

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

*Janova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si*



Visokošolski program Gradbeništvo,
Prometnotehnična smer

Kandidat:

Miha Schrott

Uporaba prostorskega modeliranja pri načrtovanju in gradnji prometnic

Diplomska naloga št.: 346

Mentor:

doc. dr. Alojzij Juvanc

Somentor:

asist. mag. Robert Rijavec

Ljubljana, 30. 10. 2009

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani MIHA SCHROTT izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom
»UPORABA PROSTORSKEGA MODELIRANJA PRI NAČRTOVANJU IN GRADNJI
PROMETNIC«

Izjavljam, da se odpovedujem vsem materialnim pravicam iz dela za potrebe elektronske
separatoteke FGG.

Ljubljana, 30.09.09

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČKOM

UDK: 004.42:519.61/.64:625.72(043.2)
Avtor: Miha Schrott
Mentor: doc. dr. Alojz Juvanc, univ.dipl.inž.grad.
Somentor: asist. mag. Robert Rijavec, univ.dipl.inž.grad.
Naslov: Uporaba prostorskega modeliranja pri načrtovanju in gradnji prometnic

Obseg in oprema: 54 str., 30 slik.

Ključne besede: projektiranje, model, prometnice

Izveček:

V diplomski nalogi so obravnavane koristi uporabe projektantskih programov za potrebe načrtovanja in spremljanja izvajalskih del. Za naše delo smo uporabili programa Plateia in Autodesk Civil 3D, ki sta med projektanti najbolj uporabljana. Izbrali smo projekt AC Pluska-Ponikve, kjer so v času naše študije potekala zemeljska dela. Za vhodne podatke smo uporabili projektno dokumentacijo PGD, iz katere smo črpali vse potrebne informacije o načrtovani prometnici in na podlagi katerih smo izdelali projekt v programih Plateia in Civil 3D. Izdelali smo preprost prostorski model prometnice, ter s podatki, pridobljenimi na terenu vsak mesec s strani geodetov, izdelali tudi animacijo poteka zemeljskih del. Ugotovili smo, da obstajajo koristi uporabe teh programov, ne samo pri projektiranju, temveč tudi v fazi planiranja in izvedbe del ter nasploh v celotnem življenjskem ciklu projekta. Vizualizacija napredka del na projektu omogoča boljšo komunikacijo med nadzorom in izvajalcem. Programi omogočajo večjo avtomatizacijo pridobivanja podatkov o količinah materialov, potrebnih za izgradnjo prometnice, kar izvajalcu del omogoča večjo preglednost nad deli in evidenco izvedenih in neizvedenih del. Modeliranje projektov v fazi načrtovanja tako lahko v bodoče prispeva k bolj optimizirani gradnji ter večji preglednosti nad detajli projekta. Za razširjeno uporabo modeliranja prometnic pa je potreben nadaljnji razvoj programske opreme, ki bi omogočala avtomatizirano izdelavo detajlnih modelov projekta, ter večji poudarek na računalniškem in programskem izobraževanju inženirjev.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 004.42:519.61/.64:625.72(043.2)
Author: Miha Schrott
Supervisor: assist. prof. Alojz Juvanc, C.E., MSc, Ph.D
Co-supervisor: assist. Robert Rijavec, C.E., MSc
Title: Use of Spatial Modelling by Designing and Construction of Roads and Railways.

Notes: 54 p., 30 fig.

Key words: Design, model, roadways

Abstract:

This thesis deals with feasibility and efficaciousness of the programs made for roadway planning for the requirements of design and surveying of the construction works. The study is based on the programs Plateia and Autodesk Civil 3D, which are most widely used among the project engineers. The design of the highway AC Pluska-Ponikve was chosen, as there were being carried out earthworks during our study. The design documentation PGD was adopted for the input data, using all essential information of the designed roadway. On the basis of these information the project was made in the programs Plateia and Civil 3D. A simple volume model of the roadway was made, and on the basis of data acquired each month by surveyors on the terrain, also the animation of the earthwork performance was carried out. The usefulness of these programs was ascertained not only in designing but also in the phase of planning and construction works as well as in the whole life cycle of the project. The visualization of the progress of construction works on the project enables more efficacious communication between the owner and constructor. This process also enables quicker data extraction, resulting in better project management. The modelling of the projects in the phase of designing can, on the other hand, contribute to more optimized construction in future. However, the wide usage of the roadway modelling shall not be possible without further development of the software and appropriate program education of the engineers.

ZAHVALA

Za pomoč pri izdelavi diplomske naloge se zahvaljujem mentorju doc. dr. Alojziju Juvancu, univ.dipl.ing.grad. in somentorju asist. mag Robertu Rijavcu, univ.dipl.ing.grad.

Predvsem bi se rad zahvalil svojim staršem za vso podporo in potrpežljivost, ki sem je bil deležen v času študija.

KAZALO VSEBINE

1 UVOD	1
1.1 Namen in cilji naloge	1
2 GRADITEV INFRASTRUKTURNIH OBJEKTOV	2
2.1 Projektna dokumentacija	3
2.2 Življenjski cikel projekta	4
2.3 Posamezne faze projekta.....	6
2.4 Spremljanje in nadzor izvajanja projekta	7
2.5 Prenos projekta od projektanta do izvajalca	9
3 PROSTORSKO MODELIRANJE PROMETNIC	11
3.1 Programska orodja.....	12
3.1.1 Standardizacija programskih datotek in povezave med programi	13
4 INFORMACIJSKI MODEL OBJEKTOV ALI »BIM«.....	15
4.1 Uporaba BIM tehnologije pri projektiranju infrastrukturnih objektov	16
4.2 BIM kot proces pri projektiranju	20
4.3 Okoljski vidik BIM tehnologije in sonaravnost	21
4.4 Izvedba del s pomočjo BIM tehnologije	23
4.5 4D CAD kot sestavni del BIM-a	23
4.5.1 Raziskave 4D CAD	24
4.5.2 Uporaba 4D modeliranja v nizkogradnji	27
4.5.3 Zahteve za 4D model	29
4.5.4 Možnosti in koristi uporabe 4D CAD-a.....	30
5 MODELIRANJE TRASE AC PLUSKA - PONIKVE.....	31
5.1 Potek dela	31
5.3 Povzetek dela.....	44

6 ZAKLJUČEK..... 47

VIRI: 50

KAZALO SLIK

Slika 1: Diagram faz projekta	6
Slika 2: Shematski prikaz programov za projektiranje objektov in prometnic ter programski jeziki, ki jih ti uporabljajo. Za združitev arhitekturnih objektov ter objektov nizke gradnje s terenom in podatki o lokaciji je v prihodnosti pomembna povezava standardov LandXML in IFC.	14
Slika 3: prikaz pretvorbe iz 2D načrta v 3D model in nato povezava 3D modela s terminskim planom	24
Slika 4: 3D teren, imenovan DTM (digital terrain model), narejen v programu AutoCAD Civil 3D.	33
Slika 5: Vzdolžni profil osi avtocestne trase ter niveleta.	35
Slika 6: 3D pogled na traso v programu Civil 3D.	36
Slika 7: Program NavisWorks omogoča vizualizacijo končnega 3D modela, ki je namenjen pregledovanju projekta v treh dimenzijah.	37
Slika 8: Mogoča je vizualizacija detaljev, kot so berme, mulde, jarki in robniki.	37
Slika 9: Primer izpisa kubatur materialov za različne vrste del po stacionažah.	38
Slika 10: Vrednotenje količin dodatnih poglobitev s pomočjo planimetriranja. Slika prikazuje samo majhen del tabele, od profilov P0 do P236 so prikazani samo profili P155 do P168.	39
Slika 11: Del odseka, za katerega smo vnesli točke stanja na 21.4.2009. Iz slike niso razvidne napake pri višinskih podatkih točk.	40
Slika 12: 3D model razkrije napake oziroma napačne višinske podatke nekaterih točk, zaradi česar spodnji ustroj in brežina nista podobna dejanskemu stanju.	41
Slika 13: Uporaba presečnih linij daje natančen model stanja del na določen datum.	43
Slika 14: V modelu vstavljene stacionaže omogočajo informacijo o tem, kateri del trase gledamo.	43
Slika 15: Shematski prikaz postopka izdelave 3D modela ceste.	45
Slika 16: Shematski prikaz postopka izdelave 3D animacije zemeljskih del.	46

KAZALO PRIVZETIH SLIK

Privzeta slika 1: Razmerje med možnostmi za vpliv in proizvodnimi stroški v času od zasnove do gradnje projekta (Reflak, J in sod., 2008).	3
Privzeta slika 2: Reprezentativni vzorec življenjskega cikla projekta v gradbeništvu (Reflak, J in sod., 2008).	5
Privzeta slika 3: Slika prikazuje povezavo podatkov z uporabo PMC modela in XML standarda (D. Rebolj in sod., 2008).	14
Privzeta slika 4: Primer simulacije, ki jo že danes uporabljajo projektanti (Haugbotn, A. 2009).	18
Privzeta slika 5: 3D model omogoča tudi vpogled na elemente, ki se nahajajo pod voziščem (Haugbotn, A. 2009).	18
Privzeta slika 6: Klasičen 2D pogled krožišča v situaciji na sliki levo ter krožišče v 3D pogledu na sliki desno (Haugbotn, A. 2009).	19
Privzeta slika 7: Vizualizacija vozišča in prometne opreme, ki jo uporabljajo projektanti (Haugbotn, A. 2009).	19
Privzeta slika 8: Odstranitev zgornjega ustroja omogoča pogled na skrite elemente cestnega telesa, kot so odvodi meteorne vode, kanalizacije ipd, kar lahko koristi izvajalcu za potrebe načrtovanja in izvedbe del (Haugbotn, A. 2009).	20
Privzeta slika 9: Pri klasičnem načinu projektiranja je največ dela vloženega med izdelavo projektne dokumentacije, tekom katere se možnost vpliva na ceno projekta manjša in se stroški sprememb v projektu večajo (Strafaci, A. 2008).	26
Privzeta slika 10: Pri BIM modeliranju se najvišja stopnja dela prestavi v bolj začetne faze projektiranja, kjer so možnosti spreminjanja projekta največje in stroški spreminjanja najmanjši (Strafaci, A. 2008).	27
Privzeta slika 11: Glavna os dela trase AC Pluska – Ponikve ter priključne osi (Podobnik, J. in sod. 2006).	34
Privzeta slika 12: Primer prečnega profila iz projekta AC Pluska – Ponikve (Podobnik, J. in sod. 2006).	35
Privzeta slika 13: Geometer vstavi podatke o novih plasteh v obstoječe profile trase, popravi morebitne napake ter profile pošlje izvajalcu del (Podobnik, J. in sod. 2006).	42
Privzeta slika 14: Točke na liniji nasipa v fazi zemeljskih del tvorijo presečne linije iz katerih izdelamo 3D površino nasipa (Podobnik, J. in sod. 2006).	42

1 UVOD

Prostorski modeli se v gradbeni stroki uporabljajo že dalj časa, v zadnjih petnajstih letih pa se je v arhitekturi uveljavilo tudi 4D načrtovanje, znano kot 4D CAD. Le-to je rezultat združitve prostorskega, 3D modela s terminskim planom projekta z ustreznimi računalniškimi programi. 4D CAD se je z leti uveljavil pri projektantih, planerjih in izvajalcih del. Izkazalo se je tudi, da 4D projektiranje omogoča boljšo komunikacijo med sodelujočimi v projektu. V projektih visoke gradnje se je tako 4D projektiranje razvilo kot rešitev za vedno večjo kompleksnost projektov, krajše roke izgradnje in za splošno potrebo po boljših tehnikah načrtovanja.

Do danes je bilo narejenih malo raziskav o koristih 4D CAD-a pri infrastrukturnih projektih. Zaradi narave teh projektov, ki imajo kompleksne geometrične konfiguracije, je komunikacija informacij med sodelujočimi slaba, zaradi česar zlahka pride do napak. Zaradi kompleksnosti projektov nizke gradnje ter slabe komunikacije med sodelujočimi je smiselna aplikacija prostorskega in 4D modeliranja za potrebe načrtovanja del, izdelave terminskih planov ter druga izvajalska dela.

1.1 Namen in cilji naloge

Namen te diplome je ugotoviti, kakšne so trenutne možnosti izdelave prostorskega modela pri načrtovanju prometnic, vpliv takega pristopa k optimizaciji projekta in uporabe takega modela pri izvedbi del. Poiskali smo ustrezne programe, ki omogočajo izdelavo modela ter programe, ki povezujejo take modele s terminskimi plani.

V praktičnem delu diplome smo s pomočjo programske opreme izdelali enostaven prostorski model avtocestnega odseka AC Pluska–Ponikve na podlagi podatkov iz projektne dokumentacije PGD. Tak model naj bi pripomogel k lažji predstavi o projektu oziroma boljši vizualizaciji projekta. Nadalje smo izdelali prostorske modele odseka trase glede na zemeljska dela za vsak mesec posebej in izdelali animacijo poteka zemeljskih del.

2 GRADITEV INFRASTRUKTURNIH OBJEKTOV

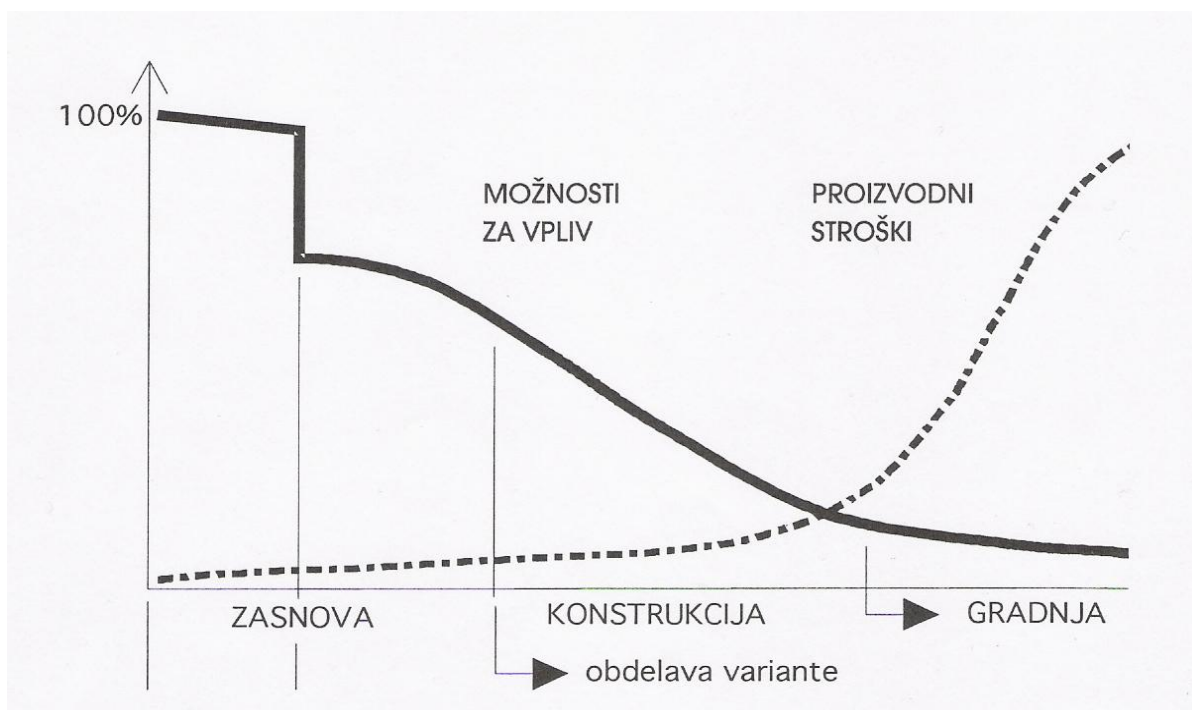
Življenjski krog objekta se začne z idejo o gradnji nekega objekta in konča z odstranitvijo oziroma rekonstrukcijo objekta. Dejavnosti, ki se odvijajo v tem krogu, so združene v pojmu graditev, ki vključuje tudi aktivnosti vzdrževanja, uporabe in odstranitve oz. rekonstrukcije objekta. Graditev je investicijski proces, vlaganje investitorja v graditev določenega objekta temelji na osebnem, družbenem ali finančnem interesu, ki ga investitor skuša z objektom uresničiti.

Med projektiranjem izdelujemo projekte za objekt, med izvedbo izdelujemo gradbene proizvode in objekt gradimo, v fazi uporabe pa vzdržujemo zahtevan nivo tehničnih in drugih lastnosti objekta. Poleg osnovnih udeležencev sodeluje v procesu graditve še cela vrsta udeležencev, ki so deležni direktno na projektu (svetovalne, inženirske organizacije, podizvajalci, obrtniki, inšpekcijske službe, preskusni laboratoriji itd.) ali pa predstavljajo zgolj opcijske udeležence (prizadeti prebivalci v okolici ipd.)

Za končno kakovost objekta je pomembna določitev del in postopkov po posameznih fazah graditve, določitev odgovornosti, obveznosti in medsebojnih razmerij vseh udeležencev pri graditvi ter sistema kontrole oziroma zagotavljanja kakovosti v vseh fazah graditve.

Projektiranje predstavlja izdelavo projektov, potrebnih za gradnjo, rekonstrukcijo, vzdrževanje ali odstranitev objektov na podlagi predpisanih zahtev investitorja in v skladu s predpisi in standardi.

Pomen doseganja kakovosti v fazi projektiranja je posebno velik, saj se v tej fazi določi večina karakteristik kakovosti gradbenega objekta. Tudi napake, ki jih kasneje odkrijemo, izvirajo v pretežni meri prav na področju projektiranja. Morebitne napake je možno v fazi projektiranja relativno enostavno odkriti in poceni odpraviti. Vpliv odločitev v fazi zasnove in konstrukcije na končno kakovost objekta je prikazan na naslednji sliki.



Privzeta slika 1: Razmerje med možnostmi za vpliv in proizvodnimi stroški v času od zasnove do gradnje projekta (Reflak, J in sod., 2008).

Iz zgornjega diagrama je razvidno, kako pomemben je pravilen pristop k zasnovi in projektiranju objekta. V tej fazi lahko z angažiranjem pravih strokovnjakov, z izbiro pravilne variante na osnovi verodostojnih projektnih podatkov in pogojev bistveno vplivamo na ekonomičnost bodočega objekta. Napačno izbrana varianta in slabo planiranje ne moreta dati dobrega projekta. V fazi gradnje ni več možno bistveno popraviti slabega projekta, takšna popravila ali spremembe pa so precej dražja, kot bi bila v fazi zasnove ali fazi projektiranja. (Reflak, J in sod., 2008).

2.1 Projektna dokumentacija

S projektno dokumentacijo se izdelata koncept, ki je bil postavljen v investicijskem programu oziroma obdelan v idejnem projektu. Projektna dokumentacija se izdeluje za PGD, PZI, PID in obratovanje ter vzdrževanje. Upoštevanji morajo biti veljavni predpisi, pogoji gradnje na določeni lokaciji ter zahteve projektne naloge in javni interes.

Osnovni pojmi:

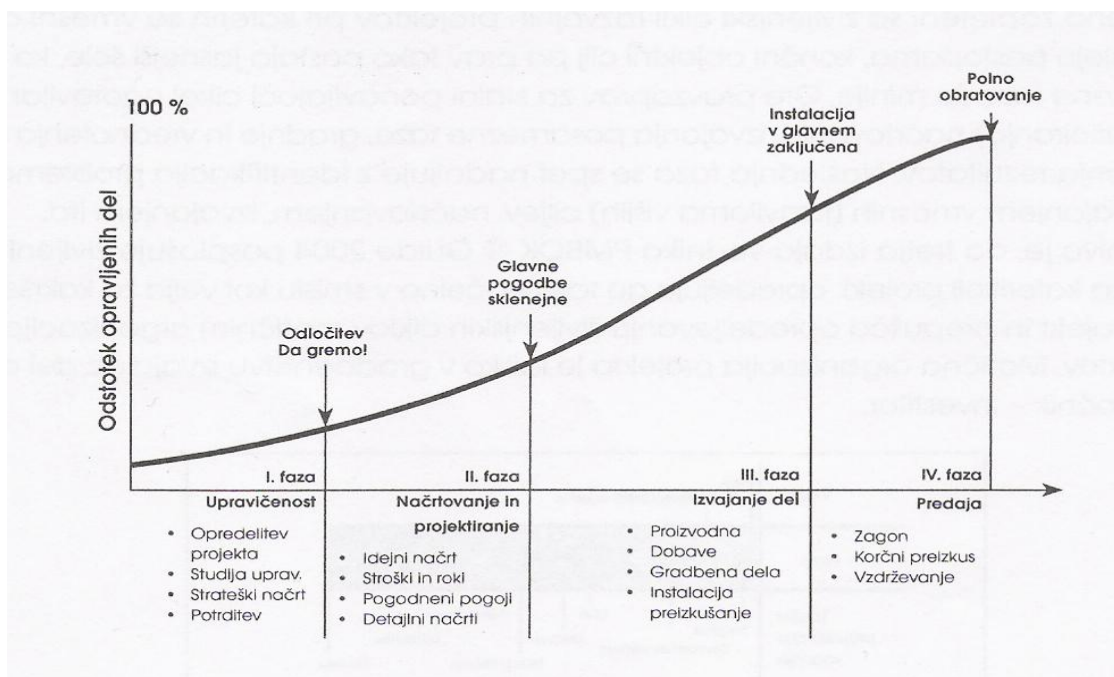
- IDZ - idejna zasnova projekta,
- IDP - idejni projekt,
- PGD - projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja,
- PZR - projekt za razpis,
- PZI - projekt za izvedbo,
- PID - projekt izvedenih del.

Projekt sestavljajo vodilna mapa, načrti in elaborati. Vodilna mapa vsebuje podatke o projektu in udeležencih pri graditvi, lokacijske podatke ter podatke o skladnosti rešitev s prostorskimi akti, bistvenimi zahtevami gradnje ter druge podatke, pomembne za odločanje v upravnem postopku. Načrti vsebujejo sistematično urejene sestave grafičnih prikazov in opisov, s katerimi se določijo lokacijske, funkcionalne, oblikovne in tehnične značilnosti nameravane gradnje. Elaborati vsebujejo študije, zasnove, strokovne ocene, geodetske načrte ter druge tehnične dokumente v zvezi z gradnjo. (UL RS, št. 55/2008, Pravilnik o projektni dokumentaciji)

Projekt za izvedbo PZI sestavljajo načrti podrobnejših tehničnih rešitev in detajlov, ki nadgrajujejo posamezne načrte iz PGD. Vodilna mapa vsebuje naslovno stran s ključnimi podatki o projektu in udeležencih pri graditvi, ter podatke o izdelovalcih projekta.

2.2 Življenjski cikel projekta

Vsak objekt ima že po definiciji več faz, od inicializacije ali definiranja projekta do končne predaje objekta, ki je sad celotnega dela na projektu. Zaporedje vseh faz od začetka do konca projekta imenujemo življenjski cikel, ki se zaključi tako, da projekt ugasne ali pa preide v nov projekt. Tipični življenjski cikel projekta v gradbeništvu je razdeljen v štiri faze, kot je razvidno na sliki.



Privzeta slika 2: Reprezentativni vzorec življenjskega cikla projekta v gradbeništvu (Reflak, J in sod., 2008).

Ta vzorec sestavljajo štiri faze:

- Prva faza, poimenovana upravičenost, zajema definicijo projekta, študije upravičenosti, načrtovanje strategije in potrditev, konča pa se z odločitvijo o zagonu projekta.
- Druga faza, poimenovana načrtovanje in projektiranje, sestoji iz projektne dokumentacije načrtovanja stroškov in terminskih planov, pogodbenih pogojev in detajlnega načrtovanja, zaključi pa se s podpisom glavnih pogodb za izvedbo.
- Tretja faza je izvajanje, ki vsebuje proizvodnjo, dobave, gradbena dela, inštalacije in preizkušanje. Zaključi se, ko so dela po projektih zaključena in oprema nameščena.
- Četrta faza je predaja in zagon, ki vsebuje končne preizkuse in vzdrževanje, konča pa se s polnim obratovanjem ceste ali zgradbe.

Z vidika naročnika je taka delitev v faze logična, pogled z vidika izvajalca projekta ali projektnega menedžerja v izvajalski organizaciji, ki se vključi v projekt šele po podpisu pogodbe, pa je drugačen. Ta praviloma nima nobene zveze z začetnimi odločitvami naročnika ter študijami upravičenosti. Z izvajalske strani je sicer ugodno, če je mogoče imenovati

projektnega menedžerja, ki bo izvajal projekt že v zgodnji fazi ponujanja, s čimer je dosežena ustrezna kontinuiteta in večje možnosti za uspešen projekt. (Reflak, J in sod., 2008).

2.3 Posamezne faze projekta

V diagramu spodaj so kratko opredeljene značilnosti posameznih faz projekta, od pobude za projekt in študij upravičenosti prek strategije in izvedbe gradnje do predaje objektov in aktivnosti po zaključku projekta.



Slika 1: Diagram faz projekta

2.4 Spremljanje in nadzor izvajanja projekta

Spremljanje in nadzor izvedbe projekta se nanaša na postopke spremljanja izvedbe sprejetih ciljev in planov projekta ter zaključno analizo doseženih rezultatov projekta. Nadzor izvedbe vsebuje naslednje naloge:

- postavitev učinkovitega sistema poročanja o stanju izvedbe nalog projekta,
- periodična kontrola izvedbe projekta,
- analiza ugotovljenih odstopanj,
- opredelitev trendov in napovedi,
- planiranje alternativnih rešitev in simulacija njihove izvedbe,
- oblikovanje in izvajanje korekcijskih ukrepov,
- sprememba ciljev projekta.

Spremljanje in nadzor gradbenih projektov se odvija na več ravneh: od samega gradbišča pa do poslovnega sistema – matične organizacije kot celote. Organizira se ustrezno spremljanje in nadzor na ravni projekta in zagotovi se ustrezno poročanje za višje ravni, kot so programi ali družba kot celota, v posameznih primerih pa tudi širše, v poročilih za investitorja ali nadzor.

Projektni menedžer – direktor projekta izvaja projektne kontroling na gradbišču s planiranjem časa in virov, z namenom nadzorovanja lastne delovne sile z delovnimi načrti, ki vključujejo terminske finančne načrte ter podizvajalce z delovnimi načrti, v katerih so navedeni končni roki.

Direktor projekta opredeli glavne delovne pakete ter izračuna ciljne roke in predvidene stroške v skladu z normativi, ki jih posreduje vodji gradbišča ali delovodji kot podlago za operativno pripravo dela.

Direktor projekta nadzoruje in posreduje službi za projektni kontroling na ravni matične organizacije poročila o proizvodnji in stroških glavnih segmentov dela na podlagi poročil vodij gradbišč.

Delovodja opredeli podrobne segmente dela, izračuna ciljne roke, razporedi delavce na posamezne segmente, izvaja delovne načrte s ciljnimi roki in nadzoruje delavce.

Spremljanje mora biti tekoče, odvisno od ravni na katero se nanaša. Na nižjih ravneh je nadzor in spremljanje dnevno ali tedensko, kar opravljajo delovodje in vodje gradbišč. Za uspešno načrtovanje in nadzor je tako na operativni ravni teden primeren za opredeljevanje delovnih paketov kot tudi za poročanje. Za pregled na ravni programa matične organizacije kot celote, pa je primeren mesečni korak poročanja skladno z ugotavljanjem rezultatov in zaračunavanjem obsega proizvodnje v enakem časovnem obdobju.

Pomembno je, da spremljanje in nadzor potekata tekoče, kajti obravnava rezultatov za daljša pretečena obdobja za nazaj, le redko lahko koristijo praktičnim ukrepom na gradbiščih in projektih, lahko so le napotek ob pripravi novih projektov.

Sistem nadzora organizira praviloma strokovna služba kontroling na ravni poslovnega sistema, ki ima naslednje naloge:

- uvajanje enotnega načrtovanja in usklajevanje operativnega s strateškim načrtovanjem,
- predpisovanje načina in metod poročanja,
- opredeljevanje ključnih kazalnikov za spremljanje in nadzor izvedbe projektov,
- spremljanje realizacije načrtovanih ciljev,
- analiziranje odstopanj,
- napovedovanje trendov na podlagi ugotovitev iz analiz
- oblikovanje ukrepov v zvezi z odmiki od zastavljenih ciljev.

(Reflak, J in sod., 2008).

2.5 Prenos projekta od projektanta do izvajalca

Pri načrtovanju del je potrebno določiti količine, osnovni volumen in težo, transportne razdalje in oceno vseh transportov. Preučiti je potrebno celoten projekt glede njegove zahtevnosti in sestave tal, nato se ga razdeli na segmente glede na potrebno izvajanje del (razgrinjanje, izkop zemljine, izkop kamenine, odpadni material..).

Potrebno je pravilno razporediti različne tipe gradbene mehanizacije po gradbišču, da delo poteka tekoče in vzporedno, če je to le mogoče. Za lažjo razporeditev nam pomaga masni profil. Poleg masnega profila si izvajalec del pomaga še s situacijo in s prečnimi profili. Poleg tega ima na voljo celotno projektno dokumentacijo z vsemi potrebnimi podatki v atributni obliki. Prostorsko modeliranje prometnic se danes ne izvaja za potrebe izvedbe del, vsi načrti, ki jih izvajalec dobi od projektanta so v 2D obliki in optimizirani za tisk.

Takšen prenos projekta, kjer so podatki v atributni ali v 2D obliki, se ni spremenila, odkar človek gradi. Tehnologija danes omogoča prostorsko vizualizacijo projekta, zato je smiselno, da se v proces načrtovanja in gradnje projektov vključi prostorsko modeliranje. Končni produkt je namreč prostorski, zato morajo načrti tak produkt čim boljše oponašati. Izvajalec si z izkušnjami ustvari neko predstavo o objektu, vendar je 2D prikaz precej omejen in velikokrat je podatkov v njem toliko, da se med seboj prekrivajo, opazovalec pa mora biti tehnično močno podkovan in izkušen, da iz 2D načrta razbere, kakšen je dejanski objekt.

Preden se lahko začnejo izvajalska dela, mora izvajalec izdelati načrt poteka del oziroma terminski plan, ki prikaže zaporedje ter obseg del v nekem časovnem terminu. Poleg tega mora načrtovati, kakšno mehanizacijo bo za ta projekt potreboval, ter določiti transportne poti. Za zemeljska dela potrebuje tudi začasne deponije, kjer se hrani material, ki se na trasi izkoplje, a je zaradi slabih lastnosti nevedgradljiv in tako neuporaben za nasipe. Za načrtovanje zemeljskih del, ki predstavljajo velik delež stroškov, ima izvajalec danes na voljo le 2D načrt situacije, 2D načrt prečnih profilov ter tabele, kjer so količine izkopnega in nasipnega materiala, PHN, zasipov in podobni podatki, ki predstavljajo zemeljska dela (D. Rebolj in sod., 2008).

PZI vsebuje vodilno mapo z načrti arhitekture, tehničnim poročilom, popisi del ter risbami. Za projektno dokumentacijo PZI se v Sloveniji za risbe uporablja program AutoCAD. Izvajalec tako dobi risbe situacije, katasterski načrt, prečne ter vzdolžne profile v obliki 2D risb. Vse risbe so tudi v elektronski obliki, vendar prav tako v 2D.

Za kvalitetnejši in preglednejši prenos dokumentacije je smiselna vpeljava 3D modelskih elektronskih podatkov. Ti bi omogočali boljše razumevanje projekta ter boljšo komunikacijo. Širša uporaba modelov v projektu bi lahko botrovala lažji evidenci sprememb in vnašanju sprememb v projekt. Model projekta bi tako lahko bil tudi del projekta izvedenih del.

Problem je tudi v povezljivosti elektronskih podatkov. V življenjskem ciklu prometnice nastajajo in se uporabljajo različni podatki, ki so sicer praviloma dostopni v digitalni, računalniško berljivi obliki, vendar so posamezne podatkovne enote (datoteke) nepovezane. Večinoma podatki v datotekah niso strukturirani (npr. tekstovne datoteke) ali pa so strukturirani v nestandardni obliki (npr. datoteke, ki jih uporabljajo programi za geometrijsko načrtovanje oz. projektiranje). Te datoteke, dokumenti in načrti, so sicer vsebinsko povezani, vendar jih zaradi nestrukturiranosti oz. nestandardne strukturiranosti ne moremo tudi računalniško ustrezno povezati

Uporaba prostorskega modela je tako smiselna, če se podatki standardizirajo in so datoteke povezljive. Preko vmesnika bi tako lahko vse podatke vnesli v tak model, s čimer bi dobili natančen, detajliran, standardiziran model objekta.

3 PROSTORSKO MODELIRANJE PROMETNIC

Pri projektiranju objektov nizke gradnje projektanti preverjajo parametre cestnega telesa, kot so na primer pregledne berme, vertikalne zaokrožitve, odvodnjavanje ipd. Za ustreznost teh parametrov pa morajo projektanti projekt prikazati v treh dimenzijah. V ta namen imajo na voljo nekatera programska orodja, ki omogočajo vizualizacijo projektov. Taka vizualizacija pa je dandanes uporabljena izključno za projektiranje in preverjanje vozne dinamike cestnega telesa, za potrebe izvedbe del pa se ne uporablja. Tako kot pri objektih visoke gradnje pa bi lahko vizualizacijo uporabili tudi za pripravo načrtov za izvedbo del in spremljanje izvedbenih del.

Že nekaj let projektanti pri načrtovanju prometnic uporabljajo programska orodja za navidezno resničnost (»virtual reality«, oz. VR), s katerimi izdelajo prostorski model prometnice. Ta model jim omogoča vizualizacijo prometnice in s tem preverjanje ustreznosti načrtov. Preverjajo predvsem, kakšno vidljivost omogočajo posamezni parametri, kot so vertikalne zaokrožitve, berme pri zavojih ter preglednost na križiščih. Tako je možnost izdelave prostorskega modela prometnic zelo dobrodošla za projektiranje, saj je preverjanje vidljivosti na prometnici skoraj nemogoče pri klasičnih 2D načrtih.

Podobno bi lahko razmišljali tudi pri fazi izvedbe del, saj bi bilo smotrno uporabiti 3D model tudi za potrebe načrtovanja, izvedbe in nadzora pri izvedbi del. Model, kot ga izdelajo in uporabljajo projektanti, pa ne zadostuje za potrebe načrtovanja ter izvedbe del. Namen modela se namreč razlikuje glede na to, ali ga uporablja projektant ali pa izvajalec del. Projektanta zanima samo izgled in uporabnost končnega produkta, izvajalec pa potrebuje drugačne informacije o prometnici. Za načrtovanje del potrebuje model, ki prikazuje podzemno infrastrukturo, kot je kanalizacija, vodovod ali elektrovod, ter omogoča vrednotenje količin materialov, potrebnih za izgradnjo prometnice.

3D model lahko služi za različne namene. Najbolj očitna sta vizualizacija projekta in posledično boljša predstava o projektu ter lažje načrtovanje izvedbe del. Druge koristi so:

- predstavitev faz del investitorju,

- lažja kontrola nadzora nad sprotnimi izvedenimi deli, v kolikor se 3D model posodablja, ko geometri izmerijo izvršena dela za tekoči mesec,
- boljša razlaga nadzorniku, kaj se je kje naredilo,
- boljša obveščenost investitorja o poteku del,
- lažje načrtovanje prometa in obvozov v času gradnje,
- možnost izdelave simulacije, ki bi širšo javnost informirala o delih na cesti in urejenosti prometa v času del,
- možnost izdelave 4D modela, kjer bi se 3D model povezal s terminskim planom,
- model, iz katerega vsi sodelujoči lahko črpajo informacije na enem mestu,
- projekt, arhiviran v obliki modela se lahko uporabi pri kasnejši obnovi, rekonstrukciji ali pri novem projektu, ki se gradi v vplivnem območju arhiviranega projekta.

3.1 Programska orodja

Trenutno se programska orodja za potrebe nizkih gradenj razvijajo predvsem v smeri avtomatizacije projektiranja ter simulacije projektov v sklopu projektiranja.

Za projektiranje v nizkogradnji se po svetu uporablja različne programe. Precej razširjen je Autodesk Civil 3D, ki omogoča projektiranje cest, kanalizacij in vodovodov ter ravnih površin.

Vianova in Bentley sta programa, osredotočena na vizualizacijo in predstavitev projektov, Allplan je močno orodje za objekte visoke gradnje, za podobne namene pa je Bentley razvil MicroStation. Za vizualizacijo in simulacijo se uporabljajo specifični programi, s pomočjo katerih se izdelava simulacijo vožnje na predvideni prometnici.

V Sloveniji se uporabljajo programi, kot sta Plateia in VIA. Program Plateia je prirejen slovenskim standardom v gradbeništvo in se uporablja na platformi Autodeskovih programov, kot so AutoCAD ali Civil 3D. Ta program je, podobno kot Civil 3D, namenjen projektiranju objektov nizke gradnje, nekoliko manjši pa je poudarek na modeliranju oziroma tega prepusti programu Civil 3D.

Zaradi vse večje razširjenosti modeliranja v visokogradnji se proizvajalci programske opreme trudijo ta proces omogočiti tudi pri programih za nizkogradnjo. Trenutno pa so programi namenjeni ali projektiranju ali pa vizualizaciji, nikakor pa ne oboje hkrati. Zato bi za modeliranje v nizkogradnji trenutno potrebovali vsaj dva različna programa.

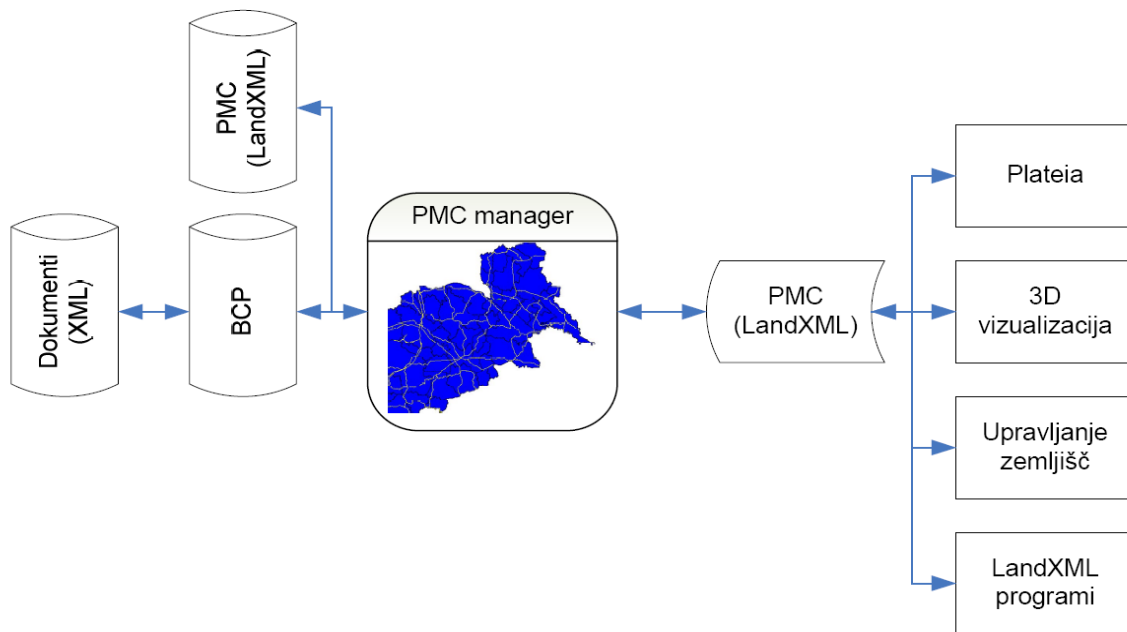
3.1.1 Standardizacija programskih datotek in povezave med programi

Programska orodja, ki se uporabljajo za načrtovanje gradbenih objektov in prometnic, uporabljajo različne standarde. Programi iz družine CAD uporabljajo standard za risbe, ki se imenuje DWG («drawing»), za izvažanje podatkov pa je močno razširjen standard XML ter LandXML. Ta standarda povezujeta mnogo aplikacij, med njimi so katastrske in GIS aplikacije, Land Desktop, Civil 3D, 3D pregledovalniki ter aplikacije za 3D renderiranje in vizualizacijo.

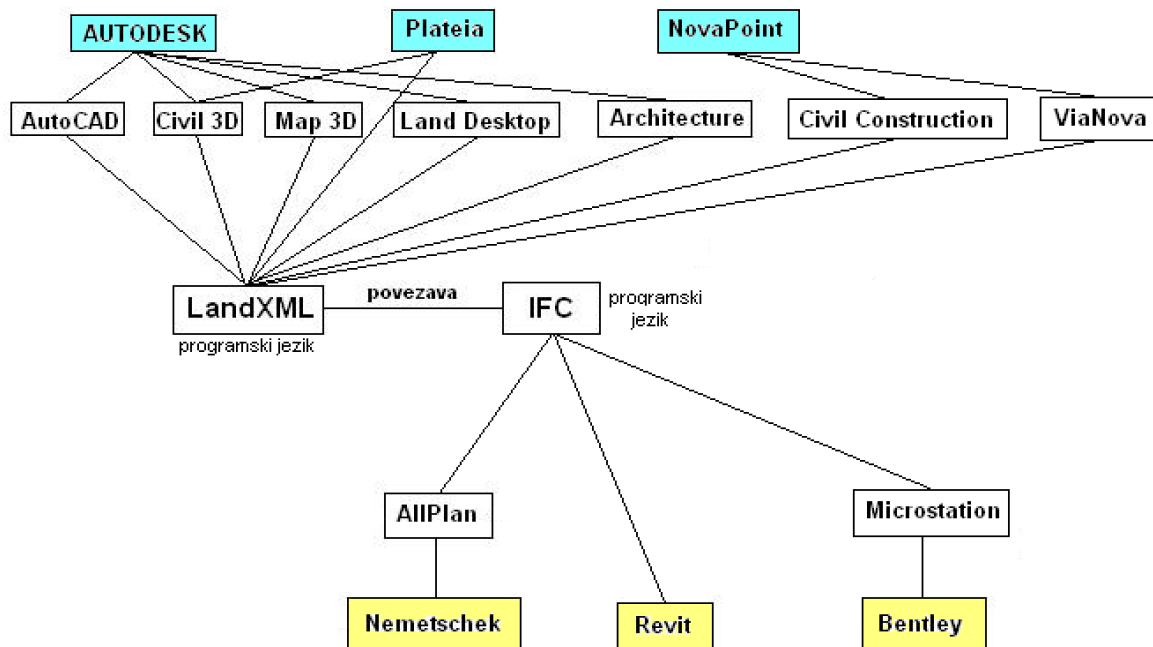
GIS («Geographic Information System») je geografski informacijski sistem, ki omogoča elektronsko pridobivanje podatkov o prostoru in lokaciji ter drugih podatkih geografske narave.

Drug standard, ki se uporablja za projektiranje in izvoz podatkov o objektih, je IFC («Industry Foundation Classes»). Ta se uporablja v arhitekturi, uporabljajo pa ga programi, kot so AllPlan, Revit, Bentley. Za potrebe umestitve objektov v prostor se IFC izvozne datoteke, ki vsebujejo podatke o objektu, povezuje z XML datotekami, ki vsebujejo podatke o prostoru in lokaciji.

Na univerzi v Mariboru, fakulteta za gradbeništvo so prof. D. Rebolj, mag. Babič, g. Podbreznik in mag. Zalar izdelali produktni model ceste, imenovan PMC. Ta model so prek vmesnika Plateia zapisali v formatu XML. Tak način strukturiranja omogoča branje in zapis poljubnega podatka v strukturi, kar omogoča povezovanje datoteke z Bazo cestnih podatkov.



Privzeta slika 3: Slika prikazuje povezavo podatkov z uporabo PMC modela in XML standarda (D. Rebolj in sod., 2008).



Slika 2: Shematski prikaz programov za projektiranje objektov in prometnic ter programski jeziki, ki jih ti uporabljajo. Za združitev arhitekturnih objektov ter objektov nizke gradnje s terenom in podatki o lokaciji je v prihodnosti pomembna povezava standardov LandXML in IFC.

4 INFORMACIJSKI MODEL OBJEKTOV ALI »BIM«

V tujini se je začel uporabljati termin BIM, kar pomeni »Building Information Modeling« (v nadaljnjem tekstu BIM). »Building« lahko predstavlja objekt (stavbe in drugi arhitekturni objekti), ali pa gradnjo nasploh (stavbe, ceste, mostovi..). »Information« pomeni informacijski, torej gre za skupek informacij o objektu oziroma gradnji objekta. »Modeling« pomeni modeliranje, ki si ga po navadi predstavljamo kot ustvarjanje/načrtovanje objekta v prostoru. BIM torej predstavlja 3D model objekta ali gradnje, ki vsebuje informacije, potrebne za gradnjo, vzdrževanje in uporabo objekta.

BIM je kratica za »projektiranje objektov s pomočjo informacij« in opisuje popoln proces optimiziranega načrtovanja, implementacijo in upravljanje z objekti in nepremičninami. Vsi udeleženci projekta lahko v realnem času pridobijo informacijo o projektu in njegovem statusu. Cilj je izboljšati procese projektiranja, izvedbe in upravljanja ter jih narediti natančnejše in cenovno bolj ugodne.

Upravljanje s projektom in spremembami projekta na podlagi BIM tehnologije omogoča urejanje in prilagajanje projekta tekočim spremembam in zahtevam. BIM tehnologija omogoča prenos podatkov v različna orodja za analiziranje in podatkovne baze, posodabljanje osnovnega (arhitekturnega) modela, izdelavo specifikacij in poročil. Ker pa je prehod na nove tehnologije praviloma časovno potratno in drago opravilo smo naš način dela prilagodili tako, da prehodi ne ovirajo naših običajnih delovnih procesov.

Informacije v BIM modelu so lahko grafične ali atributne oblike, kar pomeni, da so tabelarni ali drugi podatki tudi del BIM-a. Prav tako ni pomembno ali so ti podatki neposredno vezani na 3D model ali pa so predstavljeni posebej oziroma ločeno od grafičnega modela. Tudi sam model je lahko grafičen ali pa tudi atributni. Gre torej za širši pojem, ki pomeni skupek informacij o objektu. Ta skupek informacij se imenuje informacijski model in je lahko grafičen, atributen ali pa oboje.

Na področju nizke gradnje se BIM še ni uveljavil, nekateri programi, kot so AutoCAD, NovaPoint/Vianova, Allplan, Microstation ter DynaRoad pa skušajo svoje programe

prilagoditi na tak način, da bi v prihodnje omogočali razvoj BIM-a pri načrtovanju nizkih gradenj.

Uporabnost BIM-a je močno vezana na avtomatizacijo in dinamičnost procesov. Pri uporabi novih tehnologij in procesov v panogi, kjer je konkurenčnost trga tako visoka, je poleg novih rešitev zelo pomemben tudi prihranek časa. Ključnega pomena je, da se model lahko razvije v čim krajšem času in v čim večjem detajlu. Poleg tega pa je pomembno tudi, da se podatke iz modela črpa avtomatizirano, to je, da program pozna posamezne parametre projekta in nam omogoča, da te parametre vrednotimo na čim lažji in hitrejši način. Tu pridejo v poštev predvsem vrednotenja količin posameznih zemeljskih del, materialov zgornjega ustroja, montažnih infrastrukturnih elementov ter prometne opreme.

4.1 Uporaba BIM tehnologije pri projektiranju infrastrukturnih objektov

BIM ne spremeni načina projektiranja, spremeni pa končni izgled projektne dokumentacije. Projektanti bi svojemu projektu dodali prostorski model, ki bi vseboval elemente prometnice, kot so podzemna infrastruktura in prometna oprema. V prostorskem modelu bi tako izvajalec imel dostop do informacij o objektih (npr. ceveh), lastnostih (npr. premer cevi) ter relaciji (npr. na katero omrežje je povezana posamezna cev).

Podobni izzivi pri projektiranju in BIM procesu:

- interdisciplinarnost,
- komunikacija pomembna a težka,
- predstava objekta iz risbe – razumevanje in predstava objekta v 3D,
- knjižnice konstrukcijskih materialov,
- majhni stroški projektiranja v primerjavi s stroški izvedbe,
- velik potencial nižanja stroškov gradnje.

3D modeli in v zadnjih časih tudi VR modeli (VR – »virtual reality« - navidezna resničnost) se že več letu uporabljajo v projektiranju nizkih gradenj. Namen takih modelov je vizualizacija ter predstavitev.

Koristi BIM-a pri projektiranju:

- izbira najboljših rešitev,
- boljši podatki o projektu,
- kontrola sekanja (»clash control«),
- optimizacija,
- komunikacija med projektanti,
- komunikacija projekta projektnemu menedžmentu,
- osnova za izvajalca del,
- predstavitev projekta javnosti.

Optimizacija stroškov za izvajalca del:

- prihranek pri zemeljskih delih z učinkovitim sistemom kontrole,
- zmanjšanje števila napak pri načrtovanju izvedbe del,
- zmanjšanje števila konfliktov,
- lažje načrtovanje del,
- manj konfliktov z lastniki zemljišč.

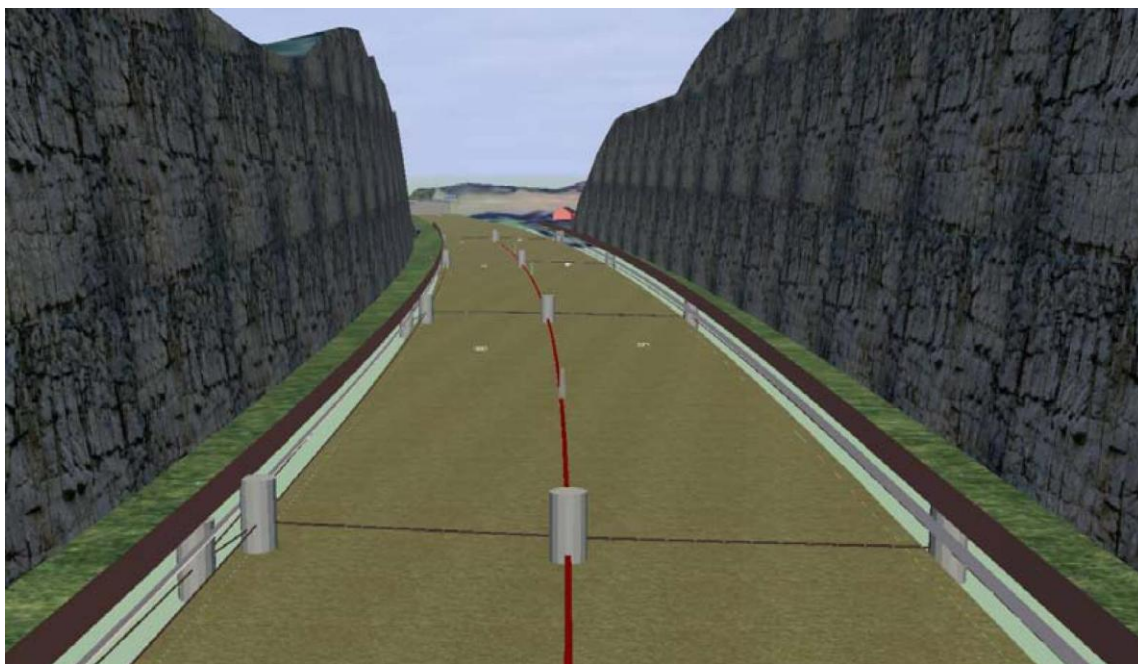
(Haugbotn, A. 2009)

Na spodnji sliki je prikaz projekta, ki se v ustreznem programu modelira in omogoča vizualizacijo projekta in tudi simulacijo vožnje ter ugotavljanje ustreznosti projektnih rešitev.



Privzeta slika 4: Primer simulacije, ki jo že danes uporabljajo projektanti (Haugbotn, A. 2009).

Pri vizualizaciji je pomembna možnost prikaza skritih objektov, npr. odtočnih cevi za meteorno vodo.



Privzeta slika 5: 3D model omogoča tudi vpogled na elemente, ki se nahajajo pod voziščem (Haugbotn, A. 2009).



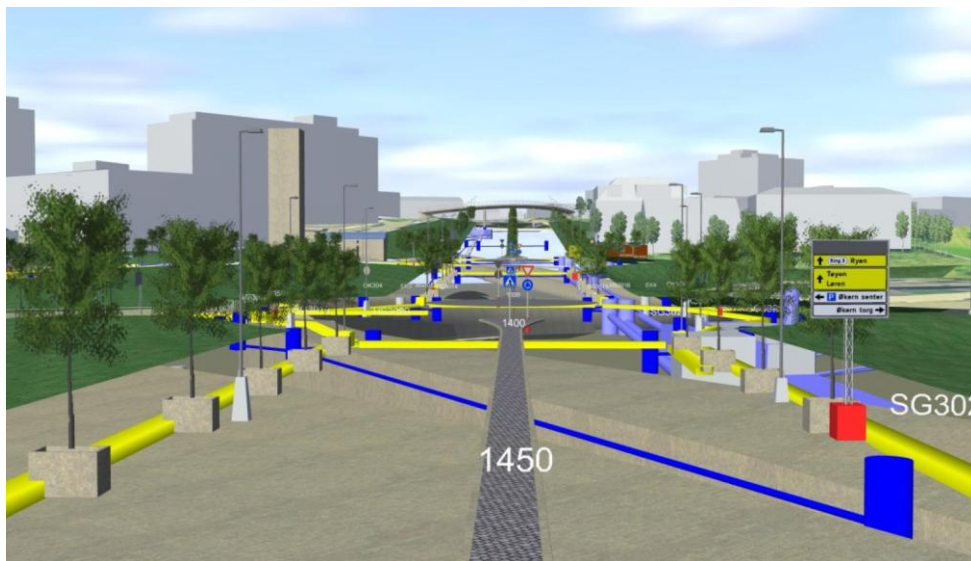
Privzeta slika 6: Klasičen 2D pogled krožišča v situaciji na sliki levo ter krožišče v 3D pogledu na sliki desno (Haugbotn, A. 2009).

Izvajalec bi poleg klasičnega načrta lahko dobil v uporabo tudi modelski načrt projekta, ki bi mu poleg vizualizacije omogočal tudi preverjanje in meritve določenih delov projekta in nenazadnje tudi izdelavo modelskega terminskega plana, s pomočjo katerega bi potek del lažje in natančneje predstavil investitorju.

Medtem, ko je dokončni model projektantu pomemben za preverjanje ustreznosti projektne rešitve, je detajliran model s pripadajočimi elementi ter podzemno infrastrukturo pomemben izvajalcu del za načrtovanje ter izvedbo del.



Privzeta slika 7: Vizualizacija vozišča in prometne opreme, ki jo uporabljajo projektanti (Haugbotn, A. 2009).



Privzeta slika 8: Odstranitev zgornjega ustroja omogoča pogled na skrite elemente cestnega telesa, kot so odvodi meteorne vode, kanalizacije ipd, kar lahko koristi izvajalcu za potrebe načrtovanja in izvedbe del (Haugbotn, A. 2009).

4.2 BIM kot proces pri projektiranju

BIM kot proces pomeni drugačen pristop k projektiranju nizkih zgradb. Pri današnjem načinu se najprej izdelata idejna študija, nato idejni projekt, projekt za razpis, projekt za gradbeno dovoljenje in nato projekt za izvedbo. Na koncu se izdelata še projekt izvedenih del. Vsaka od omenjenih dokumentacij se izdelata, ko se prejšnja zaključi, kar pomeni, da se časovno ne prepletajo. Ta način deluje dobro, dokler je projekt v rokah projektantov in se ne spreminja, temveč samo detajlira in dopolnjuje. Težave nastanejo, ko projekt pride v roke izvajalca del, ki na terenu velikokrat ugotovi, da so v projektu potrebne spremembe. Sledi zamudno ročno popravljanje projektne dokumentacije.

BIM pomeni dinamični razvoj projekta ter interdisciplinarnost, kjer so vsi sodelujoči v projektu prisotni že v zgodnjih fazah projektiranja. Pomembno pri BIM procesu je, da se informacijski model objektov začne že pri idejnem projektu, kar pomeni, da se projekt izdeluje v programski opremi, ki omogoča dinamično spreminjanje vseh parametrov projekta. Tako se projekt v enem prostorsko-informacijskem modelu razvija od idejne študije vse do

projekta za izvedbo. Po končani gradnji se model uporablja in dopolnjuje tudi pri vzdrževanju in sanacijah objekta. V urbanih ali industrijskih območjih, kjer se velikokrat dograjuje, adaptira in prenavlja, imamo možnost detajlnega vpogleda v dejansko stanje kar v modelu samem in ne samo na terenu. Tako lahko preverjamo električno napeljavo, kanalizacijo, plinovod in drugo infrastrukturo kar v modelu samem in s tem močno zmanjšamo možnost presenečenj v času izvedbe del.

Zaradi dinamičnosti modela se lahko vse spremembe projekta sproti vnašajo v model. Ko tak model pride do izvajalca del v obliki projekta za izvedbo, lahko le-ta odkrije morebitne napake pri predvidenem načinu gradnje še preden vzpostavi gradbišče, saj BIM tehnologija omogoča popoln 3D pregled nad projektom. Tako bi se delno izognili popravljanju napak projekta med samo gradnjo, poleg tega pa bi zaradi dinamičnosti, ki jo omogoča BIM tehnologija, projektant lažje popravil in dodelal projekt v ustrezni programski opremi.

Nekatera podjetja v Sloveniji že izkoriščajo prednosti BIM-a, predvsem pri ponavljajočih projektih, kot so na primer bencinske črpalke. Izdelava projekta je v 3D obliki, elementi pa so tipizirani in vnešeni v elektronsko knjižnico elementov. Pri ponavljajočih projektih se lahko ti elementi jemljejo iz knjižnice in se uporabijo pri 3D projektiranju.

Tipizacija prefabriciranih elementov je izredno pomembna in v duhu BIM-a. Ko izvajalec del začne z deli, mora naročiti material za gradnjo, kot so na primer kanalete, jaški, cevi in drugi prefabricirani elementi. Ti elementi bi lahko bili izdelani v računalniškem okolju, v 3D obliki in kot taki del elektronske knjižnice elementov. Te elemente bi bilo tako lahko mnogo lažje vnesti v prostorski model. Naročanje takih elementov bi prav tako bilo lažje, hitrejše in bolj pregledno.

4.3 Okoljski vidik BIM tehnologije in sonaravnost

V gradbeništvu je ekološki vidik izredno pomemben, zato je BIM tehnologija zanimiva tudi zaradi svoje sonaravne usmerjenosti. BIM pristop k načrtovanju gradenj je pomemben v naslednjih primerih:

Ugled podjetja

Čeprav lahko podjetje kratkoročno zasluži z upoštevanjem minimalnih ekoloških standardov, je dolgoročno najbolje dodati vrednost projektu in povečati ugled podjetja tako, da podjetje postane priznan izdelovalec sonaravnih projektnih rešitev (Bennett, T. D. 2009).

Inovacije

V gradbeništvu velja velika konkurenčnost, razlike so majhne, roki kratki in izzivov je polno. Soočamo se s pomanjkanjem vodnih virov, z ogromnimi stroški infrastrukture ter pospešeno urbanizacijo. BIM procesi omogočajo bolj učinkovito projektiranje in strategijo glede sonaravnega končnega produkta. Pomembna je možnost hitrega testiranja, analiz in revizij različnih projektnih iteracij, kar močno poveča možnosti za inovativen sonaraven rezultat (Bennett, T. D. 2009).

Potrebe

Sonaravnost je danes več kot moralna obveza, v določeni meri je uzakonjena in se zahteva v projektnih rešitvah. Poleg tega marsikateri investitorji zahtevajo bolj ekološko napredne rešitve, ki jim morajo biti projektanti in izvajalci kos. Inženirji, ki svoja znanja nadgrajujejo s sonaravnimi rešitvami, imajo lahko globalno velik vpliv. Globalna rast populacije, industrializacija ter globalizacija zahtevajo inteligentno upravljanje s končnimi količinami naravnih virov in dobrin (Bennett, T. D. 2009).

Industrializacija in urbanizacija

Ocenjeni stroški gradenj, rekonstrukcij in popravil infrastrukture je ocenjena na 40 trilijonov ameriških dolarjev v naslednjih nekaj desetletjih (Bennett, T. D. 2009).

Klimatske spremembe

Spremembe globalnih temperatur, vlage, morskih gladin in hidrološkega cikla vplivajo na količino in razporeditev deževnice in vode zaradi stopljenega snega, kar vpliva na vodovodno infrastrukturo. Do leta 2050 naj 2 milijardi ljudi ne bi imelo dostopa do pitne vode, ta številka pa naj bi se povečala na 3.2 milijarde do leta 2080 (Bennett, T. D. 2009).

Pomanjkanje resursov

Potrebe po energiji, vodi in materialih predstavljajo prave izzive ekonomični in okoljevarstveni gradnji. Klasične metode niso več primerne, če hočemo doseči boljše rezultate. Današnji izzivi v gradbeništvu zahtevajo ne samo koordinacijo med različnimi disciplinami v gradbeništvu temveč tudi medsebojno sodelovanje zelo zgodaj v procesu. Investitorji hočejo podatke o tem, kako projekti vplivajo na okolje, tako med gradnjo kot med obratovanjem. Projekti so tudi vedno bolj kompleksni. 2D projektiranje je za nove izzive prepočasno in predrago. Poleg tega klasične metode gradnje ločujejo sodelujoče v projektu – arhitekta, projektanta, inženirje, izvajalce, podizvajalce in investitorje – z pogodbami in jih silijo v to, da vsak gleda predvsem na svoje interese in ne toliko na končni rezultat projekta. (Bennett, T. D. 2009)

4.4 Izvedba del s pomočjo BIM tehnologije

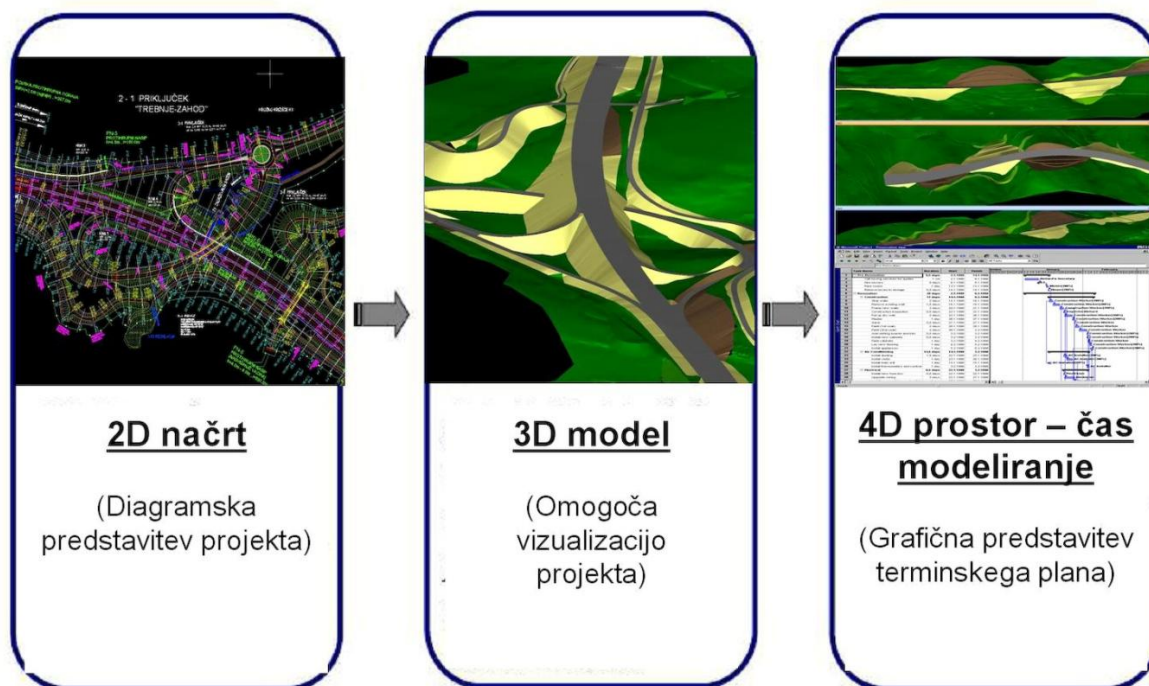
Smisel BIM procesa je v tem, da se projekt spremlja od idejne študije prek izvedbe pa vse do uporabe objekta. V fazi načrtovanja in izvedbe del pa je pomembno, da se spremlja potek del s pomočjo BIM tehnologije, saj se na ta način lahko izdelata tudi projekt izvedenih del.

Za potrebe načrtovanja del pa je kot sestavni del BIM-a uporaben 4D CAD, kjer izvajalec del s pomočjo 3D modela izdelata terminski plan, tega nato v ustreznem 4D CAD programu poveže s 3D modelom projekta in tako dobi časovni potek del v treh dimenzijah.

4.5 4D CAD kot sestavni del BIM-a

Pretvorba 2D načrtov v 3D model projektantu in investitorju omogoča vizualizacijo končnega produkta ter preverjanje ustreznosti rešitev. Izvajalcu tak model ne koristi veliko, zato se ga v

praksi tudi ne posluhuje. Izvajalec del potrebuje predvsem orodje za načrtovanje del, s katerim izdelava terminski plan del v obliki gantograma. 4D CAD pomeni povezavo 3D modela z gantogramom, kar pomeni, da omogoča izdelavo prostorskega modela terminskega plana.



Slika 3: prikaz pretvorbe iz 2D načrta v 3D model in nato povezava 3D modela s terminskim planom

4.5.1 Raziskave 4D CAD

4D modeliranje (4D CAD) se je v zadnjih 15 letih močno razvilo v arhitekturi in visokogradnji. 4D CAD je rezultat povezave 3D modela s programom za izdelavo terminskih planov v virtualnem računalniškem okolju.

Zadnja leta se je 4D CAD razvil v orodje, ki ga uporabljajo projektanti, planerji in izvajalci za potrebe analize in vizualizacije projektov. Izboljšal je tudi komunikacijo med vpletenimi v projektu.

Tipični 2D načrti ne omogočajo predstave 3D projekta in redko prikazujejo vse detajle različnih komponent, ki se pojavljajo v projektu. Zaradi težav pri razumevanju in predstavi različnih faz v terminskem planu so pogosti konflikti in zamude, ki botrujejo zamudam ali celo uspehu izvedbe projekta.

4D CAD se je zato izkazal kot močno orodje, ki pomaga inženirjem bolje načrtovati projekt in pričakovati konstrukcijske konflikte, še preden se ti pojavijo na terenu. 4D modeliranje pa počasi prodira tudi v nizkogradnjo. Projekti nizkogradnje, kot je gradnja avtocest, so kompleksni in težavni za planiranje ter koordinacijo. Zaradi te kompleksnosti bi bilo smiselno uporabiti 4D CAD tehnologijo za planiranje ter druge dejavnosti.

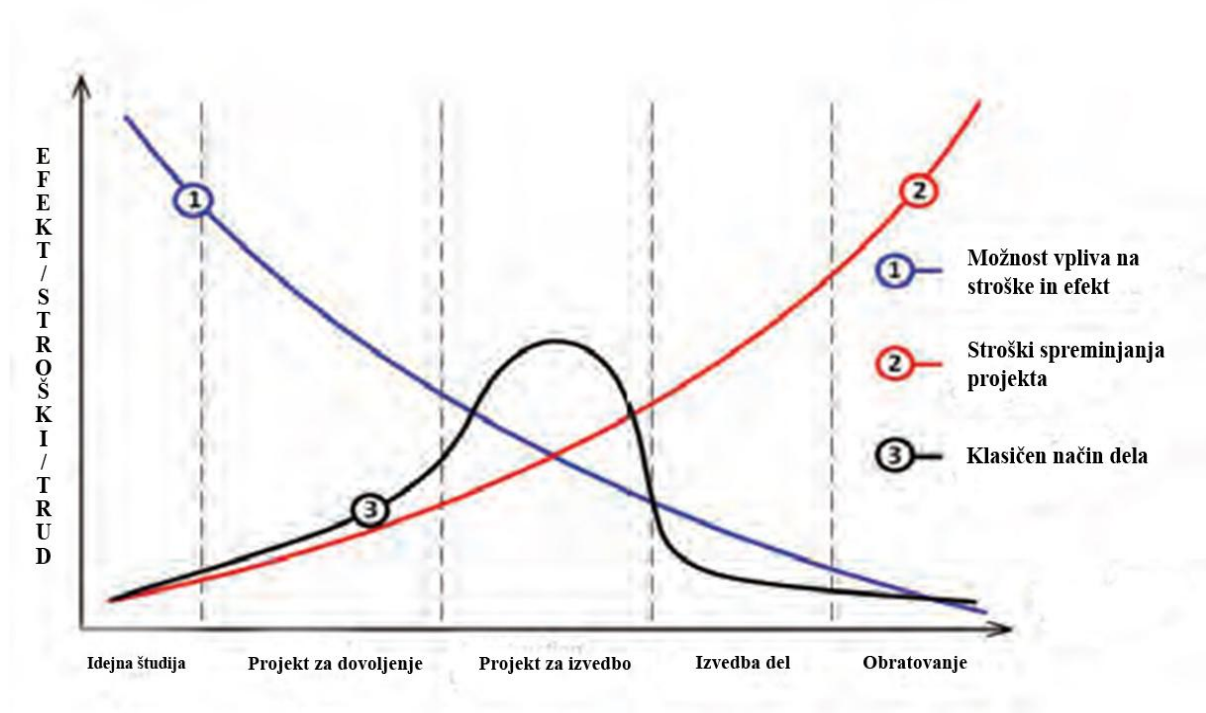
Eden večjih zadržkov za širšo uporabo 4D modeliranja je razširjena uporaba 2D CAD programov. Danes je večina projektov, tako v nizkogradnji kot v visokogradnji, projektirana in predstavljena v 2D obliki. Ta način že v samem začetku onemogoča razvoj 4D modela, ker le-ta temelji na 3D modelu.

3D model je zato potrebno izdelati posebej, kar je precej zamudno in botruje k temu, da se izvajalsko gradbeno podjetje zateka nazaj k klasičnemu načinu 2D planiranja in vizualizacije. Druga težava je vprašanje, kdo je odgovoren za izdelavo 3D modela. Izvajalec je mnenja, da je odgovoren projektant, projektant pa meni obratno. Tudi iz tega razloga se 4D modeliranje ne razvije, kot bi se že lahko.

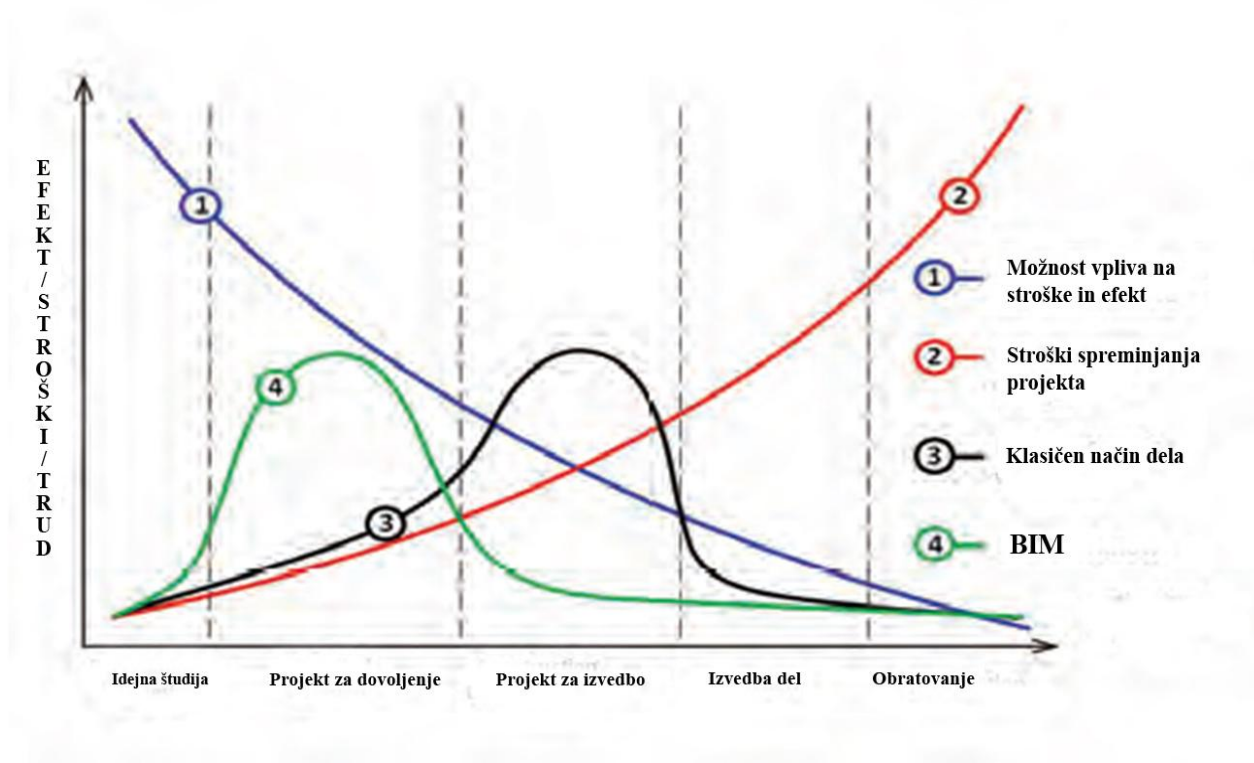
Bolj ko se projekt detajlira v 3D modelu, bolje se projekt lahko predstavi investitorju, izvajalcu in javnosti. Poleg tega se v 3D modelu lažje identificira napake dovolj zgodaj pri projektiranju, ko so stroški popravkov minimalni.

Komponente grafičnega modela danes že lahko vsebujejo atributne informacije, ki definirajo model bolj natančno. Informacije modela, ki niso direktno v tem modelu, se lahko z njim povežejo kot hiperlinki, kot na primer gantogrami za načrtovanje terminskega plana. Današnji način projektiranja sestoji iz idejnega projekta, projekta za gradbeno dovoljenje in projekta za izvedbo. Vsak od njih se izdelava, preden se začne izdelovati naslednji. Problem nastane, ko pride do neizogibnih popravkov v projektu, ki zahtevajo zamudna ročna popravila v projektu.

Grafa na slikah spodaj prikazujeta razmerje med možnostjo vpliva na stroške ter možnostjo spreminjanja projekta pri današnjem načinu gradnje in pri uporabi procesa BIM.



Privzeta slika 9: Pri klasičnem načinu projektiranja je največ dela vložena med izdelavo projektne dokumentacije, tekom katere se možnost vpliva na ceno projekta manjša in se stroški sprememb v projektu večajo (Strafaci, A. 2008).



Privzeta slika 10: Pri BIM modeliranju se najvišja stopnja dela prestavi v bolj začetne faze projektiranja, kjer so možnosti spreminjanja projekta največje in stroški spreminjanja najmanjši (Strafaci, A. 2008).

4.5.2 Uporaba 4D modeliranja v nizkogradnji

Današnja programska orodja delujejo v 3D načinu, kar pomeni, da projektanti projektirajo v 3D, tako je rezultat dela v tem programu že sam po sebi 3D model. To pomeni, da nam ni potrebno 2D načrtov pretvarjati v 3D modele, da bi lahko naredili 4D model. To je najzamudnejši del, ki nam je prihranjen. Prav tako je odveč vprašanje, kdo je odgovoren za sestavo 3D modela, projektant ali izvajalec.

Drug razlog za uporabo 4D modeliranja je v tem, da bi bil ta način pri nizkogradnji lažji kot pri visokogradnji. Pri slednji je namreč veliko različnih sodelujočih, od arhitektov, strojnih inženirjev, inženirjev gradbeništva, oblikovalcev, električarjev in drugih, ki potrebujejo različne podatke iz modela in je zato tak model težje sestaviti. Poleg tega ti različni sodelujoči pogosto uporabljajo različno programsko opremo, odvisno od svojih potreb. Njihova programska oprema pa ni nujno povezljiva z BIM modelom.

Problem številnosti in strokovne ter programske raznolikosti sodelujočih je lahko velika ovira pri vzpostavljanju BIM modela, posledično pa se izvajalci in arhitekti zaradi tega zatečejo nazaj k tradicionalnim metodam dela.

Pri nizkogradnji pa je praviloma malo izvajalcev oziroma samo en izvajalec, ki si izvedbo projekta priredi svojim zmogljivostim, potrebam in razpoložljivi mehanizaciji. Zaradi tega je komunikacija projekta lažja, saj izvajalcu ni treba usklajevati del s številnimi drugimi inženirji.

Izdelava 3D modela s strani projektanta je tudi lažja, saj jo bo uporabil praviloma en izvajalec, ki bo brez večjih težav lahko komuniciral s projektantom in ga spraševal o določenih detajlih modela. Prav tako tudi ni potrebe po takšni koordinaciji kot pri visokogradnji.

V primeru gradnje avtocest je lahko projekt zelo obsežen in si ga je zato še težje predstavljati. Vizualizacija se sicer pri gradnji avtocest že uporablja za namene simulacije vožnje, s katero projektanti preverjajo vozne lastnosti, vendar se ni nikoli uporabljala za potrebe izvajanja del. Razlog za to je morda v tem, da izvajalec skuša v čim večji meri zmanjšati stroške gradnje in posledično povečati svoj dobiček. Ker jim to v nizkogradništvu bolj ali manj uspeva, je razumljivo, da se ne poslužujejo drugačnih metod, ki bi pomenile dodaten strošek, potrebna dodatna izobraževanja in nenazadnje tudi spreminjanje miselnosti. Vsekakor je 4D modeliranje težje opravičljivo v nizkogradnji kakor v visokogradnji. V današnjih časih, ko je konkurenca velika in je pomembna čim večja produktivnost, morajo koristiti vsekakor opravičiti stroške investicije v programsko ter strojno opremo ter zaposlitev usposobljenih ljudi, ki bi s to opremo delali. Ni pa dvoma, da se programi, namenjeni projektiranju objektov nizke gradnje, razvijajo v smeri 3D in 4D modeliranja.

Z razširjeno uporabo programov za 3D projektiranje bi preskočili korak, kjer bi morali projekte iz 2D pretvarjati v 3D, ki je tudi najzamudnejši v celem postopku izdelave 4D modela.

4.5.3 Zahteve za 4D model

Osnova je 3D model, katerega namen je dobra vizualizacija projekta. Zaradi tega je pomembno, da je tak model izredno natančen in detajliran, njegova verodostojnost je namreč ključnega pomena.

V 3D modelu morajo biti izrisane plastnice terena ter obstoječe ceste, kjer se bo gradilo novo cestno telo. To telo mora biti izdelano detajlno, z vsemi pripadajočimi elementi, kot so robniki, ograje, jarki, jaški, mulde, berme ipd. Poleg tega mora biti prisotna tudi druga infrastruktura, kot je kanalizacija, vodovod in elektrovod. Dodatno bi na modelu morale biti vidne tudi stacionaže s potrebnimi oznakami. Izdelan 3D model mora biti v ustreznem programu povezan s terminskim planom, kar pomeni, da mora biti vsak del modela ustrezno povezan s fazo gradnje v terminskem planu.

V programu, ki to omogoča se lahko nato ustvari animacijo poteka gradbenih del. 3D model uporabi že projektant, saj z njim preverja končni izdelek svojega projekta, lahko pa z uporabo ustreznega programa izdela tudi simulacijo vožnje po cesti, ki jo projektira. Za ta namen ne potrebuje terminskega plana del, saj ga zanimajo samo vozne karakteristike cestnega telesa ter preglednost v horizontalnih in vertikalnih zaokrožitvah. V ta namen mora biti 3D model narejen natančno in mora vsebovati tudi okoliške objekte ter vegetacijo (drevesa).

Ko ta model dobi izvajalec, ga zanima predvsem, kako bo projekt izvedel, zato je zanj pomembno, da se sestavi terminski plan. Na podlagi tega modela lahko načrtuje potrebno mehanizacijo, najem deponij za začasno deponiranje nevgradljivega materiala in nenazadnje tudi urejanje prometa v času gradbenih del. Pri zemeljskih delih pa je zelo pomembno načrtovanje transportnih poti, saj so tu stroški za izvajalca dokaj visoki. Za izvajalca okoliški objekti in vegetacija v modelu niso pomembni, zato ni nujno, da se v tak model vključijo.

4D model pa je nazadnje koristen tudi za udeležence v prometu, saj bi lahko med gradbenimi posegi v prometnici širšo javnost vizualno obveščali s stanjem na gradbišču in z animacijo prikazali obvoz, po katerem morajo vozniki peljati. Ker se med gradbenimi posegi obvozi

lahko večkrat menjajo, se lahko prikaže sprotno stanje s pomočjo 4D modela, saj le-ta vključuje vse faze gradnje cestnega telesa.

Animacijo obvoza oziroma spremenjenega stanja na cesti bi lahko posredovali prek elektronskih medijev, navigacijskih sistemov in drugih osebnih naprav za komunikacijo.

4.5.4 Možnosti in koristi uporabe 4D CAD-a

V Sloveniji se o BIM že govori, predvsem na področju visokih gradenj. BIM je prvotno mišljen za arhitekturo, programska orodja so že dolgo na voljo in tudi značilnosti gradnje objektov so ugodne za vpeljavo BIM procesa. Pri projektih nizke gradnje je drugače, problemi pri vpeljavi BIM-a zaenkrat ostajajo nerešeni, zato se o BIM pri projektih nizke gradnje pri nas še ne govori veliko. 3D CAD je v Sloveniji že razširjen, veliko se dela tudi na standardiziranju podatkov v 3D modelu, nismo pa zasledili študij o 4D CAD-u v nizkogradnji.

4D CAD je koristen v sledečih primerih:

- Predstavitev projekta javnosti,
- predstavitev projekta investitorju,
- pridobitev javnega privoljenja,
- konceptualizacija projekta v treh dimenzijah,
- prepoznavanje nepravilnosti pri 3D podatkih projekta,
- sestavitev terminskega plana—faze gradnje,
- pregled in izboljšanje zaporedja gradbenih del,
- ureditev prometa v času gradbenih del,
- planiranje lokacij gradbene opreme in
- predstavitev plana podizvajalcu.

5 MODELIRANJE TRASE AC PLUSKA - PONIKVE

Z izvajalskim podjetjem smo se dogovorili, da bomo z njihovo pomočjo naredili študijo o koristih uporabe prostorskega modeliranja v nizkogradništvu. Podjetje ima namreč interes ustanoviti inženirsko projektantski biro, ki bi premoščal vrzel med projektantom in izvajalcem. Uporabljali smo programe PLATEIA, AutoCAD Civil 3D ter NavisWorks. Kot najprimernejši projekt v tem času se je izkazal avtocestni odsek na Dolenjskem, AC Pluska-Ponikve, na katerem so v času naše raziskave potekala zemeljska dela. Trasa je dolga 8 km ter ima v svojem vplivnem območju okoli 30 deviacij ter priključkov.

5.1 Potek dela

Pri sodelovanju z gradbiščem smo ugotovili, da obstaja pri izvajalcu potreba po kvalitetnejšem spremljanju gradbenih del. Ker programske opreme, namenjene projektantom, na gradbiščih nimajo, se soočajo s težavo, kako v elektronski obliki spremljati potek in napredek gradbenih del po terminskem planu in v skladu s projektno dokumentacijo. Največja težava je sledenje in vrednotenje količin izvedenih in neizvedenih del. Izvajalec namreč za branje in uporabo projektne dokumentacije uporablja program AutoCAD, namenjen 2D pregledu elektronskih dokumentov, zaradi česar je vrednotenje količin v prečnih profilih zelo zamudno delo.

Projektantski program omogoča avtomatizirano vrednotenje količin po profilih, rezultat vrednotenja pa je pregledna tabela vseh vrst količin materialov po profilih. Projekt, narejen v takem programu, mora ostati aktiven tudi, ko ga projektant preda izvajalcu del. To je pglavitni pogoj za nov pristop dela, kakršen je BIM. Prenos informacij se namreč ne sme zmanjšati ali prekiniti med različnimi sodelujočimi v projektu.

Trenutno se projekti delajo tako, da projektanti v določenem programu izdelajo projekt, nato pa ta projekt shranijo na način, ki omogoča komaj kaj drugega kot pogled slik projekta. To je po eni strani razumljivo, saj izvajalec ne sme spreminjati projekta, vendar po drugi strani pomeni tudi, da izvajalec ne more uporabljati projekta v programu za svoje potrebe. Programi za projektiranje namreč poleg vizualizacije trase omogočajo tudi vrednotenje količin

zemeljskih del, količin asfalta in elementov zgornjega ustroja, poleg tega pa tudi ugotavljanje masne bilance ter oceno količine nevgradljivega materiala.

Ker projektant posreduje projekt v 2D obliki, pomeni da je potrebno projekt najprej aktivirati in pretvoriti v 3D obliko. Tako se pojavi že prvi poglobitnejši problem, to je, kako detajlno izdelati 3D model. Odgovor je odvisen od potrebe po detajlih ter času, ki ga imamo na voljo za sestavo modela. V gradbeništvu je čas izredno pomemben faktor, detajlna izdelava 3D modela pa je časovno zamudna. Smiselnost informacijskega modeliranja je tesno povezana z detajliranostjo, ta pa je direktno povezana s časom, ki je potreben za izdelavo tega modela. Žal je ta povezava obratno sorazmerna, kar pomeni da bolj, ko hočemo, da je model detajliran, več časa bomo potrebovali za izdelavo modela. Zaradi tega je za širšo uporabo BIM procesa nujno, da se programi razvijajo v smeri avtomatizacije procesov projektiranja in modeliranja.

Ker je bila gradnja trase AC Pluska-Ponikve v času naše raziskave v teku, smo z gradbiščem aktivno sodelovali, jih obveščali o napredku in jim dobavljali podatke, ki smo jih lahko s svojo programsko opremo pridobivali. Ves čas sodelovanja smo odgovorne vodje gradbišča in njihove pomočnike spodbujali k temu, da so razmišljali o morebitnih koristih 4D modeliranja za potrebe izvajalca.

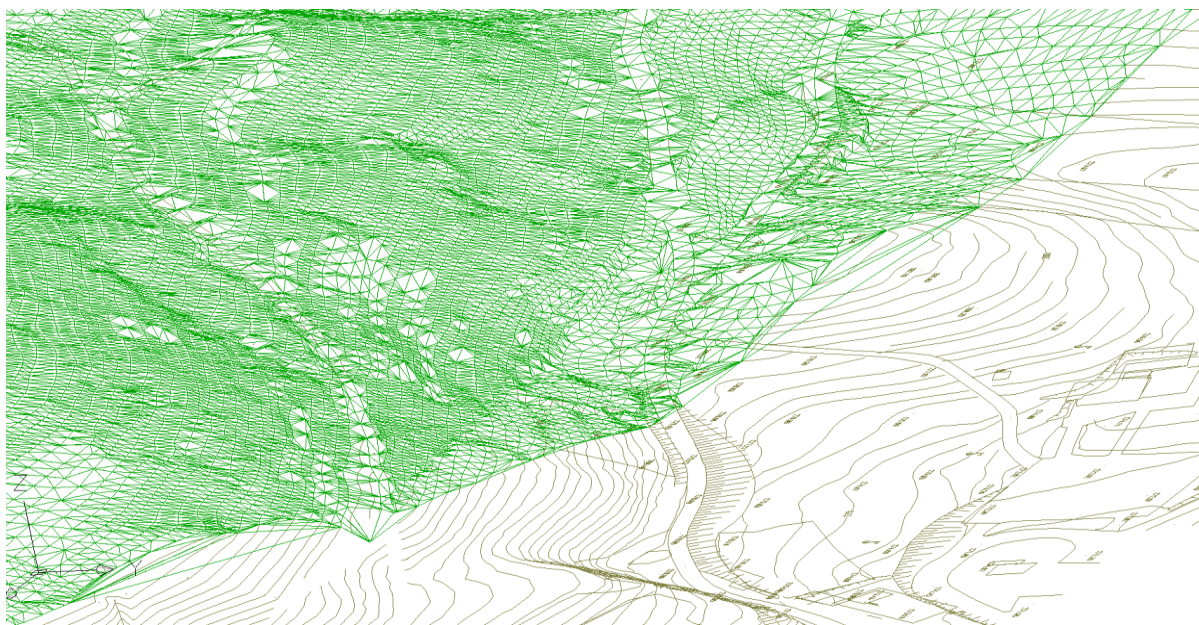
Na začetku je bil sprejem z njihove strani precej zadržan, vendar se je kmalu pokazalo, da njihov način dela dopušča mnoge izboljšave. Uporabnost izdelave modela se je najhitreje pokazala pri vrednotenju količin zemeljskih del, saj smo lahko na zahtevo zelo hitro kvantitativno prikazali dela, ki so že bila izvedena na določen datum ali pa dela, ki še niso bila izvedena. Ugotovili smo tudi, da lahko s pomočjo 3D modela, ki vsebuje dejanski potek del po mesecih, izvajalec prikaže določena opravljena dela investitorju. Težave se namreč dostikrat pokažejo pri komunikaciji med investitorjem in izvajalcem, ko gre za izvedbo del po terminskem planu. Prav tako je s pomočjo takega modela mogoče precej kvalitetnejše spremljanje izvedbenih del in s tem večja preglednost nad celotnim potekom del.

Podatke za izdelavo svojega modela smo dobili iz projektne dokumentacije PGD, ki je vsebovala elektronske podatke o trasi. Ti so bili:

- situacija glavne trase,
- vzdolžni profil glavne osi,
- prečni profili glavne osi ter
- vzdolžni in prečni profili ter osi vseh priključkov ter deviacij.

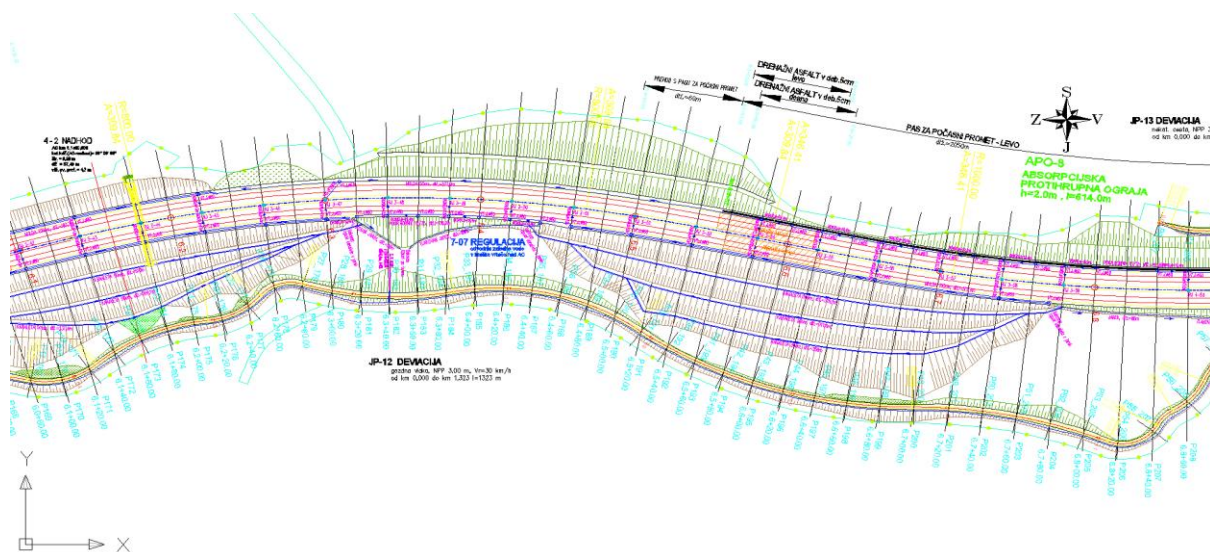
Večina projektantov v Sloveniji za projektiranje v nizkih gradnjah uporablja program Plateia, zato smo ta program uporabili tudi za ta projekt. Trenutno se elektronske podatke projekta izvajalcu posreduje v 2D obliki, poleg tega projektant ne preda vseh datotek, ki bi bile potrebne za nadaljnje delo s projektom v programu Plateia, zato smo morali projekt v programu izdelati na novo.

Projekt v situaciji je bila shranjen kot 2D AutoCAD-ov dokument, vendar je vseboval plastnice in geodetske točke, ki so imele tudi višinske podatke. Te plastnice in točke smo v programu Civil 3D pretvorili v tridimenzionalen teren, ki nam je služil kot podloga za nadaljnje delo.



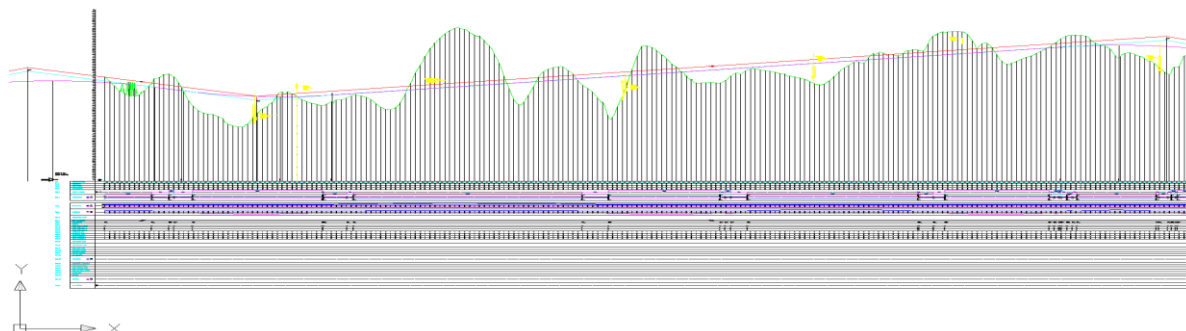
Slika 4: 3D teren, imenovan DTM (digital terrain model), narejen v programu AutoCAD Civil 3D.

Glavna trasa z deviacijami in priključki v situaciji ni vsebovala podatkov o višinah, ti podatki so shranjeni posebej, v datotekah, ki vsebujejo vzdolžne prereze glavne trase in deviacij. Te datoteke so ustvarjene v programu Plateia, vendar med seboj niso povezane, saj v projektni dokumentaciji manjkajo ključne datoteke, ki povezujejo situacijo, vzdolžne in prečne profile cestnega telesa.

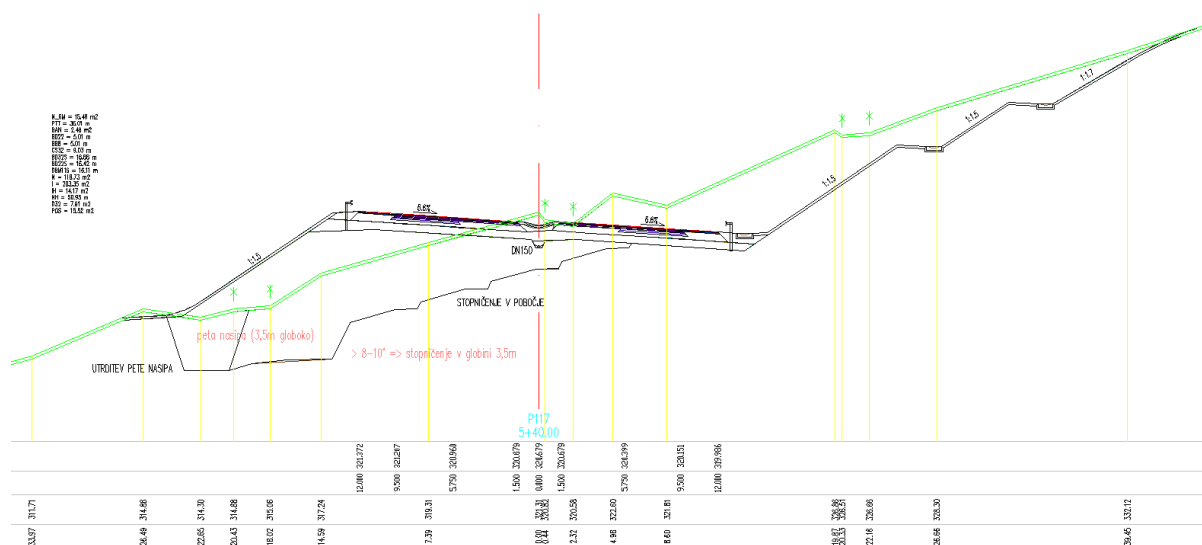


Privzeta slika 11: Glavna os dela trase AC Pluska – Ponikve ter priključne osi (Podobnik, J. in sod. 2006).

Da bi cestno telo dobili v tridimenzionalni obliki smo morali v programu Plateia izpeljati postopek projektiranja trase, os ceste, njene parametre in niveleto pa smo pridobili iz projektne dokumentacije PGD. Tako smo ustvarili glavo os ter priključke v situaciji, ter vsem osem določili nivelete v vzdolžnih profilih. Na podlagi situacije in vzdolžnih profilov ter določenih parametrov o širinah cestišč, nagibih in razširitvah, smo dobili prečne profile za vse osi. Ti prečni profili pa niso vsebovali detajlov, kot so brežine, bankine in berme, zato smo uporabili profile iz projektne dokumentacije. Te profile smo lahko povezali s situacijo, ker so pravzaprav končni izdelek projektiranja v programu Plateia in niso potrebne dodatne datoteke, ki bi prečne profile povezovale s situacijo.

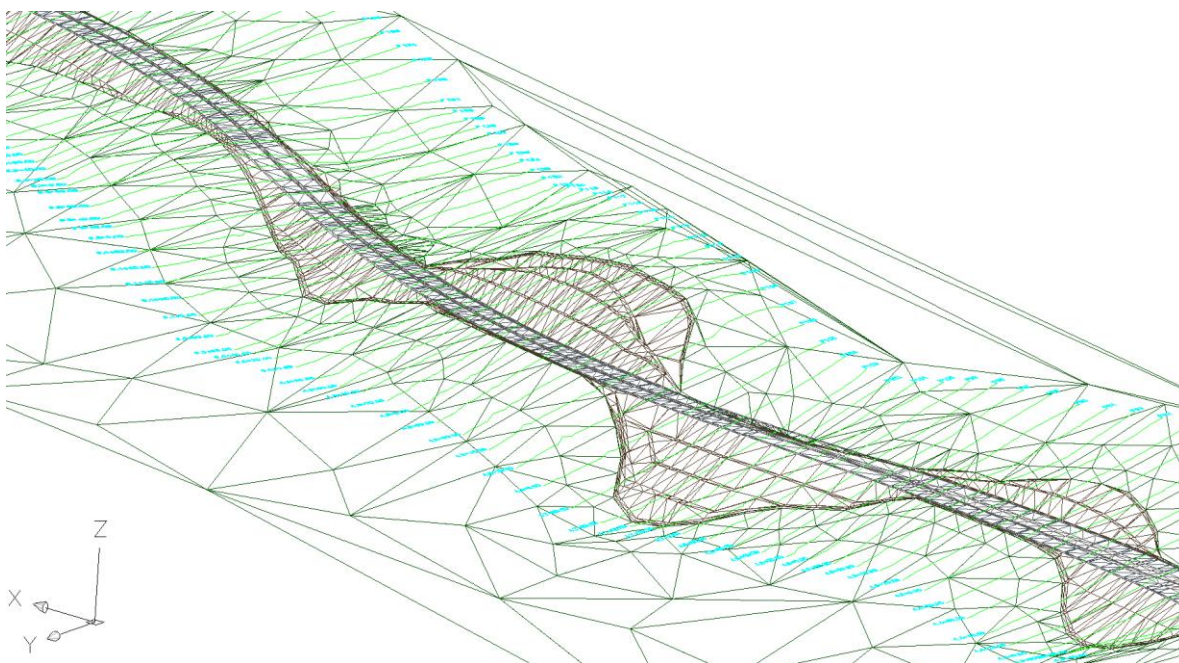


Slika 5: Vzdolžni profil osi avtocestne trase ter niveleta.



Privzeta slika 12: Primer prečnega profila iz projekta AC Pluska – Ponikve (Podobnik, J. in sod. 2006).

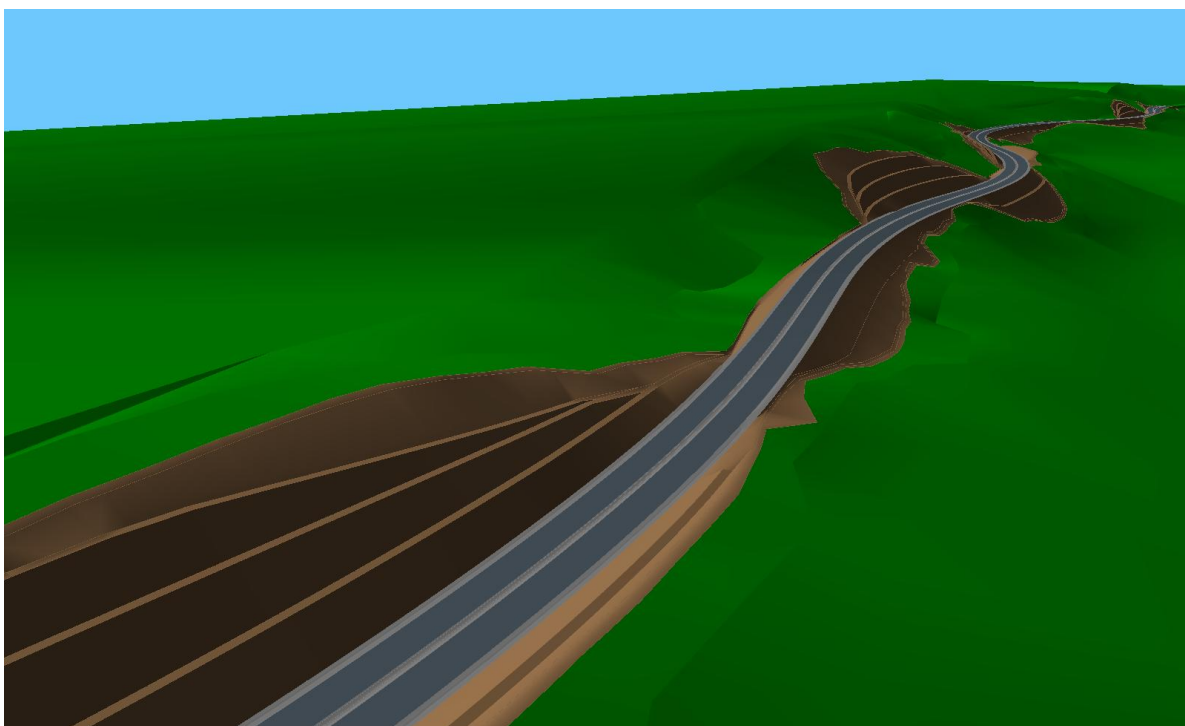
S pomočjo teh profilov smo lahko določili točne položaje vseh elementov prečnih profilov v prostoru. Tako smo v situacijo prenesli bankine in brežine z bermami, ki so vsebovale tudi podatke o višinah.



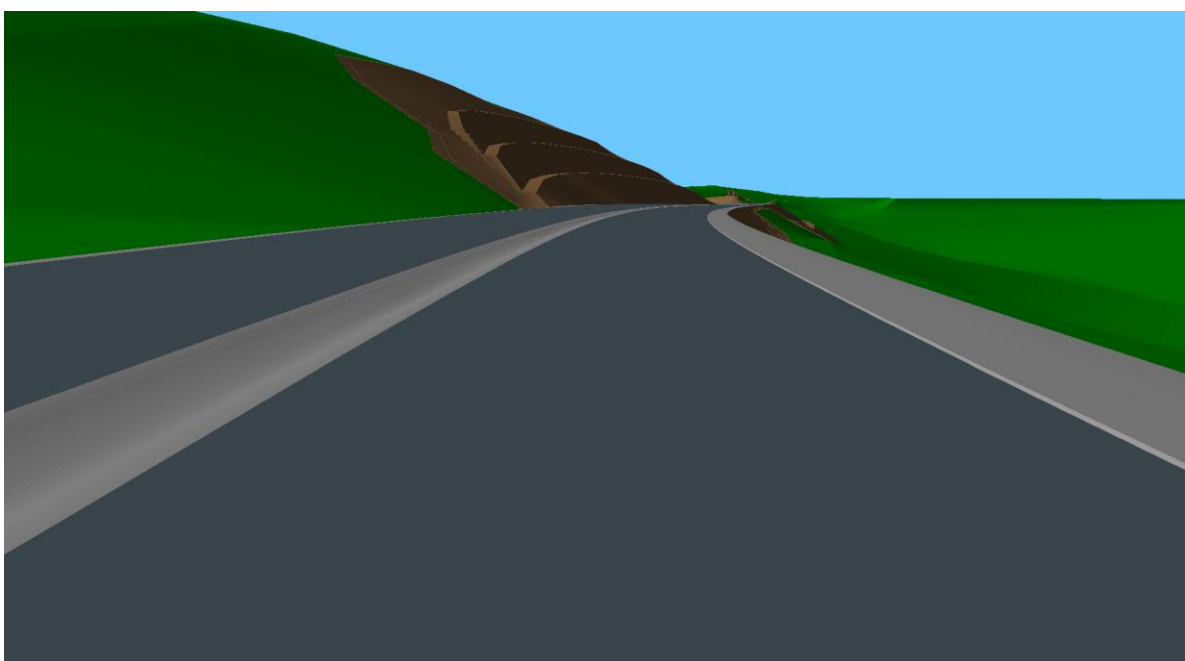
Slika 6: 3D pogled na traso v programu Civil 3D.

Ko smo iz situacije sestavljali 3D model, smo prišli do ugotovitve, da je tak model projekta precej obsežen in zaradi množice podatkov v njem zelo zahteven za računalniško konfiguracijo, ki smo jo imeli na razpolago. Zaradi tega smo 3D model razvijali v novi datoteki, ločeno od projektnih podatkov. Tako smo dobili model, ki ni omogočal vrednotenja količin izkopov in nasipov, saj ni imel aktivnega terenskega modela, temveč samo skupek trikotnikov, ki so sestavljali digitalni model terena oziroma DTM. Tak model je bilo tudi veliko lažje predstaviti izvajalcu na gradbišču, saj je bil precej bolj odziven in tako sploh uporaben za pregledovanje.

Prostorski model smo nato odprli v programu NavisWorks, ki prepozna modele DTM in trikotnike terena prikaže kot pobarvane površine oziroma senčenje.



Slika 7: Program NavisWorks omogoča vizualizacijo končnega 3D modela, ki je namenjen pregledovanju projekta v treh dimenzijah.



Slika 8: Mogoča je vizualizacija detajlov, kot so berme, mulde, jarki in robniki.

Pri tem pa smo ugotovili, da tak model lahko služi izključno za vizualizacijo, informacij pa iz modela ni mogoče črpati, saj so bili vsi projektni podatki v drugih datotekah. Poleg tega je model prikazoval samo končni izdelek, oziroma traso, kot si jo je zamislil projektant. Za izvajalca pa so bolj pomembne vmesne faze del in ne samo končni izdelek.

Izkazalo se je tudi, da izvajalec od našega izdelka največkrat potrebuje različne količine materialov, na primer količine dodatnih poglobitev – to so izkopi, ki niso bili predvideni v projektni dokumentaciji, vendar so bili izvedeni zaradi slabega materiala v temeljnih tleh, količine neizvedenih izkopov in nasipov ter količine izvedenih izkopov in nasipov. Te podatke smo črpali iz prečnih profilov, ki smo jih dobili od geometrov. Ti enkrat mesečno izmerijo traso in na prečnih profilih prikažejo napredek del.

*! Metoda izračuna: Standard															
*! Prof.	Stac	NASIP		IZKOP	AC_IKZ_SNZ	AC_IKZ_MES_KAT	AC_FLAN_T_TAL	AC_IKZOP_GLINA	AC_IKZ_MES_KAT_N						
*!	Razd.	[M2/M3]	Razd.	[M2/M3]	Razd.	[M2/M3]	Razd.	[M1/M2]	Razd.	[M2/M3]	Razd.	[M2/M3]	Razd.	[M2/M3]	Razd.
P150	5+700.00	24.748		0.000		116.608		0.000		61.381		0.000		0.000	
	20.000	405.640	20.000	0.000	0.000	2067.250	20.000	320.880	20.000	1066.590	20.000	0.000	0.000	0.000	0.000
P151	5+720.00	15.816		0.000		90.117		32.088		45.278		0.000		0.000	
	20.000	331.210	20.000	0.000	0.000	1668.820	20.000	981.250	20.000	828.660	20.000	0.000	0.000	0.000	0.000
P152	5+740.00	17.305		0.000		76.765		66.037		37.588		0.000		0.000	
	20.000	362.340	20.000	0.000	0.000	2121.030	20.000	1313.550	20.000	742.250	20.000	0.000	0.000	0.000	0.000
P153	5+760.00	18.929		0.000		135.338		65.318		36.637		0.000		0.000	
	20.000	382.490	20.000	0.000	0.000	2894.500	20.000	1598.970	20.000	1095.080	20.000	0.000	0.000	0.000	0.000
P154	5+780.00	19.320		0.000		154.112		94.579		72.871		0.000		0.000	
	20.000	240.340	20.000	0.000	0.000	2592.740	20.000	2112.890	20.000	1076.560	20.000	0.000	0.000	0.000	0.000
P155	5+800.00	4.714		0.000		105.162		116.710		34.785		0.000		0.000	
	20.000	53.400	20.000	97.140	20.000	1500.090	20.000	3260.590	20.000	378.050	20.000	0.000	0.000	0.000	0.000
P156	5+820.00	0.626		9.714		44.847		209.349		3.020		0.000		0.000	
	20.000	6.260	20.000	135.310	20.000	939.530	20.000	4346.130	20.000	134.860	20.000	0.000	0.000	0.000	0.000
P157	5+840.00	0.000		3.817		49.106		225.264		10.466		0.000		0.000	
	20.000	0.000	0.000	38.170	20.000	1039.990	20.000	3475.120	20.000	228.600	20.000	0.000	0.000	0.000	0.000
P158	5+860.00	0.000		0.000		54.893		122.248		12.394		0.000		0.000	
	20.000	0.000	0.000	10.200	20.000	1340.040	20.000	2217.010	20.000	270.010	20.000	0.000	0.000	0.000	0.000
P159	5+880.00	0.000		1.020		79.111		99.453		14.607		0.000		0.000	
	20.000	16.180	20.000	10.200	20.000	1439.960	20.000	1711.310	20.000	347.670	20.000	0.000	0.000	0.000	0.000
P160	5+900.00	1.618		0.000		64.885		71.678		20.160		0.000		0.000	
	20.000	65.450	20.000	0.000	0.000	1484.560	20.000	1254.400	20.000	364.660	20.000	0.000	0.000	0.000	0.000
P161	5+920.00	4.927		0.000		83.571		53.762		16.306		0.000		0.000	
	20.000	68.100	20.000	40.890	20.000	1877.670	20.000	1546.280	20.000	327.590	20.000	0.000	0.000	0.000	0.000
P162	5+940.00	1.883		4.089		104.196		100.866		16.453		0.000		0.000	
	20.000	18.830	20.000	139.140	20.000	1895.400	20.000	2783.470	20.000	301.170	20.000	0.000	0.000	0.000	0.000
P163	5+960.00	0.000		9.825		85.344		177.481		13.664		0.000		0.000	
	20.000	0.000	0.000	295.660	20.000	1607.320	20.000	3587.680	20.000	215.360	20.000	0.000	0.000	0.000	0.000
P164	5+980.00	0.000		19.741		75.388		181.287		7.872		0.000		0.000	
	20.000	27.760	20.000	451.050	20.000	1460.400	20.000	1812.870	20.000	141.220	20.000	0.000	0.000	271.570	20.000
P165	6+0.00	2.776		25.364		70.652		0.000		6.250		0.000		27.157	
	20.000	27.760	20.000	623.320	20.000	1625.290	20.000	0.000	0.000	62.500	20.000	0.000	0.000	306.320	20.000
P166	6+20.00	0.000		36.968		91.877		0.000		0.000		0.000		3.475	
	20.000	0.000	0.000	901.320	20.000	1747.250	20.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1162.260	20.000
P167	6+40.00	0.000		53.164		82.848		0.000		0.000		0.000		112.751	
	20.000	0.000	0.000	1204.520	20.000	1498.220	20.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3689.170	20.000
P168	6+60.00	0.000		67.288		66.974		0.000		0.000		0.000		256.166	

Slika 9: Primer izpisa kubatur materialov za različne vrste del po stacionažah.

Tekom študije smo izvajalcu del na gradbišču posredovali količine dodatnih poglobitev, izvedenih nasipov in izkopov, katere smo urejali v tabelah. Te tabele je izvajalec uporabljal za obračun del ter lastno evidenco zemeljskih del.

Spodnja tabela prikazuje urejeno tabelo podatkov o izkopu slabo nosilne zemljine 2. kategorije za določen mesec.

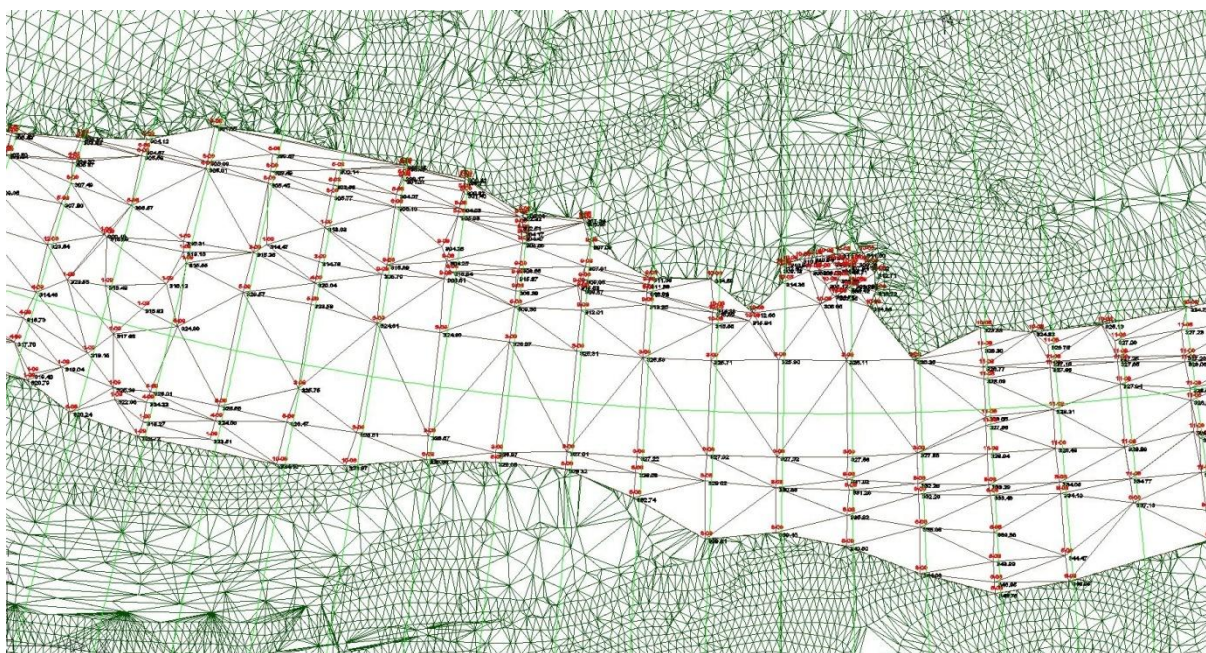
Izkop SNZ 2. kategorije													
TRASA AC Pluska - Ponikve													
Profil	Marec 2008			April 2008			Maj 2008			Junij 2008			
	Dodatne poglobitve	Izkop SNZ ostalo	Skupaj izkop SNZ Geograd	Dodatne poglobitve	Izkop SNZ ostalo	Skupaj izkop SNZ Geograd	Dodatne poglobitve	Izkop SNZ ostalo	Skupaj izkop SNZ Geograd	Dodatne poglobitve	Izkop SNZ ostalo	Skupaj izkop SNZ Geograd	
Skupaj vsi profili:	0,00	0,00	0,00	0,00	3.057,60	3.057,60	82,40	9.416,12	9.498,52	331,50	-331,50	0,00	
Kumulativa:	0,00			3.057,60			12.556,12			12.556,12			
P155	0,00	0,00	0,00	0,00	305,21	305,21	0,00	1.154,26	1154,26	0,00	0,00		
P156	0,00	0,00	0,00	0,00	297,00	297,00	0,00	918,24	918,24	4,77	-4,77		
P157	0,00	0,00	0,00	0,00	296,85	296,85	0,00	464,94	464,94	4,77	-4,77		
P158	0,00	0,00	0,00	0,00	240,98	240,98	0,00	481,45	481,45	0,00	0,00		
P159	0,00	0,00	0,00	0,00	210,67	210,67	25,48	681,56	707,04	0,00	0,00		
P160	0,00	0,00	0,00	0,00	197,24	197,24	25,48	710,44	735,92	0,00	0,00		
P161	0,00	0,00	0,00	0,00	207,43	207,43	15,72	792,83	808,55	0,00	0,00		
P162	0,00	0,00	0,00	0,00	266,23	266,23	15,72	1.231,47	1247,19	0,00	0,00		
P163	0,00	0,00	0,00	0,00	295,48	295,48	0,00	1.258,27	1258,27	0,00	0,00		
P164	0,00	0,00	0,00	0,00	302,54	302,54	0,00	779,19	779,19	0,00	0,00		
P165	0,00	0,00	0,00	0,00	294,91	294,91	0,00	609,87	609,87	0,00	0,00		
P166	0,00	0,00	0,00	0,00	143,06	143,06	0,00	333,60	333,60	114,11	-114,11		
P167	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	160,98	-160,98		
P168	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	46,87	-46,87		
Skupaj vsi profili:	0,00	0,00	0,00	0,00	3.057,60	3.057,60	82,40	9.416,12	9.498,52	331,50	-331,50	0,00	

Slika 10: Vrednotenje količin dodatnih poglobitev s pomočjo planimetriranja. Slika prikazuje samo majhen del tabele, od profilov P0 do P236 so prikazani samo profili P155 do P168.

Odločili smo se, da bomo na podlagi podatkov mesečnih napredkov zemeljskih del izdelali prikaz poteka del v 3D modelu. Za ta namen smo uporabili program NavisWorks, ki omogoča izdelavo 3D animacije poteka gradnje.

Podatke za zemeljska dela do določenega datuma smo dobili od geodeta v obliki višinskih točk, te točke pa smo vnesli v naš digitalni model terena. Ko smo točke povezali v površine posameznih plasti, smo iz modela pridobili razlike med novimi in starimi meritvami zemeljskih del ter tako dobili količine razlike med plastmi. Tak način pa ni nujno natančen, saj so možne napake pri merjenju na terenu oziroma pri prenosu točk v datoteke.

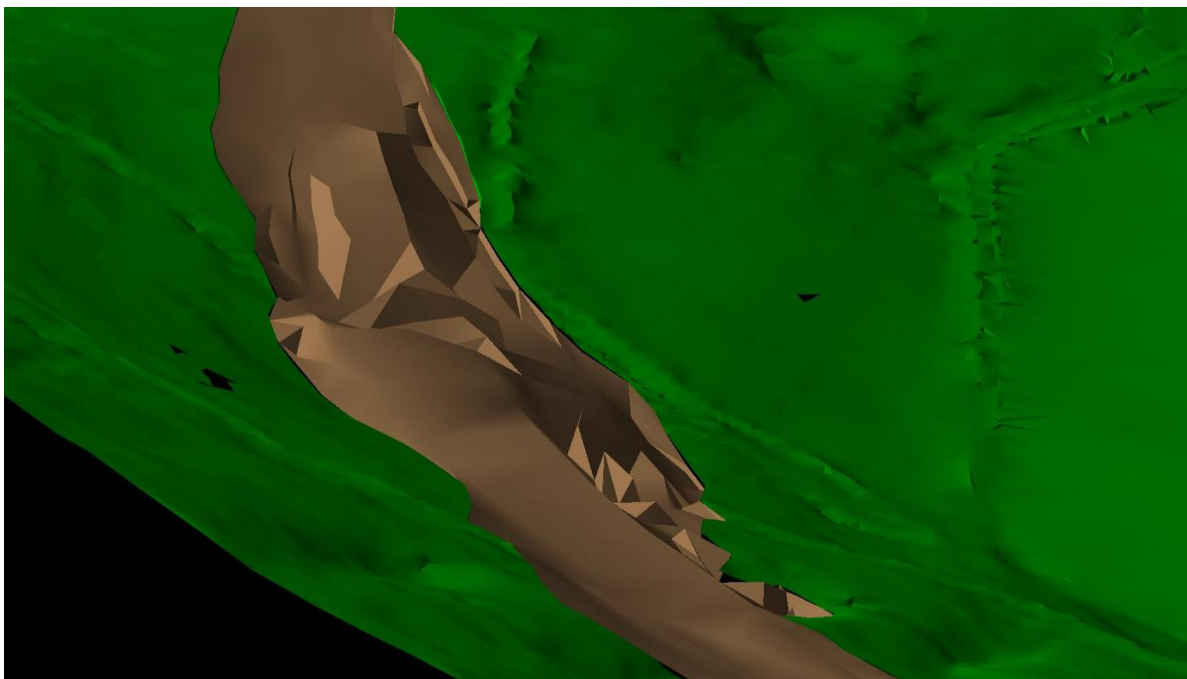
Pri vnašanju točk za mesec maj, ko je bil na določenih odsekih spodnji ustroj že končan, smo pri izdelavi površine odkrili očitne napake, saj površina ni bila taka, kakršno je bilo tisti mesec dejansko stanje.



Slika 11: Del odseka, za katerega smo vnesli točke stanja na 21.4.2009. Iz slike niso razvidne napake pri višinskih podatkih točk.

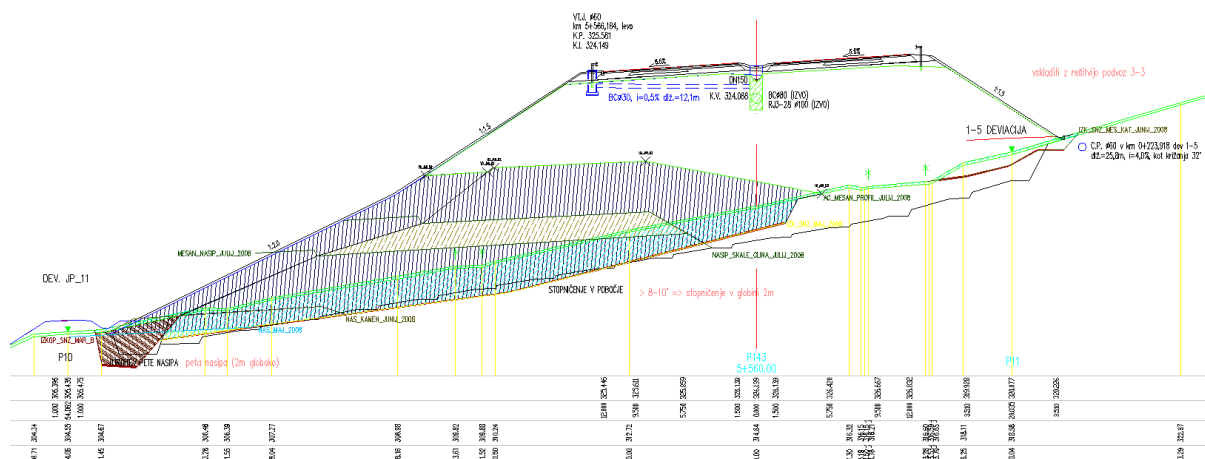
Slika zgoraj prikazuje izdelavo modela na podlagi točk, pridobljenih od geodetov. Te točke se umestijo v prostor ter povežejo v trikotnike, ki tvorijo površino. V tej fazi je težko ugotoviti točnost podatkov, saj se na podlagi trikotnikov ne vidi, če pride do kakšnih neskladij. Šele ko

se uporabi program za senčenje površin, lahko preverimo, ali je model skladen z dejanskim stanjem na terenu. Na spodnji sliki se tako že na prvi pogled jasno vidi, da model ne ustreza dejanskemu stanju. Ker pa napake niso vedno očitne in jih je težko odkriti na tak način, je način, s katerim smo uporabljali višinske točke geometrov, neuporaben.

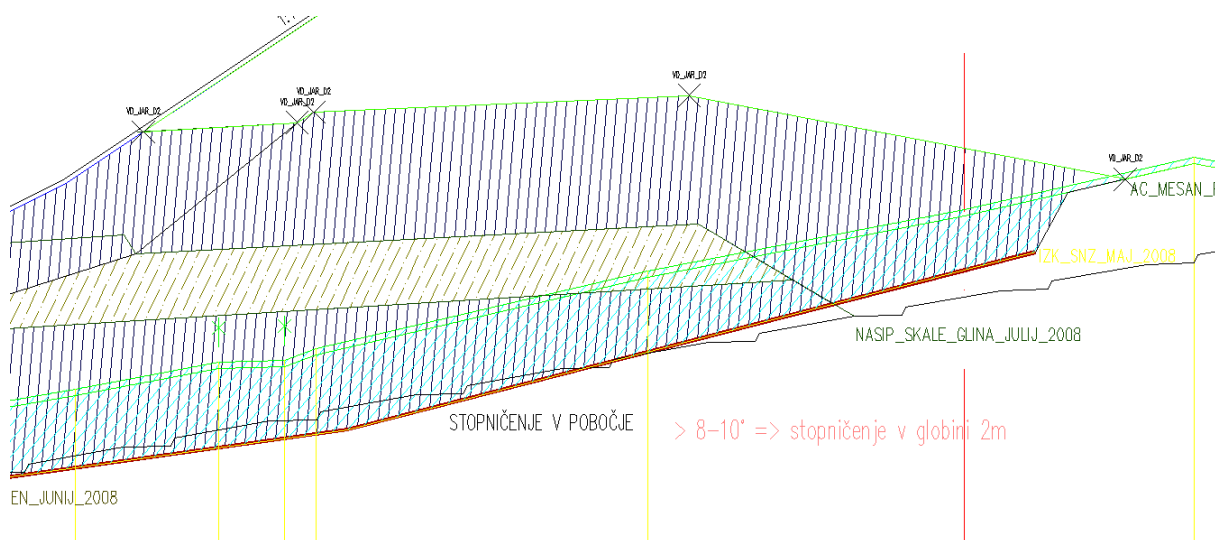


Slika 12: 3D model razkrije napake oziroma napačne višinske podatke nekaterih točk, zaradi česar spodnji ustroj in brežina nista podobna dejanskemu stanju.

Zaradi teh naključnih napak smo se odločili za drugačen pristop. Geodet ponavadi točke vnese v prečne profile trase in v njih popravi morebitne napake, preden profile pošlje izvajalcu del. V programu Plateia smo nato v teh profilih označili višinske točke na ključnih delih, to je na linijah izkopov in nasipov za določen mesec.



Privzeta slika 13: Geometer vstavi podatke o novih plasteh v obstoječe profile trase, popravi morebitne napake ter profile pošlje izvajalcu del (Podobnik, J. in sod. 2006).



Privzeta slika 14: Točke na liniji nasipa v fazi zemeljskih del tvorijo presečne linije iz katerih izdelamo 3D površino nasipa (Podobnik, J. in sod. 2006).

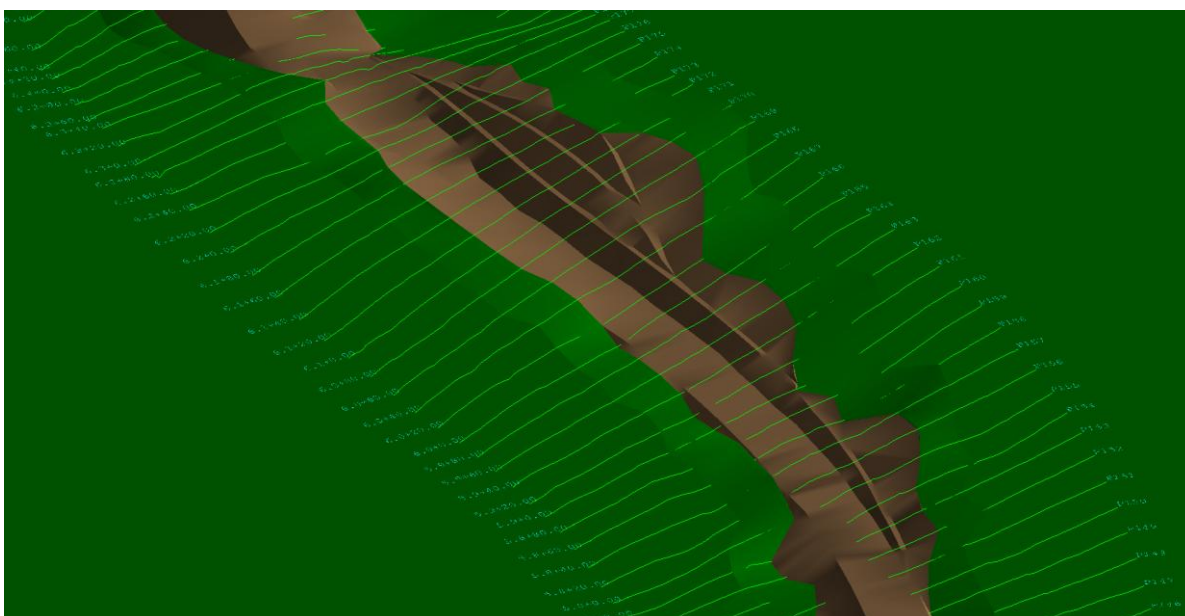
Te točke program poveže med prečnimi profili v linije, ki jih nato shranimo v datoteko. Te linije se imenujejo presečne linije. V situaciji, kjer imamo aktivno os trase, program iz datoteke odčita podatke o presečnih linijah in jih vnese v situacijo v obliki 3D krivulj. Te krivulje nato povežemo in dobimo nove površine.

Tak način je omogočil natančno modeliranje in s tem boljšo vizualizacijo faz zemeljskih del.



Slika 13: Uporaba presečnih linij daje natančen model stanja del na določen datum.

V 3D model projekta smo vstavili tudi stacionaže z oznakami, saj je pomembno, da se izvajalec del v modelu lahko orientira glede na stacionaže.



Slika 14: V modelu vstavljene stacionaže omogočajo informacijo o tem, kateri del trase gledamo.

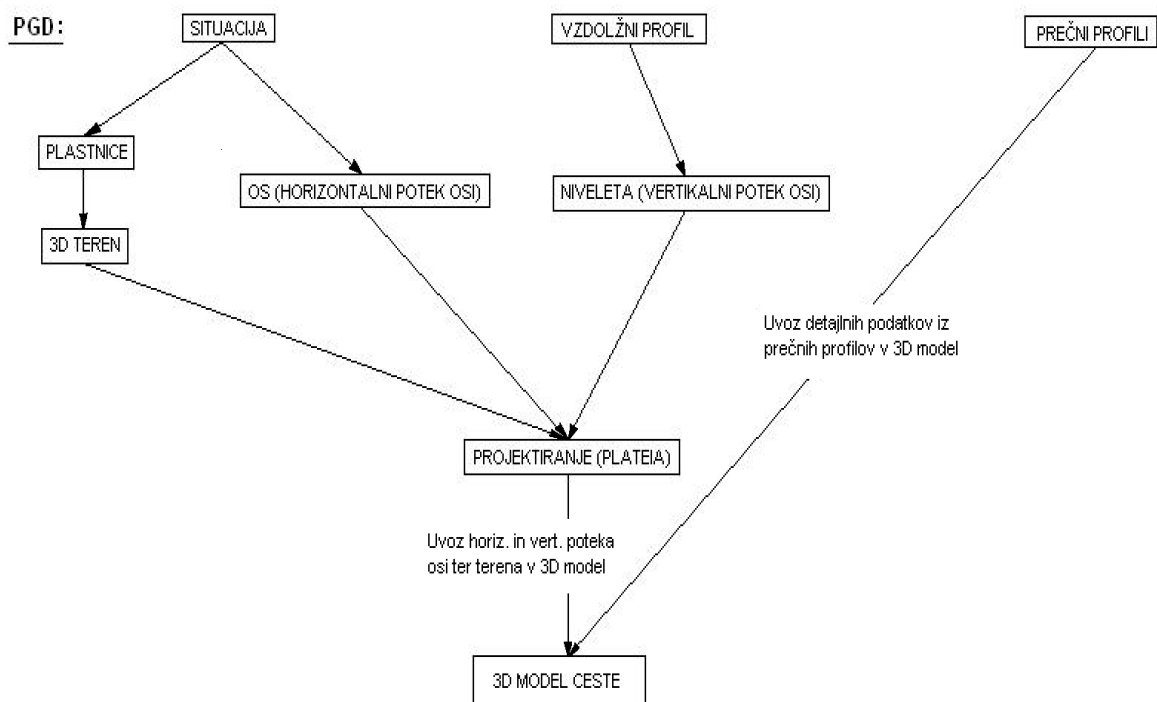
Med aktiviranjem projekta v Plateia smo med drugim prišli tudi do izdelave masnega profila, ki pa se je razlikoval od masnega profila iz projektne dokumentacije PGD. Projektant namreč upošteva določen odstotek materiala, ki je zaradi slabih karakteristik neprimeren za uporabo v nasipih, količine takega materiala pa ne upošteva v masnem profilu. Preostali izkopni material je tako v masnem profilu po količini enak materialu, potrebnem za nasipe. V našem primeru je bilo izkopnega materiala za približno 40% več kot materiala, predvidenega za nasipe.

Masni profil iz projektne dokumentacije tako prikazuje bilanco vgradljivega izkopnega materiala in nasipnega materiala, ki sta v približno enakih količinah za celotno traso. Masni profil, ki smo ga izdelali mi, pa vključuje celoten izkopni material, neupoštevajoč vgradljivost materiala. Za izvajalca je tudi to pomemben podatek, saj si mora pripraviti ustrezne možnosti za deponiranje materiala. Vgradljiv izkopni material se namreč sproti prevaža na stacionaže, kjer se izdelujejo nasipi, medtem ko je nevgradljiv material potrebno odstraniti iz trase in ga ustrezno deponirati.

Seveda so projektantove ocene vgradljivosti materiala približne – na podlagi geoloških poizvedb, torej vrtin, ki pa same dajo približno oceno in dopuščajo možnost precejšnje razlike med ocenjenim in dejanskim stanjem na terenu. To pomeni, da nikakor ne moremo vedeti, koliko izkopanega materiala je neprimernega za nasipe dokler se material ne izkoplje in preveri s strani geomehanikov. Vsekakor pa je izračun celotnega izkopnega materiala, ne glede na vgradljivost, za izvajalca uporaben podatek, da si lahko ustrezneje načrtuje deponiranje.

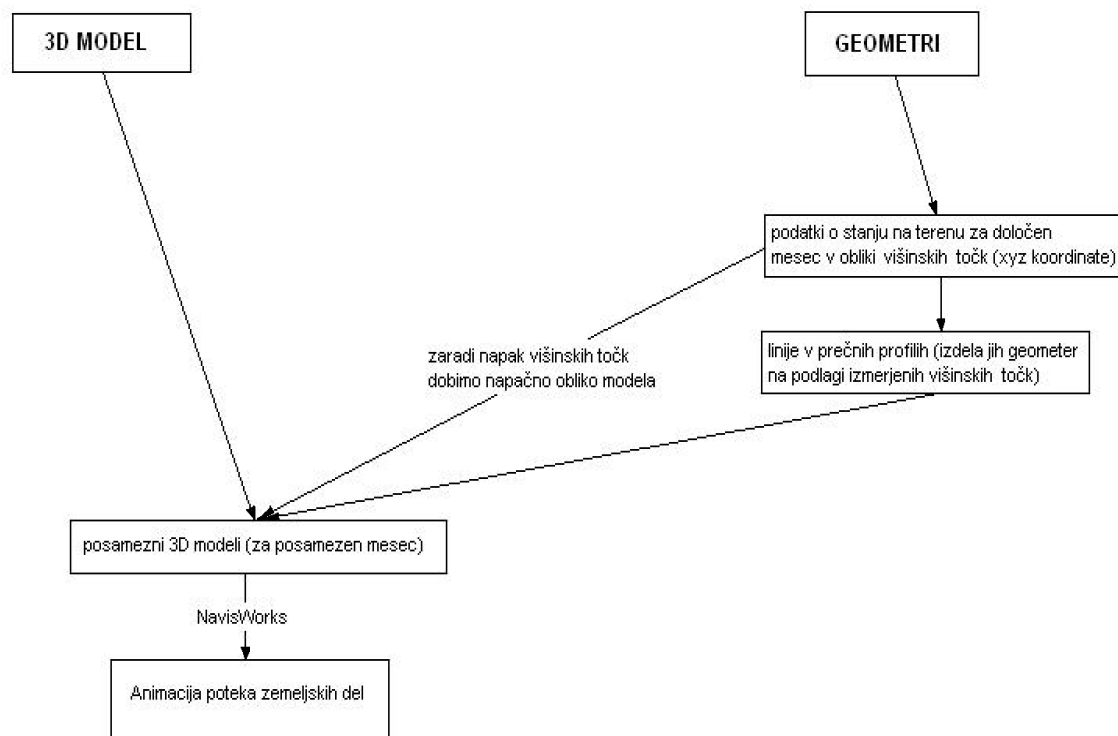
5.3 Povzetek dela

Iz dokumentacije PGD smo iz situacije pridobili plastnice, ki nam dajo podatke o terenu ter os avtocestnega odseka (horizontalni potek ceste). Iz vzdolžnega profila smo vzeli vertikalni potek osi oz. niveleto. S pomočjo teh podatkov smo izdelali potek trase v programu Plateia. Iz PGD smo uporabili prečne profile tako, da smo izvozili podatke o prečnih profilih in jih uvozili v naš projekt. Tako smo dobili vse potrebne podatke za izdelavo 3D modela ceste v programu Civil 3D.



Slika 15: Shematski prikaz postopka izdelave 3D modela ceste.

Za izdelavo 3D animacije poteka zemeljskih del smo uporabili podatke o stanju na terenu za vsak mesec posebej (te podatke geometer vstavi v prečne profile v obliki linij) ter jih uvozili v naš 3D model. Zaradi naključnih napak pri merjenju na terenu nismo mogli neposredno uporabiti višinskih toč, temveč smo uporabili linije, pri katerih je geometer upošteval te napake in jih odpravil. V modelu smo te linije medsebojno povezali po profilih in tako dobili površine. Tako smo izdelali 3D modele za posamezna stanja na terenu za vsak mesec posebej. V programu NavisWorks smo te modele medsebojno povezali in izdelali animacijo prehoda med modeli in s tem poteka zemeljskih del.



Slika 16: Shematski prikaz postopka izdelave 3D animacije zemeljskih del.

6 ZAKLJUČEK

V diplomski nalogi smo skušali ugotoviti, kakšne so koristi uporabe prostorskega modeliranja objektov ter kakšne so trenutne možnosti glede programske in računalniške opreme. Raziskali smo trenutno stanje ter možnosti uporabe BIM tehnologije v gradbeništvu na splošno. Ugotovili smo, da je uporaba tehnologije BIM še v fazi študij in razvoja ter da se v praksi pri projektih nizkih gradenj še ne uporablja.

Za praktični primer smo izbrali traso AC Pluska – Ponikve, kjer so v času te študije potekala zemeljska dela. Uporabljali smo programe PLATEIA 2009, Autodesk Civil 3D 2009 ter NavisWorks 2009. Kot najzamudnejše delo se je izkazala aktivacija projekta v ustreznem programu, to je tistem, v katerem se izdelava projekt. V postopku aktivacije projekta smo upoštevali naslednje parametre projekta:

- horizontalni potek osi v situaciji,
- število in širine voznih pasov s sredinskim nevoznim pasom,
- razširitve pasov,
- prečne nagibe vozišča,
- vijačenja,
- višinski potek osi oziroma niveleto ter
- digitalne plastnice terena, na katerem se gradi projekt.
-

Vse nadaljnje delo sestoji iz črpanja podatkov iz prečnih profilov v projektni dokumentaciji PGD. Delo ni zahtevno in tudi ne zamudno. Za izdelavo 3D modela je iz prečnih profilov potrebno pridobiti tudi terenske podatke (točke), saj podloga iz situacije za ta namen ni primerna iz dveh razlogov. Prvi je ta, da je teren v situaciji velikokrat zastarel. Ko projektant izdelava prečne profile, geometri na novo izmerijo teren v območju profilov. Izmerjeni teren je nato uporabljen v prečnih profilih, ne pa tudi v situaciji. Drugi razlog je količina podatkov podloge v situaciji. Ta je namreč lahko precejšnja in v našem primeru se je pokazalo, da enostavna računalniška oprema ni kos taki množici podatkov.

Izdelava 3D modela projekta iz podatkov v prečnih profilih je tako dokaj enostavna in tudi zelo natančno predstavlja projekt, kot si ga je zamislil projektant.

S programi, ki smo jih uporabljali, v okviru našega dela ni bilo možno enostavno izdelati modela podzemnih infrastrukturnih instalacij, kot so kanalizacija, vodovod ali elektroinstalacije. Za uporabnost 3D modela v nizkogradnji je ključnega pomena, da so v modelu vključeni vsi elementi projekta, saj je poleg organizacije del in spremljanja izvedbe del prav tako pomembno arhiviranje projekta na način, da se kasneje pri morebitni rekonstrukciji ali dograditvi lahko dostopa do ustreznih podatkov starega projekta. Pomembno je, da na mestu, kjer gradimo nov objekt, poznamo stanje na terenu in morebitno infrastrukturo pod terenom.

Poleg detajlnega modela smo skušali ustvariti model, ki bi poleg vizualizacije dal tudi druge informacije, kot so količine materialov za zemeljska dela, zgornji ustroj, kanalete, jaški in podobno.

Ugotovili smo, da sam 3D model ne omogoča dostopa do teh podatkov, temveč je do njih mogoče priti iz drugih elektronskih dokumentov, predvsem iz prečnih profilov v programu Plateia. V tem programu je zelo poenostavljeno in avtomatizirano vrednotenje količin vseh vrst zemeljskih del, kot so nasipi, izkopi, dodatne poglobitve, zasipi, protihrupni nasipi ipd. Na enak način se določa količine materialov zgornjega ustroja. Podoben princip velja za vse zvezne parametre voziščne konstrukcije, pri diskretnih pa ne. To so npr. prečne cevi, jaški, kanalete prečno na cestišče in prometni znaki. Tu je spet potreben drugačen pristop, na primer merjenje razdalj in določanje števila montažnih elementov.

Programi se sicer razvijajo v smeri, kjer bo mogoče iz modela črpati zvezne in diskretne količine materialov v projektu. V večini projektantskih programov se danes projektira v 3D, kar pomeni, da je poleg tega, da programi omogočajo vrednotenje nekaterih količin, možen tudi pogled na projekt v 3D.

Po mnenju izvajalca del je uporaba projektantskih programov za izvajalska dela smiselna. Med delom smo ugotovili naslednje prednosti za izvajalca del pri uporabi projektantskih programov:

- izdelava modela projekta za vizualizacijo z detajliranimi elementi trase, ki izvajalcu olajšuje organizacijo del,
- izdelava prostorske animacije terminskega plana s pripadajočimi količinami in potrebnim časom za posamezna dela,
- sprotna evidenca in izračunavanje izvedenih zemeljskih del iz prečnih profilov v sodelovanju z geometri,
- predstavitev poteka oziroma napredka del investitorju,
- boljša preglednost nad izvedbo del projekta,
- boljše možnosti odkritja morebitnih napak v projektu,
- lažje prikazovanje dodatnih oziroma nepredvidenih del investitorju in s tem lažje obračunavanje del.

Za razširjeno uporabo BIM-a pri nizkih gradnjah je potreben nadaljnji razvoj programske opreme, ki bi omogočala avtomatizirano izdelavo detajlnih modelov projektov, možnost izdelave knjižnice elementov ter večji poudarek na računalniškem in programskem izobraževanju inženirjev.

VIRI:

Reflak, J., Javornik, R. B., Kerin, A., Pšunder, I., Pavčič, M., Vodlan, T., Marinko, M., Dobnik, C., Šelih, J. 2008. Od projekta do objekta: strokovni priročnik za pripravo, vodenje in organizacijo gradnje. Poglavlje 5, Projektni menedžment v gradbeništvu. Ljubljana; Verlag Dashofer založba d.o.o.; 122 str.

Podobnik, J., Pavić, V, Breclj, H. 2006. Objekti prometne infrastrukture; Avtocesta. PGD; Ljubljana; AC Pluska-Ponikve. Družba za Avtoceste v Republiki Sloveniji.

Kymmell, W. 2008. Building Information Modeling: planning and Managing Construction Projects with 4D CAD and Simulations. New York : McGraw-Hill. XIV, str. 1-29. 270 str.

INTERNETNI VIRI:

Platt, A. 2007. 4D CAD for Highway Construction Projects. Computer Integrated Construction Research Program Department of Architectural Engineering The Pennsylvania State University. 127 str.

http://www.engr.psu.edu/ae/cic/publications/TechReports/TR_054_Platt_2007_4D_for_Highway.pdf (15.4.2009)

Gant, R. E. 2009. 3D Modeling: Embracing the Technological Gains, Examining the Professional Impact. Bentley Systems. 2 str.

<http://www.americainfra.com/article/Issue-1/Transportation/3D-Modeling-Embracing-the-Technological-Gains-Examining-the-Professional-Impact/> (12.7.2009)

Rebolj, D., Čuš Babič, N., Tibaut, A., Magdič, A. 2002. Evolution of a Road Product Model. 74 str.

<http://www.cib-w78-2002.dk/papers/papers/cib02-32.pdf> (20.7.2009)

Rebolj, D., Čuš Babič, N., Tibaut, A., Magdič, A. 2008. Uvajanje tehnologije produktnega modela ceste PMC v inženirsko prakso. 9 str.

<http://www.drc.si/LinkClick.aspx?fileticket=%2FwMXYzdhhzs%3D&tabid=83&mid=416>

(20.7.2009)

Seok, L., Kang, Sang Bok, Jee, Hak, C., Kim, Young, S., Suk, P. H., Moon 2007. 4D System for Visualizing Schedule Progress of Horizontal Construction Project Including Earthwork. (1st International VR Conference, Tokyo, 11-20-2007. 13 str.

<ftp://ftp.forum8.co.jp/forum8lib/pdf/VRsymposium/gyeongsang-2.pdf> (24.4.2009)

Leen-Seok, Kang, Jin-Seok, Moon, Chang-Hak, Kim 2008. Development of VR simulation functions for supporting optimal design information in road project. 7 str.

http://www.convr2008.com/index_files/submissions/Construction%20management-3.pdf

(28.8.2009)

Strongitharm, J. 2009. Civil engineering in 4D. CAD User AEC Magazine izdaja 22 št. 3. 2 str.

http://www.caduser.com/reviews/reviews.asp?a_id=447 (20.7.2009)

Haugbotn, A. 2009. BIM and automation in Infrastructure sector. ViaNova Plan og Traffic, Norway. LEAN seminar January 2009. 18 str.

<http://tuta oulu.fi/LCI%20Haugbotn.pdf> (15.7.2009)

Strafaci, A. 2008. What does BIM mean for civil engineers? Road and highway projects can benefit from design using building information modeling. CE News, 2008. 4 str.

http://images.autodesk.com/adsk/files/what_does_bim_mean_for_civil_engineers_ce_news_1008.pdf (10.4.2009)

Hedges, K.E. 2007. How BIM May Approach the Counterfactual Scenario of Inadequate Interoperability. University of Wyoming Department of Civil and Architectural Engineering. 4 str.

<http://www.lcm2007.org/paper/289.pdf> (20.7.2009)

Bennett, T. D. 2009. Putting the Earth Back into the Balance Sheet: Part 1: Sustainability and Civil Engineering. 3 str.

http://www.microstationconnections.com/print_article.php?cpfeatureid=44479 (28.7.009)

Kang, L. 2007. Application of 4D CAD System for Civil Engineering Project. The 1st International VR Conference. 11 str.

<ftp://ftp.forum8.co.jp/forum8lib/pdf/VRsymposium/gyeongsang-1.pdf> (15.5.2009)

Katranuschkov, P. 2008. Automatic generation of progress profiles for earthwork operations using 4d visualisation model. 16 str.

http://www.itcon.org/data/works/att/2008_29.content.07568.pdf (27.8.2009)

Šajn, M. 2009. Trendi v razvoju programov CAD za področje nizkih gradenj. 5 str.

<http://www.cgsplus.si/Portals/0/zanimivosti/clanki/clanek%20za%20Kongres%20o%20cestah%20jeseni%202004.pdf> (20.7.2009)

Cover, R. 2004. LandXML. 1. str.

<http://xml.coverpages.org/landXML.html>

Harrod, G. 2009. AecXML & IFC: Standards for building and construction industry data. A National Institute of Building Sciences Council. 2 str.

<http://www.cadinfo.net/editorial/aecxml.htm> (2.8.2009)