

BIM PRI PROJEKTIRANJU MOSTOV

BIM IN BRIDGE DESIGN

doc. dr. Milan Kuhta, univ. dipl. inž. grad.

miso.kuhta@um.si

UM FGPA, Smetanova ulica 17, 2000 Maribor

Matic Ledinek, mag. inž. grad.

matic.ledinek@gmail.com

Pod terasami 15, 2313 Fram

Znanstveni članek

UDK 624.21:69(047.31)

Povzetek | Članek povzema ugotovitve raziskave uporabe BIM kot sodobnega pristopa za projektiranje mostov. Praktični del raziskave (modeliranje in statična analiza) je bil opravljen pri realnem in aktualnem projektu, pri projektu nadvoza avtocestnega odseka Draženci–Gruškovje. Analizirali smo več programskih orodij BIM, izmenjavo informacij med njimi ter iskali prednosti in morebitne omejitve, ki se pojavljajo pri uporabi sodobne programske opreme. Uporabljena je bila predvsem programska oprema, ki je poznana in pogosto uporabljana tudi pri nas.

Ključne besede: BIM, informacijsko modeliranje gradbenih objektov, nadvoz, Revit, Dynamo, Allplan, Civil 3D, Scope, Sofistik, Scia Engineer, konstruiranje, statična analiza, virtualna realnost, 3D-tisk

Summary | The article deals with the use of BIM as a modern approach to the design of engineering structures. Our research was made on a real project, where we dealt with an overpass on the Draženci–Gruškovje motorway section. We used several software tools and tried to find all the advantages offered by modern software and any restrictions occurring at work. In our research, we mainly used software from Autodesk and Nemetschek.

Key words: BIM, Revit, Dynamo, Allplan, Civil 3D, Scope, Sofistik, Scia Engineer, statical analysis, building information modelling, virtual reality, 3D printing

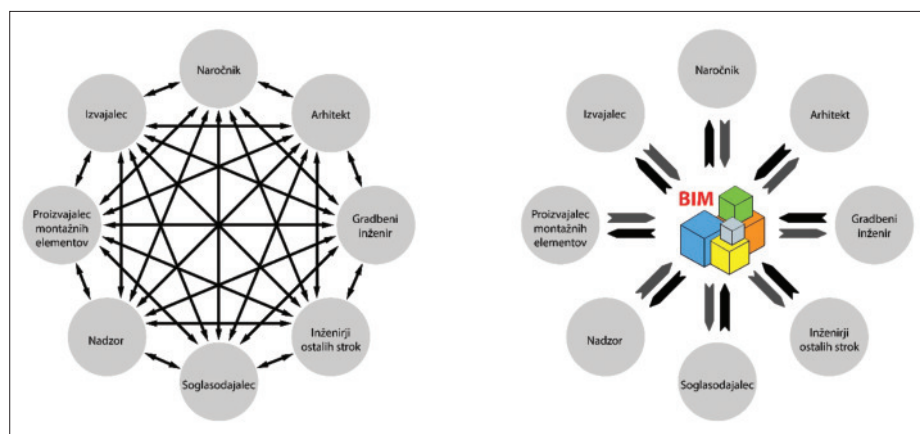
1 • BIM – INFORMACIJSKO MODELIRANJE OBJEKTOV

1.1 Splošno o BIM

Živimo v informacijski dobi, ki jo zaznamuje uporaba računalnikov in interneta. Sodobno digitaliziranje je gospodarska in družbena revolucija. Ta se na različne načine odraža tudi v gradbeništvu, na področju zasnove in projektiranja gradbenih objektov, vedno bolj pa tudi na področju izvajanja objektov. Digitalizacija v gradbeništvu nekoliko zaostaja za digitalizacijo v drugih gospodarskih panogah. Po napovedih naj bi digitalizacija na področju gradbenih inženirskih objektov do leta 2025 privarčevala od 13 % do 21 % globalnih stroškov v fazi projektiranja in izvajanja in med 10 % in 17 % v fazi obratovanja (BCG, 2016). Trenutno najizrazitejši in najobetavnejši trend je uporaba informacijskega modeliranja objektov (ang. Building Information Modelling – BIM). BIM je metoda, ki jo podpira več pro-

gramov. Po tej metodi izdelujemo informacijski model gradbenih objektov in pozneje iz njega pridobivamo podatke oz. informacije (risbe,

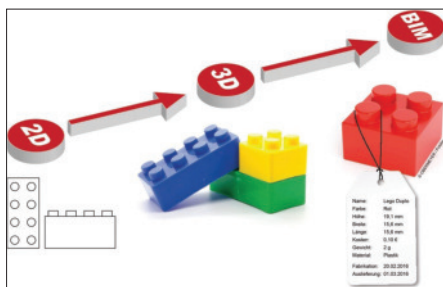
računski model, popisi, stroški itd.), ki jih obdelujemo celoten življenjski cikel gradbenih objektov. V fazi načrtovanja in gradnje objektov BIM omogoča sodelovanje (interoperabilnost) različnih udeležencev, saj vsi udeleženci za svoje delo uporabljajo isti digitalni model



Slika 1 • Sodelovanje udeležencev pred BIM in z BIM.

in bazo podatkov, ki ga sproti dopolnjujejo in nadzirajo. Z BIM v procesu projektiranja objektov zagotovo nastaja velika sprememba.

BIM-modeli gradbenih objektov lahko poleg 3D-modela – torej geometrijskih in materialnih karakteristik – vsebujejo tudi časovno in finančno komponento, v tem primeru govorimo o 4D- in 5D-modelih BIM. 6D-model BIM vsebuje še šesto dimenzijo, kar pomeni, da vsebuje še predvideno obratovanje, vzdrževanje in sanacije ter stroške. Enostaven prikaz osnovnega koncepta BIM in primerjava s klasičnim načinom konstruiranja sta prikazana na sliki 2.

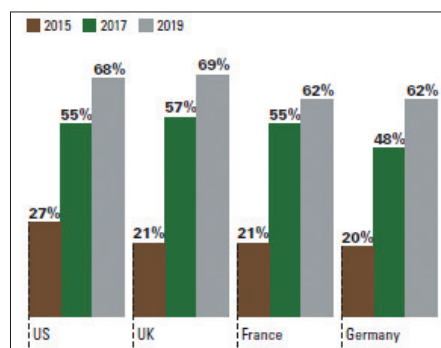


Slika 2 • Koncept BIM (Braun, 2017).

1.2 BIM v infrastrukturi

Na razvitih trgih postaja uporaba BIM že vsakodnevna praksa. Sprva smo se z uporabo BIM srečevali predvsem pri stavbah, z razvojem programske opreme se načela takega projektiranja selijo tudi na področje

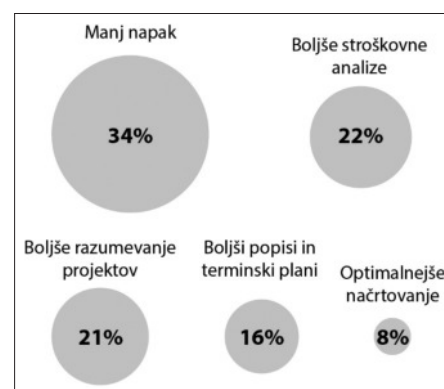
infrastrukture. Ena izmed pomembnejših nalog, pogosto zahtevna naloga v projektiranju infrastrukturnih in vseh drugih objektov, je uspešnost multidisciplinarnega sodelovanja. Moč BIM je v sodelovanju in informacijah. V fazi načrtovanja z uporabo BIM preprosto odkrijemo napake in težave, njihova odprava in spremembe pa so zelo hitre in cenovno ugodne, saj BIM ponuja digitalni prikaz realnega objekta, vključno z vsemi napravami in napeljavami. Z uporabo BIM najprej »gradimo« virtualno, šele nato pa resnično na terenu. Uporaba in rast uporabe BIM v infrastrukturi v Združenih državah Amerike, Združenem kraljestvu Velike Britanije in Severne Irske, Franciji in Nemčiji med letoma 2015 in 2019 je prikazana na sliki 3.



Slika 3 • Uporaba in napoved uporabe BIM po državah pri projektantih in izvajalcih v več kot 50 % projektov (DD&A, 2017).

Dober primer intenzivnosti uveljavljanja BIM v infrastrukturi predstavlja Strategija nemškega ministrstva za promet in infrastrukturo, v kateri se BIM od leta 2015 uvaja pilotno in postopno, z letom 2020 pa bo uporaba BIM v Nemčiji predpisana pri vseh novih prometnoinfrastrukturnih projektih. Evropska unija je z namenom spodbujanja uvedbe in razvoja BIM v projekte javnega gradbenega sektorja v začetku leta 2016 ustanovila EU BIM Task Group, katere članica je tudi Slovenija.

Ankete (DD&A, 2017) kažejo, da uporabniki BIM v infrastrukturi kot njegovo glavno korist navajajo zmanjšanje napak, boljše stroškovno napoved, boljše razumevanje projektov, izboljšano terminsko planiranje in izboljšavo kvalitete projektov (slika 4).



Slika 4 • Med uporabniki BIM izbrane njegove koristi (DD&A, 2017).

2 • ANALIZA MODELIRANJA – KONSTRUIRANJA

2.1 Splošno o analizi modeliranja

BIM je metodologija dela, ki jo omogočajo različna programska orodja, kar pomeni, da o uporabnosti BIM ne moremo soditi zgolj na podlagi uporabnosti enega programa. Prav zato smo izbrali dve programske orodji – Allplan in Revit, ki omogočata modeliranje objektov s pristopom BIM. Preizkušali smo tudi različne načine izmenjave podatkov med orodji za modeliranje in orodji za računsko analizo, saj posamezna programska orodja ne pokrivajo celotnega področja BIM, ki naj bi zajemalo vsa področja projektiranja. Prav zaradi tega ima učinkovita izmenjava podatkov (interoperabilnost) med programi pomembno vlogo. Analizo smo naredili na primeru realnega in aktualnega infrastrukturnega objekta, izbrali smo nadvoz na avtocestnem odseku Draženci–Gruškovje, ki je prikazan na sliki 5.

BIM-model nadvoza smo izdelali na podlagi projektne dokumentacije za pridobitev grad-

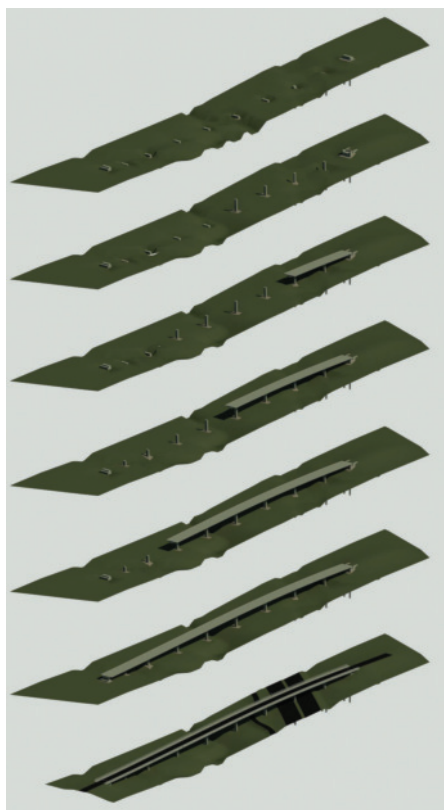
benega dovoljenja, ki ga je izdelalo podjetje Ponting (Ponting, 2012). Gre za nadvoz, ki tlorisno poteka v premi, vertikalno pa v dveh



Slika 5 • Nadvoz na AC Draženci–Gruškovje (julij 2017).

krivinah. Dolžina nadvoza med dilatacijama na krajnih opornikih znaša 264,70 m. Prekladna konstrukcija je prednapeta polna plošča z obojestranskima konzolama, ki poteka preko devetih polj, z razponi od 20 do 32 metrov. Monolitno je povezana s petimi vmesnimi pod-

porami, v preostalih podporah in na opornikih je podprta z lončnimi ležišči. Vsaka podpora je temeljena z dvema uvrtanima pilotoma premera 120 cm. Prekladna konstrukcija je izvedena po sistemu gradnje po poljih v širih gradbenih fazah na fiksnem podpornem odru. Faze gradnje objekta kot del BIM-modela, izdelane v programu Allplan, so prikazane na sliki 3.



Slika 6 • Gradbene faze nadvoza (Allplan).

Glede na programsko opremo smo izdelali dva povsem ločena BIM-modela nadvoza, namenoma smo uporabili programsko opremo, ki je na slovenskem trgu najbolj razširjena. Za izdelavo prvega modela smo uporabili Revit v kombinaciji s programi AutoCAD Civil 3D, Dynamo in Excel. Za izdelavo drugega modela smo uporabili program Allplan. Gre za dva različna BIM-modelirnika, ki se precej razlikujeta tudi v načinu dela. Računsko analizo smo naredili s programoma Sofistik in Scia Engineer. Računska analiza in prenosi iz BIM-modela v računski model so obravnavani v tretjem poglavju članka.

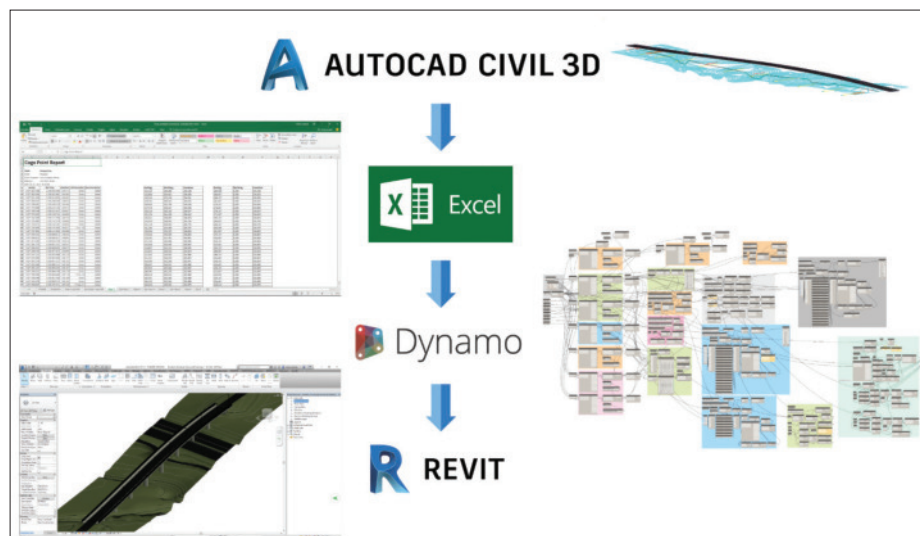
2.2 Modeliranje nadvoza z uporabo Revita

V Revitu smo najprej izdelali osne mreže in višinske nivoje, na katere smo se opirali pri ustvarjanju geometrije. Nato smo izdelali vmesne podpore in krajna opornika z uporabo Revitovih osnovnih arhitekturnih elementov

(steber, nosilec, stena, plošča). Med delom smo ustvarjali tudi vse potrebne družine elementov z urejevalnikom družin. Prekladno konstrukcijo, ki je predstavljala najzahtevnejši del modeliranja, smo ustvarili s postopkom, ki je shematsko prikazan na sliki 7. Najprej smo izdelali traso ceste v programu AutoCAD Civil 3D, iz katere smo izvozili točke v Excelovo tabelo. Te točke smo nato uporabili kot

izdelava konstrukcije s poljubno geometrijo, ki ne poteka nujno v določeni ravnini, to pa z osnovnimi ukazi Revita ni mogoče.

Po modeliranju geometrije konstrukcije smo opravili statično analizo, nato pa smo se lotili konstruiranja armature. Pri enostavnih elementih konstruiranje armature v Revitu ne predstavlja zahtevne operacije, armaturo

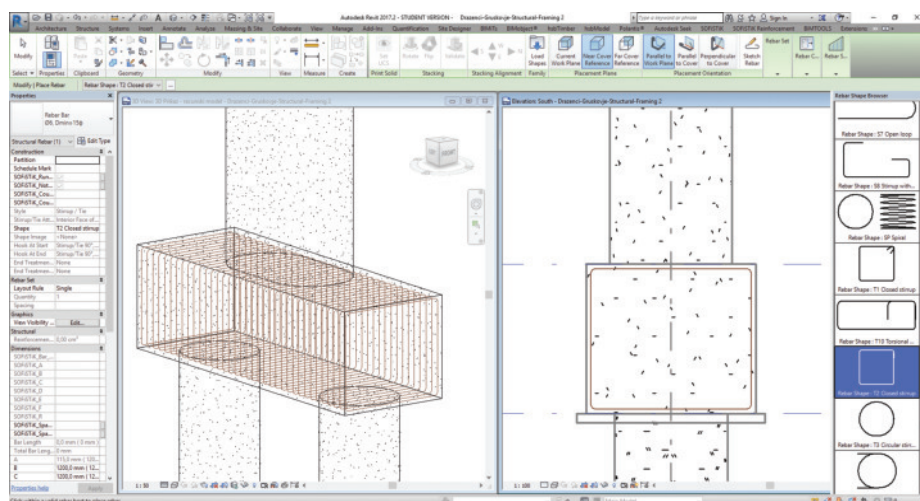


Slika 7 • Postopek izdelave prekladne konstrukcije.

referenčne točke za ustvarjanje geometrije nadvoza s programom Dynamo, ki je platforma za vizualno programiranje. V Dynamo smo ustvarili skript, s katerim smo ustvarili geometrijo vseh potrebnih elementov prekladne konstrukcije, izvedli Booleanove operacije na opornikih, s skriptom pa smo vstavili tudi opremo mostu (izlivnike, luči, ograje itd.), saj Revit ne omogoča postavitev elementov z neposrednim vnosom koordinat. Ta način dela smo izbrali, ker nas je zanimala predvsem

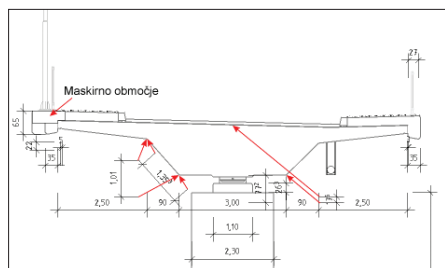
(izbiro oblike palic, izbiro načina polaganja armature in želeno pozicijo) ustvarimo zelo hitro.

V primeru prekladne konstrukcije so bile armaturne palice zapletenejših oblik, zato smo uporabili ukaz, s katerim lahko ustvarimo poljubne oblike armaturnih palic – za polaganje oblike palice vzdolž krivulje smo uporabili Revitov vtičnik Sofistik Reinforcement Detailing. Lahko bi uporabili tudi Dynamo ali kateri drugi vtičnik. Nadaljnje konstruiranje armature v prekladni konstrukciji smo opustili, saj je



Slika 8 • Izdelava armature v enostavnih konstrukcijskih elementih (Revit).

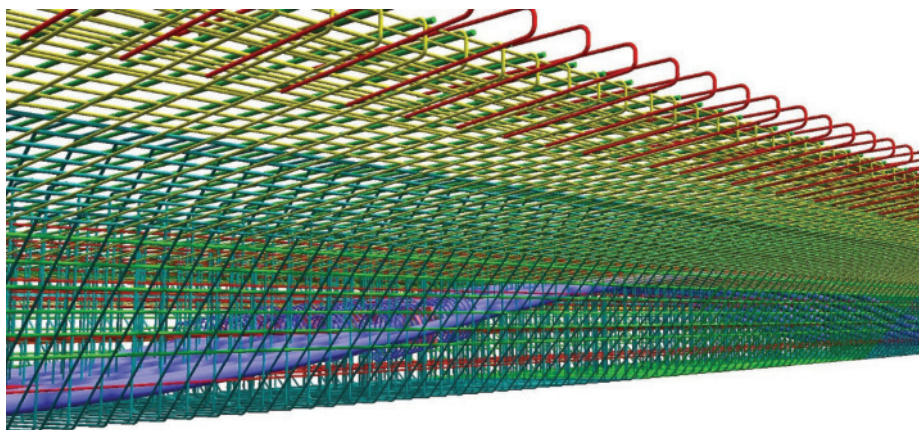
ustvarjanje poljubne geometrije palice zahtevalo ogromno procesorsko moč, zaradi zelo počasnega delovanja programa je bilo konstruiranje armature nesmiselno. Risbe v Revitu ustvarimo tako, da pripravimo različne prikaze modela, ki jih nato »zložimo« na želeno dimenzijo lista. Revit omogoča tudi izdelavo popisov količin, kjer lahko izberemo parametre, ki jih želimo zajeti v popisih. Z uporabo relacij lahko izdelamo tudi približne ocene stroškov. Pri izdelavi prikazov modela smo naleteli na nekaj težav (slika 9), saj ni bilo mogoče izvesti kotiranja prekladne konstrukcije v prečnem prerezu zaradi vzdolžnega poteka prekladne konstrukcije po krivulji. Druga slabost programa je tudi ta, da v prikazih 2D-modela ne moremo izklopiti določenih linij. Lahko jih prekrijemo z maskirnimi območji, vendar pa s tem prekrijemo tudi morebitne zelene linije.



Slika 9 • Neuspešne operacije v Revitu.

2.3 Modeliranje nadvoza z uporabo Allplana

S programom Allplan smo najprej pripravili proste ravnine, na katere smo se opirali pri ustvarjanju geometrije za izdelavo podpor in opornikov. Za izdelavo opornikov smo uporabljali tudi modul 3D-modelirnik, ki omogoča modeliranje poljubne 3D-geometrije in izvedbo Booleanovih operacij. Prekladno konstrukcijo smo modelirali z uporabo Allplanovega modelirnika mostov, za kar je osnova os trase, ki smo jo določili z uporabo ločenih 2D-linij v zunanji datoteki. Vzdolž trase smo nato izdelali prečne prereze in tako ustvarili 3D-telo. Z uporabo Booleanovih operacij smo prekladno konstrukcijo ločili na posamezne gradbene faze, nato smo ustvarili še ograje, luči pa smo z uporabo formata IFC (Industry Foundation Classes) izvozili iz Revita, kjer smo jih že izdelali. Armature v Allplanu konstruiramo tako, da nastavimo prereze, v katerih generiramo zelene oblike palic, nato pa jih položimo vzdolž ustrezne poti. Uporabljamo lahko že vnaprej definirane oblike palic ali pa definiramo poljubno geometrijo. S konstruiranjem armature v prekladni konstrukciji ni bilo težav, rezultat konstruiranja armature z Allplanom je prikazan na sliki 10.



Slika 10 • 3D-prikaz armature in prednapetih kablov v Allplanu.

Posamezne pozicije armature na sliki 10 so namenoma prikazane v različnih barvah. Kable za prednapenjanje ustvarimo tako, da os kabla shranimo v zunanjo datoteko, nato pa jo uporabimo v čarovniku za ustvarjanje nateznih elementov, kjer določimo tudi vse druge parametre za geometrijo kablov. Priprava risb poteka podobno kot v Revitu, tako da zložimo zelene datoteke na želeno dimenzijo lista. Popisi, ki jih izdelamo z Allplanom, so interaktivno povezani z modelom, kar pomeni, da lahko izberemo elemente v popisu, ti pa se označijo v modelu. Ustvarjamo lahko popise za vrste del, količino materialov in podobno. Pri izdelavi BIM-modela z Allplanom ni bilo težav.

2.4 Nove tehnologije za vizualizacijo/prikaz objektov

Inženirski objekti spadajo med zahtevne konstrukcije, kar pomeni, da investicije takšnih konstrukcij dosegajo velike vrednosti. Vizualizacije objekta lahko v ve-

vendar pa menimo, da je v njej ogromno potenciala. Zlasti pomembno je to, da z uporabo BIM ustvarjamo 3D-model, ki ga lahko tudi z enostavnimi in hitrimi postopki prikažemo na vse prej omenjene načine.

Za vizualizacijo z uporabo virtualne realnosti smo preizkusili renderiranje stereopanoramskih slik, ki jih je mogoče prikazati z očali za virtualno realnost. Renderje smo izdelali z uporabo informacijskega modela, ustvarjenega v Revitu, saj bi za njihovo izdelavo iz modela v Allplanu potrebovali dodatno programsko opremo, za prikaz stereopanoramskih slik pa smo uporabljali očala Samsung Gear VR. Prednost takšne vizualizacije je predvsem prostorski občutek uporabnika in občutek za dimenzije objektov, kar s klasičnimi fotorealističnimi renderji ni mogoče.

Preizkusili smo tudi 3D-tisk, to je tehnologija, ki je vse pogostejša v uporabi. Iz modelirnikov smo izvozili datoteke, ki jih podpira



Slika 11 • Maketa nadvoza, natisnjena s 3D-tiskalnikom.

liki meri pomagajo pri odpravi napak, optimizaciji in izboljšavah konstrukcije. Pomembno vlogo igrajo vizualizacije oz. predstavitve objekta na različnih natečajih, pa naj bodo to fotorealistični renderji, makete ali kaj podobnega. Mi smo raziskali tehnologijo, ki je na področju vizualizacij oz. predstavitev objektov še v začetni fazi,

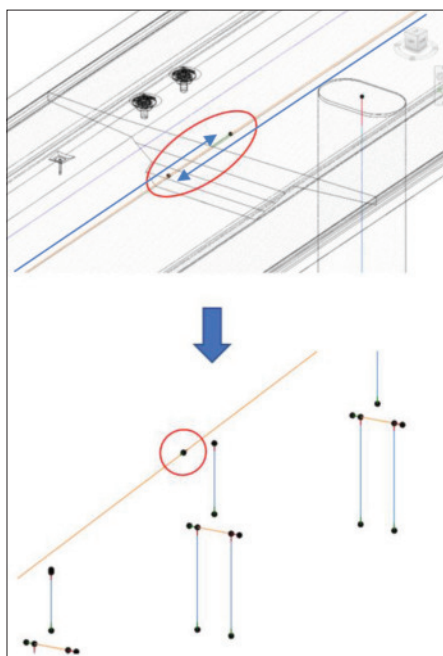
večina 3D-tiskalnikov, ter natisnili maketo z uporabo plastičnega filameta PLA. Ker smo uporabili tiskalnik nižjega cenovnega razreda, ki ima manjšo delovno površino od dimenzij makete, smo model natisnili po delih, nato pa jih zlepili skupaj, da smo dobili končno maketo, ki je prikazana na sliki 11.

3 • PRENOS BIM-MODELA V PROGRAME ZA STATIČNO ANALIZO IN ANALIZA

3.1 Splošno o prenosu

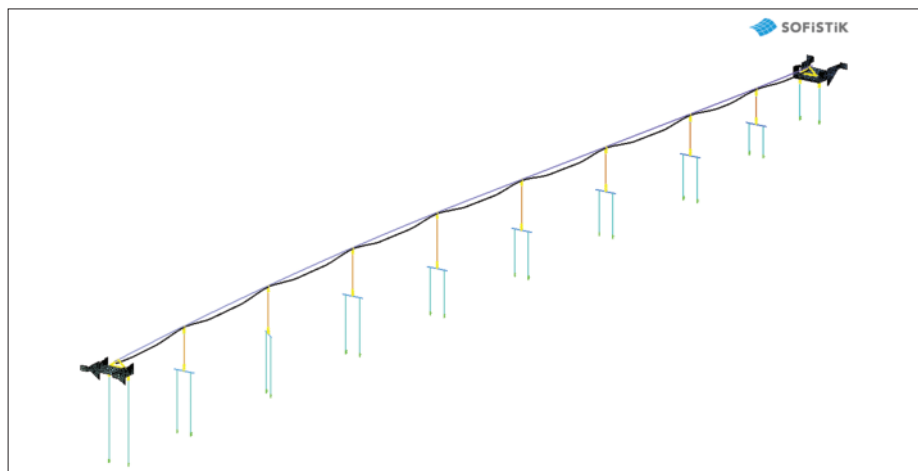
Raziskovali smo možnosti uporabe BIM-modela v programih za statično analizo, s čimer lahko v veliki meri prihranimo čas, saj nam ni treba posebej izdelovati računskega modela. Seveda je uporaba takšnega prenosa podatkov smotrna, če je računski model, pridobljen iz informacijskega modela objekta, dovolj natančen, in za izvedbo analize ni treba izvesti velikega števila modifikacij, kar bi lahko pomenilo, da bi za modifikacije potrebovali več časa kot za izdelavo novega računskega modela. Glede na to, da smo uporabljali dva modelirnika in dva programa za statično analizo, so obstajale štiri možnosti uporabe in prenosa BIM-modela. Obstaja več možnih načinov za prenos podatkov med programi, najbolj pogosta sta uporaba standardiziranega formata IFC in uporaba direktnih povezav API (Application Programming Interface), ki jih morajo zagotoviti proizvajalci posamezne programske opreme. Uspešno smo izvedli prenos modela med Revitom in Sofistikom ter Allplanom in Scia Engineerjem. Prenos modela iz Allplana v Sofistik ni bil mogoč, prenos podatkov iz Revita v program Scia Engineer pa nismo izvedli zaradi prevelikega obsega dela, ki bi nastal na treh računskih modelih.

3.2 Prenos modela iz Revita v Sofistik

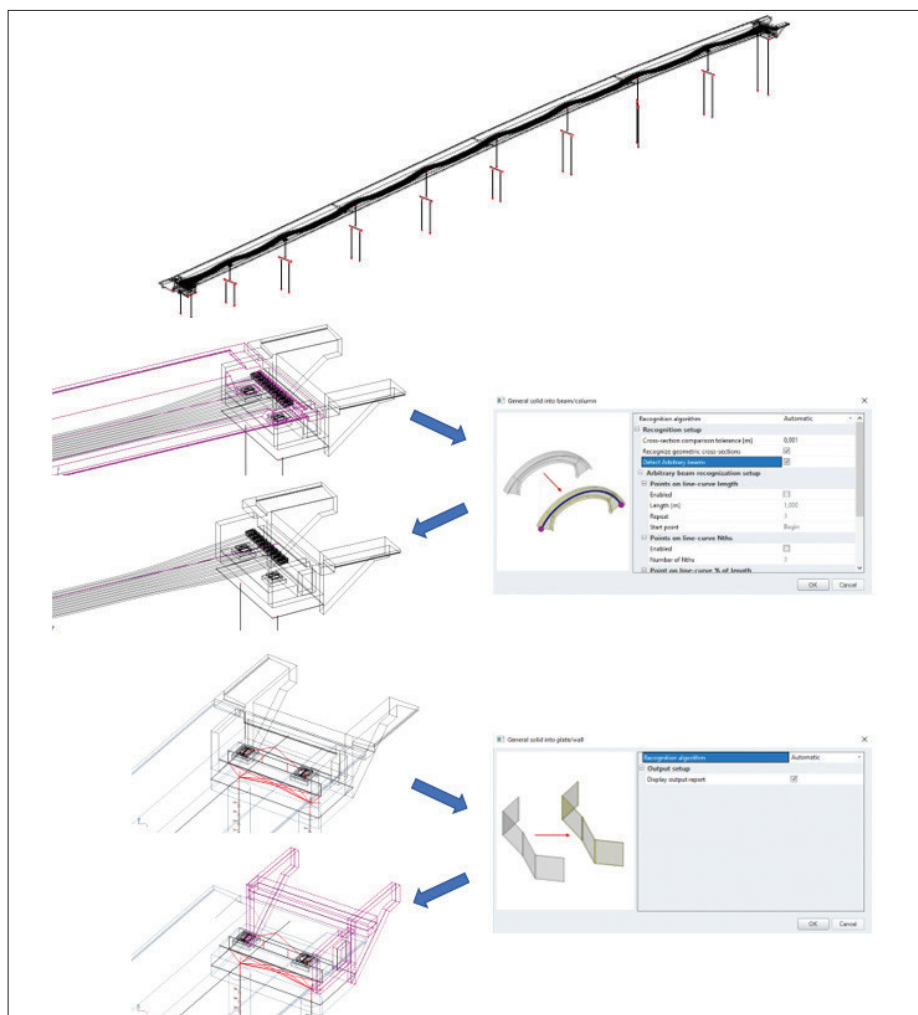


Slika 12 • Modifikacija računskega modela v Revitu.

Pri prenosu modela iz Revita v Sofistik smo najprej z modificiranjem prekrivajočih se linij-



Slika 13 • Končni računski model v Sofistiku.



Slika 14 • Uvoženi model objekta z uporabo IFC-formata in pretvorba 3D-elementov v računske elemente.

skih elementov, tako da so se stikali, dodelali računski model, ki se v Revitu ustvarja že z modeliranjem geometrije (slika 12). Nato smo z uporabo API-vmesnika izvozili računski model v Sofistik.

V Sofistiku smo nato z uporabo Sofiplusa (grafični predprocesor za vnos geometrije) dopolnili prečne prereze, ki nimajo osnovnih oblik (pravokotnika ali kroga), tako da smo vstavili sloje armature in ustvarili strižne prereze, dodali smo še kinematične vezi, profile temeljenja za pilote, ustvarili smo kable za prednapenjanje in vnesli vse obtežbe, razen prometne, ki smo jo ustvarili s čarovnikom za ustvarjanje prometne obtežbe. Za tem smo ustvarili faze gradnje s čarovnikom za gradbene faze. Vnos potresne obtežbe in spektra odziva, kombinacije obtežnih primerov, statični izračun in dimenzioniranje pa smo izvedli z uporabo tekstualnega vnosa v predprocesorju Teddy. Končni računski model je prikazan na sliki 13.

3.3 Prenos modela iz Allplana v Scia Engineer

BIM-model iz Allplana smo v program Scia Engineer prenesli z uporabo IFC-formata, ki je tudi edini možni način prenosa podatkov med programoma. Scia Engineer samodejno pretvori 3D-elemente z enostavnimi prerezi v računske elemente, druge elemente (prekladno konstrukcijo)

pa smo pretvorili ročno z uporabo ukazov za pretvarjanje 3D-geometrije v linijske in ploskovne elemente (slika 14). Pri pretvorbi linijskih elementov nismo imeli težav, pretvorba geometrije opornikov v ploskovne računske elemente pa je bila neuspešna. Izdelava računskega modela opornika bi bila tako potrebna z ročnim vnosom geometrije, pri tem pa bi lahko uvoženo 3D-geometrijo uporabljali za referenčne točke.

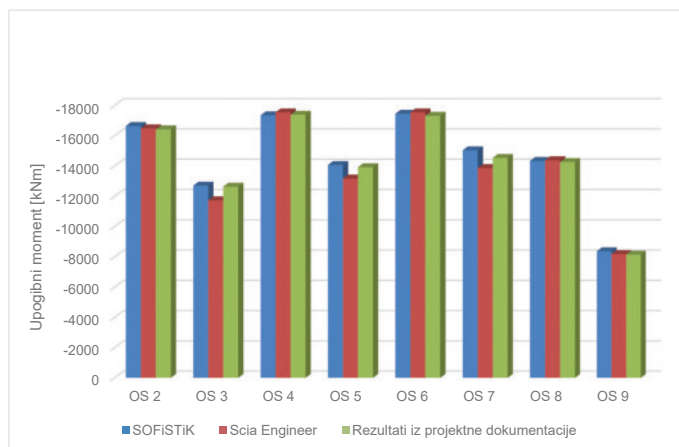
Po pretvorbi elementov smo ustvarili tudi toge vezi in členke med ločenimi elementi, ker jih BIM-model ne vsebuje. Za tem smo definirali še gradbene faze in obtežbe ter naredili statično analizo. Dimenzioniranja v tem primeru nismo izvajali zaradi slabšega poznavanja programske opreme.

3.4 Primerjava rezultatov statične analize

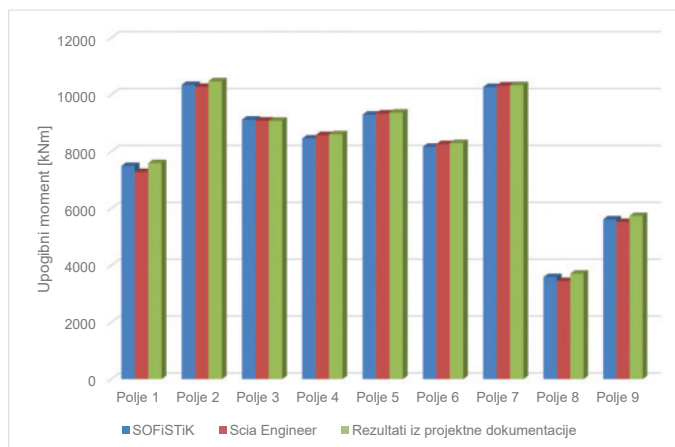
Zaradi boljše preglednosti in lažje primerjave smo rezultate statične analize prikazali grafično (sliki 15 in 16). Med seboj smo primerjali rezultate statičnih izračunov iz programov Sofistik in Scia Engineer ter rezultate statičnega izračuna iz projekta nadvoza (Ponting, 2012). Za primerjavo

smo uporabili rezultate upogibnih momentov zaradi lastne teže konstrukcije. Primerjali smo minimalne momente nad podporami (slika 15) ter maksimalne momente v poljih (slika 16).

Opazimo lahko, da so najmanjša odstopanja med rezultati, izračunanimi s programom Sofistik, ter rezultati iz projektne dokumentacije (Ponting, 2012), kjer je bil za statično analizo prav tako uporabljen program Sofistik. Zaradi minimalnih razlik v modelu so tudi odstopanja minimalna. Nekoliko večja odstopanja, ki pa so še vedno zanemarljiva, opazimo pri rezultatih programa Scia Engineer. Razlog za to je predvsem ta, da smo togost temeljenja pilotov modelirali z vzmetmi, kar ne daje povsem enakih rezultatov, model pa se razlikuje tudi v tem, da je prekladna konstrukcija, ustvarjena z modelirnikom mostov v Allplanu, sestavljena iz polilinijskih, kar pomeni, da imamo namesto krivulje ravne odseke, kar posledično vodi do odstopanj pri rezultatih. Nekaj odstopanj se pojavi tudi zaradi razlik med delovanjem programov. Največja odstopanja so se pojavila pri upogibnih momentih nad podporami.



Slika 15 • Upogibni momenti zaradi lastne teže nad podporami.



Slika 16 • Upogibni momenti zaradi lastne teže v poljih.

4 • SKLEP

Z uporabo BIM lahko zagotovo odpravimo potencialne napake pri projektiranju in izvedbi ter s tem v veliki meri prihranimo čas. Treba je ustvariti model, za katerega sicer potrebujemo nekoliko več časa, vendar pa so vse nadaljnje operacije, kot so na primer priprava prereзов, pogledov, florisov,

popisov itd., enostavne in hitre. Vsakršne spremembe se odražajo v vseh prikazih modela, kar pomeni, da je za spremembo vseh risb, popisov itd. načeloma potreben le en popravek. S tem zmanjšamo tudi možnost napak, saj ročni popravki nepovezanih 2D-pogledov, pri katerih lahko kaj

spregledamo, niso potrebni. BIM-modele smo uspešno uporabili za prikaz v obliki virtualne realnosti in za 3D-tisk, ki sta dva sodobna načina za vizualizacijo in prikaz. Modele bi lahko uporabili tudi za analizo stroškov, izdelavo terminskih planov, obstaja pa še ogromno drugih možnosti izvoza in nadaljnje uporabe BIM-modelov. Z uporabo IFC-formata se prenašajo geometrija elementov in njihovi atributi, za zdaj pa

se še ne prenašajo lastnosti pametnih elementov. Dejstvo je, da za izboljšave ostaja še veliko prostora, še posebno kar se tiče prenosa podatkov med programi. BIM-model lahko uporabimo tudi za druge aplikacije.

Pri ustvarjanju BIM-modela z Revitom smo naleteli na nekaj težav pri ustvarjanju pogledov za izdelavo risb. Za ustvarjanje pogledov in prereзов, ki jih potrebujemo za izdelavo risb, se je boljše obnesel Allplan, saj ponuja več možnosti za urejanje in nadzor prikazov modela. V Revitu ni bilo mogoče učinkovito konstruirati armature v prekladni konstrukciji, ki ima zahtevnejšo geometrijo, medtem ko z enako konfigu-

delirnika v Allplanu. Omeniti je treba tudi, da smo za izdelavo BIM-modela z Revitom potrebovali še nekaj dodatnih programskih orodij, brez katerih bi s težavo skonstruirali celotno geometrijo, z uporabo Allplana pa dodatne programske opreme nismo potrebovali.

Na podlagi raziskovanja lahko zaključimo, da smo bili uspešnejši pri izdelavi informacijskega modela nadvoza z Allplanom, saj so pomemben rezultat konstruiranja ustrezne risbe, ki jih z Revitom zaradi neuspešnega kotiranja prekladne konstrukcije nismo mogli narediti. Slika 17 prikazuje uspešnost posameznih operacij uporabljenih BIM-modelirnikov.

Operacija	Revit	Allplan
Modeliranje 3D-modela konstrukcije	✓	✓
Konstruiranje armature	✓ ₁	✓
Priprava prikazov modela za izdelavo risb	✗ ₂	✓
Priprava risb	✓	✓
Izdelava popisov	✓	✓
Izdelava ocen stroškov	✓	✗ ₃

1 Konstruiranje armature z Revitom je bilo sicer uspešno, zaradi zelo počasnega delovanja programa pri konstruiranju armature v prekladni konstrukciji pa neprimerno.

2 Neuspešno zaradi neuspešne izvedbe kotiranja prekladne konstrukcije.

3 Za izdelavo ocen stroškov z Allplanovim BIM-modelom bi potrebovali dodatno programsko opremo.

Slika 17 • Uspešnosti operacij uporabljenih BIM-modelirnikov.

racijo računalnika z uporabo Allplana pri tem nismo imeli težav. Prednost Revita je možnost uporabe Dynama, ki lahko v veliki meri prihrani čas, kadar moramo opravljati ponavljajoče se operacije. V Dynamu lahko ustvarimo tudi program, ki bi s spreminjanjem parametrov ustvarjal celotne modele konstrukcij, ki so med seboj podobne. Menimo, da je modeliranje kompleksnih elementov, kot je v našem primeru poleg prekladne konstrukcije tudi opornik, lažje z Allplanom, saj ima dobro razvite funkcije za modeliranje poljubne 3D-geometrije. V Revitu je bilo treba za izvedbo Booleanovih operacij ustvarjati posamezne družine, ki smo jih nato pre-rezali med seboj, združevanje različnih družin pa ne daje takšnih rezultatov, kot jih je mogoče doseči z uporabo 3D-mo-

Prenos podatkov o računskem modelu med BIM-modelirniki in programi za statično analizo je omogočen ter v določenih primerih že dobro deluje, vendar pa še ni idealen. Za izmenjavo podatkov s programi za računske analize je za Revit več proizvajalcev programske opreme razvilo API-vmesnike, medtem ko lahko v primeru Allplana uporabljamo le IFC-format (razen za posamezne elemente, ki jih lahko z API-vmesnikom izvozimo v program Frilo). Prenos modela med Revitom in Sofistikom ter Allplanom in Scia Engineerjem je bil uspešen, vendar pa v primeru Allplana in Scia Engineerja nismo izvedli pretvorbe opornikov v računski model, zato bi ga bilo treba izdelati ročno. Pri prenosu računskega modela iz Revita v Sofistik smo uspešno prenesli vse elemente, vendar pa

je bilo tudi v tem primeru potrebnih nekaj dodatnih popravkov. Sofistik v primerjavi s programom Scia Engineer ponuja več svobode, saj lahko z uporabo tekstualnega urejevalnika Teddy izkoristimo več možnosti ukazov in nastavitev. Naše poznavanje programa Scia Engineer je slabše kot poznavanje Sofistika, zato nadaljnjih zaključkov in primerjave med programoma ne bomo podajali. Primerjava izvoza podatkov v programe za računske analize je grafično prikazana na sliki 18.

Kombinacija programov	Prenos podatkov
Revit – Sofistik	✓
Revit – Scia Engineer	? ₁
Allplan – Sofistik	✗
Allplan – Scia Engineer	✓

1 Prenosa iz programa Revit v program Scia Engineer nismo izvedli, zato ne moremo podati zaključka.

Slika 18 • Primerjalna tabela izvoza BIM-modela v programe za statično analizo.

Zaključimo lahko, da so trenutne različice BIM-modelirnikov dovolj razvite tudi za uporabo pri projektiranju mostov. Nekateri programi so za to bolj pripravljeni, nekateri pa nekoliko manj. BIM-model (model za konstruiranje) in model za statično analizo sta v svojem bistvu različna modela, prenos (še) ni avtomatiziran. Vključitev statika konstruktorja v zgodnji fazi projektiranja vseh vrst objektov bo za realizacijo uspešnosti BIM-modeliranja nujna, kar je pri mostovih, ki se primarno konstruirajo in ne oblikujejo, večinoma tako ali tako zagotovljeno. Na podlagi trenda razvoja, ki bo odpravil tudi navedene pomanjkljivosti, menimo, da bo BIM pri projektiranju vseh vrst objektov v prihodnosti zaradi strokovnosti zahteval še intenzivnejše sodelovanje, morda celo združevanje, saj bo treba k projektiranju pristopati še bolj dosledno in celovito. Kako bo uporaba BIM vplivala na razvoj poslovnih odnosov, na varovanje in zaupnost informacij in kako bo BIM urejal, da bo »/k/opitar sodil le čevlje«, v prikazani raziskavi ni bilo analizirano.

5 • LITERATURA

Allplan, Allplan's online help, <http://help.allplan.com/Allplan/2017-1/1033/Allplan/index.htm#5464.htm>, 2017.

ArchDaily, A Brief History of BIM, <http://www.archdaily.com/302490/a-brief-history-of-bim>, 2017.

Autodesk, Civil 3D 2017 help, <http://help.autodesk.com/view/CIV3D/2017/ENU/>, 2017.

Autodesk, Revit 2017, <http://help.autodesk.com/view/RVT/2017/ENU/>, 2017.

BCG, Boston Consulting Group, Digital in Engineering and Construction, The Transformative Power of Building Information Modeling, <https://www.bcg.com/publications/2016/engineered-products-infrastructure-digital-transformative-power-building-information-modeling.aspx>, 2016.

Braun, M., Laufkötter, A., Hochmuth, M., Maßgeschneiderte Bauwerke mit BIM, Bautechnik, Ernst & Sohn, Volume 94: str. 232 do 236, 2017.

BIM – Building Information Modeling, Ernst & Sohn Special, Ernst & Sohn, 2016.

buildingSMART International home of open BIM, <http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-overview>, 2017.

DD&A, Dodge Data and Analytics, The Business Value of BIM for Infrastructure 2017, <https://www.construction.com/toolkit/reports/the-business-value-of-BIM-for-infrastructure-2017>, 2017.

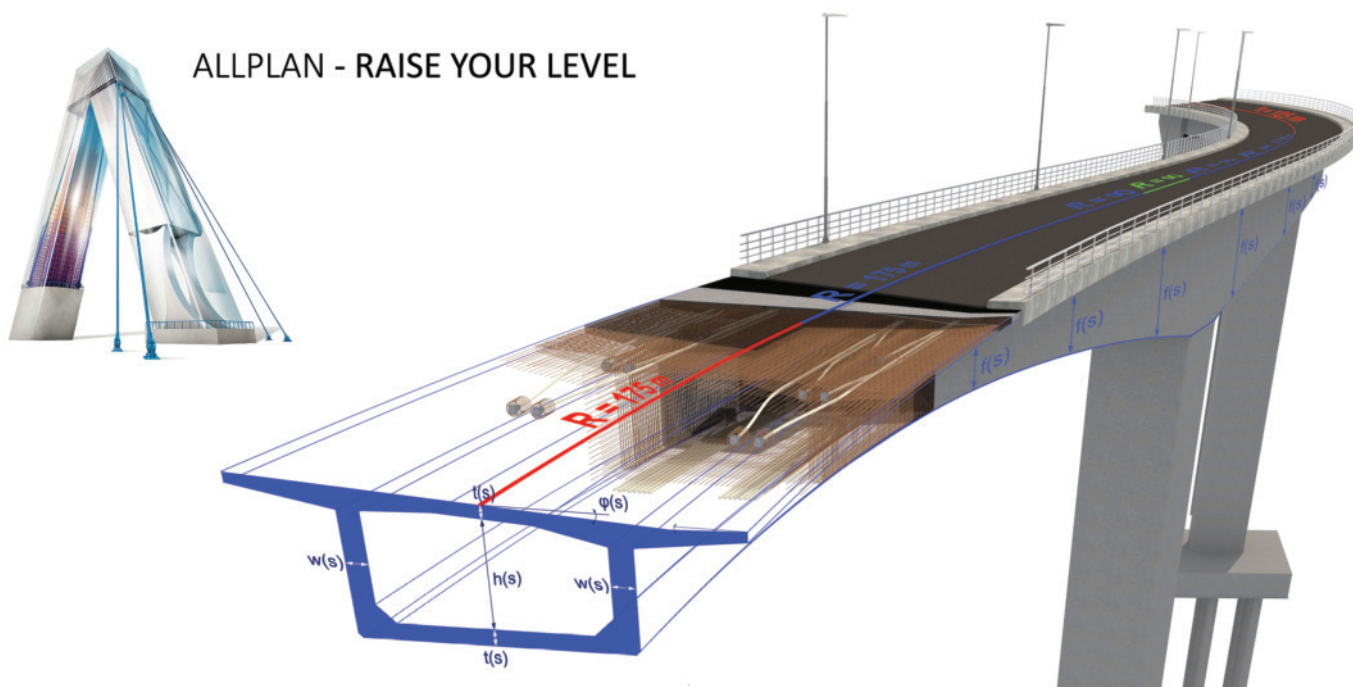
Dynamo, Open source graphical programming for design, <http://dynamobim.org/>, 2017.

Ledinek, M., Uporaba sodobnih pristopov pri projektiranju inženirskih objektov, magistrsko delo, Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo, prometno inženirstvo in arhitekturo, 2017.

Ponting, Projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja, Nadvoz 0094-1, 4-1 na AC odseku Draženci - MMP Gruškovje, Ponting, d. o. o., 2012.

SCIA Engineer, SCIA Engineer 16 Help, <http://help.scia.net/webhelplatest/en/>, 2017.

SOFISTIK, SOFISTIK offline help, Version 2016, 2017. https://www.sofistik.eu/fileadmin/FILES/support/SOFISTIK_Online_1.pdf, 2017.



Vodilna programska oprema za arhitekturno in gradbeno inženirsko projektiranje v Evropi. Več na www.iprostor.si