

december 2022

letnik 71

Gradbeni vestnik

GLASILO ZVEZE DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE IN
MATIČNE SEKCIJE GRADBENIH INŽENIRJEV INŽENIRSKA ZBORNICA SLOVENIJE



303

**DISKRETNNA OPTIMIZACIJA PLANOV
GRADBENIH PROJEKTOV POD OMEJENIMI
STROŠKI Z MEŠANIM CELOŠTEVILSKIM
NELINEARNIM PROGRAMIRANJEM**

Izdajatelj:

**Zveza društev gradbenih inženirjev in
tehnikov Slovenije (ZDGITS),**
Karlovska cesta 3, 1000 Ljubljana,
telefon 01 52 40 200
v sodelovanju z **Matično sekcijo
gradbenih inženirjev Inženirske
zbornice Slovenije (IZS MSG),**
ob podpori **Javne agencije za
raziskovalno dejavnost RS, Fakultete
za gradbeništvo in geodezijo Univerze
v Ljubljani, Fakultete za gradbeništvo,
prometno inženirstvo in arhitekturo
Univerze v Mariboru in Zavoda za
gradbeništvo Slovenije**

Izdajateljski svet:

ZDGITS: **prof. dr. Matjaž Mikoš, predsednik**
izr. prof. dr. Andrej Kryžanowski
Dušan Jukić
IZS MSG: **mag. Gregor Ficko**
mag. Jernej Nučič
mag. Mojca Ravnar Turk
UL FGG: **doc. dr. Matija Gams**
UM FGPA: **prof. dr. Miroslav Premrov**
ZAG: **doc. dr. Aleš Žnidarič**

Uredniški odbor: **izr. prof. dr. Sebastjan
Bratina, glavni in odgovorni urednik**
doc. dr. Milan Kuhta

Lektor: **Jan Grabnar**

Lektorica angleških povzetkov:
Romana Hudin

Tajnica: **Eva Okorn**

Oblikovalska zasnova: **Agencija GIG**

Tehnično urejanje, prelom in tisk:
Kočeviski tisk

Naklada: 450 tiskanih izvodov
3000 naročnikov elektronske verzije

Podatki o objavah v reviji so navedeni
v bibliografskih bazah COBISS in ICONDA
(The Int. Construction Database) ter na
www.zveza-dgits.si

Letno izide 12 števil. Letna naročnina
za individualne naročnike znaša 23,16 EUR;
za študente in upokojene 9,27 EUR;
za družbe, ustanove in samostojne podjetnike
171,36 EUR za en izvod revije; za
naročnike iz tujine 80,00 EUR.
V ceni je všteti DDV.
Poslovni račun ZDGITS pri NLB Ljubljana:
SI56 0201 7001 5398 955

Slika na naslovnici:

gradnja logističnega centra Tedi v Sežani,
foto: GPS Sežana, d. o. o., in Strabag, d. o. o.

**Glasilo Zveze društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije in
Matične sekcije gradbenih inženirjev Inženirske zbornice Slovenije.**
UDK-UDC 05 : 625; tiskana izdaja ISSN 0017-2774;
spletna izdaja ISSN 2536-4332.
Ljubljana, december 2022, letnik 71, str. 301-320

Navodila avtorjem za pripravo člankov in drugih prispevkov

1. Uredništvo sprejema v objavo znanstvene in strokovne članke s področja gradbeništva in druge prispevke, pomembne in zanimive za gradbeno stroko.
2. Znanstvene in strokovne članke pred objavo pregleda najmanj en anonimen recenzent, ki ga določi glavni in odgovorni urednik.
3. Članki (razen angleških povzetkov) in prispevki morajo biti napisani v slovenščini.
4. Besedilo mora biti zapisano z znaki velikosti 12 točk in z dvojnimi presledki med vrsticami.
5. Prispevki morajo vsebovati naslov, imena in priimke avtorjev z nazivi in naslovi ter besedilo.
6. Članki morajo obvezno vsebovati: naslov članka v slovenščini (velike črke); naslov članka v angleščini (velike črke); znanstveni naziv, imena in priimke avtorjev, strokovni naziv, navadni in elektronski naslov; oznako, ali je članek strokoven ali znanstven; naslov POVZETEK in povzetek v slovenščini; ključne besede v slovenščini; naslov SUMMARY in povzetek v angleščini; ključne besede (key words) v angleščini; naslov UVOD in besedilo uvoda; naslov naslednjega poglavja (velike črke) in besedilo poglavja; naslov razdelka in besedilo razdelka (neobvezno); ... naslov SKLEP in besedilo sklepa; naslov ZAHVALA in besedilo zahvale (neobvezno); naslov LITERATURA in seznam literature; naslov DODATEK in besedilo dodatka (neobvezno). Če je dodatkov več, so ti označeni še z A, B, C itn.
7. Poglavja in razdelki so lahko oštevilčeni. Poglavja se oštevilčijo brez končnih pik. Denimo: 1 UVOD; 2 GRADNJA AVTOCESTNEGA ODSEKA; 2.1 Avtocestni odsek ... 3 ...; 3.1 ... itd.
8. Slike (risbe in fotografije s primerno ločljivostjo) in preglednice morajo biti razporejene in omenjene po vrstnem redu v besedilu prispevka, oštevilčene in opremljene s podnapisi, ki pojasnjujejo njihovo vsebino.
9. Enačbe morajo biti na desnem robu označene z zaporedno številko v okroglem oklepaju.
10. Kot decimalno ločilo je treba uporabljati vejico.
11. Uporabljena in citirana dela morajo biti navedena med besedilom prispevka z oznako v obliki oglatih oklepajev: [priimek prvega avtorja ali kratica ustanove, leto objave]. V istem letu objavljena dela istega avtorja ali ustanove morajo biti označena še z oznakami a, b, c itn.
12. V poglavju LITERATURA so uporabljena in citirana dela razvrščena po abecednem redu priimkov prvih avtorjev ali kraticah ustanov in opisana z naslednjimi podatki: priimek ali kratica ustanove, začetnica imena prvega avtorja ali naziv ustanove, priimki in začetnice imen drugih avtorjev, naslov dela, način objave, leto objave.
13. Način objave je opisan s podatki: knjige: založba; revije: ime revije, založba, letnik, številka, strani od do; zborniki: naziv sestanka, organizator, kraj in datum sestanka, strani od do; raziskovalna poročila: vrsta poročila, naročnik, oznaka pogodbe; za druge vrste virov: kratek opis, npr. v zasebnem pogovoru.
14. Prispevke je treba poslati v elektronski obliki v formatu MS WORD glavnemu in odgovornemu uredniku na e-naslov: sebastjan.bratina@fgg.uni-lj.si. V sporočilu mora avtor napisati, kakšna je po njegovem mnenju vsebina članka (pretežno znanstvena, pretežno strokovna) oziroma za katero rubriko je po njegovem mnenju prispevek primeren.

Uredništvo

VSEBINA CONTENTS

VOŠČILO

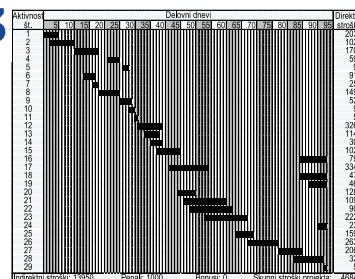
izr. prof. dr. Andrej Kryžanowski, univ. dipl. inž. grad.
VOŠČILO PREDSEDNIKA ZDGITS

302

ČLANKI PAPERS

red. prof. dr. Uroš Klanšek, univ. dipl. gosp. inž.
**DISKRETNNA OPTIMIZACIJA PLANOV
GRADBENIH PROJEKTOV POD OMEJENIMI
STROŠKI Z MEŠANIM CELOŠTEVILSKIM
NELINEARNIM PROGRAMIRANJEM
DISCRETE OPTIMIZATION OF CONSTRUCTION
PROJECT SCHEDULES UNDER CONSTRAINED
COSTS BY MIXED-INTEGER NONLINEAR
PROGRAMMING**

303



POROČILO S STROKOVNEGA SREČANJA

izr. prof. dr. Primož Može, univ. dipl. inž. grad.
doc. dr. Jože Lopatič, univ. dipl. inž. grad.
**43. ZBOROVANJE GRADBENIH
KONSTRUKTORJEV SLOVENIJE**

311



FOTOREPORTAŽA Z GRADBIŠČ

Roman Leiler, Kolektor CPG, d. o. o.
GRADNJA BRVI ČEZ REKO SOČO V SOLKANU

313



VSEBINA LETNIKA 71/2022

Eva Okorn

319

NOVI DIPLOMANTI

Eva Okorn

KOLEDAR PRIREDITEV

Eva Okorn

izr. prof. dr. Andrej Kryžanowski, univ. dipl. inž. grad.



VOŠČILO PREDSEDNIKA ZDGITS

V letošnjem letu nam je uspelo dokončati zastavljene cilje glede prenove Gradbenega vestnika z oddajo vloge za vpis v bibliografsko bazo Scopus. Na tem mestu bi posebej omenil velik prispevek uredništva revije in tajništva naše zveze, brez katerih ne bi nikakor zmogli izpeljati tega izjemno zahtevnega postopka. Morda smo bili na začetku kar malo preveč optimistični, da bomo lahko postopek izpeljali brez večjih težav zgolj zaradi dolgoletne tradicije izdajanja Gradbenega vestnika. Žal je bilo na tej poti kar nekaj ovir, ki smo jih z izjemno voljo in naporom na koncu le premostili. Vpis v bibliografsko bazo Scopus pomeni tudi večje možnosti na razpisih za pridobivanje proračunskih sredstev, ker se v zadnjih letih vse bolj prednostno obravnava tiste publikacije, ki so uvrščene v mednarodne baze. Več sredstev pomeni tudi dodatno spodbudo in pomoč pri izdaji naše publikacije, ker smo v letošnjem letu zaradi zaostrenih ekonomskih razmer soočeni z nepredvidljivim porastom stroškov, ki jih s trudom še vedno uspevamo pokrivati z lastno udeležbo ZDGITS. V vodstvu ZDGITS se zavedamo pomena izdajanja revije in ohranjanja statusa društva, ki deluje v javnem interesu na področju raziskovalne dejavnosti,

da Gradbeni vestnik tudi v času zaostrenih ekonomskih razmer izhaja v nespremenjenem obsegu tudi v nadalje.

V zadnjih letih je razveseljujoče to, da za slovensko gradbeništvo še kar traja obdobje razcveta in tudi v prihodnje so obeti kar spodbudni. Iz dnevnoinformativnih glasil lahko spremljamo novice o številnih dosežkih gradbene stroke. Žal pa se ti dosežki zgolj sramežljivo pojavljajo v našem glasilu. Želeli bi malo več vsebin o izvajanju aktualnih projektov kakor tudi o problemih, ki zadevajo prihodnost razvoja gradbeništva, na primer: predstavitev novih tehnologij načrtovanja v gradbeništvu (BIM), za katere sem prepričan, da take teme zanimajo tudi širšo javnost zunaj gradbene stroke. Na tem mestu želim nasloviti vse, ki se vsakodnevno srečujejo z zanimivostmi v sklopu svojega strokovnega delovanja, da svoje izkušnje delijo v našem skupnem glasilu in tako prispevajo k kvaliteti publikacije in ne nazadnje prepoznavnosti naše stroke in področij našega delovanja.

Ob tej priložnosti mi dovolite, da vam v prihajajočem letu iskreno zaželim veliko veselja, sreče, osebnih uspehov in miru.

red. prof. dr. Uroš Klanšek, univ. dipl. gosp. inž.

uros.klansek@um.si

Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo,
prometno inženirstvo in arhitekturo
Smetanova 17, 2000 Maribor



Znanstveni članek

UDK 519.8:69.05(497.412)

DISKRETNA OPTIMIZACIJA PLANOV GRADBENIH PROJEKTOV POD OMEJENIMI STROŠKI Z MEŠANIM CELOŠTEVILSKIM NELINEARNIM PROGRAMIRANJEM

DISCRETE OPTIMIZATION OF CONSTRUCTION PROJECT SCHEDULES UNDER CONSTRAINED COSTS BY MIXED-INTEGER NONLINEAR PROGRAMMING

Povzetek

Članek predstavlja diskretno optimizacijo planov gradbenih projektov pod omejenimi stroški z mešanim celoštevilskim nelinearnim programiranjem (MINLP). Model MINLP obsega stroškovno namensko funkcijo, ki jo je treba minimizirati, in pogoje (ne)enačbe posplošenih časovnih povezav, trajanja projekta, logičnih odnosov ter omejenih stroškov. Predlagani model dovoljuje vnos raznovrstnih nelinearnih izrazov, kakor tudi zagotavlja eksaktne optimalne planske podatke za vodenje gradbenega projekta v obliki gantograma, histograma in S-krivulje skupnih stroškov. Uporabnik lahko s podanim modelom izvede optimalno planiranje aktivnosti sočasno z (ne)linearno omejenimi skupnimi stroški projekta za vsako diskretno enoto delovnega časa. Hkrati se je možno spoprijeti s časovno odvisnimi omejitvami na posamičnih in kumulativnih vrednostih skupnih stroškov projekta. V članku je podan primer uporabe z namenom prikaza prednosti predlaganega modela.

Ključne besede: planiranje, gradbeni projekti, diskretna optimizacija, omejeni stroški, mešano celoštevilsko nelinearno programiranje

Summary

This article presents the discrete optimization of construction project schedules under constrained costs by mixed-integer nonlinear programming (MINLP). The MINLP model comprises a cost objective function to be minimized and conditional (in)equalities of generalized precedence relations, project duration, logical relationships and constrained costs. The proposed model allows the input of various nonlinear expressions and provides exact optimal scheduling data for managing a construction project in the form of a Gantt chart, a histogram and a S-curve of the total costs. With the given model, the user can carry out optimal scheduling of activities while (non)linearly constraining total project costs for each discrete unit of working time. Concurrently, it is possible to cope with time-dependent constraints on both the incremental and cumulative values of the total project costs. The article provides an application example in order to show the advantages of the proposed model.

Key words: scheduling, construction projects, discrete optimization, constrained costs, mixed-integer nonlinear programming

1 UVOD

Optimalno planiranje aktivnosti in časovna porazdelitev skupnih stroškov predstavljata pomembna izziva za menedžment gradbenih projektov. Prekoračitve stroškov in rokov so težave, ki nastopajo v praksi in vplivajo na uspešnost projektov. Tako se stroškovno učinkovito planiranje, ki temelji na usklajenih planih in stroškovnikih, pogosto izkaže kot pomemben pogoj za doseganje likvidnosti ter donosnosti gradbenega projekta. Znano dejstvo, ki ga treba upoštevati med operativnim planiranjem, da bi lahko dosegli uspešen zaključek projekta, je, da različno trajanje projekta običajno pomeni tudi različne skupne stroške projekta. Vendar kakor hitro se postavi zahteva, da se časovna porazdelitev skupnih stroškov projekta mora doseči pod uvedenimi omejitvami, medtem ko obstajajo različne variante za trajanje aktivnosti, stroškovno optimalno planiranje projekta postane precej zahtevna naloga.

V zgodnjih raziskavah stroškovno optimalnega planiranja projektov so razmerja med časom in stroški bila predpostavljena kot linearna [Fulkerson, 1961], kar je seveda omogočalo eksaktno reševanje optimizacijskih problemov s pomočjo metod linearnega programiranja (LP), ki so takrat bile na razpolago. Vseeno so že prve študije na tem področju pokazale, da so dejanski odnosi med časom in stroški pri projektih v praksi le redko linearni. Da bi pri optimizaciji planov projektov zajeli nelinearno naravo zveze med časom in stroški, so pozneje bili predlagani modeli nelinearnega programiranja (NLP), glej npr. [Klanšek, 2010]. Kljub dokazani uporabnosti optimizacijskih metod LP in NLP je tukaj vendarle treba izpostaviti dejstvo, da so plani gradbenih projektov v praksi najpogostejše določeni v diskretnih časovnih enotah, npr. v delovnih dnevih, ki jih omejene metode lahko naslovijo le s postopkom zaokroževanja zveznih rešitev.

Ker LP in NLP omogočata le zvezno optimizacijo, so bili razviti modeli mešanega celoštevilskega linearnega programiranja (MILP), s katerimi je možno diskretne odločitvene spremenljivke problemov planiranja projektov obravnavati s pomočjo eksaktnih metod na ekspliciten način [Manesi, 2013]. Raziskovalna prizadevanja na tem področju so prispevala široko paleto raznovrstnih tehnik eksaktne optimizacije ([De, 1995], [Demeulemeester, 1998], [Hazir, 2010], [Moussourakis, 2004], [Vanhoucke, 2005]). Pri tem so bili nelinearni izrazi v optimizacijskih modelih, razvitih za diskretne probleme planiranja projektov, pogosto aproksimirani z diskretiziranimi, linearnimi ali kosoma linearnimi funkcijami, saj algoritmi MILP lahko obravnavajo samo takšne odnose med spremenljivkami.

Da se preseže potreba po diskretiziranih, linearnih ali kosoma linearnih izrazih in zagotovi eksaktna diskretna optimizacija planov gradbenih projektov, ki se izvaja pri nelinearnih razmerjih med časom in stroški, sta Klanšek in Pšunder [Klanšek, 2012] predlagala pristop mešanega celoštevilskega nelinearnega programiranja (MINLP). Predstavljeni optimizacijski model MINLP je eksplicitno obravnaval diskretne spremenljivke in ni zahteval zaokroževanja zvezne rešitve v celoštevilsko rešitev. Nekoliko pozneje sta pomembni prispevek na tem področju podala Al Haj in El-Sayegh [Al Haj, 2015], ki sta predstavila model MINLP, ki je bil razvit za stroškovno optimizacijo planov projektov ob upoštevanju vpliva izgub z naslova časovnih rezerv. Nadaljnje raziskave so pokazale, da je z modeli MINLP možno izvajati diskretno optimizacijo planov tudi ob nekonveksnem

obnašanju skupnih stroškov projekta glede na njegovo trajanje [Cajzek, 2018] in da se takšni modeli prav tako lahko povežejo s komercialnimi orodji za upravljanje projektov v enovite sisteme za optimalno operativno planiranje [Dasović, 2021].

Čeprav časovna porazdelitev omejenih skupnih stroškov projekta v navedenih delih ni bila obravnavana, so modeli MINLP izkazali napredne zmogljivosti in potencial za nadaljnji razvoj. Vsekakor je treba omeniti, da je porazdelitev skupnih stroškov v literaturi izpostavljena kot pomembna sestavina planiranja projektov [Cheng, 2011]. Zato je bila motivacija za pričujoče delo zagotoviti orodje za eksaktno MINLP-optimizacijo planov gradbenih projektov, ki jo je mogoče izvesti skupaj s sprejemljivo časovno porazdelitvijo minimalnih skupnih stroškov. Članek tako predstavlja model za diskretno optimizacijo planov gradbenih projektov pod omejenimi stroški z MINLP. Model MINLP obsega stroškovno namensko funkcijo, ki jo je treba minimizirati, in pogoje (ne)enačbe posplošenih časovnih povezav, trajanja projekta, logičnih odnosov ter omejenih stroškov. V članku je podan primer uporabe z namenom prikaza prednosti predlaganega modela.

2 OBSTOJEČI DEL FORMULACIJE OPTIMIZACIJSKEGA MODELA

V prejšnjem članku [Cajzek, 2018] je bila podrobno podana formulacija modela MINLP za stroškovno optimalno terminsko planiranje gradbenih projektov. Navedena formulacija je v celoti zajeta v optimizacijskem modelu MINLP, ki je predlagan v pričujočem članku, in predstavlja njegov že obstoječi sestavni del. Cilj optimizacije tako ostaja nespremenjen, tj. planiranje gradbenega projekta pri minimalnih skupnih stroških. Pri tem lahko spomnimo, da je pred optimizacijo treba v obstoječem delu formulacije modela opredeliti naslednje parametre: (i) rok za dokončanje projekta; (ii) pogodbeno nagrado in kazni; (iii) indirektna stroške projekta; (iv) alternative za trajanja in direktne stroške aktivnosti; (v) časovne povezave med aktivnostmi; (vi) zgornje in spodnje meje za pričetke in trajanja aktivnosti, trajanje projekta, zamudo in časovni prihranek ob zaključku projekta. Z optimizacijo se potem določijo vrednosti spremenljivk (kot so pričetki in trajanja aktivnosti, trajanje projekta, zamuda ali časovni prihranek ob zaključku projekta idr.), ki služijo planiranju gradbenega projekta pri minimalnih skupnih stroških. V izogibitev nepotrebnemu ponavljanju bo omenjeni del formulacije tukaj le na kratko povzet ob citiranju številnih enačb, bralec pa lahko podrobnosti matematičnih izrazov in njihovega delovanja v optimizacijskem modelu poišče v prej navedeni referenci. Uporabljeni simboli, npr. za indekse, parametre in spremenljivke ter nadaljnje številčenje dodanih (ne)enačb, so v obeh člankih ravno tako medsebojno usklajeni, da je ob branju možno enostavno povezati vsebine.

Obstoječi sestavni del formulacije modela MINLP vsebuje namensko funkcijo skupnih stroškov projekta, ki se minimizira glede na pogoje posplošenih časovnih povezav med aktivnostmi, trajanjem projekta in logičnimi odnosi med parametri ter spremenljivkami problema planiranja, glej enačbe (1–16) v referenci [Cajzek, 2018]. Namenska funkcija v enačbi (1) vsebuje direktne stroške projektnih aktivnosti, indirektna stroške projekta, stroške pogodbene kazni za zamudo (penale) in pogodbeno nagrado za predčasno dokončanje projekta (bonus). S pogoji posplošenih časovnih povezav v enačbah (2–5) se do-

ločijo zveze med obravnavanimi aktivnostmi in njihovimi neposredno sledečimi aktivnostmi, to so: konec-začetek (Finish-to-Start: FS), začetek-začetek (Start-to-Start: SS), konec-konec (Finish-to-Finish: FF) in začetek-konec (Start-to-Finish: SF). Pri tem so povezave med aktivnostmi sedaj urejene tako, da iste binarne spremenljivke, ki izberejo trajanja aktivnosti, sočasno izberejo tudi pripadajoče časovne zamike po enakem principu, kot je to pozneje opredeljeno v logičnih enačbah (9–10).

Pogojna neenačba (6) zagotavlja, da bodo vse aktivnosti zaključene med trajanjem projekta, medtem ko pogojna enačba (7) definira odnos med trajanjem projekta, trajanjem zamude pri dokončanju projekta, dolžino časovnega prihranka pri predčasnem zaključku projekta in rokom za dokončanje projekta. Enačba (8) upošteva dejstvo, da projekt ne more sočasno zamujati in prehitevati, lahko pa je izveden pravočasno. Logične omejitve v enačbah (9–10) služijo za izbor optimalnih diskretnih rešitev za trajanja aktivnosti. Obstoječi sestavni del formulacije optimizacijskega modela vsebuje še izraze (11–16), ki določajo meje in definicijska območja spremenljivk.

3 DODANI DEL FORMULACIJE OPTIMIZACIJSKEGA MODELA

3.1 Diskretno planiranje aktivnosti projekta

Za usklajeno optimizacijo medsebojno povezanih planskih podatkov po diskretnih enotah delovnega časa, npr. po delovnih dnevih, je treba definirati posebno množico [Klanšek, 2016]. V predlaganem modelu je zato deklarirana množica T , ki določa enote delovnega časa $t, t \in T$. Zatem je vzpostavljen vektor binarnih odločitvenih spremenljivk $\mathbf{yw} = \{yw_{i,t}\}$, ki služi za izbor optimalnih enot delovnega časa za izvedbo aktivnosti $i, i \in I$, tj. določitev enot delovnega časa aktivnosti $W_{i,t}$. Aktivnost $i, i \in I$, se torej planira izvesti v razpoložljivi enoti delovnega časa aw_t , ko dodeljena binarna spremenljivka $yw_{i,t}$ zavzame vrednost 1. Na ta način so binarne spremenljivke $yw_{i,t}$ enake 0 pri vseh razpoložljivih enotah delovnega časa, v katerih se aktivnosti ne bodo izvajale. Enote delovnega časa aktivnosti $W_{i,t}$ so tako opredeljene z naslednjim izrazom:

$$W_{i,t} = yw_{i,t} aw_t \quad i \in I \quad t \in T \quad (17)$$

kjer so razpoložljive enote delovnega časa aw_t generirane v superstrukuro diskretnih alternativ s pomočjo celoštevilskih konstant (npr. $aw_t = 1$ za prvi delovni dan, $aw_t = 2$ za drugega itd.). Neničelne vrednosti $W_{i,t}$ torej podajajo tiste enote delovnega časa, ki so izbrane za izvedbo projektne aktivnosti.

Glede na to, da mora biti število izbranih enot delovnega časa za izvedbo projektne aktivnosti enako njenemu trajanju D_i , predlagani optimizacijski model vsebuje tudi naslednjo zvezo:

$$D_i = \sum_{t \in T} yw_{i,t} \quad i \in I \quad (18)$$

Poleg tega mora biti vsaka izbrana enota delovnega časa $W_{i,t}$ umeščena med začetnim in končnim časom projektne aktivnosti. V ta namen je v modelu definirana naslednja omejitev:

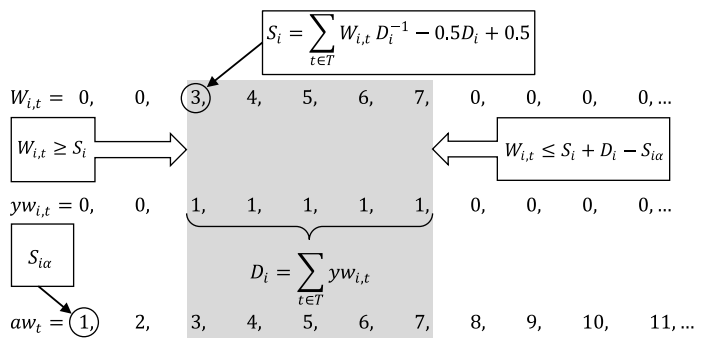
$$S_i \leq W_{i,t} \leq S_i + D_i - S_{i\alpha} \quad i \in I \quad t \in T \quad (19)$$

kjer S_i označuje čas pričetka aktivnosti, indeks $i\alpha$ pa predstavlja začetno aktivnost pri projektu.

Začetek projektne aktivnosti mora sovpadati s prvo enoto delovnega časa, ki ji je dodeljena. To razmerje je opredeljeno z naslednjo enačbo:

$$S_i = \sum_{t \in T} W_{i,t} D_i^{-1} - 0.5 D_i + 0.5 \quad i \in I \quad t \in T \quad (20)$$

Za boljši prikaz skupne interakcije pogojnih (ne)enačb dodeljevanja enot delovnega časa, formuliranih z izrazi (17–20), je na sliki 1 predstavljen primer, ki opisuje razmerja med razpoložljivimi enotami delovnega časa aw_t , dodeljenimi enotami delovnega časa $W_{i,t}$, časi pričetkov aktivnosti S_i , trajanji aktivnosti D_i in binarnimi odločitvenimi spremenljivkami $yw_{i,t}$.



Slika 1. Razmerja med razpoložljivimi enotami delovnega časa, dodeljenimi enotami delovnega časa, časi pričetkov in trajanji aktivnosti ter binarnimi odločitvenimi spremenljivkami.

Enote delovnega časa projekta se ugotovijo s podporo binarnih odločitvenih spremenljivk $\mathbf{yp} = \{yp_t\}$. Razpoložljiva enota delovnega časa aw_t se lahko izbere kot enota delovnega časa projekta samo takrat, ko njej dodeljena binarna spremenljivka yp_t zavzame vrednost 1, pri čemer omenjena enota mora hkrati nastopati v okviru ugotovljenega trajanja projekta DP . To zagotavlja sledeči pogoj, ki je vključen v model:

$$DP \geq yp_t aw_t \quad t \in T \quad (21)$$

Možnosti dokončanja projekta so določene s podmnožico $f, f \in F(t)$. Na osnovi tega je bilo razmerje med ciljnim trajanjem projekta DT in ugotovljenim trajanjem projekta DP formulirano kot:

$$DT - DP = \sum_{f \in F(t)} yc_f \delta_f \quad (22)$$

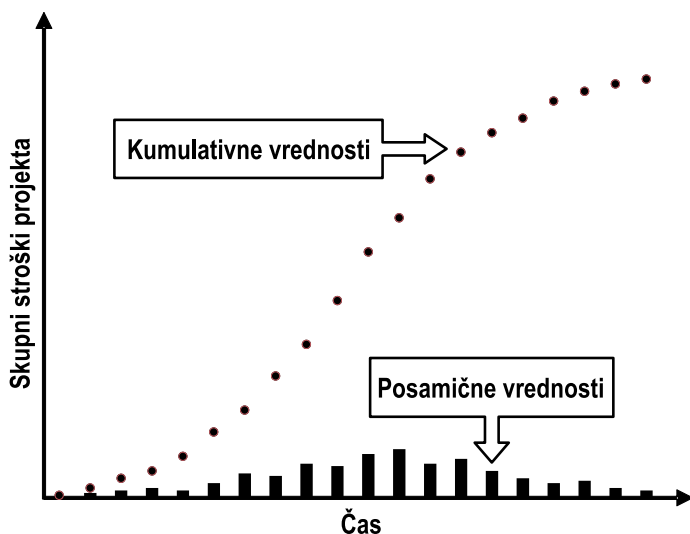
kjer so binarne spremenljivke yc_f uporabljene za odločitev o tem, ali je optimalno dokončati projekt zgodaj, pozno ali v predvidenem času, parametri δ_f pa so določeni za opredelitev diskretnih alternativ za obdobja zgodnjega in poznega dokončanja ter predvidenega časa projekta.

Alternativna obdobja zgodnjega zaključka projekta so določena s pozitivnimi celimi števili, medtem ko so variante poznega zaključka projekta določene z negativnimi celimi števili. Možnost izbire pravočasnega zaključka projekta je omogočena z $\delta_f = 0$. Ker se v katerikoli rešitvi lahko izbere le ena od generiranih alternativ zaključka projekta, so binarne spremenljivke yc_f dodatno omejene z naslednjim izrazom:

$$\sum_{f \in F(t)} yc_f = 1 \quad (23)$$

3.2 Diskretno planiranje stroškov projekta

Gradbene projekte je pogosto treba izvesti pod različnimi stroškovnimi omejitvami, ki jih narekujejo razpoložljiva finančna sredstva. Za operativno planiranje pod takšnimi pogoji je pomembno vzeti v obzir porazdelitev posamičnih in kumulativnih vrednosti skupnih stroškov po enotah delovnega časa projekta, glej sliko 2.



Slika 2. Porazdelitev posamičnih in kumulativnih vrednostih skupnih stroškov projekta.

Ob predpostavki enakomerne porazdelitve stroškov na nivoju aktivnosti in tudi na ravni projekta kot celote se ugotovljeni skupni stroški projekta razporedijo in dodelijo vsaki enoti delovnega časa z izrazom:

$$TC_t = \sum_{i \in I} y_{w_{i,t}} C_i D_i^{-1} + y_{p_t} [cd_t + \sum_{f \in F(t)} (pd_f - bd_f) yc_f] \quad t \in T \quad (24)$$

kjer so TC_t posamična vrednost skupnega stroška projekta v delovnem času t , $t \in T$; C_i direktni strošek projektne aktivnosti i , $i \in I$; cd_t vrednost indirektnega stroška v delovnem času t , $t \in T$; pd_f in bd_f pogodbeni kazni in bonus na enoto delovnega časa pri varianti zaključka projekta f , $f \in F(t)$.

Zgornji izraz je bil razvit ob predpostavki, ki se običajno uporablja pri praktičnem planiranju gradbenih projektov, tj., da se projektne aktivnosti izvajajo s stalno intenzivnostjo dela. V tem smislu prvi del enačbe (24), tj. $\sum_{i \in I} y_{w_{i,t}} C_i D_i^{-1}$, zajame prispevek direktnih stroškov vseh projektne aktivnosti $i \in I$ pri enoti delovnega časa t , $t \in T$, kjer binarne spremenljivke $y_{w_{i,t}}$ zagotovijo, da je prispevek posamezne aktivnosti dodeljen samo pri enotah delovnega časa aktivnosti (tj. pri $y_{w_{i,t}} = 1$) in da je le-ta enak 0 pri enotah delovnega časa, v katerih se aktivnost ne izvaja (tj. pri $y_{w_{i,t}} = 0$), glej tudi enačbo (17).

Drugi del enačbe (24), tj. $y_{p_t} [cd_t + \sum_{f \in F(t)} (pd_f - bd_f) yc_f]$, zatem zaobjame še planirani prispevek indirektnih stroškov projekta in pogodbeni kazni oz. bonusa pri enoti delovnega časa t , $t \in T$. Tukaj so binarne spremenljivke y_{p_t} izkoriščene za dodelitev prispevkov planiranih indirektnih stroškov in pogodbeni kazni oz. bonusa samo enotam delovnega časa projekta, odločitvene spre-

menljivke yc_f , pa so uporabljene, da se pri tem vzame v obzir izbrani način dokončanja projekta, glej tudi pogoje (21) in (23).

Potem ko so skupni stroški projekta porazdeljeni po enotah delovnega časa, se tudi kumulativne vrednosti skupnih stroškov CTC_t dodelijo enotam delovnega časa t , $t \in T$, z naslednjo enačbo:

$$CTC_t = TC_t + CTC_{t-1} \quad t \in T \quad (25)$$

Ob upoštevanju, da enačbe (24–25) omogočajo planiranje stroškov pri vsaki enoti delovnega časa projekta, planer lahko v optimizacijski model vključi tudi različne časovno odvisne omejitve stroškov.

Primer stroškovnih omejitev, ki lahko nastopijo pri planiranju gradbenega projekta, so časovno odvisne zgornje meje posamičnih vrednosti skupnih stroškov projekta TC_t . V situacijah, ko posamične vrednosti skupnih stroškov pri enotah delovnega časa ne smejo preseči predvidenih najvišjih dovoljenih časovno odvisnih vrednosti TC_t^{max} , je možno znotraj optimizacijskega modela aktivirati naslednjo stroškovno omejitev:

$$TC_t \leq TC_t^{max} \quad t \in T \quad (26)$$

Najvišje dovoljene časovno odvisne posamične vrednosti skupnih stroškov TC_t^{max} se pri praktičnem planiranju gradbenih projektov pogosto fiksirajo s konstantnimi parametri. Vendar se zgornja meja ravno tako lahko določi tudi z uporabo različnih (ne)linearnih izrazov v obliki $TC_t^{max} = f(aw_t)$.

Predlagani optimizacijski model nadalje omogoča planerju, da pri vsaki enoti delovnega časa vzame v obzir tudi omejitve kumulativnih vrednosti skupnih stroškov projekta CTC_t . To lahko stori z naslednjo pogojo neenačbo:

$$CTC_t \leq CTC_t^{max} \quad t \in T \quad (27)$$

kjer CTC_t^{max} predstavlja najvišjo dovoljeno kumulativno vrednost skupnih stroškov projekta pri enoti delovnega časa t , $t \in T$.

V splošnem se lahko izraz CTC_t^{max} definira v linearni ali nelinearni obliki. V primerih, ko so zgornje meje kumulativnih stroškov odvisne od časa, jih je možno vključiti v optimizacijski model kot $CTC_t^{max} = f(aw_t)$. Takrat CTC_t^{max} v bistvu predstavlja nabor vhodnih podatkov, ki med procesom optimizacije ostanejo nespremenjeni. Po drugi strani, ko so omejitve kumulativnih vrednosti skupnih stroškov projekta odvisne od časov dokončanja nekaterih določenih ključnih aktivnosti, jih je možno opredeliti z $y_{w_{i,t}}$ $CTC_t \leq CTC_t^{max}$. Na ta način lahko zgornjo mejo CTC_t^{max} usmerjajo vrednosti tistih binarnih spremenljivk $y_{w_{i,t}}$, ki so bile uporabljene za izbiro enot delovnega časa za ključne aktivnosti. Skladno s tem je omejitev, definirana z enačbo (27), aktivirana za ključno aktivnost i , $i \in I$, v enoti delovnega časa t , $t \in T$, če je dodeljena binarna spremenljivka $y_{w_{i,t}}$ enaka 1, medtem ko je le-ta deaktivirana, kadar so binarne spremenljivke $y_{w_{i,t}}$ enake na 0 pri enotah delovnega časa, v katerih se aktivnost ne izvaja.

4 PRIMER

V tem poglavju se v bistvu nadaljuje primer iz članka [Cajzek, 2018] z namenom prikazati karakteristike predlaganega modela MINLP, ki so bile pridobljene z dodanim delom

formulacije iz poglavja 3. Spomnimo, primer obravnava projekt nadgradnje obstoječe dvopasovne hitre ceste v štiripasovno avtocesto z nadzorovanimi prometnimi priključki iz reference [Sakellaropoulos, 2004]. Diskretna optimizacija planov za navedeni projekt je bila izvedena z osebnim računalnikom na 64-bitnem operacijskem sistemu s procesorjem Intel(R) Xeon(R) W-2255, 3,70 GHz, s 64 GB delovnega pomnilnika in trdim diskom SSD velikosti 512 GB, rezultati pa so bili pridobljeni približno v 20 sekundah. Modeliranje optimizacijskega problema je bilo opravljeno brez dodatnih rutin s pomočjo naprednega algebrskega jezika General Algebraic Modelling System [GAMS, 2022], za izvedbo MINLP-optimizacije pa je bila uporabljena metoda vejiranja in reduciranja [Ryoo, 1996] preko računalniškega algoritma BARON [Khajavirad, 2018].

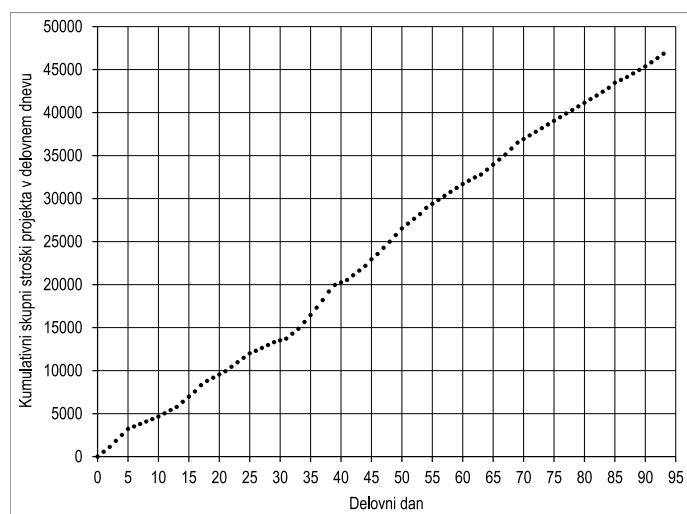
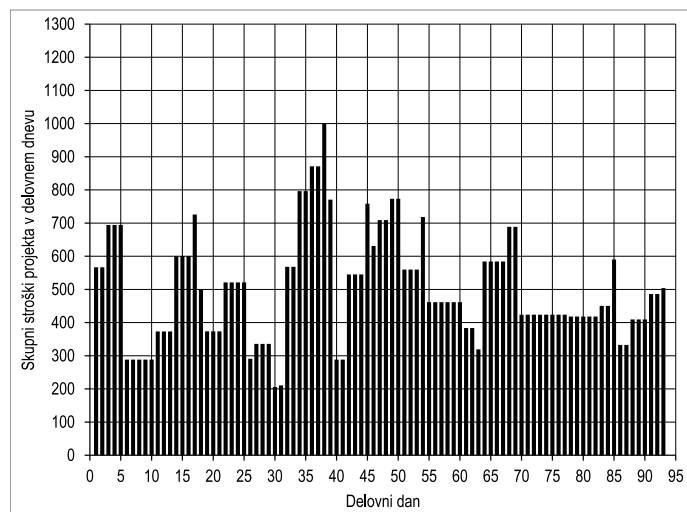
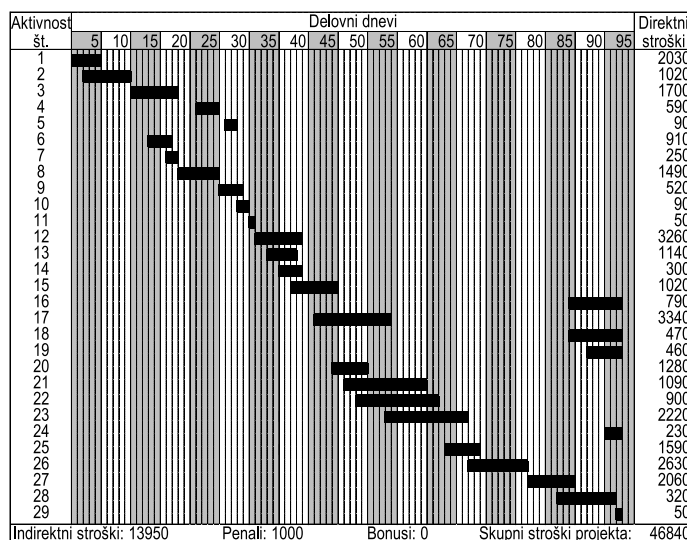
4.1 Vhodni podatki in izhodiščna rešitev za optimizacijo

Vhodni podatki in izhodiščna rešitev terminskega plana za obravnavani projekt so podrobno predstavljeni v članku [Cajzek, 2018]. Iz navedene reference je tako možno razbrati naslednje vhodne podatke: aktivnosti projekta; časovne povezave in zamike; rok za dokončanje projekta; indirektni stroške; pogodbeno kazen in nagrado; možnosti izvedbe aktivnosti s pripadajočimi trajanji in direktnimi stroški. Izhodiščno rešitev za optimizacijo določajo gantogram začetnega terminskega plana iz reference [Cajzek, 2018] in pripadajoči histogram ter S-krivulja skupnih stroškov projekta, glej sliko 3.

Izhodiščna rešitev za optimizacijo je opredeljena tako, da so projektne aktivnosti nastavljene v normalna trajanja ob minimalnih direktnih stroških in popolni izrabi časovnih rezerv. Ob aktiviranju stroškovnih omejitev se pri optimizaciji plana pričakuje tako premiki aktivnosti v območju, ki ga določajo meje na spremenljivkah S_i (optimizacija trajanja projekta preko pospeševanja kritičnih aktivnosti) kakor tudi premiki nekritičnih aktivnosti v okviru časovnih rezerv (optimizacija plana pri enako dolgem trajanju projekta s premiki nekritičnih aktivnosti), in je zato primerno v model vključiti celotno dopustno območje spremenljivk S_i . Nekritične aktivnosti zaradi popolne izrabe časovnih rezerv zavzamejo v gantogramu najbolj desne položaje, ki so možni. Po izhodiščnem terminskem planu bi projekt trajal 93 dni, skupni stroški izvedbe aktivnosti pa bi znašali 46.840 denarnih enot, glej gantogram in S-krivuljo na sliki 3. Indirektni stroški projekta bi obsegali 13.950 denarnih enot, dodatno pa bi bila zajeta tudi najvišja možna pogodbeno kazen 1000 denarnih enot zaradi 18 dnevne prekoračitve roka. Najvišja posamična vrednost skupnih stroškov projekta bi nastopila 38 delovni dan, znašala pa bi 998,75 denarne enote, glej histogram na sliki 3.

4.2 Optimizacija planskih podatkov

Za boljše predstavitev delovanja predlaganega modela MINLP bo najprej obravnavana optimizacija planskih podatkov brez omejitev skupnih stroškov projekta z upoštevanjem najzgodnejših časov pričetkov aktivnosti. Optimizacija planskih



Slika 3. Gantogram začetnega terminskega plana in pripadajoči histogram ter S-krivulja skupnih stroškov projekta.

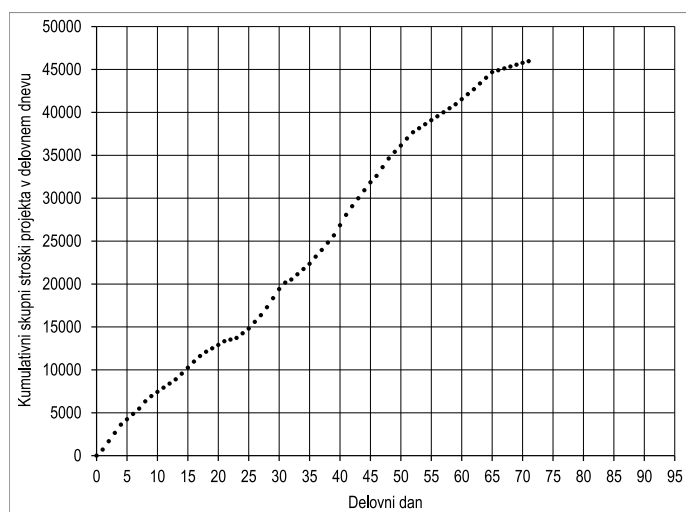
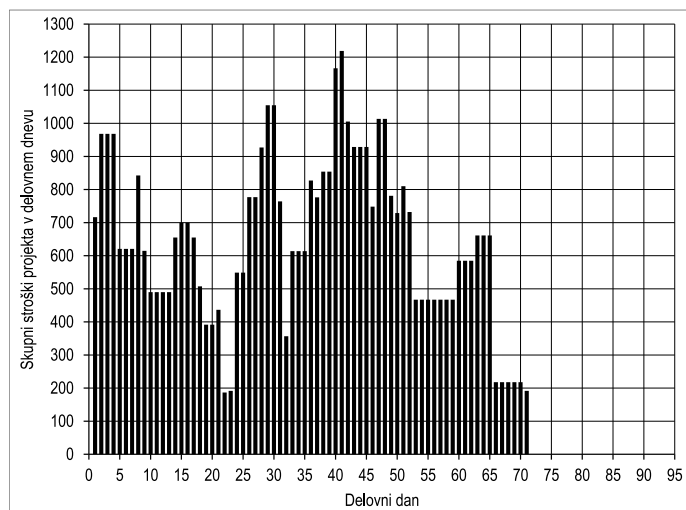
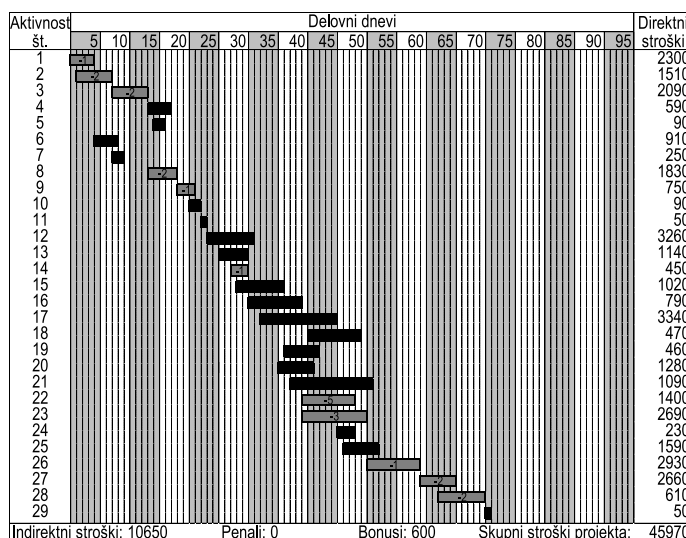
podatkov ob takšnih pogojih je skladno s pričakovanji podala povsem enako rešitev za optimalni terminski plan, kot je bila predstavljena v članku [Cajzek, 2018], s to razliko, da nadgrajeni MINLP-model tukaj dodatno sporoča še optimalne posamične in kumulativne vrednosti minimalnih skupnih stroškov projekta, glej sliko 4.

Pridobljena optimalna rešitev za terminski plan izkazuje minimalno vrednost skupnih stroškov v višini 45.970 denarnih enot s trajanjem izvedbe projekta, ki znaša 71 dni. Indirektni stroški pri takšnem terminskem planu znašajo 10.650 denarnih enot, dodatno pa je predviden bonus v višini 600 denarnih enot za dokončanje projekta 4 dni pred postavljenim rokom. Bonus je vključen v vrednost 45.970 denarnih enot. Z optimizacijo so bile pospešene naslednje kritične aktivnosti: aktivnost 1 (-1 dan), aktivnost 2 (-2 dni), aktivnost 3 (-2 dni), aktivnost 8 (-2 dni), aktivnost 9 (-1 dan), aktivnost 14 (-1 dan), aktivnost 22 (-5 dni), aktivnost 23 (-3 dni), aktivnost 26 (-1 dan), aktivnost 27 (-2 dni) in aktivnost 28 (-2 dni), glej sivo obarvane aktivnosti v gantogramu na sliki 4. Za ostale aktivnosti projekta je bila planirana optimalna izvedba pri normalnem trajanju.

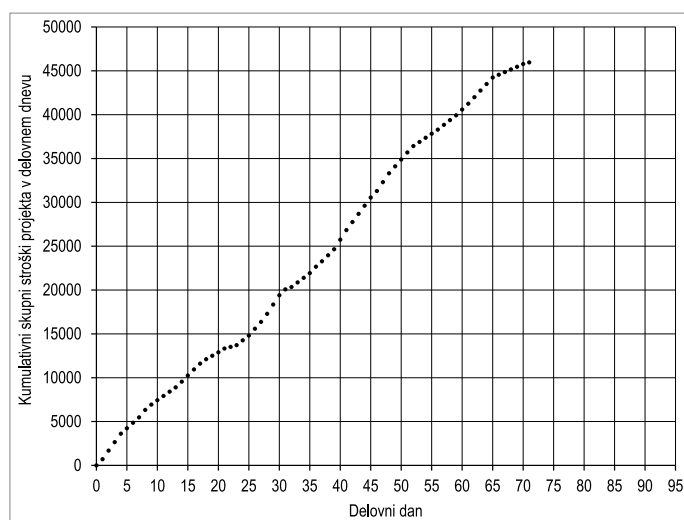
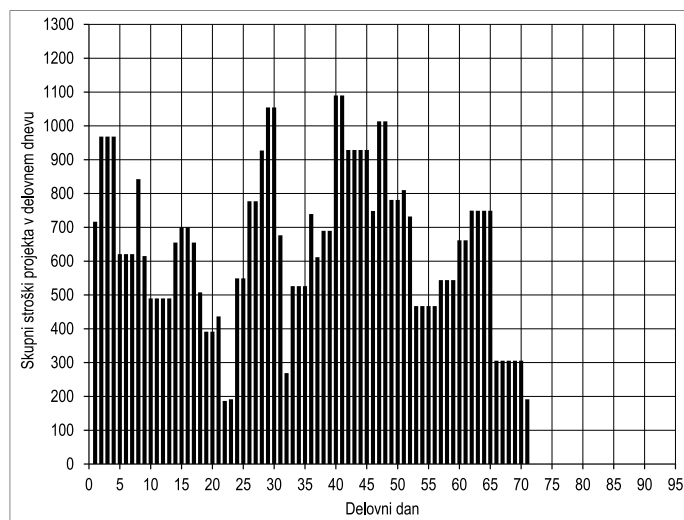
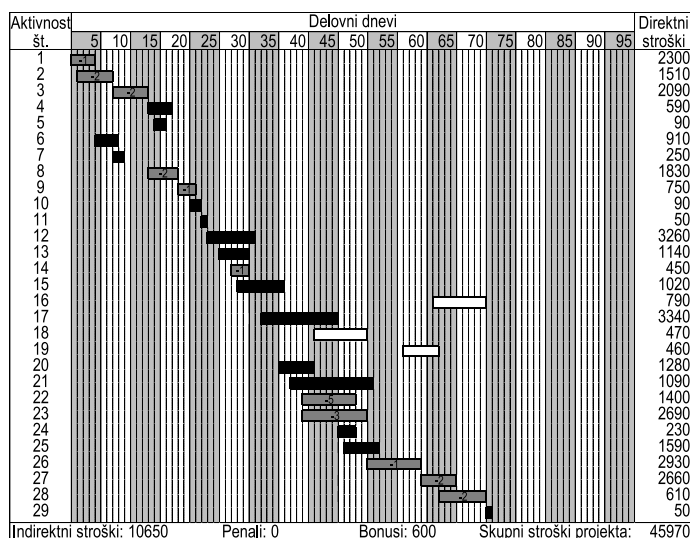
V nadaljevanju je obravnavana optimizacija planskih podatkov z omejitvami na posamičnih in kumulativnih vrednostih skupnih stroškov projekta. Namen primera je vzeti v obzir razmere, ko pogodbeno dogovorjena dinamika plačil narekuje omejitve stroškov med izvedbo projekta tako s stališča prirastkov kakor tudi z vidika skupnega obsega. Za potrebe primera so postavljene naslednje omejitve, ki morajo biti izpolnjene: (i) posamične vrednosti skupnih stroškov projekta ne smejo preseči 1100 denarnih enot; (ii) kumulativna vrednost skupnih stroškov projekta na 31 delovni dan ne sme preseči 20.100 denarnih enot in (iii) kumulativna vrednost skupnih stroškov projekta na 61 delovni dan ne sme preseči 41.400 denarnih enot. Iz histograma na sliki 4 je razvidno, da so posamične vrednosti skupnih stroškov projekta trenutno presežene na 40. in 41. delovni dan ter znašajo 1.166,43 in 1.218,65 denarne enote. S-krivulja na sliki 4 ravno tako kaže, da sta kumulativni vrednosti skupnih stroškov projekta na 31. in 61. delovni dan trenutno preseženi ter znašata 20.168,31 in 42.121,17 denarne enote.

Po aktivaciji omejitev na posamičnih in kumulativnih vrednostih skupnih stroškov projekta ter ponovni izvedbi optimizacije je bila pridobljena optimalna rešitev, ki je prikazana na sliki 5.

Slika 5 kaže, da je optimalna rešitev zopet bila najdena pri minimalni vrednosti skupnih stroškov v višini 45.970 denarnih enot ob izvedbi projekta, ki traja 71 dni. Vendar omenjena slika ravno tako kaže, da je optimalna rešitev bila pridobljena ob izpolnitvi postavljenih omejitev na posamičnih in kumulativnih vrednostih skupnih stroškov projekta. Iz histograma je namreč razvidno, da najvišji posamični skupni stroški projekta dosežejo 1.089,76 denarne enote in nastopijo 40. ter 41. delovni dan. Pri tem S-krivulja kaže, da kumulativna vrednost skupnih stroškov projekta na 31. delovni dan znaša 20.080,53 denarne enote, medtem ko le-ta na 61. delovni dan obsega 41.254,51 denarne enote.



Slika 4. Gantogram optimalnega terminskega plana in pripadajoči histogram ter S-krivulja minimalnih skupnih stroškov projekta brez omejitev.



Slika 5. Gantogram optimalnega terminskega plana in pripadajoči histogram ter S-krivulja minimalnih skupnih stroškov projekta z omejitvami.

Iz optimalnega terminskega plana je možno razbrati, da so postavljene omejitve bile izpolnjene z zamikom nekritičnih aktivnosti, glej potek belo obarvanih aktivnosti v gantogramu na sliki 5. Pričetek nekritične aktivnosti 16 je tako sedaj namesto na 31. delovni dan planiran na 62. delovni dan. Pri nekritični aktivnosti 18 njen pričetek ni več določen na 41. delovni dan, ampak na 42. delovni dan. Izvedba nekritične aktivnosti 19 je prav tako predvidena v poznejšem terminu, tj., njen začetek se je zamaknil s 37. na 57. delovni dan projekta. Nespremenjena vrednost minimalnih skupnih stroškov in enako trajanje projekta kažeta, da je optimalna rešitev bila določena le s premikom nekritičnih aktivnosti na poznejše termine v okviru razpoložljivih časovnih rezerv. Premik začetkov nekritičnih aktivnosti na desno nakazuje na dejstvo, da je potrebno v območje možnih rešitev vključiti pozne lege aktivnosti sicer se ob aktiviranju omejitev na posamičnih in kumulativnih vrednostih skupnih stroškov projekta lahko optimalna rešitev znajde izven dopustnega območja. Zato je priporočljivo tudi optimizacijo pričeti z izhodiščnim planom, kjer so aktivnosti pri normalnem trajanju postavljene v poznih legah.

5 SKLEP

Članek je predstavil diskretno optimizacijo planov gradbenih projektov pod omejenimi stroški z MINLP. Model MINLP je obsegal stroškovno namensko funkcijo, ki jo je bilo treba minimizirati, in pogoje (ne)enačbe posplošenih časovnih povezav, trajanje projekta, logične odnose ter omejene stroške. Metodološki del članka je bil osredotočen na modelno formulacijo MINLP z vidika optimalnega sočasnega planiranja aktivnosti in skupnih stroškov projekta na nivoju diskretno določenih enot delovnega časa. Za optimalno diskretno planiranje aktivnosti projekta so bila predstavljena razmerja med razpoložljivimi enotami delovnega časa, dodeljenimi enotami delovnega časa, časi pričetkov in trajanji aktivnosti ter binarnimi odločitvenimi spremenljivkami. Pri obravnavi optimalnega diskretnega planiranja skupnih stroškov projekta je bil fokus postavljen na njihovo razporeditev in dodelitev vsaki enoti delovnega časa ter formulacijo omejitev. V članku je bil podan primer uporabe z namenom prikaza prednosti predlaganega modela.

MINLP omogoča obravnavanje nelinearnosti v optimizacijskem modelu kakor tudi zveznih in celoštevilskih spremenljivk, kar predstavlja splošno prednost tega pristopa. Predlagani model MINLP tako dovoljuje vnos raznovrstnih nelinearnih izrazov, kakor tudi zagotavlja eksaktne optimalne planske podatke za vodenje gradbenega projekta v obliki gantograma, histograma in S-krivulje skupnih stroškov. Uporabnik lahko s podanim modelom izvede optimalno planiranje aktivnosti sočasno z (ne)linearno omejenimi skupnimi stroški projekta za vsako diskretno enoto delovnega časa. Hkrati se je možno spoprijeti s časovno odvisnimi omejitvami na posamičnih in kumulativnih vrednostih skupnih stroškov projekta. Na koncu je pomembno poudariti, da eksaktnost predlaganega modela kakor tudi njegovih vhodnih in izhodnih podatkov omogoča nadaljnjo obravnavo rezultatov optimizacije s konvencionalno programsko opremo za operativno planiranje.

6 ZAHVALA

Raziskovalni program št. P2-0129 je sofinancirala Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije iz državnega proračuna.

7 LITERATURA

Al Haj, R. and El-Sayegh, S., Time-cost optimization model considering float-consumption impact, *Journal of Construction Engineering and Management*, 141(5), 2015.

Cajzek, R., Klanšek, U. Stroškovno optimalno terminsko planiranje gradbenih projektov z mešanim celoštevilskim nelinearnim programiranjem, *Gradbeni Vestnik*, 67(9), 185–193, 2018.

Cheng, Y. M., Yu, C. H., Wang, H. T., Short-interval dynamic forecasting for actual S-curve in the construction phase, *Journal of Construction Engineering and Management*, 137(11), 933–941, 2011.

Dasović, B., Klanšek, U., Integration of mixed-integer nonlinear program and project management tool to support sustainable cost-optimal construction scheduling, *Sustainability*, 13(21), 1–20, 2021.

De, P., Dunne, E. J., Ghosh, J. B., Wells, C. E., The discrete time-cost tradeoff problem revisited, *European Journal of Operational Research*, 81(2), 225–238, 1995.

Demeulemeester, E., De Reyck, B., Foubert, B., Herroelen, W., Vanhoucke, M., New computational results on the discrete time/cost trade-off problem in project networks, *Journal of the Operational Research Society*, 49(11), 1153–1163, 1998.

Fulkerson, D., A network flow computation for project cost curves, *Management Science*, 7(2), 167–178, 1961.

GAMS, General Algebraic Modelling System, GAMS Development Corporation, dostopno na spletu: <https://www.gams.com>, 2022.

Hazir, Ö., Haouari, M., Erel, E., Robust scheduling and robustness measures for the discrete time/cost trade-off problem, *European Journal of Operational Research*, 207(2), 633–643, 2010.

Khajavirad, A., Sahinidis, N. V., A hybrid LP/NLP paradigm for global optimization relaxations, *Mathematical Programming Computation*, 10(3), 383–421, 2018.

Klanšek, U., Pšunder, M., Cost optimization of time schedules for project management, *Ekonomika Istraživanja*, 23(4), 22–36, 2010.

Klanšek, U., Pšunder, M., MINLP optimization model for the nonlinear discrete time-cost trade-off problem, *Advances in Engineering Software*, 48, 6–16, 2012.

Klanšek, U., Mixed-integer nonlinear programming model for nonlinear discrete optimization of project schedules under re-

stricted costs, *Journal of Construction Engineering and Management*, 142(3), 2016.

Manesi, W., Golzarpoor, B., Hegazy, T., Fast and near-optimum schedule optimization for large-scale projects, *Journal of Construction Engineering and Management*, 139(9), 1117–1124, 2013.

Moussourakis, J., Haksever, C., Flexible model for time/cost tradeoff problem, *Journal of Construction Engineering and Management*, 130(3), 307–314, 2004.

Ryoo, H. S., Sahinidis, N. V., Branch-and-reduce approach to global optimization, *Journal of Global Optimization*, 8(2), 107–138, 1996.

Sakellariopoulos, S., Chassiakos, A. P., Project time-cost analysis under generalised precedence relations, *Advances in Engineering Software*, 35(10–11), 715–724, 2004.

Vanhoucke, M., New computational results for the discrete time/cost trade-off problem with time-switch constraints, *European Journal of Operational Research*, 165(2), 359–374, 2005.

43. ZBOROVANJE GRADBENIH KONSTRUKTORJEV SLOVENIJE

Letošnje 43. zborovanje gradbenih konstruktorjev Slovenije je drugič zapored potekalo v Rogaški Slatini, gledano v celoti pa je to že četrto zborovanje v tem kraju. Na dvodnevno srečanje, ki je potekalo 13. in 14. oktobra, se je prijavilo 216 udeležencev, ki so s pravočasnimi prijavami organizacijskemu odboru olajšali organizacijo dogodka. Poleg inženirjev, ki se dogodka udeležujejo že več let zapored, smo zabeležili tudi veliko število mlajših inženirjev, ki so se prvič udeležili zborovanja. Zborovanje je uvrščeno v program poklicnega izobraževanja, s čimer so pooblaščen inženirji za udeležbo na zborovanju pridobili pet kreditnih točk pri IZS. Zborovanje je otvoril predsednik SDGK dr. Jože Lopatič, ki je povedal, da gre na podlagi statističnih podatkov slovenskemu gradbeništvu po že tako uspešnem lanskem letu letos še bolje. Po rasti vrednosti opravljenih gradbenih del, naj bi bili celo prvi v EU. Prihodnost pa je zaradi globalnih vplivov žal precej negotova, v večini evropskih držav se gradbeništvo že srečuje z zmanjšanjem aktivnosti, prvi, ki občutijo težave znotraj panoge, pa so ravno konstruktorji. Sledil je nagovor župana občine Rogaška Slatina in

stanovskega kolega mag. Branka Kidriča. Predsednik matične sekcije gradbenikov pri IZS Andrej Pogačnik, univ. dipl. inž. grad., je v svojem nagovoru izpostavil nekatere nedopustne prakse in omenil ukrepe za vzpostavitev boljše prakse, dotaknil se je tudi pomanjkanja strokovnega kadra. Udeležence je v imenu Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani nagovoril še predstojnik Oddelka za gradbeništvo prof. dr. Goran Turk, g. Matko Mioč pa je udeležence pozdravil v imenu zlatega pokrovitelja podjetja Baldini studio, d. o. o. Po uvodnih nagovorih nam je Gorazd Humar, univ. dipl. inž. grad., predstavil razmišljanje o poteh in razvoju gradbenoinženirske kulture v Sloveniji. Svoje razmišljanje je strnil z besedami, da SDGK igra izjemno družbeno pomembno vlogo, saj je eden ključnih dejavnikov pri kreiranju gradbenoinženirske kulture v Sloveniji. Zborovanje gradbenih konstruktorjev je mesto, kjer se brusijo in izmenjujejo strokovna mnenja slovenskih gradbenih inženirk in inženirjev, hkrati pa to zborovanje neprisljano, a vendar odgovorno in pomembno vpliva na nadaljnji razvoj slovenskega gradbeništva.



Uvodno vabljen predavanje z naslovom »Zadnji dosežki pri projektiranju betonskih mostov v Italiji in porušitev Morandijevega mostu v Genovi« je imel inženir, arhitekt in profesor Enzo Siviero iz Padove, ki je v svoji karieri sodeloval pri mnogih izjemnih projektih. Poleg konceptualne zasnove in načrtovanja detajlov mostov so področja njegovega strokovnega delovanja še trajnost betonskih konstrukcij, monitoring konstrukcij



ter sanacije in ojačevanje mostov. V vabljenem predavanju je predstavil izjemnega projektanta inž. Riccarda Morandija, njegove inovativne in iznajdljive rešitve konstrukcij mostov ter njihove izgradnje. Prof. Siviero nam je ponudil tudi možne razloge za porušitev Morandijevega mostu v Genovi leta 2019. Sledile so predstavitve dvajsetih strokovnih in trinajstih znanstvenih prispevkov. Slednje so recenzirali člani znanstvenega odbora zborovanja. Zaradi bolezni je eno predavanje odpadlo, en prispevek pa je bil predstavljen s plakatom. Prispevke smo razvrstili v naslednje tematske sklope: Vabljen predavanje, Mostovi, Konstrukcije, Informacijska tehnologija v gradbeništvu, Potresno inženirstvo, Gradbeni materiali, Numerična analiza konstrukcij in Eksperimentalna analiza konstrukcij. Najštevilnejši so bili prispevki s področja mostov, v katerih so avtorji predstavili velike slovenske projekte (viadukt Pesnica, Glinščica, nadhod Sonce), zanimive rešitve pri sanaciji starejših jeklenih mostov in njihovo numerično analizo ter vsestransko učinkovite rešitve s sovprežnimi nosilci, ki jih množično uporabljajo v sosednjih državah. Predstavljeni so bili tudi nacionalno pomemben projekt suhega skladišča izrabljenega goriva v NE Krško in nekateri projekti v prestolnici. Spoznali smo, da slovenska projektantska podjetja uporabljajo najsodobnejše metode, ki jih ponuja informacijska tehnologija. Raziskovalci so nam predstavili dosežke raziskav s področja potresnega inženirstva pri večetažnih AB-objektihi s stenami in lesenih

objektihi ter raziskave betona, cementih kompozitov in butane zemljine, pa tudi nekaterih gradbenih proizvodov, na primer betonskih tetrapodov, leseno-steklenih elementov in lameliranih lepljenih nosilcev iz bukovega lesa. Slišali pa smo tudi nekatere novosti, ki jih prinaša nova generacija standardov za potresno odporno projektiranje jeklenih okvirjev in pločevinastih konstrukcij.



Letos je potekala redna volilna skupščina Slovenskega društva gradbenih konstruktorjev, na kateri smo člani podali razrešnico članom organov društva, ki so v preteklih letih odlično vodili društvo, in izvolili nove. Po zaključku uradnega dela prvega dne zborovanja smo strokovne in druge zanimive razprave nadaljevali ob svečani večerji in živi glasbi v znameniti Kristalni dvorani Grand hotela Rogaška.

Vsem, ki so pripomogli k izvedbi zborovanja in pripravi zbornika, se iskreno zahvaljujemo za ves napor in čas, namenjen temu dogodku. Posebna zahvala pa gre avtorjem za kvalitetno pripravljene prispevke in članom Znanstvenega odbora, ki so s skrbno recenzijo znanstvenih prispevkov raven teh še nekoliko dvignili. Hvala tudi ustaljenim in novim pokroviteljem, ki ste nam z izdatno finančno podporo tudi tokrat izkazali zaupanje.

izr. prof. dr. Primož Može
doc. dr. Jože Lopatič

Fotografije: Edo Wallner

FOTOREPORTAŽA GRADNJA BRVI ČEZ REKO SOČO V SOLKANU



Slika 1. Goriško tromostovje. V ozadju je vidna nova brv čez reko Sočo.

Lokacija: ob kajakaškem centru v Solkanu pri Novi Gorici

Investitor: Mestna občina Nova Gorica

Financer in naročnik investicije: Evropsko združenje za teritorialno sodelovanje »Območje občin: Comune di Gorizia (I), Mestna občina Nova Gorica (Slo) in Občina Šempeter-Vrtojba (Slo)«

Projektant gradbenih konstrukcij: STOLP Načrtovanja, svetovanje, d. o. o.

Izvajalec gradbenih del: Kolektor CPG, d. o. o.

Izvajalec jeklene konstrukcije: Petrič, d. o. o. (montaža: Kaskader, d. o. o.)

Nadzor: EDIL INŽENIRING Investicijski inženiring, d. o. o.

Skupna vrednost investicije: 1,15 mio. EUR brez DDV

Most – brv čez reko Sočo je izvedena ob kajakaškem centru v Solkanu pri Novi Gorici in je namenjena pešcem ter kolesarjem. Most nudi povezavo programov desnega brega Soče s kajakaškim centrom. Prav tako predstavlja navezavo Solkana na državno kolesarsko pot Plave–Solkan in naprej proti Italiji.

Brv povezuje levi in desni breg reke Soče s prostovisečo jekleno konstrukcijo v enem razponu in širini kolesarske steze. Brv se na levem bregu priključuje na dostopno pot do kajakaškega centra, na desnem bregu pa na predvideno kolesarsko stezo, vsekano v desno brežino. Osa razdalja med krajnima opornikoma znaša 120 m. Jeklena prekladna konstrukcija je preko vešalk, ki so na medsebojni razdalji 6 m, obešena na dve glavni parabolični nosilni jekleni zaprti vrvi premera 72 mm, dolžine 126,664 m in skupne nosilnosti 2 x 900 kN. Vrvi sta priključeni na dva kovinska A-pilona višine 14,5 m, ki stojita na krajnih opornikih. Vsak pilon je z dvema jeklenima zaprtima vrvmi sidran v točkovni temelj, ki je z uvrtnimi piloti in trajnimi, prednapetimi geotehničnimi sidri sidran v hribino. Vešalke, na katere je obešena prekladna konstrukcija, so izvedene v obliki jeklenih zaprtih vrvi premera 16 mm. Prekladna konstrukcija je obojestransko zavetrovana s parabolično jekleno zaprto vrvjo premera 52 mm, sidrano v krajna opornika. Prav tako je zavetrovana (točkovno podprta na pribl. $\frac{1}{4}$ razpona od obeh koncev) s štirimi ravnimi jeklenimi zaprtimi vrvmi, ki so prav tako sidrane v krajna opornika. Prekladna konstrukcija na koncih nalega na ležišča, od katerih je desno vzdolžno pomično. Krajna opornika sta zasnovana kot monolitna armiranobetonska stenasta konstrukcija na pasovnih temeljih na elastični podlagi. Krajna opornika sta z uvrtnimi piloti in trajnimi, prednapetimi geotehničnimi sidri prav tako sidrana v hribino. Oporniki, krila in temelji so iz betona trdnostnega razreda C30/37. Betonska konstrukcija je armirana z armaturo kvalitete B500.



Slika 2. Zaključena montaža brvi.

Pričetek izvedbe je poleg osnovnih pripravljalnih del najprej zajemalo izvedbo opornikov na obeh straneh reke Soče. Za izvedbo desnega opornika je bilo treba najprej izdelati dostopno pot na strmo rečno brežino čez plazovit teren. Po izdelavi delovnega platoja so se najprej izdelali uvrtni piloti premera 80 cm, in sicer 7 kom na desnem oporniku ter 6 kom na levem oporniku. Reka Soča je hudourniškega značaja, zato je bilo treba skladno s projektno dokumentacijo in zahtevami direkcije za vode izdelati obrežno zaščito do višine visokih voda v obliki kamnite zložbe.



Slika 3. Izdelava delovnega platoja na desni brežini reke Soče.



Slika 4. Izdelava obrežne zaščite pred vplivom visokih vod na desni brežini.

Nadaljevanje gradbenih del je predstavljala izdelava krajnih armiranobetonskih opornikov. Delo je zajemalo izdelavo opaža, polaganje armature ter vgradnjo betonske mešanice. Notranji prostor v oporniku se je izvedel z zasipom ustreznega kamnitega materiala z utrjevanjem po plasteh. Na opornike so se v betonsko konstrukcijo vgradili tudi vsi kovinski nosilci za kasnejšo montažo jeklenih zaprtih vrvi. Montaža nosilcev vrvi je potekala z milimetrsko natančnostjo s pomočjo geodetske zakoličbe.



Slika 5. Izdelava levega krajnega opornika in izvedba zasipa s komprimacijo kamnitega materiala.



Slika 6. Montaža jeklenih nosilcev za kasnejšo montažo nosilnih vrvi pilona in nastavki smeri za trajna geotehnična sidra na desnem sidrnem bloku.



Slika 7. Zasip levega sidrnega bloka. Vidni so nastavki za trajna geološka sidra in vpetje nosilne zaprte jeklene vrvi za levi pylon.

Po končanem betoniranju in zasipu krilnih zidov sta se izvedla vrtanje in vgradnja trajnih geotehničnih prednapetih sider. Na vsakem oporniku je izdelanih 11 sider nosilnosti nad 500 kN in dolžine med 20 in 30 m.



Slika 8. Vrtanje in vgrajevanje trajnih geotehničnih sider na desnem sidrnem bloku.



Slika 9. Obrežna zaščita, desni krajni opornik in sidrni blok.

Sočasno z izvedbo gradbenih del na lokaciji brvi se je v družbi Petrič, d. o. o., izdelovala kovinska konstrukcija. V ta namen je bilo treba skupaj s projektantom izdelati delavniške načrte za vsak kovinski element posebej. Po izdelavi so bili elementi odpeljani v pocinkovalnico na vroče cinkanje in nato na lokacijo brvi. Največjo težavo je predstavljal prevoz pylonov zaradi velike dolžine in oteženega dostopa do obeh opornikov.



Slika 10. Sestavljeni desni pylon z montiranim ležiščem pred montažo na sidrišče.

Za potrebe montaže kovinske konstrukcije brvi in pilonov je bilo treba predhodno izdelati tovorno žičnico. Montažo konstrukcije na terenu je opravila družba KASKADER, d. o. o. V času montaže kovinske konstrukcije je bilo treba prilagoditi tudi plovni režim na reki Soči.



Slika 11. Montirani pilon na sidrišču pred betoniranjem ležišča v krilni zid opornika. Prikazana je začasna podkonstrukcija za milimetrsko natančnost naleganja pilona na ležišče.



Slika 12. Montaža desnega pilona s pomočjo avtodvigala.



Slika 13. Montaža pohodnih segmentov brvi z nameščeno začasno varovalno ograjo in leseno pohodno ploskvijo.

Pohodne podnice brvi so izdelane v obliki skled z izbočenim dnom in odprtino za izcejanje kondenzne vode. Po zaključku montažnih del se je skladnost loka mostu s projektiranimi karakteristikami dosegla z regulacijo napenjalnih vijakov na nosilnih jeklenicah pilona in zavetrovalnih jeklenic.

Po končanih vseh gradbenih in montažnih delih na mostni konstrukciji je bilo treba urediti še brežine ob opornikih zaradi preprečevanja izpiranja. Z novo brvjo je goriški turistični in rekreacijski prostor pridobil nov potencial.



Slika 14. Spajanje posameznih segmentov pohodne konstrukcije in pritrdjevanje zavetrovalnih vrvi.



Slika 15. Montaža pohodnih podnic brvi in sočasna odstranitev začasne varnostne ograje in lesenega poda.



Slika 16. Vzorčni primer pohodne podnice s polnitvijo iz lomljenega granita in EPDM-gume.



Slika 17. Zaključena montaža brvi in izvedena regulacija loka.

Avtor: Roman Leiler, Kolektor CPG, d. o. o.

VSEBINA LETNIKA 71/2022

Članki – Papers

Antolinc, D., Ponjavič, R., NOSILNOST NATEZNO OBREMENJE-
NIH VIJAČNIH PREKLOPNIH SPOJEV S STEKLENIMI VLAKNI
UTRJENIH PLOŠČATIH POLIMERNIH KOMPOZITNIH ELEMEN-
TOV, TENSILE LOAD BEARING CAPACITY OF BOLTED LAP JO-
INTS MADE OF GLASS FIBER REINFORCED POLYMER COM-
POSITE STRIP PROFILES, februar, stran 48.

Babič, A., Žižmond, J., Dolšek, M., POTRESNO TVEGANJE STAVB-
NEGA FONDA V SLOVENIJI, SEISMIC RISK OF THE BUILDING
STOCK IN SLOVENIA, februar, stran 34.

Bohinc, U., RAČUNSKI MODEL ZA OPIS TEMPERATURNEGA
VPLIVA NA MERITVE DEFORMACIJ, NUMERICAL MODEL OF
TEMPERATURE INFLUENCE ON DEFORMATION MEASURE-
MENTS, oktober, stran 254.

Deželak, F., Dovjak, M., NEGOTOVOST KOT MERILO ZANESLJIVOSTI
MERITEV HRUPA V OKOLJU, UNCERTAINTY AS A CRI-
TERION OF RELIABILITY FOR ENVIRONMENTAL NOISE MEA-
SUREMENTS, julij, stran 178.

Hajdinjak, R., STEKLO V GRADBENIŠTVU IN ARHITEKTURI,
GLASS IN CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE, julij, stran 188.

Humar, G., MOST V AJBI – VELIKAN MED KAMNITIMI MOSTOVI,
KI GA NI VEČ, THE AJBA BRIDGE – A GIANT AMONG STONE
BRIDGES THAT NO LONGER EXISTS, marec, stran 70.

Humar, N., Zupan, D., Vidmar, A., Trtnik, G., Kryžanowski, A.,
MERITVE TEMPERATURNEGA POLJA V MASIVNEM BETONU Z
OPTIČNIMI KABLI, TEMPERATURE FIELD MEASUREMENTS IN
MASSIVE CONCRETE WITH FIBER OPTIC CABLES, september,
stran 230.

Isaković, T., Zoubek, B., Fischinger, M., POTRESNI ODZIV IN NO-
SILNOST MOZNIČNIH STIKOV ARMIRANOBETONSKIH GRED
IN STEBROV, SEISMIC RESPONSE AND CAPACITY OF REIN-
FORCED CONCRETE BEAM-TO-COLUMN DOWEL CONNECTI-
ONS, januar, stran 2.

Klanšek, U., DISKRETNA OPTIMIZACIJA PLANOV GRADBENIH
PROJEKTOV POD OMEJENIMI STROŠKI Z MEŠANIM CELOŠTE-
VILSKIM NELINEARNIM PROGRAMIRANJEM, DISCRETE OPTI-
MIZATION OF CONSTRUCTION PROJECT SCHEDULES UNDER
CONSTRAINED COSTS BY MIXED-INTEGER NONLINEAR PRO-
GRAMMING, december, stran 303.

Klun, M., Zupan, D., Kryžanowski, A., SPREMLJANJE KONDICIJ-
SKEGA STANJA BETONSKIH TEŽNOSTNIH PREGRAD, STRUC-
TURAL HEALTH MONITORING OF CONCRETE GRAVITY DAMS,
maj, stran 139.

Laković, S., Rodošek, V., PROMETNA VARNOST VOZNIKOV
E-SKIROJEV – VPLIV PROMETNE INFRASTRUKTURE, TRAFFIC
SAFETY OF E-SCOOTERS DRIVERS – IMPACT OF TRAFFIC IN-
FRASTRUCTURE, junij, stran 159.

Malnar, D., PROJEKTIRANJE IN GRADNJA PODZEMNE PAR-
KIRNE HIŠE V KOPRU, DESIGN AND CONSTRUCTION OF AN
UNDERGROUND CAR PARK IN KOPER, januar, stran 15.

Pavšič, P., MODELIRANJE IZGUBE UPORABNOSTI IN OCENA
NAVIDEZNE STAROSTI ASFALTNIH VOZIŠČ NA OSNOVI VIZU-
ALNE OCENE STANJA, MODELING LOSS OF SERVICEABILITY
AND ASSESSMENT OF APPARENT AGE OF ASPHALT PAVE-
MENTS ON THE BASIS OF VISUAL CONDITION ASSESSMENT,
maj, stran 134.

Potočnik, J., Košir, M., OCENA VEČSPEKTRALNIH SIMULACIJ-
SKIH ORODIJ ZA VREDNOTENJE NEVIZUALNEGA SVETLOB-
NEGA OKOLJA, ASSESSMENT OF MULTISPECTRAL SIMU-
LATION TOOLS FOR THE EVALUATION OF THE CIRCADIAN
LUMINOUS ENVIRONMENT, april, stran 111.

Ramšak, M., VPLIV KOINCIDENČNEGA EFEKTA NA ZVOČ-
NO IZOLATIVNOST PREGRAD, INFLUENCE OF COINCIDENT
EFFECT ON THE SOUND INSULATION PERFORMANCE OF
BARRIERS, junij, stran 168.

Tollazi, T., Kunc, R., Brumec, U., NAPRAVE IN UKREPI ZA IZ-
BOLJŠANJE PROMETNE VARNOSTI MOTORISTOV, DEVICES
AND MEASURES TO IMPROVE ROAD SAFETY FOR MOTOR-
CYCLISTS, april, stran 102.

Udovč, G., Hozjan, T., Planinc, I., Ogrin, A., ANALIZA DVOSLOJNIH
PROSTORSKIH NOSILCEV S PODAJNIM STIKOM, ANALYSIS OF
TWO-LAYER SPATIAL BEAMS WITH INTER-LAYER SLIP, avgust,
stran 202.

Želodec, D., Žlender, B., Renčelj, M., NOV PRISTOP OCENJE-
VANJA NOSILNOSTI VOZIŠČNIH KONSTRUKCIJ NA PODLAGI
NEPORUŠNE METODE Z DEFLEKTOMETROM S PADAJOČO
UTEŽJO (FWD), A NEW APPROACH TO THE ASSESSMENT OF
THE BEARING CAPACITY OF PAVEMENT STRUCTURES BASED
ON NON-DESTRUCTIVE METHOD WITH A FALLING WEIGHT
DEFLECTOMETER (FWD), november, stran 274.

Žnidarič, A., Turk, G., Kreslin, M., DOLOČITEV KARAKTERISTIČ-
NIH NOTRANJNIH STATIČNIH KOLIČIN CESTNIH MOSTOV IZ
PODATKOV TEHTANJA VOZIL MED VOŽNJO, DETERMINATI-
ON OF CHARACTERISTIC INTERNAL FORCES AND MOMENTS
IN ROAD BRIDGES FROM WEIGH-IN-MOTION DATA, marec,
stran 82.

Voščilo

Kryžanowski, A., Voščilo predsednika ZDGITS, december, stran 302.

Jubilej

Bratina, S., Zaslužni prof. dr. Janez Duhovnik, univ. dipl. inž.
grad. – 80 let, marec, stran 66.

Stergar, B., 35 let Društva za ceste severovzhodne Slovenije,
januar, stran 25.

In Memoriam

Brilly, M., dr. Metka Gorišek (1961-2022), junij, stran 158.

Popravek

Uredništvo Gradbenega vestnika, januar, stran 32.

Predstavitev

Brunčič, A., Fischinger, M., Hanžič, L., Kilar, V., Šajna, A., Trojar, M., Žagar Karer, M., Terminološki slovar betonskih konstrukcij, februar, stran 59.

Predstavitev projekta

Hozjan, T., Gris, M., Ogrin, A., Usposabljanje požarnih strokovnjakov, projekt Skilledfe, marec, stran 95.

Poročilo s strokovnega srečanja

GBC Slovenija, Tehnični in zakonodajni vidiki zunanjega toplotnega ovoja in OVE, april, stran 127.

GBC Slovenija, Trajnostni pristop k projektiranju potresno obstojnih zidanih stavb, maj, stran 149.

GBC Slovenija, Implementacija trajnostnih kriterijev v BIM, julij, stran 193.

Juvan, S., 32. Mišičev vodarski dan 2021, april, stran 126.

Juvan, S., 33. Mišičev vodarski dan 2022, november, stran 291.

Može, P., Lopatič, J., 43. zborovanje gradbenih konstruktorjev Slovenije, december, stran 311.

Fotoreportaža z gradbišča

DARS, d. d., Predor Karavanke – gradnja vzhodne predorske cevi in spremljajočih objektov, januar, stran 28.

DARS, d. d., Izgradnja polnega priključka Leskoškove ceste na severno ljubljansko obvoznico, avgust, stran 224.

Direkcija RS za infrastrukturo, Nadgradnja železniške proge Ljubljana-Divača na odseku Ljubljana-Brezovica, marec, stran 98.

Direkcija RS za infrastrukturo, Služba za evropske zadeve in tehnično regulativo, Gradnja kolesarske povezave skozi Hudo luknjo med Velenjem in Mislinjo, september, stran 248.

Direkcija RS za infrastrukturo, Predor Pekel na novi trasi železniške proge Maribor-Šentilj, oktober, stran 267.

GIC GRADNJE, d. o. o., Poslovna stavba Zavarovalnice Sava v Mariboru, junij, stran 173.

Gorenjska gradbena družba, d. d., Stanovanjsko-poslovni kompleks Spektra v Ljubljani, oktober, stran 261.

Goričan, T., Obvoznica Kidričevo – podvoz Kidričevo s priključnim kesonom, april, stran 130.

Goričan, T., Izvedba ureditve vozlišča z ureditvijo železniške postaje Pragersko – podvoz A1 in podhod, maj, stran 153.

Leiler, R., Kolektor CPG, d. o. o., Gradnja brvi čez reko Sočo v Solkanu, december, stran 313.

Malnar, D., CGP, d. d., Gradnja brvi Loka-Kandija, november, stran 297.

Mrakar, R. (Ponting, d. o. o.), Nadhod Sonce v Rogaški Slatini, september, stran 243.

Mozetič, L., DARS, d. d., Gradnja tretje razvojne osi na odseku Velenje-Slovenj Gradec, sklop F - Jenina, november, stran 293.

Pomgrad, d. d., Farma Cven – montažna AB skeletna konstrukcija, julij, stran 198.

2TDK, Družba za razvoj projekta, d. o. o., Gradnja drugega tira železniške proge Divača-Koper, februar, stran 60.

Vabilo ZDGITS

Redna skupščina ZDGITS, april, stran 129.

Obvestilo ZDGITS

Zadnja pripravljalna seminarja in izpitna roka za strokovne izpite za gradbeno stroko v letu 2022, avgust, stran 228.

Vsebina letnika 71/2022

December, stran 319.

Navodila avtorjem za pripravo prispevkov

V vsaki številki, stran 2 ovitka.

Novi diplomanti

Okorn, E., januar, stran 3 ovitka; februar, stran 3 ovitka; marec, stran 3 ovitka; april, stran 3 ovitka; maj, stran 3 ovitka; junij, stran 3 ovitka; julij, stran 3 ovitka; avgust, stran 3 ovitka; september, stran 3 ovitka; oktober strani 271 in 272 ter stran 3 ovitka; november, stran 3 ovitka; december, stran 3 ovitka.

Koledar prireditve

Okorn, E., januar, stran 4 ovitka; februar, stran 4 ovitka; marec, stran 4 ovitka; april, stran 4 ovitka; maj, stran 4 ovitka; junij, stran 4 ovitka; julij, stran 4 ovitka; avgust, stran 4 ovitka; september, stran 4 ovitka; oktober stran 4 ovitka; november, stran 4 ovitka; december, stran 4 ovitka.

Naslovnice

Arhiv Marles hiše Maribor d. o. o., Projekt Dom24h, Marles hiše Maribor d. o. o., julij.

Bratina, S., Betoniranje plošče 21. nadstropja v južnem stolpu stanovanjsko poslovnega kompleksa Spektra v Ljubljani, september.

Čavdarevič, N., iz arhiva podjetja PERI, d. o. o., Gradnja soseske Kvartet Šiška v Ljubljani, januar.

GPS Sežana, d. o. o., in Strabag, d. o. o., Gradnja logističnega centra Tedi v Sežani, december.

Kante, P., Zimski bazen v Novi Gorici, februar.

Kante, P., Brv čez reko Sočo v Solkanu, november.

Kuhta, M., Železniški viadukt Pesnica, april.

Lumar IG, d. o. o., Individualna montažna lesena hiša, junij.

MAKRO 5 GRADNJE, d. o. o., Izgradnja nove brvi med Lentom in Taborom v Mariboru, oktober.

Papec, A., Stanovanjska soseska Novi vrtovi v Mariboru, maj.

Pokrajinski arhiv Nova Gorica, Železniški most čez Sočo v Ajbi na razglednici. Fotografija je nastala med letoma 1906 in 1915, marec.

Prša, S., Pomgrad, d. d., Betoniranje 8. segmenta viadukta Pesnica, avgust.

NOVI DIPLOMANTI GRADBENIŠTVA

UNIVERZA V LJUBLJANI, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO

II. STOPNJA – MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM
GRADBENIŠTVO (smeri Gradbene konstrukcije,
Geotehnika-hidrotehnika, Nizke gradnje)

Jernej Koretič. Analiza eksperimentov in modeliranje
opečnega zidovja v osnovnem in utrjenem stanju, mentor
doc. dr. Matija Gams, somentorica prof. dr. Tatjana Isaković;
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=142681>

NOVI DIPLOMANTI GRADBENIŠTVA

UNIVERZA V MARIBORU, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO, PROMETNO
INŽENIRSTVO IN ARHITEKTURO

I. STOPNJA – VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJ
GRADBENIŠTVA

Žiga Korotaj. Brezkontaktno določanje hitrosti toka
vodotokov s pomočjo programske opreme Fudaa-LSPIV,
mentor viš. pred. Matjaž Nekrep Perc, somentorica izr. prof.
dr. Janja Kramer Stajnko;
<https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?id=83364>

II. STOPNJA – MAGISTRSKI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Tomaž Kralj. Statična in dinamična analiza objekta v centru
za bivanje in aktivnosti starostnikov v občini Hoče - Slivnica,
mentor prof. dr. Miroslav Premrov, somentorica asist.
dr. Mateja Držečnik;
<https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?id=83302>

Dragana Hrgić. Postopek projektiranja večnivojskega vozlišča
tipa trobente, mentor prof. dr. Tomaž Tolazzi;
<https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?id=83328>

Rubriko ureja **Eva Okorn**, gradb.zveza@siol.net

17.-20.3.2023

ICBMC 2023 - 8th International Conference on Building Materials and Construction
Kjoto, Japonska
www.icbmc.org

28.-29.3.2023

6. konferenca Biznis in trendi v gradbeništvu
Portorož, Slovenija
<https://akademija-finance.si/konference/>

4.-6.4.2023

S.ARCH BERLIN – 10th International Conference on Architecture and Built Environment
Berlin, Nemčija
www.s-arch.net/s-arch-berlin

22.-23.5.2023

SMARTINCS'23 - Conference on Self-Healing, Multifunctional and Advanced Repair Technologies in Cementitious Systems
Gent, Belgija
<https://smartincs.ugent.be/index.php/conference>

29.-31.5.2023

15th Underground Construction Prague 2023
Praga, Češka
www.ucprague.com/

7.-9.6.2023

17DECGE – 17th Danube - European Conference on Geotechnical Engineering
Bukarešta, Romunija
<https://17decge.ro/>

25.-28.6.2023

9ICEG - 9th International Congress on Environmental Geotechnics
Hania, Kreta, Grčija
www.iceg2022.org

26.-28.6.2023

NUMGE 2023 - 10th European Conference on Numerical Methods in Geotechnical Engineering
London, Anglija
www.issmge.org/events/numge-2023

20.-23.8.2023

INTER-NOISE 2023 — 52nd International Congress and Exposition on Noise Control Engineering
Čiba, Japonska
<https://internoise2023.org>

3.-6.9.2023

IS-PORTO 2023 - 8th International Symposium on Deformation Characteristics of Geomaterials
Porto, Portugalska
<https://web.fe.up.pt/~is-porto2023/>

17.-21.9.2023

12ICG - 12th International Conference on Geosynthetics
Rim, Italija
www.12icg-roma.org

18.-22.9.2023

ICCC 2023 — 16th International Congress on the Chemistry of Cement 2023
Bangkok, Tajska
www.iccc2023.org

28.-30.9.2023

11th International Conference on Auditorium Acoustics 2023
Atene, Grčija
<https://auditorium2023.org/>

14.-17.11.2023

WLF6 - 6th World Landslide Forum
Firence, Italija
<https://wlf6.org/>

20.-22.11.2023

CREST 2023 — 2nd International Conference on Construction Resources for Environmentally Sustainable Technologies
Fukuoka, Japonska
www.ic-crest.com

Rubriko ureja **Eva Okorn**, ki sprejema predloge za objavo na e-naslov: gradb.zveza@siol.net