

Primljen / Received: 31.10.2014.

Ispravljen / Corrected: 16.3.2015.

Prihvaćen / Accepted: 26.3.2015.

Dostupno online / Available online: 10.7.2015.

# Izobrazba o primjeni BIM-a kao podrške integriranom projektiranju

## Autori:



Doc.dr.techn.arch. **Iva Kovačić**  
Tehničko sveučilište u Beču  
Institut za interdisciplinarni  
menadžment u graditeljstvu  
iva.kovac@tuwien.ac.at



Doc.dr.sc. **Michael Filzmoser**  
Tehničko sveučilište u Beču  
Institut za menadžment  
michael.filzmoser@tuwien.ac.at



**Kristina Kiesel**, dipl.ing.arh.  
Tehničko sveučilište u Beču  
Institut za arhitekturu  
Kristina.kiesel@tuwien.ac.at



**Lars Oberwinter**, dipl.ing.  
Tehničko sveučilište u Beču  
Institut za interdisciplinarni  
menadžment u graditeljstvu  
loberwinter@industriebau.tuwien.ac.at



Prof.dr.techn. **Ardeshir Mahdavi**  
Tehničko sveučilište u Beču  
Institut za arhitekturu  
ardeshir.mahdavi@tuwien.ac.at

Prethodno priopćenje

**Iva Kovačić, Michael Filzmoser, Kristina Kiesel, Lars Oberwinter, Ardeshir Mahdavi**

## Izobrazba o primjeni BIM-a kao podrške integriranom projektiranju

Povećanje opsega projekta, ambicioznih projektnih ciljeva i broja sudionika u procesu planiranja zahtijeva učinkovito integrirano planiranje i prikladnu računalnu podršku, poput BIM alata (eng. *Building Information Modelling* - BIM). Vještine rada u BIM-u, a koje se traže u praksi, nisu zastupljene u nastavnim planovima i programima tehničkih sveučilišta. U ovom se radu prikazuje provedba interdisciplinarnog BIM projektne izobrazbe na Tehničkom sveučilištu u Beču. Povratne informacije studenata pridonijele su stvaranju smjernica za daljnju izobrazbu o BIM-u.

### Ključne riječi:

suvremeno modeliranje u građevinarstvu, interdisciplinarni kolegij, integrirani proces planiranja, BIM

Preliminary report

**Iva Kovačić, Michael Filzmoser, Kristina Kiesel, Lars Oberwinter, Ardeshir Mahdavi**

## BIM teaching as support to integrated design practice

An increase in the size of projects, ambitious design objectives, and a greater number of participants in the planning process, call for an effective integrated planning practice, and an adequate software support, such as the BIM (Building Information Modelling) tools. However, the BIM skills as demanded by practice are not represented in lecturing plans and programs at technical universities. This paper presents the interdisciplinary BIM design course conducted at the Vienna University of Technology. The feedback received from students has proven to be beneficial for creating guidelines for further BIM teaching activities.

### Key words:

modern modelling in civil engineering, interdisciplinary course, integrated planning process, BIM

Vorherige Mitteilung

**Iva Kovačić, Michael Filzmoser, Kristina Kiesel, Lars Oberwinter, Ardeshir Mahdavi**

## Bildung zur Anwendung von BIM als Unterstützung für den integrierten Entwurf

Ansteigende Projektumfänge, anspruchsvolle Projektziele und Teilnehmerzahlen verlangen eine wirksame integrierte Planung sowie die entsprechende EDV-Unterstützung, z.B. mittels BIM Werkzeugen (eng. Building Information Modelling - BIM). Entsprechende Anwendungskennnisse, die in der Praxis verlangt werden, sind nicht in den Unterrichtsplänen und Programmen technischer Universitäten vertreten. In dieser Arbeit wird die an der Technischen Universität in Wien durchgeführte interdisziplinäre, projektorientierte Bildung zur BIM Anwendung dargestellt. Das Feedback von Studierenden trug der Entwicklung zukünftiger Bildungsrichtlinien bei.

### Schlüsselwörter:

moderne Modellierung im Bauwesen, interdisziplinäres Fach, integrierter Entwurfsprozess, BIM

## 1. Uvod

Složenost projektiranja i izvođenja zgrada i infrastrukturnih projekata neprestano se povećava pod utjecajem ubrzanih ekonomskih, političkih i socijalnih promjena, povećanog broja propisa i zahtjeva za ostvarenje energetske i resursne učinkovitosti te ubranog razvoja tehnologije i tehničkih sustava. Povećanjem opsega i veličine građevinskog projekta, povećava se i broj sudionika u procesu planiranja. Stoga je multidisciplinarna suradnja i učinkovito donošenje odluka u projektnom timu ključno kako bi se ispunili svi funkcionalni, tehnički, ekonomski pa i ekološki projektni ciljevi. To pak zahtijeva nove metode planiranja i primjenu IT alata kako bi se svladala složenost projekata i upravljanje znanjima u timu [1, 2]. BIM (eng. *Building Information Modelling* - BIM) kao suvremena metoda modeliranja u građevinarstvu predstavlja obećavajući alat za poboljšanje i povećanje mogućnosti isporuke projekata [3] te smanjenje fragmentacije u arhitektonskoj, inženjerskoj i građevinskoj industriji (eng. *architecture, engineering and construction* - AEC). Štoviše, BIM nije samo alat za modeliranje projekta i njegovo izvođenje, nego i alat za održavanje i upravljanje građevinom tijekom cijelog uporabnog vijeka. BIM predstavlja zajedničku bazu znanja za sve sudionike na projektu - svi podaci o projektu od faze inicijacije pa do uporabe obuhvaćeni su takvim parametarskim modelom. Gillian i Kunz [4] u svom radu navode upravo vlasnike zgrada kao sudionike koji ostvaruju najveći potencijal zahvaljujući primjeni BIM-a, iako je to ujedno interesna skupina koja se najmanje koristi BIM-om. U središnjoj se Europi BIM alati još uvijek rijetko primjenjuju pri projektiranju i upravljanju projektima, a razloga je mnogo, primjerice: nedostatak znanja i sredstava za kontinuirano održavanje BIM modela i upravljanje njime, manjak standardizacije u svezi s modeliranjem, te divergentne metode i standardi različitih sudionika projekta.

BIM obuhvaća provedbu i upravljanje informacijama o građenju u obliku digitalnih prezentacija prostornih i funkcionalnih karakteristika, uključujući interdisciplinarnu razmjenu podataka o planiranju i projektnim timovima. BIM alati poboljšavaju interdisciplinarnu suradnju, pružajući uz standardni građevinski model, povezivanje baze podataka za planiranje i optimalizaciju [5]. S druge strane, zahvaljujući tehnološkim prednostima BIM alata, razvile su se brojne mogućnosti za spajanje različitih sustava i alata za digitalno projektiranje i simulaciju, koje su najpovoljnije za izvođenje projekta od njegove najranije faze pa sve do kraja uporabnog vijeka, zbog čega je BIM posebno prikladan za upravljanje cijelim procesom uporabnog ciklusa građevine [6]. Unatoč brojnim mogućnostima BIM-a, teško je procijeniti i do kraja razumjeti njegovu učinkovitost [7-9], pogotovo u kontekstu multidisciplinarnu suradnje.

BIM alati rjeđe se primjenjuju u Europi negoli u Americi ili skandinavskim zemljama [10]. Primjerice austrijska građevinska industrija ima vrlo jaku inženjersku tradiciju

temeljenu na tradicionalnim segmentiranim procesima planiranja i izgradnje, te na fragmentiranoj ekonomskoj strukturi pretežito malih tvrtki. Austrijski građevinski sektor, u usporedbi s europskim, ima iznadprosječan broj patentnih prijava. Istodobno je izrazito regionalno orijentiran pri čemu pokazuje manjak iskustva u interdisciplinarnoj suradnji, koja je nužna za inovaciju proizvoda [11].

Upravo taj nedostatak iskustva u interdisciplinarnoj, istodobnoj suradnji, uključujući i fragmentiranu prirodu same AEC industrije, čini jednu od najvećih prepreka za prihvaćanje BIM-a i ostvarivanje njegovog punog potencijala, čak i veću nego svladavanje tehnoloških problema. Dakako da primjena BIM-a zahtijeva promjene u tehnologiji, jer BIM je mnogo više no novi CAD. Međutim, prije svega su potrebne promjene planskih procesa kao i prakse izvršenja projekata, suradnje i komunikacije. Sudionicima planskog procesa potrebna je izobrazba kako bi stekli nove vještine [12]. Succar [13] navodi nekoliko faza u procesu usvajanja BIM-a: predfaza BIM-a, faza 3D-modeliranja i finalna faza integracije modela različitih disciplina, i to unutar tri područja: tehnologije, procesa (primjerice pravila i način donošenja odluka u integriranom planiranju) i regulative (primjerice standardizacija procesa modeliranja). Najveći potencijali su u presjeku skupova tih područja, a što zahtijeva povećanu integraciju prakse.

Jung i Gibson [14] u svom radu navode da je uspješnost integracije BIM tehnologije čak dio korporativne strategije. Razumijevanje stvarnosti prakse, karakterizirane vrlo složenim međuovisnostima i rizicima koje utječu na interdisciplinarnu upotrebu 3D objektnog modeliranja, ključno je za učinkovitu primjenu BIM tehnologije [15].

Kako bi se odgovorilo novim zahtjevima AEC prakse, na Tehničkom sveučilištu u Beču organiziran je interdisciplinarni BIM projektni studij, gdje se provodi izobrazba za projektiranje temeljeno na BIM-u i upotreba BIM-a u integralnom projektiranju. Drugi cilj bilo je uspostavljanje interdisciplinarnu BIM platforme za suradnju, a potom ugrađivanje te tehnologije u nastavne planove i programe, te unapređenje prakse uvođenjem prikladne izobrazbe budućih projektanata. Ovaj rad prikazuje rezultate istraživanja o utjecaju ljudskih i procesnih faktora na primjenu BIM-a u projektiranju u arhitekturi i građevinarstvu. Na temelju uvida u istraživanje usvajanja BIM-a mogu se identificirati ključni faktori za poboljšanje primjene BIM-a u središnjoj europskoj regiji.

## 2. Eksperimentalno istraživanje u području izobrazbe o BIM-u

S obzirom na to da BIM predstavlja relativno novu tehnologiju u građevinskom sektoru, te zbog prepreka poput dugog trajanja projekata, zaštite podataka i korporativnih politika, uvriježena je praksa da se izobrazba o BIM-u provodi putem studentskih eksperimenata. Poerscheke i suradnici [16] organizirali su multidisciplinarno projektno istraživanje u kojemu timovi studenata (arhitekture, urbanizma, konstrukcije, strojarstva

i elektrotehnike) rade na gotovom idejnom projektu škole. Pritom se suradnja sudionika pojedinih struka usmjeruje na optimiranje pojedinih projektnih ciljeva kao što su iskoristivost, održivosti itd. Svrha takvog istraživanja je dvostruka:

- provjera prikladnosti BIM alata za svaku pojedinu struku
- provjera interdisciplinarnog suradnje.

Zaključeno je da su BIM i simulacijski alati korisni za poboljšanje analize i sinteza, ali ne povećavaju kreativnost niti stvaranje novih ideja, na što pozitivno pak utječe interdisciplinarna suradnja. Plume i Mitchel [17] organizirali su istraživanje u kojem se najprije provjeravala interoperabilnost primjenom IFC-a (eng. *Industry Foundation Classes* - IFC). Istraživanje se također koristi danim preliminarnim projektima. Studenti pojedinih struka izrađuju procjene troškova, simulacije toplinske energije i analize buke primjenom poznatog modela na serveru. Navedeno istraživanje je provedeno 2004/2005. godine, u vrijeme kad su tehničke mogućnosti glavnog alata za modeliranje Archicada i podržavajućeg IFC sučelja bile ograničene. Otada su mnogi problemi, kao nekompatibilnosti verzija samih alata, riješene. No neki problemi semantičke prirode još uvijek su prisutni - npr. definicija "prostorije" se razlikuje kod arhitekata i građevinara, posebice kod građevinske fizike [18]. Dossick i sur. [19] svoja su istraživanja usmjerili na analizu komunikacije i stvaranje novog znanja u prostorno distribuiranim studentskim timovima, a koji surađuju u virtualnom okruženju i izrađuju 4D projekte, vremensko planiranje i organizacijske analize projekata. Prema njihovom istraživanju, modeliranje u realnom vremenu pojačava i podržava nesređene razgovore i rasprave te tako povećava kreativnost. Peterson i sur. [20] upotrebljavaju BIM modeliranje da bi olakšali upravljanje građevinskim projektima. Oni su proveli komparativno istraživanje u dva razreda na različitim sveučilištima da bi spoznali potrebu daljnjeg istraživanja u multidisciplinarnim projektima. Tsai i sur. [21] mjerili su potrebno vrijeme i napor za modeliranje projekata baziranih na 2D crtežima te učinkovitost prijenosa podataka iz BIM modela u programske pakete (računalne programe) za vremensko planiranje projekata. Za potrebe tog istraživanja studenti su modelirali stvarne projekte kako bi dobili uvid u planiranje resursa uz primjenu BIM-a.

Analiza relevantne znanstvene literature pokazuje da u izobrazbi o BIM-u nisu dovoljno zastupljene rane faze projekta odnosno projektiranja. U prethodno spomenutim istraživanjima primjenjivani su predgotovljeni građevinski modeli, ili su se razmatrale kasne faze projekta - kad je arhitektonsko projektiranje (idejni projekt) bilo gotovo završeno. U tim slučajevima, idejni projekt služi kao baza znanja ili podloga za tehničku razradu ili upravljanje projektima (vremensko planiranje, upravljanje troškovima). Vrlo je malo istraživanja provedeno na ranijim fazama projekata, uključujući inicijalnu fazu projektiranja temeljenu na interdisciplinarnom suradnji. Može se zaključiti da nedostaje temeljno znanje o inicijalnom stadiju projekta gdje nastaje početni koncept na kojem se temelji

model te da nedostaje znanje o njegovoj analizi i optimizaciji kroz interdisciplinarnu suradnju, primjenom različitih BIM alata kao potpore za poboljšanje ne samo projektiranja nego i uporabljivosti građevine.

### 3. Istraživanje i izrada obrazovnog sadržaja

Da bi se predstavila i ujedno ocijenila iskoristivost BIM alata u arhitektonskoj, inženjerskoj i građevinskoj industriji, organizirano je interdisciplinarno projektno istraživanje pod nazivom *Interdisciplinarni koncept projektiranja uz primjenu BIM-a*. Istraživanje je imalo dvije svrhe: integrirano projektiranje u multidisciplinarnom okruženju i iskoristivost BIM alata s posebnim naglaskom na prenos podataka i nove funkcije.

To je istraživanje dio istraživačkog projekta *Održivi BIM* koji je financirala austrijska Agencija za promoviranje istraživanja suradnji sa BIM softverskim tvrtkama i industrijom. Sastojalo se od dva interdisciplinarna BIM kolegija u zimskim semestrima 2012/13. i 2013/14. Godinu dana nakon uvođenja kolegija, ocijenjene su povratne informacije studenata i iskustva predavača, nakon čega su kolegiji prilagođeni i poboljšani naučenim lekcijama u odnosu na prvotne verzije.

Jedan od ciljeva bio je ocijeniti multidisciplinarnu suradnju kod primjene BIM alata kako bi se odredilo utječe li i na koji način primjena BIM-a na procese integriranog projektiranja. Drugi je cilj bio odrediti odgovaraju li BIM alati na zahtjeve projektiranja različitih struka i sudionika planskog procesa, kao i na prijenos i razmjenu podataka između različitih struka. Ovaj rad je usmjeren na ocjenjivanje BIM-a kao podrške integriranom projektiranju te na prikaz povratnih informacija studenata i predavača tijekom izobrazbe o BIM-u.

Projektno istraživanje organizirano je suradnjom Građevinskog fakulteta i Fakulteta za arhitekturu i urbanizam na Tehničkom sveučilištu u Beču. Istraživanje razmatra svrhovitost izobrazbe tijekom jeseni 2012. i ponovno tijekom jeseni 2013., u tranjanju od jednog semestra. Nastavu su pohađali studenti arhitekture, građevinarstva i građevinske fizike. Rad studenata na izobrazbi pratio je i na kraju ocijenio Institut za upravljanje sa Strojarskog fakulteta na osnovi anketa provedenih prije i poslije trajanja semestra te na temelju rasprave ciljne skupine ispitanika i ocjenom provedenih protokola. Primijenjeno je 12 različitih alata za arhitektonsko i konstrukcijsko modeliranje, termalnu simulaciju, simulaciju prirodnog osvjetljenja, energetske učinkovitost i izradu energetskih certifikata (*ArchiCad, Revit, Allplan, REFIM, Scia, Sofistik, Plancal, Tekla, Archiphysik, TAS, EnergyPlus, Dialux*), uz pomoć industrijskih partnera na projektu koji su pružili podršku izobrazbi o softveru i modeliranju.

U prvoj godini nastave, koja je poslužila kao pilot-projekt, u projektno je istraživanje uključeno 11 studentskih timova s ukupno 39 studenata. Zadatak je bio projektirati niskoenergetsku poslovnu zgradu, za koju su studenti imali na raspolaganju funkcionalni program, situaciju s orijentacijom i izvornim postavkama lokacije, strukturu slojeva, sheme boja i predloške za BIM sučelje.

Tablica 1. Nastavni plan i program za 2012. i 2013. godinu

Nastavni plan i program	Godina implementacije zimski semestar 2012/13.		Godina implementacije zimski semestar 2013/14.	
	ECTS	Građevinski inženjeri	6 ECTS	Građevinski inženjeri
Arhitekti		2 ECTS	Arhitekti	5 ECTS
Građevinski fizičari		8 ECTS	Građevinski fizičari	10 ECTS
Projektni zadatak	Projekt niskoenergetske poslovne zgrade BDP = 7.500 m <sup>2</sup>		Projekt kulturnog centra BDP = 3.000 m <sup>2</sup>	
Interval konzultacija	Jednom tjedno s profesorima			
Prezentacije	Dvije manje prezentacije tijekom kolegija i jedna konačna na kraju nastave			
Ocjena	25 % zajednički model projekta 25 % primjena BIM-a 25 % kvaliteta integriranog projektiranja 25 % interdisciplinarna suradnja			
Timski rad	Timove određuje voditelj kolegija na temelju vještina i odabranih računalnih programa/programskog paketa		Timski rad, slobodan izbor tima	
Izbor računalnog programa	Određuje voditelj kolegija na temelju računalnih vještina studenata		Slobodan izbor računalnih programa u timu	

Studenti su primijenili programski paket koji im je najpoznatiji, prema anketno provedenoj samoprocjeni na početku semestra. Potom je nastavni tim sastavio interdisciplinarnu studentsku timove svaki s drukčijom kombinacijom BIM programskog paketa za arhitektonsko modeliranje, modeliranje konstrukcije, analizu toplinske energije i prirodne osvjetljenosti te analizu sustava ventilacije. Kombinaciju programskih paketa je kao matricu odredio nastavni tim, kako bi se dobio uvid u interoperabilnost i kompatibilnost što većeg broja programskih paketa/softvera. Zadatak svakog studentskog tima bio je razviti integrirani model na razini idejnog projekta, koji se sastojao od arhitektonskog i funkcionalnog rješenja, nosive konstrukcije, ventilacijskog sustava (HVAC) i energetskog modela uz dokaz koncepta u cijelosti (putem simulacije). Dakle, timovi su morali razviti i predati model idejnog projekta koji je uključivao arhitektonsko rješenje, projekt konstrukcije, model provodljivosti topline, ventilacijski sustav, energetsku simulaciju i energetski certifikat. Prema nastavnom planu, studentima je dodijeljen različit broj ECTS bodova, ovisno o struci (arhitektima 2 ECTS boda, građevinskim inženjerima 6 ECTS bodova, a građevinskim fizičarima 10 ECTS). Pokazalo se da ECTS bodovi ne odgovaraju radnom opterećenju.

Godine 2013. u istraživanju je sudjelovalo 12 timova s ukupno 43 studenta (13 arhitekata, 8 građevinskih inženjera i 22 građevinska fizičara) u interdisciplinarnoj BIM projektnoj izobrazbi.

Na temelju iskustva iz prve godine, izmijenjen je i pojednostavljen projekt zadatak. Studenti su tako trebali

prema projektom zadatku razviti multifunkcionalni kulturni centar. Dodatno je organizirana početna radionica (eng. *kick-off workshop*) na kojoj su se studenti sami raspodijelili u timove i odabrali programske pakete/softvere koje žele primijeniti u interdisciplinarnom timu. Nakon toga, organizirana je jednodnevna projekt radionica, prije početka rada na samom digitalnom modeliranju projekta. Raspodjela ECTS bodova se promijenila na način da su studenti arhitekture dobili dodatnih 5 ECTS bodova radi uravnoteženije raspodjele radnog opterećenja i ECTS bodova. Tablica 1. prikazuje sažetak nastavnog plana i programa te razlike između kolegija u zimskim semestrima 2012/13. i 2013/14. godine.

#### 4. Metode

Zapažanja i rezultati prikazani u ovom radu temelje se na povratnim informacijama sudionika eksperimentalnog programa primjene BIM-a, prikupljenima nakon provedenog obrazovnog programa. Nakon provedene izobrazbe, svi su studenti podijeljeni u skupine po strukama (npr. arhitekti, građevinari i građevinski fizičari) kako bi međusobno razmijenili dojmove i ocijenili kolegij prema iskustvu koje su stekli primjenjujući BIM modeliranje u svom području (struci) te iskustvu primjene određenog BIM alata u svojoj struci.

Tijekom rasprava ciljanih skupina prikupljaju su kvalitativni podaci iz relativno homogene skupine za specifične teme [22]. Tako prikupljene informacije u ciljanim skupinama uglavnom su dublje i šire nego informacije skupljene intervjuiranjem šire

populacije ispitanika, zbog dinamičnosti i rasprave u skupini koja ima određeni cilj i, u ovom slučaju, iskustvo.

Skupine su oblikovane prema strukama kako bi se prikupile informacije za svaku pojedinu struku. Tablica 2. prikazuje sudionike u šest ciljanih skupina nakon obje iteracije (godine implementacije kolegija).

Tablica 2. Polaznici kolegija prema ciljnim skupinama (struci)

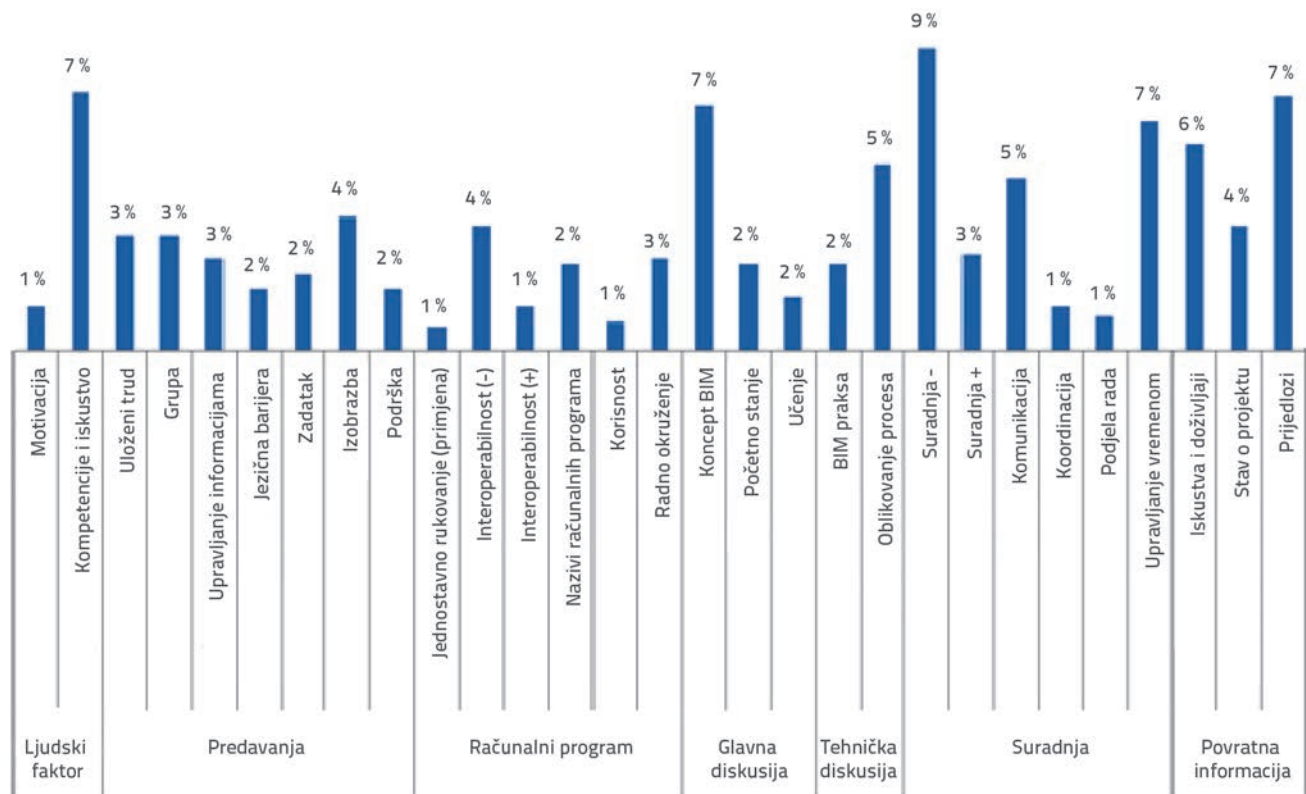
Struka	Zimski semestar 2012/13 (broj sudionika/timova)	Zimski semestar 2013/14 (broj sudionika/timova)
Arhitektura	9	13
Građevinarstvo	11	7
Građevinska fizika	15	20
Timovi	11	8

Rasprave u ciljnim skupinama trajale su približno sat vremena, a prvo pitanje postavio je moderator (*Kako ste doživjeli izobrazbu o primjeni BIM-a?*). Pitanja su obuhvaćala glavnu temu kolegija i suradnju studenata različitih struka tijekom procesa planiranja te iskustva s BIM programskim paketom/softverom. Pitanja su se postavljala u trenucima kad bi dolazilo do prekida u raspravi. Razgovori tijekom rasprava snimali su se, ispisivali, a potom i analizirali [23, 24]. Glavni cilj sažimanja sadržajne analize jest prikaz glavnog sadržaja određenog materijala, što je u ovom

slučaju bila povratna informacija studenata svake struke. Sadržaj izvornih transkripata se pojednostavnio i podijelio u kategorije koje reflektiraju sadržaj na višoj apstraktnoj razini. Dodatno je provedena kvantitativna analiza dvaju neovisnih šifranata/kodera [25] kako bi se dobili objektivniji podaci iz rasprava pojedinih skupina. To je napravljeno kako bi se obogatile teme dobivene provedenim raspravama, potom napravilo rangiranje tema po važnosti, uzimajući u obzir relativnu učestalost pitanja u raspravama.

## 5. Rasprave ciljanih skupina

Kategorizacija i proces kodiranja snimljenih razgovora rezultirali su definiranjem sljedećih tema: pitanja povezana s ljudskim faktorom, pitanja koja se tiču samog kolegija, aspekt primjenjivanog programskog paketa, općenito o BIM-u i projektnim zadacima, suradnja u timu i njeno značenje. S obzirom na navedeno, analizirana je učestalost iskaza tijekom rasprava, povezanih s pripadajućom temom (slika 1.). Problemi u vezi sa suradnjom članova u timu pokazali su se kao jedna od najznačajnijih tema u raspravi (9 %), a potom slijedi tema vezana za prednosti i nedostatke BIM-a (7 %). Druge važne teme odnosile su se na stečene vještine i osobna iskustva u provedenoj interdisciplinarnoj nastavi (7 %), problemi upravljanja vremenom i pridržavanja roka dovršetka projekta (7 %), te prijedlozi za poboljšanje nastavnog plana i programa i integralnog procesa planiranja



Slika 1. Prikaz tema tijekom rasprave u ciljnim skupinama



(7 %). Osim kvantitativne prezentacije važnosti tema za sudionike rasprave, mjerene u postotku izrečenih mišljenja, daljnjom analizom mogu se dobiti konkretnija mišljenja o temama. Glavne teme odnose se na:

- procese, primjerice, donošenje odluka u timu i praksa integriranog planiranja
- ljude - komunikacija i nesuglasice između članova tima različitih struka
- računalne programe - funkcionalnost i korisnost modeliranja i simulacija.

Osim navedene tri glavne teme (pitanja) o BIM-u, raspravljalo se i o nekim administrativnim temama vezanima za kontekst izobrazbe o BIM-u u interdisciplinarnim sveučilišnim kolegijima, kao npr. pitanje vrijednosti interdisciplinarnog BIM kolegija, jednakost sadržaja kolegija kroz uključene struke, utjecaj na motivaciju studenata, odnos kvalitete projektiranja i dodatno uložene radove, rasprava o vremenskoj provedbi izobrazbe i općenito potrebnom radu na izobrazbi. Makar se teme i rasprave uglavnom nisu razlikovale nakon prve i druge iteracije (godine implementacije kolegija), postoje određene razlike u povratnim informacijama koje će poslužiti za daljnje poboljšanje nastavnog plana nakon druge iteracije (godine izvođenja kolegija).

## 5.1. Procesi

### Donošenje odluka u timu i integrirano projektiranje

Studenti su dobro prihvatili koncept integriranog projektiranja, nesuglasice koje su se pojavljivale u timovima su riješene, a suradnja se između struka napredovanjem izrade projektnog zadatka poboljšala. Zajednički sastanci i odlučivanje povećalo je predanost projektu u timu. Građevinski inženjeri i građevinski fizičari pozitivno su ocijenili integrirani pristup te uvidjeli važnost utjecaja na projekt u najranijoj fazi, te time izbjegavanje problema u fazi ili nakon izvođenja. Radionicu uvedenu u drugoj iteraciji (drujoj godini implementacije kolegija) također su podržali, uviđajući priliku da daju svoj doprinos projektu te boljem razumijevanju koncepta projekta. To je također poboljšalo komunikaciju u timu. Arhitekti u drugoj godini izobrazbe (2. iteraciji) zamijetili su da im je suradnja u početku projekta bila zahtjevnija. Posebno su naglasili da su ulazne informacije za projekt ograničavale njihove mogućnosti odlučivanja o projektiranju od strane ostalih struka. U nekim slučajevima arhitekti su smatrali da su neki prijedlozi i kritike ometali njihov rad, pogotovo kada su tražili promjenu modela.

Sudjelovanje, doprinos radu i komunikacija pokazali su se učinkovitijima u timovima čiji članovi imaju svestrana predznanja (primjerice studenti građevinske fizike sa dobrim predznanjem iz arhitekture). Može se zaključiti da interdisciplinarna izobrazba može pridonijeti boljem razumijevanju srodnih tehničkih područja, a time poboljšati i timski rad u interdisciplinarnim projektima. Iako BIM služi kao podrška integriranom projektiranju, nisu svi timovi primjenjivali integrirani pristup,

već su neki upotrijebili tradicionalan sekvencijalni pristup aktivnostima u planiranju, no nakon završetka projekta nisu bili zadovoljni.

## 5.2. Ljudi

### Koordinacija, komunikacija i nesuglasice

Mnogi problemi u timovima nastaju zbog ljudi, a ne njihove uloge u projektu (ili tehničkom području u kojem djeluju), a događaju se zbog međuovisnosti u projektu te zbog karakternih osobina članova tima. Drugi izvor nesuglasica odnosi se na probleme s razmjenom podataka u računalnim programima (interoperabilnost). U većini slučajeva manjak interoperabilnosti implicira dodatni rad, jer je potrebno napraviti promjene u modelu; ili se promjene ne uzimaju u obzir, što dovodi do suvišnih elemenata u modelu, pa opet treba dodatno raditi na modelu. O promjenama u modelu treba se timski odlučiti, pa tek onda slijedi implementacija od strane osobe zadužene za to. Sudionici u skupinama koje su trebale razmijeniti informacije također su se suočili s nekoliko teškoća. Općenito izvore sukoba nisu svi jednako percipirali. Neki sudionici su dobro obavljali zadatak i uočili jedino probleme s programskim paketima, dok su drugi zaključili da nesuglasice nastaju ne samo zbog osobnih neslaganja već zato što neki ljudi ne ispunjavaju svoje zadatke u zajedničkom projektu tima.

Studenti su sami organizirali komunikacijske kanale na projektu te spontano povećali primjenu društvenih mreža. Asinkronu komunikaciju (primjerice *Facebook* i *Dropbox* za razmjenu dokumenata) primjenjivalo je mnogo timova, posebno sudionici koji su paralelno pohađali i druge kolegije, radili na još nekim projektima i/ili honorarnim poslovima, što je otežavalo mogućnost njihovih susreta. Primjenjivao se *Skype*, mobilni telefoni i elektronička pošta. Postojala je jezična barijera, jer se nastava održavala na engleskom i njemačkom jeziku. Budući da nisu svi studenti iz njemačkog govornog područja, komunikacija i dokumentacija prevedene su na engleski jezik prije početka kolegija u drugoj godini izobrazbe. Članovi projektnog tima su se složili da postoji potreba za voditeljem projektnog tima. Arhitekti su preuzeli organizaciju, koordinaciju rokova, predaje materijala itd., vjerojatno zato što je rad započeo arhitektonskim projektiranjem, pa su oni preuzeli ulogu voditelja projekta. To su također prepoznali i ostali sudionici u projektu.

Prema mišljenju nekih arhitekata, komunikacija se ostvarivala samo u jednom smjeru, tj. kad bi oni nešto iznijeli, nisu u timu dobili nikakvu povratnu informaciju. Drugi sudionici pak su rekli da su povratnu informaciju imali samo od građevinskih inženjera (npr. na dimenzije). Više pitanja "zašto" i detaljnijih ulaznih podataka znatno bi pomoglo, ali nije bilo ostvareno; komunikacija se uglavnom odnosila samo na implikaciju tipa "ovako bi to trebalo napraviti". S druge strane, građevinski inženjeri i građevinski fizičari prigovarali su zašto njihovi prijedlozi nisu uzeti u obzir.

### 5.3. Računalni program

#### BIM

Informatičko znanje i vještine rada u danom računalnom programu od odlučujuće su važnosti, inače se znatan (vremenski) napor ulaže u učenje novih računalnih programa (softvera), što uzrokuje probleme u projektu. Čak i ako se ne poznaju mogućnosti primanja i slanja podataka (BIM funkcije), osnovno poznavanje računalnog programa nužno je, jer u suprotnome stvara dodatni problem. Tijekom formiranja timova u drugoj godini provedbe izobrazbe, sudionici su ispunjavali ulaznu anketu čija je glavna svrha bila procjena vještina rada na računalu. Pokazalo se da stavovi o interoperabilnosti računalnog programa ovise o vještinama rada na računalu članova tima. Organizirani dvodnevni tečaj o konkretnom računalnom programu dobro je prihvaćen, no ujedno i procijenjen kao nedovoljan za učinkovitu primjenu računalnog programa na složenom projektu. Učenje o radu u računalnom programu proces je koji traje nekoliko godina, što nije moguće zamijeniti jednodnevnim ili dvodnevničkim tečajem. Neki, no svakako ne svi, problemi vezani za računalni program mogu se objasniti nedovoljnim poznavanjem računalnog programa ili nepoznavanjem funkcija primanja i slanja informacija.

Općenito se pokazalo da računski programi BIM-a nemaju dostatnu interoperabilnost. Razmjena podataka je često dovela do niza pogrešaka s nejasnim uzrokom. Korisnici su se tada trebali vratiti korak ili nekoliko koraka unatrag i ponoviti slanje podataka. Jedan student je predložio ignoriranje poruka o pogreškama kako bi se proces slanja i primanja proveo do kraja. Također je predloženo da se u nastavi primjenjuju samo provjerene kombinacije računalnih programa, kako bi se smanjilo vrijeme otkrivanja nepoznatih putova u procesima izmjene podataka. U većini slučajeva s navedenim problemima, timovi su se odlučili na novo modeliranje u računalnom programu specifične discipline, što nije u skladu s konceptom BIM-a. Samo su u nekoliko slučajeva članovi tima odlučili da će ustrajati do kraja izrade projektnih zadataka radeći na jednom, zajedničkom, početnom modelu. Sudionici su se složili da interoperabilnost nije na očekivanoj razini kakva bi trebala biti u praksi. Također se pokazalo da softverska industrija ne potiče kompatibilnost računalnih programa, već strategiju razvoja usmjerenu na uspješniju prodaju vlastitih proizvoda. Čini se da BIM ne nudi dovoljno dobru podršku za modeliranje projekata suvremenog arhitektonskog izričaja i kompleksnih geometrijskih formi, te da je trenutačno prikladniji za modeliranje jednostavnije geometrije; odnosno donosi veću korist u kasnijim projektnim fazama (npr. izvedbe).

#### Računalni program za simulaciju

Sudionici su prepoznali koristi povezivanja BIM modela s računalnim alatima za simulaciju. Nedostatak poznavanja računalnog programa (softvera) može utjecati na povjerenje u valjanost rezultata. Prema mišljenju sudionika u ciljanim skupinama, provedena interdisciplinarna izobrazba bila je dobra prilika za kombiniranje i testiranje različitih računalnih programa

za različite svrhe u pojedinom projektu, te za stjecanje iskustva i znanja o mogućim postignućima u timskom radu.

### 5.4. Administrativna pitanja

#### Vrednovanje interdisciplinarne izobrazbe o BIM-u

Članovi timova izjasnili su se da je provedena nastava bila korisna, jer su dobili uvid o tome kako studenti iz drugih tehničkih područja pristupaju njihovim zadacima. Djelomično su detektirane i predrasude o drugim, srodnim strukama. Praksa zahtijeva i pretpostavlja znanje o interdisciplinarnom planiranju, što se u nastavnim planovima jedva i spominje.

#### Jednakost izobrazbe

Vrednovanje interdisciplinarne izobrazbe o BIM-u prema ECTS bodovima trebalo bi biti što uravnoteženije, jer nastavu pohađaju studenti različitih smjerova. Prije svega, ECTS bodovi utječu na uloženi trud studenata tijekom nastave. Vrsta kolegija (obavezni ili izborni) u određenoj mjeri također utječe na prioritete studenata. Neujednačenost može kod studenata izazvati osjećaj nepravde i zavisti, smanjiti učinkovitost i izazvati nesuglasice, ako netko ima drugačiju ulogu u projektu od ostalih sudionika. To je posebno problematično ako je kolegij nekim studentima izborni, a drugima obavezan, što također utječe na motivaciju studenata. Kod izbornih kolegija, ali i obaveznih, ECTS bodovi odražavaju radno opterećenje koje se zahtijeva od studenata radi stjecanja očekivanih rezultata učenja. Točni podaci o ukupnom vremenu koje je potrebno za jedan kolegij (ako ECTS bodovi nisu reprezentativni) omogućit će studentima bolje planiranje vremena i ostalih resursa.

Učenje novog računalnog programa i koordinacija svih potrebnih tehničkih područja dugotrajan je proces, čije se trajanje ne smije podcijeniti. Studenti koji sudjeluju u projektu trebali bi biti na istim godinama studija kako bi mogli jednako pridonijeti razvoju projekta. Uz sve navedeno, prvostupnike i studente na diplomskom studiju ne bi trebalo stavljati zajedno. Kod obje skupine studenata uočen je problem koji nastaje u situacijama kada potencijalni pružatelji i primatelji nisu mogli poslati ili primiti povratnu informaciju. Važno je da se informacije simetrično distribuiraju, jer se može dogoditi da neki članovi tima imaju više informacija od svojih voditelja, što bi im moglo oslabiti poziciju u zajedničkom projektu.

#### Ustupci u vezi s kvalitetom projekta

U usporedbi s tradicionalnom nastavom projektiranja, zahtijevalo se da studenti različitih struka rade zajedno na projektu. Dodatne probleme stvarala je primjena nepoznatog računalnog programa i izazovi razmjene podataka između različitih računskih programa.

Sve je to utjecalo na kvalitetu projekta jer su primjerice neki studenti odabirali jednostavnija projektna rješenja kako bi se izbjegli problemi razmjene podataka između računalnih programa. Takav stav potvrđuje mišljenja da BIM ograničava kreativnost i da je prikladan samo za rješavanje jednostavnijih geometrijskih problema.

Dok problem interoperabilnosti ili nedostatka znanja o BIM-u te funkcionalnostima slanja i primanja podataka vodi k jednostavnijem projektiranju, neki studentski timovi (arhitekti) nisu htjeli na račun lakšeg prijenosa podataka žrtvovati složenost projekta već su izabirali računalne programe koji su podržavali složenost projekata. Arhitekti također naglašavaju da su zbog svoje uloge u ranoj fazi projekta bili izloženi pritisku studenata drugih struka da što prije isporuče ulazne arhitektonske podatke i model, bez obzira na projektnu kvalitetu. Daljnja poboljšanja arhitektonskog modela primljena su s negodovanjem, jer su kod drugih struka izazvala ispravke, promjene i dodatne radove. Pretpostavlja se da je slabija kvaliteta projektiranja posljedica prisutnoga pritiska unutar tima.

### Vremensko izvršenje aktivnosti na kolegiju i radno opterećenje

Za dobru interakciju u interdisciplinarnom kolegiju potrebno je odrediti rokove pojedinih parcijalnih projektnih aktivnosti, jer svaka struka treba kao ulazni podatak imati neki dio rezultata druge struke i druge aktivnosti na projektu. Promjene izvornog modela zahtijevaju dodatni rad i napor uglavnom u svim strukama, uz zajedničku koordinaciju, posebno kad se ulazni podaci ne mogu primiti za sljedeću fazu nego ih treba ponovno modelirati. Tako nastaju ispravci koji zahtijevaju daljnje ispravke, tvoreći kružne petlje u procedurama koje troše vrijeme i ostale resurse, što je vrlo nepovoljno za projekt.

U prvoj fazi projekta, arhitekti su bili izloženi najvećem pritisku, jer njihovo modeliranje prethodi ostalim dijelovima rješenja projektnog zadatka. Detaljne informacije i podaci primarnog modela moraju se uskladiti kako bi ih stručnjaci svih uključenih struka mogli prosljediti s točnim simulacijama i proračunima projekta u svojim domenama. Unatoč svemu, svi se sudionici slažu da je angažiranost svih struka u ranoj fazi projekta važna. Suradnja studenata međusobno (npr. građevinari i arhitekti) olakšava komunikaciju i razumijevanje projekta među sudionicima te olakšava prijenos informacija među stručnjacima različitih struka. Zajednička suradnja različitih struka trebala bi biti prisutna od samog početka projekta, kao što je to bio slučaj tijekom radionice u početku druge godine izvođenja kolegija Interdisciplinarni prijenos modela. U kasnijim fazama projekta radno je opterećenje arhitekata manje (odnosi se na manje adaptacije u koje su uključene i druge struke), a glavni dio posla obavljaju građevinski inženjeri i stručnjaci za građevinsku fiziku. Radno opterećenje arhitekata na početku projekta bilo je vrlo stresno, zbog pritiska ostalih sudionika u projektu. Građevinski i ostali inženjeri bili su pod stresom i u kasnijim fazama projekta.

### Utjecaj promjena u nastavnom programu

Uočena je polarizacija zadovoljstva arhitekata s procesima i integriranim planiranjem u drugoj godini izvođenja izobrazbe, u usporedbi s prvotnim izvođenjem, usprkos uvođenju radionice na početku izvođenja kolegija. Povratne informacije studenata ostalih struka, primjerice građevinskih inženjera, bile su pozitivne, jer su bili uključeni u projekt od samog početka, dok povratne informacije o zadovoljstvu arhitekata nisu bile konzistentne.

Neki arhitekti su prepoznali zalaganje kolega drugih struka, dok su se drugi žalili zbog njihovih zahtjeva i prijedloga koji su ograničavali njihovu kreativnost u nalaženju arhitektonskih rješenja, naglašavajući da su im procjene i simulacije kolega stvarale dodatan pritisak. Uz navedeno, mogućnost izbora računalnog programa nije utjecalo na izobrazbu niti na rasprave o iskustvu pohađanja nastave. Sudionici su naveli da su im vještine rada na računalu bile glavni prioritet u izboru članova tima, jer je tijekom samo jednog semestra zahtjevno naučiti novi računalni program za modeliranje. Slobodan izbor računalnog programa nije pozitivno utjecao na procjenu korisnosti ili interoperabilnosti računalnog programa.

Kao što se očekivalo, smanjeni opseg radnih zadataka utjecao je na smanjenje prigovora na radno opterećenje te na smanjenje problema vezanih za prijenos modela i informacija, premda se prigovori nisu mogli posve ukloniti.

## 6. Zaključak

Nakon završetka prve godine izvođenja izobrazbe, pokazalo se da uvođenje BIM-a nije dovoljna za primjenu integriranog projektiranja. Neki studentski timovi su BIM alate primjenjivali projektirajući na tradicionalni način rada, počevši od arhitektonskog projektiranja, preko modeliranja konstrukcije i završno izrade fizike zgrade, primjenjujući reaktivan umjesto mogući proaktivni pristup. Suradnja među članovima takvih timova funkcionirala je samo u zadnjoj fazi rješavanja projektnog zadatka, prije konačne prezentacije, koja je zahtijevala prikaz cjelokupno izrađenog modela projekta. Ta je situacija poboljšana tijekom izobrazbe u drugoj godini, uvođenjem početnog sastanka prije rada na projektnom zadatku (eng. *kick off meeting*), što je potaknulo timski rad i omogućilo uspostavu timskog ozračja i osjećaja zajedništva na projektu. Razjasnili su se glavni problemi manjkave interoperabilnosti računalnih programa, koja je bila uzrokom brojnih problema i nesuglasica na međuljudskoj razini. Nakon početnog pilot projekta (semestra), razvio se bolje strukturirani proces projektiranja za drugu iteraciju (godinu izvođenja kolegija). Izmjenjivale su se faze integralnog i sekvencijskog, tradicionalnog projektiranja. Početna radionica (eng. *kick off workshop*) organizirana je da bi se izgradio i formirao tim te da timovi odaberu računalni program s kojim će raditi. Kombinacije računalnih programa pažljivo su odabrane, sukladno kompatibilnosti i interoperabilnosti koja se ustanovila u zaključcima iz rasprava nakon prve godine izvođenja izobrazbe. Time su se nesuglasice u timovima, koje nastaju zbog problema s radom različitih računalnih programa, svele na najmanju moguću mjeru. Tijekom rasprave u svakoj ciljanoj skupini otkrivene su prednosti, ali i neki nedostaci suradnje članova, dok interoperabilnost računalnih programa nije bila glavna tema. Studenti su izabrali timove na osnovi preferencije softvera (računalnog programa), a ne zbog osobnih ili nekih drugih profesionalnih preferencija. Kao što je prikazano u prethodnom poglavlju, povratne informacije sudionika u ciljanim skupinama sadrže mnogo podataka o



interdisciplinarnoj izobrazbi u vezi sa BIM-om. Teme su bile:

- integrirani procesi planiranja
- koordinacija i međuljudski odnosi
- funkcionalnost i interoperabilnost računalnog programa
- administrativna pitanja u vezi s planom i programom interdisciplinarnih izobrazbe.

Općenito se može zaključiti da su se studenti prilikom pohađanja nastave o primjeni BIM-a uglavnom usredotočili na učenje ili testiranje novih funkcionalnosti (prijenos podataka i razmjena podataka među raznim računalnim programima). Daljnji izazov za sudionike bila je interdisciplinarna suradnja, što je također dio procesa izobrazbe. S tim novim izazovom, studenti se nisu mogli primjereno suočiti te iskoristiti mogućnosti poboljšanja projektiranih rješenja, što je rezultiralo smanjenjem kvalitete projektiranja u obje implementacije kolegija. Time je naglašena potreba za kompromisom između novih izazova i zadataka te kvalitetne izrade novih rješenja projektnih zadataka (BIM i interdisciplinarna suradnja), ako se oba aspekta moraju primijeniti istodobno. O nekim temama sudionici su imali različite stavove. Razlike u stavovima se nisu pojavile samo kod studenata različitih struka nego i između studenata i predavača. Primjerice, predavači su uočili smanjenu (inferiornu) kvalitetu konačnih modela projekta, a studenti su percipirali izvršenje zadatka kao dobro. Uzimajući u obzir sve prepreke koje su rješavali u hodu te suradnju sa studentima ostalih struka uključenih u projekt, za njih je ostvareni rezultat bio zadovoljavajući.

Vremenski pritisak i stres posebno je uočljiv u kasnijim fazama planiranja, kad se približava rok predaje radnih paketa, tj. dijelova projekta i isporuka predavačima. Interoperabilnost je još uvijek jedan od glavnih problema. Pozitivnih iskustava ima više nego negativnih, posebno za arhitekta i građevinske inženjere, kojima je razmjena podataka i suradnja sa studentima drugih disciplina bila interesantna i inspirativna. Neki arhitekti su priznali da su bili izloženi pritisku zbog interdisciplinarnih suradnje i ograničene kreativnosti.

Profesionalno iskustvo članova tima i predznanje o srodnoj struci (primjerice kod studenata građevinske fizike koji su bili prvostupnici arhitekture) pridonosilo je boljoj komunikaciji u timu, jer su bili upoznati sa zahtjevima i zadacima rada drugih struka. Utvrđivanje pravila za modeliranje i koordinaciju u ranoj fazi razrade projekta rezultira boljom učinkovitosti tima. U većini timova arhitekti su preuzeli zaduženja za upravljanje i koordinaciju projekata, djelomice zbog činjenice da su nakon dovršavanja arhitektonskog modela imali manje uloge u projektu, a stoga i slobodnih kapaciteta za te aktivnosti. Različita motiviranost i poticaji mogu biti razlog za nesuglasice, poput različitog broja ECTS bodova za pojedinačno tehničko područje (problem različitog vrednovanja doprinosa prisutan je i u praksi planiranja). Zbog intenzivne suradnje na zajedničkom projektu, dinamika u timovima ima važnu ulogu u projektiranju primjenom BIM alata. Navedena razmatranja zajedno s rezultatima ovog istraživanja tvore bazu za budući nastavni program izobrazbe o primjeni BIM-a, uzimajući u obzir sljedeće:

- *Treba definirati čvrst vremenski okvir i raspored predaje zadataka.* Naime, kasnije faze planiranja projekta premašuju zadane rokove često zbog produžene faze arhitektonskog projektiranja. To stvara stres i negativno ozračje u timu te dovodi u pitanje kvalitetu cijelog projekta, jer uzrokuje nedostatak vremena za razmatranje i uvrštavanje poboljšanja u projekt. Arhitektonsko planiranje zahtjeva vrijeme, te bi se zbog toga njegovoj izradi trebalo pristupiti u projektom istraživanju prije izvođenja izobrazbe, ili alternativno izobrazbu o BIM-u organizirati kao dvosemestralni kolegij/predmet. S obzirom na to da za razvoj arhitektonskog početnog modela treba odvojiti dosta vremena, naročito pri integriranom arhitektonskom projektiranju, potrebno je to vrijeme omogućiti jer se time povećava kvaliteta projekta, koja u ovom eksperimentalnom istraživanju nije bila zadovoljavajuća.
- *Treba primjenjivati provjerene kombinacije računalnih programa* - izbor provjerenih interoperabilnih kombinacija računalnih programa za rad timova. Dodatni zadaci poput koordinacije tima, utvrđivanja konvencija modeliranja, oduzimaju puno vremena - već su poznati elementi BIM planskih procesa. No problemi s primanjem i slanjem podataka te potreba za popravkom i adaptacijom modela radi suboptimalne interoperabilnosti računalnih programa, stvaraju frustraciju, naročito kad sudionici na kraju nauče da kombinacije računalnih programa u kojima rade jednostavno nisu kompatibilne, iako distributeri i programeri računalnih programa tvrde da on podržava industrijske standarde (IFC).
- *Treba postaviti jasna pravila i odgovornosti.* Iako postoje razlike između timova, pa nije moguće uspostaviti jedinstveni idealni skup pravila za modeliranje i raspodjelu zadataka, sudionike bi trebalo potaknuti da odrede pravila u timu i odgovornost svakog člana. Takvo postupanje prije početka rada na zajedničkom projektu ima izuzetno značenje jer može spriječiti nesuglasice i neučinkovitost u radu.
- *Treba osigurati iste zahtjeve ali i nagrade.* Da bi se osigurala motiviranost studenata, važno je uravnotežiti pozitivne poticaje za njihov rad. Primjerice studenti trebaju ostvariti isti broj ECTS bodova, jer se u suprotnome može dogoditi da odbiju dodijeljene im radne zadatke te tako dovedu u pitanje učinkovitost cijelog tima. Stvarno radno opterećenje tijekom izobrazbe o primjeni BIM-a treba biti prepoznatljivo. Studenti su voljni uložiti vrijeme da bi poznali novi pristup planiranju, međutim za to su im potrebne jasne informacije kako bi mogli isplanirati svoje vrijeme, obveze i odgovornosti tijekom trajanja semestra.

Zbog različitog nastavnog plana i programa na različitim fakultetima Sveučilišta, provedba je interdisciplinarnih izobrazbi o BIM-u upitna bez potpore uprave Sveučilišta i dekana različitih fakulteta. Inovacije u izobrazbi o BIM-u prijeko su potrebne za napredak obrazovanja i prakse u planiranju

[26, 27]. Isti princip vrijedi i za praksu - interdisciplinarna suradnja zahtijeva više komunikacije i koordinacije. Stoga je za učinkovitu primjenu BIM-a potrebna podrška na korporativnoj i projektno-organizacijskoj razini kako bi se osigurali resursi i prihvatio novi način rada. Ukratko, BIM ima značajne mogućnosti za promicanje i podršku integriranog projektiranja, analize i optimizacije projekta. Da bi se ostvario njegov puni potencijal, nužno je prilikom oblikovanja nastavnog programa uzeti u obzir potrebne vještine, intenzivniju komunikaciju i koordinaciju tima.

## LITERATURA

- [1] Williams, T.M.: The need for new paradigms for complex projects, *Journal of Project Management*, 17, (5), pp. 269-273, 1999., [http://dx.doi.org/10.1016/S0263-7863\(98\)00047-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0263-7863(98)00047-7)
- [2] Hartmann, T., Fischer, M., Haymaker, J.: Implementing information systems with project teams using ethnographic-action research, *Advanced Engineering Informatics*, 23, pp. 57-67, 2009., <http://dx.doi.org/10.1016/j.aei.2008.06.006>
- [3] Prins, M., Owen, R.: Integrated Design and Delivery Solutions, *Architectural Engineering and Design Management*, 6, pp. 227-231, 2010., <http://dx.doi.org/10.3763/aedm.2010.IDDSO>
- [4] Gilligan, B., Kunz, J.: VDC Use in 2007: Significant value, dramatic growth, and apparent business opportunity, Research report #TR171, Center for Integrated Facility Engineering, 2007.
- [5] Bazjanac, V., Kiviniemi, A.: Reduction, simplification, translation and interpretation in the exchange of model data, *CIB W*, 78, pp. 163-168, 2007.
- [6] Azhar, S., Carlton, W. A., Olsen, D., Ahmad, I.: Building information modeling for sustainable design and LEED® rating analysis, *Automation in Construction*, 20, pp. 217-224, 2011., <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2010.09.019>
- [7] Jung, Y., Joo, M.: Building information modelling (BIM) framework for practical implementation, *Automation in Construction*, 20, pp. 126-133, 2011., <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2010.09.010>
- [8] Sebastian, R., van Berlo, L.: Tool for Benchmarking BIM Performance of Design, Engineering and Construction Firms in The Netherlands, *Architectural Engineering and Design Management*, 6, pp. 254-263, 2010., <http://dx.doi.org/10.3763/aedm.2010.IDDS3>
- [9] Barlish, K., Sullivan, K.: How to measure the benefits of BIM - A case study approach, *Automation in Construction*, 24, pp. 149-159, 2012., <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2012.02.008>
- [10] Bernstein, H.M. (ed.): McGraw-Hill Construction: The Business Value of BIM in Europe, Smart Market Report, McGraw-Hill, 2010.
- [11] Geissler, S., Leitner, K., Schuster, G.: Industriell produzierte Wohnbauten - Untersuchung der Entwicklungspotentiale für industriell produzierte Wohnbauten. Recherche internationaler Fertigungsentwicklungen und Untersuchung möglicher Umsetzungsstrategien für die österreichische Wohnbauwirtschaft, Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie "Haus der Zukunft", pp. 1-79, 2005.
- [12] Gu, N., London, K.: Understanding and facilitating BIM adoption in the AEC industry, *Automation in Construction*, 19, pp. 988-999, 2010., <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2010.09.002>
- [13] Succar, B.: Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders, *Automation in Construction*, 18, pp. 357-375, 2009., <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003>
- [14] Jung, Y., Gibson G.E.: Planning for Computer Integrated Construction, *Journal of Computing in Civil Engineering*, 13 (4), pp.17-225, 1999., [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)0887-3801\(1999\)13:4\(217\)](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)0887-3801(1999)13:4(217))
- [15] Moun, A.: Design team stories - Exploring interdisciplinary use of 3D object models in practice, *Automation in Construction*, 19, pp. 554-569, 2010., <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2009.11.007>
- [16] Poerschke, U., Holland, R.J., Messner, J.I., Pihlak, M.: BIM collaboration across six disciplines, *Proceedings of the International Conference on Computing in Civil and Building Engineering*, Nottingham, pp. 575-671, 2010.
- [17] Plume, J., Mitchell, J.: Collaborative design using a shared IFC building model - Learning from experience, *Automation in Construction*, 16, pp. 28-36, 2007., <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2005.10.003>
- [18] Kovacic, I., Oberwinter, L., Müller, C., Achammer, C.: The "BIM-sustain" experiment - simulation of BIM-supported multi-disciplinary design, *Visualization in Engineering*, 1, pp. 1-12, 2013., <http://dx.doi.org/10.1186/2213-7459-1-13>
- [19] Dossick, C., Anderson, A., Iorio, J., Neff, G., Taylor, J.: Messy talk and mutual discovery: Exploring the necessary conditions for synthesis in virtual teams, *Proceedings of the Engineering Project Organizations Conference*, Rheden, 2012.
- [20] Peterson, F., Hartmann, T., Fruchter, R., Fischer, M.: Teaching construction project management with BIM support: Experience and lessons learned, *Automation in Construction*, 20, pp. 115-125, 2011., <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2010.09.009>
- [21] Tsai, M.H., Wu, C.H., Md, A.M., Fan, S.L., Kang, S.C., Hsieh, S.H.: Experiences using building information modeling for a construction project, *Proceedings of the International Conference on Computing in Civil and Building Engineering*, Nottingham, pp. 183-189, 2010.
- [22] Krueger, R.A., Casey, M.A.: Focus groups. A practical guide for applied research, Sage, 2009.
- [23] Mayring, P.: Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken, 9th edition, Deutscher Studien Verlag, 2009., [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-8349-9441-7\\_2](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-8349-9441-7_2)
- [24] Schreier, M.: Qualitative content analysis in practice, Sage, London, 2012.
- [25] Srnka, K.J., Koeszegi, S.T.: From words to numbers: How to transform qualitative data into meaningful quantitative results, *Schmalenbach Business Review*, 59, pp.29-57, 2007.
- [26] Becerik-Gerber, B., Gerbe, D.J., Ku, K.: The pace of technological innovation in architecture, engineering, and construction education: Integrating recent trends into the curricula, *ITcon*, 16, pp. 411-432, 2011.
- [27] Hyatt, B.A.: A case study in integrating lean, green, BIM into an undergraduate construction management scheduling course, *Proceedings of the 47th ASC Annual International Conference*, Omaha, 2011.