

VLOGA IN POMEN UVEDBE ADMINISTRACIJE GRADBENIH PROJEKTOV S PODPORO PROJEKTNEGA PORTALA

SIGNIFICANCE OF IMPLEMENTATION OF CONSTRUCTION PROJECT ADMINISTRATION WITH PROJECT PORTAL SUPPORT

doc. dr. Nataša Šuman, univ. dipl. inž. grad.

Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo
Smetanova ulica 17, 2000 Maribor

Borut Skornšek, dipl. inž. grad.

BRP investments Ltd, Tržaška 135, 1000 Ljubljana

Znanstveni članek

UDK: 65.01/.07:69.008

Povzetek | Gradbeni projekti predstavljajo kompleksen, interdisciplinaren, ciljno usmerjen investicijski proces. Svojstva gradbene dejavnosti, kot so dejstva, da se za gradbene objekte angažira veliko sredstev, da je njihova uporaba dolgotrajna in da z vsakim objektom pozidamo del narave, narekujejo potrebo po učinkovitem strokovnem in tudi družbenem nadzoru nad gradbenimi aktivnostmi in posegi. Slabo zasnovani, izvedeni ter vodeni in upravljani gradbeni projekti dolgoročno vplivajo na kakovost razvoja celotne družbe ter zahtevajo dodatna sredstva za vzdrževanje, obnovo in uporabo neustrezno zasnovanih ali zgrajenih objektov. Za namen učinkovitega vodenja in upravljanja gradbenih projektov skozi različne faze je v članku predstavljen sistem administracije gradbenih projektov, katerega uporaba zagotavlja kakovostno in ekonomsko uspešno izvedbo projekta. Administracija gradbenih projektov (AGP) je predstavljena kot sistem za optimalno ureditev poslovanja in vključevanja udeležencev procesa graditve v skladu s specifičnimi zahtevami posameznega projekta. V prispevku so podani analiza zakonodaje in sedanje prakse izvajanja gradbenih projektov ter nekateri predlogi za izboljšave. Posebna pozornost je namenjena predlogu uveljavitve novega udeleženca v procesu graditve objektov t. i. odgovornega vodje investicije (OVI). Nov udeleženec bi lahko v skladu z dodeljenimi kompetencami zagotavljal ustrezne nivoje izvedbe gradbenega projekta v okviru sistema AGP. Med predlogi za izboljšave izstopata oblikovanje modificirane organiziranosti projekta ob vključitvi OVI in uvedba projektnega portala kot orodja za podporo učinkovitega delovanja AGP v praksi vodenja gradbenih projektov.

Summary | Construction projects are complex, interdisciplinary, object oriented investment processes. The characteristics of construction industry, such as the fact that every single construction represents huge financial funds, that it has long duration, and that with every building we construct a part of nature, require the needs for an effective expert and social supervision of construction activities. Hence badly designed, constructed and managed projects have a long-term influence on the quality of social development and request additional funding for building maintenance and renovation. For the purpose of setting the effective management of a construction project we suggest the implemen-

tation of Construction Project Administration (CPA) in the paper that will ensure quality and successful project realisation. Construction Project Administration is represented as a tool for arranging optimal operation of work and assuring optimal inclusion of project participants. In the paper, the analysis of valid legislation and the practice of a construction project are presented. Some proposals for improvement are given. Special attention is drawn to assert a new project participant named Construction Project Manager. According to the given competences, the so called Construction Project Manager could assure appropriate level of project realisation within the CPA. The designing of modified project organisation and the implementation of Project Portal are the most prominent among the suggestions for improvement.

1 • UVOD

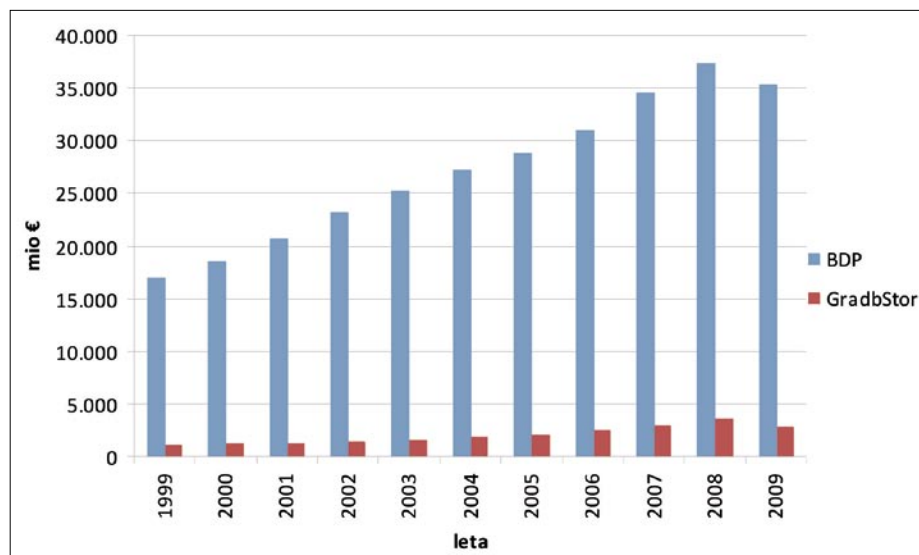
Gradbeništvo je v Sloveniji pomembna gospodarska panoga, njegova temeljna dejavnost pa je vodenje, izvedba in upravljanje gradbenih projektov oziroma graditve objektov. Izvedba gradbenih projektov predstavlja, predvsem pri zahtevnejših projektih, kompleksno interdisciplinarno operacijo, ki zaradi posebnosti graditve objektov nedvomno zahtevajo ustrezen strokoven ter družbeni oziroma državni nadzor nad gradbenimi aktivnostmi in posegi. Ustrezno vzpostavljen nadzor je v interesu družbe kot celote, saj graditev objektov predstavlja pomemben delež v ekonomiji sodobne družbe. Tako je v letih 1999–2009 po obsegu bruto domačega proizvoda Slovenije predstavljala vrednost opravljenih del v gradbeništvu povprečno nekaj več kot 2 mrd. evrov oziroma 7,28 % (slika 1).

V času razmaha v gradbeništvu se je pomenu učinkovitega vodenja in administracije gradbenih projektov posvečalo premalo pozornosti. To je veljalo zlasti pri gradnji gospodarskih objektov, višja stopnja učinkovitost vodenja investicij pa je bila dosežena pri gradnji inženirskih/infrastrukturnih objektov (zlasti avtocest), kjer se za organiziranje izvajanja investicij koristi svojstvena funkcijska shema. Iz izkušenj avtorjev, pridobljenih v času razmaha v gradbeništvu, izhaja, da se v procesu graditve objektov pojavljajo enake napake vodenja in organiziranosti projektov,

ki pa bi se z ustrezno racionalizacijo dela in sistemskim pristopom ter bolj aktivnim vključevanjem investitorja lahko zmanjšale oziroma odpravile.

Namen prispevka je prikazati metodološki sistem administracije (upravljanja) gradbenih projektov (AGP) ter nakazati nekatere možnosti za ustrezno implementacijo in ureitev AGP v sedanjo prakso izvedbe in vodenja gradbenih projektov. Prispevek povzema

primerjavo domače in tuje prakse vodenja in administracije gradbenih projektov ter z analizo sedanjega stanja povzema predloge za uspešno uvedbo sprememb v prakso. Možnosti uvedbe AGP so predstavljene z vidika veljavne zakonodaje in z vidika vpliva na udeležence v procesu graditve objektov. Izpostavljena sta vloga in smiselnost uvedbe novega udeleženca graditve objektov t.i. odgovornega vodje investicij (OVI). Prispevek podaja predloge za izboljšanje sedanjega stanja z vidika organiziranosti projekta in uvedbe informacijsko-komunikacijske podpore vodenja projektov.



Slika 1 • Bruto domači proizvod Slovenije in delež v gradbeni panogi, vir Statistični urad RS (<http://pxweb.stat.si/pxweb/Databaze/Ekonomsko/Ekonomsko.asp>)

2 • UPRAVLJANJE IN VODENJE GRADBENIH PROJEKTOV

Izhajajoč iz terminologije projektnega menedžmenta, kjer po splošni definiciji predstavljajo projekti enkratno ciljno usmerjene procese odvijanja določenih del – aktivnosti

(Hauc, 2007), lahko zaključimo, da predstavljajo gradbeni projekti (Pšunder, 2009) enkratne ciljno usmerjene investicijske procese odvijanja določenih aktivnosti – faz teh

procesov, logična povezanost posameznih faz pa omogoča s svojimi rezultati (vmesnih ciljev) izvedbo cilja gradbenega projekta. To pomeni, da predstavljajo gradbeni projekti (v terminologiji projektnega menedžmenta) graditev objektov.

Po splošni definiciji gradbenega projekta delimo njegove cilje na namenske in ob-

jektne. Pri projektih gospodarskega pomena so namenski cilji opredeljeni z ekonomskimi učinki in izhajajo iz odločitev o upravljanju projekta. Objektne cilji pa tangirajo kakovostno, pravočasno in ekonomično zgrajen objekt in izhajajo iz odločitev o vodenju projektov oziroma razreševanju organizacijskih vprašanj za uspešno vodenje. Po terminologiji projektnega menedžmenta je skupen izraz za upravljanje in vodenje projekta opredeljen kot

menedžment projekta (angl. Project Management).

Upravljanje in vodenje gradbenih projektov zaradi svojih posebnosti zahteva posebne oblike organiziranja projektnega vodenja ter specifične metode planiranja in kontrole projekta. Proces upravljanja in vodenja projekta razumemo kot skupek podsistemov za organiziranje, planiranje, izvedbo in kontrolo izvajanja projekta. Osnovo za upravljanje

in vodenje projektov ustvarjajo informacije, iz česar sledi, da je za uspešno izvedbo nujna vzpostavitev učinkovitega informacijskega sistema. V anglosaških državah se je za učinkovito obvladovanje informacij v procesu gradbenega projekta oblikovalo posebno področje, t. i. administracija gradbenih projektov (angl. *Construction Project Administration*), kot je to predstavljeno v poglavju 3.1.

3 • ANALIZA ZAKONODAJE IN PRAKSE V SLOVENSKEM GRADBENIŠTVU

3.1 Administracija gradbenih projektov

Z izrazom administracija gradbenih projektov (AGP) ne razumemo »le« administrativnega dela, potrebnega za izvedbo projekta, temveč skupek množice aktivnosti, potrebnih za učinkovito izvedbo posameznega projekta, kot so vodenje udeležencev, urejanje razmerij z izvajalci, komuniciranje in sodelovanje med udeleženci, odgovornosti in obveznosti posameznih udeležencev, usklajevanje in urejanje dokumentacije, vodenje in upravljanje procesa gradnje, planiranje, upravljanje plačil, pogajanja ter vse aktivnosti ob zaključku projekta. Nekateri avtorji (Fisk, 2000) AGP zelo podrobno obravnavajo skozi ekonomski in pravni vidik, drugi (Hendrickson, 2000) pa izpostavijo pomen AGP s praktičnega in operativnega vidika. Tako (Fisk, 2000) obravnava AGP kot metodološki sistem, ki definira obseg upravljanja odnosov in relacij med udeleženci izvedbe gradbenega projekta. V tem pogledu »administracija gradbenih projektov podrobno ureja obveznosti, odgovornosti in postopke znotraj veljavne zakonodaje s področja graditve objektov ter določa obveznosti, odgovornosti, način komunikacije, način predaje dokumentov, postopke, pooblastila in dolžnosti vseh udeležencev v procesu graditve«. Sistem zahteva vzpostavitev ustrezne organizacije AGP, ki mora opredeliti:

- sistematsko ureditev razmerij med udeleženci (odgovornosti in pristojnosti),
- način kontrole in nadzora nad izvedbo del,
- način in postopek dokumentiranja poročil in zapisnikov,
- vsebino in postopke priprave projektne dokumentacije,
- uporabo projektne dokumentacije in upravljanje pogodb(e),
- postopek vodenja sestankov in pogajanj,
- itevanja in razmejitve odgovornosti,

- postopke priprave na gradnjo in priprave operativnih planov,
- postopke izvedbe gradbenih del,
- ukrepe varstva pri delu,
- načine izvedbe izmer, obračuna in plačil v času gradnje objekta,
- načine obravnavanja sprememb v času gradnje in reševanja neskladij,
- načine priprave zahtevkov za dodatna dela in
- postopke zaključevanja projekta.

Sedanja praksa izvajanja gradbenih projektov v Sloveniji sicer izkazuje, da so vzpostavljeni nekateri elementi AGP, vendar pa aktivnosti priprave niso ustrezno vodene in tudi samo vodenje ni konsistentno. Investitor običajno uredi AGP drugače kot projektant in ta drugače kot izvajalec. Iz zapisnega sledi, da bi bilo ureditev AGP smiselno poenotiti vsaj znotraj posameznega projekta.

Uvedba poenotene AGP bi za slovenski prostor pomenila vzpostavitev sodobnega načina vodenja gradbenih projektov od zasnove do predaje objekta v uporabo. Pri tem pa mora sistem upoštevati sklop obveznosti, ki jih generalno določa in predpisuje veljavna zakonodaja na področju gradbenega sektorja z Zakonom o graditvi objektov (ZGO-1) ter podrobnejši ureditvami v podzakonskih aktih, kot so Pravilnik o gradbiščih (Ur. l. RS, št. 55/2008), Pravilnik o projektni dokumentaciji (Ur. l. RS, št. 55/2008), Pravilnik o dokazilu o zanesljivosti objekta (Ur. l. RS, št. 55/2008) idr. AGP se v okvirih veljavne zakonodaje omejuje na pripravo in vodenje ter izpolnjevanje z zakonodajo predpisanih dokumentov, kot so projektna dokumentacija, gradbeni dnevnik, knjiga obračunskih izmer idr. Torej zgolj na administrativna opravila, kajti način organi-

zacije gradbenih projektov kot orodja AGP z zakonodajo ni predpisan. Izjema so zahteve, povezane s strokovno usposobljenostjo kadra na gradbiščih ter zahteve, povezane z nadzorniki in projektanti, ki so kot udeleženci vključeni v proces graditve objekta.

Ne glede na zahteve veljavne zakonodaje in posebnosti vodenja različnih gradbenih projektov je za doseganje ciljev gradbenega projekta smiselno opredeliti svojstveno obliko upravljanja AGP za vsak gradbeni projekt posebej. Glede na zahtevnosti in obseg projekta je primerno vzpostaviti tak sistem, ki bo poudaril in/ali okrepil ustrezne vloge oziroma naloge udeležencev.

3.2 Pomen AGP za udeležence procesa graditve

Zakon o graditvi objektov (ZGO-1, Ur. l. RS, 110/2002) opredeljuje, da so udeleženci pri graditvi objektov: investitor, projektant, izvajalec, nadzornik in revident. Znotraj vsake skupine udeležencev deluje ekipa strokovnih sodelavcev (odgovornih projektantov, nadzornikov, svetovalcev ...). Tako že iz števila udeležencev in običajne kompleksnosti gradbenega projekta izhaja, da se pri realizaciji gradbenih projektov v posameznih fazah (zasnova, projektiranje, neposredna priprava na gradnjo, gradnja in vzdrževanje) pojavi ogromna količina informacij, ki v okviru vzpostavljenega informacijskega sistema služijo upravljanju in vodenju projekta.

Po izsledkih raziskav v dostopnih virih ((Winch, 2010), (Wilkinson, 2001), (Sweis, 2007), (Šuman, 2008)) in poznavanju problematike obstoječega stanja vodenja gradbenih projektov v Sloveniji lahko zaključimo, da se udeleženci projekta pri vsakodnevem delu srečujejo z naslednjimi težavami, ki izhajajo predvsem iz neučinkovitega vodenja projekta:

- neustrezna ali neuporabna projektna naloga,
- neusklajena projektna dokumentacija,

- nedefinirana vloga posameznih udeležencev znotraj projekta oziroma neustrezno delegiranje funkcij,
- neobveščenost ali neustrezna obveščenost udeležencev o stanju projekta ter o nastalih spremembah,
- neupoštevanje navodil investitorja, nadzornika ali projektanta,
- prevelika količina informacij in
- neustrezna kontrola pretoka informacij.

Naštete težave nakazujejo, da je za vodenje in upravljanje gradbenega projekta nujno in smiselno uvesti učinkovit sistem administracije gradbenih projektov. Pri tem mora sistem slediti ciljem in zahtevam posameznega gradbenega projekta in ne sme biti samemu sebi namen. Z izrazom učinkovit je razumljen tak sistem, ki v izvedbene procesne tokove vključuje vse udeležence gradbenega projekta na način, ki bo omogočal:

- pregledno upravljanje in vodenje projekta,
- nadzor nad gradnjo in postopki,
- nadzor nad dokumentacijo,
- nadzor nad stroški,
- sledenje spremembam v času gradnje in
- možnost ukrepanja na podlagi jasno postavljenih pravil.

3.3 Pomen novega udeleženca: odgovorni vodja investicije (OVI)

Za zagotovitev ustreznega nivoja kakovosti izvedbe gradbenega projekta v okviru sistema AGP bi bilo v zakonodajo nujno in smiselno uvesti novega udeleženca oziroma funkcijo, t. i. odgovornega vodjo investicije – OVI. Nov udeleženec bi deloval na strani investitorja. Formalno bi moral izpolnjevati vsaj pogoje za odgovornega vodjo del (OVD) oziroma odgovornega projektanta (OP) v skladu z

ZGO. V skladu s trenutno veljavno ureditvijo bi moral biti član IZS z ustreznimi pooblastili, pred investitorjem pa bi svojo usposobljenost izkazoval tudi z ustreznimi referencami.

V tuji literaturi so pomen in naloge odgovornega vodje investicije definirane, pri čemer ima tak položaj naziv Construction Project Manager (Gould, 2003). Smiselnost uvedbe OVI v Zakon o graditvi objektov je v svojem glasilu septembra 2010 komentirala tudi Inženirska zbornica Slovenije (IZS Novo, 2010).

Po izsledkih spoznanj sedanje zakonodaje in prakse v gradbeništvu in skladno s predlogom, ki ga je podala IZS (IZS Novo, 2010), bi z uvedbo nove funkcije t. i. OVI le-ta investitorju odgovarjal za izvedbo celotnega projekta, investitor pa bi ga imenoval že v fazi zasnove. Med bistvene naloge OVI bi tako bilo smiselno opredeliti:

- vzpostavitev optimalnega in učinkovitega sistema AGP glede na zahtevnost projekta in razpoložljive vire,
- usmerjanje in priprava kakovostne projektne naloge s kasnejšim spremljanjem sprememb in dopolnitev projektne naloge,
- v sklopu AGP zagotoviti kontrolo pretoka informacij med udeleženci ter kontrolo in ločevanje relevantnih od nepotrebnih in zastarelih informacij ter
- usmerjanje, upravljanje in vodenje celotnega poteka procesa graditve.

Ustrezno usposobljen in izkušen OVI bo za posamezni projekt primerno ocenil potrebo po uvedbi dodatnih, za izvajanje AGP nujnih aktivnosti (na primer vzpostavitev projektnega portala) ter od udeležencev že vnaprej zahteval, da zagotovijo kader, ki bo s svojim znanjem sposoben uporabljati predpisana

orodja AGP in se vključevati v delo na način, predpisan in zahtevan s strani OVI. OVI s primernimi pooblastili bi lahko opravljal tudi funkcijo odgovornega nadzornika v skladu z ZGO.

Sedanja zakonodaja v Zakonu o graditvi objektov regulira zagotovitev kvalitetnega nivoja izvedbe gradbenega projekta z opredeljitvijo odgovornosti za napake v času gradnje kot solidarno odgovornost vseh udeležencev. Pri tem je pravni pomen solidarne odgovornosti (angl. Joint and Several Liability) takšna vrsta odgovornosti, pri kateri za škodo, ki jo je povzročilo več ljudi skupaj, odgovarjajo vsi udeleženci solidarno, ne glede na svoj delež pri vzrokih za nastanek škode (OZ, Ur. l. RS, št. 97/2007). Za proces graditve objektov Obligacijski zakonik natančneje opredeljuje solidarno odgovornost z dikcijo, da »naročitelj in izvajalec del na nepremičnini odgovarjata solidarno tretjemu za škodo, ki sta mu jo povzročila v zvezi z izvajanjem teh del« (OZ, 187. člen Ur. l. RS, št. 97/2007).

Iz dejstva, da le za predstavnika investitorja formalne zahteve po izobrazbi in pooblastilih niso opredeljene, pa izhaja, da dejanska solidarna odgovornost ni zagotovljena oziroma da jo je mogoče v pravnih ali pravnih postopkih izpodbijati in zmanjševati ter tako preostalom udeležencem zaradi njihove izkazane strokovnosti pripisovati večji del krivde ali odgovornosti.

V tem kontekstu je treba izpostaviti še to, da bi morala biti učinkovita izvedba gradbenega projekta predvsem v interesu investitorja in da je investitor tisti, ki se mora zavedati pomena dobrega OVI in v ta namen zagotoviti ustrezna finančna sredstva, potrebna za vodenje in upravljanje gradbenega projekta ter vzpostavitev učinkovite AGP.

Zaradi »varčevanja« se investitorji večinoma izogibajo najemanju svetovalnih inženirjev ali ustrezno izkušenih nadzornikov, ki bi bili sposobni gradbene projekte ustrezno voditi in koordinirati. Rezultat neučinkovitega vodenja gradbenega projekta in slabo urejene AGP so pogosto dodatni stroški, ki pa bistveno presežejo minimalno zahtevani obseg sredstev, potrebnih za učinkovito delo in vključitev osebe OVI. Iz navedenega sledi, da bi morala biti učinkovita AGP (vključno z nadzorom) v interesu vseh udeležencev gradbenega projekta.

Za učinkovito administracijo gradbenih projektov je pomembna vzpostavitev ustrezne organizacijske strukture projekta. V veliko

4 • PREDLOGI ZA IZBOLJŠANJE SEDANJEGA STANJA

Kot je zapisano, sedanja praksa izvajanja gradbenih projektov sicer izkazuje, da so nekateri elementi AGP v aktivnostih gradbenih projektov že vzpostavljeni. Običajno pa sistem AGP ni vzpostavljen kot orodje za doseganje višjega nivoja kakovosti izvedbe projekta. Vodenje projekta ni konsistentno, saj zakonodaja na strani investitorja ne opredeljuje potrebnih kriterijev in zahtevane izobrazbe za vodenje gradbenega projekta. ZGO investitorju nalaga »le« imenovanje odgovornega vodje projekta (OVP) in ureditev obveznega grad-

benega nadzora. Prvi skrbi za medsebojno usklajenost vseh načrtov in kakovost obdelave celotne projektne dokumentacije, kar pa z vidika menedžmenta ne predstavlja osebe, ki bi vodila in upravljala celoten projekt, kot je to lahko OVI. Prav tako odgovorni nadzornik po definiciji opravlja strokovno nadzorstvo na gradbišču in kot predstavnik investitorja pogosto nima potrebnih znaj in izkušenj z vodenjem gradbenih projektov ter se pomena ali potrebe po vzpostavitvi učinkovitega sistema AGP ne zaveda.

pomoč so tudi sodobna orodja informacijsko-komunikacijskih tehnologij (IKT), predvsem z uvedbo ustreznega projektnega portala za potrebe delovanja AGP.

4.1 Organiziranost gradbenega projekta

Proces graditve objekta, ki je voden in upravljan kot gradbeni projekt, v vseh svojih fazah vključuje različne udeležence, kar vodi v različna oblikovanja njihovih medsebojnih pogodbenih razmerij. Glede na specifične lastnosti posameznih gradbenih projektov ni mogoče predpisati enotne organizacijske oblike, ki bi prikazovala organiziranost in strukturo investitorja, projektantov, nadzornikov, izvajalcev in drugih udeležencev. Razlike med projekti nastajajo tako glede na vrsto in obseg projekta kot tudi glede na različne pogodbene principe.

Prav tako je treba poznati razlike vodenja in upravljanja projektov pri graditvi inženirskih/infrastrukturnih objektov in pri graditvi stavb. Glede na zakonska določila in interna pravila investitorjev se namreč vodenje teh dveh tipov projektov razlikuje v postavljeni funkcijski shemi za organiziranje izvajanja investicij. Tako sta za vodenje projektov graditve inženirskih/infrastrukturnih objektov poleg vseh udeležencev pri gradnji stavb opredeljena še dva dodatna udeleženca, ki ju zakon eksplicitno ne zahteva; to sta konzultant oziroma svetovalec in izvajalec zunanje kontrole kakovosti. Ta dva udeleženca sta angažirana s ciljem zagotovitve kakovosti izvedenih del in učinkovitosti vodenja investicije tako v fazi priprave kot tudi v fazi realizacije investicije. Vse posebnosti vodenja in organiziranja posameznega gradbenega

projekta pa so eksplicitno definirane znotraj vzpostavljene AGP. Pri tem je treba poudariti, da so pri večjih infrastrukturnih objektih pogoji organiziranja določeni s strani institucionalnih investitorjev, na primer Evropska investicijska banka dosledno zahteva uporabo FIDIC-določil.

V praksi se je oblikovalo več značilnih pristopov pogodbene organiziranosti kot oblik sodelovanja udeležencev gradbenega projekta, in sicer tradicionalni pristop, kombiniran pristop projektiranja in izgradnje ter menedžerski pristop (Pšunder, 2008). Najpogostejše je uporabljen tradicionalni pristop kot oblika pogodbene organiziranosti, kjer je investitor pogodbeno vezan na projektanta in izvajalca, slednji pa je pogodbeno vezan na podizvajalce (slika 2).

Vodenje projekta na osnovi pogodbene organiziranosti po tradicionalnem pristopu je nemalokrat organizirano tako, da t. i. vodja projekta pomembne projektne odločitve oziroma informacije zadržuje zase, medtem ko nadzornik ali osebje na gradbišču izvajajo le omejene rutinske (birokratske) postopke, odgovorni vodja projekta (OVP) pa v času gradnje objekta opravlja občasni nadzor v okviru pogodbe o projektantskem nadzoru (slika 2). Takšna organizacijska struktura je temelj številnih nesporazumov, težav in zahtevkov za plačilo dodatnih stroškov ali finančnih izgub gradbenega izvajalca.

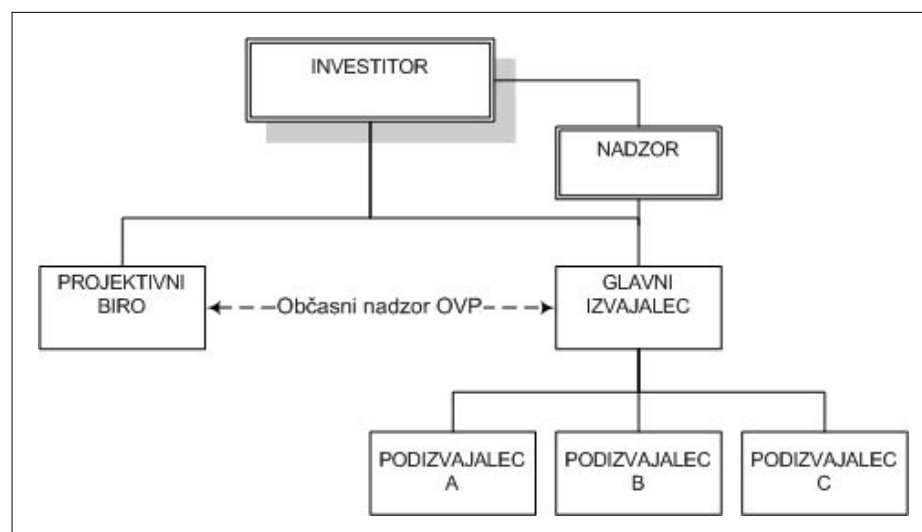
V praksi slovenskih gradbenih podjetij je možno le malo pogodbениh razmerij nedvoumno uvrstiti v navedene organizacijske vzorce, kajti investitorji se zaradi svojih interesov pogosto odločajo za razne kombinacije in modifikacije zgoraj predstavljenih pristopov.

Poleg tega imajo posamezni investitorji za graditev, zlasti državni in občinski skladi, banke idr., postavljena posebna in obvezna pravila za oblikovanje pogodbenih razmerij. Pravila glede pogodbene organiziranosti in vodenja projekta pa postavljajo predvsem finančne institucije (posojilodajalci) in veliki institucionalni investitorji, ki redno vodijo investicijske procese.

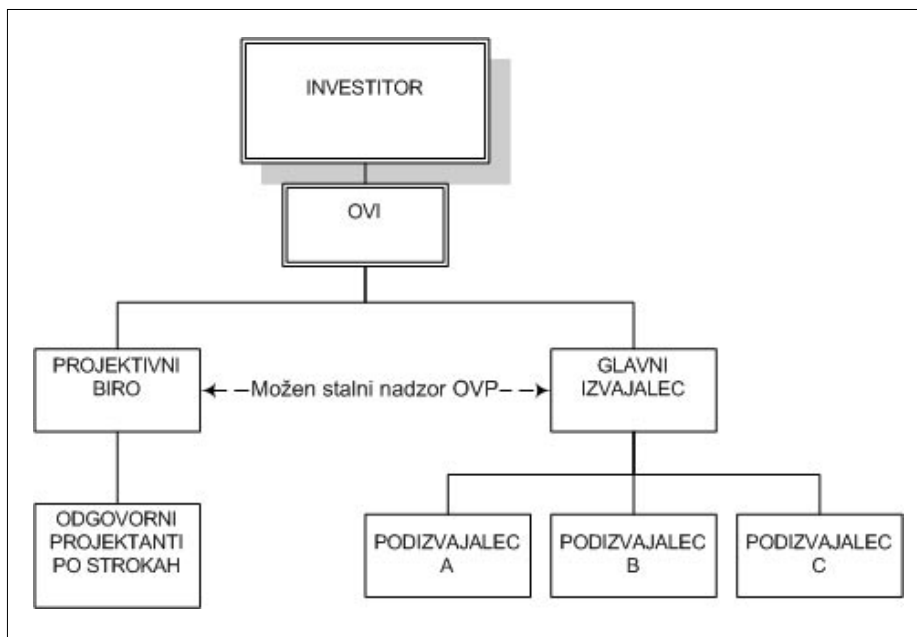
Z implementacijo sodobnega načina vodenja in upravljanja gradbenih projektov ob hkratnem izboljšanju informacijskega sistema projekta je nujno treba vzpostaviti tudi primerno obliko organizacije projekta. V (Šuman, 2008) je predlagana vzpostavitev modificirane oblike t. i. »strukturno-informacijske dobe« kot evlucijsko obliko organiziranosti, ki je iz tradicionalne večnivojske usmerjena v bolj liberalno mrežno organiziranost.

Za potrebe učinkovite vzpostavitve sistema AGP je v članku predlagana modificirana organiziranost projekta z vključitvijo OVI (slika 3), ki poleg investitorja, projektanta, na primer projektivnega biroja, ter glavnega izvajalca vključuje še odgovornega vodjo investicije. Znotraj projektivnega biroja je predvidena še razčlenitev odgovornih projektantov po strokah. Cilj takšnega pristopa organiziranosti je enotno obravnavanje in obvladovanje vseh faz procesa graditve objekta. Vzpostavi se sistem, znotraj katerega je omogočeno medsebojno komuniciranje vseh sodelujočih udeležencev pri projektu. Pri tem OVI nastopa v fazi projektiranja kot svetovalec glede na izhodišča investitorja povzeta v projektni nalogi, kot so lastnosti in zahteve zemljišča, predvidenega za gradnjo, predpisane bistvene tehnične zahteve in lastnosti ter kriteriji, ki jih narekuje izvedba. V fazi gradnje objekta pa OVI prevzame koordinacijo nad izvedbo del in administracijo gradbenega projekta ter skladno s kompetencami tudi odgovornosti gradbenega nadzora.

Pri oblikovanju organizacije projekta za potrebe AGP je vloga OVI posebej evidentna. Dober OVI bo vzpostavil strukturo kompetentnih sodelavcev in delegiral aktivnosti tako, da bodo podatki v času gradnje pravočasno in v ustrezni obliki dostopni vsem udeležencem, število sprememb in zahtevkov bo minimalno ali pa bodo spremembe projekta pravočasno obravnavane. Modificirana oblika organiziranja tako omogoča vzpostavitev ustreznega sistema poročanja, nadzora, komunikacije in kontrole, kar je bistvenega pomena za nemoten potek gradnje in izvedbo del znotraj predvidenih stroškov.



Slika 2 • Organiziranost projekta po tradicionalnem pristopu



Slika 3 • Modificirana organiziranost projekta z vključitvijo OVI

4.2 Uporaba projektnega portala

Proces graditve objektov je interdisciplinaren investicijski projekt, ki zahteva vzpostavitev visokega nivoja komunikacije med vsemi, običajno številnimi udeleženci. Glede na

različna razmerja med udeleženci izhaja, da je treba v posameznih fazah izvedbe gradbenega projekta zagotavljati ustrezno komuniciranje in izmenjavo informacij tako, da je možna optimalna izvedba projekta. Pri tem

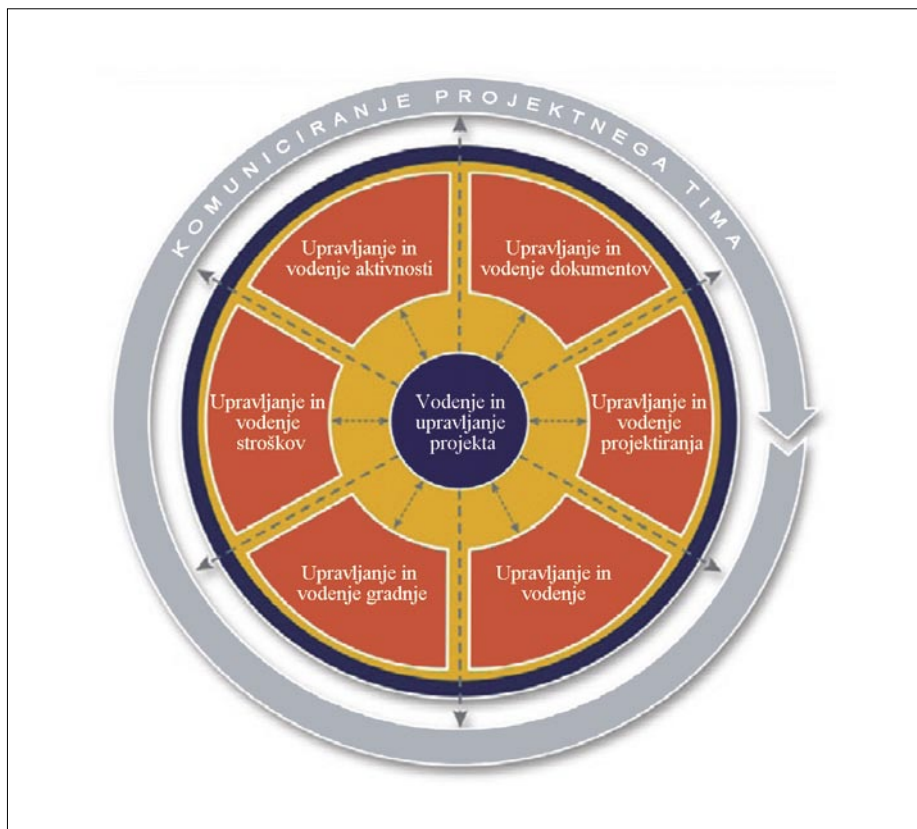
je zlasti pomembna komunikacija na relaciji investitor–izvajalec–projektant.

Z uvedbo organizacijskih sprememb v podjetju in vključitvijo funkcije OVI v proces graditve objektov je nujno vzpostaviti ustrezno informacijsko podporo, ki bo udeležencem procesa zagotovila ustrezno in tekočo medsebojno obveščenost, sledljivost in ažurnost predane dokumentacije ter jim nudila podporo pri sprejemanju odločitev. Nekatera sodobnejša podjetja, delujoča v gradbenem sektorju, se za potrebe ustrezne informacijske podpore vodenja projektov odločajo za implementiranje t. i. projektnih portalov (PP). Uporaba PP z ustrezno pripravljeno organizacijo AGP omogoča (Skornšek, 2010):

- objavo zapisnikov, poročil in drugih dokumentov na enotnem, centralnem spletnem mestu. Zagotovljene so dostopnost in sledljivost vseh s projektom povezanih dokumentov ter možnost nadzora nad verzijami. Objavijo se lahko dokumenti vseh faz projekta (idejna zasnova, idejni projekt, projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja ...), dostop do dokumentov pa je mogoče omejiti in kontrolirati,
- obveščanje z elektronskimi sporočili znotraj enotnega sistema z zagotovljeno sledljivostjo korespondence vseh udeležencev gradbenega projekta in
- objavo dokumentov, kot so načrti, navodila in specifikacije. PP te dokumente ureja tako, da se zagotovi sledljivo in definirano potrjevanje vsebine, prav tako pa se preko dnevnika dokumenta nadzira, kdo in kdaj je dokument objavil, kdo ga je pregledal, kdo ga je spremenil ali kdo in kdaj umaknil.

S takšnim načinom obvladovanja projektne dokumentacije in druge dokumentacije projekta je mogoče zagotavljati neposredno odgovornost posameznih udeležencev za napake v postopkih izvedbe. Ustrezno so lahko zaščiteni interesi vseh udeležencev projekta, od investitorja do zadnjega podizvajalca, kar je posebno pomembno v današnjem stanju razmer v gradbeništvu.

Z vidika uporabnosti projektnega portala mora ta zadostiti zahtevi po čim preprostejši uporabi orodij, ki zagotavljajo njegovo nemoteno uporabo za vse udeležence. Projektni portal s svojim delovanjem poveže vse udeležence, t. i. projektni tim, iz različnih podjetij in v različnih fazah izvedbe gradbenega projekta. Z uvedbo portala dosežemo izboljšanje sodelovanja in komuniciranja med člani projektnega tima. Centralizirano vodenje in upravljanje projekta zagotavlja voden pretok v danem trenutku

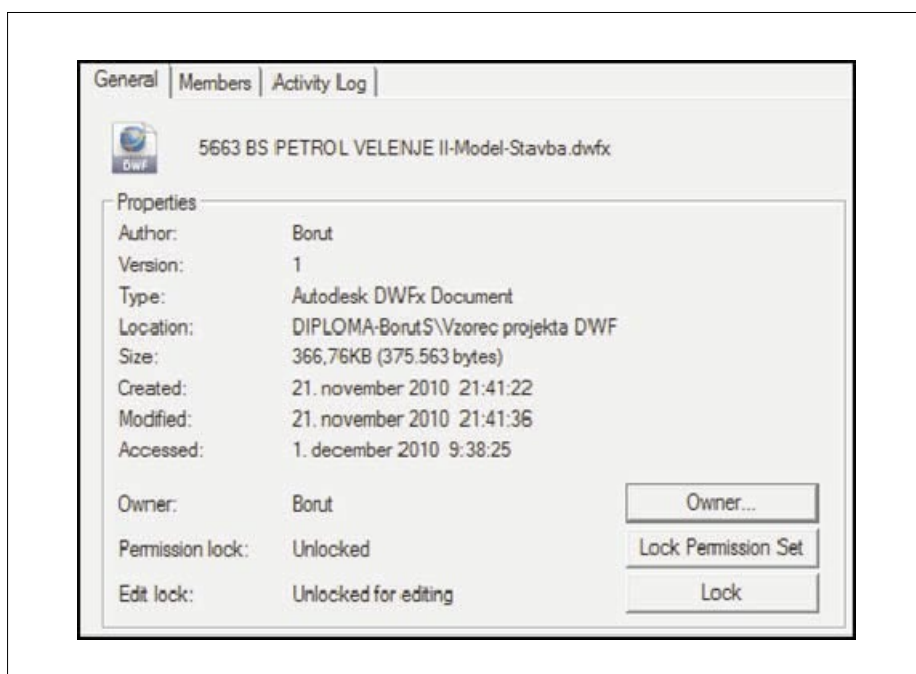
Slika 4 • Shema pretoka informacij pri uporabi projektnega portala (povzeto po: www.autodesk.com)

pomembnih projektnih informacij, kot to shematsko prikazuje slika 4.

Za gradbeni sektor so se razvili gradbenim projektom prilagojeni projektni portali, kot sta npr. Aconex in Autodesk Buzzsaw. Predvsem slednji ponuja že pripravljene predloge za različne potrebe in faze projektov, z vnaprej določenimi možnimi shemami organiziranosti projekta. Portal predstavlja enotno, centralizirano knjižnico dokumentov in informacij, kot so načrti in specifikacije, navodila, napotila, zapisniki, dogovori, pogodbe ipd.; določa organizacijske sheme upravljanja in potrjevanja, ki jih je možno tudi spreminjati; ter jasno in dosledno evidentira vse spremembe o objavljeni dokumentaciji. Informacije o spremembah, verzijah in dostopih je mogoče spremljati na nivoju projekta, mape ali posameznega dokumenta. Ker so pogosti nesporazumi o dejanskem času razpoložljivosti dokumentacije, je iz dnevnika dokumenta možno vedno preveriti, kdaj je bil določen dokument na razpolago, kdaj je bil udeleženec projekta z obstojem dokumenta seznanjen in kdaj ga je dejansko prevzel v uporabo (slika 5).

Ker so spremembe načrtov v času projektiranja in izvedbe pogoste in iz različnih vzrokov tudi običajne, je treba dokumente koordinirati na nivoju investitor–izvajalec/dobavitelj–projektant. Uporaba portala omogoča objavljane dokumentov v različnih formatih. Običajni formati računalniških datotek so poleg vseh oblik dokumentov orodja Office, še PDF-, DWG- in DWF-formati. Znotraj portala je pregledovanje vsebine dokumentov možno brez uporabe posebne programske opreme. Takšen način dela omogoča, da so dokumenti vedno in brez težav dostopni vsem udeležencem procesa graditve z zagotovljenim dostopom do projektnega portala. DWF-oblika omogoča tudi komentiranje (slika 6), označevanje in revidiranje (slika 7), shranjevanje komentarjev in diskusij, prav tako pa tudi kontrolo in prenašanje dimenzij iz elektronsko izdelanih načrtov. Z uporabo BIM-modelirnika je mogoče izdelati tudi elektronsko verzijo projektna dokumentacije tipa DWF, tako da so znotraj ene DWF-datoteke z več načrti (listi) omogočena sklicevanja na posamezne druge vsebine, kot so detajli, prerezi in podobno. S tem je uporaba projektna dokumentacije močno olajšana in preglednejša.

Znotraj projektnega portala Buzzsaw je omogočena tudi uporaba sistema elektronske pošte, ki sporočila dostavlja v uporabnikov poštni predal znotraj sistema ter hkrati obvešča uporabnika o spremembah na njegov običajni elektronski naslov. Obveščanje o vseh



Slika 5 • Prikaz dnevnika dokumenta

spremembah je samodejno in se definira glede na namen dokumenta (lahko tudi na nivoju projekta ali mape). Ker so znotraj sistema sporočila omejena na projekt, je nadzor nad sporočili preprostejši in preglednejši.

Dostop uporabnikom, tj. udeležencem procesa gradnje, do vsebin portala dodeli administrator glede na zahteve OVI, ki definira celoten sistem administracije gradbenega projekta. Pri tem je uporabniški vmesnik izdelan tako, da so posameznim uporabnikom na voljo le dostopi do projektov, pri katerih sodelujejo. Drugih vsebin portala ne vidijo in do njih ne morejo dostopati. Če uporabnik ni administrator projektnega portala, ne vidi in nima dostopa do orodij za upravljanje portala. Zaščita vsebine se lahko definira na nivoju portala, projekta, mape z dokumenti ali posameznega dokumenta.

Projektni portal Buzzsaw poleg drugih možnosti zagotavlja tudi dostopanje do vsebine preko spletnih brskalnikov tako, da je za dostop lahko dovolj katerikoli brskalnik,

nameščen na računalniku z dostopom do interneta. Uporaba je tako možna tudi brez namestitve posebnih aplikacij. Dostop do dokumentacije je omogočen tudi z uporabo dlančnikov. V dobi ekspanzijskega razvoja informacijsko-komunikacijskih tehnologij (IKT) in njihove široke uporabnosti načeloma ni več tehničnih ovir za vzpostavitev projektnega portala pri izvedbi vsakega gradbenega projekta.

Vendar se v sedanjih praksi gradbenega sektorja pri uvajanju novih IKT-konceptov še vedno daleč največ težav pojavlja prav na strani uporabnikov. Posamezni uporabniki namreč niso dovolj izobraženi ali pa investitor oziroma njegov predstavnik nima prave moči, pooblastil, znanja ali interesa po vzpostavitvi in uporabi projektnega portala. V nekaterih primerih pa lahko celo zasledimo, da uporaba projektnega portala ni v interesu predstavnikov investitorja, kajti njegova uvedba in uporaba bi omogočala dosledno preverjanje aktivnosti investitorja.

General View Discussions Versions Markups (1)							
Name	V.	In Folder	Author	Size	Type	Modified	Access
<Stavba in Na...	1	DIPLOMA-Bor...	Borut	2.820.478	Autodesk Drawi...	21.11.2010 21:41...	Admin
test.dwf		DIPLOMA-Bor...	Borut	2.859.312	Autodesk Markup	1.12.2010 9:43:47	Admin

Slika 6 • Prikaz možnosti pregledovanja komentarjev znotraj portala Buzzsaw

[illegible]

5 • SKLEP

na ekonomski razvoj posamezne države. Z namenom dolgoročne uspešnosti uvedbe ukrepov za izboljšanje sedanjega stanja je v prispevku predstavljen sistem administracije gradbenih projektov (AGP), in sicer s stališča delovanja predstavljenega orodja kot tudi veljavne zakonodaje in vpliva uvedbe sistema na udeležence v procesu graditve. Podani so predlogi za izboljšanje vodenja in upravljanja

procesa graditve objektov, ki povzemajo dosledno uporabo vsaj minimalnega nivoja AGP, vključitev novega udeleženca, odgovornega vodje investicije (OVI), ustrezno pripravo organizacije projekta in uvedbo AGP ter uporabo sodobnih orodij IKT s podporo projektnega portala. S sistemskim pristopom uvedbe predlaganih ukrepov je mogoče doseči bolj poenotene postopke in usklajen način dela na več vzporednih ali zaporednih projektih, kar se odraža v kakovosti gradbenih projektov in njihovi pravočasnosti in ekonomski uspešnosti.

6 • LITERATURA

- Fisk, E. R., Construction Project Administration, New Jersey, Prentice Hall, 2000.
Gould, J., Joyce, N. J., Construction Project management, New Jersey, Prentice Hall, 2003.
Hauc, A., Projektni management, Gospodarski vestnik, Ljubljana, 2007.
Hendrickson, C. T., Project Management for Construction, (2nd edition), Prentice-Hall, New York, 2000.
IZS NOVO, Glasilo Inženirske zbornice Slovenije, letnik 13, št. 55, 2010.
Obligacijski zakonik. Ur. l. RS, št. 31/2001, OZ-UPB-1, Ur. l. RS, št. 97/2007.
Pravilnik o dokazilu o zanesljivosti objekta, Ur. l. RS, št. 55/2008, Ljubljana, 2008.
Pravilnik o gradbiščih, Ur. l. RS, št. 55/2008, Ljubljana, 2008.
Pravilnik o projektni dokumentaciji, Ur. l. RS, št. 55/2008, Ljubljana, 2008.
Pšunder, M., Klanšek, U., Šuman, N., Gradbeno poslovanje, UM, Fakulteta za gradbeništvo, 2009.
Pšunder, M., Klanšek, U., Šuman, N., Organizacija grajenja, UM, Fakulteta za gradbeništvo, 2008.
Skornšek, B., Administracija gradbenih projektov: stanje v praksi in predlogi za izboljšave, diplomsko delo, Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo, 2010.

- Sweis et al, Delays in Construction Projects: the case of Jordan, International Journal of Project Management, Vol. 26, No. 3, 665–674, 2008.
- Šuman, N., Priprava in gradnja objektov v gradbenih podjetjih s poudarkom na konceptu reinženiranja, doktorska disertacija, Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo, 2008.
- Šuman, N., Pšunder, M., Mobile computing changing the traditional ways of organizing the construction company. Am. j. appl. sci., 2008, Vol. 5, No. 1, 42–47.
- Wilkinson, S., An analysis of the problems faced by project management companies managing construction projects, Engineering, Construction and Architectural Management, Vol. 8, No. 3, 160–170, 2001.
- Winch, G. M., Managing Construction projects, Wiley-Blackwell, 2010.
- Zakon o graditvi objektov. Ur. l. RS, ZGO-1, Ur. l. RS št. 110/2002, ZGO-1A, Ur. l. RS, št. 47/2004, ZGO-1B, Ur. l. RS, št. 126/2007, in ZGO-1C, Ur. l. RS, št. 108/2009.

PRIPRAVLJALNI SEMINARJI IN IZPITNI ROKI ZA STROKOVNE IZPITE ZA GRADBENO STROKO V LETU 2012

SEMINARJI	IZPITI	
	Osnovni in dopolnilni	Revidiranje
13.–15. 2. 2012	20. 3. 2012	14. 3. 2012
16.–18. 4. 2012	22. 5. 2012	
1.–3. 10. 2012	6. 11. 2012	18. 10. 2012

A. PRIPRAVLJALNI SEMINARJI:

Seminarje organizira **Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije (ZDGITS), Leskoškova 9E, 1000 Ljubljana;**

Tel.: (01) 52-40-200; Fax: (01) 52-40-199;

e-naslov: gradb.zveza@siol.net; gradbeni.vestnik@siol.net.

Uradne ure:

ponedeljek, torek, sredo od 9. do 13. ure;

četrtek od 12. do 16. ure.

V petek NI URADNIH UR za stranke!

Seminar vključuje **izpitne programe** za:

1. Odgovorno projektiranje (osnovni in dopolnilni strokovni izpit)
2. Odgovorno vodenje del (osnovni in dopolnilni strokovni izpit)
3. Odgovorno vodenje posameznih del
4. Investicijski procesi in vodenje projektov (za kandidate, ki opravljajo dopolnilni strokovni izpit; predavanje se odvija v okviru rednih seminarjev).
5. Kandidati drugih strok lahko poslušajo posamezna predavanja v okviru rednih seminarjev.

(Vsi posamezni programi so dostopni na spletni strani IZS – MSG:

<http://www.izs.si>, v rubriki »Strokovni izpiti«)

Cena za udeležbo na seminarju (za predavanje in literaturo) po izpitnih programih pod 1., 2. in 3. točko znaša 613,00 EUR z DDV, pod 4. točko pa 87,63 EUR z DDV. Cena za udeležbo na posameznem predavanju je 87,63 EUR z DDV.

Kotizacijo za seminar je potrebno nakazati ob prijavi na poslovni račun ZDGITS:

SI56 0201 7001 5398 955.

Prijavo je potrebno poslati organizatorju (ZDGITS) najkasneje **15 dni pred pričetkom** seminarja!

Prijavni obrazec je mogoče dobiti na spletni strani ZDGITS (<http://www.zveza-dgits.si>).

Izvedba seminarja je odvisna od števila prijav (najmanj 20).

B. STROKOVNI IZPITI

potekajo pri **Inženirski zbornici Slovenije (IZS), Jarška 10-B, 1000 Ljubljana**. Informacije o strokovnih izpitih in izpitnih programih je mogoče dobiti na spletni strani IZS <http://www.izs.si> ali po telefonu (01) 547-33-19 ob uradnih urah (ponedeljek, sredo, četrtek, petek: od 8. do 12. ure; v torek od 12. do 16. ure).

ANALIZA VIŠINSKIH NAPAK PRI POENOSTAVLJANJU POVRŠIN

ANALYSIS OF ERRORS IN ELEVATION FOR SIMPLIFIED SURFACES

Dr. Gregor Petkovšek, univ. dipl. inž. grad.

CGS plus, Brnčičeva 13, Ljubljana

gregor.petkovsek@mail.com

Znanstveni članek

UDK: 528.1:528.7/.8:624.1

Povzetek | Pri načrtovanju v nizkogradnji se kot vir podatkov vse bolj uveljavljajo oblaki točk, iz katerih ustvarimo model obstoječega površja. Površine je nato možno uporabljati za 3D-načrtovanje ali pa se v primeru linijskih objektov na površine projicirajo prečni in vzdolžni profili, ki jih načrtovalci nato obdelujejo. Zaradi velikega števila točk je tovrstno delo pogosto obremenjujoče za strojno in programsko opremo in lahko povzroča motnje v procesu načrtovanja. Ena od možnosti, kako zaobiti to težavo, je poenostavljanje površin z izločanjem točk, ki ne prispevajo bistvene topografske informacije. Prispevek podaja oceno napak v višinah, ki nastanejo pri poenostavljanju površin, za ravninski in hribovski primer površine. Pri LIDAR-skih posnetkih z resolucijo 1 točke na m² je mogoče izločiti okrog 90 % točk, da je povprečna absolutna napaka manjša od 2 cm, pri čemer je stopnja dovoljene poenostavitve odvisna od tipa terena. Raven teren je manj občutljiv za odstranjevanje točk.

Summary | In infrastructure design, point clouds are increasingly used to obtain models of existing ground. These surfaces can then be used for 3D design. Alternatively, longitudinal and cross axes can be draped to the surface to obtain sections for further processing. Manipulating large number of points can, however, significantly increase computational cost and affect processing speed. One of the options to overcome these problems is to simplify surfaces by removing points. The points that do not add significantly to the topographic information can safely be removed. The paper presents an analysis of elevation errors, that result from surface simplification. Two types of surfaces are considered: flat and hilly terrain. When LIDAR data with 1 point per m² data is used, around 90 % of points can be removed to remain within the 2 cm tolerance. There was a difference between the two types of terrain, the flat terrain being less sensitive to point removal.

1 • UVOD

Pri načrtovanju v nizkogradnji kot izhodiščno stanje pogosto uporabljamo model površine. Površine lahko za načrtovanje pravih 3D-objektov uporabimo neposredno. Pri linijskih objektih lahko iz površine dobimo projekcije vzdolžnih in prečnih osi, tj. vzdolžne in prečne profile, ki jih nato uporabimo pri načrtovanju.

LIDAR-ski posnetki zagotavljajo razmeroma natančen posnetek terena, vendar je število točk pogosto zelo veliko. To pomeni znatno obremenitev za strojno in programsko opremo in posledično možne motnje v delovnem procesu. Eden od možnih pristopov k problemu je poenostavljanje površin. Poeno-

stavitev površine pomeni zmanjšanje števila točk, robov in ploskev, ki tvorijo površino. S tem dosežemo hitrejše in udobnejše delo s površino, vendar se poenostavljena površina nekoliko razlikuje od originalne površine.

V prispevku predstavljamo analizo napak višin, ki nastanejo pri poenostavljanju. Napako opredelimo s tremi parametri na površini kot celoti. V nizkogradnji nas pri načrtovanju pogosto zanimajo profili. Zato smo izvedli analizo napak tudi na posameznih profilih.

2 • METODA

Za potrebe študije smo uporabili metodo Edge contraction, ki temelji na krčenju robov v

točke. Rob lahko v splošnem skrcimo v katerokoli točko na robu. Običajno pa upoštevamo

pogoj, da morajo biti točke, ki tvorijo poenostavljeno površino, podmnožica točk originalne površine (Andersson, 2006). V tem primeru rob skrcimo v eno od obeh krajišč. Tako lahko operacijo pojmuje tudi kot izločanje točk. Za točke oziroma robove, ki

jih izločamo, se odločamo na podlagi analize spremembe površine, ki pri tem nastane. Ker so te operacije računsko zahtevne, se običajno uporablja katera od poenostavitvev (Garland, 1997). Postopek krčenja je prikazan na naslednji sliki:

Metoda je podrobneje opisana v različnih člankih (npr. Yan in sod., 2004; Hoppe 1996; Hoppe in sod. 1993). Metodo lahko uporabimo za dvodimenzijsko ali tridimenzijsko triangulacijo. Podoben postopek se uporablja tudi v teoriji grafov (Wolfe in Bodlaender, 2004). V našem primeru smo za poenostavljanje uporabili znani program za načrtovanje v nizkogradnji AutoCAD Civil 3D (Autodesk, 2011).

Napako, ki pri tem nastane, smo analizirali z dvema pristopoma. Pri prvem (1) smo analizirali napake na površini kot celoti, pri drugem (2) pa smo na površino projicirali niz profilov in napake izvednotili v profilih. Napako smo vrednotili s tremi kriteriji:

a) koren iz srednje kvadratne napake (root mean square error, RMSE)

b) srednja absolutna napaka (mean absolute error, MAE)

c) srednja napaka (mean error, ME)

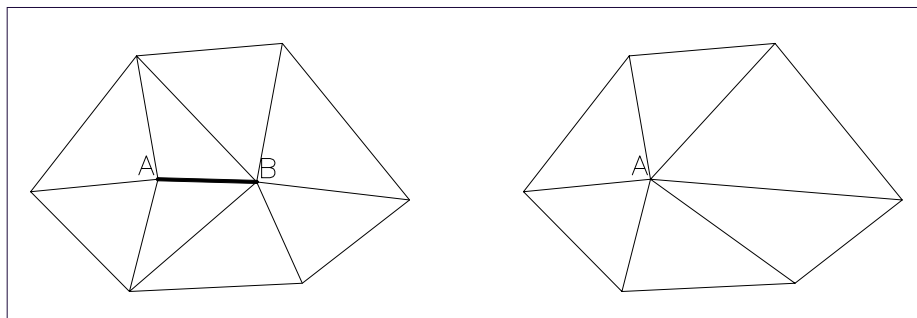
Za izvednotenje smo uporabili zvezne (integralne) oblike:

– na površini:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{A} \iint_A (z - z_0)^2 dA} \quad (1)$$

$$MAE = \frac{1}{A} \iint_A |z - z_0| dA \quad (2)$$

$$ME = \frac{1}{A} \iint_A (z - z_0) dA \quad (3)$$



Slika 1 • Krčenje roba AB v točko A

– na profilu:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{L} \int_L^L (z - z_0)^2 dx} \quad (4)$$

$$MAE = \frac{1}{L} \int_L^L |z - z_0| dx \quad (5)$$

$$ME = \frac{1}{L} \int_L^L (z - z_0) dx \quad (6)$$

kjer je:

A ... skupna površina

L ... dolžina profila

z ... višina na poenostavljeni površini

z₀ ... višina na originalni površini

Površine, uporabljene za analizo, so bile dobjene s pomočjo nepravilne trikotniške triangulacije. V tem primeru lahko razliko površin razdelimo na množico ravnih elementov, ki so presečišča elementov originalne in poenostavljene površine. Potem lahko enačbo (1)

zapišemo kot vsoto kvadratov napake (SE) po elementih:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_i SE_i^2}{A}} \quad (7)$$

In podobno za enačbi (2) in (3).

Profile razdelimo na odseke med posameznimi točkami, tako da lahko enačbe (4)-(6) zapišemo kot vsote po odsekih *i* (*Z* je razlika višin med površinama):

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{L} \sum_i \left(\frac{Z_{i+1}^2 - Z_i^2}{3} + Z_{i+1} Z_i \right) (z_{i+1} - z_i)} \quad (8)$$

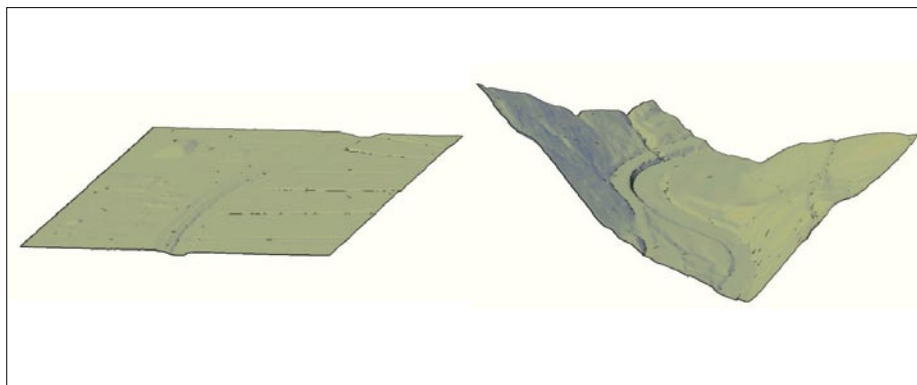
$$MAE = \frac{1}{L} \sum_i \frac{Z_{i+1}^2 + Z_{i+1} Z_i + |Z_{i+1} Z_i| + Z_i^2}{|Z_{i+1}| + |Z_i|} (z_{i+1} - z_i) \quad (9)$$

$$ME = \frac{1}{L} \sum_i \frac{Z_{i+1} + Z_i}{2} (z_{i+1} - z_i) \quad (10)$$

3 • REZULTATI IN DISKUSIJA

Analizirali smo parametre napake na dveh površinah in enem nizu profilov. Z originalno površino smo primerjali površine, iz katerih smo odstranili 50 %, 75 %, 85 %, 90 %, 95 %, 98 % in 99 % točk.

Obe površini sta narejeni iz LIDAR-skega posnetka z resolucijo 1 m. Prva površina vsebuje 51255 točk, pokriva površino 508 ha in je ravninskega tipa, druga pa vsebuje 4455 točk, pokriva površino 457,56 ha in je hribovitega tipa. Površini sta prikazani na sliki 2. Primerjali smo srednje absolutne napake in srednje napake za obe površini. Rezultati so podani v preglednici 1.

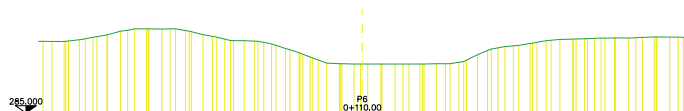


Slika 2 • Posnetka terena: ravninski (LIDAR 1, levo) in hribovit (LIDAR 2, desno)

Zmanjšanje točk na površini (%)	LIDAR 1 MAE (m)	LIDAR 1 ME (m)	LIDAR 2 MAE (m)	LIDAR 2 ME (m)
50	0,004	-0,0001	0,006	0,0000
75	0,008	-0,0002	0,014	0,0000
85	0,011	-0,0002	0,021	0,0000
90	0,013	-0,0003	0,027	0,0002
95	0,019	-0,0004	0,042	0,0004
98	0,029	-0,0005	0,077	0,0006
99	0,039	-0,0011	0,116	0,0017

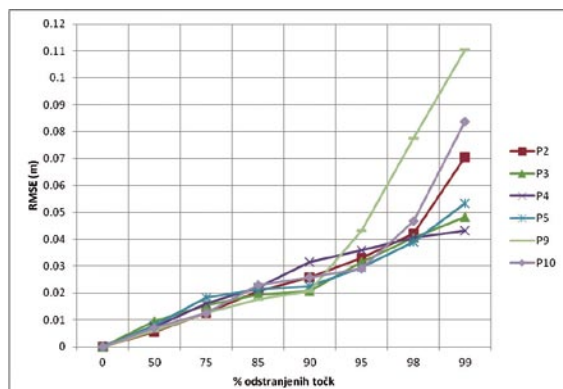
Preglednica 1 • Primerjava srednje absolutne napake (MAE) in srednje napake (ME) za obe površini

Niz profilov vsebuje vodotok in nasip. Primer profila je prikazan na sliki 3. Originalna površina vsebuje 12.768 točk. Profili, dobljeni iz originalne površine, vsebujejo 92 do 128 točk. Dolžina profilov je 50 m, razdalja med njimi pa 20 m.

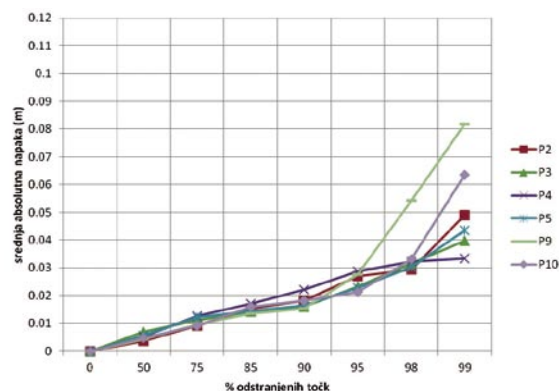


Slika 4 • Primer profila, uporabljanega za analizo

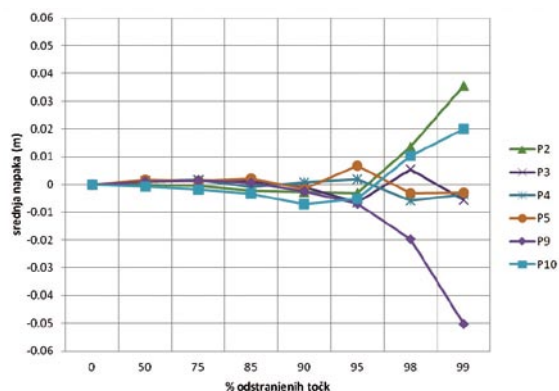
Slike 4–6 prikazujejo povečevanje napake pri poenostavljanju površin za izbrane profile.



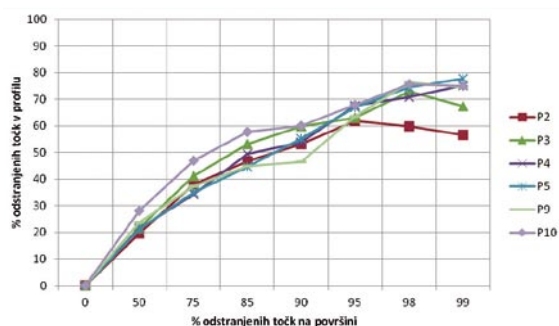
Slika 4 • Koren srednje kvadratne napake (RMSE) v odvisnosti od stopnje poenostavitve površine



Slika 5 • Srednja absolutna napaka (MAE) v odvisnosti od stopnje poenostavitve površine



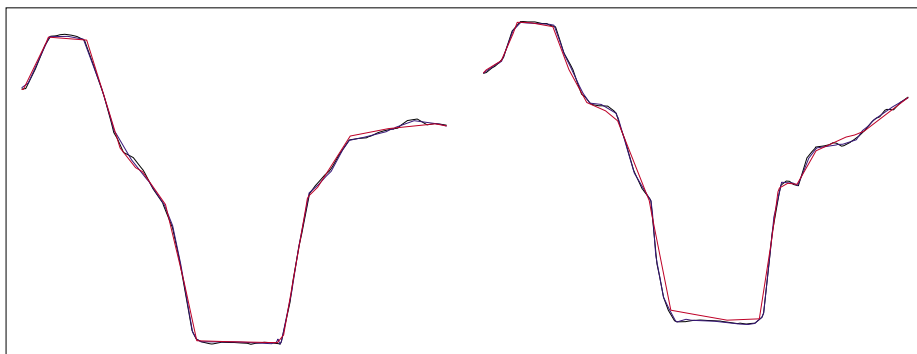
Slika 6 • Srednja napaka (ME) v odvisnosti od stopnje poenostavitve površine



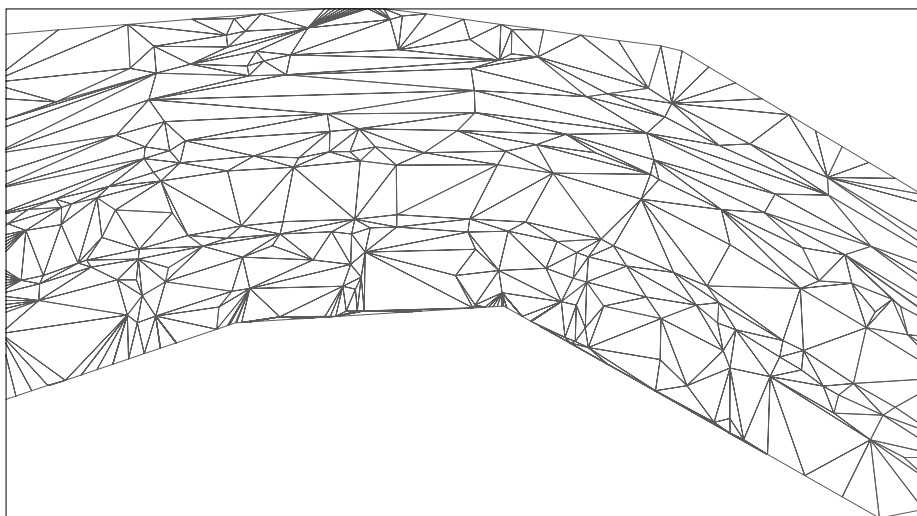
Slika 7 • Zmanjšanje števila točk v profilih v odvisnosti od zmanjšanja točk na površini

Zmanjšanje števila točk na površini (%)	Zmanjšanje števila točk v profilih (%)	Zmanjšanje št. točk v profilih – preračun na površino (%)	RMSE (m)	MAE (m)
50	21	38	0,007	0,005
75	40	64	0,015	0,011
85	51	76	0,020	0,015
90	57	81	0,025	0,018
95	64	87	0,039	0,025
98	71	91	0,050	0,037
99	71	91	0,069	0,051

Preglednica 2 • Povprečne vrednosti za vseh enajst profilov in povprečno zmanjšanje števila točk v profilih



Slika 8 • Primerjava profila P4 (levo, majhne napake) in P9 (desno, večje napake), projiciranega na originalno površino (črna), na površino z odstranjenimi 85 % točk (modro) in 98 % točk (rdeče). Vertikalno merilo je povečano s količnikom 10



Slika 9 • Triangulacija pri 98 % odstranjenih točk – lok vodotok + nasip

Povprečne vrednosti za vseh enajst profilov in povprečno zmanjšanje števila točk v profilih so podani v preglednici 2.

Rezultati kažejo, da lahko ob privzeti toleranci 2 cm iz površin odstranimo 95 % (pretežno ravninski teren) oziroma 85 % (pretežno hribovit teren) točk. V obravnavanih profilih lahko ob enaki omejitvi odstranimo 85–90 % točk. Z izločanjem večjega števila točk se napaka znatno poveča. Poveča se tudi velikost (predznačene) srednje napake, kar vodi do napak pri računih količin izkopa in nasipa. Pri obravnavanih profilih širine 50 m in razdalje 20 m pomeni 1 cm srednje napake 10 m³ napake v računu količin. Vendar se predznak napake spreminja (slika 6), tako da se pri računu odseka z več profili ta napaka zaradi seštevanja različno predznačenih napak zmanjšuje.

Napaka je odvisna od kompleksnosti profilov, kar je lepo razvidno s slike 8. Profil P4, ki vsebuje manjše število lomov, je možno bolj natančno opisati z manjšim številom točk, medtem ko ima profil P9 večje število lomov, zato je napaka večja.

Ugotovimo lahko tudi, da je število ohranjenih točk v profilih večje kot na površini, tudi če delež profilnih točk »pretvorimo« iz linjskih v površinske deleže (tj. kvadriramo). To je ugodna lastnost metode in je posledica podaljševanja trikotnikov v smeri značilnih potez površja (vodotok, nasip – slika 9), kar ohranja točke na profilih.

4 • SKLEP

Pri delu s površinami, ki jih ustvarimo iz LIDAR-skih posnetkov, so lahko časi procesiranja in izračunavanja zaradi velikega števila točk dolgi, kar zmanjšuje udobnost načrtovalskega dela. V ta namen lahko površine poenostavimo.

Pri poenostavljanju površin se izkaže, da lahko z odstranitvijo znatnega števila točk še vedno obdržimo za načrtovanje zadovoljivo točnost, zlasti glede na točnost snemanja. Če privzamemo, da je sprejemljiva srednja

absolutna napaka 2 cm, lahko iz obravnavanih površin odstranimo 95 % (pretežno ravninski teren) oziroma 85 % (pretežno hribovit teren) točk. V obravnavanih profilih lahko ob enaki omejitvi odstranimo 85–90 % točk. Pri večjem poenostavljanju so lahko napake v nekaterih profilih tudi precej večje.

5 • ZAHVALA

Prispevek je nastal v okviru projekta »Inter-aktivna vizualizacija poplavnih območij za

podporo interventnemu ukrepanju«. Projekt je bil financiran v okviru ciljnih raziskoval-

nih projektov »ZNANJE ZA VARNOST IN MIR 2006–2010« pod številko M2-0135.

6 • LITERATURA

Autodesk 2011. AutoCAD Civil 3D 2012 Users Guide, 2011.

Garland, M., Heckbert, P., Surface Simplification Using Quadric Error Metrics, Zbornik SIGGRAPH '97, pp 209-216, Los Angeles, ZDA, avg. 1997.

Yan, J., Shi, P., Zhang, D., Mesh Simplification with Hierarchical Shape Analysis and Iterative Edge Contraction, Transactions on the Visualisation and Computer Graphics, 10/2, pp 142-151, IEEE 2004.

Hoppe, H., DeRose, T., Duchamp, T., McDonald, J., Stuetzle, W., Mesh Optimization, Zbornik SIGGRAPH '93, pp 19-26, Anaheim, ZDA, avg. 1993.

Hoppe, H., Progressive Meshes, Zbornik SIGGRAPH '96, pp 99-108, New Orleans, ZDA, avg. 1996.

Andersson, M., Gudmundsson, J., Levcopoulos, Ch., Restricted Mesh Simplification Using Edge Contractions, Zbornik COCOON 2006, pp 196-204. Taipei, Tajvan, 2006.

Wolle, T., Bodlaender, H. L., A Note on Edge Contraction, Institute of information and computing sciences, Utrecht university, technical report UU-CS-2004-028, 2004.