

# INTEGRIRANO TIMSKO DELO ZA CELOSTNO ZASNOVO STAVB

## INTEGRATED TEAMWORK FOR THE WHOLE-BUILDING DESIGN

**Matic Ožbolt, univ. dipl. inž. grad.**

SPINA Novo mesto, d. o. o., Resslerova 7 a, 8000 Novo mesto

**dr. Tomo Cerovšek, univ. dipl. inž. grad.**

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo,  
IKPIR, KGI, Jamova 2, 1000 Ljubljana

**Strokovni članek**

UDK: 624:65.012.2:69

**Povzetek** | Integriran pristop k celostni zasnovi gradbenih objektov se po svetu uveljavlja kot odgovor na vse ostrejšše zahteve za gradbene objekte, ki jih narekujejo obsežni standardi, zahtevni uporabniki, svetovna finančna in energijska kriza ter zavedanje o potrebi po trajnostni gradnji. Pri tem se izpostavlja odločilna vloga integriranih interdisciplinarnih projektnih skupin, v katerih strokovnjaki različnih strok sodelujejo že v uvodnih fazah projekta. Pri integriranem pristopu za celostno zasnovano gradbenih objektov se izdelajo rešitve, ki omogočajo lažjo in cenejšo izvedbo ter vzdrževanje objektov, pri tem pa so zagotovljeni vsi bistveni kriteriji ob manjših vplivih na okolje ter večji kakovosti bivanja in zadovoljstvu uporabnikov. V okviru integrirane projektne skupine lahko poleg tega strokovnjaki tudi bolje udeležijo svoje osebne in strokovne potenciale v dobro vseh udeleženi v gradbenih projektih. V prispevku podrobneje obravnavamo integrirano timsko delo za celostno zasnovano gradbenih objektov z bistvenimi komponentami: organizacija strokovnih vlog, glavne faze zasnove ter rezultate integriranega načrtovanja. V tem kontekstu so na praktičnem primeru opisani tudi principi trajnostne gradnje, ki sodi med ključne smernice razvoja načrtovanja in gradnje objektov. V drugem delu prispevka je tako prikazan program projektno zasnovanega učenja za integrirano timsko delo PBL, Univerze v Stanfordu, pri katerem že 11 let sodelujemo na UL FGG IKPIR. Bistvo programa je, da študenti sodelujejo v mednarodnih integriranih projektnih delovnih skupinah arhitektov, konstruktorjev, strojnikov in tehnologov menedžerjev, ki izdelajo projekte na osnovi principov celostne zasnove. Kot študijo primera predstavljamo projekt, ki je zmagal na natečaju za najboljši projekt trajnostne gradnje, ki sta ga v letu 2008 za študente razpisala Univerza Stanford in podjetje Swinerton, ki sodi med vodilna podjetja za trajnostno gradnjo v Kaliforniji in ZDA.

**Summary** | Integrated design practice for the whole building design is an approach that emerged as a response to the increasingly demanding requirements for buildings, which must comply with voluminous standards, client needs, and global financial and energy crises. In this approach, a decisive role is attributed to the integrated project delivery in which project stakeholders of different professions start to participate very early in the building design process. The approach results in design solutions that are: better in terms of constructability, design and construction time, budget, and life-cycle costs. At the same time the impact on the environment is minimized and the building end-users comfort is maximized to the optimal level. The practitioners that participate in the integrated practices are being able to make the most of their potentials, competencies and to contribute to a common good of all project stakeholders. In this paper an overview of the integrated design for the whole-building design is presented with the following main components: team organization, processes and outcomes. Additionally, the paper details basic principles of sustainable design as one of the most challenging issues for the future of design in building projects. In the last part of the paper we give an overview of project based learning course – Stanford PBL that educates

future professionals for integrated practices. The University of Ljubljana have been participating in PBL with its students for the last 11 years. We also present an awarded project that won »Swinerton sustainable design challenge« organized in 2008 by Stanford University and Swinerton builders, one of the leading experts for sustainable construction in US.

## 1 • UVOD

### 1.1 Problematika celovitega načrtovanja stavb

Načrtovanje (projektiranje) je v enaki meri reševanje danih problemov, kot je ustvarjanje novih problemov ((Lawson, 1997), (Cerovšek, 2010)). Investitor s svojimi zahtevami najprej definira začetni načrtovalski problem, ki se med načrtovanjem interpretira v načrtovalsko rešitev. Za gradbeništvo je značilno, da rešitve ene stroke ustvarjajo načrtovalske probleme za drugo stroko in obratno. Na primer *arhitekturna rešitev ustvari problem za konstruktorja, konstrukcijska rešitev lahko znova predstavlja načrtovalski problem za arhitekta in druge itd.* V prispevku obravnavamo *konvergenco načrtovalskega procesa* celostnega pristopa k načrtovanju, ki sloni na integriranem pristopu deležnikov gradbenega projekta, ki mora zadovoljiti zahtevam trajnostne gradnje.

V splošnem lahko razumemo načrtovanje kot proces, ki se konča z rešitvijo, ki je ni mogoče (ali je ne želimo) več spreminjati zaradi finančnih, časovnih, fizičnih in drugih kriterijev, ki jim je načrtovalec zadostil. Pri tem si želimo, da so načrtovalske rešitve takšne, da grajeni objekt ugodno vpliva na bivanje človeka, na porabo finančnih in materialnih virov skozi celoten življenjski cikel stavbe ter da projekt ne povzroča trajnih posledic na okolje oziroma da so ti vplivi kar se da majhni, rešitve pa optimalne. Za konvergenco načrtovanja sta bistvena:

- *proces graditve* in
- *trajnostna gradnja*.

*Proces graditve* pri celostni zasnovi obravnavamo glede na tri glavne faze gradbenega projekta:

- pred gradnjo,

- med gradnjo in
- po gradnji.

*Trajnostno gradnjo* lahko opredelimo na osnovi definicije trajnostnega razvoja Združenih narodov iz leta 1980: »Trajnostni razvoj je razvoj, ki zadovoljuje sedanje potrebe, brez da bi onemogočili zadovoljevanje potreb prihodnjih generacij.« Če to definicijo prenesemo v gradbeništvo, lahko zapišemo: »*Trajnostna gradnja zadovoljuje sedanje potrebe po gradbenih objektih brez trajnih posledic na okolje*«.

### 1.2 Vloga integriranega pristopa v načrtovanju

Načrtovanje gradbenih objektov obsega raznoliko in široko področje arhitekturnih, inženirskih in tehničnih storitev. Pri načrtovanju objektov sodeluje veliko strokovnjakov, ki poskušajo priti do načrtovalskih rešitev, ki bodo ustrezale funkcionalnim, oblikovnim in tehničnim zahtevam. Udeleženci tako prihajajo iz različnih strokovnih področij in imajo različne strokovne poglede na načrtovalske probleme, kar pogosto vodi do nasprotujočih ciljev. Pri strokovnem delu je pomembno, da se stroke ne izključujejo. Nasprotujoči cilji onemogočajo usklajeno reševanje načrtovalskih problemov, saj rešitve ene stroke ustvarjajo nove probleme za (ali pa onemogočajo obstoječe rešitve) druge stroke. Z drugimi besedami: *načrtovalska konvergenca je izredno nizka*.

Težave se torej pojavijo pri usklajevanju rešitev. Nasprotujoča strokovna mnenja lahko pripeljejo tudi do slabših odnosov in nezadostne interdisciplinarne komunikacije projektne delovne skupine. Posledica slabega delovanja projektne delovne skupine se odraža na *projektu*

*kot celoti*. Rešitve postanejo neuskklajene do te mere, da so lahko posledice celo katastrofalne ali pa negativno vplivajo na kakovost bivanja in učinkovitost objektov.

V prispevku obravnavamo možno rešitev predstavljenega problema s pomočjo celostne zasnove stavb, ki predvideva skupen, integriran pristop različnih strok k zasnovi objektov. Integriran pristop omogoča, da bo več ciljev zasnove obravnavano z ustrežno težo. Na ta način lahko dosežemo, da so objekti obravnavani celovito in ne kot skupek posameznih delov. Rešitve tako postanejo bolj uravnotežene in optimalne glede na razpoložljive vire. Gradbeni objekti, ki so načrtovani na ta način, najbolje služijo svojemu namenu: to je *uporabnikom*.

### 1.3 Hipoteza

Trdimo, da je *konvergenca načrtovalskega procesa* s pomočjo *integriranega pristopa* k celostni zasnovi hitrejša, projekti so uspešnejši, tudi v smislu zadovoljevanja potreb uporabnikov in trajnostne gradnje. Z uporabo integriranega pristopa je mogoče izdelati boljše rešitve, nov način dela pa zahteva nova znanja in organizacijo.

### 1.4 Struktura prispevka

Naslednja tri poglavja imajo enako, tridelno, strukturo: (1) organizacija, (2) proces in (3) rezultati. V poglavju 2 predstavljamo celostno zasnovo, v poglavju 3 integrirano timsko delo in v poglavju 4 študijo primera integriranega timskega dela za celostno zasnovo, ki poteka kot del študijskega programa PBL na Univerzi v Stanfordu, pri katerem sodeluje tudi Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani.

V sklepnem delu prispevka analiziramo obstoječe stanje, prednosti integriranega pristopa in celostne zasnove ter podajamo pregled pogojev za uvajanje prikazanega pristopa.

problemov, s katerim je mogoče zasnovati visokoučinkovite stavbe. Tako načrtovanje stavb ustreza naslednjim kriterijem:

- *Estetska vrednost objekta* zahteva obravnavo notranjosti in zunanosti objekta in vidnih sistemov stavbe v smislu estetske

## 2 • CELOSTNA ZASNOVA

### 2.1 Organizacija in definicija celostne zasnove

Slovar slovenskega knjižnega jezika definira zasnovano kot »*narediti, izdelati osnovni, temeljni*

*načrt za kaj, osnutek česa*«. Celostna zasnovo gradbenih objektov je pristop k zasnovi objektov oziroma način reševanja načrtovalskih

vrednosti, pojavnosti, umestitve objekta v prostorski in socialni kontekst.

- **Stroškovna uspešnost projekta** je mera za smotno porabo sredstev skozi celoten življenjski cikel gradbenega objekta (pred gradnjo, med gradnjo in po gradnji).
- **Varnost in zanesljivost** opredeljuje dva bistvena kriterija: osebno varnost in varnost pred poškodbami (zanesljivost objekta).
- **Dostopnost** mora omogočiti enakovredno uporabo objekta vsem uporabnikom, pri tem je treba odstraniti vse arhitekturne ovire, ki preprečujejo cirkulacijo zunaj in znotraj objekta. Zagotoviti je treba fleksibilnost prostora in možnost sprememb v celotnem življenjskem ciklu objekta.
- **Funkcionalnost** zagotavlja ustrezno osnovno namembnost objekta z možnostjo spremembe namembnosti. Tehnološki napredek, demografske spremembe in zahteve po inovativnosti spreminjajo delovno okolje in način dela, čemur se mora gradbeni objekt prilagajati.
- **Produktivnost in udobje** uporabnikov vključuje zagotavljanje zdravja in dobrega počutja, ki bistveno prispevajo k občutju ugodja uporabnika in s tem tudi posredno k njegovi večji učinkovitosti.
- **Varovanje kulturne dediščine** zagotavlja ustrezne ukrepe, ki so potrebni za ohranjanje kulturne dediščine, na katero vplivajo naši posegi v grajenem okolju.
- **Trajnostna gradnja** zmanjšuje posledice človekovega delovanja na okolje in odgovarja na čedalje večje povpraševanje po objektih, ki imajo minimalen vpliv na okolje. S celotno zasnovo je namreč moč priti do rešitev, ki bodo v večji meri udeležale principe trajnostne gradnje.

Pri celostnem pristopu rešujemo probleme z integriranim procesom, ki ga tvorita dve glavni komponenti (WBDG, 2008):

- **Integrirane zahteve.** Vsak član projektne skupine mora v začetni fazi projekta natančno raziskati projektne zahteve in jih jasno predstaviti drugim članom projektne delovne skupine. Zahteve vseh projektantov morajo biti nato usklajene v skupnih projektih ciljih, ki uspešno povežejo vse projektne zahteve v obliki kriterijev. Bistveno je, da se cilji skozi proces zasnove dosledno upoštevajo ter da se kriteriji uspeha projekta ne spreminjajo. Vsak izmed projektantov natančno ve, kje se njegovo področje prekriva z drugimi, zato poskuša priti do rešitev s skupnimi močmi.
- **Integriran timski proces.** Celotna zasnova v praksi zahteva tudi integriran timski

proces, v katerem deležniki gradbenega projekta sodelujejo skozi vse faze projekta ter skupaj stremijo k uresničitvi skupaj zastavljenih ciljev: nižji stroški, kakovost bivanja, učinkovitosti objekta, vpliva objekta na okolje, produktivnosti, kreativnosti ter udobja uporabnikov stavbe. Integriran timski proces poteka kontinuirano od začetnega posveta strokovnjakov, postavitve zahtev skozi izdelavo projekta, gradnjo do obratovanja.

## 2.2 Proces celostne zasnove

Zasnova objekta je pri dobro definirani projektne nalogi odvisna od vrste objekta, udeležencev, finančnih virov in časa.

### Angažiranje udeležencev v celostni zasnovi.

Celotna zasnova zahteva, da ključni deležniki projekta sodelujejo pri razvoju projekta že v zgodnjih fazah. Razloge za tak način dobro ponazarja krivulja Macleamy-Tibbett (slika 1), ki ilustrira možnost vplivanja na spremembe in stroške sprememb v odvisnosti od faz projekta. Zgodnja vključitev deležnikov v projekt omogoča večji vpliv na spremembe projekta, ko so stroški sprememb majhni.

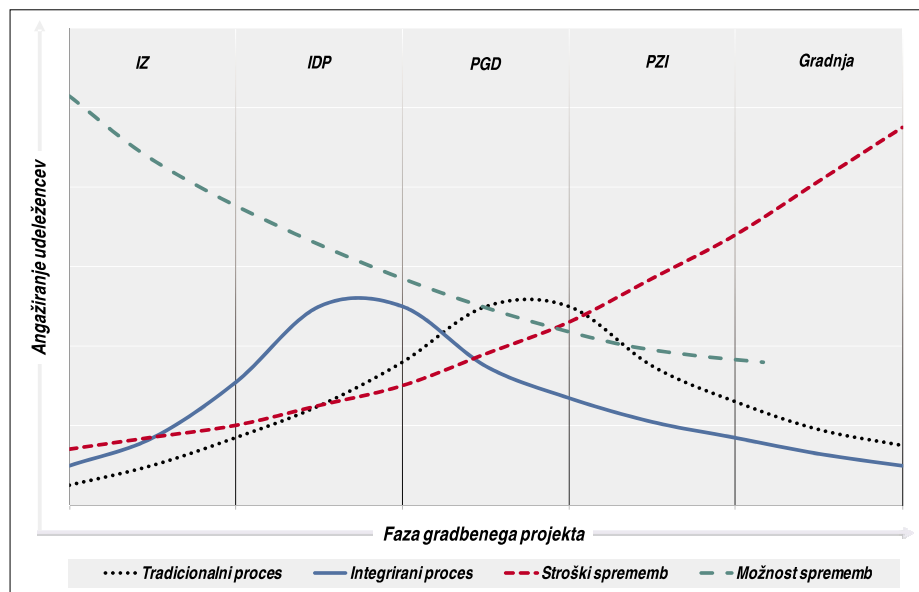
**Krivulji sprememb.** Zelena črtkana črta prikazuje *krivuljo možnih sprememb*, rdeča črtkana črta pa *krivuljo stroškov sprememb* načrtovalskih rešitev v odvisnosti od faze projekta. Možnosti za spremembe načrtovalskih rešitev se manjšajo s potekom projekta. Številne spremembe so sicer možne v poznejših fazah, vendar zahtevajo veliko količino dodatnega dela in s tem dodatnih stroškov. Na koncu

prekinjena krivulja možnosti sprememb ilustrira dejstvo, da nekaterih rezultatov projekta po določeni fazi ni moč več spreminjati ali pa so stroški sprememb preprosto previsoki. Načrtovalske rešitve, ki so sprejete s širšim strokovnim soglasjem, je lažje usklajevati in izvesti te spremembe.

**Krivulji angažiranja.** V današnji ustaljeni praksi se ključni deležniki angažirajo prepozno (tradicionalni proces – črna pikčasta črta). V kolikor že v uvodnih fazah projekta sodelujejo ključni deležniki projekta (integriran proces – polna modra črta), lahko ti vplivajo na ključne odločitve (povezane s spremembami na projektu) ob razmeroma majhnih stroških. S premikom krivulje angažiranja v levo bi bilo mogoče bistveno zmanjšati stroške sprememb, predvsem pa bolje zadovoljiti potrebe uporabnikov gradbenega objekta.

Celotna zasnova prinaša v načrtovanje spremenjeno dinamiko načrtovalskega procesa. Podajamo opis po obstoječih fazah projekta na osnovi priporočil Ameriškega združenja arhitektov (AIA) in inženirjev (ASCE) (AIA, 2007):

**Idejna zasnova (IDZ) – od zahtev do ciljev zasnove.** V začetku integriranega procesa je treba vzpostaviti skupne cilje in smernice razvoja projekta. V tej fazi je treba natančno preučiti lokacijo objekta ter fleksibilnost zahtev investitorja. Danosti lokacije in njene posebnosti so podlaga podrobnim projektним zahtevam, ki morajo omogočiti preveritev možnosti in omejitev. Na tem mestu je



Slika 1 • Macleamy-Tibbettova krivulja: angažiranje udeležencev v gradbenem projektu v fazah projekta; cilj integriranega timskega dela za celotno zasnovo je pravočasno angažiranje deležnikov v zgodnjih fazah projekta

treba natančneje določiti tudi cilje trajnostne gradnje, ki pokrivajo obsežno področje ekonomskih, ekoloških in socialnih kriterijev, ki določajo mero za uspeh projekta.

**Idejni projekt (IDP)** – *od ciljev do koncepta*. Delo temelji na podlagi vizije, ki je bila izdelana v prejšnji fazi. Pri tem je treba izpostaviti pomen intenzivnega raziskovanja, iskanja inovativnih idej, novih tehnologij, ki vodijo do optimalnejših rešitev. V okviru tega dela lahko strokovnjaki natančno analizirajo danosti in pasti lokacije objekta, poiščejo optimalne rešitve za umestitev objekta v okolje in odkrivajo povezave med strokami ter identificirajo morebitne dodatne zahteve strok. Območje raziskovanja ostaja široko, cilji in naloge pa morajo biti natančneje opredeljeni. Razviti je treba alternativne rešitve, ki odražajo znanja celotne projektne delovne skupine. Z analizo različic alternativ se izbere najboljši koncept glede na kriterije.

**Projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja (PGD)** – *od koncepta do sistemov stavbe*. V tej fazi je treba dokončati in ovrednotiti izdelane alternative, ki po podrobni analizi pripeljejo do izbire koncepta ter ne nazadnje odobritve izbranega koncepta s strani investitorja. Ocenijo se vsi relevantni kriteriji: arhitekturni, gradbeni, strojni in elektro sistemi, ter njihovo pričakovano obnašanje in vpliv. Pri tem je treba ugotoviti, v kolikšni meri dane rešitve zadovoljijo postavljene cilje in naloge. Na podlagi izbranih rešitev se izdelata PGD.

**Projekt za izvedbo (PZI)** – *od sistemov do komponent*. Projektno dokumentacijo za izvedbo pripravimo na podlagi PGD ter končnih izračunov ter na podlagi podrobnejšega opisa projekta. Za uspešen projekt se mora integracija, ki je bila vzpostavljena v prejšnjih fazah, ohraniti kljub vse večjim pritiskom zaradi iztekajočih se rokov. Treba je organizirati sestanke, ki omogočijo vključenost vseh deležnikov in potrebno diskusijo o morebitnih spremembah na projektu ter njihovi skladnosti z izvornimi načrtovalskimi rešitvami in nedokumentiranimi idejami.

**Razpisna dokumentacija (PZR), gradnja in kontrola gradnje** – *od zasnove do fizične realnosti*. Glavni deli zasnove objekta so do te faze že zaključeni. Potreben je premik iz abstraktnega sveta v realnost. Vodenje projekta prevzamejo njegovi izvajalci. Posebno pozornost je treba nameniti neizogibnim spremembam na projektu v času gradnje ter zagotoviti, da te spremembe ne posežejo v spremembo osnovne ideje zasnove. Potrebno je dobro sodelovanje med disciplinami, izvrševanje nadzora med gradnjo ter zaključna kontrola kakovosti izvedenih del.

**Obratovanje objekta skozi celotno življenjsko fazo** – *od realizacije do uporabe*. Izredno pomembna naloga projektantov objekta je, da njegove lastnike, uporabnike in vzdrževalce informirajo o pravilnem obratovanju ter uporabi objekta ter da dobijo povratno informacijo o načrtovalskih rešitvah. Treba je vzpostaviti sistem kontrole, ki omogoča sprotno spremljanje obnašanja objekta ter ukrepanje. Čez čas, med obratovanjem, je možno ugotoviti, ali sistemi zares obratujejo tako, kot je bilo predvideno v zasnovi in kakor so pokazale simulacije. V primeru neprimerne delovanja se poskuša izvesti ukrepe, ki skušajo optimizirati delovanje objekta. Te analize služijo projektantom tudi za prihodnje projekte, saj lahko s pridobljenimi izkušnjami in povratnimi informacijami v prihodnje izboljšajo svoje projekte.

### 2.3 Rezultati celostne zasnove

Načrtovalske rešitve morajo najprej zadostiti bistvenim zahtevam (mehanske odpornosti in stabilnosti; varnosti pred požarom; higienske in zdravstvene zaščite in zaščite okolice; varnosti pri uporabi; zaščite pred hrupom ter varčevanja z energijo in ohranjanja toplote).

Rezultati celostne zasnove vključujejo:

- idejne arhitekturne rešitve, osnovne dimenzije elementov, mehanizme prenosa obtežbe;
- analizo ekonomske učinkovitosti gradnje in obratovanja objekta;
- okvirno določitev stroškov skozi celoten življenjski cikel stavbe;
- integrirane lokacijske terminske plane in plane na osnovi modelov;
- analizo možnih tehnologij gradnje in posledic na okolje;
- informacijske modele stavb, ki imajo poleg geometrijskih podatkov še negeometrijske podatke;
- način komunikacije in protokole za izmenjavo informacij;
- specifikacijo potrebnih stopenj podrobnosti za posamezne faze projekta.

Pomemben vidik celostnega oblikovanja je obravnavan v (Kunič, 2008). Avtorja poudarjata, da je vpliv načrtovanja na stopnji planiranja največji, tj. na stopnji, ko je projekt tudi najcenejši, kar je tudi bistvo celostnega načrtovanja z vidika življenjske dobe materialov. Bistveno pomanjkljivost sedanje

Principi celostne zasnove	Prednosti
Celotna projektna delovna skupina je vključena v proces zasnove	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manj neznanj v kasnejših fazah projekta</li> <li>• Sistemi gradbenih objektov so bolje integrirani</li> <li>• Vzpostavlja sinergijo med udeleženci od začetne faze</li> <li>• Zagotavlja optimalnejše načrtovalske rešitve</li> <li>• Neskladja med strokami se odkrivajo zgodaj</li> </ul>
Kontinuirano sodelovanje članov projektne delovne skupine	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vključuje učenje kot sestavni del dela na projektu</li> <li>• Omogoča izdelavo integriranih rešitev</li> </ul>
Kriteriji uspeha projekta definirani v zgodnjih fazah projekta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zasnova je ciljno naravnana</li> <li>• Boljša usklajenost med člani projektne delovne skupine</li> </ul>
Ponavljalni proces zasnove in sprotno vrednotenje rešitev	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Problemi se identificirajo v zgodnjih fazah projekta</li> <li>• Manj napak v zaključnih fazah procesa projektiranja</li> </ul>
Celostno razmišljanje o projektu	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Spodbuja iskanje alternativnih integriranih rešitev</li> <li>• Preprostejša in transparentna optimizacija rešitev</li> <li>• Preprostejša in cenovno ugodna integracija trajnostne gradnje</li> </ul>
Vrednotenje življenjskega ciklusa objekta (LCCA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nižji stroški investicij, nabave in vgradnje</li> <li>• Stroški izgradnje uravnoteženi s stroški obratovanja objekta</li> <li>• Stroški obratovanja, energije, zamenjave in obratovanja</li> <li>• Stroški finančnih operacij (posojil in odplačevanja)</li> <li>• Omogoča ovrednotenje tudi »nemonetarnih stroškov« obratovanja</li> </ul>

Preglednica 1 • Pregled rezultatov celostne zasnove

prakse avtorja vidita v predpisani vsebini projektne dokumentacije, ki je omejena na vzdrževanje in obratovanje objektov, medtem ko nista omenjena odstranjevanje in upravljanje z odpadki po koncu življenjske dobe. V procesu vrednotenja stroškov stavb z vidika dimenzioniranja toplotne izolacije, varčevanja z energijo, odločitve za odstranjevanje, recikliranje in deponiranje odpadkov ne vplivajo na stroške gradnje niti na naložbe. Tako ti stroški

niso niti regulirani, ampak celo zanemarjeni, čeprav niso vezani samo na življenjsko dobo objektov, ampak tudi na zaključek življenjske dobe materialov. Analiza življenjske dobe in vrednotenje ekonomske učinkovitosti objektov bi tako morala postati sestavni (predpisani) del projektiranja gradbenih objektov.

Cilj celostne zasnove objektov so visoko učinkoviti objekti, ki so energetsko učinkovitejši od običajnih objektov, zagotavljajo boljše bi-

valno okolje, večje udobje za uporabo ter so cenejši med obratovanjem in za vzdrževanje. Dodatno prednost prinaša celostna zasnova v sam proces zasnove objektov. Zaradi večje vključenosti članov v zasnovo je čutili timski duh, saj ima vsakdo izmed sodelujočih pomemben vpliv na skupne odločitve. Člani delovne skupine so spodbujeni k inovativnosti in iskanju integriranih rešitev. Prednosti celostne zasnove so dane v preglednici 1.

## 3 • INTEGRIRANO TIMSKO DELO

### 3.1 Definicija in organizacija integriranega projektiranja

Integriran proces označuje delo *interdisciplinarnih projektne delovne skupine strokovnjakov, ki vodi do boljših rešitev*. Za to sta potrebna skupna vizija celotne integrirane delovne skupine in razumevanje projekta kot celote, ne kot delno (moteče) povezanih načrtovalskih problemov.

Integrirano načrtovanje omogoča udejanjenje celostnega pristopa k zasnovi objektov. Cilji integriranega pristopa so visokoučinkoviti gradbeni objekti z vidika ekoloških in socialnih kriterijev, ob tem pa je treba upoštevati razpoložljive vire. Integrirani proces (Zimmerman, 2007) poteka skozi vse faze, vključno z obratovanjem. Za uspešno integrirano firmo delo sta bistvena dva kriterija:

- *angažiranje* in
- *vodenje*.

**Angažiranje.** Integriran pristop lahko opišemo z naslednjimi značilnostmi:

- investitor ima večjo vlogo v projektu, saj definira začetni načrtovalski problem delovne skupine;
- vlogo vodje projektne delovne skupine v začetni fazi prevzame arhitekt, kasneje pa je lahko vloga tudi deljena;
- gradbeni in strojni inženirji ter inženirji elektrotehnike se intenzivneje vključijo v ožjo delovno skupino že v zgodnji fazi zasnove;
- izvajalec se vključi takoj, ko je to pogodbeno možno, sicer najamemo zunanjega eksperta, svetovalca.

**Vodenje.** Projektno delovno skupino lahko vodi neodvisni vodja, ki ne opravlja strokovnih nalog na projektu, ampak samo skrbi, da integrirani proces nemoteno poteka v želeni smeri. Pri imenovanju vodje imajo strokovne inženirske pristojnosti prednost pred izključno menedžerskimi. Za učinkovito delovanje pro-

jektne delovne skupine je potrebno dobro sodelovanje med strokami, kar omogoča, da se načrtovalski problemi obravnavajo interdisciplinarno. Integrirani proces je pri tem ponavljal vse od začetnih faz projekta. Prav zgodnja vključenost različnih strokovnjakov v projekt daje možnost posamezniku, da s svojim tehničnim znanjem in idejami oplemeniti projekt. Prepozna vključitev strokovnjakom onemogoči, da bi vplivali na zasnovo, ki je pogojena z načrtovalskimi rešitvami drugih udeležencev.

### 3.2 Integriran proces projektne delovne skupine

Integriran proces se začne s formiranjem projektne delovne skupine, ki mora ustrezati zahtevnosti zasnove projekta. Zato je za vzpostavitev projektne delovne skupine treba dobro poznati projekt, da se lahko zagotovijo člani projektne delovne skupine s potrebnimi strokovnimi pristojnostmi, ob tem pa je treba upoštevati socialno komponento, ki vpliva na komunikacijo.

**Projektna delovna skupina.** Optimalna projektna delovna skupina mora zagotavljati:

- aktivno vlogo investitorja pri zasnovi;
- ustrezen spekter pristojnosti izbranih strokovnjakov za vsa zahtevana področja projekta;
- pogoje za uspešno sodelovanje in komunikacijo članov projektne delovne skupine.
- takšno vlogo vodje projektne delovne skupine, ki vključuje koordinacijo projekta od zasnove do uporabe objekta, vzpostavlja in vzdržuje vizijo projekta, ima sposobnost nepristranskega reševanja problemov ter je glavni pogajalec z investitorjem pri morebitnih nerealnih projektih zahtevah; vlogo vodje lahko v posameznih fazah projekta zavzamejo različni člani projektne delovne skupine;

- koordinacijo integriranega procesa z imenovanjem koordinatorskega, ki skrbi za urejen pretok informacij med člani projektne delovne skupine, za sprotno preverjanje in izpolnjevanje zadanih ciljev in vizij, da ima sposobnost izrisa skupnega interdisciplinarnega mnenja ter koordinira sestanke.

**Ožja projektna delovna skupina (jedro ekspertov).** Projektna naloga določa parametre za sestavo projektne delovne skupine v smislu organizacijske strukture, vlog in pristojnosti članov projektne delovne skupine. Ključni deležniki vsakega projekta so: investitor, vodja, koordinator, arhitekt, gradbenik-konstruktor, tehnolog, strojni inženir, inženir elektrotehnike.

Navedeni deležniki predstavljajo tudi jedro projektne delovne skupine (glej sliko 3). S svojimi storitvami zagotavljajo ustrezno pokritost celotnega projekta. Kljub temu se od posameznih članov projektne delovne skupine ne pričakuje, da so odlični, ampak da razumejo problematiko drugih strokovnih področij.

Zato je ena izmed ključnih nalog, da pravočasno zaznajo probleme, ki presegajo skupne pristojnosti projektne delovne skupine, in da v tem primeru vključijo dodatne eksperte. Vsi udeleženi strokovnjaki morajo s svojim pristopom omogočiti, da je projekt obravnavan celostno.

**Spremenljiva skupina zunanjih ekspertov.**

Ožja projektna skupina lahko k sodelovanju povabi posamezne eksperte za omejen čas in/ali za določeno nalogo, predvsem v primeru, če ožja projektna delovna skupina ni sposobna določene naloge kakovostno ali dovolj hitro rešiti. Če gre pri tem za prenos znanja, lahko ta način predstavlja za člane projektne delovne skupine še dodaten motiv za vključitev zunanjih ekspertov. Pridobljeno znanje od zunanjih ekspertov lahko pomaga udeležencem pri delu na prihodnjih projektih. Poleg tehnične usposobljenosti članov projektne delovne skupine so pomembni

pravočasno delegiranje, koordinacija in obveščanje o aktivnostih drugih.

**Koordinacija in vodenje projektne delovne skupine.** Uveljavljata se dve vlogi, koordinator in vodja delovne skupine (IEA, 2003), ki sta potrebni za ustrezen potek in vzdrževanje pravilne naravnosti članov projektne delovne skupine. Zadnjo vlogo lahko zavzamejo člani projektne delovne skupine; če je treba, se lahko za projekt najamejo specialisti za določeno področje.

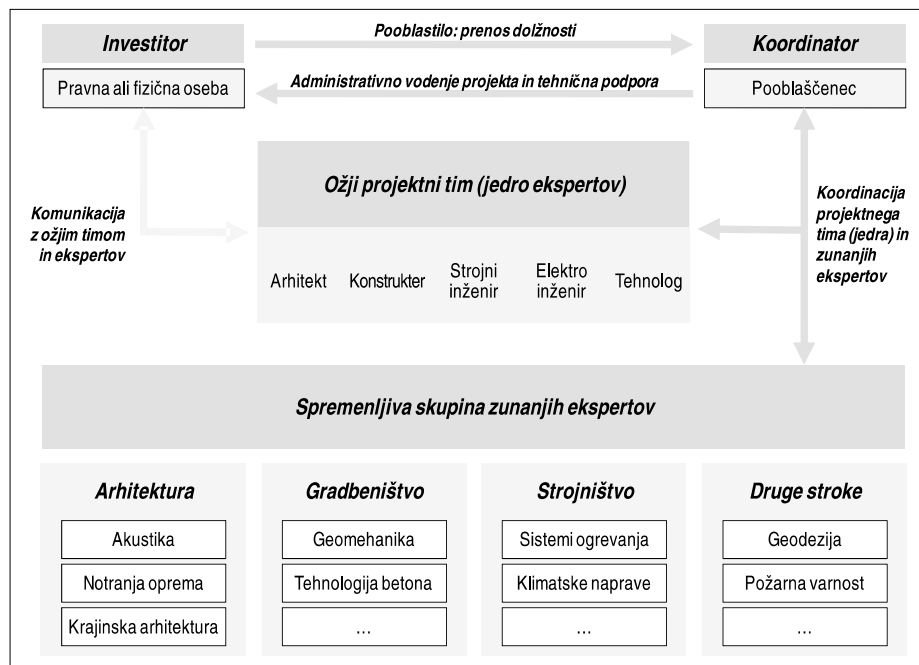
**Organizacija.** Ustrezno organizirana projektna delovna skupina mora upoštevati naslednja načela:

- jasno je treba opredeliti dolžnosti slehernega člana projektne delovne skupine;
- natančno določiti roke za izvedbo dejavnosti, ki so povezane z načrtovalskimi problemi;
- treba je določiti tolerance in strategijo upravljanja tveganj za investitorje in projektno delovno skupino;
- vzpostaviti je treba protokol komunikacije med člani in za izmenjavo informacij (tudi modelov);
- vzpostaviti je treba vrednote (spoštovanje, izmenjava mnenj, preglednost) in kriterije za rešitve.

Posebno zahtevno vlogo pri izvedbi integrirane delovne skupine imata nagrajevanje članov in priznanje skupinskega avtorstva. Običajno je sistem nagrajevanja pri delu na projektu organiziran na način, ki ne upošteva angažiranja strokovnjakov, saj udeležnemu pripada vnaprej določeni delež. To lahko zavira člane projektne delovne skupine pri iskanju boljših rešitev, kar vodi do ponavljanja obstoječih, ustaljenih načinov dela in uporabe rešitev, ki zahtevajo najmanj truda. Zato se mora spremeniti miselnost investitorja, ki mora biti zainteresiran za nagrajevanje projektne delovne skupine za inovativne načrtovalske rešitve, ki so veliko cenejše kot spremembe ob in po sami izvedbi.

### 3.3 Integrirani rezultati projekta

Bistvo integrirane zasnove objektov je boljše in pravočasno sodelovanje med člani projektne delovne skupine. Ustrezno organizirana, vodena in pristojna projektna delovna skupina spodbudi zaupanje, v kolikor so cilji orientirani na skupen uspeh projektne delovne skupine in projekta kot celote, in ne na parcialne individualne strokovne cilje. Tak način dela zahteva spremenjeno razmišljanje strokovnjakov, investitorjev in emancipacijo končnih uporabnikov.



Slika 2 • Organizacijska struktura integrirane projektne delovne skupine

Glavne prednosti integriranega pristopa so:

- Zgodnje sodelovanje bistvenih deležnikov omogoči in vzpostavi ustrezno tehnično podporo in sistem odločanja, ko se sprejemajo najpomembnejše odločitve. Veliko se lahko opravi v začetni fazi projekta.
- Naravnost h končnemu produktu je določena z jasno vizijo, cilji in nalogami delovne skupine. Ti trije elementi se lahko določijo tudi kot norme v posameznih fazah zasnove, katere je treba doseči oz. jim slediti. Na ta način se lahko natančno orientiramo skozi celoten projekt ter imamo nit, ki služi kot orientacija, da projekt ostane znotraj predvidene poti.

Bistveni kriteriji, ki določajo uspešnost projektne delovne skupine, so:

**Zaupanje med udeleženci.** Dobro sodelovanje vseh vključenih v projekt je ključnega pomena za uspešen potek integriranega procesa. Skozi celoten proces je potrebna odprta in stalna komunikacija med člani ekipe. Transparentna komunikacija spodbuja zaupanje med ljudmi in daje občutek pripadnosti projektu. Pomembno je, da se vsak član zaveda ter čuti, da lahko s svojim delom prispeva k uspešnosti projekta. Sočasno sta precej manjša možnost za konfliktno situacijo ter precej večja verjetnost, da bo vsak v najboljši meri prispeval k projektu ter s tem še povečal verjetnost za njegov uspeh. Pomembno je, da so vse rešitve najprej natančno obdelane ter da ima vsakdo možnost vpliva na odločitve.

### Realizacija kompleksnih rešitev celostne zasnove.

Odprta miselnost in kreativnost sta ključna parametra za spodbuditev inovativnosti in sinteze rešitev, potrebnih za dosego kompleksne zahteve modernih objektov. Sinteza z drugimi besedami pomeni združitve posameznih rešitev, vse z namenom, da se ustvari koherentna celota, ki sledi načelu, da je celota boljša od skupka posameznih delov. Ko udeleženci zares občutijo, kako skupinsko delo spodbuja inovativne rešitve, se pogosto zaradi navdušenja težko vrnejo nazaj k ustaljenim delovnim navadam.

### Opredelitev kriterijev za izbiro načrtovalskih rešitev.

Pri določitvi kriterijev za načrtovalske rešitve in pri izbiri alternativ morajo sodelovati vsi člani projektne delovne skupine. Vsak posameznik se mora zavedati svoje strokovne vloge in dolžnosti, ob tem pa mora poznati naloge in pristojnosti drugih strokovnjakov v projektne delovni skupini. Na ta način se omogoči, da se na probleme gleda celostno in ne samo z individualnega strokovnega zornega kota. S transparentnimi kriteriji in postopkom za izbiro rešitev se omogoči, da ne pride do sporov znotraj projektne delovne skupine in da so prispevki posameznih strok ustrezno upoštevani pri razvoju projekta kot celote.

**Projektiranje kot učenje.** Integrirani pristop je treba obravnavati kot ponavljalen in ustvarjalen proces s povratnimi zankami. Povratne zanke omogočajo stalno preverjanje poteka po

aktivnosti ter kakšni so naslednji koraki. Sprotno kontroliranje procesa zasnove omogoča tudi sprotno učenje in vpeljevanje izboljšav v zasnovo objekta. Lekcije, pridobljene iz uspehov oz. napak pri starih projektih, služijo kot podloga za izboljšanje prihodnjih projektov. Iteracije omogočijo, da so odločitve skladne in da odsevajo kompetentnost celotne ekipe.

Tradicionalni proces zasnove	Integrirani proces zasnove
Člani ekipe sodelujejo samo takrat, ko je to potrebno.	Vsi sodelujejo od začetka projekta.
Malo časa, energije in sodelovanja v zgodnjih fazah.	Veliko časa in energije, vložene v začetni fazi.
Odločitve sprejema majhno število ljudi.	Na rešitve ima vpliv celoten projektna delovna skupina.
Linearni proces.	Ponavljalni proces.
Sistemi so obravnavani kot samostojne enote.	Celostno gledanje na projekt.
Omejena optimizacija.	Večja možnost optimizacije sistemov.
Ni pravega sodelovanja med ljudmi.	Sinergija.
Poudarek na začetnih stroških.	Upoštevani življenjski stroški objekta.
Projekt zaključen, ko je objekt zgrajen.	Proces poteka tudi v fazi uporabe objekta.

Preglednica 2 • Primerjava tradicionalnega in integriranega pristopa k snovanju (GreenBuildings BC, 2007)

## 4 • ŠTUDIJA PRIMERA

V tem poglavju je opisan način učenja in poučevanja za celostno zasnovo z integriranim pristopom v projektnem študiju PBL, pri katerem že 11 let sodeluje tudi Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani (UL FGG). Prvi avtor je pri projektu sodeloval v vlogi gradbenega konstruktorja v prvi polovici leta 2008, drugi avtor je bil prvi udeleženec in je kasneje prevzel vlogo mentorja in koordinatorja sodelovanja UL FGG.

### 4.1 Organizacija projektnega učenja PBL

Projektni študij PBL je študijski predmet, bolje rečeno program, ki ga na podiplomskem študiju izvaja Univerza Stanford, ZDA, pod imenom AEC Global Teamwork (Fruchter, 1999). PBL je angleška kratica za »*angl. Problem, Project, Product, Process, People Based Learning*«. PBL je proces poučevanja in učenja, ki se osredotoča na problemske, projektno orientirane učne dejavnosti, katerih rezultat je skupen projekt (Cerovšek, 2000). Pristop PBL temelji na predpostavki, da se lahko naučimo največ pri reševanju dejanskih problemov, takšnih, ki se pojavijo pri projektiranju v praksi. Velik poudarek je na procesu projektiranja in sodelovanju med strokami, tj. integriranem pristopu k projektiranju. Delo poteka v skupini, ki mora izdelati projekt, ki je podan s projektno nalogo in z omejitvami.

**Projektno delo.** Namen dela na projektu je uporaba teoretičnega znanja, pridobljenega med študijem, in sicer na dejanskem projektu. Veliko pozornosti se posveča komunikaciji med člani skupine ter opazovanju procesa projektiranja z vidika več strok, ki sodelujejo pri gradbenem projektu. Sam proces načrtovanja in informacije, ki vodijo k odločanju, je treba sproti dokumentirati vse do končnega izdelka. V končnem izdelku je v projektni dokumentaciji obdelano vse od arhitekturne zasnove, konstrukcijskih rešitev do plana gradnje in stroškovne analize. V zadnjih letih se daje velik poudarek tudi trajnostni gradnji, ki ob vseh koristih, ki jih prinaša, postaja tudi vse večji modni hit tamkajšnje industrije. Člani skupine razvijajo projektno rešitve tako samostojno kot skupinsko, vsaka odločitev pa mora biti sprejeta skupno. Zelo pomembno je sprotno obveščanje o vseh morebitnih spremembah na projektu, saj se zna v nasprotnem primeru kaj hitro zgoditi, da postanejo zadeve nekompatibilne.

**Značilnosti programa PBL.** Poleg dveh osebnih srečan študentov na začetku in na koncu projekta celotno delo poteka preko interneta. Skupini so na voljo programi, strežnik ter internetne strani, na katerih izmenjujejo svoje mnenje ter se dogovarjajo o rešitvah. Pomanjkanje osebnega stika je lahko na trenutke velik

problem, saj se je veliko lažje pogovarjati o problemih na štiri oči. Ker študentje prihajajo iz različnih kontinentov, kjer angleščina ni nujno materni jezik, to predstavlja še dodatno oviro pri delu.

Pogosto se namreč zgodi, da so nekateri predlogi napačno razumljeni, kar lahko vodi do nepotrebne in nekoordiniranega dela. Pomembno komponento ima tudi časovna razlika med udeleženci, kar lahko predstavlja prednost in slabost. Prednost je v tem, da lahko delo poteka 24 ur, slabost pa, da so nekateri sestanki ob najbolj neprimernih urah (tedenski sestanki so bili na sporedu vsak petek v poznih večernih urah).

**Univerze v programu PBL.** V programu PBL vsako leto sodeluje od dvajset in trideset do- in podiplomskih študentov arhitekture, gradbeništva in gradbenega menedžmenta ter strojništva. V letu 2008 so pri projektu sodelovale naslednje univerze: University of Stanford, California State University Chico, University of Wisconsin-Madison, Georgia Tech University Atlanta (vsi iz ZDA), Tsinghua University Peking – Kitajska, Universidad de Puerto Rico, Bauhaus Weimar – Nemčija, Royal Institute of Technology KTH – Stockholm (Švedska), ter Univerza v Ljubljani. S teh univerz prihajajo tudi predavatelji in mentorji, ki pokrivajo različna področja od dinamike, statike, geotehnike, planiranja gradnje, gradbene informatike do strojnih sistemov.

**Industrija v programu PBL.** Pomemben prispevek k projektu nudijo tudi praktiki, ki s

svojimi nasveti iz prve roke študentom podajo pristop k reševanju problema. Pri tečaju tako sodelujejo nekatera največja gradbena podjetja in projektantske hiše iz Kalifornije in širše iz ZDA. Poleg navedenih igrajo pomembno vlogo tudi pokrovitelji (med njimi so tudi zelo velika podjetja, na primer: Autodesk, Microsoft, Sun Microsystems, Intel, Cisco, IntelliCorp, BidCom). Ti nudijo pomoč v obliki finančnih sredstev, brezplačno strojno in programsko opremo, pomagajo pa tudi pri razvoju orodij. Eden izmed glavnih ciljev projektnega učenja je, da študenti pridobijo izkušnje delovanja v integrirani projektni skupini. Temu je podrejen tudi celoten način dela, ki je drugačen od običajnih študijskih predmetov. Ključni elementi sodelovanja v projektni skupini so bili:

- Skupinska srečanja
- Tedenska srečanja
- Pomoč strokovnjakov

**Skupinska srečanja.** Skupina se je dobivala enkrat tedensko, pred pomembnimi predstavami pa tudi večkrat. Na sestankih so bili običajno prisotni vsi člani projektne delovne skupine, sestanke vodijo izmenoma člani projektne delovne skupine. Za vsak sestanek je obvezno pripravljen dnevni red, kratek opis namena sestanka. Prav tako je vedno določen član projektne delovne skupine, ki pripravi zapisnik in poskrbi, da se dogovorjene aktiv-

nosti zares izvedejo in da se o njih poroča na naslednjem sestanku. Na sestankih je bilo izredno pomembno sproti preverjati, da vsi prisotni sledijo obravnavani problematiki ter da se aktivno vključijo v reševanje problemov. V začetni fazi projekta je prisoten koordinator, ki skrbi, da projektna delovna skupina napreduje. Ko se protokoli komunikacije ustalijo, se zmanjša prisotnost koordinatorske, stalno pa se kontrolirata potek aktivnosti in angažiranje članov projektne delovne skupine. S tem se vzdržuje primeren nivo pristopa, ki vodi do ustreznih načrtovalskih rešitev v okviru predvidenih rokov. To je tudi bistvena vloga koordinatorskega projekta – da poskrbi, da ves proces zasnove poteka po predvidenih tirnicah.

**Tedenska srečanja vseh študentov.** Standardna oblika izvajanja pouka po navadi poteka enkrat tedensko, kjer se izvedejo predavanja, ki so aktualna za trenutno delo projektne delovne skupine. Ob tem se tudi pregleda napredek projektne delovne skupine. Vsebine predavanj pokrivajo tako timsko delo kot tudi posamezna strokovna področja, na primer: sočasno inženirstvo, proces modeliranja, metodologije načrtovanja, pristope k zasnovi konstrukcij, predstavitev večjih projektov itd.

**Pomoč strokovnjakov.** Organizirane so bile tudi seje, na katerih so študenti vprašali prak-

tike o problemih pri delu na projektu. Praktiki posredujejo izkušnje reševanja problemov v praksi. Podobno kot naj bi imela prava integrirana ekipa poleg ožjega kroga vpletenih na voljo vedno tudi pomoč zunanjih strokovnjakov, imajo študenti možnost, da se posvetujejo z zunanjimi eksperti-mentorji tako iz prakse kot tudi iz akademskih krogov. Z mentorji študenti komunicirajo preko elektronske pošte, po dogovoru pa se lahko sestanejo tudi preko spletne konference. To možnost študenti izkoristijo, ko načrtovalski problem presega njihova teoretična znanja ali/in praktične izkušnje ter kompetence celotne projektne delovne skupine.

#### 4.2 Proces projektnega učenja na daljavo

Delo na projektu se po navadi prične januarja in konča junija, ko se vsi sodelujoči študenti osebno srečajo, drugače pa delajo na daljavo. Proces integriranega projektnega učenja na daljavo poteka v naslednjih korakih.

**Idejna zasnova.** Najprej se študenti srečajo na spoznavnem sestanku (*angl. kick-off event*), kjer se udeleženci seznanijo z drugimi študenti, profesorji, predstavniki iz industrije in pokrovitelji. Prva dva dneva sta namenjena medsebojnemu spoznavanju in navezovanju stikov, ker so se v nadaljevanju projekta videvali samo preko interneta. Timska naravnost se

		Prostori		Odnos med prostori: +2 (zelo skupaj), -2 (zelo narazen)													
		Št.	A (ft <sup>2</sup> )	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Pisarne osebja	20	180	#													
2	Pisarna upravnika	1	300	1	#												
3	Pisarniško delo	2	150	2	2	#											
4	Tajništvo	4	75	2	2	2	#										
5	Restavracija	1	1.000	1	1	0	0	#									
6	Študentske pisarne	20	60	-1	-1	-2	-2	-2	#								
7	Avditorij	1	3.000	-2	-2	-2	-2	-2	-2	#							
8	Velike predavalnice	2	800	-2	-2	-2	-2	-2	1	2	#						
9	Male predavalnice	4	500	-2	-2	-2	-2	-2	1	2	2	#					
10	Seminarske sobe	4	200	-2	-2	-2	-2	-2	2	1	2	2	#				
11	Laboratorij	2	1.000	-2	-2	-2	-2	-2	2	1	2	2	1	#			
12	Računalniška soba	1	800	-2	-2	-2	-2	-2	-2	0	-2	-2	-2	2	#		
13	Tehnična podpora	1	100	-2	-2	0	0	-2	2	0	-1	-1	0	2	2	#	
14	Shramba	1	1.000	-2	-2	1	2	-2	-2	1	1	1	1	2	2	2	#

Preglednica 3 • Pregled funkcionalnih zahtev projektne naloge (vhodni podatek za projektno delovno skupino)

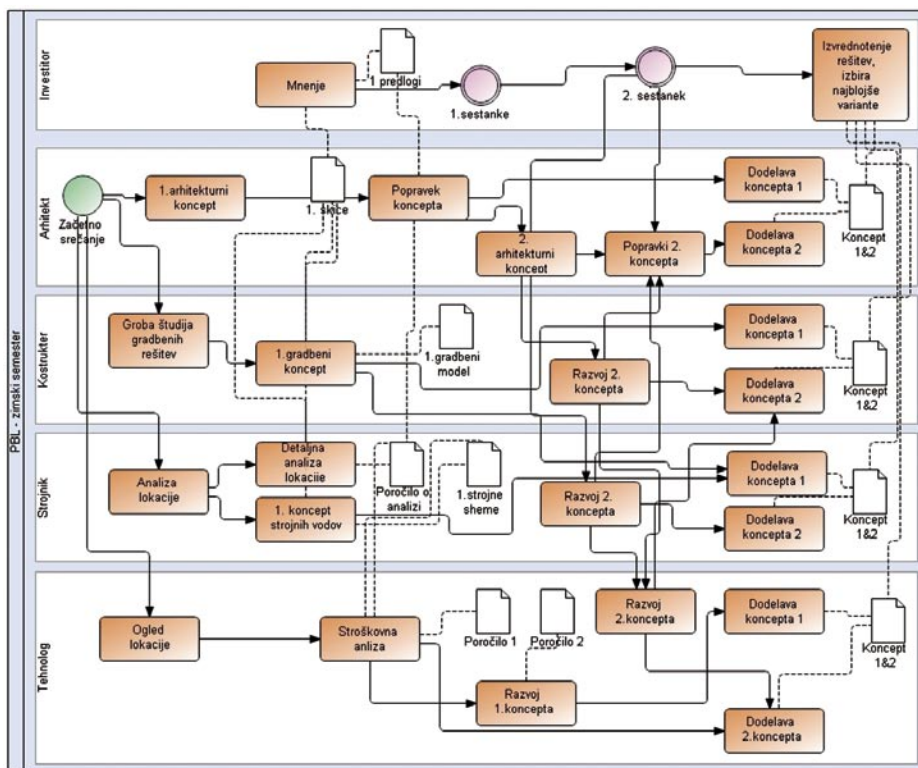


vzpostavi na osnovi aktivnosti, ki omogočajo formiranja delovnih skupin (*angl. team building*). Sočasno so organizirana predavanja, na katerih študenti dobijo vpogled na celoten proces, predstavljene so osnovne vloge in pričakovanja za člane projektnih delovnih skupin. Pri tem se tudi podrobneje spoznajo s predvidenim obsegom dela in potrebo po razumevanju drugih strok, kar sodi med ključne pogoje za uspešen integriran pristop k celostni zasnovi. Študenti se seznanijo tudi s programi in tehnologijo, ki jo uporabljajo pri delu.

V letu 2008 (Ožbolt, 2008) je bil predmet projektne naloge nov objekt Univerze v Madisonu, Wisconsin, ZDA. Objekt naj bi vzpostavil infrastrukturo za inovativne študije kot sestavni del globalne mreže podobnih ustanov. Lokacija objekta je bila natančno podana. Upoštevati je bilo treba tudi predviden datum izgradnje objekta – leta 2016. Na voljo je bil začetni proračun v vrednosti 7.500.000 USD, ki ga je treba najracionalneje uporabiti. Poleg funkcionalnih zahtev (preglednica 3) so podane splošne arhitekturne in tehnološke zahteve.

V letu 2008 so študenti prvič začeli z načrtovanjem dva dneva po uvodnem srečanju. Študenti so bili razdeljeni v skupine. Ob tem so bili študenti seznanjeni z natančnim programom dejavnosti, ki vključujejo predavanja na daljavo s pomembnejšimi datumi ter glavno nalogo – projektno nalogo, na kateri smo začeli tudi delati. Ker so bili študenti prvič udeleženi pri takšnem pristopu, so podane zahteve služile kot učni cilji, ki jih je treba uresničiti, podobno kot naj bi to bilo pri celostni zasnovi objektov. Glavni cilj tečaja je pridobiti razumevanje za rešitve različnih strok in sposobnost razlage ključnih zahtev svoje stroke dugim članom.

Organizirana je bila skupinska seja (*angl. design charette*), kot naj bi bilo to pri pravem integriranem projektu. Vsaka stroka naj bi natančno predstavila svoje zahteve ter prvo videnje morebitnih rešitev. Vsak izmed sodelujočih pri tem dobi občutek, kako se drugi člani lotevajo problemov, kakšen je njihov način razmišljanja in reševanja problemov. Začetna seja naj bi spodbudila izmenjavo idej in informacij, ki lahko v nadaljevanju projekta pripeljejo do resnično integriranih rešitev. Sledil je sestanek z lastnikom objekta, na katerem nam je postregel s svojimi zahtevami, željami in pričakovanji glede projekta. Kot nekdanji udeleženec predmeta PBL nam je podal tudi nekaj navodil, kako naj se čim uspešnejše lotimo projekta ter vseh podanih nalog. Uvodni sestanek se je zaključil s predstavitvijo narejenih konceptov ter vizije skupine, kako se bo lotila nalog v prihodnjih mesecih.

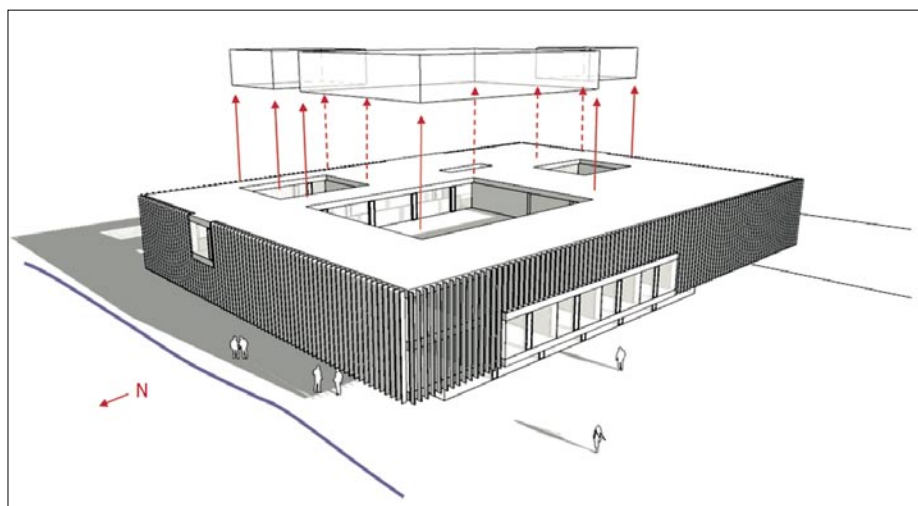


Slika 3 • Delo-tok aktivnosti načrtovanja v zimskem semestru

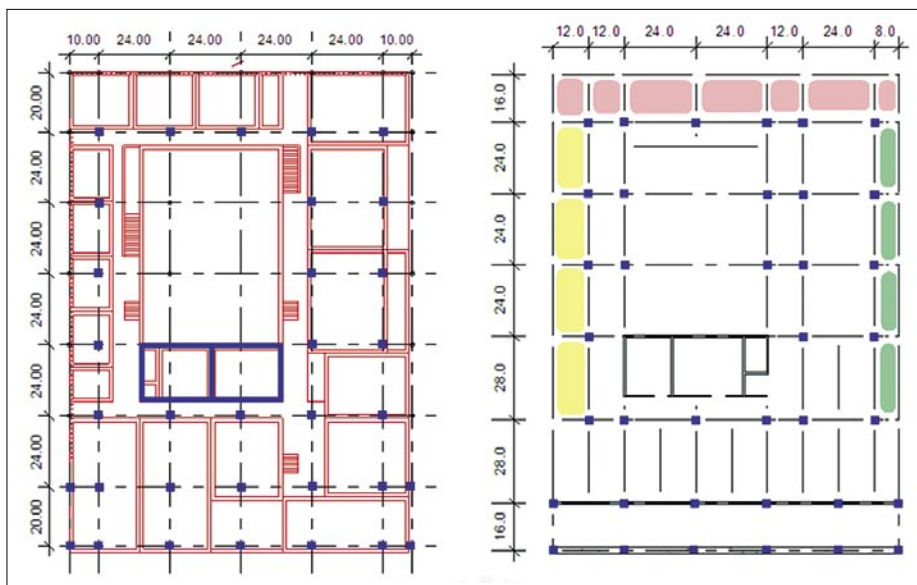
**Shematska zasnova.** Zimski semester je bil namenjen fazi shematske zasnove modelov. Na začetku je bila narejena natančnejša analiza lokacije. Preučiti je bilo treba, kje se objekt nahaja, kakšno zgodovino ima, kaj vse ga obkroža itd. Vsi ti parametri so nudili arhitektu ustrezen kontekst za umestitev objekta v prostor. Drugi člani projektne skupine so med tem opravljali druge aktivnosti. Gradbeniki so preučili vse predvidene obremenitve, poseb-

nosti lokacije, geološko sestavo tal ... Poseben problem je predstavljala preučitev ameriških standardov (ACI, ASCI), ki se razlikujejo od Evrokodov.

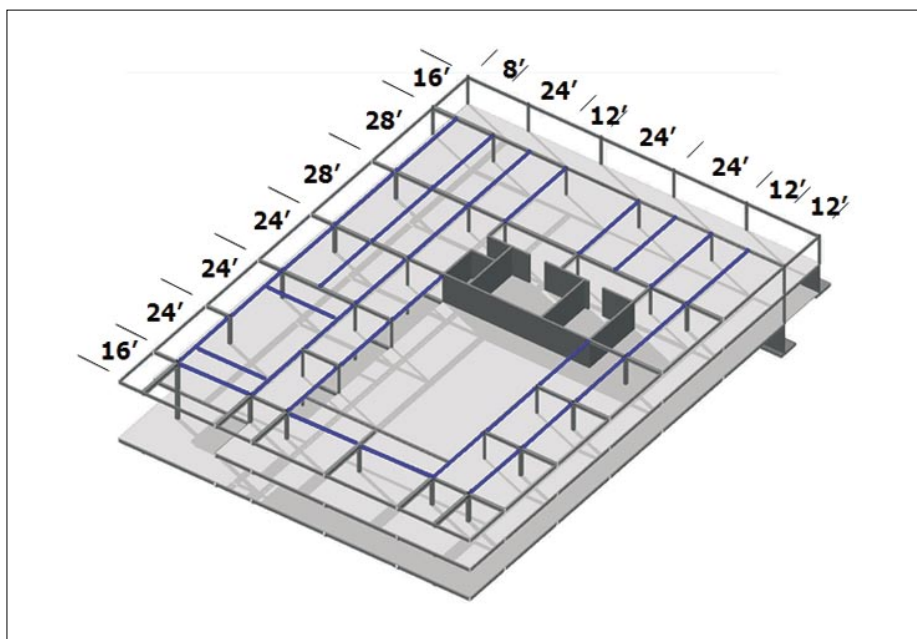
Strojniki so natančneje preučili lokacijo, vpliv osenčenosti na lokaciji ter vse večje obremenitve na objekt, ki so kasneje služili kot vhodni podatki za izvedbo študij. Tehnolog-menedžer je analiziral danosti lokacije glede na izbiro najprimernejše tehnologije.



Slika 4 • Prvi arhitekturni koncept Skrita svetloba (ang. Hidden light)



Slika 5 • Prva predlagana mreža (levo) in končna rešitev (desno)



Slika 6 • Konstrukcijski sistem

	Armirani beton (\$)	Prefabricirani beton (\$)	Jeklo (\$)
Temeljenje	94.682	94.682	91.897
Konstrukcija	1.299.899	1.517.838	2.652.131
Notranja oprema	819.280	819.280	682.000
Inštalacije	2.210.391	2.210.391	2.210.391
Izkopi	85.390	85.390	85.390
Stroški gradnje	983.100	983.100	877.300
Čisti stroški	5.492.742	5.710.681	6.599.109
Predračun (+15 % zavarovanje)	6.316.653	6.567.283	7.588.975

Preglednica 4 • Izračun stroškov za varianto 1. Natančneje so določeni stroški samo za konstrukcijo objekta, vsi drugi stroški so samo predvideni in natančneje obdelani v nadaljevanju

V začetku februarja, po dveh tednih raziskav, je bil izdelan prvi arhitekturni koncept. Narejen je bil osnovni kubus objekta s približno razporeditvijo prostorov. Na podlagi arhitekturnih podlog so bili izdelani prvi konstruktorski predlogi za mrežo nosilne konstrukcije v dveh variantah – v jeklu in betonu (preglednica 3). Pri tem je sodelovanje med konstruktorji in arhitekti usmerjeno k iskanju najoptimalnejše konstrukcijske mreže, ki ustreza zasnovi, zahtevam po simetriji in regularnosti konstrukcije. Prvi koncept je bil predstavljen tudi predstavniku investitorja, ki je podal lastne preference in kriterije.

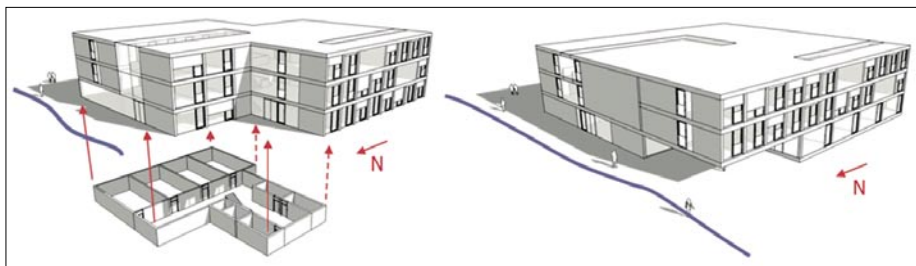
Strojniki so med tem poskušali analizirati pomembnejše karakteristike objekta – ali bodo vsi prostori v objektu dobili dovolj dnevne svetlobe, ter na podlagi študije predlagali drugačno razporeditev prostorov.

Raziskovati so začeli tudi sisteme za distribucijo zraka, ki so razpeljani po ceveh po celotnem objektu. S podatki o prepustnosti vodov se je začelo preučevati, kakšen vpliv imajo na ostale karakteristike objekta, kot sta svetla višina ter nosilna konstrukcija objekta. Zaradi omejenosti višine objekta je to predstavljalo eno izmed ključnih komponent pri izbiri horizontalne nosilne konstrukcije. Med tem je gradbeni menedžer intenzivno sodeloval s konstruktorjema, saj je bila izbira tipa nosilne konstrukcije v veliki povezavi s stroški. S svojimi napotki je vplival na izbiro oz. izpodbijanje različnih variant. Izdelani so bili tudi prvi izračuni vseh stroškov gradnje objekta.

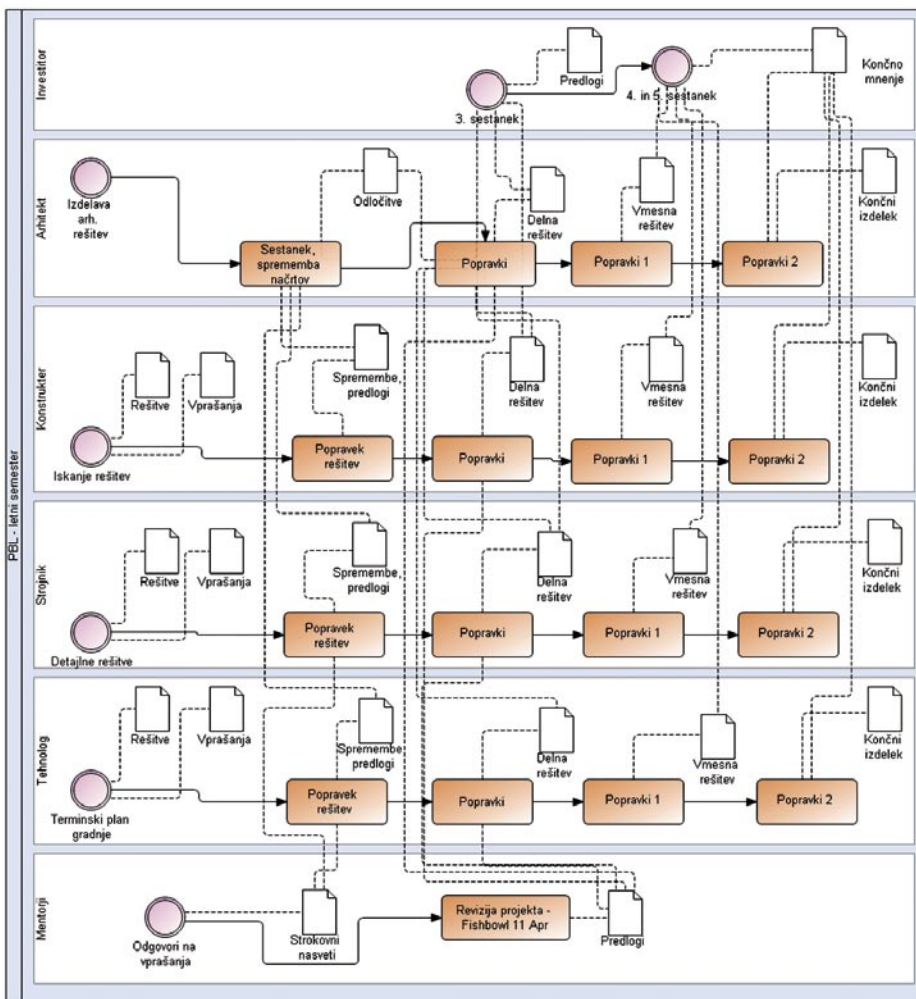
Po nekaj iteracijah (po približno mesecu dela) je bila končana shematska zasnova prvega koncepta, sočasno pa se je začel razvijati tudi drugi koncept. Ker se delo na drugem konceptu začne razmeroma pozno, študenti v dveh tednih ponovijo celoten postopek in utrdijo znanje. Prej navedeni postopek namreč v celoti ponovijo v bistveno krajšem času. Izkazalo se je, da to ne predstavlja večjih ovir, saj se je na podlagi izkušenj iz prvega primera delo bistveno pospešilo, ob tem pa rešitve niso prav nič slabše.

Ko sta bila nared oba koncepta oz. 4 variante, je bilo treba rešitve ovrednotiti ter izbrati najustreznejšo varianto. S posebno matriko smo ocenili, kako posamezne rešitve dosego zastavljene cilje. Pri tem je bila posebej upoštevana ocena investitorja kot eden ključnih kriterijev pri izbiri.

Detajlna zasnova. V letnem semestru je bila na vrsti detajlna zasnova izbrane variante. Vodilna vloga v projektni delovni skupini se od arhitekta preseli h gradbenemu menedžerju.



Slika 7 • Drugi koncept – Skladovnica (ang. Stack)



Slika 8 • Delo-tok aktivnosti v letnem semestru; delo-tok prikazuje razvoj projektne naloge v letnem semestru; razvidno je iterativno iskanje končne rešitve; prispevek vseh članov je bil velik skozi celoten proces zasnovi

Ta je začel na podlagi natančnejšega plana gradnje ekipo poučevati o predvidenem načinu grajenja, natančnih zaporednih fazah grajenja, možnosti izdelave posameznih rešitev in njihovih stroških. Te nasvete so morale vse discipline upoštevati pri detajlnem izračunu. Glavne naloge arhitekta so bile dokončati načrte objekta, dodelati vse komponente ter ustrezno vizualizirati objekt. Gradbenika-kon-

struktorja sta naredila detajlni izračun konstrukcije z natančnimi dimenzijami vseh komponent, ki so vključevale statično, dinamično analizo in dimenzioniranje elementov. Strojnika sta detajlno določila vse sisteme v stavbi, naredila natančnejši plan vodov ter izvedla detajlne energetske simulacije na objektu glede na udobje, kakovost zraka, stroške vzdrževanja in letne porabe energije.

Posebna pozornost se v tem času posveča integraciji vseh rešitev, saj so se čez čas začela kazati posamezna mesta, kjer se rešitve niso povsem skladale, in je bilo treba najti rešitve, ki bo zadovoljila vse sodelujoče. Posebej pozorno je bilo treba uvajati morebitne spremembe na projektu, saj je to za seboj lahko prineslo nepredvidene dodatne spremembe in veliko dodatnega dela ostalim, zato smo morali te rešitve natančno preučiti ter upravičiti njihovo smiselnost.

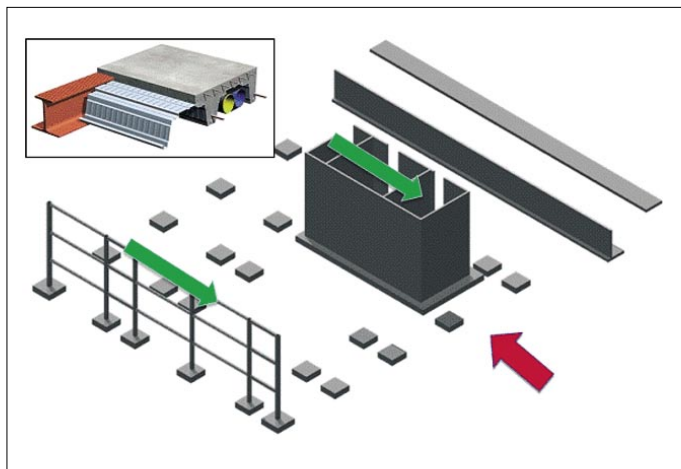
Zaključna predstavitev. V maju se študenti po štirih mesecih dela preko svetovnega spleta znova srečali na zaključni predstavitvi. Tu je potekalo sklepno usklajevanje še zadnjih detajlov ter izdelava predstavitve. Delo je bilo precej enostavnejše, saj je izmenjava idej na štiri oči precej preprostejša od kontakta preko spleta. Projekt je bil uspešno predstavljen na zaključni predstavitvi. Po komentarjih sodeč, lahko trdimo, da nam je uspela zares dobra integracija vseh rešitev ter celotnega projekta.

### 4.3 Rezultati projektne dela

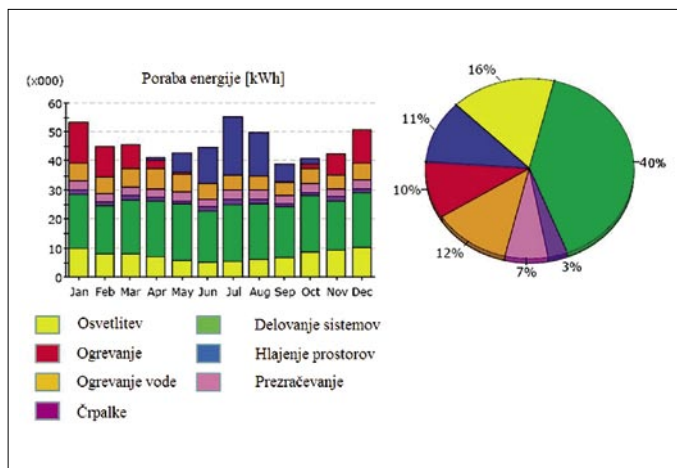
Pomemben rezultat integriranega projekta je zaključno poročilo s pridobljenimi izkušnjami (*angl. lessons learned*) ne glede na uspeh projekta. Le dokumentirane aktivnosti integrirane projektne delovne skupine lahko služijo projektantom za prihodnje projekte. Ob pridobljenih novih znanjih, seznanitvijo z najnovejšimi računalniškimi programi in možnostmi komuniciranja ima pomembno vlogo potek sodelovanja. Poleg pridobljenega teoretičnega znanja je najpomembnejše dejansko doživetje takšnega sodelovanja na projektu (*ang. real-life experience*).

Eden izmed bistvenih principov, ki se pri projektne delu uporabljajo, je, da se poskuša obravnavati načrtovalske probleme s stališča drugih strok. Taka sprememba razmišljanja zagotovo ni preprosta, lahko pa veliko pripomore k iskanju ustrežnejših in boljših rešitev. Zaradi natančnejšega poznavanja projekta skozi faze projekta posamezne rešitve niso brezhlebne, nekatere zaradi pomanjkanja časa, druge morda zaradi pomanjkanja strokovnega znanja, kljub temu pa sodelujoči pridobijo veliko novih, praktičnih znanj za delo v praksi.

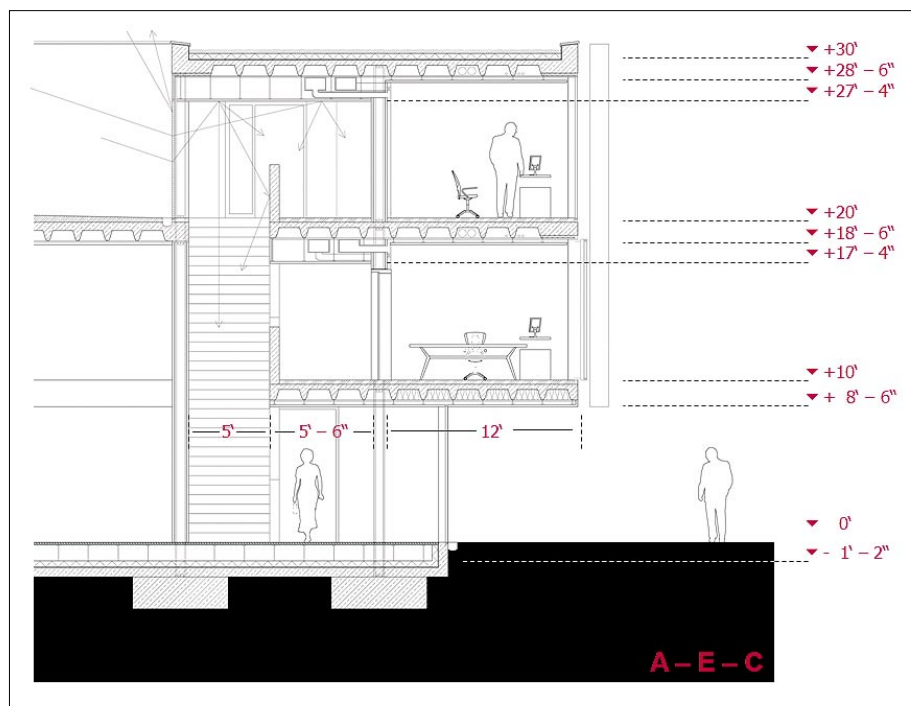
Bistveni rezultat integriranega projektne dela je dobra integracija vseh rešitev, kar se odraža na uspešno zaključenem in tudi predstavljenem projektu. Ključna komponenta za uspeh je ravno pripravljenost članov, da naredijo uspešen projekt, ki bo odražal kompetence celotne projektne delovne skupine in vložene energije ter časa. Pri tovrstnem integriranem projektne delu tudi ni komer-



Slika 9 • Horizontalni nosilni sistem v objektu



Slika 10 • Rezultati simulacije porabljene energije



Slika 11 • Prezrež objekta s svetlimi višinami; integrirana rešitev je vidna v prerežih

Stroški konstrukcije:	(\$)	Delež celotnih stroškov:	Karakteristični odstotni sestav stroškov:
Temeljenje	100.285	1,1 %	6,5 %
Konstrukcija	2.931.713	32,8 %	30 %
Notranja oprema	1.131.072	12,7 %	8,6 %
Inštalacije	3.047.674	34,1 %	21,2 %
Izkopi	470.230	5,3 %	2,2 %
Stroški gradnje	1.246.414	14 %	31,5 %

 Preglednica 5 • Stroški gradnje objekta in primerjava s karakterističnimi stroški gradnje<sup>1</sup>

cialnih interesov, ki bi onemogočili uspešno sodelovanje, ampak uspeh projektne delovne skupine. Ob tem ni izključena stroškovna učinkovitost objekta, ki je do določene mere primerljiva s stanjem pri nas.

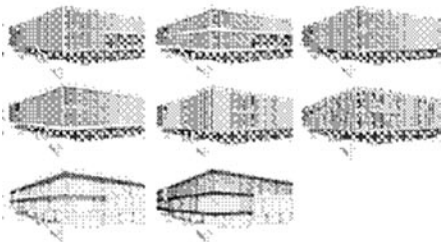
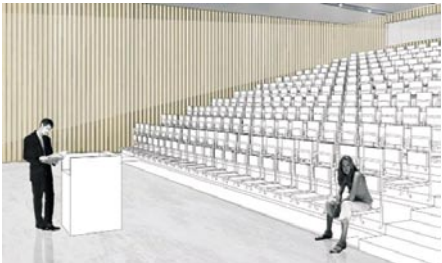
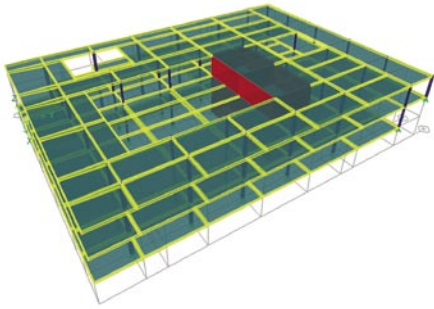
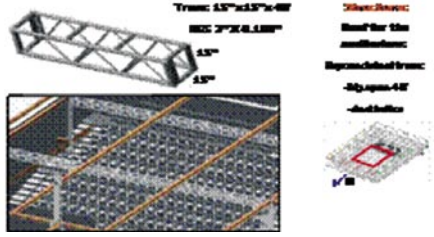

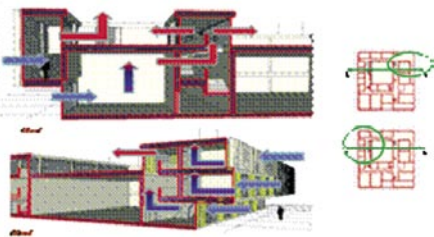
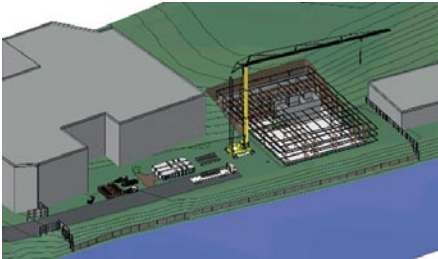
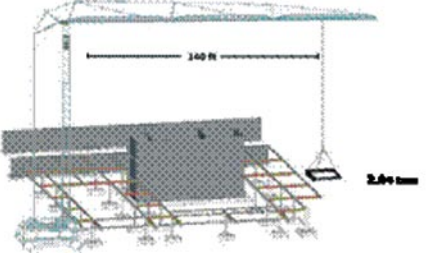
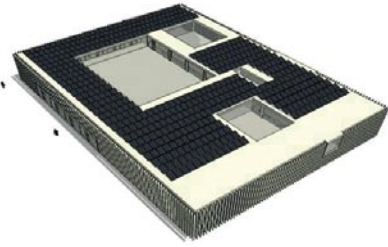
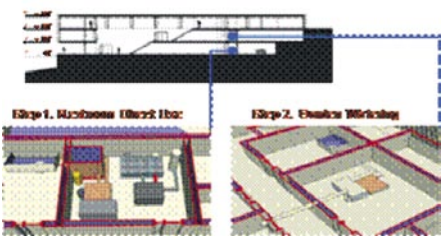
Primerjava z domačimi projekti kaže, da karakteristični odstotni deleži stroškov odstopajo v primerjavi z Nemčijo, kjer so podatki sicer razmeroma stari (iz leta 1999). Velika razlika je pri inštalacijah (skoraj 13 % točk). Razlika je posledica tega, da se v načrtovanem objektu uporabljene novejši in kompleksnejši ter s tem tudi dražje tehnologije. Velika razlika se pojavi tudi pri stroških gradnje, kjer je predvideno veliko prefabriciranih elementov in sodobnih načinov vgrajevanja elementov.

Pomemben delež k oceni projekta je prispeval ameriški točkovni sistem za vrednotenje trajnostne gradnje LEED<sup>2</sup>, ki omogoča oceno objekta glede na smernice trajnostnega razvoja. Pri tem LEED tudi vodi načrtovalce že v fazi zasnove k izbiri sistemov stavbe, ki so primernejši.

Projektne timi so bili na uvodnem srečanju tudi soočeni z izzivom, da v svoj objekt vgradijo čim večje število komponent, ki jih je možno po končani obratovanli dobi objekta ponovno uporabiti oz. jih je možno reciklirati. Za ekipo z najboljšimi predlogi je bila razpisana simbolična nagrada podjetja Swinerton Builders, ki je eno vodilnih ameriških gradbenih podjetij na področju trajnostne gradnje. Ekipo UL FGG je v natečaju trajnostne gradnje osvojila prvo nagrado na osnovi ocene projekta s strani profesorjev in praktikov glede na funkcijo, formo, tehnologijo in zahteve za trajnostno gradnjo po ameriškem sistemu.

<sup>1</sup> IZS: Karakteristični sestav stroškov pri stavbah – srednje šole. <http://www.izs.si/> (14. 9. 2008).

<sup>2</sup> <http://www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CategoryId=19>.

Opis	Primerki modelov
<p>Modeli arhitekturnih rešitev</p> 	
<p>Modeli gradbenih konstrukcijskih rešitev</p> 	 <p>Tram: 45" x 45" x 45"          BDC: 2" x 4.5" x 4.5"          45"          45"</p> <p>Skema: Skema          Model for the analysis          Diagram of the beam          -Skema-45"          -Analizirano</p>
<p>Modeli strojnih inštalacij</p> 	
<p>Modeli tehnologije gradnje</p> 	 <p>140 m          2.04 m</p>
<p>Modeli za trajnostno gradnjo</p> 	 <p>Skema 1. Model of the facade          Skema 2. Model of the interior</p>

Preglednica 6 • Pregled primerkov modelov različnih strok kot rezultat integriranega timskega dela za celotno zasnovano; pri integriranem pristopu modeli zamenjujejo 2D-risbe



Slika 12 • Vizualizacija objekta

## 5 • DISKUSIJA IN SKLEPI

### 5.1 Stanje projektne dela danes

Trenutne razmere pri projektiranju gradbenih objektov so naslednje:

- *Fragmentirani projektne timi in deležniki.* Pri večjih gradbenih projektih se po navadi vzpostavi projektna delovna skupina, še vedno pa se rešitve obravnavajo parcialno, nekaterih ključnih deležnikov se sploh ne (ali prepozno) vključi. Komunikacija med deležniki je omejena in ne poteka kontinuirano.
- *Slabo definirane projektne naloge.* Projektne zahteve so v začetnih fazah snovanja preveč ohlapno definirane, kar vodi do nezadostno določenih kriterijev uspeha ter posledično do velike količine dela skozi vse faze projekta. Bistvene posledice so: potrebne so spremembe, dodatna dela in rezultati niso optimalni.
- *Ohlapno definirani roki.* Začrtani so samo glavni roki faz projektov, medtem ko pomembni vmesni mejniki niso določeni. Ker podatki niso na voljo ob pravem času, prihaja do neskladij, zamud in dodatnih stroškov.
- *Slabo ali neopredeljene strokovne vloge.* Slabo so opredeljene naloge za nekatere aktivnosti. V primeru zamud pride do prelaganja krivde, saj vsakdo išče izgovore in prenos odgovornosti.
- *Stroški izvedbe pred kakovostjo izvedbe.* Pri večjih objektih za nemoten potek dela skrbijo vodje projektov. Njihov glavni cilj je uspešna realizacija projekta ob čim manjših stroških, kar izključuje druge kriterije.

- *Osredotočenost na kratkoročne cilje.* Pri projektu se premalo razmišlja o tem, kaj se bo z objektom dogajalo čez 10, 20 let. Tako se pogosti zgodi, da je po izgradnji objekta potrebno bistveno poseči v objekt zaradi slabe zasnove oz. nadomeščati z večjimi ter primernejšimi, kar povzroči nepotrebne dodatne stroške. Stroški rekonstrukcije so običajno bistveno večji od stroškov boljše zasnove in izvedbe osnovnega objekta.
- *Omejena motivacija in nagrajevanje.* Projektanti običajno niso nagrajeni za svoje rešitve, plačilo je dogovorjeno vnaprej, neodvisno od rešitev.
- *Zakonska podlaga in zahteve trga.* Novi pravilniki, na primer o energetski izkaznici, bodo sicer zahtevali nove elemente projektne dokumentacije, drugače pa zakonodaja ne obravnava celostne zasnove. Investitorji na osnovi predinvesticijskih študij oblikujejo zahteve trga za projektante, pogosto pa ne zahtevajo ustrezne celostne zasnove.
- *Omejena znanja in pripravljenost industrije.* Nov način dela zahteva nova znanja, ki niso splošno razširjena in zahtevajo tudi dodatno programsko opremo in spretnosti, ki jih praktiki v industriji težje raziskujejo in pridobijo.

### 5.2 Prednosti integriranega timskega dela pri celostni zasnovi

Integriran pristop ima še posebej velik potencial za (Sarja, 2002):

- *Projekte večjih objektov.* Večji objekti zaradi obsežnosti zahtevajo celostno obravnavo

in sodelovanje vseh strok pri procesu zasnove.

- *Projekte, ki uporabljajo prefabricirane konstrukcijske elemente in sisteme.* Pri tovrstnih sistemih je uporaba integriranih rešitev ključna za uspeh in uporabo gradbenega polproizvoda.
- *Razvoj industrializirane gradnje.* Industrializacija gradbene industrije bo omogočila nov način dela, ki bo bistveno zmanjšal čas proizvodnje, kar bo posledično zahtevalo boljše in hitrejše načrtovanje.

Pri razvoju manjših stanovanjskih objektov je smiselno integriran pristop uporabiti samo delno, saj je obsežnost del in potreba po sodelovanju manjša. Kljub temu delna uporaba integriranega pristopa v določenih fazah projekta lahko odpravi nastanek morebitnih napak v projektu. Takšne napake navadno zahtevajo popravke, kar pomeni dodatno delo in posledično dodatne stroške. Zato je ključnega pomena koordiniranje dela.

### 5.3 Pogoji uvajanja timskega dela za celostno zasnovi

Številni uspešno opravljeni projekti v tujini, kjer je projektna delovna skupina k načrtovanju pristopila celostno, kažejo, da:

- *Imajo vsi udeleženci v projektu nedvoumne koristi.* Trenutne razmere v Sloveniji so na tem področju slabe. Sodelovanje med različnimi strokami je pomanjkljivo oziroma ga ni.
- *Uvajanje integriranega pristopa v prakso ni preprost proces.* Poleg spremenjene vloge posameznika, npr. gradbenika-konstruktorja, imata spremenjeno vlogo komunikacija in

sodelovanje med vsemi strokami, ki vplivajo na projekt. Vsem udeležencem na projektu je treba natančno razložiti, zakaj je potrebna celostna obravnava objektov ter kako integrirano pristopiti k načrtovanju.

- *Potrebno poučevanje in učenje.* Potrebno je poučevanje o pristojnostih in sodelovanju različnih strokovnjakov. Za pozitivne spremembe je treba spremeniti tradicionalno razmišljanje ljudi ter zaverovanost v svojo

stroko in znanje. Sodelavci na projektih morajo pridobiti zaupanje v sposobnosti drugih strokovnjakov. Dodatna angažiranost v proces zasnove je potrebna tudi s strani investitorjev, uvesti pa je treba tudi sistem odločanja na projektu.

## 6 • ZAHVALA

Zahvaljujemo se dr. Renate FRUCHTER z Univerze Stanford, ki nam je kot vodja programa omogočila brezplačno sodelovanje v programu PBL ter Univerzi v Ljubljani, FGG in Javni agenciji za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije za podporo sodelovanju.

## 7 • LITERATURA

- AIA, American Institute of Architects (IAI), Integrated Project Delivery: A Guide, <http://www.aia.org/ipdg#ipdguide>, 2007.
- Cerovšek, T., Učenje in delo na daljavo, Gradbenik, november 2000.
- Cerovšek, T., Zupančič - Strojani, T., Kilar, V. Framework for model-based competency management for design in physical and virtual worlds, Journal of information technology in construction (15), 2010.
- Fruchter, R., A/E/C Teamwork: A Collaborative Design and Learning Space, Journal of Computing in Civil Engineering, 13, 261–269, 1999.
- Green Buildings BC, Roadmap for the Integrated Design Process, <http://www.greenbuildingsbc.com/Portals/GBBC/docs/IDP-FINAL.pdf>, 2007.
- IEA, International Energy Agency, Integrated Design Process Guideline, [http://www.iea-shc.org/task23/publications/IDPGuide\\_print.pdf](http://www.iea-shc.org/task23/publications/IDPGuide_print.pdf), 2003.
- Kunič, R., Krainer, A., Energetska učinkovitost, varovanje okolja in celostno načrtovanje, Gradbeni vestnik, junij, 2008.
- Lawson, B., Sketches of thought, Vinod Goel, MIT Press, Cambridge, MA (1995), 279 pp, ISBN 0-262-07163-0, Design Studies, 18, 129–130, 1997.
- Ožbolt, M., Celostna zasnova objektov kot integrirano projektno delo, diplomska naloga, FGG Ljubljana, 2008.
- Sarja, A., Integrated Life Cycle Design of Structures. London, Spon Press, 2002.
- WBDG, Whole Building Design Guide, <http://www.wbdg.org/>, 2008.
- Zimmerman, A., Integrated Design Process Guide, <http://www.waterfrontoronto.ca> (Vse povezave so delovale 1. 12. 2009.), 2008.

**ZVEZA DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE**

vabi na

**REDNO SKUPŠČINO,**

ki bo v četrtek, 27. maja 2010, s pričetkom ob 13.00 uri, v prostorih gostilne Livada, Hladnikova cesta 15, Ljubljana.

Predsednik ZDGITS  
Miro Vrbeč, univ.dipl. inž.grad.