

**PRIMENA „LEAN CONSTRUCTION“ U GRAĐEVINARSTVU – PRIMER PREFABRIKOVANE ARMIRANO BETONSKE HALE OD PROIZVODNJE DO MONTAŽE****APPLICATION OF "LEAN CONSTRUCTION" IN CONSTRUCTION - AN EXAMPLE OF A PREFABRICATED REINFORCED CONCRETE HALL FROM THE PRODUCTION TO THE ASSEMBLY**

Nikola Pongračić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U okviru ovog rada predstavljen je princip optimizacije resursa sa aspekta gubitaka koji se javljaju u toku izvođenja radova. Kao osnova za izradu rada korišćen je „LEAN CONSTRUCTION“ princip, a konkretno na primeru procesa od proizvodnje armirano betonskih elemenata montažne hale, preko procesa transporta elemenata montažne konstrukcije od proizvodnog pogona do gradilišta, do ugradnje elemenata na gradilištu. Svaki od navedenih kriterijuma gubitaka u osnovnom dokumentu „LEAN CONSTRUCTION“ obrađen je u svakoj od faza izvršavanja radnji i na taj način predstavljeni su načini optimizacije svakog od procesa u izvođenju radova.

**Ključne reči:** - vremenski gubici, optimizacija resursa

**Abstract** – this work presents the principle of resource optimization from the aspect of losses that occur during the execution of works is presented. The "LEAN CONSTRUCTION" principle was used as the basis for the work, specifically on the example of the process from the production of reinforced concrete elements of the prefabricated hall through the process of transporting prefabricated elements from the production plant to the construction site, to the installation of elements on the construction site. Each of the stated criteria of losses in the basic document "LEAN CONSTRUCTION" is processed in each of the phases of execution of works and thus the ways of optimization of each of the processes in the execution of works are presented.

**Keywords:** time losses, resource optimization

**1. UVOD**

Sušтина najoptimalnijeg i najisplativijeg izvršavanja svake od radnji u građevinarstvu jeste težnja ka umanjenju gubitaka koji su neminovni usled svake od operacija koje se izvršavaju. Prvenstveno je potrebno jasno definisati pojedinačno pozicije za izvršavanje svake od radnji kako bi se najkvalitetnije sagledali svi eventualni nedostaci koji kao posledicu imaju stvaranje gubitaka.

U radu je predstavljen „LEAN“ koncept koji je nastao u proizvodnom pogonu „TOYOTA“ gde su predstavljeni

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Igor Peško, vanr. prof.

principi koji definišu efikasno planiranje, pripremu, izradu i kontrolu u lancu proizvodnje. Koncept podrazumeva sistemsko iznalaženje nepotrebnih aktivnosti u procesima rada, kao i izvor gubitaka, a sa ciljem da se utiče na kvalitet završnog proizvoda, troškove izrade i vreme izvršenja svake od radnji.

**2. LEAN KONCEPT U GRAĐEVINARSTVU**

Predstavlja segment tehnologije i organizacije građenja koji se bavi optimizacijom procesa koji utiču na efikasnost izrade građevinskog objekta kroz sve faze: projektovanje, razrada iznalaženja najoptimalnijih rešenja za tehnologiju izvođenja, kao i na kraju samo izvođenje. Suština jeste postizanje balansa između tri osnovna faktora koji definišu efikasnost izvođenja objekta, a oni su:

- Vreme izrade
- Cena koštanja objekta
- Kvalitet izvedenih radova

**3. PROIZVODNJA PREFABRIKOVANIH ARMIRANO BETONSKIH ELEMENATA**

Proizvodnja prefabrikovanih armirano betonskih elemenata predstavlja složen proces u kojem se od osnovnih sirovina, betona i betonskog gvožđa sa svim dodatnim konstruktivnim elementima u vidu čeličnih ploča, profila i ankera za kasniju montažu npr. elemenata spoljašnje obloge, proizvode konstruktivni delovi konstrukcije u svemu prema projektnoj dokumentaciji.



Slika 1. Proizvodnja AB elemenata

#### 4. GUBICI U PROCESU PROIZVODNJE ELEMENATA

Gubici u procesu proizvodnje mogu biti višestruki, a zavise od niza faktora. Cilj obrade svakog od pojedinačnih gubitaka u toku proizvodnje jeste optimizacija proizvodnje spram kapaciteta proizvodnog pogona u svrsi eliminisanja bilo kakvih suvišnih aktivnosti koje ne doprinose vrednosti krajnjeg proizvoda. Osnova Lean construction metode koja je bazirana na monitoringu svakog procesa pojedinačno, a koji se zasniva na planiranju – izvođenju – uočavanju eventualnih problema – delovanju kako bi se uočeni problemi rešili.

Dakle, lean construction predstavlja kontinuirani proces koji teži idealnom, ali se ne završava jer prethodno poboljšanje teži narednom i sve u svrsi istog, iznalaženju najoptimalnijeg procesa rada za svaku od operacija. U radu je predstavljen proces proizvodnje od trenutka planiranja do izrade armirano betonskih prefabrikovanih elemenata konstrukcije.

Predstavljani su nedostaci i načini na koje se vršila korekcija prvobitne tehnološke izrade, a sve u svrsi optimizacije procesa proizvodnje.

#### 5. GUBICI U PROCESU TRANSPORTA ELEMENATA

Transport kao jedna od tri osnovne radnje svake pojedinačne stavke predmeta radova gde se spominju: nabavka (konkretno izrada), transport i ugradnja elemenata predstavlja vezu između dve osnovne radnje. Neophodno je pravilno ga isplanirati kako bi dva pomenuta fronta, proizvodnja i ugradnja, funkcionisali kao celina. Konkretno, transport prvih elemenata u predmetnom zadatku koji je tema ovog rada je započeo nakon proizvodnje cca. 80% ukupne količine elemenata. Konstatovano je da će se sa planiranom dinamikom ugradnje elemenata na samom gradilištu, svi prefabrikovani elementi proizvesti i transportovati na vreme kada bude trebalo da se ugrade.



Slika 2. Transport AB elemenata

#### 6. GUBICI U PROCESU UGRADNJE ELEMENATA

Ugradnja prefabrikovanih armirano betonskih elemenata predstavlja poslednju stavku ugovorne obaveze izvođača radova za svaku pojedinačnu stavku predmeta radova. Proizvodni pogon i brigada na gradilištu su dva odvojena sektora koji funkcionišu kao celina radi ostvarivanja krajnjeg cilja, izvršenja konstrukcije na gradilištu. Odvojene brigade ne počinju radove istovremeno. Sve dok proizvodni pogon ne postigne cca. 75-80% ukupno potrebne proizvodnje, brigada koja vrši montažu konstrukcije ne odlazi na teren.

U ovaj vremenski period ne računamo prethodne pripreme radove u vidu zemljanih radova, konkretno za pomenute radove je bila angažovana specijalizovana firma koja je elaboratima o ispitivanju zbijenosti tla dokazala da su pripremi radovi izvedeni po projektu i montaža prefabrikovane armirano betonske konstrukcije je mogla da počne.

U procesu ugradnje prefabrikovanih armirano betonskih elemenata je izvršen najmanji broj korekcija jer sam proces predstavlja tipiziran proces čije radnje su izvršavane mnogo puta ranije, tako da su prateći nedostaci u startu bili svedeni na minimum zahvaljujući pređašnjim iskustvima brigade za ugradnju elemenata na gradilištu. Bez obzira na veliko iskustvo svih članova brigade, ovim radom demonstrirano je da uz pomoć kontinuiranog monitoringa prostor za nadogradnju i poboljšanje svakog procesa postoji.

Lean construction principom koji sagledava više faktora koji uzrokuju gubitke, uglavnom vremenske koji su samim tim i finansijski, obrađene su karakteristični segmenti koji su uočeni da predstavljaju nepotrebnu ili prekomernu radnju i pravovremenim reagovanjem trenutno su izvršene korekcije. Prostor za nadogradnju i poboljšanje u izvođenju svakako nije u potpunosti realizovan, što svakako i predstavlja Lean construction princip – kontinuirani monitoring i poboljšanja uz težnju idealnom koje se ne ostvaruje jer proces monitoringa po navedenom principu se ne prekida nikad.



Slika 3. Ugradnja AB elemenata

## 7. ZAKLJUČAK

Obrađenim predmetnim zadatkom obuhvaćen je ukupan proces predmerom predviđenih radova na izgradnji objekta prefabrikovane armirano betonske konstrukcije hale, sa svim gubicima podeljenim u tri osnovne faze: gubici u fazi proizvodnje, transporta i montaže armirano betonske konstrukcije. Osnovu za izradu rada predstavlja literatura Lean sistem, Fakultet tehničkih nauka, dok su konkretni podaci o zaista prisutnim gubicima u svakoj od faza obrađeni iskustveno na osnovu učestvovanja u pomenutom projektu. Konceptualno LEAN predstavlja relativno jednostavan metod, ali zahteva apsolutnu posvećenost svih učesnika na projektu kako bi svi činiooci procesa funkcionisali u idealnom skladu. Suština je postizanje cilja uz kontinuirani timski rad. Polazna tačka lean koncepta je planiranje, tj. pravljenje generalnog plana koji se takođe naziva i dinamički plan gde su grubo određeni vremenski intervali za sprovođenje predmetnog zadatka u delo. Pomenuti planovi nikad nisu sprovedeni u delo sa količinski 100% uspešnosti, uglavnom se taj procenat kretao u granicama od 70-80% planiranog. Kao takav nije ostavljao prostora za apsolutnim zadovoljstvom sa izvedenim, te se uvek težilo još jednom procentu od ukupne mase od ciljanih 100%. Navedeni princip u suštini i jeste filozofija LEAN construction-a gde idealno ne postoji, gde se kontinuirano vrši analiza izvedenog i to na koji način je izvedeno i za koliko vremena sa kolikim vremenskim gubicima.

Objekat koji je bio predmet radova jeste nadogradnja skladištenog kompleksa hladnjače. Na predmetnom lokalitetu je prvobitno bila izgrađena hala koja se u toku eksploatacije objekta ispostavila kao nedovoljna za potrebe investitora i stoga se stupilo u realizaciju nadogradnje. Nadograđeni objekat predstavlja skladišteni prostor površine cca. 4000 m<sup>2</sup>, sa visinom slemena od 14.60 m.

Za kompletno izvođenje radova od procesa proizvodnje do poslednjeg ugrađenog elementa bilo je potrebno 74 radna dana i radovi su izvedeni u prethodno ugovorenom vremenskom roku.



Slika 4. Izvedena nadogradnja skladišta hladnjače na predmetnom lokalitetu – izvor google maps

## 8. LITERATURA

- [1] Beker I., Morača S., Lazarević M. i drugi, Lean sistem, *Fakultet tehničkih nauka*,
- [2] *Novi Sad*, 2017.
- [3] Čočkalović D., Vorkapić M., Đorđević D., Bogetić S., Lean koncept u preduzećima sa maloserijskom proizvodnjom u Srbiji, *Zbornik radova ISBN 978-86-7680-343-9, Beograd*, 2017.
- [4] Hann C., The art of efficiency: How to do one thing at a time, *Chicago*, 2013.
- [5] Lazić M., Alati, metode i tehnike unapređenja kvaliteta, *Mašinski fakultet, Kragujevac*, 2006.
- [6] Lazić M., Šest sigma – filozofija kvaliteta u 21. veku, *Zbornik radova ISBN 978-86-86663-33-7, Kragujevac*, 2009.
- [7] Liker J. K., Convis G. L., Toyota way to lean leadership, *Utah*, 2011.
- [8] Sanchez Marquez J., Lean construction, *Montreal*, 2014.
- [9] Womack J. P., Jones D. T., Lean thinking: Banish waste and create wealth in your corporation, *University of Michigan*, 1996.
- [10] Glenn Ballard - Lean Construction [https://www.youtube.com/watch?v=51v\\_cboZXTY](https://www.youtube.com/watch?v=51v_cboZXTY)
- [11] Lecture on Lean Construction and Last Planner System <https://www.youtube.com/watch?v=DyKp3t8HUvw>

### Kratka biografija:

**Nikola Pongrašić** rođen u Novom Sadu 1990. godine. U oktobru 2009. godine upisuje osnovne studije na Fakultetu tehničkih nauka, oblast Građevinarstvo. U julu 2016. godine stiče zvanje diplomiranog inženjera građevinarstva na odseku hidrotehnika.