

DOI: <https://doi.org/10.5592/CO/ZT.2017.05>

## Primjena S-krivulje u građevinskim projektima

**Ksenija Tijanić, Diana Car-Pušić**

Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet

kontakt: [ksenija.tijanic@uniri.hr](mailto:ksenija.tijanic@uniri.hr)

### Sažetak

Radom je prikazana S-krivulja te njena uporaba unutar građevinskih projekata. S-krivulja predstavlja grafički prikaz kumulativnog rasta određenog resursa (troškovi, broj radnika, količina proizvoda itd.) u vremenu trajanja projekta. Unutar građevinskih projekata koristi se kao grafički alat upravljanja projektima. Najčešća je primjena S-krivulje koja prikazuje odnos troškovi-vrijeme. Usporedbama, praćenjem i kontrolom S-krivulja uočavaju se odstupanja od planiranih vrijednosti te voditelj projekta može na vrijeme reagirati i poduzeti određene korektivne mjere kako bi se projekt vratio u planirani okvir, odnosno kako bi se ostvarili ciljevi projekta. Rad definira S-krivulju te prikazuje njenu osnovnu uporabu u građevinarstvu, kako bi se dao pregled dijela teorijske podloge za buduća istraživanja vezana za njeno modeliranje.

**Ključne riječi:** S-krivulja, upravljanje projektom, kontrola, EVA

## Use of S-curve in construction projects

### Abstract

The S-curve and its use in construction projects are presented in the paper. This curve is a graphical representation of cumulative growth of a particular resource (costs, number of employees, product quantity, etc.) during realisation of a project. It is used on construction projects as a graphical project management tool. The most common use of the S-curve is for showing the cost-time relationship. Deviations from the planned values are observed through comparison, monitoring and control of the S-curve fluctuations, which enables timely reaction of project manager and the conduct of appropriate corrective measures to bring the project back on the right track, in order to achieve project goals. The paper defines the S-curve and shows its basic use in civil engineering, the aim being to provide an overview of theoretical background that can be used in future research related to S-curve modelling.

**Keywords:** S-curve, project management, control, EVA

## 1 Uvod

Cilj je ovog rada predstaviti S-krivulju te način na koji se primjenjuje u građevinarstvu pri upravljanju projektima. Rad daje pregled dijela teorijske podloge za buduće istraživanje vezano za modeliranje toka novca u projektu. Buduće istraživanje želi se usmjeriti na stvaranje modela predviđanja toka novca u projektu, te ispitati u kojoj mjeri se model mijenja ovisno o raznim atributima (parametrima) građevinskog projekta kao što su: model nabave, veličina troškova, trajanje gradnje, vrsta ugovora o građenju, namjena objekta, lokacija, tehnologija izvođenja i sl. Očekivani rezultat istraživanja se bazira na stvaranju karakterističnih troškovnih krivulja ovisno o zadanim atributima građevinskog projekta.

Građevinski projekt je složeni, razvijajući proces koji treba pažljivo pripremiti, planirati, a kasnije i pratiti te kontrolirati kako bi se realizirao unutar planiranih troškova i vremena uz zadovoljenje kvalitete izvedbe. Prilikom provedbe projekta potrebno je koristiti pouzdane alate upravljanja projektima koji će pomoći da se navedeni ciljevi i ostvare. Upravljanje projektom predstavlja primjenu metoda, alata, vještina i tehnika na projektne aktivnosti radi ostvarenja ciljeva projekta [1]. Alat koji se u svrhe upravljanja projektima najradije primjenjuje jest S-krivulja. S-krivulja predstavlja jednostavan i lako razumljiv grafički prikaz koji povezuje kumulativne vrijednosti resursa s vremenom trajanja projekta, a omogućuje praćenje stanja i napredovanja projekta.

## 2 Definicija S-krivulje

S-krivulja se može definirati kao graf kumulativnog tijeka određenog resursa (troškovi, broj radnika, količina proizvoda...) u određenom razdoblju, pri čemu je na apscisi prikazano vrijeme, a na ordinati količina resursa koji se promatra. S-krivulja se koristi diljem svijeta za istraživanja u projekciji izvedbe tehnologija, predviđanju promjena broja stanovništva, analizi tržišta, za mikro i makroekonomske studije, za ekološko modeliranje, te za mnoge druge svrhe [2]. Unutar građevinarstva se najčešće koristi kao alat upravljanja projektima, prilikom upravljanja troškovima za grafički prikaz izvedbe projekta. S-krivulje obično izrađuje projektni planer ili troškovni inženjer i mogu se primijeniti na različite tipove građevinskih projekata [3].

Zapisi o primjeni S-krivulje datiraju još iz 1928. godine [4], a naziv krivulje proizlazi iz sličnosti sa slovom S. Krivulja je najčešće S oblika jer je priroda građevinskih projekata takva da se u ranijim i kasnijim fazama projekta obavlja manje posla i akumulira manje resursa negoli u srednjim fazama projekta [5]. Iako je S oblik uobičajen, ne treba se iznenaditi ako krivulja projekta ponekad nije S oblika, što će varirati od projekta do projekta, npr. krivulje nekih projekata mogu početi s velikim nagibom i onda se poravnavati, što upućuje na takozvani prednji utovar, a može se dogoditi kod projekata gdje je malo ili nimalo vremena za planiranje, kod popravaka oštećenja, ili bi moglo

upućivati na plan koji je ubrzan na početku. Krivulje koje počinju s nižim usponom, a zatim idu strmo do završetka, mogu upućivati na duže planiranje u početku i kraće vrijeme gradnje [3].

Istraživanja na temu S-krivulja i njenog modeliranja brojna su te se može navesti čitav niz autora koji su istraživali njihovu primjenu u građevinskim projektima. Ovdje će se spomenuti značajni. Boussabain je analizirao tok novca u projektima. Miskawi je razvio jednadžbu S-krivulje za kontrolu projekata. Radujković i Izetbegović su izučavali izbor funkcionalnih veza kod istraživanja trenda S-krivulje [6]. Cioffi se bavio parametrizacijom S-krivulje [7], a također je predložio S-krivulju za analiziranje napretka i troškova projekta koja se može definirati s dvije osnovne vrijednosti parametara, te zaključio kako krivulje s povoljnom ocjenom prilagodbe mogu biti inkorporirane u menadžment ostvarene vrijednosti (eng. *earned value*) [8]. Proučavanjem standardiziranih krivulja bavili su se Balkau, Bromilow, Drake, Hudson, Tucker i Rahilly, Singh i Phua, Kenley i Wilson, Kaka i Price, a prema njima je Ostojić-Škomrlj razvila model za prognoziranje S-krivulja u ranim fazama građevinskih projekata [9].

### 2.1 Vrste S-krivulje

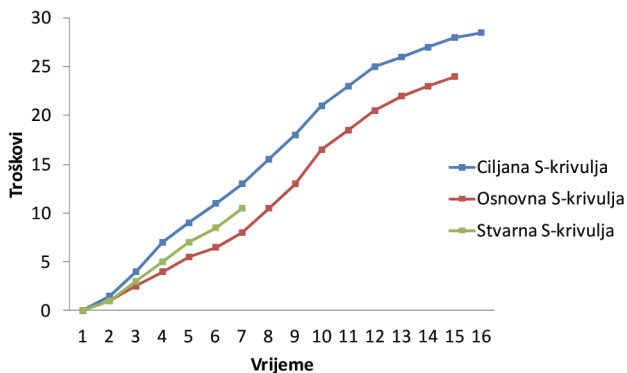
Postoji mnogo vrsta S-krivulja, a najuobičajeniji odnos u građevinskim projektima jest troškovi–vrijeme koji se može primijeniti za planiranje toka novca u projektu, praćenje, kontrolu troškova te napredovanje izvršenja. Unutar projekta se razlikuju osnovna, ciljana i stvarna S-krivulja.

Prije negoli projekt započne, vremenski plan predstavlja predloženu raspodjelu resursa i vremena potrebnog za izvršenje projekta. Taj vremenski plan se naziva osnovni plan te se na temelju njega konstruira osnovna S-krivulja (eng. *baseline S-curve*) koja predstavlja planirani napredak projekta.

Nakon početka projekta obično je potrebna modifikacija osnovnog vremenskog plana. Promjene se kontinuirano unose u plan te takav plan odražava stvarni napredak projekta do točke promatranja. Iz tog plana se konstruira ciljana S-krivulja (eng. *target S-curve*). U dobro vođenim projektima S-krivulja će se poklopiti s osnovnom S-krivuljom na kraju projekta (na vrijeme, unutar proračuna) ili završiti ispod i lijevo od osnovne S-krivulje (ranije, u okviru proračuna). Ipak, češće ciljana S-krivulja završava iznad i desno od osnovne S-krivulje (kasnije, izvan proračuna).

Tijekom izvođenja radova vremenski raspored se ažurira redovito tijekom trajanja projekta. Ažuriranja uključuju uvid u postotak izvršenosti svake pojedine stavke. Koristeći ove informacije može se konstruirati stvarna S-krivulja (eng. *actual S-curve*) koja odražava stvarni napredak projekta do točke promatranja i može se usporediti s osnovnom i ciljanom S-krivuljom kako bi se utvrdilo kako projekt napreduje. Tijekom projekta stvarna će se S-krivulja prekinuti u datumu promatranja projekta [10].

Osnovna, ciljana i stvarna S-krivulja prikazane su na slika 1.



Slika 1. Vrste S-krivulja

## 2.2 Konstrukcija S-krivulje

Objasnit će se način konstruiranja toka novca u projektu, odnosno S-krivulje troškovi–vrijeme.

Prije konstruiranja same S-krivulje potrebno je provesti određene postupke planiranja. Za definiranu listu aktivnosti nekog projekta najprije se izrađuje dinamički plan, uobičajeno u obliku gantograma. Po gantogramu se zatim prikazuje kretanje troškova iz troškovnika radova. Troškovi aktivnosti se zbog jednostavnosti linearno dijele kroz trajanje aktivnosti. Krivulja se prikazuje u koordinatnom sustavu gdje se na horizontalnoj osi prikazuje vrijeme, a na vertikalnoj kumulativni troškovi. Kad se konstruira krivulja po točkama, vremenski intervali se nanose na vodoravnu os, a na okomitu pripadajuća kumulativna vrijednost troškova zbrojena od početka do kraja projekta ili trenutka promatranja stanja projekta [11].

Ostale vrste krivulja se konstruiraju na jednak način, raspodjelom i zbrajanjem promatranog resursa.

## 2.3 S-krivulja i kontrola projekata

S-krivulje su vrlo koristan alat za efikasnu kontrolu projekta i donošenje korektivnih mjera kad se stvarna izvedba razlikuje od planirane. Ipak, u tumačenju S-krivulje treba biti oprezan jer, ako se u obzir ne uzmu odnosi između aktivnosti i razlozi odstupanja, mogu se donijeti pogrešne odluke [4]. S-krivulje se primjenjuju na svim razinama upravljanja projektima kod financijske i vremenske kontrole stanja radova. Posebno su korisne voditeljima projekata i upravama koji žele brzu informaciju o ključnim trendovima u projektu i učincima nekih odluka i mjera na trajanje i troškove projekta.

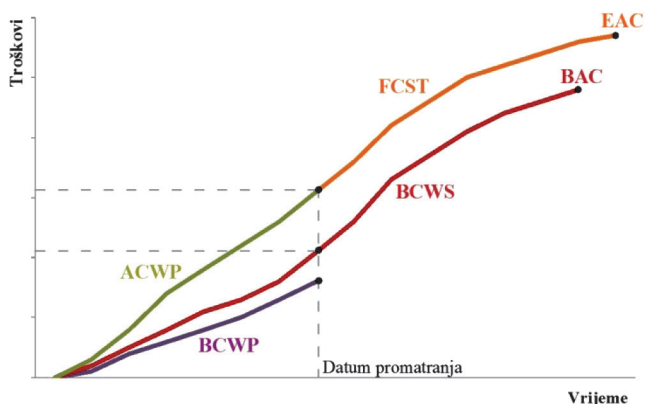
U projektu se tijekom kontrole troškova i vremena uobičajeno primjenjuju dvije S-krivulje: krivulja za planirano stanje i za stvarno izvršenje plana. Takvim prikazom se dobiva dobra dinamička slika trendova i pouzdan uvid u stanje po pojedinim dijelovi-

ma projekta. Dobivaju se tri važne informacije: gdje se projekt treba nalaziti (planirani troškovi-vrijeme), gdje se nalazi (izvršeni troškovi-vrijeme) i kamo ide (prognozirani troškovi-vrijeme). Prognoza se može napraviti nakon određenog vremena (četvrtina ili trećina) trajanja projekta, kad se uoči geometrija S-krivulje izvršenja te se ona produži do kraja zamišljenom linijom prirodnog nastavka. Na ovaj način je moguće odrediti i konačan rezultat projekta, ali s pretpostavkom nastavka istog načina rada [11]. Ako dolazi do većih odstupanja od planiranog, vizualno se to lako uočava i pravodobno se može reagirati i poduzeti korektivne mjere kao što su: povećanje radne snage, radnih sati, strojeva, uvođenje dviju smjena itd. [12].

S-krivulja se primjenjuje i za složenije analize praćenja izvršenja projekta kao što je EVA metoda (eng. *Earned Value Analysis*). EVA metoda je metoda mjerenja i kontrole napretka projekta kroz troškove, vrijeme i tehničko/fizičku provedbu definiranog projektnog plana i obuhvata projekta [13]. Pomoću S-krivulje je moguće usporedno prikazivati planirano stanje, trenutačno stanje i prognozu budućeg stanja projekta, te se ona vrlo često koristi za kontrolu troškova pomoću EVA metode kojom se uspoređuje koliki je napredak projekta na temelju stvarnih troškova u trenutku promatranja projekta [14]. Ovaj tip prikaza može biti vrlo učinkovit za brzi uvid u ukupnu izvedbu zadatka, kontrolu računa ili stanja projekta. Omogućuje se prepoznavanje potencijalnog prekoračenja proračuna projekta, prepoznavanje mogućih rizika i pogrešaka koji mogu utjecati na uspješnost projekta.

EVA metoda praćenja troškova zasniva se na tri osnovne varijable (slika 2).

1. BCWS (eng. *Budget Cost of Work Scheduled*) – S-krivulja planirane vrijednosti (troškova) projekta u vremenu. Procjena troškova radi se u fazi planiranja, a na temelju svih projektnih troškova dolazi se do ukupnog proračuna projekta (eng. *Budget at Completion* - BAC) [13].
2. ACWP (eng. *Actual Cost of Work Performed*) – S-krivulja stvarnih troškova za izvršene radove. To su kumulativni stvarni troškovi ostvareni na projektu do točke promatranja. Na temelju ove krivulje od određene točke promatranja mogu se procijeniti troškovi za preostalo vrijeme projekta (eng. *Forecast of Remaining Work* - FCST) te ukupni troškovi na završetku projekta (eng. *Estimate at Completion* - EAC).
3. BCWP (eng. *Budget Cost of Work Performed*) – S-krivulja planiranih troškova za izvršene radove. Izražava se kao količina troškova koja je planirana biti potrošenom na radu dovršenom do točke promatranja [15]. Za izračun BCWP-a za određeni element rada, planirani trošak se pomnoži s postotkom obavljenog rada za promatrani element.



Slika 2. S-krivulje EVA metode

Jednom kad su krivulje za planiranu, stvarnu i ostvarenu vrijednost određene, projektni menadžer ih može koristiti za analizu dosadašnjeg stanja projekta i prognozirati što će se s projektom u budućnosti događati. Uporabom navedene tri S-krivulje dolazi se do varijacija i koeficijenata (troškovna varijacija - CV, vremenska varijacija - SV, indeks troškovnog izvršenja - CPI, indeks izvršenja plana - SPI, procjena vremena na završetku – EACT, procjena troškova na završetku - EAC, varijacija troškova na završetku - VAC, procjena preostalih troškova - ETC) na temelju kojih se može donijeti ocjena dosadašnjeg napredovanja i procjena budućeg stanja projekta. Osim toga, može se uočiti kolika će biti prekoračenja planiranog proračuna i koliko se sredstava mora dodatno osigurati kako bi se projekt mogao dovršiti, ne poduzmu li se određeni koraci koji bi projekt doveli u okvire planiranih novčanih sredstava i planiranog vremena izvedbe.

### 3 Zaključak

Cilj svakog građevinskog projekta je uspješna realizacija, što podrazumijeva ostvarenje planiranih troškova i planiranog roka građenja uz zadovoljavanje tražene kvalitete. Kao važan alat upravljanja projektima pokazao se kumulativni prikaz resursa tijekom vremena u obliku S-krivulje. S-krivulje omogućuju projektnim menadžerima vizualno praćenje projekta tijekom vremena, identifikaciju kašnjenja u odnosu na planirani početak ili završetak, oblikovanje zapisa onoga što se dogodilo s projektom do određene točke promatranja projekta. S-krivulja se jednostavno primjenjuje, lako je razumljiva te daje brzu informaciju o trendu troškova, vremena i ostalih resursa u projektu. Praćenjem, usporedbom i kontrolom brzo se uočava svako odstupanje od planiranog te se može pravodobno reagirati i poduzeti potrebne korektivne mjere. U budućim istraživanjima toka novca u projektu planiraju se definirati prognostičke

S-krivulje za građevinske projekte različitih karakteristika pomoću kojih će se već u najranijoj fazi moći izvesti simulacija i prognoza kretanja ukupnih troškova gradnje projekta.

## Literatura

- [1] PMI: Vodič kroz znanje o upravljanju projektima (Vodič kroz PMBOK), 4. izdanje, Mate d.o.o., 2011.
- [2] Kucharavy, D., De Guio, R.: Application of S-Shaped Curves, TRIZ-Future Conference 2007: Current Scientific and Industrial Reality, ur. Gundlach, C., Lindemann, U., Ried, H., Frankfurt, Njemačka, Kassel University Press, 81 – 88, 2007.
- [3] Goodman, J.: Analyzing S-curves, AACE International Recommended Practice No. 55R-09, 2010.
- [4] Czarnigowska, A., Jaskowski, P., Biruk, S.: Project Performance Reporting and Prediction: Extensions of Earned Value Management, International Journal of Business and Management Studies, 3 (2011), pp. 11 – 20.
- [5] Project management training and resources, <http://www.visitask.com/s-curve.asp>, pristupljeno: 10.07.2017.
- [6] Tijanić, K., Car-Pušić, D., Marović, I.: Managing cost and time in projects of public-use facilities by using the S-curve, People, Buildings and Environment 2016, ur. Korytarova, J., Serrat, C., Hanak, T., Vankova, L., Luhačovice, Republika Češka, Brno University of Technology, Faculty of Civil Engineering, 185 – 196, 2016.
- [7] Cioffi, D.F.: A tool for managing project: an analytic parameterization of the S-curve, International Journal of Project Management, 23 (2005), pp. 215 – 222, doi: 10.1016/j.ijproman.2004.08.001
- [8] Nai-Chieh, W., Chiao-Ping, B., Shuan-Yuan, Y., Pao-Sheng, W.: Earned Value Management Views on improving Performance of Engineering Project Management, The International Journal of Organizational Innovation, 8 (2016), pp. 93 – 111.
- [9] Ostojić-Škomrlj, N., Radujković, M.: Model prognoziranja S-krivulja u ranim fazama građevinskih projekata, Građevinar, 64 (2012), pp. 647 – 654.
- [10] Max's Project Management Wisdom, <http://www.maxwideman.com/guests/s-curve/using.htm>, pristupljeno: 10.07.2017.
- [11] Radujković, M. i suradnici: Planiranje i kontrola projekata, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, 2012.
- [12] Šonjić, N., Dolaček-Alduk, Z., Habuda-Stanić, M.: Upravljanje projektom izgradnje uređaja za pročišćavanje otpadnih voda u Kneževim Vinogradima, e-GFOS, 5 (2012), pp. 52 – 63, doi: 10.13167/2012.5.5

- [13] Duspara, A., Katić, D.: Metoda ostvarene vrijednosti, e-Zbornik: Electronic collection of papers of the Faculty of Civil Engineering, 7 (2014), pp. 76 – 86.
- [14] Čulo, K.: Ekonomika investicijskih projekata, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Građevinski fakultet, 2010.
- [15] Anbari, F.: Earned value project management method and extensions, Project Management Journal, 34 (2003) 4, pp. 12 – 23.