u Hrvatskoj. Iako postoji po jačini i po učestalosti nekoliko najviše izraženih utjecajnih čimbenika, najviše čimbenika i utvrđenih načina gubljenja vremena podjednako je važno. Time i analizom tih rezultata pokazano je da postoje različiti gubici vremena, a peti podcilj (PC5) pokazuje za koje je utjecaje i gubljenja vremena odgovoran izvođač, a za koje investitor, viša sila i treća strana. Tako je dokazana prva hipoteza (H1), da kod izvođača građevinskih radova postoje različiti gubici vremena, opravdani i neopravdani, koji umanjuju njihovu produktivnost.

Druga hipoteza (H2), da neopravdani gubici radnog vremena izvođača u Hrvatskoj imaju značajan utjecaj na njihovu produktivnost kod realizacije građevinskih projekata, dokazana je kroz treći, četvrti i peti podcilj. Podjelom rangiranih čimbenika produktivnosti prema u građevinskoj praksi uobičajenoj odgovornosti vidi se da je 72,5 % čimbenika koji negativno utječu na produktivnost strojeva i 64,4 % čimbenika koji negativno utječu na produktivnosti radnika u domeni odgovornosti izvođača. Zbrajanje udjela s pomoću više metoda evidentiranih načina/uzroka gubljenja radnog vremena pokazuje da je za minimalno 73,7 % izgubljenog vremena gubljenja vremena radnika odgovoran izvođač. Za realizaciju građevinskih projekata najvažnija je produktivnost radnika, a kombinacijom metoda izračunato je da je ukupni gubitak njihovog radnog vremena oko 34 %. Prema tome, malo više od 25 % ukupnog radnog vremena izvođači neopravdano gube i to je neupitno vrlo značajno za njihovo poslovanje.

Treća hipoteza (H3), da se pojedini utjecaji na realizaciju građevinskih projekata i utjecaji na produktivnost radnika i strojeva razlikuju ovisno o lokaciji

i izvođačima radova, dokazana je ispunjavanjem prvih triju ciljeva i drugog podcilja. Pregledom rezultata prethodnih istraživanja u svijetu (tablice 5.8 – 5.10 i 5.13) i ispitivanjem utjecaja u Hrvatskoj, uz neke sličnosti, pokazale su se značajne razlike u utvrđenoj pojavnosti i jačini utjecaja pojedinih čimbenika produktivnosti (usporedba u tablicama 7.5 i 7.6). To potvrđuje nalaze više prethodnih istraživanja o različitosti utjecajnih čimbenika ovisno o karakteristikama izvođenog projekta, projektnoj dokumentaciji, lokaciji, korištenim resursima, upravljanju izvedbom i dr. Odstupanja značaja pojedinih čimbenika puno su veća između pojedinih zemalja od razlike ispitanika iz tvrtki iz različitih dijelova Hrvatske. Kao za produktivnost radnika, tako i za produktivnost strojeva, razlika u ocijenjenoj važnosti utjecajnih čimbenika u Hrvatskoj i istih ili sličnih u drugim državama ukazuje da se ne može oslanjati samo na prethodna istraživanja, pogotovo u drugim državama. I pregled rezultata mjerenja udjela direktnog rada i izgubljenog vremena na različitim radovima i različitim projektima u inozemstvu (tablica 5.15) pokazuje velike razlike u ostvarenoj produktivnosti. Također, različitost udjela direktnog rada i izgubljenog vremena kod izvođača na različitim radovima i različitim građevinskim projektima u Hrvatskoj pokazalo je 5-minutno ocjenjivanje produktivnosti. U tablicama s rezultatima opažanja u prilogu (P9. - P11.) vidi se da je udio direktnog rada radnika na projektima bio od 14,3 % do 95,2 %, dok je opaženi gubitak radnog vremena bio u rasponu od 4,8 % do 50,9 %. U istim tablicama vide se još veće razlike u utvrđenoj strukturi radnog vremena strojeva kod različitih izvođača na različitim projektima (od 0 % direktnog rada i 0 % gubitaka vremena do 100 % direktnog rada i 73,7 % izgubljenog vremena), ali to se odnosi na različite strojeve. To također dokazuje opravdanost posebnog istraživanja u Hrvatskoj, ali i upućuje na potrebu internog praćenja produktivnosti i gubljenja radnog vremena kod pojedinih izvođača i projekata.

9.3 Ograničenja provedenog istraživanja, mogućnosti primjene i smjernice za daljnja istraživanja

Provedeno istraživanje ima ograničenja s obzirom na to da je ispitivanje utjecajnih čimbenika i praćenje produktivnosti pretežito napravljeno u Osječko-baranjskoj i nekoliko susjednih županija. Stoga postoji mogućnost da su ukupni rezultati djelomično bili pod utjecajem nekih lokalnih uvjeta, iako prema rezultatima dobivenim u tvrtkama iz drugih dijelova Hrvatske ta odstupanja ne mogu biti značajna (izračunati Spearmanov koeficijent pokazuje pozitivnu korelaciju na granici između umjerene i vrlo dobre).

Dobiveni rezultati imaju vremensku ograničenost, jer se utjecaji na produktivnost i njihova važnost mijenjaju s promjenama propisa, stanja na tržištu, raspoloživosti radne snage, tehnologije, prakse upravljanja i dr., pa će postojati potreba ažuriranja prethodno rangiranih čimbenika.

Mjerenja gubitaka vremena imaju ograničenja u svezi sposobnosti korištenih metoda za prepoznavanje i kvantificiranje svih gubljenja radnog vremena i produktivnosti. Kombinacijom međusobno nadopunjujućih, prilagođenih metoda utvrđeni su načini gubljenja vremena, ali njihovo uočavanje na terenu uvelike je ovisilo o promatračima, čija je moć opažanja ograničena, a postojale su i određene neujednačenosti bilježenja.

Budući da je puno manje strojeva nego radnika na gradilištima, njihov je rad manje praćen pri 5-minutnom ocjenjivanju produktivnosti, a metode FDS i CQ nisu evidentirale gubitke radnog vremena strojeva jer nisu izvorno predviđene za to. Manji broj opažanja i neprovjeravanje rezultata s pomoću više metoda prikupljanja podataka smanjuje pouzdanost dobivenih podataka o strukturi radnog vremena strojeva, pogotovo pojedinih vrsta strojeva.

Disertacija daje doprinos klasifikaciji znanja o problematici produktivnosti, a sustavi upravljanja koji koriste odgovarajuće taksonomije imaju bolji potencijal poboljšati praksu upravljanja produktivnošću [Padala i sur., 2022], [Birgonul i sur., 2024]. Ovo istraživanje pokazuje opće probleme s gubljenjem radnog vremena i produktivnosti u Hrvatskoj, no njihova raznolikost, u skladu s potvrđenom

trećom hipotezom, upućuje na potrebu ispitivanja specifičnih uvjeta kod svakog izvođača i projekta. Rezultati istraživanja mogu potaknuti razmišljanja o poboljšanju produktivnosti u hrvatskom građevinarstvu te poslužiti izvođačima pri planiranju i unaprjeđenju proizvodnih procesa (kao upozorenje na uobičajene gubitke i kao kontrolni popis što općenito treba razmotriti kod planiranja rezervi u skladu s rizicima te na čega treba obratiti pozornost pri izvedbi), a i biti podloga za buduća istraživanja.

Na ovo istraživanje mogu se nadovezati daljnja istraživanja u nekoliko smjerova:

- provjera jačine i učestalosti utjecaja ispitivanih čimbenika produktivnosti radne snage i strojeva na konkretnim primjerima, odnosno studijama slučaja u Hrvatskoj
- istovremeno mjerenje ostvarenog učinka (kao omjera količine napravljenog rada i utrošenih radnih sati) i gubitaka radnog vremena s određivanjem njihovih uzroka na određenim radnim procesima na pojedinim projektima ili grupama projekata (duže vrijeme, najbolje tijekom cjelokupne realizacije), uz moguću primjenu i drugih metoda mjerenja (npr. MPDM kod ciklično ponavljanih operacija), kako bi se rezultati usporedili s u disertaciji dobivenim podacima
- ispitivanje poslovođa / voditelja građenja i majstora o dnevnim i tjednim gubicima vremena rada strojeva prilagođenim obrascima FDS-a i CQ-a te usporedba rezultata s onim dobivenim za rad strojeva 5-minutnim ocjenjivanjem produktivnosti u ovom istraživanju
- ocjenjivanje težine definiranih kriterija za izbor mjera unaprjeđenja produktivnosti i usporedba s vrednovanjem mjera poboljšanja produktivnosti po svim kriterijima od strane ciljane grupe stručno kompetentnih osoba, u formi višekriterijske analize.

Za prikupljanje i obradu podataka u ovoj disertaciji korišteni su *Microsoft Excel* i aplikacije otvorenog pristupa, a za daljnja istraživanja i povezivanje njihovih rezultata poželjna je veća razina informatizacije. Za to mogu poslužiti postojeći specijalizirani računalni programi i/ili razvoj računalne platforme za prikupljanje i stvaranje odgovarajućih baza podataka te njihovu automatiziranu obradu.

POPIS LITERATURE

Abdelaal, M.; Farell, P.; Emam, H. (2014): Factors Affecting Productivity in GCC Construction Projects, Proceedings of the 25. 1st International Conference of the CIB Middle East and North Africa Research Network, Abu-Dhabi, UAE, str. 557-573.

Abdelaal, M.; Emam, H.; Farell, P. (2016): Equipment Productivity in Infrastructure Projects in GCC Countries, Proceedings of the CIB World Building Congress 2016, Tampere, Finska, str. 523-536.

Abdelalim, A. M.; Elbeltagi, E.; Mekky; A. A. (2018): Factors affecting productivity and improvement in building construction sites, International Journal of Productivity and Quality Management, 26(4), str. 1-31.

Abdel-Hamid, M.; Abd Elshakour, H.; Abdel-Razek, R. (2004): Improving construction labor productivity in Egypt using benchmarking, Banha Higher Institute of Technology, Banha, Egipat

Abdel-Razek, R. H.; Abd Elshakour, M. H.; Abdel-Hamid, M. (2007): Labour productivity: benchmarking and variability in Egyptian projects, International Journal of Project Management, 25(2), str. 189-197.

Abdel-Wahab, M. S.; Dainty, A. R. J.; Ison, S. G., Bowen, P.; Hazlehurst, G. (2008): Trends of skills and productivity in the UK construction Industry, Engineering, Construction and Architectural Management, 15(4), str. 372-382.

Abidal, R.; Ali, Y. (2018): Factors Affecting on the Performance of Contractors in Construction Project: Bagdad, Iraq, Journal of University of Babylon for Engineering Sciences, 26(6), str. 257-265.

Abrey, M.; Smallwood, J. J. (2014): The effects on unsatisfactory workig conditions on productivity in construction industry, Procedia Engineering, 85, str. 3-9.

Abukhalaf, A. H. I. (2021): Labor Efficiency Measurement: The Hybrid Method, Design, Construction, and Planning College at the University of Florida, SAD, https://www.academia.edu/49163547/Labor_Efficiency_Measurement_The_Hybrid_Method (Pristupljeno 28. 12. 2021.)

Abukhalaf, A. H. I.; Abusal, D. (2021): Measuring Labor Efficiency in Green Construction Projects, Academia Letters, Article 3393. https://www.researchgate.net/publication/354517959_Measuring_Labor_Efficiency_in_Green_Construction_Projects (Pristupljeno 22. 9. 2022.)

Adebowale, O. J.; Agumba, J. N. (2022): A Meta-Analysis of Factors Affecting Construction Labour Productivity in the Middle East, Journal of Construction in Developing Countries (Early View), <http://web.usm.my/jcdc/earlyView/jcdc-12-21-0192.pdf> (Pristupljeno 10. 11. 2022.)

Adenkule, O.; Jha, M. K. (2024): An Optimization Model to Address the Skilled Labor Shortage in the Construction Industry, International Journal of Civil

Engineering, <https://link.springer.com/article/10.1007/s40999-024-00941-w> (Pristupljeno 18. 3. 2024.)

Adrian, J. J.; Boyer, L. T. (1976): Modeling method-productivity, Journal of the Construction Division, ASCE, 102(1), str. 157-168.

Adrian, J. J. (1987): Construction Productivity Improvement, Elsevier Science, NY, SAD

Adrian, J. J. (2008): Improving Construction Productivity, ESCIA & CSIA, Seminar, Bradley University, Adrian International LLC, Peoria, SAD

A Guide to Improving Construction Productivity, Raken eBooks <https://www.rakenapp.com/ebooks/a-guide-to-improving-construction->

Agarwal, H.; Agarwal, S.; Pandey, M. (2016): A case study on labor productivity, International Research Journal of Engineering and Technology, 3(12), str. 664-667.

Agarwal, H.; Agarwal, S.; Gupta, V.; Pandey, M. (2017): Evaluation of Factors Affecting Labor Productivity by AHP Method, International Journal of Science Technology and Engineering, 3(7), str. 36-39.

Agrawal, A.; Halder, S. (2020): Identifying factors affecting construction labour productivity in India and measures to improve productivity, Asian Journal of Civil Engineering, 21, str. 569-579.

Agbulos, A.; AbouRizk, S. M. (2003): An application of lean concepts and simulation for drainage operations maintenance crews, Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference, Winter Simulation Conference, New Orleans, SAD str. 1534-1540.

Ahadzie, D. K.; Proverbs, D. G.; Olomolaiye, P. (2006): Towards redefining performance measurement systems: A multidimensional concept, Proceedings of the International Conference in the Built Environment in the 21st Century, Kuala Lumpur, Malezija, str. 237-246.

Ailabouni, N.; Painting, N.; Ashton, P. (2009): Factors affecting employee productivity in the UAE construction industry, Proceedings of the 25. Annual ARCOM Conference, Nottingham, UK, str. 555-64.

Ailabouni, N. (2010): Factors Affecting Productivity in the UAE Construction Industry, Doktorska disertacija, School of Environment and Technology University of Brighton, UK

Ajala, A. T. (2017): Traffic Management Strategies and Best Practices. GG Associates, Abeokuta, Nigeria

Akbar, M.; Darkwah, K. K.; Amin, A.; Huali, P.; Guoqiang, O.; Asghar, M. (2021): The factors affecting labour productivity in the construction of prestressed concrete buildings in Ghana, <https://www.preprints.org/manuscript/202104.0147/v1> (Pristupljeno 12. 11. 2022)

Akhavian, R.; Behzadan, A. H. (2016): Smartphone-based construction workers' activity recognition and classification, *Automation in Construction*, 71(2), str.198-209.

Akomah, B. B.; Lawson, R. W.; Jackson, E. N. (2020): Improving Labour Productivity in Ghanaian Building Construction Projects, *Baltic Journal of Real Estate Economics and Construction Management*, 8, str. 152-169.

Al-Abbadi, G. M.; Agyekum-Mensah, G. (2017): An Examination of the Motivational Factors Affecting Workers Productivity in the Jordanian Construction Industry, *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, Bogota, Kolumbija, str. 816-826.

Al-Abbasi, D. M. (2017): Impact of weather conditions on construction labor productivity in state of Qatar, *Magisterij znanosti*, College of Engineering, Qatar University, Katar

Alaghbari, W.; Al-Sakkaf, A. A.; Sultan, B. (2017 – on line objavljeno): Factors affecting construction labour productivity in Yemen, *International Journal of Construction Management*, 19(1), str. 79-91.

Alarcon, L. F. (1997): Tools for the identification and reduction of waste in construction projects, *Lean Construction*, 5, str. 365-377.

Alazzaz, F. A. (2015): Assessing Productivity in Off-site Construction Methods for Managing Engineering and Building Projects: an Operational Management Approach, *Doktorska disertacija*, Curtin University, Australija

Al Hammadi, S.; Nawab, M. S (2016): Study of Delay Factors in Construction Projects, *International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology*, 3(4), str. 87-93.

Alinaitwe, H., Mwakali, J.A.; Hansson, B. (2006): Efficiency of craftsmen on building sites – studies in Uganda, *Proceedings of the First International Conferences on Advances in Engineering and Technology*, Entebbe, Uganda, str. 260-267.

Ali Shah, S. W.; Ahad, Z. M. (2017): Factors Affecting Construction Labor Productivity In Peshawar Khyber Pakhtunkhwa (KPK) Pakistan, *Advances in Social Sciences Research Journal*, 4(25), str. 10-19.

Al-Kofahi, Z. G.; Mahdavian, A.; Oloufa, A. (2020): System dynamics modeling approach to quantify change orders impact on labor productivity: Principles and model development comparative study, *International journal of construction management*, 1(12), str. 1-12.

Allmon, E.; Hass, C. T.; Borcharding, J. D.; Goodrum, P. M. (2000): U.S. construction labor productivity trends, 1970–1998, *Journal of Construction Engineering and Management*, 126(2), str. 97-104.

Almamlook, R.; Bzizi, M.; Al-Kbisbeh, M.; Ali, T.; Almajiri, E. (2020): Factors Affecting Labor Productivity in the Construction Industry, *American Journal of Environmental Science and Engineering*, 4(2), str. 24-30.

Alatoibi, N.; Sutrisna, M.; Chong, H. Y. (2016): Guidelines of Using Project Management Tools and Techniques to Mitigate Factors Causing Delays in Public Construction Projects in Kingdom of Saudi Arabia, *Journal of engineering, project, and production management*, 6(2), str. 90-103.

Al Rawi, O.; Varouqa, I. F.; Al-muhanna, R.; Amer, A. D. (2021): Factors Influencing the Productivity of Excavation Works for Construction Projects in Jordan, *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 12(4), str. 62-72.

Alvanchi, A.; Lee, S., Abourizk, S. M. (2012): Dynamics of Working Hours in Construction, *Journal of Construction Engineering and Management* 137(1), str. 66-77.

Alwi, S., Hampson, K.; Mohamed, S.C. (2002a): Factors influencing contractor performance in Indonesia: a study of non-value adding activities, *Proceedings of the International Conference on Advancement in Design, Construction, Construction Management, and Maintenance of Building Structure*, Bali, Indonezija, str. 20-34.

Alwi, S.; Mohamed, S.; Hampson, K. (2002b): Waste in the Indonesian construction projects, 1st CIB-W107 International Conference-Creating a Sustainable Construction Industry in Developing Countries, South Africa. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.567.5275&rep=rep1&type=pdf>. (Pristupljeno 10. 10. 2020.)

AMAC (2004): Productivity Measurement and Analysis, Final Report - CIVL 493, The University of British Columbia, Kanada, http://m_ghods.tripod.com/fpbcivil13.pdf (Pristupljeno 13. 12. 2019.)

Amarkhil, Q.; Elwakil, E.; Hubbard, B.; Byrd, V. L. (2021): A framework to standardize causes of construction delay, *International Journal of Construction Management*, str. 1-14; https://www.researchgate.net/publication/356788780_A_framework_to_standardize_causes_of_construction_delay (Pristupljeno 19. 8. 2022.)

Ankrah, N. A.; Proverbs, D. (2005): A framework for measuring construction project performance: overcoming key challenges of performance measurement, *Proceedings of the 25. 21st Annual ARCOM Conference*, Vol. 2, str. 959-969. https://www.arcom.ac.uk/-docs/proceedings/ar2005-0959-0969_Ankrah_and_Proverbs.pdf (Pristupljeno 3. 9. 2021.)

Annigeri, S. V.; Kelkar, A. A. (2018): A Study on Factors Affecting Labour Productivity by Application of Relative Importance Indeks, *International Research Journal of Engineering and Technology*, 5(6), str. 781-785.

Aoun, G. D. (2013): Developing highway construction production rates of Wisconsin department of transportation, *Magisterij znanosti*, University of Wisconsin, SAD

Arnorsson, H. (2012): Optimizing information flow in construction site, *Magisterij znanosti*, Faculty of engineering and science, Aalborg University, Danska

Arriagada, E. R.; Alarcón C., F. L. (2014): Quantification of Productivity Changes Due to Work Schedule Changes in Construction Projects. A Case Study, *Revista de la Construcción/Revista de la Construcción Journal of Construction*, 13(1), str. 9-14.

Arunkumar A. S.; Sreekesava K. S.; Shashanka Mohan V. (2020): Studies on Relationship between Work Sampling and Labor Productivity in Construction, *i-manager's Journal on Civil Engineering*, 10(1), [https://imanagerpublications.com/assets/htmlfiles/JCE10\(1\)December-February202015746.html](https://imanagerpublications.com/assets/htmlfiles/JCE10(1)December-February202015746.html) (Pristupljeno 20. 1. 2024.)

Assbeihat, M. J. (2016): Factors Affecting Delays on Private Construction Projects, *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 7(2), str. 22-33.

Association for the Advancement of Cost Engineering (2004): Direct Labor Productivity Measurement - As Applied in Construction and Major Maintenance Project, *International Recommended Practice No. 22R-01*, https://web.aacei.org/docs/default-source/toc/toc_22r-01.pdf (Pristupljeno 10. 10. 2019.)

Attar, A. A.; Gupta, A. K.; Desai, D. B. (2012): A study of various factors affecting labour productivity and methods to improve it, *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering*, 1, str. 11-14.

Ayele, S.; Fayek Robinson A. (2019): A Framework for Total Productivity Measurement of Construction Projects, *Canadian Journal of Civil Engineering*, 46(3), str. 195-206.

Ayoub, B.; Mc Cuen, R.: *Probability, Statistics and Reliability for Engineers, Statistics and Scientists*, Chapman and Hall, CRC Press, Boca Raton, SAD, 2000.

Aziz, R. F. (2004): The Use of Simulation to Predict (CFA) Equipment Productivity, *Magisterij znanosti*, Alexandria University, Alexandria, Egipat

Aziz, R. F.; Hafez, S. M. (2013): Applying lean thinking in construction and performance improvement, *Alexandria Engineering Journal*, 52(4), str. 679-695.

Aziz, R. F. (2018): Statistical model for predicting and improving ready mixed concrete batch plants' performance ratio under different influences, *Alexandria Engineering Journal*, 57(3), str. 1797-1809.

Babbie, E. (2007): *The practice of social research*, Wadsworth publishing company, SAD, 2007.

Ballard, G.; Harper, N.; Zabelle, T. (2003): Learning to see work flow: Application of lean production concepts to precast concrete fabrication, *Engineering, Construction and Architectural Management*, 10(1), str. 6-14.

Bandyopadhyay, A.; Smith, R. (2004): A Senior Project in Construction Management Technology Based on Work Sampling, *Proceedings of the 2004 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition*, Session 1621, SUNY Farmingdale, NY, SAD, https://architectural.asee.org/2004_papers/2004-890_Final.pdf (Pristupljeno 20. 9. 2022.)

Bekr, A. G. (2016a): Identifying Factors Affecting Labor Productivity On Construction Sites in Jordan, Annual International Conference on Architecture and Civil Engineering, Singapur, str. 1-5. https://www.researchgate.net/publication/301914198_Identifying_Factors_Affecting_Labor_Productivity_On_Construction_Sites_in_Jordan (Pristupljeno 14. 1. 2019)

Bekr, A. G. (2016b): Study of Significant Factors Affecting Labor Productivity at Construction Sites in Jordan: Site Survey, Journal of Engineering Technology, 4 (1), str. 92-97.

Benon, C. B.; Milton, T. (2010): Measuring the Performance of Contractors in Government Construction Projects in Developing countries: Uganda's Context, Proceedings of the 19th Annual IPSERA Conference, Lappeenranta, Finska, str. 9210-9217.

Best, T. (2010): Work Measurement in Skilled Labor Environments, Institute of Industrial and Systems Engineers, Institute of Industrial and Systems Engineers, str. 1-26. http://www.iise.org/uploadedfiles/SHSNew/Tools_and_Resources/Search_by_Category_Details/Work_Measurement_in_Skilled_Labor_Environments.pdf (Pristupljeno 25. 9. 2019.)

Bezak, S.; Linarić, Z. (2009): Metodološki pristup proračuna troškova strojnog rada pri građenju, Građevinar, 61(1), str. 23-27

Björkman, L.; Josephson, P.; Kling, R., (2010): Arbetstidens användning vid VVS-montage – en fråga om struktur och ledarskap, Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond/VVS-företagen, Štokholm, Švedska

Bohn, J. S.; Jochen T. (2010): Benefits and Barriers of Construction Project Monitoring Using High-Resolution Automated Cameras, Journal of construction engineering and management, 136(6), str. 632-640.

Borcherding, J. D.; Garner, D. F. (1981): Work force motivation and productivity on large jobs, Journal of the Construction Division, 107(3), str. 443-453.

Borcherding, J. D; Chang, L.-M. (1985): Evaluation of craftsman questionnaire, Journal of Construction Engineering and Management, 111(4), str. 426-439.

Borcherding, J. D.; Liou, F. S. (1986): Work sampling can predict unit rate productivity." Journal of Construction Engineering and Management, 112(1), str. 90-103.

Borcherding, John D.; Alarcon, L. F. (1991): Quantitative Effects on Construction Productivity, The Construction Lawyer, American Bar Association, 11(1), str. 35-48.

Brisley, L. . (2001): Work Sampling and Group Timing Technique, Poglavlje 17.3 u knjizi Maynard's Industrial Engineering Handbook, McGraw-Hill, NY, SAD

Bröchner, J.; Olofsson, T. (2012): Construction Productivity Measures for Innovation Projects, Journal of Construction Engineering and Management, 138(5), str. 670-677.

Brooks, T.; Bruen, J.; Curran, M. (2020): The Value Of 'Non-Value Adding' Activity, Proceedings of the 36th Annual Association of Researchers in

Construction Management) Conference, <https://pure.qub.ac.uk/en/publications/the-value-of-non-valueadding-activity>, (Pristupljeno 15. 12. 2021.)

Brunello, G.; Schlotter, M. (2011): Non Cognitive Skills and Personality Traits: Labour Market Relevance and their Development in Education & Training Systems, Discussion Paper No. 5743, Bonn, Njemačka

Buli, G. L. (2017): Strategies for Improving Labor Productivity in Construction Companies, Doktorska disertacija, Walden University, Minneapolis, SAD

Buzby, C. M.; Gerstenfeld, A.; Voss, L. E. ; Zeng, A. Z. (2002): Using lean principles to streamline the quotation process: a case study, *Industrial Management Data Systems*, 102(9), 513-520.

Car, M.; Krznar, M.; Šimon, K. (1983): Studij rada - zbirka zadataka i rješenja I., Sveučilišna naknada Liber, Zagreb

Carter, R.. C. (2023): A Reasonable Method to Estimate Loss of Labor Productivity Due to Overtime, Long International, Littleton, SAD, <https://www.long-intl.com/wp-content/uploads/2017/08/Long-Intl-A-Reasonable-Method-to-Estimate-LoP-Due-to-OT.pdf> (Pristupljeno 12. 12. 2023.)

Cerić, A.; Ivić, I. (2020): Construction labor and skill shortages in Croatia: causes and response strategies, *Organization, technology and management in construction*, 12(1), str. 2232–2244.

Chan, P.; Puybaraud, Marie C.; Kaka, A. (2001): Construction Training: A Linkage to Productivity Improvements, *Proceedings of the 17th ARCOM Conference*, Salford, UK, str. 143-155.

Chan, P. (2002): Factors affecting labour productivity in the construction industry, *Proceedings of the Eighteenth Annual ARCOM Conference*, str. 771-780. https://www.arcom.ac.uk/-docs/proceedings/ar2002-771-780_Chan.pdf (Pristupljeno 10. 8. 2020.)

Chan, P.; Kaka, A. (2003): Construction labour productivity improvements, *Proceedings of 3rd international postgraduate research conference*, Escola Superior de Actividades Imobiliárias, Lisbon, Portugal, str. 583-598.

Chan, W. P.; Kaka, A. (2004): Construction productivity measurement: A comparison of two case studies, *Proceedings of 20th Annual ARCOM Conference*, Vol. 1, str. 3-12. https://www.arcom.ac.uk/-docs/proceedings/ar2004-0003-0012_Chan_and_Kaka.pdf (Pristupljeno 20.02.2020.)

Chan, P. W.; Kaka, A. (2007a): Productivity improvements: Understand the workforce perceptions of productivity first, *Personnel Review*, 36 (4), str. 564-584.

Chan, P.; Kaka, A. (2007b): The impacts of workforce integration on productivity, *Poglavlje u knjizi: People and Culture in Construction*, Taylor&Francis Group, London/NY, str. 240-257.

Chang, S.; Yi, J. S.; Son, J. (2015): The productivity improvement for steel framing work efficiency by work sampling and 5-minute rating technique, *Journal of Construction Engineering Project Management*, 5(1), str. 40-46.

Chapman, R. A.; Butry, D. T.; Huang, A.L. (2010): "Measuring and Improving U.S. Construction Productivity", Proceedings of W117 - Special Track 18th CIB World Building Congress, https://ws680.nist.gov/publication/get_pdf.cfm?pub_id=904100 (Pristupljeno 30.6.2019.)

Chaturvedi, S.; Thakkar, J.; Shankar, R. (2018): Labor Productivity in Construction Industry: An Evaluation Framework for Causal Relationships, Benchmarking: An International Journal, 25(1), str. 334-356.

Cheng, C-F.; Rashidi, A.; Davenport, M. A.; Anderson, . V. (2017): Activity analysis of construction equipment using audio signals and support vector machines, Automation in Construction, 81. str. 240-253. <https://sci-hub.se/https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926580517305149> (Pristupljeno 15. 12. 2021.)

Cheung, S. O.; Suen, H. C. H.; Cheung, K. K. W. (2004): PPMS: A web-based construction project performance monitoring system, Automation in Construction, 13(3), str. 361-376.

Chia, F. C.; Skitmore, M.; Gray, J.; Bridge, A. (2018): International comparisons of nominal and real construction labour productivity. Engineering, Construction Architectural Management, 25(7), str. 896-915.

Chigara, B.; Moyo, T. (2014): Factors Affecting Labor Productivity on Building Projects in Zimbabwe, International Journal of Architecture, Engineering and Construction, 3(1), str. 57-65.

Chinnadurai, J.; Venugopal, V., Kumaravel, P.; Paramesh, R. (2016): Influence of occupational heat stress on labour productivity - a case study from Chennai, India, International Journal of Productivity and Performance Management, 65(2), str.245-255.

Chitra, R.; Kumari, R. (2018): Analysis of Factors affecting on Labour Productivity in Construction Industry by Using RII method, International Journal of Pure and Applied Mathematics, 119(12), str. 9399-9411.

Choudhry, Rafiq Muhammad (2017): Achieving safety and productivity in construction projects, Journal of Civil Engineering and Management, 23(2), str. 311-318.

Coeli, J. T.; Rao, D. S. P.; O'Donnell, . Battese, E. G. (1998): An Introduction to efficiency and productivity Analysis, Kulwer Academic Publishers group, London, UK

Colton, T. (1974): Statistics in Medicine, Little Brown and Company, NY, SAD

Construction Industry Institute (2000): Cumulative Change Order Impact Research Team - Quantifying the Cumulative Impact of Change Orders for Electrical and Mechanical Contractors, Research Summary, Austin, SAD

Construction Industry Institute (2012): Benchmarking and Metrics, <https://www.scribd.com/document/462667841/03-CII-Benchmarking-and-Metrics-pdf> (Pristupljeno 11. 10. 2020)

Cortinas, D. B. (1991): On-site construction productivity improvement through Total Quality Management, Magisterij znanosti, The University of Texas, SAD

Costa, B. Dyana; Lima, R. Helenize; Formoso, T. Carlos (2004): Performance measurement systems for benchmarking in the Brazilian construction industry, Globalization and Construction, Proceedings of the AIT Conference Centre, Bangkok, Tajland, str. 1030-1039.

Cottrell, D. (2006): Contractor Process Improvement for Enhancing Construction Productivity, Journal of Construction Engineering and Management, 132(2), <https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%290733-9364%282006%29132%3A2%28189%29> (Pristupljeno 12. 2. 2021.)

Cox, R. F.; Issa, R. R.; Ahrens, D. (2003): Management's perception of key performance indicators for construction, Journal of construction engineering and management, 129(2), str. 142-151.

Crawford, P.; Vogl, B. (2006): Measuring productivity in the construction industry, Building Research and Information, 34(3), str. 208-219.

Dai, J.; Goodrum, P. M.; Maloney, W. F. (2007): Analysis of craft workers' and foremen's perceptions of the factors affecting construction labour productivity, Construction Management and Economics, 25(11), str. 1139-1152.

Dai, J.; Goodrum, P. M.; Maloney, W. F. (2009): Construction Craft Workers' Perceptions of the Factors Affecting Their Productivity, Journal of Construction Engineering and Management, 135(3), str. 217-226.

Dai, J.; Goodrum, P. M. (2012): Generational differences on craft workers' perceptions of the factors affecting labour productivity, Canadian Journal of Civil Engineering, 39(9), str 118-126.

Dakhi, A. J.; Naji, Z., M.; Faleh, S. K. (2017): Factors affecting construction labour productivity in Iraq using Basra City as a case study, Kufa Journal of Engineering, 8(3), str. 55-75.

Daneshgari, P.; Moore, H. (2011): Measuring Productivity in Construction, (EC&M) Magazine, <http://ecmweb.com/training/measuring-productivity-construction> (Pristupljeno 5. 1. 2018)

Da Rocha, C.; Tezel, A.; Talebi, S.; Koskela, L. (2018): Product modularity, tolerance management, and visual management: Potential synergies, Proceedings of the 26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Chennai, India, Chennai, India, <https://pure.hud.ac.uk/en/publications/product-modularity-tolerance-management-andvisual-management-pot> (Pristupljeno 12. 3. 2022.)

Darvik, L.; Larsson, J. (2010): The Impact of Material Delivery Deviations on Costs and Performance in Construction Projects, Magisterij znanosti, Department of Civil and Environmental Engineering, Division of Construction Management, Chalmers University of Technology, Švedska

Dasgupta, A.; Varghese, K. (2014): Investigation of relationship between results of work sampling and productivity measurement, Indian Institute of

Technology, Madras, Indija, https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB_DC27720.pdf (Pristupljeno 20. 7. 2022.)

De Araújo, L. O. C.; Filho, M. C.; Telles, C. H. (2012): A New Model of Productivity Management as an aid to Deadline Management, http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB_DC27259.pdf (Pristupljeno 30. 10. 2018.)

De la Paz, G. H. (2014): Generalidades del muestreo del trabajo, Instituto Tecnológico de Durango, Meksiko

Denzer, M.; Muenzl, N.; Sonnabend, F. A.; Haghsheno, S. (2015): Analysis of definitions and quantification of waste in construction, Proceedings of the 23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Perth, Australija, <https://www.iglc.net/papers/details/1170> (Pristupljeno 10. 4. 2022.)

De Valace, G. (1996): The Productivity of the Construction Industry: Measurement of Inputs and Outcomes in a Dynamic System, Proceedings of the CIB W 55 Building Economics 7th International Symposium, Zagreb, str. 253-265.

Dharani, K. (2015): Study on Labours Productivity Management in Construction Industry, International Journal of Latest Trends in Engineering and Technology, 6(1), str. 278-284.

Diekmann, J.; Krewedl, M.; Stewart, T.; Won, S. (2004): Application of lean manufacturing principles to construction, Technical Report 191-11, The University of Texas, CII, SAD

Dixit, S. (2021): Impact of management practices on construction productivity in Indian building construction projects: an empirical study, Organization, Technology and Management in Construction, 13, str. 2383-2390.

Dokonal, T. (2021): Nužna je veća produktivnost građevinskog sektora, Mineral, <https://www.mineral.com.hr/6678/nuzna-je-veca-produktivnost-gradjeviskog-sektora> (Pristupljeno 15. 10. 2022.)

Dokonal, T. (2024): Građevinski sektor u 2024: Održivost, učinkovitost, agilnost i prilagodljivost, Mineral, <https://www.mineral.com.hr/9629/gradjeviski-sektor-u-2024-odrzivost-ucinkovitost-agilnost-i-prilagodljivost>

Dolage, D. A. R.; Chan, P. (2013): Productivity in Construction-A Critical Review of Research, Engineer, 46(4), str. 31-42.

Doloi, H.; Sawhney, A.; Iyer, K. C.; Rentala, S. (2012): Analysing factors affecting delays in Indian construction projects, International Journal of Project Management, 30(4), str. 479-489.

Doshi, R. (2017): Identification of factors affecting labour productivity in Pune area, Vishwakarma Journal of Engineering Research, 1(2), str. 1-13.

Dozzi, S. P.; Abourizk, S. M. (1993): Productivity in Construction, Construction Engineering and Management Civil Engineering Department University of Alberta, Institute for Research in Construction, National Research Council Canada-37001, Ottawa, Kanada

Drewin, F. J. (1982): *Construction productivity: Measurement and Improvement Through Work Study*, Elsevier Science Ltd, NY, SAD

Durdyev, S.; Ismail, S.; Bakar, N. A. (2012): Factors Constraining Labour Productivity: Case Study of Turkmenistan, *International Journal of e-Education, e-Business, e-Management and e-Learning*, 3(1), str. 18-23.

Durdyev, S. (2014): *Labour Productivity Improvement - Impact Levels of the Onsite Constraints*, Scholars' Press, https://www.researchgate.net/publication/311517817_LABOUR_PRODUCTIVITY_IMPROVEMENT_Impact_Levels_of_the_On-site_Constraints (Pristupljeno 28. 12. 2019.)

Durdyev, S.; Ismail, S. (2016): On-site construction productivity in Malaysian infrastructure projects, *Structural Survey*, 34(4/5), str. 446-462.

Durdyev, S.; Mbachu, J. (2017): Key constraints to labour productivity in residential building projects: evidence from Cambodia, *International journal of construction Management*, 18(5), str. 385-393.

Dvornik-Perhavec, D.; Vidaković, D. (2023): Work performance as part of a determined system of a construction project – Providing human resources and productivity management, *Humanidades e Ciências Sociais: Perspectivas Teóricas, Metodológicas e de Investigação III*, Poglavlje 16., str. 267-283.

Eastman, C. M.; Sacks, R. (2008): Relative productivity in the AEC industries in the United States for on-site and off-site activities, *Journal of Construction Engineering and Management*, 134(7), str. 517-526.

Eckerson, W. W. (2009): *Performance management strategies - How to Create and Deploy Effective Metrics*, TDWI best practices Report, <https://mindsight.com.br/wp-content/uploads/2020/08/How-to-Create-and-Deploy-Effective-Metrics-by-Weyne-Eckerson.pdf> (Pristupljeno 20. 11. 2022.)

Efimenko, I. (2008): *Ekonomika stroteljstva: učebno-praktičeskoje posobije*, Gross-Media, Moskva, Rusija

El-Gohary, K.; Aziz, R., (2014): Factors Influencing Construction Labor Productivity in Egypt, *Journal of Management in Engineering* 30(1), str. 1-9.

El-Rayes, K.; Moselhi, O. (2001): Impact of Rainfall on the Productivity of Highway Construction, *Journal of Construction Engineering and Management*, 127(2), str. 125-131.

Emuze, F.; Smallwood, J.; Han, S. (2014): Factors contributing to non-value adding activities in South African construction, *Journal of Engineering, Design and Technology*, 12(2), str. 223-243.

English, J.; Anthony R. Marchione, A. R. (1983): *Productivity: A New Perspective*, *California Management Review*, 25(2), str. 57-66.

Enshassi, A.; Al-Hallaq, K.; Mohamed, S. (2006): Causes of Contractor's Business Failure in Developing Countries: The Case of Palestine, *Journal of Construction in Developing Countries*, 11(2), str. 1-14.

Enshassi, A.; Mohamed, S.; Mustafa, Z. A.; Mayer, P. E. (2007): Factors affecting labour productivity in building projects in the Gaza strip, *Journal of Civil Engineering and Management*, 13(4), str. 245-254.

Enshassi, A.; Mohamed, S.; Abushaban, S. (2009): Factors affecting the performance of construction projects in the Gaza strip, *Journal of civil engineering and management*, 15(3), str. 269-280.

Enshassi, A. (2014): Constraints to Palestinian Construction Craftsmen Productivity, *Proceedings of the IGLC-22, Oslo, Norveška*, str. 1507-1517.

Epicenter Development Group (2013): Productivity Studies - What's Really Happening in the Workplace?, *Epicentral - Newsletter from Epicenter Development Group*, 8(6), <http://epicentergroup.com/wp-content/uploads/2013/04/2013-6.pdf> (Pristupljeno 30. 9. 2019.)

Fatokun, A.; Akintoye, A.; Liyanage, C. (2016): Factors influencing the renegotiation of public-private partnership road projects, *Proceedings of the CIB World Building Congress 2016, Vol. 1 - Creating Built Environments of New Opportunities, Tampere, Finska*, str. 173-184.

Finke, R. M. (1997): Claims for Construction Productivity Losses, *Public Contract Law Journal*, 26(3), str. 311-338.

Forbes, L. H.; Ahmed, S. M. (2011): *Modern Construction: Lean Project Delivery and Integrated Practices*, CRC Press, Boca Raton, SAD

Frantazolas, V. (1984): Learning Curves and Work Interruptions in Construction, *Transactions, Morgantown, American Association of Cost Engineers*, str. C.2.1-C.2.7.

Freeman, R. (2008): *Labour Productivity Indicators*, Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) Statistics Directorate, 2008.

Funso, A.; Sammy, L.; Gerryshom, M. (2016): Impact of Motivation on Productivity of Craftsmen in Construction Firms in Lagos, Nigeria, *International Journal of Economics and Finance*, 8(4), str. 271-276.

Ganesan, S. (1984): Construction productivity, *Habitat International*, 8(3-4), str. 29-42.

Gapizov, G. N. (2004): *Upravljanje povišenijem proizvoditeljnosti truda v stroitelstve v novih uslovijah hozjajstvovanija*, Doktorska disertacija, Degestanskij gosudarstvenij tehničeskij univerzitet, Rusija, <https://www.dissercat.com/content/upravlenie-povysheniem-proizvoditelno-sti-truda-v-stroitelstve-v-novykh-usloviyakh-khozyaistv> (Pristupljeno 2. 2. 2023.)

Gavili, A.; Mortaheb, M. M. (2015): A New Model for Productivity Evaluation in Construction by New Insight into the Baseline Productivity (Case Study), *Current World Environment*, 10 (1), str. 542-555.

Gelo, T.; Družić, M. (2015): Ukupna faktorska produktivnost sektora hrvatskoga gospodarstva, *Ekonomika misao i praksa*, 24(2), str. 327-344.

Gerek, I. H.; Erdis, E.; Mistikoglu, G.; Usmne, A. M. (2016): Evaluation of plastering crew performance in building projects using data envelopment analysis, *Technological and Economic Development of Economy*, 22(6), str. 926-940.

Gerges, M. (2015): Investigation into the labour factors affecting project performance within the Egyptian construction industry, *Magisterij znanosti*, Faculty of Engineering and Computing, Coventry University, UK

Gerges, M.; Ahiakwo, O.; Aziz, R.; Kapogiannis, G.; Saidani, M.; Saraireh, D. (2016): Investigating and Ranking Labor Productivity Factors in the Egyptian Construction Industry, *International Journal of Architecture, Engineering and Construction*, 5(1), str. 44-52.

Ghate, P. R.; Minde, P. R. (2016): Importance of measurement of labour in construction, *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 7(5), str. 413-417.

Ghoddousi, P.; Hosseini, M. R. (2012): A survey of the factors affecting the productivity of construction projects in Iran, *Technological and Economic Development of Economy*, 18(1), str. 99-116.

Ghoddousi, P.; Alizadeh, B. T.; Hosseini, M. R.; Chileshe, N. (2014): Implementing the international benchmarking labour productivity theoretical model: The case of Iranian construction projects. *Benchmarking: An International Journal*, 21(16), str. 1041-1061.

Ginther, R. S. (1993): The effect of work environment on labor performance, *Magisterij znanosti*, Pennsylvania State University, SAD

Gluhova, L. R.; Fetisova, M. A. (2017): Faktori vlijaјуšije na efektivnost raboti stroitelnoj mehniki, *Molodoj učenij*, 15(149), str. 33-35.

Goodrum, P.; Zhai, D.; Yasin, M. (2009): Relationship between changes in material technology and construction productivity, *Journal of Construction Engineering and Management*, 135(4), str. 278-287.

Goulding, J. S.; Rahimian, F. P. (2012): Industry preparedness: advanced learning paradigms for exploitation, poglavlje u knjizi *Construction Innovation Process Improvement*, Wiley-Blackwell, Hoboken, New Jersey, SAD, str. 409-435.

Grau, D.; Caldas, C. H.; Haas, C. T.; Goodrum, P. M.; Gong, J. (2009): Assessing the impact of materials tracking technologies on construction craft productivity, *Automation in construction* 18(7), str. 903-911.

Green, S. D.; May, S. C. (2005): Lean construction: arenas of enactment, models of diffusion and the meaning of 'leanness', *Building Research Information*, 33(6), str. 498-511.

Green, B. (2016): Productivity in construction: creating a framework for the industry to thrive, *Chartered Institute of Building*, Bracknell, UK

Grobler, P. A.; Wörnich, S.; Carrell, M.R.; Elbert, N. F.; Hatfield, R. D. (2002): *Human resource management in South Africa*, Thomson Learning, London, UK

Gulezian, R.; Samelian, F. (2003): Baseline determination in construction labour productivity-loss claims, *Journal of Management in Engineering*, 19(4), str. 160-165.

Gundecha, M. M. (2013): Study of factors affecting labor productivity at a building construction project in the USA: web survey, *Magisterij znanosti*, North Dakota State University, SAD

Gündüz, M.; Nielsen, Y.; Özdemir, M. (2013): Quantification of Delay Factors Using the Relative Importance Index Method for Construction Projects in Turkey, *Journal of Management in Engineering*, 29(2), str. 133-139.

Gupta, M.; Hasan, A.; Jain, A. K.; Jha, K. N. (2018): Site Amenities and Workers' Welfare Factors Affecting Workforce Productivity in Indian Construction Projects, *Journal of Construction Engineering and Management*, 144(11), br. članka 04018101

Gurmu, A. T.; Aibinu, A. A. (2017): Construction equipment management practices for improving labor productivity in multistory building construction projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 143(10), br. članka 04017081

Gušić, I. (2012): Organizacija građenja, Rudarsko geološko građevinski fakultet - Odsjek: građevinski, Univerzitet u Tuzli, BiH

Haas, C.; Borcharding, J.; Allmon, E.; Goodrum, P. (2000): US construction labor productivity trends, 1970-1998, *Journal of Construction Engineering and Management*, 126(2), str. 97-104.

Hair, J. F.; Black, W. C.; Babin, B. J.; Anderson, R.E. (2019): *Multivariate data analysis*, Cengage Learning, Hampshire, UK

Hajikazemi, S.; Andersen, B.; Langlo, J. A. (2017): Analyzing electrical installation labor productivity through work sampling. *International Journal of Productivity Performance Management*, 66(4), str. 539-553.

Halligan, D. W.; Demsetz, L. A.; Brown, J.; Pace, C. B. (1994): Action-Response Model and Loss of Productivity in Construction. *Journal of Construction Engineering and Management*. 120(1), str. 47-64.

Halwatura, R. U. (2015): Critical Factors which Govern Labour Productivity in Building Construction Industry in Sri Lanka, *PM World Journal*, 4(4), str. 1-13.

Hamouda, H.; Abu-Shaaban, N. (2015): Enhancing Labour Productivity within Construction Industry through Analytical Hierarchy Process, the Case of Gaza Strip, *Universal Journal of Management*, 3(8), str. 329-336.

Hamza, M.; Shahid, S.; Bin H., Mohd R.; Nashwan, M. S. (2019): Construction labour productivity: review of factors identified, *International journal of construction management*, str. 413-425.

Hanafi, M. H.; Khalid, Abd. G.; Razak, A. A.; Abdullah, S. (2010): Factors influencing labour productivity of the installation of on-site prefabricated components, *International Journal of Academic Research*, 2(6), str. 139-146.

Handa, V.; Abdalla, O. (1989): Forecasting productivity by work sampling, *Construction Management and Economics*, 7(1), str.19-28.

Hanna, A. S.; Heale, D. G. (1994): Factors affecting construction productivity: Newfoundland versus rest of Canada, *Canadian Journal of Civil Engineering*, 21(4), str. 663-673.

Hanna, A. S.; Russell, J. S.; Nordheim, E. V.; Bruggink, M. J. (1999): Impact of change orders on labor efficiency for electrical construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 125(4), str. 224-232.

Hanna, A. S.; Lofallah, W. B.; Lee, M. J. (2002): Statistical fuzzy approach to quantify cumulative impact of change orders, *Journal of Computing in Civil Engineering*, 16(4), str. 252-258.

Hanna, A. S.; Taylor, C. S.; Sullivan, K. T. (2005): Impact of extended overtime on construction labor productivity, *ASCE Journal of Construction Engineering Management*, 131(6), str. 734-740.

Hasan, A.; Baroudi, B.; Elmualim, A.; Rameezdeen, R. (2018): Factors affecting construction productivity: a 30 year systematic review, *Engineering, Construction and Architectural Management*, 25(7), str. 916-937.

Hasan, A.; Kumar N. J., Nihar R. S., Arka G. (2018): Factors Influencing Productivity of Concreting Equipment in Indian Construction Projects, *Proceedings of the 10th International Conference on Construction in the 21st Century*, Colombo, Šri Lanka, str. 1-8.

Haskell, P. (2004): *Construction industry productivity: Its history and future direction*, White paper, Haskell Company, SAD

Hastak, M.; Gokhale; S.; Goyani, K.; Hong, T.; Safi, B. (2008): Analysis of Techniques Leading to Radical Reduction in Project Cycle Time, *Journal of Construction Engineering and Management*, 134(12), str. 915-927.

Haugbølle, K.; Larsen, J. N.; Nielsen, J. (2019): Construction productivity revisited: towards measuring performance of construction output, *Engineering, Construction and Architectural Management*, 26(5), str. 794-813.

Hazrati, A. (2016): *Predicting construction labor productivity with Bayesian belief networks*, Doktorska disertacija, University of Nebraska, Lincoln, SAD, <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1023&context=constructiondiss> (Pristupljeno 9. 9. 2018.)

Herbsman, Z.; Ellis, R. (1990): Research of factors influencing construction productivity, *Construction Management and Economics*, 8(1), str. 49-61.

Hewage, K. N.; Ruwanpura, J. Y. (2006): Carpentry workers issues and efficiencies related to construction in commercial construction in Alberta, *Canadian Journal of Civil Engineering*, 33(8), str. 1075-1089.

Hewage, K. N. (2007): *Construction Productivity Improvement by Worker Motivation and IT Based Communication*, Doktorska disertacija, Department of Civil engineering, University of Calgary, Kanada

Hickson, B.; Ellis, A. L. (2014): Factors affecting Construction Labour Productivity in Trinidad and Tobago, *The Journal of the Association of Professional Engineers of Trinidad and Tobago*, 42(1), str. 4-11.

Hiyassata, M. A.; Hiyarib, Montaser A.; Sweis, G. J. (2016): Factors affecting construction labour productivity: a case study of Jordan, *International Journal of Construction Management*, 16(2), str. 138-149.

Hogg, R.; Tanis, E. (2009): *Probability and Statistical Inferences*, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, SAD.

Horman, M. J.; Kenley, R. (2005): Quantifying levels of wasted time in construction with meta-analysis, *Journal of Construction Engineering and Management*, 131(1), str. 52-61.

Horner, R. M. W. (1982): *The Control to Productivity*, The Chartered Institute of Building, Technical Information Service, 6.

Horner, R. M. W.; Witehead, R. C. (1986): Labour productivity on construction sites, *Zbornik radova Drugi Jugoslavenski simpozij Organizacija građenja*, Opatija, str. 587-599.

Horner, R. M. W.; Talhouni, B. T. (1989): Effects of Accelerated Working, Delays and Disruption on Labor Productivity, *The Chartered Institute of Building*, London, UK

Horner, R. M. W.; Talhouni, B. T.; Thomas, H. R. (1989): Preliminary results of major labour productivity monitoring programme, *Zbonik radova 3rd Yugoslavian Symposium on Construction Management*, Cavtat, str. 18-28.

Horner, R. M. W.; Duff, R. (2001): *More for Less: A Contractor's Guide to Improving Productivity in Construction*, CIRIA, London, UK

Horner, R. M. W. (2020): *Improving Construction Productivity – Challenging conventional thinking*, Whole Life Consultants Limited, Dundee University Incubator, Dundee, UK

Horvat, J.; Mijoč, J. (2009): Istraživački SpaSS (IV. dio: Testiranje mjernih instrumenata), *Naklada Ljevak d.o.o.*, Ekonomski fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Hosny, H. E.; Ibrahim, A. H.; Fraig, R. F. (2015): Deterministic Assessment of Continuous Flight Auger Construction Durations Using Regression Analysis, *International Journal of Engineering Research and Applications*, 5(7), str. 86-91.

Hrvatska enciklopedija (2021), mrežno izdanje, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=71291> (Pristupljeno 12.10.2022.)

Huang, A. L.; Chapman, R. E.; Butry, D. T. (2009): *Metrics and Tools for Measuring Construction Productivity: Technical and Empirical Considerations*, U.S. Department of Commerce National Institute of Standards and Technology, Special Publication 1101, SAD

Hughes R.; Thorpe D. (2014): A review of enabling factors in construction industry productivity in an Australian environment, *Construction Innovation*, 14 (2), str. 210-228

Hwang, B.-G.; Zhu, L.; Ming, J. T. T. (2017): Factors Affecting Productivity in Green Building Construction Projects: The Case of Singapore, *Journal of Management in Engineering*, 33(3), str. 1-12.

Hwang, B. G.; Li, Y. S.; Shan, M.; Chua, J. E. (2020): Prioritizing critical management strategies to improving construction productivity: empirical research in Singapore. *Sustainability*, 12, broj članka 9349

Ibbs, W.; Liu, M. (2005): Improved measured mile analysis technique, *Journal of Construction Engineering and Management*, 131(12), str. 1249-1256.

Ibbs, W.; Vaughan, C. (2015): *Change and the Loss of Productivity in Construction: a Field Guide*, University of California, SAD

Ibbs, W.; Sun, X. (2017): Weather's effect on construction labor productivity, *Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction*, 9(2), br. članka 04517002

Idiaki, J. E.; Ikemefuna, M. (2014): Improving Labour Performance in the Management of Wall Plastering Activity for One Storey Buildings in Abuja, Nigeria, *Journal of Economics and Sustainable Development*, 5(10), str.165-174.

Ingvaldsen, T.; Lakka, A.; Nielsen, A.; Bertelsen, N. H.; Jonsson, B. (2004): Productivity studies in Nordic building- and construction industry, Project report 377, Norwegian Building Research Institute, Oslo, Norveška

International Labour Organization (1992): *Introduction to work study*, International Labour Office, Ženeva, Švicarska

International Labour Organization (1996): *Introducción al Estudio del Trabajo*, <https://teacherke.wordpress.com/wp-content/uploads/2010/09/introduccion-al-estudio-del-trabajo-oit.pdf> (Pristupljeno 30. 7. 2022.)

Irfan, M.; Zahoor, H.; Abbas, M.; Ali, J. (2020): Determinants of labor productivity for building projects in Pakistan, *Journal of Construction Engineering, Management and Innovation*, 3(2), str. 85-100.

Iyer, K. C.; Jha, K. N. (2005): Factors affecting cost performance: Evidence from Indian construction projects, *International Journal of Project Management*, 23, str. 283-295.

Jain, A.; Lone, N. A.; Sharma, A. (2020): Improve the Factors Affecting Labour Productivity in Indian Construction Industry, *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research*, 7(2), str. 494-501.

Jayamaha, A.; Mula, M. J. (2011): Productivity and Efficiency Measurement Techniques: Identifying the Efficacy of Techniques for Financial Institutions in Developing Countries, *Journal of Emerging Trends in Economics and Management Sciences*, 2(5), str. 454-460.

Jalal, M. P.; Shahab, S. (2019): A hybrid framework to model factors affecting construction labour productivity: Case study of Iran, *Journal of Financial Management of Property and Construction*, 24(3), str.1-28.

Jamadagni, S.; Birajdar, B. V. (2015): Productivity improvement in construction industry, *International Research Journal of Engineering and Technology*, 2(8), str. 1330-1334.

Jang, H.; Kim, K.; Kim, J.; Kim, J. (2011): Labour productivity model for reinforced concrete construction projects, *Construction Innovation*, 11(1), str. 92-113.

Jarkas, A. M. (2005): An investigation into the influence of build-ability factors on productivity of in situ reinforced concrete construction, Doktorska disertacija, University of Dundee, UK

Jarkas, A. M. (2012): Buildability factors affecting formwork labour productivity of building floors, *Canadian Journal of Civil Engineering*, 37(10), str. 1383-1394.

Jarkas, A. M.; Bitar, C. G. (2012): Factors affecting construction labor productivity in Kuwait, *Journal of construction engineering and management*, 138(7), str. 811-820.

Jarkas, A. M.; Kadri C. Y.; Younes J. H. (2012): A Survey of Factors Influencing the Productivity of Construction Operatives in the State of Qatar, *International Journal of Construction Management*, 3, str.1-23.

Jarkas, A. M. (2015): Factors influencing labour productivity in Bahrain's construction industry, *International Journal of Construction Management*, 15(1), str. 94-108.

Jarkas, A. M.; Al Balushi, R. A.; Raveendranath, P. K. (2015): Determinants of construction labour productivity in Oman, *International Journal of Construction Management*, 15(4), str. 332-344.

Jatinkumar, S. B.; Patel, A. S. (2020): Factor Affecting Labour Productivity in Construction Industry and It's Improvement, *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research*, 7(5), str. 249-254.

Jenkins, J. L.; Orth, D. (2003): Productivity Improvement Through Work Sampling, *Journal of Cost Engineering*, 46(3), str. 27-33.

Jergeas, G. (2009): Improving Construction Productivity on Alberta Oil and Gas Capital Projects, Alberta Finance and Enterprise, University of Calgary, Kanada

Jiang, Y.; Wu, H. (2007): Production Rates of Highway Construction Activities, *International Journal of Construction Education and Research*, 3, str. 81-98.
<https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/15578770701429431>
(Pristupljeno 30. 6. 2019.)

Jimoh, R. A.; Ijigah, A. E.; Elegbede, I. (2013): Factors affecting job-site productivity of construction workers in Lagos state, *Journal of Building Performance*, 4(1), str. 67-72.

Jimoh, Ri. A.; Oyewobi, L.; Suleiman, S. (2017): Influence of Supevision on Labour Productivity on Construction Sites in Abuja-Nigerija, *Independent Journal of Management and Production*, 8(1), str. 64-81.

Johansen, P.; Christensen. S.; Neve, H. H.; Wandahl, S. (2021): Lean renovation – a case study of productivity, flow, and time improvements, *Proceedings of the 29th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, Lima, Peru, str. 839–848.

Johnson, J. W.; LeBreton, J. M. (2004): History and Use of Relative Importance Indices in Organisational Research, *Organizational Research Methods*, 7(3), str. 238-257.

Joseph, M. G.; Shankar, R. S. (2015): Analyzing the Various Factors that Affect the Labour Productivity in Construction Industries and Recommending Remedial Measures, *International Journal of Engineering Research and Technology*, 4(3), str. 608-614.

Josephson, P. E.; Björkman, L. (2013): Why do work sampling studies in construction? The case of plumbing work in Scandinavia. *Engineering, Construction Architectural Management*, 20(6), str. 589-603.

Kadir, M. R. A.; Lee, W. P.; Jaafar, M. S.; Sapuan, S. M.; Ali, A. A. A. (2005): Factors affecting construction labour productivity for Malaysian residential projects. *Structural Survey*, 23(1), str. 42-54.

Kahya, E. (2007): The effects of job characteristics and working conditions on job performance, *International Journal of Industrial Ergonomics* 37, str. 515-523.

Kalburgi, M. J.; Dinesh, G. P. (2010): Motivation as a tool for productivity in public sector unit, *Asian Journal of Management Research*, 7(8), str. 147-152. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.214.8650&rep=rep1&type=pdf> (Pristupljeno 28. 7. 2022.)

Kalsaas, B. T. (2010): Work-Time waste in construction, *Proceedings of the 18th Annual Conference, International Group for Lean Construction*, Haifa, Israel, str. 507-517. <https://iglcstorage.blob.core.windows.net/papers/attachment-bdffa446-ce34-4b40-9eae-737c3b32a931.pdf> (Pristupljeno 19. 9. 2022.)

Kaming, P. F.; Holt, G. D.; Kometa, S. T.; Olomolaiye, P. O. (1998): Severity diagnosis of productivity problems - a reliability analysis, *International Journal of Project Management*, 16(2), str. 107-113.

Kanižaj, K (2021): Automatizirano praćenje učinka rada djelatnika, <https://www.mobilisis.hr/automatizirano-pracenje-ucinka-rada-djelatnika> (Pristupljeno 25. 11. 2021.)

Karimi, S.; Gidado, K. (2012): Factors Influencing Construction Productivity in Afganistan, *Proceedings of the Conference: Engineering, Project, and Production Management 2012*, Brighton, UK, <https://www.semanticscholar.org/paper/Factors-influencing-construction-productivity-in-Gidado-arimi/c0fe42eacffb813bb8bbdbe26a821f7e467b1e75> (Pristupljeno 10. 4. 2019.)

Karimi, H. Taylor, T. R. B.; Goodrum, P. (2017): Analysis of the impact of craft labour availability on North American construction project productivity and schedule performance, *Construction Management and Economics*, 35(6), str. 368-380.

Karsch, K.; Golparvar-Fard, M.; Forsyth, D. (2014): ConstructAide: Analyzing and Visualizing Construction Sites through Photographs and Building Models, *ACM Transactions on Graphics*, 33(6), članak br. 176, str.1-11.

Kautz, T.; Heckman, J. J.; Diris, R.; Ter W. B.; Borghans, L. (2014): Fostering and Measuring Skills: Improving Cognitive and Non-Cognitive Skills to Promote Lifetime Success, *OECD Education Working Papers* 110

Katyani, M. (2013): Advantages and Disadvantages of Work Sampling Method <http://karens40pounds.blogspot.com/2013/02/advantages-and-disadvantages-of-work.html> (Pristupljeno 25. 7. 2023.)

Kavithra, S. S.; Ambika, D.; Shankari, R. S. (2017): *International Research Journal of Engineering and Technology*, 4(1), str.1294-1297.

Kavanaugh, T. C.; Muller, F.; O'Brien, J. J. (1978): *Construction Management: A Professional Approach*, McGraw-Hill Book Company, NY, SAD

Kazaz, A.; Ulubeyli, S. (2006): Organizational factors influencing construction manpower productivity in Turkey, *Proceedings of the 22nd Annual ARCOM Conference*, Birmingham, UK, str. 39-48.

Kazaz, A.; Ulubeyli, S. (2007): Drivers of productivity among construction workers: A study in a developing country, *Journal of Building and Environment*, 42, str. 2132-2140.

Kazaz, A.; Manisali, E.; Ulubeyli, S. (2008): Effect of basic motivational factors on construction workforce productivity in Turkey, *Journal of Civil engineering and Management*, 14(2), str. 95-106.

Kazaz, A.; Acikara, T. (2015): Comparasion of Labor Productivity Pespectives of Project Managers and Craft Workers in Turkish Construction Industry, *Conference on ENTERprise Information Systems / Intrenational Conference on Project Management / Conference of Health and Social Care Information Systems and Technologies*, *Procidia Compute Science*, 64, str. 491-496.

Kazaz, A.; Ulubeyli, S.; Acikara, T.; Er, B. (2016): Factors affecting labor productivity: Perspectives of craft workers, *Creaative onstruction Conference*, Budimpešta, *Procedia Engineering*, 164, str.28-34.

Kermanshachi, S.; Anderson, S.; Goodrum, P.; Taylor, T. (2017): Project Scoping Process Model Development to Achieve On-Time and On-Budget Delivery of Highway Project, *Transportation Research Record*, *Journal of the Transportation Research Board*, 2630, str. 147-155. file:///C:/Users/Racunalo/Downloads/2.ProjectScopingProcessModel.pdf (Pristupljeno 20. 8. 2021.)

Kermanshachi, S.; Thakur, R. (2018): Discovering the Impact of Late Change Orders and Rework on Labor Productivity: A Water Treatment Case Study Analysis Using System Dynamics Modeling, *Construction Research Congress*

ASCE, str. 691-701. https://www.academia.edu/100355457/Discovering_the_Impact_of_Late_Change_Orders_and_Rework_on_Labor_Productivity_A_Water_Treatment_Case_Study_Analysis_Using_System_Dynamics_Modeling?uc-sb-sw=100447435 (Pristupljeno 20. 8. 2021.)

Kerzner, H. (2003): *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling and Controlling*, JohnWiley & Sons, New Jersey, SAD

Khahro, S. H.; Ali, T. H.; Memon, N. A.; Memon, Z. A. (2016): Improving Labour Productivity: An Attribute Case Study of Building Sector Projects in Pakistan, *International Journal of Applied Engineering Research*, 11(23), str. 11121-11125.

Khaleel, T.; Nassar, Y. (2018): Identification and analysis of factors affecting labour productivity in Iraq, *MATEC Web of Conferences*, str. 1-11. https://www.researchgate.net/publication/324989436_Identification_and_analysis_of_factors_affecting_labour_productivity_in_Iraq (Pristupljeno 19. 11. 2019.)

Khan, A. A.; Ajmal, S. (2015): Role of Management in Motivating Labor to Improve Labor Productivity, *Journal of Advanced Management Science* 3(3), str. 179-185.

Khanh, H. D.; Lee, Y.-D.; Kim, S. Y. (2013): Relationship between Labor Productivity and Design Characteristics in High-rise Buildings, *Proceedings of the 1st International Conference on Research Methodology for Built Environment and Engineering*, Kuala Lumpur, Malezija, str. 1-9.

Kim, K.; Cho, Y. K. (2020): Effective inertial sensor quantity and locations on a body for deep learning-based worker's motion recognition, *Automation in Construction*, 113, str. 1-14.

Kiselica, E. P.; Shilova N. N.; Shelomentsev A. G. (2021): Povišenje proizvodljivosti truda stroiteljnih organizacija v uslovijah inovacionoj ekonomiki, *Voprosi inovacionoj ekonomiki*, 11(1), str. 225-238.

Klanac, G. P.; Nelson, E. L. (2004): Trends in Construction Lost Productivity Claims, *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 130(3), str. 226-236.

Klepac, J. (1984): *Organizacija građenja*, Građevinski institut Zagreb, Zagreb

Knezević, J. (2018): What is the Reliability of the Reliability Function?, *COJ Technical & Science Research* (Prijevod je objavljen u časopisu Održavanje i eksploatacija, 4(19), str. 7-11.)

Knight, A.; Ruddock, L. (2009): *Advanced research methods in the built environment*, Wiley-Blackwell, NY, SAD

Konstantinou, E.; Brilakis, I. (2018): Trajectory-based worker task productivity monitoring, *Proceedings of the 35th International Symposium on Automation and Robotics in Construction*, <https://api.repository.cam.ac.uk/server/api/core/bitstreams/f0e338e5-62b5-4b65-b1cd-1e402d4412f6/content> (Pristupljeno 25. 7. 2023.)

Konstantinou, E.; Brilakis, I. (2019): Monitoring construction labour productivity by way of a smart technology approach, *Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Smart Infrastructure and Construction*, 172(2), str. 70-82.

Koskela, L. (1992): Application of the new production philosophy to construction, Technical Report 72, Center for Integrated Facility Engineering Stanford university, SAD, <https://leanconstruction.org/uploads/wp/media/docs/Koskela-TR72.pdf> (Pristupljeno 23. 6. 2021)

Kozlov, O. A. (2018): Povišenje proizvodljivosti truda v stroiteljstve i stroiteljnom proizvodstve, *Znanstveno-stručni elektronički časopis*, 8(24), str. 1-15.

Kuykendall, C. J. (2007): Key Factors Affecting Labor Productivity in the Construction Industry, Magisterij znanosti, University of Florida, SAD

Kumar, Y.; Kumar, G., H.; Mynemi, S. B.; Sai Charan, C. V. N. (2014): Productivity Analysis of Small Construction Projects in India, *Asian Journal of Applied Sciences*, 7(4), str. 262-267.

Kuria, E. W.; Kimutai, G. (2018): Internal organization environment and project performance in construction firms within Nairobi city county, Kenya, *International Journal of Project Management*, 4(1), str. 1-13.

Kusterer, K. C. (1980): Labor Productivity in Heavy Construction: Impact on Synfuels Program Employment, Argonne National Laboratory, Energy and Environmental Systems Division, Argonne, SAD

Kuykendall, C. J. (2007): Key Factors Affecting Labor Productivity in the Construction Industry, Magisterij znanosti, University of Florida, SAD

Lamka, A. H. V.; Masu, S. M.; Wanyona, G.; Dianga, S.; Gwaya, A. O.: Factors Influencing Effective Productivity on Construction Sites in Nairobi County, *International Journal of Soft Computing and Engineering*, 4 (2014) 5, str. 24-30.

Lamka, A. H. V. (2015): Investigation of factors influencing construction site labour productivity in Nairobi County, Kenya, Magisterij znanosti, Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology, Kenija

Lee, E.-B.; Ibbs, C. W.; Harvey, J. T.; Roesler, J. R. (2000): Construction Productivity and Constraints for Concrete Pavement Rehabilitation in Urban Corridors, *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board* 1712, br. članka 00-1183

Lee, S. (2007): Understanding and Quantifying the Impact of Changes on Construction Labor Productivity: Integration of Productivity Factors and Quantification Methods, Doktorska disertacija, University of California, SAD

Lefoka, M.; Windapo, A. O. (2019): An Examination of Contextual Factors that Cause Variations in Labour Productivity, *The Construction Industry in the Fourth Industrial Revolution - Proceedings of 11th Construction Industry Development Board 2019*, Springer, Cham, Švicarska, str. 355-363

Lefoka, M.; Windapo, A. O. (2023): Improving Construction Productivity Estimation Techniques Through Realistic Labour Productivity Determinants, *Towards a Sustainable Construction Industry: The*

Role of Innovation and Digitalisation - Proceedings of 12th Construction Industry Development Board Postgraduate Research Conference, Springer, Cham, Švicarska, str. 668-676.

Lemma, G. J.; Borcharding, J. D.; Tucker, R. L. (1986): Productive foremen in industrial constructionm Journal of Construction Engineering and Management, 112 (2), str.192-210.

Lema, N. M., Samson, M. (1995): Construction of labor productivity modeling, University of Dar Elsalaam, Tanzanija

Leonard, C. A. (1987): The effect of change orders on productivity, The Revay Report, 6(2), str. 1-3. <https://www.revay.com/wp-content/uploads/2020/10/v06no2en.pdf> (Pristupljeno 23. 10. 2022.)

Lepage, M. (2020): Types of Schedule Delays in Construction Projects <https://www.exploreinsiders.com/types-of-delays-in-construction-projects/> (Pristupljeno 25. 10. 2022.)

Lerche, J.; Wandahl, S.; Neve, H. (2022): Identifying the Impact on Labor Productivity from Design Choices Through Work Sampling. Proceedings of the 30th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, str. 540–551. <https://iglcstorage.blob.core.windows.net/papers/attachment-c6500cd6-9900-4631-a3e0-eb7b6a14e619.pdf>

Lesley T.; Gokhale S. (2003): Equipment Productivity, CRC Press LLC, Chennai, Indija, str. 82-105.

Li, X.; Chow, K. H.; Zhu, Y.; Lin, Y-C. (2016): Evaluating the impacts of high-temperature outdoor working environments on construction labor productivity in China: A case study of rebar workers, Building and environment, 95, str. 42-52.

Li, Y.; Lin, J.; Cui, Z.; Wang, C.; Li, G. (2019): Workforce productivity evaluation of the US construction industry from 2006 to 2016, Engineering, Construction Architectural Management, 28(1), str. 55- 81.

Liao, P. C.; O'Brien, W. J.; Thomas, S. R., Dai, J.; Mulva, S. P. (2011): Factors affecting engineering productivity, Journal of Management in Engineering, 27 (4), str. 229-235.

Lim, Ewe Chye; Alum, J. (1995): Construction productivity: issues encountered by contractors in Singapore, International Journal of Project Management, 13(1), str. 51-58.

Lim, E. C. (1996): The analysis of productivity in building construction, Doktorska disertacija, Loughborough University, UK

Lin, C. L.; Huang, H. M. (2010): Improved baseline productivity analysis technique, Journal of Construction Engineering and Management, 136(3), str. 367-376.

Linarić, Z. (2005): Učinak građevinskih strojeva, Predavanja, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, https://www.grad.unizg.hr/_download/repository/ucinakgradevinskihstrojeva.pdf (Pristupljeno 20. 10. 2022.)

Liou, F.; Borcherding, J. D. (1986): Work Sampling Can Predict Unit Rate Productivity, *Journal of Construction Engineering and Management*, 112(1), str. 90-103.

Logcher R. D. (1978): Management Impacts on Labour Productivity, *Journal of the Construction Division*, 104, br. članka c04

Loosemore, M. (2014): Improving construction productivity: a subcontractor's perspective, *Engineering, Construction and Architectural Management*, 21(3), str. 245-260.

Lončarić, R. (1995): Organizacije izvedbe graditeljskih projekata, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Love, P. E. D.; Smith, J. (2003): Benchmarking, benchaction, and benchlearning: rework mitigation in projects, *Journal of Management in Engineering*, 19(4), str. 147–159.

Lovrinčević, Ž.; Mikulić, D.; Marić, Z. (2004): Efikasnost investicija i FDI – Stara priča, nove okolnosti, *Ekonomski pregled*, 55(1-2), str. 3-43.

Madhan, A.; Gunarani, G. I. (2018): Factors Affecting Construction Labour Productivity using Questionnaire Survey, *International Journal of Engineering and Technology*, 7(3.12), str. 309-313.

Mahamid, I. (2013a): Contractors perspective toward factors affecting labor productivity in building construction, *Journal of Engineering, Construction and Architectural Management*, 20(5), str. 446-460.

Mahamid I. (2013b): Principal Factors Impacting Labor Productivity of Public Construction Projects in Palestine: Contractors' Perspective, *International Journal of Architecture, Engineering and Construction*, 2(3), str. 194-202.

Mahamid, I.; Al-Ghonamy, A.; Aichouni, M. (2013): Major Factors Influencing Employee Productivity in the KSA Public Construction Projects, *International Journal of Civil and Environmental Engineering*, 14(1), str. 1-5.

Mahamid, I. (2020): Study of relationship between rework and labor productivity in Building Construction Projects, *Revista de la Construcción*, 19(1), str. 30-40.

Makulsawatudom, A.; Emsley, M. (2001): Factors affecting the productivity of the construction industry in Thailand: The project manager's perception, *Proceedings of CIB 17th Annual ARCOM Conference*, Vol. 1. str. 281-290. <https://pdfs.semanticscholar.org/98b3/8d050cb2cc1295d078abbe3c3018db8de60f.pdf> (Pristupljeno 12. 11. 2018.)

Malara, J.; Plebankiewicz, E.; Juszczak, M. (2019): Formula for Determining the Construction Workers Productivity Including Environmental Factors, *Buildings* 9(12), 240, str.1-14.

Malisiovas, A. (2010): Construction Productivity: From measurement to improvement, *Proceedings of the PM-05 - Advancing Project Management for the 21st Century - Concepts, Tools & Techniques for Managing Successful Projects*, Heraklion, Grčka, str. 1-8.

Maloney, W. (1983): Productivity Improvement: The Influence of Labor, *Journal of Construction Engineering and Management* Archive, 109(3), <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%290733-9364%281983%29109%3A3%28321%29> (Pristupljeno, 19. 12. 2022.)

Manoharan, E. (2017): Principal Factors Impacting Labor Productivity in Malaysian Construction Industry: A Survey of Constraints on Klang Valley Non-Residential Projects, *International Journal of Science and Engineering Investigations*, 6(71), str. 9-14.

Manoharan, K.; Dissanayake, P.; Pathirana, C.; Deegahawature, D.; Silva, R. (2022): Labour-related factors affecting construction productivity in Sri Lankan building projects: perspectives of engineers and managers, *Frontiers in Engineering and Built Environment*, 2(4), str. 218-232.

Mantri, S. (2016): Importance of labor productivity and its measurement, <https://www.slideshare.net/SiddharthMantri1/importance-of-labor-productivity-and-its-measurement> (Pristupljeno 15. 4. 2018.)

Maqsoom, A.; Mubbasit, H.; Alqurashi, M.; Shaheen, I.; Alaloul, W. S.; Ali Musarat, M.; Salman, A.; Aslam, B.; Zerouali, B.; Hussein, E. E. (2022): Intrinsic Workforce Diversity and Construction Worker Productivity in Pakistan: Impact of Employee Age and Industry Experience, *Sustainability*, 14(232), str. 1-16.

Marušić, J. (1994): Organizacija građenja, Sveučilište u Zagrebu

Maslow, A. H. (1970): *Motivation and Personality*, Harper & Row, NY, SAD, 1970.

Matejvić, B.; Zlatanović, M. (2018): Concreting process productivity analysis, *Facta Universitatis, Series: Architecture and Civil Engineering*, 16(1), str. 159-173.

McEniry, G. (2007): The Cumulative Effect of Change Orders on Labour Productivity - the Leonard Study "Reloaded", *The Revay Report*, 26(1), str. 1-8.

McLellan, N. (2004): Measuring Productivity using the Index Number Approach: An Introduction, Working paper 04/05, New Zealand Treasury, Novi Zeland

McTague, B.; Jergeas, G., (2002); Productivity improvements on Alberta major construction projects - Phase I – Back to Basics, *Construction Productivity Improvement Report / Project evaluation tool*, Alberta economic development, Kanada, 2002. <https://pdfcoffee.com/construction-productivityimprovements03-pdf-free.html> (Pristupljeno 10. 12. 2022.)

Mechanical Contractors Association of America (2016): *Change Orders, Productivity, Overtime: A Primer for the Construction Industry*, Mechanical Contractors Association of America, Inc. Rockville, SAD

Mei, Y. E. (2006): Extended Overtime and the Effect To Labour Productivity in Construction: Workers Perspective, *Magisterij znanosti, Faculty of Civil Engineering, Universiti Teknologi Malaysia, Malezija*

Mengistu, M.; Quezon, T. E.; Kebede, G. (2016): Assessment of Factors Affecting Labor Productivity on Road Construction Projects in Oromia Region, Bale Zone, International Journal of Scientific & Engineering Research, 11, str. 899-910.

Methe, P.; Nadaf, M.; Rashmi, J. V.; Thejaswi, K. P. (2018): Identification of factors influencing equipment productivity in construction projects, International Research Journal of Engineering and Technology, 5(6), str. 379-384.

Mico (2021): Different factors affecting the productivity of used CAT 330CL excavators, <https://www.micoequipment.com/blog/different-factors-affecting-the-productivity-of-used-cat-330cl-excavators/> (Pristupljeno 28. 12. 2020.)

Ministarstvo prometa Rusije (2003): Metodičkih rekomandacij po proektirovaniju i proverke tehnički obosnovannih norm vremeni resčetno-issledovateljskim metodom v dorožnom hozjajstve, Moskva, Rusija, <https://rulaws.ru/acts/Rasporyazhenie-Mintransa-RF-ot-14.04.2003-N-OS-338-r/> (Pristupljeno 12. 11. 2020.)

Miron, L.; Talebi, S.; Koskela, L.; Tezel, B. (2016): Evaluation of continuous improvement programmes, Paper presented at the 24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Boston, SAD <https://iglcstorage.blob.core.windows.net/papers/attachment-01ca3f05-976b-4832-a0c4-859fe74d82ef.pdf>. (Pristupljeno 12. 9. 2020.)

Mistry, S.; Bhatt, R. (2013): Critical Factors Affecting Labour Productivity In Construction Projects: Case Study Of South Gujarat Region Of India, International Journal of Engineering and Advanced Technology, 2(4), str. 583-591.

Mistry, B. R.; Pathak, B. V.; Sharma, D. N.; Shah, A. R. (2015a): Assessment of Factors Affecting the Labour Productivity in Building Construction Project, International journal of advanced research in engineering science and management, https://www.academia.edu/86457464/Assessment_of_Factors_Affecting_the_Labour_Productivity_in_Building_Construction_Project (Pristupljeno 30. 7. 2020.)

Mistry, B. R.; Pathak, B. V.; Sharma, D. N. (2015b): Evaluation of Factor Affecting for Labour Productivity in Cnstruction Project by AHP, International Journal of Science and Engineering, 1(2), str. 7-17.

Mojahed, S.; Aghazadeh, F. (2008): Major factors influencing productivity of water and wastewater treatment plant construction: Evidence from the deep south USA, International Journal of Project Management, 26(2), str. 195-202.

Momade, M. H.; Hainin, M. R. (2019): Identifying Motivational and Demotivational Productivity Factors in Qatar Construction Projects, Engineering, Technology & Applied Science Research, 9(2), str. 3945-3948.

Momade, M. H.; Shahid, S.; Falah, G.; Syamsunur, D.; Estrella, D. (2021): Review of construction labor productivity factors from a geographical standpoint, International Journal of Construction Management, objavljeno on-line, str. 697-707.

Montaser, M. N.; Mahdi, M. I.; Mahdi, A. H.; Rashid, I. A. (2018): Factors Affecting Construction Labor Productivity for Construction of Pre-Stressed Concrete Bridges, *International Journal of Construction Engineering and Management*, 7(6), str. 193-206.

Moohialdin, A. S. M.; Lamari, F.; Miska, M.; Trigunarsyah, B. (2019): Construction worker productivity in hot and humid weather conditions: A review of measurement methods at task, crew and project levels, *Engineering, Construction Architectural Management*, 27(1), str. 83-108.

Moselhi, O.; Leonard, C. A.; Fazio, P. (1990): Impact of change orders on construction productivity, *Canadian Journal of Civil Engineering*, 18, str. 484-492.

Moselhi, O.; Khan, Z. (2012): Significance ranking of parameters impacting construction labour productivity, *Construction Innovation*, 12(3), str. 272-296.

Mugenda, M. O.; Mugenda, G. A. (2003): *Research methods, qualitative and qualitative approaches*, African Centre for Technology Studies Press Nairobi, Kenija

Motowidlo, S. J.; Borman, W. C.; Schmit, M.J. (1997): A Theory of Individual Differences in Task and Contextual Performance. *Human Performance*, 10, str. 71-83.

Muhammad, I.; Hafiz, Z.; Muhammad, A.; Yasir, A. (2020): Determinants of labor productivity for building projects in Pakistan, *Journal of Construction Engineering, Management and Innovation*, 3(2), str. 85-100.

Muhwezi, L.; Acai, J.; Otim, G. (2014): An Assessment of the Factors Causing Delays on Building Construction Projects in Uganda, *International Journal of Construction Engineering and Management*, 3(1), str. 13-23.

Mwanza, B. G.; Mbohwa, C. (2016): Application of work study for productivity improvement: a case study of a brewing company. Paper presented at the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Kuala Lumpur, Malaysia. <https://www.semanticscholar.org/paper/Application-of-Work-Study-for-Productivity-A-Case-a-Mwanza-Mboha/75af9198a680638d0dd7c1286c32ee15788c1b51> (Pristupljeno 12. 9. 2021.)

Myers, D. (2013): *Construction Economics - A new approach*, Routledge, London / NY, https://www.academia.edu/34280161/_Danny_Myers_Construction_Economics_A_New_Approa_BookFi_ (Pristupljeno 23. 11. 2023.)

Nahod, M.-M.; Knezović, M. (2017): Labour productivity in the Croatian construction industry: Impact factors from the client's point of view, *Elektronički časopis Građevinskog fakulteta Osijek*, 14, str. 48-57.

Nanayakkara, L. (2012): *Site layout: how it is perceived to affect productivity in public sector construction projects in Sri Lanka*, Doktorska disertacija, Oxford Brookes University, UK

Naoum, S. G. (2016): Factors influencing labor productivity on construction sites: A state-of-the-art literature review and a survey, *International Journal of Productivity and Performance Management*, 65(3), str. 401-421.

Nasiru, Z. M.; Ashiru, S.; Ahmad, M.; Saeed, B.; Egba, E. I.; Jibrin, H. S. (2015): Evaluation of factors affecting labour productivity in construction industry: a case study, *Jurnal teknologi*, 77(12), str. 87-91.

Nassri, S.; Talebi, S.; Elghaish, F.; Koohestani, K.; McIlwaine, S.; Hosseini, M. R.; Poshdar, M.; Kagioglou, M. (2021): Labor Waste in Housing Construction Projects: An empirical study, *Smart and Sustainable Built Environment*, (<http://www.open-access.bcu.ac.uk/12256/>) (Pristupljeno 25. 7. 2023.)

Natukunda, N.; Muhwezi, L.; Sengonzi, R. (2020): Study of the Impact of Management Skills on Labour Productivity in the Building Construction Industry in Uganda, *Journal of Civil, Construction and Environmental Engineering*, 5(6), str. 167-177.

Navon, R.; Shpatnitsky, Y. (2005): A model for automated monitoring of road construction, *Construction Management and Economics*, 23(9), str. 941-951.

Nelson, D. (2011): *The Analysis and Valuation of Disruption*, Hill International, Inc, 2011., www.hillintl.com/PDFs/The%20Analysis%20and%20Valuation%20of%20Disruption%20-%20Derek%20Nelson.pdf (Pristupljeno 28. 12. 2021.)

Nerwal, N. (2011): *Construction crew design: A lean approach*, magisterij znanosti, Michigan State University, SAD

Neve, H. H.; Wandahl, S.; Lindhard, S.; Teizer J., Lerche, J. (2020): Determining the Relationship between Direct Work and Construction Labor Productivity in North America: Four Decades of Insights, *Journal of Construction Engineering and Management*, 146(9), br. članka 04020110

Ng, S. T.; Skitmore, R. M.; Lam, K. C.; Poon, W. C. A. (2004): Demotivating factors influencing the productivity of civil engineering projects, *International Journal of Project Management*, 22 (2), str. 139-146.

Ngo, T. L.; Tserng, H. P.; Yin, S. Y.-L. (2011): Types of Waste in the Construction Project: A Waste Eliminating Methodology, 15th Symposium on Construction Engineering and Management, National Taiwan University of Science and Technology, Taipei, Tajvan, https://www.researchgate.net/publication/340815644_Types_of_Waste_in_the_Construction_Project_A_Waste_Eliminating_Methodology (Pristupljeno 20. 6. 2023.)

Nguyen, D. L.; Nguyen, H. T. (2013): Relationship between building floor and construction labor productivity: A case of structural work, *Engineering, Construction and Architectural Management*, 20(6), str. 563-575.

Nguyen, T. P.; Chileshe, N. (2015): Revisiting the construction project failure factors in Vietnam, *Built Environment Project and Asset Management*, 5(4), str. 398-416.

Nguyen, V. T.; Nguyen, L. H.; Nguyen, B. N. (2018): Factors affecting labour productivity of construction worker on construction site: A case of Hanoi,

Journal of Science and Technology in Civil Engineering NUCE, 12(5), str. 127-138.

Nguyen, T. P.; Phan, T. P.; Nguyen, P-C.; Vu, B. N.; Le, P. L. (2019): Measurement of construction labor productivity for formwork of the high-rise building project, Journal of mechanics of continua and mathematical sciences, 14(2), str. 112-120.

Nikakhtar, A.; Hosseini, A. A.; Wong, K. Y.; Zavichi, A. (2015): Application of lean construction principles to reduce construction process waste using computer simulation: a case study, International Journal of Services Operations Management, 20(4), str. 461-480.

Nosko N. V. (2019): Faktori povišenija proizvoditeljnosti truda na stroiteljnih predprijetijah respubliki Belarus, Zbornik 4. Međunarodna, znanstveno-stručna konferencija Socijaljno-ekonomičeskoje razvitije gorodov i regionov: gradostroiteljstvo, razvitije biznesa, žizneobespečenije goroda: materialy, Volgograd, Rusija, str- 72-77.

Ntula, B.; Allopi, D. (2014): Impact of Inadequate Experience and Skill on the Construction Sector in KwaZulu-Natal, South Africa, Engineering, Technology and Applied Science Research, 4(1), str. 570-575.

Nurhendi, N. R.; Khoiry, A. M.; Hamzah, N. (2021): Construction labour productivity on campus project in Pamenbang, Indonesia, IT in Industry, 9(1), str. 121-126.

Nurul, Y. S. M.; Rahim, F. A. M.; Chuong, L. S. (2021): The Relationship of Skilled Labour Shortages and Project Performance in Construction Industry: A Conceptual Framework, Journal of Project Management Practice, 1(1), str. 1-21. <https://ejournal.um.edu.my/index.php/JPMP/article/view/29467/13134> (Pristupljeno 10. 11. 2022.)

Nyanjong, E.; Were, S. (2017): Influence of critical success factors on completion of road projects in Kenya a case of Kenya national highways authority projects, International Journal of Social Sciences Management and Entrepreneurship 4(2), str. 60-77.

Ochoa, C.; Murcia, H.; Fuciños, R.; Domínguez, K. (2017): New implementation of Work Sampling Analysis for validating the Present Idle Time Indicator of Maintenance and Ship Repairing Business Line of Cotecmar, Ship Science and Technology, 10(20), str. 9-18.

Odesola, I. A.; Otali, M.; Ikediashi, D. I. (2013): Effects of Project-Related Factors on Construction Labour Productivity in Bayelsa State of Nigeria, Ethiopian Journal of Environmental Studies and Management, 6, str. 817-826.

Odesola, I. A.; Idoro, G. I. (2014): Influence of Labour-Related Factors on Construction Labour Productivity in the South-South Geo-Political Zone of Nigeria, Journal of Construction in Developing Countries, 19(1), str. 93-109.

Odesola, I. A. (2015): Assessment of Management-Related Factors Affecting Construction Labour Productivity in Cross River State of Nigeria, Covenant Journal of Research in the Built Environment, 3(2), str. 13-29.

Odesola, I. A.; Okolie, C. K.; Nnametu, N. J. (2015): A Comparative Evaluation of Labour Productivity of Wall Plastering Activity Using Work study, Project Management World Journal, 4(5), str. 1-10.

ONS (2016): Productivity Handbook, Office for National statistics, UK

Organisation for Economic Cooperation and Development (2001): Measuring Productivity - Measurement of Aggregate and IndustryLevel Productivity Growth - OECD Manual Organisation of Economic Cooperation and Development, Paris, Francuska

Ofori, G. (2019): Construction in Developing Countries: Need for New Concepts. Journal of Construction in Developing Countries, 23, str. 1-6.

Oglesby, C.; Parker, H.; Howell, G. (1989): Productivity improvement in construction, McFraw-Hill, NY, SAD

Oktafia, M.; Indrayadi, R. (2018): Analisa produktivitas Tenaga Kerja Pada Pekerjaan Struktur Atap Baja Ringan, Journal of PWK, Sea, Civil, Mining, 5(3), str. 1-10. <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/JMHMS/article/view/30441> (Pristupljeno 20.4.2023.)

Okudan, O.; Budayan, C. (2019): Determination of KPIs for Small and Medium Sized Construction Companies, Proceedings of the 14th International Conference Organization, Technology and Management in Construction & IPMA 7th Research Conference, Zagreb, str.160-176.

Olasbosipo, F.; Ayodeji, O.; James, O. (2011): Factors affecting the performance of labour in Nigerian construction sites, Mediterranean Journal of Social Sciences, 2(2), str. 251-257.

Olatunji, S.; Ajibola, K.; Coker, A. (2000): The Effects of Training on the Productivity of Construction Craftsmen in South Western Nigeria, Proceedings of the Conference: Challenges Facing the Construction Industry in Developing Countries, Rotterdam, Nizozemska, <http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB8941.pdf> (Pristupljeno 10. 8. 2018.)

Olatunji, A. A.; Olotuah, A. O. (2006): Impact of Motivation on Worker's Productivity in the Nigerian Construction Industry, Proceedings 22nd Annual ARCOM Conference, Birmingham, UK, str. 239-248.

Olomolaiye, P. O. (1988): An evaluation of bricklayers' motivation and productivity, Doktorska disertacija, Loughborough University of Technology, UK

O'Neill, C.; Panuwatwanich, K. (2013): The impact of fatigue on labour productivity: Case study of dam construction project in Queensland, Proceedings of the 4th International Conference on Engineering, Project, and Production Management, str. 993-1005., file:///C:/Users/Racunalo/Downloads/ONeillandPanuwatwanichEPPM2013.pdf (Pristupljeno 20. 10. 2022.)

Orando, M. (2013): The Influence of Human Behaviour Factors on Construction Productivity, Doktorska disertacija, Department of Quantity Surveying and Construction Management Faculty of Natural and Agricultural Sciences, University of the Free State, JAR

Orth, D.; Jenkins, J. (2003): Mechanical and General Construction Productivity Results, AACE International Transactions of the Annual Meeting, CSC.07.1-CSC.07.5. <https://www.proquest.com/docview/208185615?sourcetype=Scholarly%20Journals> (Pristupljeno 19. 8. 2020.)

Orth, L. D.; Welty, S.; Jenkins, J. J. (2006): Analyzing Labor Productivity through Work Sampling, Proceedings of the 42nd Annual Conference, Colorado State University Fort Collins, SAD, http://ascpro0.ascweb.org/archives/cd/2006/2006pro/2006/CPRT21_Orth06_5800.htm (Pristupljeno 20. 7. 2022.)

Oštarijaš, Z.: Analiza produktivnosti rada na nekim gradilištima u zemlji i SR Njemačkoj, Proceedings of the 2rd Yugoslavian Symposium on Construction Management, 1986, Opatija, str. 721-728.

Ovararin, N. (2001): Quantifying Productivity Loss Due to Field Disruptions in Masonry Construction, Doktorska disertacija, The University of Texas, SAD

Palikhe, S.; Kim, S.; Kim, J. J. (2018): Critical success factors and dynamic modeling of construction labour productivity. International Journal of Civil Engineering, str. 1-16.

Pan, N.-F. (2005): Assessment of Productivity and Duration of Highway Construction Activities subject to Impact of Rain, Expert systems with Applications, 28, str. 331-326.

Panda, P. H.; Kamat, S. (2017): Productivity Analysis of Pile Driving Equipment in Mumbai, SSRG International Journal of Civil Engineering, 4(5), str. 57-65.

Pannell, R. (2022): What is a Gemba Walk? Gemba Walks Explained, <https://leanscape.io/principles-of-lean-08-gemba-walks/> (Pristupljeno 15. 10. 2023.)

Park, H.-S. (2006): Conceptual Framework of Construction Productivity Estimation, KSCE Journal of Civil Engineering, 10(5), str. 311-317

Park, H.; Thomas, S. R.; Tucker, R. L. (2005): Benchmarking of construction productivity, Journal of Construction Engineering and Management, 131(7), str. 772-778.

Parkin, B. A.; Tutesigensi, A.; Büyükalp, I. A. (2009): Motivation among construction workers in Turkey, Proceedings of the 25th Annual ARCOM Conference, Nottingham, UK, str. 105-114.

Parthasarathy, M. K.; Murugasan, R.; Murugesan, K. (2017): A Critical Review of Factors Affecting Manpower and Equipment Productivity in Tall Building Construction Projects, Journal of Construction in Developing Countries, 22 (1), str. 1-18.

Parthasarathy, M. K.; Murugasan, R.; Vasan, R. (2018): Modelling manpower and equipment productivity in tall residential building projects in developing countries, Journal of the South African Institution of Civil Engineering, 60(2), str. 23-33.

Patel, V. K.; Agrawal, S.; Pandey, M. (2017): Study of Factors Affecting Labour Productivity in Construction Industry, Journal of Emerging Technologies and Innovative Research, 4(9), str. 415-420.

Patel, B.; Bhavsar, J. J.; Pitroda, J. (2018): Analysis of Labour Productivity in Building Construction in the Central Gujarat, *International Journal of Technical Innovation in Modern Engineering and Science*, 4(5), str. 311-314.

Pérez, C. T.; Salling, S. T.; Wandah, S. (2023): Measuring time spent in value-adding workspaces using smartwatches, *Proceedings of the 31st Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, str. 1440-1450. https://www.researchgate.net/publication/371910828_Measuring_time_spent_in_value-adding_workspaces_using_smartwatches (Pristupljeno 15. 12. 2023.)

Picard, E. H. (2004): Direkt labor productivity Measurement – As applied in construction and major Maintenance projects, TCM Framework: 9.2 – Progress and Performance Measurement, AACE International Recommended Practice No. 22R-01.

Picard, H. (2013): Labor Productivity Measurement and Analysis on Heavy Construction Projects, PicardConsult LLC, Tryon, https://hoffmanmarcom.com/ebook/picard_ebook.pdf (Pristupljeno 15. 9. 2022.)

Pinter, U.; Lončarić, R. (2006): Značaj studija rada u građevinarstvu, *Građevinar*, 58(10), str. 807-812.

Pfeifer, K. (1967): Analysis of methods of studying operational efficiency in forestry, Magistrski rad, University of British Columbia, Kanada

Poirier, E. A.; Staub-French, S.; Forgues, D. (2015): Measuring the impact of BIM on labor productivity in a small specialty contracting enterprise through action-research, *Automation in Construction*, 58, str. 74–84.

Polat, G.; Arditi, P. (2005). The JIT Management System in Developing Countries. *Construction Management and Economics*, 23(7), str. 697-712.

Polit, D.; Beck, C.; Hungler, B. (2001): *Essentials of nursing research: methods, appraisal, and utilization*, Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, SAD

Polycarp, O. A.; Saidu, I.; Abdullahi, S. G.; Wasiu, A. O.; Abdulmumin, A.; Bolaji, S. (2014): An Analysis of Relationship between Working Height and Productivity of Masonry Workers on Site, *Civil and Environmental Research*, 6(4), str. 72-81.

Posebne uzance o građenju, *Narodne novine*, 137(2021)

Poirier, E. A.; Staub-French, S.; Forgues, D. (2015): Measuring the impact of BIM on labor productivity in a small specialty contracting enterprise through action-research, *Automation in Construction*, 58, str. 74-84.

Pradeepkumar, C.; Loganathan, S. (2015): A study on minimization of construction waste through work sampling, *International Journal of Science and Engineering Research*, 3(4), str. 5687-5691.

Prasetyo, I.; Aliyyah, N.; Rusdiyanto; Syahrial, R.; Nartasari, D. R.; Yuventius; Wibowo, H.; Sanjayanto; Sulistiyowati (2021): Discipline and Work Environment

Affect Employee Productivity: Evidence from Indonesia, *International Journal of Entrepreneurship*, 25(2), str. 1-32.

Project Management Institute (2004): *A Guide to the Project Management Body of Knowledge*, Pennsylvania, SAD, <https://juliangiraldo.wordpress.com/wp-content/uploads/2008/02/pmbok-pmi-project-management-body-of-knowledge-third-3rd-edition-2004.pdf> (Pristupljeno 4. 1. 2022.)

Proverbs, D. G., Holt, G. D.; Olomolaiye, P. O. (1998): A comparative evaluation of planning engineers' formwork productivity rates in European construction, *Building and Environment*, 33(4), str. 180-188.

Radujković, M. (1999): Izvor prekoračenja rokova i proračuna građevinskih projekata, *Građevinar*, 51(2), str. 159-165.

Rahman, I., A.; Memon, A. H.; Tarmizi abd. Karim A. (2013): Relationship between Factors of Construction Resources Affecting Project Cost, *Modern Applied Science*, 7. str. 67-75.

Rakib, F. H.; Sujana, H.; Rahman, M.; Hossain, A. (2020): Factors Affecting the Construction Productivity in the Context of Khulna City of Bangladesh, *Proceedings of the 5th International Conference on Civil Engineering for Sustainable Development*, Khulna, Bangladeš, str. 4932-1-4932-7

Ranasinghe, U.; Ruwanpura, J.; Liu, X. (2012): Streamlining the Construction Productivity Improvement Process with the Proposed Role of a Construction Productivity Improvement Officer, *Journal of Construction Engineering and Management*, 138(6), str. 697-706.

Ranjithapriya, R.; Arulselvan, S. (2020): Study on Factors Affecting Equipment Management and its Effect on Productivity in Building Construction, *International Journal of Engineering Research and Technology*, 9(4), str. 223-230.

Rashid, H. A. (2014): Weather Effect on Workflow, and Labor Productivity of Construction Plant, *International Journal of Engineering and Technical Research*, 2(11), str. 32-35.

Rathnayake, A.; Middleton, C. (2023): Systematic Review of the Literature on Construction Productivity, *Journal of Construction Engineering and Management*, 149(6), str. 1-36.

Ray, P. S.; Raju, D. A. S. (2009): On-site construction productivity, *Proceedings of the IIE Annual Conference*, str. 108-112. Retrieved from <http://gateway.library.qut.edu.au/login?url=http://search.proquest.com/docview/192457902?accountid=13380> (Pristupljeno 18. 11. 2018)

Raziq, A.; Maulabakhsh, R. (2014): Impact of Working Environment on Job Satisfaction, *Procedia Economics and Finance* 23, 2nd Global Conference on Business, Economics, Management and Tourism, Prag, Češka, str. 717-725.

Rivas, A. R.; Borcherting, D. J.; González, V.; Alarcón, F. L. (2011): Analysis of factors influencing productivity using craftsmen questionnaires: case study in a

Chilean construction company, *Journal of Construction Engineering and Management*, 137(4), str. 312-320.

Robinson, M. A. (2010): Work sampling: Methodological advances and new applications, *Human Factors Ergonomics in Manufacturing Service Industries*, 20(1), str. 42-60.

Robles, G.; Stifi, A.; Ponz-Tienda, José L.; Gentes, S. (2014): Labor Productivity in the Construction Industry - Factors Influencing the Spanish Construction Labor Productivity, *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Civil and Environmental Engineering*, 8(10), str. 1061-1070.

Rogge, D. F.; Tucker, R. L. (1982): Foreman-delay surveys: Work sampling and output, *Journal of the Construction Division*, 108(4), str. 592-604.

Rogers, M. (1998): The definition and measurement of productivity, Working paper 9/98, The university of Melbourne, Melbourne institute of applied economics and social research, Australija

Rojas, E. M.; Aramvareekul, P. (2003): Is construction labor productivity really declining?, *Journal of Construction Engineering and Management*, 129(1), str. 41-46.

Rosenfeld, Y. (2014): Root-cause analysis of construction-cost overruns. *Journal of construction engineering management*, 140(1), br. članka P 04013039

Rowlinson, M.; Proctor, S. (1999): Organizational Culture and Business History, *Organization Studies*, 20(3), str. 369-396.

Rozga, A. (2009): Statistika za ekonomiste, Ekonomski fakultet, Split

Roziko, H.; Ardiansyah, A.; Barnas, Edi; Silviati, S. (2021): Analisis Produktivitas Tenaga Kerja Pada Pekerjaan Struktur Rangka Atap Baja Ringan, *KaLIBRASI*, 4(2), str. 60-80.

Sabet, P. G. P.; Chong, H.-Y. (2020): Pathways for the Improvement of Construction Productivity: A Perspective on the Adoption of Advanced Techniques, *Advances in Civil Engineering*, ID 5170759, str. 1-17. <https://www.hindawi.com/journals/ace/2020/5170759/> (Pristupljeno 5. 7. 2021.)

Safa, M.; Cardenas, J. G.; Leblanc, D. G.; Rose, D.; Shahi, A. (2016): Improving construction labor productivity using automatic rebar tying gun, *Proceedings of the 33rd International Symposium on Automation and Robotics in Construction*, Auburn, Alabama, SAD, str. 1-5.

Salem, A.; Salah, A.; Ibrahim, M.; Moselhi, O. (2017): Study of Factors Influencing Productivity of Hauling Equipment in Earthmoving Projects using Fuzzy Set Theory, *International Journal of Innovation, Management and Technology*, 8(2), str. 151-154.

Salhi, R.; Messaoudi, K. (2021): The Effects of Delays in Algerian Construction Projects: An Empirical Study, *Civil and Environmental Engineering Reports*, 31(2), str. 218-254.

Sandeep, S.; Mukesh, P. (2017): A Various Factors Affecting Labour Productivity and Method to Improve It, *International Journal of Engineering Development and Research*, 5(2), str. 621-626.

Saravanan, M.; Surendar, G. (2016): Analysis of various factors influencing labour productivity in construction project, *International Journal of Emerging Technology in Computer Science and Electronics*, 22(2), str.179-181.

Sarmiento, M.; Ferreira, M. L. R. (2021): Factors affecting construction productivity in Brazil: comparasion with recent international research, *Revisita Ingenieria de Construccion*, 36(3), str. 369-379.

Saunders, M.; Lewis, P.; Thornhill, A. (2016): *Research Methods For Business Students*, Pearson Education, Harlow, UK

Schwartzkopf, W. (1995): *Calculating Lost Labor Productivity in Construction Claims*, John Wiley & Sons, NY, SAD

Sebastian S. J.; Borcharding J. D. (1979): *An Exploratory Study of the Major Factors Influencing Craft Productivity in Nuclear Power Plant Construction*, Contract EQ-78-G-01-6333, United States Department of Energy, vol. 1.

Senouci, A.; Al-Abbasi, M.; Eldin, N. N. (2018): Impact of weather conditions on construction labour productivity in Qatar, *Middle East Journal of Management*, 5(1), str. 34-49.

Serag, E. (2006): *Change Orders And Productivity Loss Quantification Using Verifiable Site Data*, Doktorska disertacija, University of Central Florida, SAD

Serdar, U.; Kazaz, A.; Er, B. (2014): Planning Engineers' Estimates on Labor Productivity: Theory and Practice, 27th IPMA World Congress, *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 119, str. 12-19.

Seresht, G. N.; Fayek, R. A. (2019): Factors influencing multifactor productivity of equipment-intensive activities, *International Journal of Productivity and Performance Management*, 69(9), str. 2021-2045.

Serpell, A.; Venturi, A.; Contreras, J. (1995): *Characterization of Waste in Building Construction Projects*, 3rd Annual Conference International Group for Lean Construction, University of New Mexico, SAD, str. 67-77. https://www.researchgate.net/publication/268447316_Characterization_of_Waste_in_Building_Construction_Projects (Pristupljeno 20. 9. 2021.)

Serpell, A. (1996): *Modelling the factors that affect productivity in building construction projects*, International Conference on Developments in Building Technology, Bratislava https://www.researchgate.net/publication/268447786_Modelling_the_Factors_that_Affect_Productivity_in_Building_Construction_Projects (Pristupljeno 5. 9. 2022.)

Serpell, A., Venturi, A.; Contreras, J. (1997): *Characterization of waste in building construction projects*, Lean Construction, Balkema, Rotterdam, str. 67-78. https://www.academia.edu/802281/Characterization_of_waste_in_building_construction_projects (Pristupljeno 25. 9. 2022.)

Serpell, A.; Alarcón, L. F. (1998): Construction process improvement methodology for construction projects, *International Journal of Project Management*, 116(4), https://www.researchgate.net/publication/222207494_Construction_process_improvement_methodology_for_construction_projects (Pristupljeno 20. 11. 2023.)

Sharmila, S.; Nirmalkumar, K. (2016): Study on the Critical Factors Influencing Labor Productivity in Construction Industry, *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 5(3), str. 3530-3535.

Shehata, M. E.; El-Gohary, K. M. (2011): Towards improving construction labor productivity and projects' performance, *Alexandria Engineering Journal*, 50(4), str. 321-330.

Sherekar; V.; Tatikonda, M. (2016): Impact of Factor Affecting on Labour Productivity in Construction Projects by AHP Method, *International Journal of Engineering Science and Computing*, 6(6), str. 6771-6775.

Sherif, M. H.; Remon, F. A.; Enas, S. M.; Madeha, M. A.; Eman, K. A. (2014): Critical factors affecting construction labor productivity in Egypt, *American Journal of Civil Engineering*, 2(2), str. 35-40.

Shinde V. J., Hedao M. N. (2017): A Review on Productivity Improvement in Construction Industry, *International Research Journal of Engineering and Technology*, 4(11), str. 210-215.

Shingo, S. (1988): *Non-stock production: the Shingo system of continuous improvement*, Productivity Press, Portland, SAD, https://books.google.hr/books?id=FLGN1gst3koC&printsec=frontcover&source=gbs_atb&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false (Pristupljeno 20. 10. 2022.)

Shoar, S.; Banitis, A. (2019): Application of Fuzzy Fault Tree Analysis to Identify Factors Influencing Construction Labor Productivity: A High-Rise Building Case Study, *Journal of Civil Engineering and Management*, 25(1), str. 41-52.

Shou, W.; Wang, J.; Wu, P.; Wang, X. (2020): Value adding and non-value adding activities in turnaround maintenance process: classification, validation, and benefits, *Production Planning Control*, 31(1), str. 60-77.

Shumway, J. D. (1992): *A Comparative analysis of concrete formwork productivity influence factors*, Magisterij znanosti, Pennsylvania State University, Pennsylvania, SAD <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA252115.pdf> (Pristupljeno 12. 9. 2022.)

Simović, V. (2002): *Leksikon građevinarstva*, Masmedia, Zagreb

Sincich, T.; Levine, D. M.; Stephan, D. (2002): *Practical statistics by example using Microsoft Excel and Minitab*, Prentice Hall, NY, SAD

Singh, S. P. (2010): *Factors affecting the productivity of construction operations in the United Arab Emirates*, Magisterij znanosti, Heriot-Watt University, UK

Small, E. P.; Baqer, M. (2016): Examination of job-site layout approaches and their impact on construction job-site productivity, *Procedia Engineering* 164, str. 383-388.

Snyman, T.; Smallwood, J. (2017): Improving productivity in the business of construction, *Procedia Engineering*, 182, str. 651-657.

Soekiman, A.; Pribadi, K. S.; Soemardi, B. W.; Wirahadikusumah, R. D. (2011): Factors Relating to Labor Productivity Affecting the Project Schedule Performance in Indonesia, *Procedia Engineering* 14, str. 865-887.

Sonmez, R. (1996): Construction labor productivity modeling with neural networks and regression analysis, Doktorska disertacija, Iowa State University, SAD

Spillane, J. P.; Oyedele, L. O.; Coates, R.; von Meding, J.; Konanahalli, A. (2012): Confined Site Construction and its Impact on Personnel Productivity, 2012 RICS COBRA, Las Vegas, SAD, https://www.academia.edu/72757117/Confined_Site_Construction_and_its_Impact_on_Personnel_Productivity (Pristupljeno 28. 12. 2021.)

Srikanth, B.; Raut, A.; Charpe, A.; Gomez, C. (2022): Factors affecting masonry labour productivity in building construction projects negatively and positively in India, *International Journal of Mechanical Engineering*, 7(3), str. 104-114.

Stimmel, Stimmel & Roeser Law Offices: Labor Productivity on Construction Projects: The Proper Measure for Bidding and for Damages – part One, <https://www.stimmel-law.com/en/articles/labor-productivity-construction-projects-proper-measure-bidding-and-damages-part-one> (Pristupljeno 18. 9. 2022.)

Stocker, A.; Gerold, S.; Hinterberger, F.; Berwald, A.; Soleille, S.; Morgan, V. A.; Zoupanidou, E. (2015): The interaction of resource and labour productivity, Scientific background report to the Scoping Study, Sustainable Europe Research Institute, Deloitte za European Commission, DG Environment

Strandberg, J.; Josephson, P.-E. (2005): What Do Construction Workers Do? Direct Observations in Housing Projects, *Proceedings of 11th Joint CIB International Symposium Combining Forces, Advancing Facilities management and Construction through Innovation*, Helsiniki, Finska, str. 184-193. <https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB6340.pdf> (Pristupljeno 17. 9. 2022.)

Su, Y.-Y. (2010): Construction crew productivity monitoring supported by location awareness technologies, Doktorska disertacija, University of Illinois at Urbana-Champaign, SAD

Sukumar, D.; Kumar, V. Rajesh (2016): A study of various factors affecting labour productivity in road construction and suggestions to improve it, *International Journal of Scientific and Engineering Research*, 7(4), str. 98-102.

Sun, X. (2016): Proposed Improvements to the MCAA Method for Quantifying Construction Loss of Productivity, Doktorska disertacija, University of California, SAD <https://escholarship.org/uc/item/23q4b5p8> (Pristupljeno 07.11.2021.)

Suresh, N. J.; Eldhose, S. (2018): Equipment Productivity Forecasting Model for Multi-storey Building Construction Through Regression Analysis, *IOSR Journal of Engineering*, 8(3), 2018, str. 34-40.

Sweis, G. J. (2000): Impact of conversion technology on productivity in masonry construction, Doktorska disertacija, Field of Civil Engineering, Northwestern University, SAD

Sweis, N. J.; Sweis, R. J.; Kassab, G.; Elfar, A.; Athammneh, D.; Sweis, G. J. (2017): Demotivating factors influencing productivity in Jordanian residential construction projects, *International Journal of Productivity and Quality Management*, 20(2), str. 154-168

Šopić, M.; Vukomanoović, M. (2019): Video analiza praćenja kretanja i rada kamiona kiperu na gradilištu, *Zbornik radova Zajednički temelji*, Rijeka, str. 107-113.

Taboršak, D. (1970): *Studij rada*, Tehnička knjiga, Zagreb

Tahir, M. A.; Hanif, H.; Shhahid, Z. A.; Hanif, A. (2015): Factors affecting labor productivity in building projects of Pakistan, *International Journal of Management and Applied Science*, 1(2), str. 38-43.

Talebi, S.; Koskela, L.; Tzortzopoulos, P.; Kagioglou, M. (2020): Tolerance management in construction: A conceptual framework. *Sustainability*, 12(3), br. članka 1039.

Tammy, N. J.; Medani, M. M.; Ramli, R.; Yunus, J. N.; Noor, R. N. H. R. M. (2020): Evaluation of Human Factors Influencing Labor Productivity in Construction Project, *Springer Nature*, str. 1549-1561. https://www.researchgate.net/publication/337633602_Evaluation_of_Human_Factors_Influencing_Labor_Productivity_in_Construction_Project (Pristupljeno 28. 10. 2022.)

Tangen, S. (2005): Demystifying productivity and performance, *International Journal of Productivity and Performance Management* 54 (1), str. 34-46.

Thiyagu, C.; Dheenadhayalan, D. (2015): Construction Labor Productivity and its Improvement, *International Research Journal of Engineering and Technology*, 2(8), str. 824-832.

Thiyagu, C.; Dheenadhayalan, M.; Janagan, S. (2016): Construction Labour Productivity and Its Improvement, *International Research Journal of Engineering and Technology*, 3(6), str. 1180-1195.

Thomas, H. R.; Daily, J. (1983): Crew Performance Measurement Via activity Sampling. *Journal of Construction Engineering and Management*, 109(3), str. 309-320.

Thomas, H. R.; Guevara, J.; Gustenhoven, C. (1984): Improving productivity estimates by work sampling, *Journal of Construction Engineering and Management*, 110(2), str. 178-188.

Thomas, H. R.; Yiakoumis, I. (1987): Factor model of construction productivity, *Journal of Construction Engineering and Management*, 113(4), str. 623-638.

Thomas, H. R.; Sanvido, V.; Sanders, R. (1989): Impact of material management on productivity – a case study, *Journal of Construction Engineering and Management*, 115(3), str. 370-384.

Thomas, H. R.; Sakarcan, A. (1994): Forecasting labor productivity using factor model, *Journal of construction engineering and management*, 120(1), str. 228-239.

Thomas, H. R.; Napolitan, C. L. (1995): Quantitative effects of organizational changes on labor productivity, *Journal of Construction Engineering and Management*, 121(3), str. 290-296.

Thomas, H. R.; Riley, D. R.; Sanvido, V. E. (1999): Loss of labor productivity due to delivery methods and weather, *Journal of Construction Engineering and Management*, 125(1), str. 39-46.

Thomas, H. R.; Završki, I. (1999): Construction Baseline Productivity: Theory and Practice, *Journal of Construcion Engineering and Management*, 125(5), str. 295-303.

Thomas, H. R. (2000): Principles of Construction Labor Productivity Measurement and Processing, Report Number PTI 2K14, Pennsylvania Transportation Institute, Transportation Research Building, SAD, str. 1-54.

Thomas, H. R.; Sanvido, E. V. (2000): Role of the fabricator in labor productivity, *Journal of construction engineering and management*, 126 (5), str. 358-365.

Thomas, H. R., Horman, M. J., de Souza, U. E. L.; Završki, I. (2002): Reducing variability to improve performance as a lean construction principle, *Journal of Construction Engineerong. and Management*, 128(2), str.144-154.

Thomas, Anu V.; Sudhakumar, J. (2014): Factors Influencing Construction Labour Productivity: An Indian Case Study, *Journal of Construction in Developing Countries*, 19(1), str. 53-68.

Thomas, H. R.; Ellis, R. D. Jr. (2017): Construction Site Management and Labor Productivity Improvement, American Society of Civil Engineers, Reston, SAD

Thune-Holm, E. C.; Johansen, K. (2006): Produktivitetmålinger i Skanska, Internal Skanska report, Oslo, Norveška

Tijanić, K.; Car-Pušić. D. (2018): Prekoračenja rokova i proračuna građevinskih projekata – studija slučajeva, *Zbornik radova Građevinskog fakulteta u Rijeci*, 21(1), str. 87-101.

Tiwari, A.; Malik, A.; Singh, C. P. (2016): Identification of Critical Factors Affecting Construction Labor Productivity in India Using AHP, *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 5(6), str. 212-220.

Toan, N. Q.; Van Tam, N.; Hai, D. T.; Quy, N. L. D. (2020): Critical Factors Affecting Labor Productivity within Construction Project Implementation: A Project Manager's Perspective, *Entrepreneurshi and Sustaunability Issues*, 8(2), str. 751-763.

Tran, V.; Tookey, J. (2011): Labour productivity in the New Zealand construction industry: A thorough investigation, *Australasian Journal of Construction Economics Building*, 11(1), str. 41-60.

Trbojević, B. (1982): *Mehanizacija građevinskih radova*, Tehnička enciklopedija, Leksikografski zavod, Zagreb, https://tehnika.lzmk.hr/tehnicka-enciklopedija/mehanika_gradjevinskih_radova.pdf (Pristupljeno 28. 7. 2023.)

Trivedi, R.; Pandey, M. (2016): Construction Labour Productivity Factors in Developing City. Case Study: Gwalior, *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 5(5), str. 256-259.

Tsehayae, A. A.; Fayek, A. R. (2014): Identification and comparative analysis of key parameters influencing construction labour productivity in building and industrial projects, *Canadian Journal of Civil Engineering*, 41(10), str. 878-891.

Tsehayae, A.; Fayek, A. R. (2016): System model for analysing construction labour productivity, *Construction Innovation*, 16(2), str. 203-228.

Tucker, L. R.; Rogge, D. F.; Hayes, W. R.; Hendrickson, F. P. (1982): Implementation of foreman-delay surveys, *Journal of the Construction Division*, 108(4), str. 577-591.

Uddin, A.; Ahmad, S. K.; Danish M. (2017): Types and causes in construction delays, *International Research Journal of Engineering and Technology*, 4(7), str. 2236-2242.

Usukhbayar, R.; Choi, J. (2018): Determining the Impact of Key Climatic Factors on Labor Productivity in the Mongolian Construction Industry, *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 17(1), str. 55-62.

Uwakweh, O. B. (2000): Conceptual Framework for Motivating Construction workers in Developing Countries, *Proceedings of the 2nd International Conference of the CIB Task Group on Construction in Developing Countries*, Gabarone, Bocvana, str. 31-37.

Valverde-Gascueña, N.; Navarro A., E.; Fuentes-Del-Burgo, J.; Ruiz-Fernandez, J. P. (2011): Factors that affect the productivity of construction projects in small and medium companies: Analysis of its impact on planning, *Proceedings of the 27th Annual ARCOM Conference*, Bristol, UK, str. 879-888.

Van Tam, N.; Huong, N. L.; Ngoc, N. B. (2018). Factors affecting labour productivity of construction worker on construction site: A case of Hanoi, *Journal of Science and Technology in Civil Engineering*, 12(5), str. 127-138.

Vam Tam, N.; Quoc Toan, N.; Tuan Hai, D.; Quy, N. L. D. (2021): Critical factors affecting construction labor productivity: A comparison between perceptions of project managers and contractors, *Cogent Business and Management*, 8, str. 1-17.

Vam Tam, N. (2024): Unveiling global research trends in construction productivity: a scientometric analysis of twenty-first century research, *Smart*

Construction and Sustainable Cities, 2(2), <https://link.springer.com/article/10.1007/s44268-024-00025-7> (Pristupljeno 29.12.2023.)

Vavra, I.; Synek, J. (1994): Factors affecting productivity in Czech construction industry 1993/4, Zbornik radova International Conference Investment Strategies and Management of Construction (East Meet West), Brijuni, str. 411-416.

Venkatesh, M. P.; Saravana Natarajan P. S. (2019): Improvement of Manpower and Equipment Productivity in Indian Construction Projects, International Journal of Applied Engineering Research, 14(2), str. 404-409.

Verité (2004): Excessive overtime in Chinese supplier factories: Causes, impacts, and recommendations for action, Verité Research Paper, Massachusetts, SAD, <https://www.eldis.org/document/A33814> (Pristupljeno 10. 9. 2019.)

Vidaković, D.; Marenjak, S. (2019): Determining Measures to Increase the Productivity of Contractors in Construction Projects, Proceedings of the 14th International Conference Organization, Technology and Management in Construction & IPMA 7th Research Conference, Zagreb, str. 96-111.

Vidaković, D.; Hadzima-Nyarko, M.; Marenjak, S. (2020): The Contribution of Workers' Attributes on Sustainability of Construction Project Realization Goals – Survey on the Impact on Productivity in Croatia, Sustainability Issues in Civil Engineering and Management, Sustainability, 12(23), br. članka 9946

Vitez-Pandžić, M. (2018): Upravno pravni aspekti ishoda dozvole za gradnju i uporabnu dozvolu, Doktorska disertacija, Pravni fakultet Osijek

Vrijhoef, R.; Koskela, L. (2000): The four roles of supply chain management in construction, European Journal of Purchasing Supply Management, 6(3-4), str. 169-178.

Vukomanović, M.; Kolarić, S.; Radujković, M. (2018): Priručnik organizacije građenja, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Wambui, D. N.; Ombui, K.; Kagiri, A. (2015): Factors Affecting Completion of Road Construction Projects in Nairobi City County: Case Study of Kenya Urban Roads Authority (KURA), International Journal of Scientific and Research Publications, 5(11), str. 525-547.

Wandahl, S.; Neve, H. H.; Lerche, J. (2021a): What a waste of time, Proceedings of the 29th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Lima, Peru, str. 157-166.

Wandahl, S.; Pérez, C. T.; Salling, S.; Neve, H. H.; Lerche, J.; Petersen, S. (2021b): The Impact of Construction Labour Productivity on the Renovation Wave, Construction Economics and Building, 21(3), str. 11-32.

Wandahl, S.; Pérez, C. T.; Salling, S.; Lerche, J. (2022): Robustness of Work Sampling for Measuring Time Waste, Proceedings of the 30th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Edmonton, Kanada, str. 247-258.

Wandahl, S.; Pérez, C. T.; Salling, S.; Hansen, C. H.; Nielsen, M. K.; Nissen, T. (2023): Daily huddles' effect on crew productivity, Proceedings of the 31st Annual

Conference of the International Group for Lean Construction, LILLIAD Learning center Innovation - SCD Lille, Francuska, str. 1255-1266.

Wangari, K. E.; Kimutai, G. (2018): Internal Organization Environment and Project Performance in Construction Firms Within Nairobi City County, Kenya, *International Journal of Project Management*, 3(1), str. 1-13.

Whiteside, J. D. (2006): Construction productivity, AACE International Transactions EST.08.1-EST.08.08, <http://www.icoste.org/AACE2006%20Papers/est08.pdf> (Pristupljeno 7. 8. 2020.)

Wilcox, S., Stringfellow, B.; Harris, R.; Martin, B. (2001): Management and Productivity, Transportation Research Board, Committee on Management and Productivity, Washington, SAD.

Woldesenbet, A. K. (2010): Estimation models for production rates of highway construction activities, Magisterij znanosti, Oklahoma, SAD, https://shareok.org/bitstream/handle/11244/10176/Woldesenbet_okstate_0664M_10901.pdf?sequence=1 (Pristupljeno 19. 8. 2019.)

Woldesenbet, A. K. (2020): Estimation models for production rates of highway construction activities, Magisterij znanosti, Oklahoma State University, SAD

Xiao, H. (2002): A comparative study of contractor performance based on Japanese, UK and US construction practice, Doktorska disertacija, University of Wolverhampton, UK

Xu, G.; Li, M., Chen, C. H.; Wei, Y. (2018): Cloud asset-enabled integrated IoT platform for lean prefabricated construction, *Automation in Construction*, 93, str. 123-134.

Yamane, T. (1967): *Statistics: An Introductory Analysis*, Harper and Row, NY, SAD

Ybanez, E. N.; Dolloso, T. G.; Neri, A. F. (2009): Extended Overtime and Its Impact on Labor Productivity, Lasallian Research Forum, Ozamiz City, 14 (5), str. 23-39. https://www.lsu.edu.ph/application/files/9314/6916/4487/Vol._14_No._5.pdf (Pristupljeno 15. 2. 2019.)

Ye, G.; Jin, Z.; Xia, B.; Skitmore, M. (2015): Analyzing Causes for Reworks in Construction Projects in China, *Journal of Management In Engineering*, 31(6), br. članka 04014097

Yee, T. S.; Zain, Z. M.; Rajamony, B. (2013): South East Asia Work Measurement Practices Challenges and Case Study, *Proceedings of the Institute of Industrial Engineers Asian Conference*, str. 335-334. file:///C:/Users/Administrator/Downloads/SzeYeeScopusPaper2013.pdf (Pristupljeno 23. 9. 2019.)

Yeung, T. T.; Ng, K. W. A.; Wong, S. P. P. (2017): Essential site coordination problems in Hong Kong Building projects, *Australasian Universities Building Education Association Conference, EPiC Series in Education Science*, 1, str. 78-86.

Yi, W.; Chan, A. (2013): Critical Review of Labour Productivity Research in Construction Journals, *Journal of Management in Engineering*, 30(2), str. 214-225.

Yi, W.; Chan, P.C. A. (2017): Effects of Heat Stress on Construction Labor Productivity in Hong Kong: A Case Study of Rebar Workers, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(1055), str. 1-14.

Yi, J.; Hongbo W. (2007): Production Rates of Highway Construction Activities, 3(2), str. 81-98.

Yin, R. K. (2017): *Case Study Research and Applications Design and Methods*, SAGE Publications, NY, SAD

Yusoff, N. S. M.; Rahim, F. A. M.; Chuing, L. S. (2021): The Relationship of Skilled Labour Shortages and Project Performance in Construction Industry: A Conceptual Framework, *Journal of Project Management Practice*, 1(1), str. 1-21.

Zaballos Palop, I. (2016): Study on improving labor productivity in the construction industry: The cases of Europe and Hong Kong, Document N°1, Universitat Politècnica Valencia, Španjolska

Zakeri, M.; Olomolaiye, O. P.; Holt, D. G.; Harris, C. F. (1996): A survey of constraints on Iranian construction operatives' productivity, *Construction Management and Economics*, 14(5), str. 417-426.

Zakon o gradnji (2013), *Narodne novine*, 153

Zakon o zaštiti na radu (2014), *Narodne novine*, 71

Zhang, D. (2014): An Internal Benchmarking and Metrics (BM&M) Model for Industrial Construction Enterprise to Understand the Impact of Practices Implementation Level on Construction Productivity, Doktorska disertacija, University of Waterloo, Kanada

Zhao, T.; Dungan, J. (2014): Improved Baseline Method to Calculate Lost Construction Productivity, *Journal of Construction Engineering and Management*, 140(2), str. 06013006-1 - 06013006-4

Zulu, S. L.; Saad, A. M.; Omotayo, Temitope (2023): The Mediators of the Relationship between Digitalisation and Construction Productivity: A Systematic Literature Review, *Buildings* 13(839), str. 1-16.

PRILOZI

Prilog 1.a Matrica ocjena pilot-ispitivanja jačine utjecaja čimbenika produktivnosti radne snage (upisana u *Microsoft Excel* tablicu)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y
1	Ocjenjivani čimben. Ispitanci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
2	1	7	8	4	4	2	3	1	2	4	6	2	4	3	4	5	2	6	8	4	2	9	6	10	9
3	2	10	10	7	10	7	10	10	10	8	10	6	6	6	6	6	6	9	8	7	7	10	10	10	10
4	3	6	7	9	7	5	3	6	2	8	4	3	5	2	8	4	2	4	6	7	6	7	8	9	10
5	4	7	5	6	6	7	5	3	2	1	5	4	5	5	6	3	5	5	8	7	7	8	7	8	6
6	5	8	8	10	6	10	8	8	6	6	8	2	5	5	5	5	8	8	8	5	5	10	10	6	8
7	6	9	9	10	8	10	10	10	10	7	8	5	5	5	5	5	7	5	5	6	7	8	8	9	8
8	7	8	8	10	8	10	10	9	10	7	7	7	7	7	7	7	6	8	8	7	7	8	8	8	9
9	8	9	10	10	9	8	9	10	10	10	8	4	9	9	9	9	6	5	5	6	6	10	8	9	9
10	9	9	8	9	8	10	10	10	9	6	7	3	5	5	5	5	9	8	7	4	4	9	9	8	8
11	10	9	8	9	8	9	9	9	10	6	7	7	6	6	6	6	7	8	8	6	6	7	8	7	8
12	11	9	7	8	7	5	8	5	7	5	6	6	7	6	6	5	6	6	7	6	8	9	7	7	7
13	12	4	7	9	8	10	5	8	6	7	10	4	5	7	9	4	8	10	5	6	9	7	4	8	10
14	13	6	7	8	9	10	9	8	7	6	6	5	5	4	3	7	8	7	6	5	5	6	7	7	8
15	14	6	7	5	7	7	8	8	9	9	10	9	8	7	7	7	8	9	10	9	10	8	7	9	10
16	15	7	7	8	9	9	4	4	4	3	3	7	6	5	5	7	8	9	7	8	9	10	3	5	5
17	16	4	4	7	6	8	7	3	5	5	4	4	9	9	9	9	9	8	7	6	7	10	9	9	8
18	17	7	1	8	5	5	4	7	6	10	7	7	8	9	9	9	8	5	6	7	8	9	10	10	10
19	18	10	9	8	7	6	6	7	8	5	7	8	6	10	10	10	7	8	8	9	6	7	7	8	6
20	19	7	6	6	8	9	4	4	3	8	8	4	3	4	4	7	8	10	9	8	8	7	7	10	9
21	20	7	7	8	8	7	7	7	8	8	8	7	9	9	9	9	7	8	6	6	7	7	8	7	9
22	21	9	6	3	7	8	8	8	4	3	5	2	3	4	10	2	3	6	6	2	3	9	8	7	8
23	22	7	8	4	9	9	7	10	6	5	8	3	4	4	8	3	7	5	7	4	3	7	10	5	9
24	23	6	5	2	8	10	8	9	7	6	6	5	5	4	9	9	6	6	7	3	5	10	8	7	10
25	24	4	7	3	7	8	8	8	4	7	5	6	6	5	7	5	4	5	6	2	3	8	7	9	9
26	25	8	5	4	6	9	8	10	6	5	8	4	4	5	9	3	5	7	8	3	3	7	8	8	8
27	26	6	8	5	7	9	6	8	5	3	6	3	4	6	8	4	2	4	7	5	2	9	6	6	5
28	27	6	5	5	4	5	4	5	5	3	5	4	6	3	6	1	1	5	5	6	1	1	2	4	5
29	28	5	5	5	5	4	3	4	5	2	5	4	5	5	3	2	1	5	6	5	1	5	5	6	5
30	29	5	5	6	5	3	3	4	5	3	5	6	5	4	2	3	1	5	7	5	1	3	3	6	2
31	30	6	5	6	4	2	2	3	1	3	6	6	7	5	4	4	1	5	4	3	1	3	2	6	4
32	31	5	5	5	3	5	3	4	2	3	5	4	5	3	8	2	1	5	6	5	1	1	2	4	5
33	32	5	5	6	3	5	4	3	2	3	6	4	6	3	7	2	2	4	5	4	1	3	2	4	5
34	33	10	7	7	8	9	9	9	3	3	8	4	4	6	6	4	1	7	7	3	4	10	9	10	10
35	34	10	9	8	10	10	10	10	7	3	6	5	8	6	8	7	1	8	8	3	3	7	10	10	10
36	35	10	10	10	6	8	8	8	4	1	6	2	5	5	5	4	2	6	6	1	1	10	10	10	10
37	36	10	10	10	7	7	7	7	4	3	7	5	6	6	10	5	6	5	5	5	5	8	8	10	8
38	37	9	8	8	6	9	10	9	2	1	6	2	4	4	8	3	4	6	6	5	5	7	9	9	9
39	38	10	8	9	8	9	10	9	4	2	9	6	5	5	9	5	3	8	9	4	4	10	10	10	10
40	39	8	7	6	6	7	7	7	3	2	7	3	5	5	7	5	4	7	7	1	2	7	7	8	7
41	40	7	6	6	7	7	7	7	4	3	5	4	4	4	9	7	4	4	8	2	2	10	10	9	10
42	41	8	7	8	8	10	10	10	4	1	7	6	7	6	9	7	1	6	7	3	4	10	10	10	10
43	42	8	8	8	6	7	9	8	3	2	7	3	6	5	7	5	5	7	8	2	2	7	10	10	10
44	43	8	8	6	6	9	10	9	3	1	4	8	4	3	8	6	3	6	8	1	2	6	9	10	9
45	44	10	9	7	7	9	10	9	4	1	7	8	7	7	10	8	1	6	8	3	4	9	10	10	9
46	45	6	6	7	7	9	10	9	2	4	7	6	7	6	8	7	5	7	7	3	3	10	10	10	10

Prilog 1.b Izračun Cronbach alfa koeficijenta za ispitivanje jačine utjecaja čimbenika produktivnosti radnika pomoću funkcije *Analyze Data* u *M. Excelu*

SUMMARY	Count	Sum	Average	Variance
Row 1	24	115	4.7917	6.7808
Row 2	24	199	8.2917	3.0851
Row 3	24	138	5.75	5.587
Row 4	24	131	5.4583	3.4764
Row 5	24	168	7	4.2609
Row 6	24	179	7.4583	3.7373
Row 7	24	191	7.9583	1.346
Row 8	24	197	8.2083	3.3895
Row 9	24	175	7.2917	4.5634
Row 10	24	180	7.5	1.5652
Row 11	24	160	6.6667	1.3623
Row 12	24	170	7.0833	4.4275
Row 13	24	159	6.625	2.7663
Row 14	24	194	8.0833	1.8188
Row 15	24	152	6.3333	4.7536
Row 16	24	166	6.9167	4.4275
Row 17	24	175	7.2917	4.9112
Row 18	24	183	7.625	2.1576
Row 19	24	161	6.7083	4.9112
Row 20	24	183	7.625	0.8533
Row 21	24	134	5.5833	6.6884
Row 22	24	152	6.3333	5.1884
Row 23	24	161	6.7083	4.8243
Row 24	24	143	5.9583	3.8678
Row 25	24	151	6.2917	4.5634
Row 26	24	134	5.5833	4.0797
Row 27	24	97	4.0417	2.9112
Row 28	24	101	4.2083	2.0851
Row 29	24	97	4.0417	2.6504
Row 30	24	93	3.875	3.2446
Row 31	24	92	3.8333	3.1014
Row 32	24	94	3.9167	2.4275
Row 33	24	158	6.5833	7.471
Row 34	24	177	7.375	7.288
Row 35	24	148	6.1667	10.493
Row 36	24	164	6.8333	4.3188
Row 37	24	149	6.2083	7.0417
Row 38	24	176	7.3333	6.9275
Row 39	24	135	5.625	4.2446
Row 40	24	146	6.0833	6.1667
Row 41	24	169	7.0417	7.7808
Row 42	24	153	6.375	6.4185
Row 43	24	147	6.125	8.2011
Row 44	24	173	7.2083	7.5634
Row 45	24	166	6.9167	5.558

SUMMARY	Count	Sum	Average	Variance
Column 1	45	335	7.4444	3.3889
Column 2	45	315	7	3.3636
Column 3	45	313	6.9556	4.4525
Column 4	45	308	6.8444	2.8162
Column 5	45	341	7.5778	4.9768
Column 6	45	320	7.1111	6.5101
Column 7	45	324	7.2	6.1182
Column 8	45	233	5.1778	6.8768
Column 9	45	202	4.4889	6.6646
Column 10	45	295	6.5556	2.6162
Column 11	45	217	4.8222	3.4222
Column 12	45	255	5.6667	2.3636
Column 13	45	242	5.3778	3.2859
Column 14	45	317	7.0444	4.4071
Column 15	45	242	5.3778	5.104
Column 16	45	209	4.6444	7.2798
Column 17	45	291	6.4667	2.7091
Column 18	45	310	6.8889	1.6465
Column 19	45	212	4.7111	4.4374
Column 20	45	200	4.4444	6.6616
Column 21	45	343	7.6222	5.6949
Column 22	45	336	7.4667	6.2545
Column 23	45	362	8.0444	3.5434
Column 24	45	364	8.0889	4.1283

Anova: Two-Factor Without Replication						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Rows	1564	44	35.541	11.17	1E-60	1.387
Columns	1502	23	65.287	20.519	1E-68	1.54
Error	3220	1012	3.1818			
Total	6285	1079				

Cronbach's Alpha =	0.910474316
---------------------------	--------------------

Prilog 1.c Matrica ocjena pilot-ispitivanja učestalosti utjecaja čimbenika produktivnosti radne snage (upisana u Microsoft Excel tablicu)

#	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y
1	Ocjenjivani čimben. Ispitanici	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
2	1	4	8	2	4	5	6	1	1	2	4	1	1	5	5	5	1	4	5	7	1	7	5	8	9
3	2	6	10	7	8	7	1	1	4	3	8	6	6	6	6	6	3	10	10	4	5	1	2	8	8
4	3	4	8	9	4	5	2	3	2	4	3	4	5	4	3	2	2	5	7	5	6	7	6	5	9
5	4	5	6	5	5	5	4	2	1	2	7	5	4	3	2	2	5	7	8	6	7	7	4	8	6
6	5	4	6	8	6	4	2	4	1	6	8	10	4	4	4	4	1	8	6	2	1	1	1	4	8
7	6	7	9	10	6	2	2	2	2	4	5	10	6	6	6	6	7	8	8	6	5	6	5	6	6
8	7	5	6	8	10	10	9	8	3	4	3	5	5	5	5	5	4	6	7	6	5	8	6	6	6
9	8	6	9	9	7	3	3	2	1	5	4	10	7	7	7	7	6	10	10	5	5	5	4	6	6
10	9	3	6	9	5	3	3	3	2	5	7	9	5	5	5	5	1	7	5	2	2	2	1	6	7
11	10	5	5	10	8	7	6	8	2	4	4	6	5	5	5	5	3	5	6	4	4	7	6	6	7
12	11	7	6	9	7	4	4	4	4	6	6	9	8	7	7	6	4	5	4	7	8	6	6	8	6
13	12	7	5	8	8	5	9	10	6	5	10	9	8	10	4	9	7	5	10	4	7	5	6	9	7
14	13	7	7	8	6	6	4	10	7	6	3	4	8	9	10	10	10	5	8	6	6	7	9	8	4
15	14	5	4	7	7	8	7	6	6	7	7	8	10	10	10	10	5	7	6	6	7	4	5	6	7
16	15	4	4	7	8	6	6	1	8	9	9	1	8	10	10	10	9	8	7	6	6	7	4	3	3
17	16	2	2	3	4	4	8	7	7	8	3	3	9	9	9	9	9	7	7	8	7	6	3	4	4
18	17	5	9	1	6	5	5	5	5	6	7	9	9	8	8	8	7	6	6	5	5	6	7	4	4
19	18	5	8	9	7	6	5	4	8	7	6	5	8	4	5	6	7	8	8	9	4	5	6	6	5
20	19	6	8	8	9	9	9	7	7	6	8	4	10	10	10	7	7	6	6	5	5	5	5	4	10
21	20	4	4	5	5	5	5	5	7	7	3	3	4	4	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	8
22	21	4	3	2	1	4	1	5	1	2	3	6	3	2	3	1	1	3	4	7	2	6	4	5	7
23	22	3	5	3	3	7	3	6	2	4	5	8	4	2	5	2	2	5	5	8	2	5	7	6	8
24	23	5	5	2	2	8	2	7	4	3	4	7	4	3	4	2	3	6	5	9	2	5	8	7	10
25	24	4	4	2	1	7	3	8	1	2	6	8	5	3	3	1	3	4	4	8	1	7	6	7	6
26	25	4	3	2	2	6	3	7	3	5	5	5	3	2	4	2	3	5	5	8	2	7	7	5	8
27	26	5	5	3	4	8	2	7	3	3	5	9	4	3	4	1	2	3	6	10	1	2	4	9	5
28	27	2	5	5	3	5	3	3	1	3	3	4	5	3	6	1	1	3	3	5	1	1	2	3	1
29	28	3	4	5	4	2	2	2	2	2	3	5	8	7	7	7	1	5	3	5	1	2	4	6	4
30	29	3	5	6	5	3	3	2	1	2	4	8	8	6	5	7	1	5	3	4	1	1	3	6	2
31	30	3	5	7	3	2	2	2	1	2	5	8	8	6	4	8	1	5	3	3	1	2	1	7	3
32	31	2	4	5	3	4	3	2	1	2	3	3	5	2	7	1	1	2	3	4	1	1	2	4	3
33	32	2	3	5	3	4	3	2	1	2	4	3	6	3	7	4	3	2	3	4	1	1	2	5	5
34	33	2	1	1	1	1	1	1	1	1	3	4	6	3	3	2	1	5	3	1	1	1	1	2	2
35	34	3	2	3	1	2	1	2	2	1	5	5	7	5	4	3	1	5	4	1	1	1	1	1	1
36	35	2	1	2	1	1	1	1	1	1	4	3	3	3	4	3	1	4	4	1	1	1	3	1	1
37	36	2	1	3	2	1	1	1	1	1	4	3	4	4	3	4	1	2	2	1	1	1	1	1	1
38	37	3	2	2	2	2	1	3	1	1	4	2	4	4	5	4	1	4	4	1	1	1	1	2	4
39	38	2	3	3	1	1	1	1	1	1	4	3	4	4	2	3	1	3	5	1	1	1	1	2	2
40	39	1	2	1	2	2	1	2	1	1	2	2	3	3	2	5	2	3	5	1	1	1	1	2	2
41	40	1	1	2	1	2	1	1	1	1	5	4	4	3	3	4	1	2	4	1	1	1	1	1	4
42	41	1	1	2	2	1	1	1	1	1	4	5	6	5	3	4	1	4	4	1	1	1	1	3	3
43	42	2	3	2	2	3	1	2	2	1	5	3	3	3	2	3	1	4	4	1	1	1	1	1	4
44	43	2	2	1	2	3	1	2	1	1	4	5	5	5	3	5	1	5	5	1	1	1	1	1	3
45	44	1	2	1	2	3	1	2	1	1	4	5	5	5	2	4	1	4	3	1	1	1	1	2	2
46	45	3	4	3	2	2	1	2	1	1	5	4	5	5	3	5	1	4	5	1	1	2	1	1	1

Prilog 1.d Izračun Cronbach alfa koeficijenta za ispitivanje učestalosti utjecaja čimbenika produktivnosti radnika pomoću funkcije *Analyze Data* u *M. Excelu*

SUMMARY	Count	Sum	Average	Variance
Row 1	24	101	4.2083	6.346
Row 2	24	136	5.6667	7.8841
Row 3	24	114	4.75	4.4565
Row 4	24	116	4.8333	4.1449
Row 5	24	107	4.4583	7.1286
Row 6	24	140	5.8333	5.2754
Row 7	24	145	6.0417	3.7808
Row 8	24	144	6	6.1739
Row 9	24	108	4.5	5.3913
Row 10	24	133	5.5417	3.0417
Row 11	24	148	6.1667	2.5797
Row 12	24	173	7.2083	4.0851
Row 13	24	168	7	4.3478
Row 14	24	165	6.875	3.1576
Row 15	24	154	6.4167	7.3841
Row 16	24	142	5.9167	6.3406
Row 17	24	146	6.0833	3.558
Row 18	24	151	6.2917	2.4764
Row 19	24	171	7.125	3.8533
Row 20	24	129	5.375	2.4185
Row 21	24	80	3.3333	3.6232
Row 22	24	110	4.5833	4.1667
Row 23	24	117	4.875	5.7663
Row 24	24	104	4.3333	5.7971
Row 25	24	106	4.4167	3.9058
Row 26	24	108	4.5	6.4348
Row 27	24	72	3	2.4348
Row 28	24	94	3.9167	4.1667
Row 29	24	94	3.9167	4.7754
Row 30	24	92	3.8333	5.7971
Row 31	24	68	2.8333	2.3188
Row 32	24	78	3.25	2.4565
Row 33	24	48	2	2
Row 34	24	62	2.5833	3.2101
Row 35	24	48	2	1.4783
Row 36	24	46	1.9167	1.3841
Row 37	24	59	2.4583	1.8243
Row 38	24	51	2.125	1.5924
Row 39	24	48	2	1.3043
Row 40	24	50	2.0833	1.9058
Row 41	24	57	2.375	2.6793
Row 42	24	55	2.2917	1.433
Row 43	24	61	2.5417	2.7808
Row 44	24	55	2.2917	2.1286
Row 45	24	63	2.625	2.5924

SUMMARY						
Column 1	45	166	3.689	3.0828		
Column 2	45	206	4.578	6.1586		
Column 3	45	215	4.778	8.8131		
Column 4	45	185	4.111	6.5556		
Column 5	45	193	4.289	5.6192		
Column 6	45	143	3.178	5.8313		
Column 7	45	167	3.711	7.1192		
Column 8	45	120	2.667	5.2273		
Column 9	45	151	3.356	5.2343		
Column 10	45	218	4.844	3.3616		
Column 11	45	243	5.4	6.5636		
Column 12	45	252	5.6	4.4727		
Column 13	45	225	5	5.5455		
Column 14	45	223	4.956	5.4071		
Column 15	45	212	4.711	6.801		
Column 16	45	139	3.089	7.0828		
Column 17	45	229	5.089	3.8556		
Column 18	45	239	5.311	4.0828		
Column 19	45	197	4.378	7.5131		
Column 20	45	132	2.933	5.7909		
Column 21	45	163	3.622	6.7859		
Column 22	45	164	3.644	6.0071		
Column 23	45	213	4.733	6.3364		
Column 24	45	222	4.933	6.9273		
Anova: Two-Factor Without Replication						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Rows	2964	44	67.37	21.284	4E-114	1.39
Columns	747.6	23	32.51	10.269	5.3E-33	1.54
Error	3203	1012	3.165			
Total	6915	1079				
Cronbach's Alpha = 0.953016986						

Prilog 2.a Matrica ocjena pilot-ispitivanja jačine utjecaja čimbenika produktivnosti strojeva na gradilištu (upisana u *Microsoft Excel* tablicu)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	
1	Ocjenjivani čimb. Ispitanici	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
2	1	4	4	3	4	3	2	4	4	3	4	5	3	3	4	4	3	3	3	4	4	4	3	4	4	3	2	2	2	4	4	3	
3	2	3	3	2	3	2	3	3	3	2	3	4	3	3	3	3	3	2	3	3	4	4	3	3	4	3	3	3	2	3	4	3	
4	3	4	4	3	4	3	2	4	4	3	4	5	3	3	4	4	3	3	3	4	4	4	3	4	4	3	2	2	2	4	4	3	
5	4	4	3	4	2	3	3	2	3	4	3	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	2	4	3	3	2	4	3	3	4	5	
6	5	4	2	5	3	4	3	5	5	5	5	4	3	3	3	4	3	4	2	3	5	5	5	4	5	3	5	2	1	1	3	5	
7	6	3	4	3	2	4	3	4	3	4	3	3	4	3	4	4	3	4	3	4	2	1	1	4	3	3	2	4	3	5	5	1	
8	7	4	4	3	4	3	2	4	4	3	4	5	3	3	4	4	3	3	3	4	4	4	4	4	4	3	2	2	3	4	4	3	
9	8	5	4	3	3	3	3	2	2	3	1	1	1	1	1	2	2	3	3	2	3	1	1	1	1	1	3	4	1	1	3	4	
10	9	5	5	5	3	4	4	3	3	5	3	5	4	4	4	3	3	3	3	3	4	5	4	3	3	3	3	4	4	4	3	4	
11	10	5	5	5	3	2	3	3	3	5	3	4	4	4	3	3	1	3	4	4	4	5	4	3	3	2	3	3	3	3	4	4	
12	11	5	5	4	3	2	3	3	3	5	4	3	4	4	4	2	1	4	3	3	3	4	3	4	4	1	3	3	3	4	3	3	
13	12	5	4	4	3	2	3	2	3	5	4	4	3	4	5	4	1	4	3	3	3	5	3	3	4	2	3	3	3	3	3	3	
14	13	4	4	5	3	3	3	3	3	3	5	4	5	4	4	3	3	3	4	3	4	5	5	3	3	3	3	3	4	4	4	3	
15	14	5	5	5	3	1	3	2	3	5	3	4	4	5	3	2	1	3	3	3	3	5	3	4	4	1	3	3	3	4	4	3	
16	15	5	4	5	3	3	3	3	3	3	4	5	5	3	4	3	2	3	3	3	4	5	5	3	3	3	3	3	3	4	4	3	
17	16	5	5	5	3	3	3	3	3	5	4	5	5	4	4	3	3	3	3	3	4	5	4	3	3	3	3	3	4	4	3	4	
18	17	5	5	5	3	3	4	3	3	5	4	4	5	4	4	4	3	3	3	3	3	4	4	4	3	3	4	3	3	4	4	3	
19	18	3	3	2	3	3	4	4	3	5	5	5	3	4	3	3	4	4	3	5	5	3	3	3	3	3	4	4	2	2	3	3	
20	19	4	3	2	3	2	2	2	3	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	3	2	2	2	2	2	2	2	1	
21	20	2	3	4	4	3	3	4	2	4	2	2	3	3	3	1	2	1	1	1	3	3	2	5	5	4	3	2	2	4	4	3	
22	21	3	4	3	1	3	4	2	4	4	4	3	4	4	4	3	4	4	4	4	4	5	5	5	5	4	2	3	3	3	4	4	
23	22	5	3	2	3	3	5	5	4	5	3	4	4	3	3	2	3	1	1	3	2	3	2	4	4	4	3	2	2	3	4	3	
24	23	1	4	3	3	4	3	2	4	3	4	3	4	2	1	3	2	2	1	4	3	4	2	4	4	5	5	3	2	5	5	5	
25	24	5	4	5	4	4	5	4	5	4	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	4	5	4	5	5	5	4	4	5	5	5	5	
26	25	3	2	5	4	2	3	3	5	4	2	3	3	3	3	4	3	5	5	3	3	1	5	4	5	5	5	1	3	4	3	1	
27	26	5	4	4	4	4	5	5	4	4	4	5	4	4	3	4	3	4	4	4	5	5	4	5	5	5	5	3	4	3	5	5	
28	27	3	4	3	2	4	3	2	3	2	1	2	3	3	2	2	2	3	2	2	3	2	3	4	3	4	5	2	3	4	2	4	4
29	28	5	4	3	4	3	4	4	5	5	4	4	4	3	2	2	3	2	3	1	1	1	2	4	3	2	3	1	3	4	4	4	
30	29	3	4	3	2	2	4	4	4	4	3	4	3	2	3	3	3	4	4	3	4	5	3	5	5	3	4	3	2	3	2	3	
31	30	3	1	3	1	1	1	1	1	3	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	
32	31	3	4	3	2	4	3	2	3	2	1	2	3	3	2	2	2	3	2	2	3	4	3	4	5	2	3	4	2	4	4	2	
33	32	5	2	1	1	1	1	2	3	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	2	1	2	2	
34	33	3	4	3	2	3	4	3	5	5	3	4	3	4	3	4	2	2	1	3	4	2	5	5	3	2	3	4	2	3	4	3	
35	34	5	4	3	3	3	2	3	5	3	4	3	2	1	2	1	1	1	1	3	3	1	5	4	5	3	4	3	2	3	4	4	
36	35	2	3	2	4	3	2	1	3	2	3	3	2	4	5	4	2	3	4	2	3	2	3	4	5	3	4	2	3	4	3	4	
37	36	4	4	5	4	4	3	5	4	4	5	4	4	4	5	5	4	5	4	4	3	4	3	5	5	5	5	4	4	4	4	5	
38	37	3	3	3	2	2	4	4	2	5	2	3	4	4	3	3	3	2	2	3	4	1	1	5	5	4	3	3	4	3	2	3	
39	38	3	4	3	4	3	4	3	2	3	4	3	4	3	4	5	5	5	1	3	4	3	3	4	2	3	3	4	3	3	5	5	
40	39	4	5	4	4	5	3	4	4	3	4	3	4	3	3	4	4	3	4	5	2	2	3	4	3	4	5	3	4	3	4	3	
41	40	4	5	4	4	5	3	4	4	3	1	5	3	1	5	3	5	2	4	3	4	1	3	1	4	3	5	2	2	4	1	3	

Prilog 2.b Izračun Cronbach alfa koeficijenta za ispitivanje jačine utjecaja čimbenika produktivnosti strojeva pomoću funkcije *Analyze Data* u M. Excelu

SUMMARY	Count	Sum	Average	Variance
Row 1	31	106	3.4194	0.5849
Row 2	31	93	3	0.3333
Row 3	31	106	3.4194	0.5849
Row 4	31	102	3.2903	0.5462
Row 5	31	114	3.6774	1.5591
Row 6	31	99	3.1935	1.0946
Row 7	31	108	3.4839	0.5247
Row 8	31	69	2.2258	1.3806
Row 9	31	116	3.7419	0.5978
Row 10	31	108	3.4839	0.9247
Row 11	31	103	3.3226	0.9591
Row 12	31	104	3.3548	0.9032
Row 13	31	113	3.6452	0.5699
Row 14	31	103	3.3226	1.3591
Row 15	31	111	3.5806	0.7183
Row 16	31	115	3.7097	0.6796
Row 17	31	115	3.7097	0.5462
Row 18	31	107	3.4516	0.7892
Row 19	31	68	2.1935	0.3613
Row 20	31	88	2.8387	1.2731
Row 21	31	113	3.6452	0.8366
Row 22	31	98	3.1613	1.2065
Row 23	31	100	3.2258	1.514
Row 24	31	144	4.6452	0.2366
Row 25	31	105	3.3871	1.5785
Row 26	31	132	4.2581	0.4645
Row 27	31	89	2.871	0.8495
Row 28	31	97	3.129	1.4495
Row 29	31	104	3.3548	0.7699
Row 30	31	47	1.5161	0.5247
Row 31	31	88	2.8387	0.8731
Row 32	31	45	1.4516	0.7226
Row 33	31	101	3.2581	1.0645
Row 34	31	91	2.9355	1.6624
Row 35	31	94	3.0323	0.9656
Row 36	31	132	4.2581	0.3978
Row 37	31	95	3.0645	1.129
Row 38	31	108	3.4839	0.9247
Row 39	31	113	3.6452	0.6366
Row 40	31	101	3.2581	1.7978

SUMMARY	Count	Sum	Average	Variance
Column 1	40	156	3.9	1.1179
Column 2	40	151	3.775	0.8968
Column 3	40	142	3.55	1.2282
Column 4	40	120	3	0.8205
Column 5	40	119	2.975	0.9481
Column 6	40	125	3.125	0.8814
Column 7	40	125	3.125	1.2404
Column 8	40	136	3.4	0.9641
Column 9	40	151	3.775	1.0506
Column 10	40	131	3.275	1.4353
Column 11	40	143	3.575	1.3788
Column 12	40	137	3.425	1.0199
Column 13	40	125	3.125	1.1378
Column 14	40	130	3.25	1.1667
Column 15	40	121	3.025	1.1532
Column 16	40	108	2.7	1.2923
Column 17	40	119	2.975	1.3071
Column 18	40	113	2.825	1.3788
Column 19	40	122	3.05	1.0744
Column 20	40	133	3.325	1.0455
Column 21	40	131	3.275	2.5122
Column 22	40	126	3.15	1.4641
Column 23	40	148	3.7	1.0359
Column 24	40	149	3.725	1.1788
Column 25	40	122	3.05	1.3308
Column 26	40	126	3.15	1.1564
Column 27	40	114	2.85	0.9
Column 28	40	110	2.75	0.9103
Column 29	40	135	3.375	1.1122
Column 30	40	143	3.575	0.9173
Column 31	40	134	3.35	1.2077

Anova: Two-Factor Without Replication						
Source of Variat	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Rows	461	39	11.82	14.507	5E-75	1.41
Columns	123.5	30	4.118	5.0543	7E-17	1.47
Error	953.3	1170	0.815			
Total	1538	1239				

Cronbach's Alpha = 0.931067473

Prilog 2.c Matrica ocjena pilot-ispitivanja učestalosti utjecaja čimbenika produktivnosti strojeva na gradilištu (upisana u *Microsoft Excel* tablicu)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	
	Ocjenjivani čimb. Ispitanici	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
1		2	2	1	3	2	1	3	3	1	2	1	2	1	2	1	1	1	3	2	1	2	1	1	2	1	1	1	2	2	1	2	
2	1	2	2	1	2	2	1	3	2	1	1	2	1	2	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	1	1	2	2	2	2	
3	2	2	2	1	3	2	1	3	2	1	1	1	2	2	2	2	1	2	1	1	3	1	1	2	1	2	1	1	1	2	2	1	
4	3	2	3	2	1	2	2	1	3	2	2	2	2	2	3	2	3	2	3	2	1	1	2	3	1	3	2	3	2	3	2	3	
5	4	2	1	3	2	2	2	3	3	3	3	3	2	2	2	3	2	3	1	1	3	3	3	2	3	1	3	2	1	1	2	3	
6	5	2	1	3	2	2	2	3	3	3	3	3	2	2	2	3	2	3	1	1	3	3	3	2	3	1	3	2	1	1	2	3	
7	6	2	1	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	2	3	2	3	2	3	2	1	1	1	2	2	3	2	3	2	3	3	2	
8	7	2	2	1	3	2	1	3	2	1	1	1	2	2	2	1	2	1	1	3	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
9	8	1	1	1	3	3	3	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	2	
10	9	2	1	1	3	3	2	2	2	2	2	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1	3	2	1	1	1	
11	10	2	1	1	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	3	1	2	2	3	
12	11	2	2	1	3	3	2	1	2	1	2	1	2	3	3	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	3	2	1	3	3	3	
13	12	3	2	1	3	3	2	1	2	1	1	1	2	3	2	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	2	1	3	2	2	1	2	2
14	13	2	1	2	3	3	2	2	2	2	2	3	1	2	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	3	3	2	2	2	1	1	3
15	14	2	2	1	3	2	1	2	1	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	3	1	1	1	1	1	1	3	1	2	2	2	3	
16	15	2	1	1	3	3	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	3	2	1	2	2	1	1	3	
17	16	2	1	1	3	2	2	2	2	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	2	1	2	1	1	3	
18	17	2	1	2	3	2	2	2	3	2	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	2	1	1	2	3
19	18	1	1	2	1	1	2	2	2	2	1	1	2	2	2	3	2	2	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	
20	19	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	
21	20	1	2	1	1	1	2	2	1	2	1	1	2	2	3	1	2	1	1	1	2	1	1	2	3	3	3	2	1	2	2	1	2
22	21	2	3	2	1	2	2	1	2	3	2	2	2	2	1	1	2	2	2	3	1	1	3	3	3	2	1	1	1	2	2	2	
23	22	3	2	2	1	2	2	2	3	1	1	2	3	1	2	1	2	1	1	2	2	1	1	3	2	1	2	1	2	3	2	2	
24	23	2	2	1	1	2	3	1	1	2	1	1	2	2	1	2	1	1	1	3	2	2	1	3	3	3	3	2	2	3	3	3	
25	24	2	3	2	3	3	2	2	2	1	1	2	2	2	1	2	1	1	1	2	2	1	2	3	2	2	2	2	1	2	1	2	
26	25	1	1	1	2	2	1	1	2	3	2	1	1	2	1	2	1	2	1	1	1	1	1	3	2	3	3	2	1	1	1	1	2
27	26	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	
28	27	1	1	2	1	1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	2	1	2	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	
29	28	1	2	1	2	1	2	2	1	3	2	3	3	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	2	1	1	1	2	3	2	2	
30	29	1	2	2	2	1	3	2	2	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	2	2	3	2	1	2	2	1	2	2	1	2	1	
31	30	2	1	2	1	1	1	1	1	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	
32	31	1	1	2	1	1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	2	1	2	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	
33	32	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	2	1	2	
34	33	2	3	2	2	3	2	3	3	2	3	1	2	2	3	1	2	2	1	3	1	3	2	2	3	1	3	2	1	3	2	3	
35	34	1	1	2	2	3	1	1	3	3	1	3	3	2	1	3	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1	2	2	2	1	2	2	
36	35	2	3	1	3	1	2	2	2	3	1	2	1	2	3	2	1	2	3	1	2	1	2	3	2	1	2	2	1	3	2	1	
37	36	2	3	2	3	2	2	2	3	1	1	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	3	3	1	1	1	2	2	2	2	3	3	
38	37	3	3	2	2	2	3	3	1	2	2	1	3	2	1	2	1	1	1	2	2	2	1	2	2	2	2	3	1	2	2	2	
39	38	3	2	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	3	3	3	2	2	3	2	2	3	1	2	2	2	3	2	3	1	
40	39	2	3	3	2	3	2	3	2	2	3	2	2	3	1	2	3	2	3	2	2	2	2	2	1	1	3	2	3	2	3	1	3
41	40	2	3	3	2	3	2	3	2	2	2	2	1	3	3	1	2	3	2	3	1	3	3	2	1	2	1	1	1	2	3	2	

Prilog 2.d Izračun Cronbach alfa koeficijenta za ispitivanje učestalosti utjecaja čimbenika produktivnosti strojeva pomoću funkcije *Analyze Data* u M. Excelu

SUMMARY	Count	Sum	Average	Variance
Row 1	31	51	1.6452	0.5032
Row 2	31	52	1.6774	0.2925
Row 3	31	49	1.5806	0.4516
Row 4	31	67	2.1613	0.4731
Row 5	31	70	2.2581	0.5978
Row 6	31	70	2.2581	0.4645
Row 7	31	55	1.7742	0.3806
Row 8	31	41	1.3226	0.4925
Row 9	31	49	1.5806	0.4516
Row 10	31	50	1.6129	0.5118
Row 11	31	55	1.7742	0.714
Row 12	31	53	1.7097	0.5462
Row 13	31	56	1.8065	0.5613
Row 14	31	51	1.6452	0.5032
Row 15	31	52	1.6774	0.4925
Row 16	31	46	1.4839	0.4581
Row 17	31	51	1.6452	0.4366
Row 18	31	52	1.6774	0.4925
Row 19	31	45	1.4516	0.2559
Row 20	31	52	1.6774	0.4925
Row 21	31	59	1.9032	0.4903
Row 22	31	56	1.8065	0.4946
Row 23	31	60	1.9355	0.6624
Row 24	31	57	1.8387	0.4065
Row 25	31	49	1.5806	0.5183
Row 26	31	53	1.7097	0.6796
Row 27	31	42	1.3548	0.2366
Row 28	31	51	1.6452	0.5032
Row 29	31	54	1.7419	0.3312
Row 30	31	43	1.3871	0.2452
Row 31	31	42	1.3548	0.2366
Row 32	31	39	1.2581	0.1978
Row 33	31	68	2.1935	0.5613
Row 34	31	58	1.871	0.5161
Row 35	31	59	1.9032	0.557
Row 36	31	62	2	0.4667
Row 37	31	60	1.9355	0.529
Row 38	31	74	2.3871	0.3785
Row 39	31	70	2.2581	0.4645
Row 40	31	66	2.129	0.5828

SUMMARY	Count	Sum	Average	Variance
Column 1	40	73	1.825	0.3532
Column 2	40	73	1.825	0.6096
Column 3	40	67	1.675	0.4814
Column 4	40	87	2.175	0.6609
Column 5	40	82	2.05	0.5615
Column 6	40	76	1.9	0.4
Column 7	40	80	2	0.5641
Column 8	40	83	2.075	0.4301
Column 9	40	78	1.95	0.459
Column 10	40	63	1.575	0.5071
Column 11	40	65	1.625	0.5481
Column 12	40	74	1.85	0.3872
Column 13	40	76	1.9	0.2974
Column 14	40	70	1.75	0.6026
Column 15	40	61	1.525	0.4609
Column 16	40	60	1.5	0.4615
Column 17	40	60	1.5	0.4103
Column 18	40	66	1.65	0.541
Column 19	40	68	1.7	0.6256
Column 20	40	60	1.5	0.4615
Column 21	40	59	1.475	0.4609
Column 22	40	63	1.575	0.5071
Column 23	40	75	1.875	0.5737
Column 24	40	72	1.8	0.5744
Column 25	40	69	1.725	0.6147
Column 26	40	74	1.85	0.5923
Column 27	40	65	1.625	0.4455
Column 28	40	63	1.575	0.3019
Column 29	40	73	1.825	0.6096
Column 30	40	72	1.8	0.5231
Column 31	40	82	2.05	0.6128

Anova: Two-Factor Without Replication					
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value F crit
Rows	95.8	39	2.4566	5.5905	0.141
Columns	44.8	30	1.4928	3.3972	0.147
Error	514	1170	0.4394		
Total	655	1239			

Cronbach's Alpha =		0.821124196
--------------------	--	-------------

Prilog 3. Srednje ocjene jačine i učestalosti čimbenika produktivnosti radnika (oboje ocjenjivano od 1 do 10)

Čimbenici produktivnosti rada radnika u građevinarstvu	Srednja ocjena jačine	Srednja ocjena učestalosti
Investitorovo neplaćanje radova na vrijeme	6,146611	3,737749
Problemi s podizvođačima	5,711066	4,064810
Čekanje na dozvole	5,306066	4,028081
Nedostatak iskustva izvođača za radove na projektu	5,781611	3,419550
Nedostatak potrebnog materijala za građenje	6,681256	4,279123
Nedostatak potrebne struje ili vode na gradilištu	5,721351	3,006848
Nedostatak potrebnog alata / opreme na gradilištu	6,288957	4,149739
Nezgode i ozlijede na radu tijekom gradnje	5,713649	2,433744
Loš pristup lokacijama na gradilištu	5,114455	3,722678
Razlika projektom predviđenih uvjeta od stvarnih	5,243957	4,411445
Loši uvjeti na terenu (buka, prašina i sl.)	4,905095	5,456872
Vremenski uvjeti - vrućine	5,646991	5,442654
Vremenski uvjeti - niske temperature	5,470806	4,437630
Vremenski uvjeti - kiša i / ili snijeg	6,536256	4,399763
Vremenski uvjeti - jak vjetar	4,912417	3,882204
Nedovoljno osvjetljenje	4,167251	2,958744
Promjene nacрта i dr. elemenata projektne dokumentacije	4,892014	4,444242
Nedovoljno razrađen projekt za izvedbu	5,651303	4,226919
Prekovremeni rad	4,251564	5,321469
Rad u više smjena	3,552891	2,425592
Nedovoljna sposobnosti uprave gradilišta	6,129147	3,722559
Slaba potpora gradilištu od uprave njihove tvrtke	5,790545	3,764431
Manjak motivacije kod zaposlenika	6,314028	4,926445
Loše osobine radnika	6,218531	4,673199

Prilog 4. Indeksi prema rezultatima ispitivanja čimbenika produktivnosti radnika

Utjecajni čimbenik	Nadzorni inženjeri			Uprava izvođača			Poslovođe i majst.			Pomoćni radnici			Rukovat. strojeva			Svi ispitani		
	RII	FI	SI	RII	FI	SI	RII	FI	RII×FI	RII	FI	SI	RII	FI	SI	RII	FI	RII×FI
UČR1	0,66	0,44	0,293	0,63	0,50	0,314	0,59	0,36	0,210	0,64	0,39	0,246	0,59	0,35	0,210	0,62	0,37	0,230
UČR2	0,61	0,51	0,309	0,57	0,49	0,278	0,57	0,38	0,219	0,58	0,42	0,243	0,54	0,40	0,216	0,57	0,41	0,232
UČR3	0,50	0,44	0,218	0,53	0,46	0,244	0,54	0,41	0,224	0,55	0,42	0,231	0,45	0,30	0,134	0,53	0,40	0,214
UČR4	0,64	0,46	0,295	0,53	0,43	0,230	0,56	0,31	0,177	0,60	0,38	0,227	0,61	0,31	0,189	0,58	0,34	0,198
UČR5	0,72	0,54	0,386	0,62	0,52	0,322	0,65	0,40	0,263	0,67	0,41	0,278	0,77	0,51	0,395	0,67	0,43	0,286
UČR6	0,58	0,37	0,216	0,52	0,37	0,194	0,59	0,30	0,177	0,56	0,32	0,178	0,62	0,34	0,208	0,57	0,30	0,172
UČR7	0,66	0,46	0,301	0,60	0,48	0,287	0,62	0,40	0,247	0,63	0,43	0,267	0,70	0,52	0,364	0,63	0,41	0,261
UČR8	0,49	0,26	0,127	0,58	0,38	0,222	0,56	0,25	0,139	0,59	0,31	0,183	0,65	0,24	0,155	0,57	0,24	0,139
UČR9	0,48	0,36	0,123	0,46	0,39	0,182	0,51	0,38	0,192	0,55	0,42	0,226	0,57	0,42	0,235	0,51	0,37	0,190
UČR10	0,56	0,49	0,270	0,53	0,47	0,248	0,51	0,45	0,226	0,55	0,44	0,245	0,50	0,41	0,207	0,52	0,44	0,231
UČR11	0,45	0,48	0,214	0,43	0,51	0,219	0,53	0,55	0,290	0,50	0,57	0,286	0,49	0,56	0,273	0,49	0,55	0,268
UČR12	0,54	0,50	0,273	0,50	0,50	0,249	0,58	0,56	0,326	0,61	0,57	0,352	0,55	0,54	0,299	0,56	0,54	0,307
UČR13	0,53	0,46	0,242	0,51	0,48	0,247	0,56	0,46	0,256	0,58	0,49	0,284	0,51	0,41	0,209	0,55	0,44	0,243
UČR14	0,67	0,50	0,333	0,65	0,53	0,342	0,66	0,45	0,295	0,60	0,45	0,274	0,72	0,46	0,334	0,65	0,44	0,288
UČR15	0,47	0,39	0,185	0,48	0,41	0,194	0,50	0,41	0,204	0,52	0,45	0,234	0,42	0,32	0,135	0,49	0,39	0,191
UČR16	0,41	0,30	0,124	0,40	0,32	0,128	0,40	0,31	0,125	0,44	0,32	0,143	0,49	0,27	0,132	0,42	0,30	0,123
UČR17	0,57	0,50	0,288	0,51	0,48	0,241	0,46	0,45	0,208	0,50	0,43	0,218	0,45	0,36	0,161	0,49	0,44	0,217
UČR18	0,65	0,51	0,333	0,52	0,47	0,241	0,55	0,40	0,224	0,60	0,42	0,251	0,55	0,40	0,220	0,57	0,42	0,239
UČR19	0,39	0,53	0,207	0,41	0,44	0,178	0,41	0,51	0,208	0,48	0,54	0,259	0,45	0,63	0,280	0,43	0,53	0,226
UČR20	0,36	0,30	0,105	0,35	0,28	0,098	0,32	0,24	0,075	0,40	0,27	0,109	0,42	0,24	0,100	0,36	0,24	0,086
UČR21	0,70	0,52	0,362	0,57	0,43	0,244	0,60	0,34	0,205	0,62	0,41	0,253	0,65	0,37	0,245	0,61	0,37	0,228
UČR22	0,69	0,52	0,357	0,55	0,44	0,245	0,57	0,36	0,205	0,56	0,36	0,200	0,62	0,40	0,245	0,58	0,38	0,218
UČR23	0,62	0,54	0,338	0,59	0,52	0,305	0,65	0,48	0,314	0,63	0,50	0,315	0,66	0,54	0,356	0,63	0,49	0,311
UČR24	0,69	0,61	0,418	0,63	0,56	0,351	0,60	0,43	0,256	0,61	0,44	0,266	0,66	0,50	0,330	0,62	0,47	0,291

Prilog 5. Izračun Kendallovog koeficijenta za sve grupe ispitanika o čimbenicima produktivnosti radnika (lijevo) i čimbenicima produktivnosti strojeva (desno)

Rang utjecajnih čimbenika																									
Grupe ispitanika	Č1	Č2	Č3	Č4	Č5	Č6	Č7	Č8	Č9	Č10	Č11	Č12	Č13	Č14	Č15	Č16	Č17	Č18	Č19	Č20	Č21	Č22	Č23	Č24	Ukupno
Radnici inženjerski	1	8	16	10	2	17	9	22	21	14	18	13	15	6	20	23	12	7	19	24	3	4	5	1	200
Radnici izvođači	4	7	12	16	3	20	6	17	21	9	18	8	10	2	19	23	14	15	22	24	11	11	5	1	200
Majstori posrednici	13	12	10	21	5	20	8	22	19	9	4	1	7	3	18	23	15	11	14	24	16	17	2	6	200
Posrednici izvođači	12	14	16	17	5	22	7	21	18	13	3	1	4	6	15	23	19	11	9	24	10	20	2	8	200
Strojari	14	13	22	19	1	16	2	20	11	17	8	6	15	4	21	23	19	12	7	24	10	9	3	5	200
Zbroj rangova	54	54	76	82	16	95	32	102	90	62	61	29	51	21	63	115	79	56	71	120	91	61	17	21	
$N = 108$	10,8	10,8	12,6	13,6	2,6	16,2	5,4	17,4	15,4	10,4	10,2	5,8	10,2	4,2	13,6	23	15,8	11,2	9,2	24	10,4	12,2	3,4	4,2	
$\text{medijan } R = 12,5$																									
$(N - \text{medijan})^2 = 2,89$	2,89	2,89	7,29	15,21	0,25	80,49	4,25	37,21	62,41	30,25	0,01	5,29	44,89	5,29	68,89	37,21	110,25	10,89	1,69	2,89	131,25	4,41	0,09	32,81	68,64
$\Sigma W = 0,750111726$																									

Rang utjecajnih čimbenika																										
Grupe ispitanika	Č1	Č2	Č3	Č4	Č5	Č6	Č7	Č8	Č9	Č10	Č11	Č12	Č13	Č14	Č15	Č16	Č17	Č18	Č19	Č20	Č21	Č22	Č23	Č24	Ukupno	
Radnici inženjerski	21	22	25,5	1	6	24	13,5	7	1	3	5	4	27	10	28	12	25,5	13,5	9	13	30	31	19	8	345	
Radnici izvođači	5	10	24	5	9	20	7	4	1	14	11	2	6	15	22	16	27	29	18	23	13	21	8	15	17	
Radnici izvođači	1	15	25	9	7	20	5	15	3	11	11	2	4	9	13	20	27	29	18	23	13	21	8	15	17	
Zbroj rangova	27	47	74,5	14	21	74	25,5	19	15	28	27	10	44	34	63	66	86,5	66,5	45,5	45	77	75	55	34	529	
$N = 9$	15,067	24,667	4,0557	7,3333	14,667	8,5	11,667	3,6667	3,3333	3	4,6667	16,667	46,667	24,667	22	27,333	15,167	24	25,667	11,667	13,333	13,667	25,667	34	34	55
$\text{medijan } R = 16$																										
$(N - \text{medijan})^2 = 49$	0,1111	74,028	138,41	75,555	75,111	56,25	23,389	131,11	59,778	13,444	1,69	123,44	0,3333	0,4444	75,111	56	140,03	0,8889	4	28,444	31,111	40,111	7,1111	29,111	115	61
$\Sigma W = 0,757715297$																										

Prilog 6. Srednje ocjene jačine i učestalosti čimbenika produktivnosti strojeva

(jačina ocjenjivano od 1 do 5, a učestalost od 1 do 3)

Čimbenici produktivnosti strojeva na gradilištu	Srednja ocjena jačine	Srednja ocjena učestalosti
Loši vremenski uvjeti	3,740920	1,753027
Složenost (kompliciranost) radnih zadataka	3,210654	1,760291
Projektom predviđene male količine radova koji se obavljaju strojno	2,900726	1,585956
Promjene na projektu tijekom realizacije	3,205811	1,912833
Loši uvjeti tla (za strojeve za zemljane radove i strojeve za koje treba pripremiti podlogu)	3,307506	1,847458
Visina na kojoj se radi / podiže materijal (za dizalice, betonske pumpe i dr.)	2,794189	1,598063
Drugačiji uvjeti na terenu od prvobitno predviđenih	3,314770	1,866828
Nedostatak informacija za rad (nejasna projektna dokumentacija i dr.)	3,348668	1,772397
Stroj se u radu izmjenjuje na više poslova, tj. isprekidanost radova koje obavlja	3,414044	1,953995
Loša organizacija radova (redosljed, smjer odvijanja i dr.)	3,430993	1,658596
Neodgovarajući vremenski plan (nerealan, nejasan) ili rad bez plana	3,176755	1,707022
Čekanje na druge radove (da se dovrše)	3,479419	1,922518
Čekanje na druge strojeve / transportna vozila s kojima je povezan proces rada	3,387409	1,869249
Otežani pristup / kretanje (ograničeni prostor, slaba preglednost, prepreke) na mjestu rada	3,256659	1,740920
Nepogodan gradilišni raspored – strojeva, lokacija materijala i dr.	3,043584	1,658596
Dugo kretanje do mjesta rada / loši putevi na gradilištu	2,992736	1,578692
Nedostatno nadziranje kvalitete radova i nedavanje potrebnih uputa	2,997579	1,523002
Neredovito praćenje ostvarene količine rada	2,719128	1,537530
Loše korištenje rad. vremena (kašnjenje s početkom, ranije završavanje s poslom, preduge stanke)	3,237288	1,663438
Nedostatak potrebnih materijala s kojima se radi	3,394673	1,554479
Nedostatak goriva / pogonske energije	3,399516	1,319613
Nedostupnost potrebnih zamjenskih dijelova odgovarajuće kvalitete	3,179177	1,539952
Nedostatak stručnih ljudi i potrebnog alata za tekuće održavanje	3,472155	1,772397
Česti kvarovi i sporo otklanjanje ako do njih dođe	3,474576	1,564165
Loša kvaliteta stroja (ne odnosi se na veličinu i snagu) i starost stroja	3,278450	1,566586
Nekomfornost kabine	2,786925	1,651332
Kompliciranost stroja za upravljanje	2,593220	1,406780
Nepogodnost vrste stroja za vrstu posla koji obavlja	2,893462	1,523002
Slabe vještine (obučenosť i iskustvo) rukovatelja strojem	3,351090	1,564165
Slaba motiviranost rukovatelja strojem za uspješnost posla	3,259080	1,731235
Često mijenjanje strojara koji rade na jednom stroju	3,077482	1,644068

Prilog 7. Indeksi prema rezultatima ispitivanja čimbenika produktivnosti strojeva
izračunati prema radnom mjestu ispitanika

Utjecaj. čimbe- nik	Nadzorni inž.			Uprava izvod.			Rukovatelji strojeva			Svi ispitani		
	RII	FI	SI	RII	FI	SI	RII	FI	SI	RII	FI	SI
UČS1	0,73	0,50	0,363	0,76	0,58	0,437	0,74	0,60	0,446	0,75	0,58	0,437
UČS2	0,60	0,60	0,358	0,67	0,61	0,406	0,63	0,57	0,358	0,64	0,59	0,377
UČS3	0,55	0,56	0,306	0,61	0,52	0,315	0,56	0,53	0,301	0,58	0,53	0,307
UČS4	0,73	0,68	0,493	0,67	0,66	0,447	0,61	0,61	0,374	0,64	0,64	0,409
UČS5	0,70	0,67	0,467	0,68	0,61	0,419	0,64	0,61	0,393	0,66	0,62	0,407
UČS6	0,61	0,51	0,313	0,61	0,55	0,336	0,52	0,52	0,270	0,56	0,53	0,298
UČS7	0,66	0,58	0,384	0,68	0,62	0,423	0,65	0,63	0,408	0,66	0,62	0,413
UČS8	0,65	0,58	0,379	0,72	0,62	0,445	0,64	0,57	0,364	0,67	0,59	0,396
UČS9	0,64	0,67	0,428	0,71	0,67	0,478	0,67	0,63	0,423	0,68	0,65	0,445
UČS10	0,74	0,69	0,515	0,69	0,54	0,374	0,68	0,55	0,369	0,69	0,55	0,379
UČS11	0,67	0,72	0,481	0,67	0,58	0,388	0,61	0,54	0,331	0,64	0,57	0,362
UČS12	0,73	0,64	0,469	0,73	0,65	0,474	0,66	0,64	0,423	0,70	0,64	0,446
UČS13	0,71	0,67	0,472	0,69	0,63	0,433	0,66	0,62	0,409	0,68	0,62	0,422
UČS14	0,58	0,53	0,303	0,66	0,56	0,369	0,65	0,60	0,392	0,65	0,58	0,378
UČS15	0,64	0,63	0,401	0,62	0,53	0,325	0,60	0,56	0,338	0,61	0,55	0,337
UČS16	0,53	0,49	0,259	0,59	0,50	0,294	0,61	0,55	0,337	0,60	0,53	0,315
UČS17	0,64	0,61	0,392	0,60	0,51	0,301	0,60	0,50	0,298	0,60	0,51	0,304
UČS18	0,46	0,67	0,306	0,55	0,51	0,283	0,55	0,50	0,271	0,54	0,51	0,279
UČS19	0,66	0,58	0,384	0,62	0,57	0,354	0,66	0,54	0,360	0,65	0,55	0,359
UČS20	0,73	0,56	0,403	0,65	0,49	0,319	0,69	0,53	0,371	0,68	0,52	0,352
UČS21	0,77	0,44	0,341	0,69	0,42	0,291	0,66	0,45	0,300	0,68	0,44	0,299
UČS22	0,69	0,53	0,365	0,66	0,50	0,327	0,61	0,52	0,321	0,64	0,51	0,326
UČS23	0,63	0,61	0,387	0,72	0,58	0,423	0,68	0,59	0,404	0,69	0,59	0,410
UČS24	0,75	0,53	0,396	0,72	0,53	0,379	0,67	0,52	0,347	0,69	0,52	0,362
UČS25	0,66	0,57	0,375	0,66	0,52	0,344	0,65	0,52	0,338	0,66	0,52	0,342
UČS26	0,48	0,50	0,238	0,54	0,51	0,272	0,58	0,59	0,341	0,56	0,55	0,307
UČS27	0,43	0,38	0,159	0,51	0,44	0,226	0,53	0,50	0,266	0,52	0,47	0,243
UČS28	0,64	0,58	0,374	0,62	0,50	0,307	0,54	0,51	0,276	0,58	0,51	0,294
UČS29	0,72	0,57	0,408	0,70	0,52	0,363	0,64	0,52	0,334	0,67	0,52	0,349
UČS30	0,65	0,58	0,379	0,67	0,58	0,390	0,64	0,57	0,366	0,65	0,58	0,376
UČS31	0,47	0,54	0,253	0,63	0,57	0,359	0,62	0,53	0,331	0,62	0,55	0,337

Prilog 8. Indeksi prema rezultatima ispitivanja čimbenika produktivnosti strojeva
izračunati prema grupama strojeva

Utjecajni čimbenik	Stroj. za zemlj. rad.			Transportna vozila			Stroj. za bet. i mort			Dizalice			Općenito – svi stroj.		
	RII	FI	SI	RII	FI	SI	RII	FI	SI	RII	FI	SI	RII	FI	RII×FI
UČS1	0.76	0.59	0.452	0.74	0.59	0.439	0.66	0.54	0.356	0.77	0.55	0.424	0.70	0.59	0.410
UČS2	0.64	0.57	0.363	0.63	0.54	0.344	0.62	0.56	0.347	0.68	0.67	0.453	0.65	0.64	0.412
UČS3	0.58	0.52	0.301	0.57	0.54	0.310	0.55	0.56	0.312	0.58	0.59	0.346	0.59	0.52	0.305
UČS4	0.62	0.61	0.375	0.71	0.68	0.483	0.59	0.60	0.357	0.65	0.69	0.445	0.71	0.70	0.499
UČS5	0.66	0.60	0.393	0.63	0.62	0.389	0.62	0.59	0.367	0.66	0.63	0.413	0.71	0.67	0.472
UČS6	0.53	0.51	0.267	0.50	0.46	0.230	0.56	0.60	0.338	0.65	0.69	0.445	0.63	0.54	0.342
UČS7	0.68	0.60	0.407	0.62	0.61	0.376	0.60	0.58	0.346	0.61	0.61	0.371	0.69	0.69	0.482
UČS8	0.67	0.56	0.372	0.66	0.61	0.401	0.58	0.51	0.300	0.66	0.62	0.409	0.74	0.71	0.522
UČS9	0.68	0.64	0.433	0.65	0.59	0.381	0.68	0.55	0.377	0.68	0.67	0.460	0.71	0.72	0.512
UČS10	0.66	0.51	0.340	0.68	0.56	0.382	0.70	0.58	0.404	0.65	0.63	0.411	0.76	0.66	0.503
UČS11	0.62	0.53	0.329	0.67	0.54	0.363	0.68	0.59	0.399	0.63	0.65	0.406	0.71	0.69	0.486
UČS12	0.68	0.61	0.417	0.71	0.67	0.476	0.69	0.65	0.453	0.68	0.71	0.480	0.76	0.70	0.532
UČS13	0.68	0.60	0.404	0.67	0.68	0.456	0.68	0.64	0.434	0.69	0.66	0.454	0.70	0.68	0.475
UČS14	0.66	0.57	0.373	0.65	0.55	0.360	0.62	0.59	0.367	0.61	0.60	0.369	0.68	0.59	0.402
UČS15	0.58	0.53	0.306	0.62	0.63	0.388	0.55	0.47	0.259	0.62	0.58	0.360	0.72	0.62	0.445
UČS16	0.60	0.52	0.315	0.59	0.54	0.320	0.55	0.51	0.284	0.54	0.52	0.276	0.62	0.52	0.325
UČS17	0.58	0.49	0.283	0.54	0.50	0.269	0.59	0.44	0.258	0.52	0.58	0.301	0.71	0.59	0.424
UČS18	0.55	0.48	0.268	0.54	0.49	0.261	0.58	0.51	0.296	0.48	0.57	0.273	0.54	0.63	0.340
UČS19	0.64	0.51	0.329	0.62	0.59	0.368	0.70	0.56	0.395	0.56	0.64	0.361	0.68	0.66	0.448
UČS20	0.67	0.50	0.339	0.71	0.52	0.371	0.62	0.42	0.264	0.63	0.57	0.357	0.72	0.56	0.403
UČS21	0.69	0.43	0.297	0.69	0.45	0.307	0.65	0.40	0.257	0.55	0.47	0.262	0.72	0.45	0.325
UČS22	0.64	0.50	0.321	0.61	0.43	0.262	0.62	0.49	0.300	0.56	0.56	0.315	0.69	0.57	0.397
UČS23	0.67	0.57	0.380	0.70	0.58	0.405	0.73	0.59	0.431	0.67	0.64	0.428	0.76	0.66	0.501
UČS24	0.70	0.50	0.348	0.68	0.54	0.369	0.71	0.49	0.345	0.66	0.57	0.378	0.71	0.57	0.403
UČS25	0.66	0.50	0.332	0.58	0.56	0.328	0.61	0.53	0.319	0.59	0.59	0.350	0.68	0.55	0.373
UČS26	0.55	0.55	0.299	0.60	0.59	0.354	0.51	0.54	0.273	0.58	0.58	0.340	0.54	0.51	0.275
UČS27	0.53	0.46	0.243	0.46	0.47	0.213	0.48	0.49	0.232	0.51	0.49	0.248	0.47	0.46	0.219
UČS28	0.58	0.49	0.283	0.47	0.53	0.250	0.52	0.46	0.238	0.48	0.51	0.242	0.69	0.55	0.382
UČS29	0.66	0.49	0.320	0.63	0.47	0.296	0.63	0.53	0.332	0.59	0.58	0.344	0.78	0.61	0.473
UČS30	0.63	0.54	0.341	0.70	0.59	0.415	0.62	0.53	0.328	0.62	0.61	0.378	0.73	0.67	0.488
UČS31	0.63	0.52	0.327	0.54	0.54	0.292	0.58	0.60	0.348	0.54	0.57	0.303	0.65	0.62	0.405

Prilog 9. Rezultati 5-minutnog ocjenjivanja produktivnosti radnika i strojeva po projektima

Oznaka projekta	Projekti (sadržani radovi)	Mjesto i godina	Br. praćen izvođača	Broj opažanja grupa radnika (R) i strojeva (S)	Direktni rad	Pomoć. rad	Izgu- bljeno vrijeme
P1	Rekonstrukcija (prenamjena) javne zgrade s uređenjem okolnog, dvorišnog prostora	Borovo, 2021. - 2022.	2	R: 1318	31,4%	46,2%	22,4%
				S: 493			
				- bageri	45,9%	30,4%	23,7%
				- valjak	100,0%	0,0%	0,0%
				- vibro pl.	52,1%	1,0%	46,9%
P2	Rekonstrukcija stadiona	Slavonski Brod, 2021. - 2022.	1	- finišer	100,0%	0,0%	0,0%
				- miješ. za beton	84,8%	0,5%	14,7%
				R: 301	63,9%	8,6%	27,5%
				S: 721			
				- bageri	58,9%	7,8%	33,3%
P3	Rekonstrukcija i odvodnja ulica	Našice, 2021.	1	- beton. pumpa	85,7%	1,6%	12,7%
				- miješal. za mort	64,3%	21,4%	14,3%
				- toranj. dizalica	71,4%	0,0%	28,6%
				R: 376	29,9%	45,7%	24,4%
				S: 368			
P4	Postavljanje uličnih kanalizacijskih cjevovoda	Požega i Trenkovo, 2021.	1	- bageri	81,5%	4,1%	14,4%
				R: 280	34,7%	30,8%	34,5%
				S: 448			
				- bageri	42,2%	11,0%	46,8%
				- vibro ploče	62,5%	0,0%	37,5%
P5	Rekonstrukcija raskrižja državnih i županijske ceste	Slavonski Brod, 2021.	1	- vibro ploča	26,3%	0,0%	73,7%
				R: 304	22,9%	35,4%	41,7%
				S: 421			
				- bageri	69,1%	4,9%	26,0%
				- valjak	41,4%	0,0%	58,6%
P6	Izgradnja zgrada crpne stanice	Vardarac, 2022.	1	- vibro ploča	26,3%	0,0%	73,7%
				R: 280	51,7%	19,7%	28,6%
				S: 280			
P7	Postavljanje cjevovoda na prostoru tržnice	Vukovar, 2020.	1	- stroj za žbuk.	41,8%	6,1%	52,1%
				R: 540	33,3%	44,5%	22,2%
				S: 222			
P8	Izgradnja podvožnjaka	Osijek, 2022.	1	- bager	81,1%	1,3%	17,6%
				- valjak	62,5%	0,0%	37,5%
				R: 278	65,2%	3,0%	31,8%
P9	Izgradnja sustava kanalizacije	Donja Motičina, 2021.	1	S: 248			
				- bageri	55,6%	9,0%	35,4%
				- vibro ploča	43,7%	25,1%	31,2%
P10	Rekonstrukcija infrastrukture (cjevovodi i popločavanje)	Osijek, 2021. - 2022.	1	R: 203	29,1%	38,8%	32,1%
				S: 280			
				- bageri	62,5%	12,5%	25,0%
P11	Izgradnja poslovne zgrade (završni radovi)	Osijek, 2021.	1	- kombinirka	62,5%	12,6%	25,0%
				R: 371	46,1%	32,7%	21,2%
				S: 94			
P12	Izgradnja zgrade zavoda hitne medicine	Požega, 2022.	1	- miješal. za mort	45,8%	0,2%	54,0%
				R: 336	37,7%	42,4%	19,9%
				S: 145			
P13	Izgradnja objekata pročišćivača otpadnih voda	Osijek, 2022.	1	- bageri	18,3%	50,5%	31,2%
				- beton. pumpa	76,4%	4,4%	19,2%
				R: 343	43,2%	35,6%	21,2%
				S: 133			
				- toranj. dizalica	8,3%	72,1%	19,6%

P14	Izgradnja poslovno-stambene zgrade	Zagreb, 2021.	1	R: 315	45,0%	23,7%	31,3%
				S: 154 - beton. pumpa - toranj. dizalica	57,1% 16,6%	19,1% 43,1%	23,8% 40,3%
P15	Izvedba obaloutvrde s promenadom	Osijek, 2021.	1	R: 168	14,3%	51,2%	34,5%
				S: 294 - bageri - kombinirka	69,5% 0,0%	0,0% 71,4%	30,5% 28,6%
P16	Izvedba piste proizvodnog pogona	Novi Senkovac, 2022.	1	S: 441 - valjci - finiše	69,8% 98,4%	0,0% 0,0%	30,2% 1,6%
P17	Izgradnja kružnog toka	Ivankovo, 2022.	1	R: 217	25,7%	41,4%	32,9%
				S: 217 - bager - valjak - vibro ploča	59,1% 57,1% 42,9%	4,1% 0,0% 0,0%	36,8% 42,9% 57,1%
P18	Žbukanje školske zgrade	Darugar, 2021.	1	R: 210	63,1%	22,6%	14,3%
				S: 210 - stroj za žbuk.	85,7%	7,1%	7,2%
P19	Žbukanje višestambene zgrade	Osijek, 2021.	1	R: 210	42,9%	39,2%	17,9%
				S: 210 - stroj za žbuk.	83,3%	0,0%	16,7%
P20	Rekonstrukcija raskrižja u kružni tok	Slavonski Brod, 2020.	1	R: 100	65,2%	13,8%	21,0%
				S: 300 - bageri - buldozeri - valjak	77,0% 83,6% 77,8%	0,0% 0,0% 0,0%	33,3% 16,4% 22,2%
P21	Izgradnja poslovne zgrade sa skladištem	Sl. Brod, 2022.	1	R: 371	47,0%	27,5%	25,5%
P22	Izgradnja višestambene zgrade	Osijek, 2021.	1	R: 168	35,3%	43,9%	20,8%
				S: 147 - beton. pumpa	78,6%	0,0%	21,4%
P23	Demontaža i ugradba prozora i vrata	Ilok, 2021.	1	R: 315	43,7%	26,5%	29,8%
P24	Izgradnja obiteljske kuće	Cerna, 2021.	1	R: 210	36,7%	30,5%	32,8%
				S: 98 - bager	65,3%	10,2%	24,5%
P25	Izgradnja studentskog doma	Osijek, 2019.	1	R: 300	59,3%	10,7%	30,0%
P26	Dogradnja i unutarnje uređenje obitelji. kuće	Tenja, 2021.	1	R: 300	54,3%	22,5%	23,2%
P27	Izgradnja biciklističko-pješačke staze	Našice, 2020.	1	R: 240	22,8%	52,2%	25,0%
P28	Izgradnja vatrogasno edukacijskog centra	Vučevci, 2021.	1	R: 235	43,1%	41,1%	15,8%
				S: 5 - beton. pumpa	80,0%	0,0%	20,0%
P29	Izgradnja višestambenih zgrada	Zagreb, 2020.	1	R: 130	32,1%	30,7%	37,2%
				S: 90 - beton. pumpa - toranj. dizalica	100% 10,9%	0,0% 58,8%	0,0% 30,3%
P30	Izgradnja stambene zgrade	Vinkovci, 2021.	1	R: 217	41,5%	25,3%	33,1%
P31	Izgradnja višestambene zgrade	Osijek, 2021.	1	R: 200	41,4%	29,7%	28,9%
P32	Izgradnja zgrade knjižnice	Vinkovci, 2020.	2	R: 200	46,6%	32,4%	21,0%
P33	Izgradnja školskog igrališta	Osijek, 2022.	1	R: 140	37,8%	25,9%	36,3%
				S: 56 - bager - vibro ploča	57,1% 50,0%	10,8% 0,0%	32,1% 50,0%
P34	Sanacija društvenog doma	Nova Bukovica, 2021.	1	R: 168	57,9%	28,0%	14,1%
				S: 16 - bager	81,3%	12,4%	6,3%

P35	Energetska obnova zgrade ambulate	Čepin, 2020.	1	R: 180	40,9%	28,5%	30,6%
P36	Izgradnja zgrade bolnice	Bjelovar, 2020.	1	R: 160	50,7%	30,2%	19,1%
P37	Energetska obnova zgrade općine i društvenog doma	Lukač, 2020.	1	R: 150	43,6%	41,9%	14,5%
P38	Izgradnja odlagališne plohe	Šibenik, 2020.	1	R: 120	48,7%	25,9%	25,4%
P39	Izgradnja kapelice	D. Meljani, 2022.	1	R: 104	48,4%	37,8%	13,8%
P40	Izgradnja farme ovaca i spremišta za bale	D. Kusonje, 2021.	1	R: 91	54,1%	28,2%	17,7%
P41	Izgradnja stambeno-poslovne zgrada	O. Luka, 2020-	1	R: 90	60,8%	23,6%	15,7%
P42	Izgradnja biciklističko-pješačke staze	Bilje, 2022.	1	R: 74	40,7%	26,0%	33,3%
P43	Izgradnja silosa	Pleternica, 2022.	1	R: 48	32,0%	45,9%	22,1%
				S: 16 - beton. pumpa	68,7%		31,3%
P44	Montaža cijevne skele na postojećoj zgradi (P+5)	Zagreb, 2021.	1	R: 63	80,5%	0,0%	19,5%
P45	Montaža cijevne skele na novoj zgradi (P+12)	Zagreb, 2021.	1	R: 63	73,8%	0,0%	26,2%
P46	Montaža cijevne skele na postojećoj zgradi (P+4)	Zagreb, 2021.	1	R: 63	85,4%	0,0%	14,6%
P47	Dogradnja ribičkog doma	Podrav. Podgajci, 2021.	1	R: 56	44,2%	34,7%	21,1%
P48	Izgradnja betonske piste	Cerna, 2021.	1	R: 56	62,9%	15,7%	21,4%
P49	Poslovna zona - izgradnja zida	Županja, 2020.	1	R: 36	35,9%	44,5%	19,6%
				S: 8 - autobetonara	100%	0,0%	0,0%
P50	Izgradnja trgovačkog centra	Zagreb, 2020.	1	R: 45	43,4%	38,4%	18,0%
P51	Sanacija kanalizacijskog kolektora	Osijek, 2020.	1	R: 40	27,5%	25,8%	46,7%
P52	Izgradnja pješačke staze	Bošnjaci, 2020.	1	R: 36	35,7%	45,8%	18,5%
P53	Izgradnja pješačke staze	Radikovci, 2021.	1	R: 14	80,4%	1,7%	17,9%
				S: 21 - kombinirka	85,7%	0,0%	14,3%
				- miješ. za beton	71,4%	28,6%	0,0%
P54	Izgradnja silosa i sušare	Gundinci, 2022.	1	R: 21	28,6%	33,5%	37,9%
P55	Montaža cijevne skele na postojećoj crkvi	Zagreb, 2021.	1	R: 21	80,4%	0,0%	19,6%
P56	Montaža cijevne skele na postojećoj posl.-stamb. zgradi (P+2)	Zagreb, 2021.	1	R: 21	95,2%	0,0%	4,8%
P57	Montaža cijev. skele na obiteljskoj kući (P+1+Po)	Zagreb, 2021.	1	R: 21	95,2%	0,0%	4,8%
P58	Montaža cijevne skele na postojećoj poslovno-stambenoj zgradi (P+5)	Zagreb, 2021.	1	R: 21	90,5%	0,0%	9,5%
P59	Montaža cijevne skele na na tornju crkve	Zagreb, 2021.	1	R: 21	73,5%	0,0%	26,5%
P60	Montaža cijevne skele na novoj poslovnoj hali	Sl. Brod, 2021.	1	R: 21	71,4%	0,0%	28,6%
ZA SVE PROJEKTE				R: 11.231	41,6%	32,7%	25,7%
				S: 6.136	62,0%	10,7%	27,3%

Prilog 10. Rezultati 5-minutnog ocjenjivanja produktivnosti iskazani po izvođačima

Ozna- ka izvo- đača	Sjedište tvrtke	Vrsta radova	Projekti na kojima je praćen rad	Br. opažanja grupa radnika (R) i strojeva (S)	Produk- tivni rad	Pomoć. rad	Izgu- bljeno vrijeme
I 1	Slavonija i Baranja	Visokograd.	P1	R: 1080 S: 360 - bageri	29,8% 43,6%	50,0% 32,2%	20,2% 24,2%
I 2	Slavonija i Baranja	Niskogradnja	P3, P8, P42	R: 728 S: 590 - bageri - valjci	32,1% 81,4% 62,5%	39,9% 3,1% 0,0%	28,0% 15,5% 37,5%
I 3	Slavonija i Baranja	Visokograd.	P2	R: 301 S: 721 - bageri - beton. pumpa - miješal. za mort - toranj. dizalica	63,9% 58,9% 85,7% 64,3% 71,4%	8,6% 7,8% 1,6% 21,4% 0,0%	27,5% 33,3% 12,7% 14,3% 28,6%
I 4	Slavonija i Baranja	Niskogradnja	P4	R: 280 S: 448 - bageri - vibro ploče	34,7% 42,2% 62,5%	30,8% 11,0% 0,0%	34,5% 46,8% 37,5%
I 5	Drugi dijelovi HR	Niskogradnja	P5	R: 304 S: 421 - bageri - valjak - vibro ploča	22,9% 69,1% 41,4% 26,3%	35,4% 4,9% 0,0% 0,0%	41,7% 26,0% 58,6% 73,7%
I 6	Slavonija i Baranja	Visokograd.	P 11, P31	R: 571 S: 94 - miješal. za mort	46,1% 45,8%	30,0% 0,2%	23,9% 54,0%
I 7	Slavonija i Baranja	Visokograd.	P6	R: 280 S: 280 - stroj za žbuk.	51,7% 41,8%	19,7% 6,1%	28,6% 52,1%
I 8	Slavonija i Baranja	Visokograd.	P12, P43	R: 384 S: 161 - bager - beton. pumpa	37,0% 18,3% 74,6%	42,8% 50,0% 3,3%	20,2% 31,2% 22,1%
I 9	Slavonija i Baranja	Niskogradnja	P7	R: 540	33,3%	44,5%	22,2%
I 10	Slavonija i Baranja	Niskogradnja	P9	R: 251 S: 248 - bageri - vibro ploča	20,6% 55,6% 43,7%	28,5% 9,0% 25,0%	50,9% 35,4% 31,2%
I 11	Slavonija i Baranja	Niskogradnja	P10	R: 203 S: 280 - bageri - kombinirka	29,1% 62,5% 62,5%	38,8% 12,5% 12,5%	32,1% 25,0% 25,0%
I 12	Drugi dijelovi HR	Visokograd.	P13	R: 343 S: 133 - toranj. dizalica	43,2% 8,3%	35,6% 72,1%	21,2% 19,6%
I 13	Drugi dijelovi HR	Visokograd.	P14	R: 315 S: 154 - beton. pumpa - toranj. dizalica	45,0% 57,1% 16,6%	23,7% 19,1% 43,1%	31,3% 23,8% 40,3%
I 14	Slavonija i Baranja	Niskogradnja	P15	R: 168 S: 294 - bageri - kombinirka	14,3% 69,5% 0,0%	51,2% 0,0% 71,4%	34,5% 30,5% 28,6%

I 15	Drugi dijelovi HR	Niskogradnja	P16	S: 441 - valjci - finiše	69,8% 98,4%	0,0% 0,0%	30,2% 1,6%
I 16	Slavonija i Baranja	Niskogradnja	P17	R: 217 S: 217 - bager - valjak - vibro ploča	25,7% 59,1% 57,1% 42,9%	41,4% 4,1% 0,0% 0,0%	32,9% 36,8% 42,9% 57,1%
I 17	Slavonija i Baranja	Visokograd.	P18	R: 210 S: 210 - stroj za žbuk.	63,1% 85,7%	22,6% 7,1%	14,3% 7,2%
I 18	Slavonija i Baranja	Visokograd.	P19	R: 210 S: 210 - stroj za žbuk.	42,9% 83,3%	39,2% 0,0%	17,9% 16,7%
I 19	Slavonija i Baranja	Niskogradnja	P20	R: 100 S: 300 - bageri - buldozeri - valjak	65,2% 77,0% 83,6% 77,8%	13,8% 0,0% 0,0% 0,0%	21,0% 33,3% 16,4% 22,2%
I 20	Slavonija i Baranja	Visokograd.	P21, P54	R: 392	46,0%	27,8%	26,2%
I 21	Slavonija i Baranja	Niskogradnja	P1	R: 238 S: 133 - bager - valjak - vibro pl. - finiše - miješ. za beton	43,2% 85,7% 100,0% 52,1% 100,0% 84,8%	23,7% 0,0% 0,0% 1,0% 0,0% 0,5%	33,1% 14,3% 0,0% 46,9% 0,0% 14,7%
I 22	Slavonija i Baranja	Visokograd. (pretežito) i Niskogradnja	P24, P48	R: 266 S: 98 - bageri	42,3% 65,3%	27,3% 10,2%	30,4% 24,5%
I 23	Slavonija i Baranja	Visokograd.	P22	R: 168 S: 147 - beton. pumpa	35,3% 78,6%	43,9% 0,0%	20,8% 21,4%
I 24	Drugi dijelovi HR	Visokograd.	P44, P45, P46, P55, P56, P57, P58, P59, P60	R: 315	81,7%	0,0%	18,3%
I 25	Slavonija i Baranja	Visokograd.	P23	R: 315	43,7%	26,5%	29,8%
I 26	Drugi dijelovi HR	Visokograd.	P25	R: 300	59,3%	10,7%	30,0%
I 27	Slavonija i Baranja	Visokograd.	P26	R: 300	54,3%	22,5%	23,2%
I 28	Slavonija i Baranja	Visokograd.	P34, P39	R: 272 S: 16 - bageri	54,3% 81,3%	31,7% 12,4%	14,0% 6,3%
I 29	Slavonija i Baranja	Niskogradnja	P27	R: 240	22,8%	52,2%	25,0%
I 30	Slavonija i Baranja	Visokograd.	P28	R: 235 S: 5 - beton. pumpa	43,1% 80,0%	41,1% 0,0%	15,8% 20,0%
I 31	Drugi dijelovi HR	Visokograd.	P29	R: 130 S: 90 - beton. pumpa - toranj. dizalica	32,1% 100% 10,9%	30,7% 0,0% 58,8%	37,2% 0,0% 30,3%
I 32	Slavonija i Baranja	Visokograd.	P30	R: 217	41,5%	25,3%	33,1%
I 33	Slavonija i Baranja	Niskogradnja	P33	R: 140 S: 56 - bager - vibro ploča	37,8% 57,1% 50,0%	25,9% 10,8% 0,0%	36,3% 32,1% 50,0%

I 34	Slavonija i Baranja	Visokograd.	P35	R: 180	40,9%	28,5%	30,6%
I 35	Drugi dijelovi HR	Visokograd.	P36	R: 160	50,7%	30,2%	19,1%
I 36	Slavonija i Baranja	Visokograd.	P32	R: 150	44,8%	33,4%	21,8%
I 37	Slavonija i Baranja	Visokograd.	P37	R: 150	43,6%	41,9%	14,5%
I 38	Drugi dijelovi HR	Niskogradnja	P38	R: 120	48,7%	25,9%	25,4%
I 39	Slavonija i Baranja	Visokograd.	P40	R: 91	54,1%	28,2%	17,7%
I 40	Drugi dijelovi HR	Visokograd.	P41	R: 90	60,8%	23,6%	15,6%
I 41	Slavonija i Baranja	Visokograd.	P47, P53	R: 70	51,4%	28,2%	20,4%
				S: 21 - kombinirka	85,7%	0,0%	14,3%
				- miješ. za beton	71,4%	7,5%	21,1%
I 42	Slavonija i Baranja	Visokograd. i Niskogradnja	P49, P52	R: 72	35,8%	45,2%	19,1%
				S: 8 - autobetonara	100,0%	0,0%	0,0%
I 43	Drugi dijelovi HR	Visokograd.	P32	R: 50	52,0%	29,3%	18,7%
I 44	Drugi dijelovi HR	Visokograd.	P50	R: 45	43,4%	38,4%	18,0%
I 45	Slavonija i Baranja	Niskogradnja	P51	R: 40	27,5%	25,8%	46,7%

Prilog 11. Postotak izgubljenog vremena i udjeli gubitaka prema uzrocima evidentiranim na projektima gdje je provođeno FDS i/ili CQ

Projekt - oznaka	Izvođači - oznaka	Broj FDS	Broj CQ	Izgubljen vrijeme FDS i CQ	Razlog gubljenja vremena (udjeli izraženi u %)													
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
P25	I26	-	27	44,45 %	11,1	3,4	13,9	8,7	10,4	7,5	14,7		11,6				18,8	
P11	I6	10	10	24,02 %	6,1	3,9	10,4	10,4	14,9	12,9	10,6		5,8	6,2	5,5	6,7		6,7
P15	I2*	12	4	18,91 %	0,7		22,1	11,9	18,4	9,8	9,3	2,2		2,6	4,8	11,1		7,0
P7	I9	10	3	20,35 %	3,0		11,4		16,7	0,8	0,8	18,2			15,9		18,2	15,1
P22	I23	8	4	11,58 %	2,0		15,7	16,7	10,8	7,8		5,9	13,7			3,9	23,5	
P21	I20	5	6	20,68 %		2,2	7,1	3,3	7,2	12,2	9,0		17,9	2,8	7,5	2,5	24,6	3,5
P61	I46	6	5	23,80 %	2,6		22,7	11,5	13,5	6,8	5,8	11,4	1,2	8,5	9,7	6,4		
P23	I25	4	5	31,33 %	6,5		17,0	11,4	26,6	5,8	8,2	2,6	0,4	3,7	2,6	2,6	8,0	4,4
P41	I40	9	-	12,41 %	1,2	2,5	19,8	9,9	46,9					12,3	4,9			
P27	I29	5	3	18,11 %	2,2		15,1		10,1	10,8	7,2	10,8	4,3	5,0	4,3		12,2	18,0
P51	I45	5	3	30,83 %				6,5	48,4	11,1	5,2	2,6	9,2	11,1	3,9	2,0		
P62	I2	5	3	18,28 %	10,8		7,2	7,2	19,4	37,3	7,2	3,6		7,2				
P63	I47	5	3	34,31 %	8,9		19,2	12,8	14,4	11,6	3,6	5,2		6,0	4,4	6,0	8,0	
P64	I48	5	3	24,53 %	17,1			12,2	43,9	4,9	7,3	2,4		2,4	4,9	4,9		
P9	I10	3	4	46,89 %	2,2		6,6	5,5	6,1	12,3	25,1	2,5	12,6	2,5	2,0	1,2	12,6	8,8
P10	I11	6	-	15,39 %	3,4		9,9	40,6	5,0		7,5	15,1		5,1	0,4	1,7	11,4	
P4	I4	6	-	15,79 %	8,4		37,9		31,6	4,2				9,5		4,2	4,2	
P65	I40	6	-	16,44 %					3,5	5,3				3,5			28,1	59,6
P17	I16	3	3	9,29 %		2,9	7,2	4,9	22,9	6,2	5,6	1,6		2,9	7,8	3,3	34,6	

Nastavak tablice u Prilogu 11.

Projekt - oznaka	Izvođači (oznaka)	Broj FDS	Broj CQ	Izgubljen. vrijeme FDS i CQ	Razlog gubljenja vremena (udjeli izraženi u %)													
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
P6	I 7	-	6	12,08 %			24,1		48,3	20,7	6,9							
P2	I 3	5	-	20,78 %	4,3		15,5	8,6	17,6	8,6	10,7	1,6	4,3	2,7	10,7	2,7	12,8	
P3	I 2	5	-	12,78 %			55,6	22,2		11,1		11,1						
P44, P45, P46	I 24	5	-	44,67 %	17,9			7,2	47,9			7,2			19,8			
P1	I 21	5	-	23,33 %	16,1			10,4	4,5	10,5	31,3			7,5	19,6			
P24	I 22	5	-	17,96 %	4,8		25,0		13,9	7,3	4,5	19,1		15,7		9,8		
P66	I 1	5	-	47,79 %	1,0		43,9	61	15,3	1,0		5,1		2,0	2,0	8,2	15,3	
P34	I 29	2	3	14,79 %	2,1		14,8	19,0	24,3	17,5	3,2			3,2	15,9			
P30	I 32	4	-	15,42 %			81,3			6,3				12,5				
P47	I 41	4	-	12,80 %			16,4	28,7			16,4	9,0		16,4		13,1		
P8	I 2	3	-	48,15 %	16,9		18,4	12,3		6,2				3,1	12,3		30,8	
P13	I 49	-	3	45,26 %			22,9		18,6	18,6	18,6		7,1		14,3			
P18	I 17	-	3	33,61 %		16,0	16,0		13,1	20,5	16,4		18,0					
P67	I 50	-	3	38,33 %			26,1		19,6	17,4	8,7		10,9		17,4			
P68	I 51	2	-	16,25 %			23,1	30,8	7,7	7,7	7,7	7,7			15,4			
Svi projekti i izvođači - prosjek		161	77	23,24 %	4,0	0,8	16,0	10,7	18,0	8,5	8,2	4,3	2,9	4,4	5,9	4,4	8,3	3,7

(prazna stranica)

CURRICULUM VITAE

Držislav Vidaković rođen je 1967. godine u Osijeku. U istom je gradu pohađao osnovnu i srednju školu i 1986. godine stekao zvanje građevinskog tehničara. Nakon odsluženja vojnog roka studirao je na Građevinskom fakultetu Sveučilišta J. J. Strossmayera u Osijeku, gdje je diplomirao početkom 1993. Kao jedan od studenata s najvišim prosjekom ocjena primao je stipendiju Instituta građevinarstva Hrvatske. Magistrirao je na poslijediplomskom studiju Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, smjer organizacije građenja 2003.

1993. - 1995. godine radio je u *Gradnja d.d.* Osijek na radnom mjestu voditelja građenja, ali primarno na poslovima ponude, pripreme i praćenja radova.

Od sredine 1995. godine zaposlen je kao mlađi asistent na Građevinskom fakultetu u Osijeku. U zvanje višeg predavača izabran je 2004. i nakon toga je nekoliko puta prošao reizbor. Na stručnom prijediplomskom studiju drži vježbe i predaje predmete Tehnologija i strojevi za građenje, Tehnički propisi i normizacija, Organizacija građenja I i Organizacija građenja II i voditelj je stručne prakse. Na stručnom diplomskom studiju predaje Upravljanje projektima i optimizacija planova i Zaštita na radu u građevinarstvu. Dosad je bio mentor na više od 100 završnih i diplomskih radova.

Dodatno se obrazovao u struci na brojnim seminarima, radionicama i programima stručnog osposobljavanja. Za vrijeme rada na fakultetu honorarno je obavljao poslove procjene stanja građevina, snimanja zgrada, izrade projektne dokumentacije, nadzora i savjetodavnih usluga u građevinarstvu. Održao je niz seminara stručnog usavršavanja bodovanih za članove Hrvatske komore inženjera građevinarstva (HKIG) i Hrvatskog društva sudskih vještaka i procjenitelja i četiri puta je kao izlagač sudjelovao na Danima HKIG-a.

Sudjelovao je kao suradnik na dvama znanstvenim projektima.

Autor je jednog poglavlja u knjizi i autor i koautor 37 članaka u stručnim i znanstvenim časopisima te 89 radova na domaćim i međunarodnim

Vidaković, Držislav, 2024, *Utvrđivanje i analiza gubitaka radnog vremena radnika i strojeva kod izvođača građevinskih radova u Hrvatskoj*, Doktorska disertacija, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek

konferencijama. Bio je član organizacijskih i znanstveno-recenzentskih odbora na desetak znanstveno-stručnih konferencija i tehnički urednik jednog zbornika radova. Recenzirao je dvije knjige, dvadesetak članaka na konferencijama, a od 2023. godine redovito recenzira radove za MDPI časopise *Building* i *Energy*.

(prazna stranica)