

## KONTROLA PRODUKTIVNOSTI NA GRAĐEVINSKIM PROJEKTIMA ZASNOVANA NA KLJUČNIM RESURSIMA

*Dejan Marinković<sup>1</sup>, Predrag Petronijević<sup>2</sup>, Marija Ivanović<sup>3</sup>*

### **Rezime:**

Produktivnost predstavlja jedan od ključnih indikatora građevinske proizvodnje, kao i faktor koji bitno utiče na visinu nepotrebnih troškova. Unapređenjem produktivnosti stvaraju se preduslovi za smanjenje proizvodne cene, ostvarivanje visokog profita i povećanje konkurentnosti firme. Zbog angažovanja velikog broja različitih resursa, kontrola produktivnosti na građevinskim projektima je otežana, često zakasnela i neefikasna. U radu je predložen pristup za identifikaciju ključnih resursa, koji mogu bitno uticati na visinu produktivnosti na projektima. Na taj način stvaraju se preduslovi za fokusiranu kontrolu, pre svega ključnih resursa, gde su greške najskuplje i gde treba delovati preventivno, ciljano i efikasno. Predloženi pristup podržava lean principe. U radu su analizirane najčešće korišćene metode za merenje produktivnosti i date su preporuke za njihovu primenu na ključnim resursima, sa ciljem unapređenja poslovanja.

*Ključne reči: produktivnost, ključni resursi, kontrola, troškovi*

## PRODUCTIVITY CONTROL ON CONSTRUCTION PROJECTS BASED ON KEY RESOURCES

### **Summary:**

Productivity is one of the key indicators of construction production, as well as a factor that significantly affects the level of unnecessary costs. Improving productivity creates prerequisites for reducing production costs, achieving high profits and increasing the competitiveness of companies. Due to the engagement of a large number of different resources, productivity control on construction projects is difficult, often delayed and inefficient. The paper proposes an approach for identifying key resources that can significantly affect the level of productivity on projects. Thus, the preconditions for focused control are created, primarily for key resources, where defects are the costliest and where preventive, directed and efficient action should be taken. The proposed approach is in accordance with Lean Principles. The paper analyses the most commonly used productivity measurement methods and recommendations gives for their application to key resources, with the aim of improving business operations.

*Key words: productivity, key resources, control, cost*

---

<sup>1</sup> Vanr. prof., Građevinski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Srbija, dejan@grf.bg.ac.rs

<sup>2</sup> Vanr. prof., Građevinski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Srbija, pecap@grf.bg.ac.rs

<sup>3</sup> Građevinski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Srbija, mapetrovic@grf.bg.ac.rs

## 1. UVOD

Produktivnost predstavlja jedno od bitnih merila koje ukazuje na sposobnost firme za ostvarenje visokog profita i uspešnost poslovanja. Visoka produktivnost utiče na smanjenje troškova, što doprinosi povećanju konkurentnosti firme na tržištu kroz smanjenje cena usluga ili uvećanje zarade firme. Međutim, rast produktivnosti u građevinarstvu nije pratio rast produktivnosti u ostalim industrijskim granama, gde su postignuti značajni rezultati. Razlozi za to su mnogobrojni, a dosta njih je vezano i za samu prirodu poslova u građevinarstvu. S obzirom na veliki značaj produktivnosti za kontrolu troškova i vremena, veliki broj autora se bavio identifikacijom uzroka odstupanja produktivnosti [1-3], sa ciljem da se na njih obrati posebna pažnja tokom realizacije projekta.

Međutim, za efikasnu kontrolu veoma je važno da se na vreme uoče odstupanja i preduzmu odgovarajuće korektivne mere. Zbog toga je važan izbor organizacionog nivoa na kojem se vrši merenje produktivnosti, kao i izbor relevantnih metoda za kontrolu produktivnosti. Merenje produktivnosti na nivou projekta daje dobre pokazatelje o trenutnom stanju na projektu, ali pri tom često ostaje prikriven neproduktivan rad pojedinih ekipa. Sa druge strane postoji veliki broj ekipa na projektu, pa bi česta kontrola na tim resursima zahtevala veliki broj obučenih lica, što iziskuje dodatne troškove i postavlja pitanje opravdanosti i efikasnosti takvog načina kontrole. Cilj rada je da se identifikuju ključni resursi koji najviše utiču na produktivnost i poslovni rezultat firme. Na taj način značajno se smanjuje obim posla na merenju produktivnosti i zadržava visok nivo tačnosti kontrole. U ovom radu su analizirani postojeći pristupi merenju produktivnosti i predložen pristup zasnovan na fokusiranoj kontroli produktivnosti i ključnim resursima. Istraživanje je ograničeno na stambeno-poslovne objekte i radnu snagu kao najvažniji tip resursa značajan za realizaciju ove vrste objekata.

## 2. POSTOJEĆI PRISTUPI MERENJU PRODUKTIVNOSTI

U literaturi se mogu sresti mnogobrojni pristupi merenju produktivnosti. Uobičajeni nivoi na kojima se razmatra produktivnost odnose se na nivo građevinske industrije, nivo firme, nivo projekta i nivo radne ekipe. Međutim, sve mere za produktivnost se ne mogu uspešno primeniti na svim organizacionim nivoima. U radu je analiziran jedan broj mera zasnovan na tradicionalom pristupu, kao i određene mere novijeg datuma.

Prema klasičnom pristupu, produktivnost se definiše kao odnos količine ostvarenog proizvoda i jednog reprezentujućeg faktora proizvodnje, gde se kao ulaz najčešće uzimaju utrošeni radni sati [4]. Umesto radnih sati može se upotrebiti broj radnika-dana (čovek-dan) [5] ili broj radnika [6].

U radu [7] se za nivo radnih ekipa navode sledeće mere za produktivnost: proizvod po satu, proizvod po troškovima i proizvod po čovek-danu. Takođe u [7] se navodi da se u praksi kao mera produktivnosti često koriste i recipročne vrednosti navedenih mera, kao na primer broj sati po proizvodu i sl. U [5] se navode neke od najčešće korišćenih mera u singapurskoj građevinskoj industriji, među kojima je i mera, broj kvadratnih metara izgrađene površine po čovek-danu ili po troškovima. Ove mere su prema [7] kompozitne mere i mogu se upotrebiti i na nivou projekata.

Primena klasičnog pristupa za merenje produktivnosti na nivou radnih ekipa, može dati dobre rezultate u slučajevima kada su ekipe angažovane na jednom proizvodu, odnosno jednoj poziciji rada. U praksi radne ekipe su u toku proizvodnog procesa, a često i na nivou radnog dana, angažovane na više različitih pozicija, pa je merenje produktivnosti klasičnim putem otežano. U radu [8] se predlaže uvođenje ekvivalentnog proizvoda preko odgovarajućih koeficijenata, čime bi se izbegli navedeni nedostaci. Međutim, zbog složenosti, primena ovog pristupa nije značajnije prisutna u praksi.

Mere za produktivnost na nivou projekta, koje se predlažu u radu [7], mogu se koristiti i na nivou radnih brigada, ali je primena otežana, pogotovu kada se kontrola vrši u kratkom vremenskim intervalima i na većem broju pozicija.

U ovom radu, fokus kontrole je na ključnim resursima, koji su po pravili istovremeno angažovani na više različitih pozicija rada. Zbog toga je neophodno odabrati mere za produktivnost, koje se mogu efikasno primeniti na ovim organizacionim nivoima. U tom smislu dobre rezultate daje mera pod nazivom Performance Index (PI), koja predstavlja odnos dodeljenih sati za određeni posao i stvarno potrošenih sati za taj posao [9]. Dodeljeni ili zarađeni sati se mogu odrediti na osnovu izvedenih količina i normativa kalkuliranih u ponudi, a potrošeni sati evidencijom na gradilištu. Navedena mera je bezdimenzionalna i omogućava poređenje sa drugim ekipama, koje izvode potpuno drugačije radove.

Job Productivity Measurement (JPM) je mera za produktivnost razvijena od strane američkog društva za testiranje i materijale (American Society of Testing and Materials-ASTM). Prema JPM produktivnost predstavlja odnos izlaza i ulaza proizvodnje. Ulaz proizvodnje se prikazuje kroz ostvarene sate, a izlaz kroz proizvod ili potreban rad za njegovu izradu [10]. Prema ovoj metodi predlaže se grupisanje zadataka po troškovnim centrima. Metodom je takođe predviđeno određivanje referentne tačke produktivnosti, koja se računa na početku projekta i predstavlja broj sati za izradu jednog procenta odgovarajućeg posla [10]. Može poslužiti za utvrđivanje razlike sa izmerenom produktivnošću tokom realizacije projekta. Prema ovoj meri predviđeno je da se u proračun produktivnosti uvrste i sati potrošeni na ispravke [10].

Za potrebe istraživanja u ovom radu izabrana je metoda PI, zbog svojih prednosti i mogućnosti da se efikasno primeni na ključne resurse.

### 3. IDENTIFIKACIJA KLJUČNIH RESURSA

Izdvajanjem ključnih resursa značajno se smanjuje posao na merenju produktivnosti i omogućava efikasna kontrola u kraćim vremenskim intervalima. U radu [11] se analiziraju i opisuju principi vezani za isplativost sistema kontrole. Na osnovu tih istraživanja u radu [12] se preporučuje, da se kontrola produktivnosti sprovodi pre svega na aktivnostima koje troše najviše sati na projektu.

U radu [13], za potrebe upravljanja projektima za odbranu od visokoh voda (nasipi) na bazi planova rada i statistički obrađenih podataka, razmatraju se troškovno značajne aktivnosti, vremenski značajne aktivnosti i kvalitativno značajne aktivnosti.

Sa aspekta kontrole realizacije projekata u [14] se ukazuje na potrebu izdvajanja ključnih resursa i predlaže podela ključnih resursa na:

- troškovno značajne resurse, bitne za kontrolu troškova,
- profitno značajne resurse, bitne za kontrolu profita,
- resurse značajne po obimu posla, bitne za kontrolu vremena i
- tehnološki značajne resurse bitne za kontrola kvaliteta na projektu.

U [14] se daje način identifikacije ovih ključnih resursa koji je zasnovan na izradi specifikacije resursa i primeni Pareto principa [15, 16]. Pri tome posebno se razmatra radna snaga, materijal i mehanizacija. Međutim, tu se ne razmatra produktivnost već pre svega troškovi i profit. Imajući u vidu da produktivnost veoma mnogo utiče na ove veličine, može se smatrati za jedan od bazičnih uzroka za odstupanje od planiranih troškova i profita. Stavljanjem produktivnosti pod kontrolu, značajno se smanjuju nepotrebni troškovi i povoljno utiče na profit. Firma ne može uticati na nabavne vrednosti resursa na tržištu, ali itekako može uticati na poboljšanje performansi radne snage. Zbog toga je neophodno konstatno raditi na unapređenju produktivnosti firme, gde se najveći i najbrži pomaci ostvaruju preko poboljšanja performansi ključnih resursa.

Sa aspekta merenja produktivnosti u radu se predlaže podela ključnih resursa na dve kategorije. U prvu kategoriju spadaju:

- resursi značajni po obimu angažovanja,
- troškovno značajni resursi,
- resursi značajni za kvalitet na projektu i
- resursi firme sa niskim performansama.

Za drugu kategoriju predlažu se resursi značajni sa aspekta podrške efikasnoj upotrebi ključnih resursa prve kategorije:

- resursi značajni za obezbeđenje preduslova i organizaciju posla,
- resursi koji prethode ključnim resursima.

U prvu kategoriju ključnih resursa izdvojeni su resursi koji direktno doprinose nivou ostvarene produktivnosti, a u drugu kategoriju izdvojeni su resursi podrške, čiji je cilj da obezbede preduslove i neometan rad ključnih resursa prve kategorije.

Resursi značajni po obimu angažovanja i troškovno značajni resursi određuju se primenom Pareto principa [15, 16] na statičke planova potreba za radnom snagom i planove troškova. Prema Pareto principu za značajne stavke izdvajaju se sve one koje su veće od srednje vrednosti. Smatra se da oko 20% stavki nosi oko 80% vrednosti svih stavki. Izdvajanjem ključnih resursa na ovaj način, značajno se smanjuje broj resursa na kojima treba sprovesti agilnu kontrolu produktivnosti.

Pri realizaciji projekata moraju se uzeti u obzir performanse resursa postignute na ranije izvedenim objektima. Ukoliko su određene ekipe radnika prethodno ostvarile nizak ili nedovoljno dobar nivo produktivnosti, a nemamo alternativu za angažovanje drugih resursa, onda se ovi resursi moraju izdvojiti kao ključni i meriti njihova produktivnost od samog početka. Cilj je da ovi resursi ne ostanu prikriveni i da se ne ponavlja ista greška sa ranijih projekata. U tom smislu korisno je sprovođenje postprojektnih analiza, formiranje baze podataka firme, kao i periodično sprovođenje SWOT analize [17]. U okviru SWOT analize razmatraju se unutrašnje snage i slabosti firme, kao i pretnje i šanse iz spoljnog okruženja.

Visok nivo kvaliteta radova zahteva veće angažovanje radne snage, ali sa sobom nosi i veći rizik od greški i popravki. Ponovni rad direktno utiče na pad produktivnosti. Zbog toga je neophodno prepoznati ove radove odmah na početku i preduzeti adekvatne mere. Uvođenje nove opreme i primena novih tehnologija, zahteva period obuke i uigravanja radnih ekipa, što u početku dovodi da niže produktivnosti. Cilj je da se ovi resursi izdvoje, da se iz dana u dan meri njihova produktivnost i da se za kratko vreme dostignu pune performanse proizvodnje. U praksi se dešava da na takvim radovima ima dosta ispravki, što može značajno sniziti produktivnost i povećati troškove, pogotovu ako radovi odmaknu i ne reaguje se na vreme.

Profitno značajni resursi [14] se često poklapaju sa troškovno značajnim resursima i resursima značajnim po vremenu angažovanja, osim u slučajevima kada su profitne stope pojedinih radova značajno više u odnosu na ostale. Međutim, ako se poredi profit po jedinici resursa i trošak po jedinici resursa, značajno je veći udeo troškova, pa samim tim i potreba da se prati produktivnost troškovno značajnih resursa. Iz tih razloga se u ovom radu ne insistira na obaveznom razmatranju ove vrste resursa, ali se ne isključuje analiza za pojedine specijalne radove kod kojih je izrazito visoka profitna stopa.

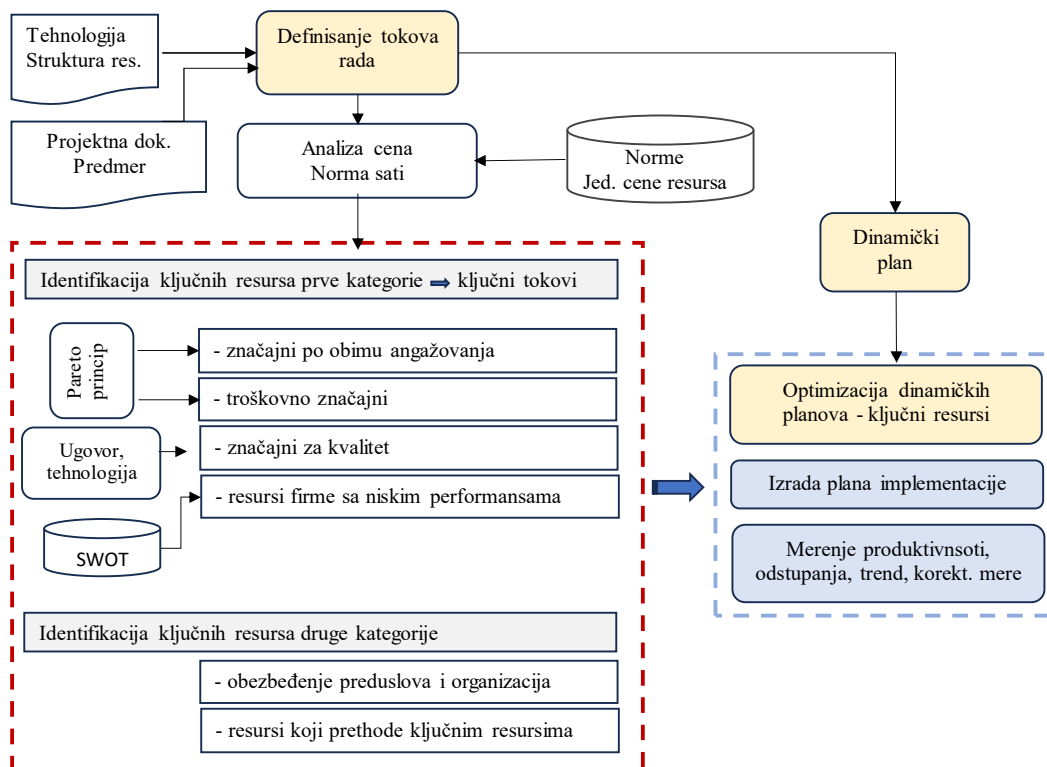
Cilj razmatranja resursa druge kategorije jeste da se izdvoje resursi, koji treba da obezbede podršku i stvore uslove za efikasan rad neposrednih radnika. Tu se pre svega misli na tehničko-tehnološku pripremu, projektne menadžere, contract menadžere, planere, šefove gradilišta, poslovođe, službu nabavke materijala i opreme i dr. Radi se o značajnom broju učesnika angažovanih na organizaciji i obezbeđenju preduslova i neophodna je njihova stalna komunikacija i sinhronizacija. U tom smislu veoma je važna organizaciona šema na projektu, tokovi informacija i komunikacija. Obaveze moraju biti jasne sa preciziranim rokovima i odgovornim licima. Naša praksa pokazuje da na ovom polju postoji dosta prostora za unapređenje i zbog toga se u ovom radu potencira na ovoj grupi resursa.

U svetu je sve više u primeni Last planner system [18, 19], kao sistem operativnog planiranja, zasnovan na direktnoj saradnji poslednjih planera (poslovođa) i glavnog planera. U okviru ovog sistema pored dvonedeljnih operativnih planova, predviđena je i izrada Lookahead planova, kao srednjoročnih operativnih planova za period od 4 do 6 nedelja, kojima su pored aktivnosti na realizaciji projekta, obuhvaćeni i preduslovi za njihovo izvođenje [20, 21]. Veća primena ovih planova bi doprinela efikasnijem radu ključnih resursa druge kategorije, a samim tim i uspešnijoj realizaciji projekata.

Resursi čiji radovi neposredno prethode radovima koje izvode ključni resursi, mogu u slučaju kašnjenja izazvati zastoje i diskontinuitet u radu ključnih resursa, a samim tim pad produktivnosti i značajne gubitke. Zbog toga ove resurse treba posebno pratiti, jer relativno mali radovi, indirektno mogu prouzrokovati velike štete. U radu je predloženo da se ovi resursi uvrste u drugu kategoriju ključnih resursa, odnosno u resurse podrške.

#### 4. PREDLOŽENI PRISTUP ZA KONTROLU PRODUKTIVNOSTI

Sa aspekta merenja produktivnosti na građevinskim projektima, poseban značaj imaju ključni resursi, jer oni mogu najviše da utiču na poslovni rezultat. Predloženi pristup za merenje produktivnosti podrazumeva analizu dve kategorije ključnih resursa. U prvu kategoriju su izdvojeni resursi koji direktno utiču na visinu produktivnosti, a u drugu kategoriju izdvojeni su resursi podrške, čiji je cilj da obezbede preduslove i neometan rad ključnih resursa prve kategorije. Na sl. 1 prikazana je blok šema predloženog pristupa za merenje produktivnosti.



Slika. 1 Kontrola produktivnosti zasnovana na ključnim resursima

Za primenu predloženog pristupa neophodno je:

- definisati tokove rada kao posebne tehnološke celine, za čiju realizaciju su odgovorne posebne resurne jedinice (radne brigade),
- uraditi dinamički plan prema usvojenim tokovima rada,
- izvršiti identifikaciju ključnih resursa prve kategorije prema tokovima rada,

- izvršiti identifikaciju ključnih resursa druge kategorije,
- izvršiti optimizaciju dinamičkog plana u cilju obezbeđenja kontinuiteta i pune uposlenosti kapaciteta ključnih resursa,
- uraditi plan implementacije i
- primeniti projektni ciklus za kontrolu produktivnosti i merenje napretka radova.

Izbor organizacionog nivoa na kojem se vrši merenje produktivnosti dosta utiče na efikasnost i uspešnost kontrole. Merenje na nivou pozicije rada i nivou aktivnosti ne daje dovoljno korisne podatke, a pri tom zahteva visok nivo angažovanja. U radu [22] zastupa se koncept merenja produktivnosti po tokovima rada, ali se ne razmatraju ključni resursi i njihov uticaj na produktivnost. Predloženi pristup zasniva se na ključnim resursima i ključnim tokovima rada. Za ključne tokove u radu se predlažu tokovi na kojima su angažovani ključni resursi. Pri optimizaciji planova prioritet se daje ključnim tokovima, na kojima je neophodno obezbediti maksimalnu uposlenost ključnih resursa i stalni kontinuitet rada. Ovakav pristup je u skladu sa lean principima proizvodnje [23].

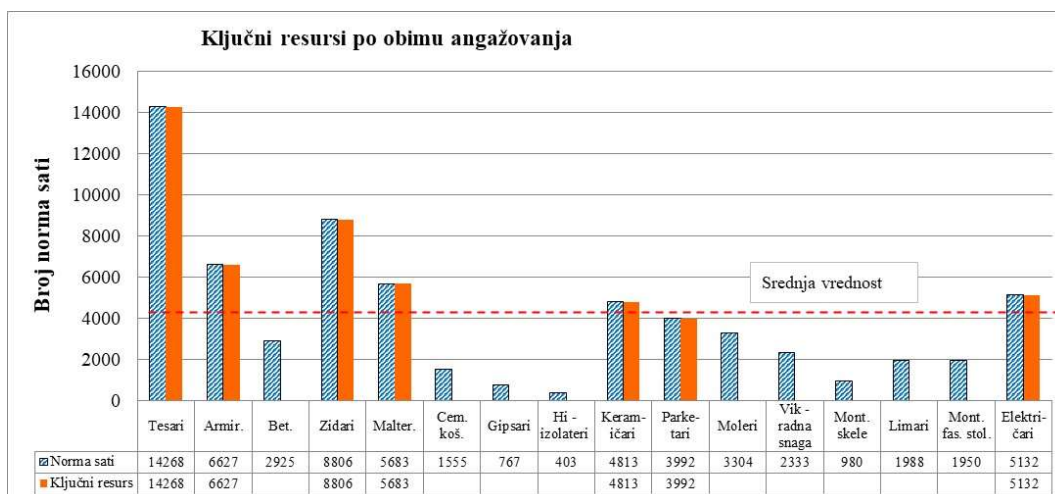
U planu implementacije određuju se odgovorna lica za kontrolu produktivnosti i definišu tokovi informacija. Pored toga određuje se plan i učestalost merenja. Predviđeno je da se produktivnost ključnih resursa na početku njihovog angažovanja meri na dnevnom nivou, sve do postizanja punih performansi, a zatim na nedeljnom nivou. Isto se primenjuje i u slučaju naknadne pojave odstupanja. Za resurse koji nisu ključni, merenje se vrši na nedeljnom nivou ili ređe u zavisnosti od stanja njihove produktivnosti. U slučaju većih odstupanja i kod njih je neophodna dnevna kontrola.

S obzirom da su ključni resursi angažovani na realizaciji više različitih pozicija, neophodno je izabrati odgovarajuće metode za merenje produktivnosti, kao što je na primer Performance Index. Pored produktivnosti neophodno je stalno meriti i procenat izvršenja kako bi se reagovalo na vreme i sprečili zastoji na tokovima koji slede. Za kontrolu produktivnosti, u ovom radu predviđena je primena projektnog ciklusa koji obuhvata: izradu preseka stanja radova, analizu odstupanja, uzroka odstupanja i posledica, izbor i primenu optimalnih korektivnih mera. U radu se predlaže utvrđivanje i kvantifikacija trendova odstupanja, kako bi se na vreme sagledale moguće krajnje posledice i donele ispravne upravljačke odluke.

## 5. STUDIJA SLUČAJA

Studijom slučaja obuhvaćena je kontrola produktivnosti na stambeno-poslovnim objektu spratnosti Po+PR+4, bruto površine 7907 m<sup>2</sup>. Konstrukcija objekta je armirano betonska projektovana u mešovitom skeletnom i panelnom konstruktivnom sistemu. Unutrašnja obrada i fasada objekta su srednjeg nivoa kvaliteta. Glavni izvođač je ugovorio radove na konstrukciji i delu zanatskih i instalaterskih radova. Bruto površina podzemnog dela objekta iznosi 1937 m<sup>2</sup>, a nadzemnog 5970 m<sup>2</sup>. S obzirom da se radi o dve različite tehnološke celine sa različitim sadržajem i nivoom završne obrade, potrebno je analizu ključnih resursa razdvojiti na podzemni i nadzemni deo objekta. Studijom je obuhvaćen nadzemni deo objekta. Primenom Pareto principa određeni su ključni resursi značajni po obimu angažovanja sl. 2. Ovoj grupi su dodati i parketari iako ne ispunjavaju formalni uslov po kojem broj norma sati treba da bude veći od srednje vrednosti posmatranih resursa, ali su te vrednosti veoma bliske. Na taj način dobija se da 7 od 16 razmatranih resursa, odnosno 43,75% resursa nosi ukupno 75,27% od ukupno potrebnih norma sati.

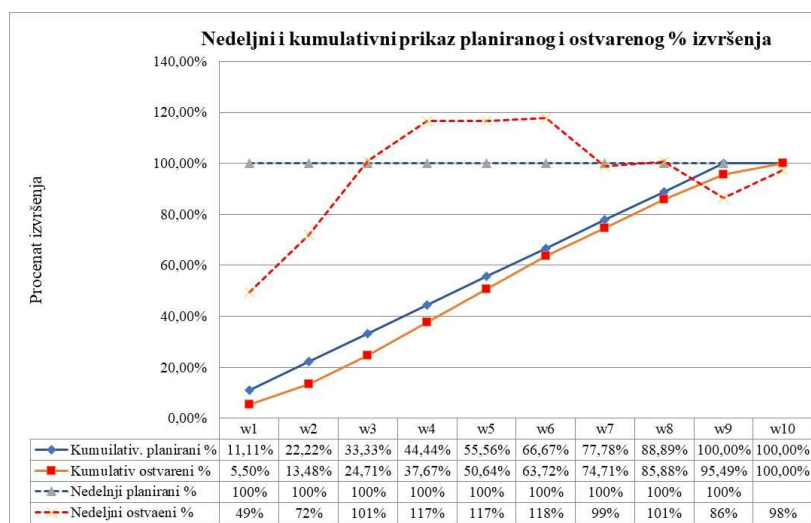
Na ovaj način izdvojeni su ključni resursi koji presudno utiču na rok gradnje. Investitoru je bilo od velike važnosti da se objekat završi u roku, kao i da se poštuju dogovoreni međurokovi. Pored toga ugovorom su bili predviđeni i visoki parcijalni penali. Izvođač je predvideo anagažovanje ekipa čije su performanse na prethodnim objektima bile zadovoljavajuće, tako da po tom kriterijumu nije bilo potrebe za izdvajanjem posebnih ključnih resursa.



Slika. 2 Ključni resursi značajni po obimu angažovanja

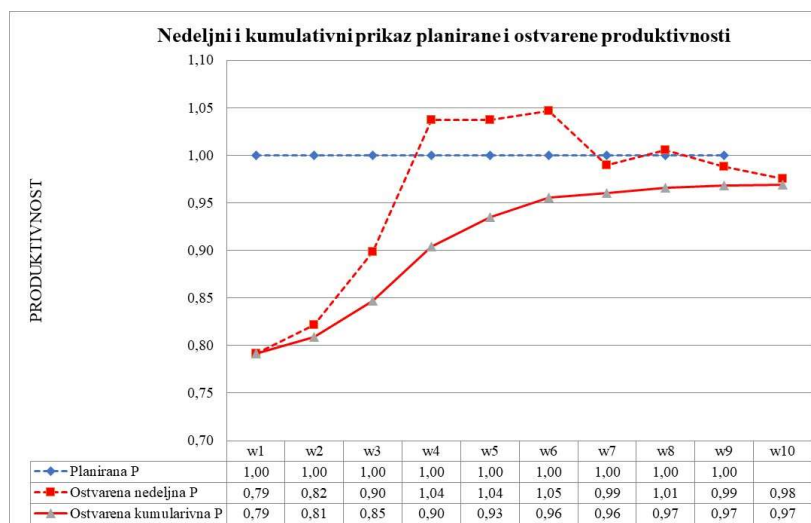
Objekat je standardnog kvaliteta završnih radova, tako da ni po ovom kriterijumu nije bilo potrebe za dodatnim izdvajanjem ključnih resursa. U okviru studije nisu posebno analizirani troškovno značajni resursi, ali s obzirom na značajnu razliku u broju norma sati između izdvojenih ključnih resursa i drugih resursa, može se smatrati da bi se dobili približno slični rezultati. Za merenje nivoa produktivnosti korišćena je mera PI, koja se može uspešno primeniti na svim organizacionim nivoima.

U okviru studije merenje produktivnosti započeto je od zidarskih radova. Praćene su ekipe angažovane na zidanju spoljnih i unutrašnjih zidova. U prve dve nedelje ekipama je prepušteno da se organizuju i rade na uobičajeni način, a nakon toga je primenjen pristup predložen u ovom radu. Na taj način bilo je moguće da se uoče i kvantifikuju razlike u pristupima. Nakon prve nedelje ustanovljeno je da radovi na nedeljnom nivou kasne 51%, sl. 3. U tom periodu izvođač je angažovao 10 radnika umesto planiranih 16. Druge nedelje izvođač je povećao broj radnika, ali je i dalje bilo prisutno kašnjenje od približno 30%. Zbog toga je treće nedelje dodatno povećan broj radnika na 18 i sprovedena analiza produktivnosti za prethodne nedelje.



Slika. 3 Nedeljni i kumulativni prikaz planiranog i ostvarenog procenta izvršenja

Osim niskog procenta izvršenja na zidarskim radovima, ustanovljena je i niska produktivnost, sl. 4. Sa primenom korektivnih mera započeto je tokom treće nedelje. U trećoj nedelji procenat izvršenja je bio zadovoljavajući zbog angažovanja većeg broja radnika nego po planu, ali je produktivnost od 90% i dalje bila manja od potrebne.



Slika. 4 Nedeljni i kumulativni prikaz planirane i ostvarene produktivnosti

Pozitivan efekat korektivnih mera ustanovljen je krajem treće nedelje (na osnovu dnevnih merenja), a pun efekat tokom četvrte nedelje, odnosno već druge nedelje od primene predloženog pristupa za merenje i kontrolu produktivnosti. Razlozi za nizak procenat izvršenja u prve dve nedelje ogledaju se u nedovoljnom broju radnika, ali i u smanjenoj produktivnosti. Uobičajena reakcija firme je da se poveća broj radnika i da se sustignu kašnjenja, ali pri tome ostaje prikrivena niska produktivnost, a sa njom i nepotrebni dodatni troškovi. Analizom uzroka niske produktivnosti, ustanovljeno je da radnici u pojedinim ekipama nisu bili dovoljno obučeni za pozicije na ovom objektu. Usled toga došlo je do sporijeg rada i ispravki zbog neadekvatnog kvaliteta. Zbog toga su u toku rada održane pokazne obuke od strane glavnih majstora, što je dalo dobre rezultate. Takođe, na početku je izostala adekvatna podrška od službi firme. Kasnila je nabavka materijala i nije na adekvatan način bio rešen vertikalni transport na gradilištu. Ovi problemi su rešeni krajem treće nedelje. Osim toga sa investitorom je ustanovljena procedura za izmene na projektu, kako bi se na vreme najavile izmene, obezbedili novi projektni detalji, izbegli poremećaji u dinamici i smanjili nepotrebni troškovi.

Pri kraju toka rada uočen je blaži pad nedeljnog procenta izvršenja sl. 3 i nedeljne produktivnosti sl. 4, jer je izvođač smanjio broj radnika, prebacujući najbolje radnike na drugo gradilište.

Na sl. 4 se uočava da je zahvaljujući primenjenim merama, ostvarena visoka kumulativna produktivost (mereno od početka do završetka radova) od 0,97, uz blago kašnjenje od nekoliko dana. Nivo produktivnosti može se smatrati zadovoljavajućim, imajući u vidu značajna početna odstupanja.

Na ostalim ključnim resursima takođe su postignuti dobri rezultati. Na resursima koji nisu ključni, vršena su povremena merenja produktivnosti. Na nekima od njih su uočena manja odstupanja, ali oni nisu puno uticali na ukupni poslovni rezultat. Ipak sprovedene su korektivne mere, kako bi se anulirao uticaj na ključne resurse, čiji radovi slede iza njih. Rezultati sprovedene studije pokazuju da primena predloženog pristupa može doprineti unapređenju produktivnosti na građevinskim projektima.

## 6. ZAKLJUČAK

U radu je predložen pristup za merenje i kontrolu produktivnosti zasnovan na ključnim resursima. Ovaj pristup omogućava fokusirano delovanje, uz značajno smanjenje obima posla na kontroli i uz dovoljno visok nivo tačnosti. Pravovremene informacije o odstupanjima na ključnim resursima omogućavaju efikasno delovanje i eliminaciju nepotrebni troškova upravo na mestima gde su greške najskuplje.



U radu se predložene dve kategorije ključnih resursa od kojih je prva usmerena na neposredno izvođenje radova i radnu snagu, a druga na obezbeđenje podrške i preduslova za efikasno delovanje ključnih resursa prve kategorije. U praksi su uticaji ove dve kategorije često pomešani i stvaraju zabunu u pogledu uočavanja stvarnih uzroka odstupanja i primene korektivnih mera. To ukazuje na potrebu predložene kategorizacije ključnih resursa i na primenu predloženog pristupa kontroli produktivnosti.

U radu su istražene mogućnosti za primenu metoda za merenje produktivnosti na različitim organizacionim nivoima i predložene adekvatne metode za nivo ključnih resursa. Dobre rezultate je pokazala metoda pod nazivom Performance Index.

Za uspešnu primenu predloženog pristupa, neophodna je izrada i optimizacija dinamičkog plana prema ključnim resursima, sa ciljem da se obezbedi njihov kontinuirani rad i puna uposlenost kapaciteta. Takođe, neophodno je donošenje plana implemenatcije sa analizom odgovornosti učesnika, tokovima informacija i planom merenja produktivnosti.

U radu su prikazani rezultati studije, u okviru koje je vršena kontrola produktivnosti na realizaciji stambeno-poslovnog objekta. Studija pokazuje da sa merenjem produktivnosti treba početi odmah na početku angažovanja ključnih resursa i što pre prevazići početne probleme, karakteristične za građevinsku proizvodnju. Merenje produktivnosti na početku toka rada treba vršiti na dnevnom nivou, sve do postizanja potrebnih performansi ključnih resursa, a nakon toga na nedeljnom nivou.

Studija pokazuje da primena predloženog pristupa, doprinosi unapređenju produktivnosti, uz smanjeni nivo angažovanja na poslovima kontrole. Studija je ograničena na stambeno poslovne objekte i radnu snagu kao dominantani tip resursa za ovu vrstu objekata. Navedeni principi predloženog pristupa mogu se primeniti i na ostale tipove objekata i mehanizovane radove, ali su u tom smislu neophodna dalja istraživanja.

## LITERATURA

- [1] Horner, M., Duff, R. (2001). *A contractors Guide to Improving Productivity in Construction*, CIRIA Publication C566
- [2] Dai, J., Goodrum, P., Maloney, W. (2007). Analysis of craft workers' and foremen's perceptions of the factors affecting construction labour productivity. *Construction Management and Economics*, 25, pp. 1137–1150. DOI: 10.1080/01446190701598681
- [3] Popović, Ž. (2010). *Odštetni zahtevi u građevinarstvu*. Građevinska knjiga. Beograd, Srbija
- [4] Halligan, D.W., Demsetz, L., Brown, J., Pace C. (1994). Action-response model and loss of productivity in construction. *Journal of construction engineering and management*, 120, 47–64. DOI:10.1061/(ASCE)0733-9364(1994)120:1(47)
- [5] Shan, M., Li, Y.S., Hwang, B.G., Chua, J.E. (2021). Productivity Metrics and Its Implementations in Construction Projects: A Case Study of Singapore. *Sustainability*, 13(21), 12132. <https://doi.org/10.3390/su132112132>
- [6] Vogl, B., Abdel-Wahab, M. (2015). Measuring the construction industry's productivity performance: Critique of international productivity comparisons at industry level. *Journal of Construction Engineering & Management*, Vol. 141(4), p-1.1p. DOI: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000944
- [7] SCAL. (2017). *Construction Productivity in Singapore: Effective Measurement to Facilitate Improvement*, The Singapore Contractors Association Ltd., Singapore.
- [8] Medanić, B. (1997). *Management u građevinarstvu*. Građevinski fakultet u Osijeku, Hrvatska
- [9] Orczyk, J. (2004). *Progress Measurement and Earned Value (Chapter 14). Skills & Knowledge of Cost Engineering*, 5th Edition, AACE International, ed. S. Amos, USA, pp. 14.1-14.6.
- [10] Hayes, S., Liang, K., Sharma, S., Shema, A., Bader, M., Elbarkouky, M. (2020). A Framework for Improving Trade Contractors Productivity Tracking Methods. *International Journal of Civil and Environmental Engineering*, Vol. 14, No. 1, 2020

- [11] Thomas, H. R., Kramer, D. F. (1998). *Manual of construction productivity measurement and performance evaluation*, Construction Industry Institute, University of Texas, Austin, TX
- [12] Hwang, B.G., Soh, C.K. (2013). Trade-Level Productivity Measurement: Critical Challenges and Solutions. *Journal of Construction Engineering & Management*, 04013013(1-11). DOI: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000761
- [13] Marić, T., Radujković, M., Cerić, A. (2007). Upravljanje troškovima, vremenom i kvalitetom izgradnje u građevinskim projektima, *Građevinar*, 59 (6), pp. 485-493.
- [14] Marinković, D. (2008). Model za ocenu i kontrolu uspešnosti poslovanja malih i srednjih građevinskih preduzeća. Doctoral thesis (in Serbian), Faculty of Civil Engineering in Belgrade, Serbia.
- [15] Horner, R.M.W., Zakieh, R. (1996). Characteristic items – a new approach to estimating and controlling construction projects. *Construction Management and Economics*, Volume 14(5), pp. 241-252
- [16] Horner, M., Wang, N., (2007). CSI model for estimating road maintenance projects. *Construction Management and Economics*, Volume 25, pp. 1269-1281. DOI: 10.1080/01446190701670373
- [17] Đurović, D., Bulatović, M. (2016). Organizaciona struktura i grupa odabranih kriterijuma u modelu ocenjivanja uspešnosti građevinskih preduzeća, *Tehnika – Menadžment*, 66 (1), pp. 137-144. DOI: 10.5937/tehnika1601137D
- [18] Ballard, G. (2000). The Last Planner System of production control, Doctoral thesis (in English), University of Birmingham, Birmingham, UK.
- [19] World, O., Hamani, K. (2023). Lean Construction in the UAE: Implementation of Last Planner System, *Lean Construction Journal*, 2023, pp. 1-20
- [20] Ballard, G. (1997). Lookahead Planning: The Missing Link in Production Control. *5th Annual Conf. Int'l. Group for Lean Constr.*, Gold Coast, Australia, 1997, pp. 1-13.
- [21] Hamzeh, F., Ballard, G., Tommelein, I. (2012), Rethinking Lookahead Planning to Optimize Construction Workflow, *Lean Construction Journal*, jan 2012, pp. 15-34.
- [22] Marinković, D., Stojadinović, Z. (2015), Planiranje i kontrola produktivnosti na građevinskim projektima, *Izgradnja*, 69 (7-8), pp. 278-286.
- [23] Vilasini, N., Neitzert, T., Rotimi, J. (2011) Correlation between construction procurement methods and lean principles. *International Journal of Construction Management*, Vol. 11 No. 4, 65-78