

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

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



Univerzitetni študij gradbeništva,
Komunalna smer

Kandidat:

Miloš Todorović

Projektiranje z orodji BIM ob upoštevanju trajnostnih kriterijev

Diplomska naloga št.: 3100

Mentor:
prof. dr. Žiga Turk

Ljubljana, 2010

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani **MILOŠ TODOROVIĆ** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:
»Projektiranje z orodji BIM ob upoštevanju trajnostnih kriterijev«.

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

Izjavljam, da prenašam vse materialne avtorske pravice v zvezi z diplomsko nalogo na UL, Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo.

Ljubljana, 22.1.2010

IZJAVE O PREGLEDU NALOGE

Nalogo so si ogledali učitelji:

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 004.42:004.6:659.2:69(043.2)
Avtor: Miloš Todorović
Mentor: prof. dr. Žiga Turk
Naslov: Projektiranje z orodji BIM ob upoštevanju trajnostnih kriterijev
Obseg in oprema: 78 str., 7 pregl., 68 sl.
Ključne besede: interoperabilnost, BIM, parametrični 3D model konstrukcije, trajnostni razvoj, energetska analiza, emisije CO2

Izvleček

V gradbeni industriji se pojavlja nov, prelomen način projektiranja zgradb, ki temelji na informacijskem modelu zgradbe, to je BIM - *Building Information Model*. Ta način teži k temu, da so na enem mestu zbrane vse informacije o načrtovani zgradbi in da vsi programi, s katerimi arhitekti in inženirji delajo, BIM uporabljajo za črpanje in shranjevanje podatkov. Sprememba od načrtovanja na papirju k načrtovanju s pomočjo risarskih CAD (*Computer Aided Design*) programov je bila sicer novost, ki pa je v bistvu samo papir zamenjala z digitalno risalno desko. BIM pa po mnenju nekaterih začenja povsem novo ero gradbene industrije.

V nalogi nas zanima, kako se BIM obnese za tisti del projektiranja, ki se nanaša na upoštevanje energetske in snovne učinkovitosti zgradbe. Le-ta je v luči boja proti klimatskim spremembam namreč vedno bolj pomembna.

Med ponudniki BIM programskih aplikacij je trenutno v svetovnem merilu najbolj popularen programski paket Revit ameriške korporacije Autodesk. Programska družina Revit sestoji iz treh glavnih programov – Revit Architecture (namenjen arhitektom), Revit Structure (namenjen gradbenikom) ter Revit MEP (namenjen strojnikom). Poleg teh pa obstaja še vrsta ostalih specializiranih programov, ki so z družino Revit povezljivi, konkretnije v povezavi s trajnostnim razvojem izstopata dva Autodeskova programa – Ecotect Analysis in Green Building Studio.

Diplomska naloga najprej oriše razvoj BIM projektiranja in izpostavi še vedno pomembno potrebo po interoperabilnosti programske opreme. Opozori na pomembnost trajnostnega razvoja znotraj BIM projektiranja. Sledi opis in prikaz modeliranja armiranobetonske nosilne konstrukcije izbranega objekta v programu Revit Architecture 2010. Sprva predvideno nadaljnje detajlnejše arhitektonsko modeliranje objekta se je na tem mestu zaključilo, ker se programi za analizo energetskih in snovnih učinkovitosti v BIM-u uporabljajo v začetni, konceptualni fazi projektiranja zgradb. Tako je prikazano ponovno modeliranje zgradbe v smislu konceptualne zasnove in povezava s programoma Ecotect Analysis 2010 in Green Building Studio (GBS). V prvem sta prikazani analiza povprečne dnevne osončenosti in

študija senc oz. vpliv objekta na okolico in obratno. Obravnava v programu GBS pa prikazuje možnosti in rezultate alternativnih rešitev zasnove objekta in s tem zmanjšanje stroškov in emisij objekta.

Ugotavljamo, da je modeliranje konceptualnih zasnov objektov v programu Revit prijazno uporabniku in omogoča hitro snovanje že pri osnovnem poznavanju programa. Program Ecotect je na prvi pogled zahtevnejši za uporabo, saj je uporabniški vmesnik dokaj unikatno, prav tako je z modelirnim okoljem znotraj programa. Vendar je procesiranje analiz enostavno in razumljivo, saj so nastavitve na vsakem koraku jasno interpretirane. Vizuelna komponenta in grafični prikaz rezultatov analiz pa sta sigurno še ena izmed glavnih atributov programa. Na drugi strani GBS predstavlja zanimiv koncept internetnega programa, ki daje hitre rezultate ob enostavnem postopku uporabe. Glavna je možnost analiziranja alternativnih rešitev zasnove objekta, ki lahko rezultirajo v kvalitetnejšem in učinkovitejšem delovanju zgradbe. Po drugi strani pa je pri vseh treh obravnavanih programih še veliko možnosti za izboljšave. Glede na obravnavano tematiko naloge bi bila najpomembnejša pri programu Revit zmožnost prave interoperabilnosti med programi in ne le enosmerna komunikacija. Kot glavno pomanjkljivost programov Ecotect in GBS pa moramo izpostaviti pomanjkanje lokalnih vremenskih podatkov, na podlagi katerih se izvajajo analize, saj so obstoječi podatki očitno zastareli in celo pomanjkljivi. Zato bi bilo zelo pomembno najprej te podatke uskladiti, saj bo le na tak način tudi pri nas možno pravo BIM projektiranje v trajnostnem smislu. Spremembe bodo nujne tudi na državnem nivoju v smislu standardov in pravilnikov.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 004.42:004.6:659.2:69(043.2)
Author: Miloš Todorović
Supervisor: prof. dr. Žiga Turk
Title: Designing With BIM Tools Using Sustainability Criteria
Notes: 78 p., 7 tb., 68 fig.
Key words: interoperability, BIM, parametrical 3D construction model, sustainable design, energy analysis, CO2 emissions

Abstract

A new breakthrough era in design has begun in whole building industry, which is based on BIM – Building Information Model. The emphasis of the new workflow is in information stored inside building model which is used in BIM-based software from where all designers get the needed data and work on. A change from designing on paper to designing in CAD (Computer Aided Design) software was a big change, although it actually just changed the normal paper with digital one. While on the other hand BIM is said by many to be a much bigger change in the way things work in building industry.

The thesis focuses on the possibilities of BIM in building design regarding buildings' energy efficiency and sustainability, which is becoming more and more important nowadays because of the climate change.

There are many BIM software providers, but currently the most popular of them all in worldwide comparison is Revit from American corporation Autodesk. Software package contains three applications – Revit Architecture (for architects), Revit Structure (for structural engineers) and Revit MEP (for MEP engineers). There are many other specialized software applications which can work with Revit, but when we are considering sustainable design there are two programs from Autodesk which stand out – Ecotect Analysis and Green Building Studio (GBS).

The thesis outlines history and development of BIM design and stresses out the importance in possibility of software interoperability and plots the basics of sustainable design in BIM. After that, description of modeling reinforced concrete structure of chosen building is shown in Revit Architecture 2010. The first goal of the thesis was modeling a whole detailed architectural model of the building, but when we realized the importance of using sustainable design analysis software is in the conceptual phase of design, we dropped that goal. The thesis then shows how a conceptual design of the building is modeled and then used in further study inside Ecotect Analysis 2010 and GBS. The study in Ecotect shows average daily insulation analysis and overshadowing of the building. GBS's study shows possibilities and results of

alternative design options in building design and with that the annual energy cost and emissions reduction.

Modeling of conceptual designs in Revit is user-friendly and it enables fast design at basic knowledge of using the program. Ecotect at first looks more demanding as the user interface and modeling inside software is quite unique. On the other hand processing of different analysis is simple and understandable, every possibility and setting is described on each step. Visual and graphical capabilities in interpreting the results are for sure one of the main attributes of the program. GBS shows an interesting concept of internet-based software, which process fast results with easy-to-use philosophy. The main focus is in analyzing alternative design options, which can result in higher quality and more effective performance of the building. In all three software described there are still a lot of changes that could be made for better quality of work and results. Regarding thesis' research the most important change inside Revit would be the possibility of real interoperability with other software and not just one-way communication. As the main deficiency in Ecotect and GBS we have to stress out the lack of local weather data on which analysis compute, as the ones given are for sure old-fashioned and deficient. That is why we think that coordination of data should be the first focus on changes and development, because that is when real BIM sustainable design will be manageable. Changes should also be made on state level, especially in terms of standardization and regulations.

ZAHVALA

Za pomoč in svetovanje pri izdelavi te diplomske naloge ter korekten odnos se zahvaljujem mentorju prof. dr. Žigu Turku. Prav tako se zahvaljujem prof. dr. Alešu Krainerju za podana mnenja in nasvete.

Posebno zahvalo za pridobivanje delovnih izkušenj, razumevanje in podporo v času izdelave naloge bi izrazil tudi Darku Derlinku, Tugu Vidicu in Matjažu Kodeku iz podjetja COSTA, d.o.o. Za dovoljenje uporabe projekta objekta F1/1 v nalogi ter prijaznost se zahvaljujem tudi Boštjanu Kolencu in Nataši Jakopin iz podjetja Inženiring 4 M d.o.o.

Nenazadnje pa bi se rad zahvalil tudi staršema in bratu Zoranu za vso podporo v času študija ter vsem prijateljem, ki so mi vedno stali ob strani, še posebej Kaji, Petri, Jaku in Matjažu.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
1.1	Pregled vsebine	3
2	BIM IN TRAJNOSTNI RAZVOJ	5
2.1	BIM – preteklost, sedanjost in prihodnost	5
2.1.1	Interoperabilnost v gradbeništvu	6
2.1.2	Primerjava IFC in gbXML	8
2.2	Trajnostni razvoj	10
3	MODELIRANJE V PROGRAMU REVIT ARCHITECTURE 2010	14
3.1	Zgodovina programa Revit	15
3.2	Osnovne lastnosti programa Revit Architectute 2010	16
3.3	Potek modeliranja osnovne armiranobetonske konstrukcije	21
3.3.1	Zasnova konstrukcije	21
3.3.2	Osnovne funkcije za modeliranje konstrukcije	23
3.3.3	Modeliranje garažnih kletnih etaž	30
3.3.4	Modeliranje arhiva	34
3.3.5	Modeliranje objekta poslovnih prostorov	35
3.4	Preskok na trajnostno analizo	39
4	TRAJNOSTNA ANALIZA	40
4.1	Modeliranje objekta v konceptualni zasnovi	41
4.2	Trajnostna analiza v programu Ecotect Analysis 2010	44
4.2.1	Uvoz modela in priprava osnovnih podatkov projekta	44
4.2.2	Analiza povprečne dnevne osončenosti (<i>Avarage Daily Insulation Analysis</i>)	50
4.2.3	Študija senc	54
4.3	Trajnostna analiza v programu Green Building Studio	58
4.3.1	Uvoz objekta in pregled rezultatov analize osnovne variantne rešitve	58
4.3.2	Alternativne rešitve	66
4.3.3	Izbira najugodnejše alternativne rešitve in pregled rezultatov	70
5	ZAKLJUČEK	74
5.1	Revit Architecture 2010	74
5.2	Ecotect Analysis 2010 in Green Building Studio	75
VIRI		79

1.	Uporabljeni viri	79
2.	Ostali viri	80
PRILOGE		81

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Primerjava zmožnosti izvedbe posameznih analiz v programu Ecotect in Green Building Studio.	41
Preglednica 2: Tabelarični izpis vrednosti diagrama poti sonca za vzhodno fasado	55
Preglednica 3: Pregled rezultatov analize osnovne rešitve.	65
Preglednica 4: Izbrane sistemske rešitve OVK pri primerjavi alternativnih rešitev.	68
Preglednica 5: Izbrane alternative za tip zasteklitve.	70
Preglednica 6: Pregled izbranih modifikacij za najugodnejšo končno analizo.	71
Preglednica 7: Deleži prispevanja posameznih alternativnih rešitev k zmanjšanju emisij CO ₂ .	78

KAZALO SLIK

Slika 1: Shema performančnega načrtovanja po Marshu.	8
Slika 2: Tlorisna shema Tehnološkega parka in obravnavani objekt F1/1.	14
Slika 3: Shematska zasnova objekta F1-1. Pogled z južne strani.	15
Slika 4: Primerjava uporabniških interferenc verzij 2008 (levo) in 2010 (desno).	16
Slika 5: Modeliranje konceptualnih zasnov.	17
Slika 6: Nov uporabniški vmesnik - <i>Ribbon</i> .	17
Slika 7: »Sprememba kjerkoli, je sprememba koderkoli.«	18
Slika 8: Možnost generiranja seznamov elementov.	18
Slika 9: Modeliranje in uporaba parametričnih komponent oz. družin.	19
Slika 10: Primer izdelave načrtne dokumentacije ograje z uporabo detajlnih komponent.	20
Slika 11: Primer izdelave vizualizacije mostu znotraj programa Revit Architecture 2010.	21
Slika 12: Mreža glavnih osi objekta in dilataciji objekta.	22
Slika 13: Glavni konstrukcijski elementi v prvem zavihku » <i>Home</i> « <i>Ribbon</i> -a.	23
Slika 14: Določevanje osnovnih lastnosti in funkcij pri modeliranju stene.	24
Slika 15: Vstavljanje in modificiranje parametrov vrat.	25
Slika 16: Posebno modelirno okolje <i>In-Place</i> (na-mestu) komponent.	26
Slika 17: Določevanje parametrov izbranega tipa stebra.	26
Slika 18: Podrobnejše opredeljevanje lastnosti plošče.	27
Slika 19: Začetni koraki modeliranja – vnašanje nivojev.	28
Slika 20: Trije osnovni načini modeliranja temeljev.	29
Slika 21: Definiranje prostorov.	29
Slika 22: Osnovne dimenzije druge kletne etaže s temeljno ploščo.	30
Slika 23: Kontroliranje višinskega nivoja robnih točk nosilcev.	31
Slika 24: Barvna shema plošč garažnih kletnih etaž.	32
Slika 25: Dovožna rampa do medetažne dovozne plošče do arhiva in dovožni rampi med prvo in drugo kletno etažo.	32
Slika 26: Modeliranje odprtin v ploščah (primer stopniščne jaška) z ukazom <i>Shaft Opening</i> .	33
Slika 27: Shematski prikaz zasnove objekta arhiva.	34
Slika 28: Temeljna plošča arhiva z lokalno poglobitvijo.	35
Slika 29: Modeliranje naklonske vrhnje plošče arhiva z modificirnimi točkami.	35
Slika 30: Različni izometrični pogledi objekta poslovnih prostorov.	36
Slika 31: Osnovne dimenzije objekta poslovnih prostorov.	37
Slika 32: Vizualizacija izometričnega pogleda na celotno armiranobetonsko konstrukcijo objekta F1/1.	38
Slika 33: Vizualizacija perspektivnega pogleda s pritlične ploščadi objekta F1/1.	38

Slika 34: Definiranje prostorov in načini računanja volumnov.	42
Slika 35: Kontrola višin prostorov.	43
Slika 36: Objekt F1/1 kot konceptualni model v začetni fazi projektiranja.	44
Slika 37: Uvozne nastavitve modela formata gbXML.	45
Slika 38: Problem prepoznavanja geometrije gbXML formata. Primer arhitektonskega modela (a), modela konceptualne zasnove (b) in uvoženega modela konceptualne zasnove preko gbXML formata v Ecotect (c) ter popravljenega modela preko modelirnih funkcij Ecotecta(d).	45
Slika 39: Vnos vremenskih podatkov.	46
Slika 40: Uvoz različnih formatov vremenskih datotek v aplikaciji <i>Weather Manager</i> .	46
Slika 41: Aplikacija <i>Weather Manager</i> in uvoženi podatki za Ljubljano.	47
Slika 42: Lociranje GPS koordinat iz vremenske datoteke ter prikaz nadmorske višine ljubljanskega letališča na zemljevidu Geopedia.si.	47
Slika 43: Možnosti prikazovanja številnih podatkov znotraj vremenske datoteke.	48
Slika 44: Primer prikaza povprečnih temperatur skozi leto (glede na tedne in ure).	48
Slika 45: Uspešen uvoz gbXML datoteke vseh objektov.	50
Slika 46: 3D model uvoženih objektov direktno iz Revita (levo) in poenostavitve modelov objektov z definiranjem novih con (desno).	51
Slika 47: Razdelitev ploskev fasad in strehe na manjše ploskve primerne za analizo.	52
Slika 48: Prikaz rezultatov povprečne dnevne osončenosti za posamezne fasade, za vse fasade hkrati in z dodatnim prikazom padanja senc na dan 1.12. ob 8.30.	53
Slika 49: Dnevna in letna pot sonca ter z njo povezano padanje senc objektov.	54
Slika 50: Definiranje azimuta in višinskega kota pozicije sonca.	56
Slika 51: Prikaz razpona padanja senc.	57
Slika 52: Padanje senc sosednjih objektov na vzhodno in južno fasado v zimskem obdobju ob 9. uri zjutraj.	58
Slika 53: Prvi korak definiranja projekta – določitev tipa zgradbe in sheme delovanja.	59
Slika 54: Napačno interpretiranje naslova »Tehnološki park 19«.	60
Slika 55: Lociranje objekta v GBS preko GPS koordinat (a), označba lokacije objekta v programu Google Earth (b), lociranje objekta na Geopedia.si preko GPS koordinat (c), lociranje objekta na zemljevidu Najdi.si preko naslova Tehnološki park 19 (d).	61
Slika 56: Izbira najprimernejše vremenske postaje iz baze programa GBS.	62
Slika 57: Pregledovanje podatkov posameznih vremenskih postaj.	63
Slika 58: Izbira valute – zastareli podatki za slovensko valuto (a) in izbira italijanskih eurov kot valuto projekta (b).	64
Slika 59: Določevanje alternativnih rešitev posameznega projekta.	67
Slika 60: Vpliv rotacije objekta na letne stroške energije.	67
Slika 61: Primerjava letnih stroškov energije za posamezne tipe OVK.	68

Slika 62: Variantne rešitve zmanjšanja letnih stroškov energije preko kontroliranja in gostote luči.	69
Slika 63: Vpliv zmanjšanja oz. povečanja zasteklenih površin na posameznih fasadah.	69
Slika 64: Primerjava letnih stroškov energije zaradi različnih tipov zasteklitve.	70
Slika 65: Izbira varčnih rešitev pri vodovodnih sistemih.	72
Slika 66: Procentualna zmanjšanja zaradi izbire ugodnejših rešitev.	72
Slika 67: Končni rezultati modificiranega projekta z izbiro posameznih najugodnejših alternativnih rešitev.	73
Slika 68: Grafični prikaz deležev zmanjšanja emisij CO2 posameznih alternativnih rešitev (rezultati so zaokroženi).	78

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

AEC/FM	Architecture, Engineering, Construction/Facilities Management: arhitektura, projektiranje, gradnja/upravljanje z objekti
BIM	Building Information Modeling: Informacijsko modeliranje zgradb
CAD	Computer Aided Design: Računalniško podprto načrtovanje.
DXF	Drawing eXchange Format: Format za izmenjavo načrtov.
ECTP	European Construction Technology Platform: Evropska gradbena tehnološka platforma
EPDB	Energy Performance of Buildings Directive: Direktiva o energetski učinkovitosti stavb
gbXML	Green Building eXtensible Markup Language: Razširljiv označevalni jezik Green Building
HVAC	Heating, Ventilation, Air Conditioning: Ogrevanje, prezračevanje, hlajenje.
IAI	International Alliance for Interoperability
IFC	Industry Foundation Classes: Temeljni industrijski razredi
PGD	Projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja
PURES	Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah
PZI	Projekt za izvedbo
SGTP	Slovenska gradbena tehnološka platforma
XML	eXtensible Markup Language: Razširljiv označevalni jezik

1 UVOD

Diplomska naloga gradi na zavedanju, da se je celotna gradbena industrija znašla v zelo pomembnem obdobju in da se je začela nova era projektiranja. Gonilo sprememb je razvoj informacijskih modelov zgradb (BIM – Building Information Model). BIM je trirazsežni model zgradbe, ki vsebuje tudi vse druge informacije, ki jih potrebujemo v njeni življenjski dobi, od ideje do morebitnega rušenja. Odgovorni vodja projekta sodeluje s posameznimi odgovornimi projektanti iz ostalih panog in skupaj oblikujejo integrirani model zgradbe. Ta model dobi glavni izvajalec, ki skupaj s posameznimi podizvajalci pripravi izvedbeni model, po katerem bo gradbišče gradilo objekt. V končni fazi pa z modelom lahko razpolaga tudi investitor, ki na tak način lahko pripravi in vodi model uporabe objekta. Končni cilj BIM-a v prihodnosti je zamenjava projektne dokumentacije na papirju z digitalnim modelom zgradbe. Ustaljena praksa (2D risanje) se z BIM-om ne more več primerjati. Kompletna 3D predstavitev proti 2D projekciji dejansko prinaša toliko prednosti, da primerjava niti ni več smiselna. Črta ni več samo črta, ampak skupek nešteti informacij, parametrično povezanih tako rekoč z vsakim delčkom modela.

Prvi del diplomske naloge predstavlja modeliranje objekta v BIM programu Revit Architecture 2010. Enega izmed prvih korakov pri implementaciji BIM procesa v delo projektanta namreč predstavlja spoznavanje z novo programsko opremo in »informacijsko« modeliranje prvih projektov. Ta model se nato uporabi za pripravo projektne dokumentacije, ki postane tako še natančnejša in uporabnejša. Dejstvo, da lahko objekt prerežemo kjer koli in kadar koli v tej fazi prepriča in navduši vsakogar. Parametričnost modela v primeru sprememb pospešuje delo s sprotnim prilagajanjem elementov modela na spremembe, kar se neposredno odraža tudi na vsej izdelani projektni dokumentaciji. Tako se napake in neuskkljenost posameznih tlorisov, prerezov, pogledov, ipd. zminimalizirajo oz. izničijo. Spremembe se sproti odražajo tudi v pripravljenih popisih materialov, ocenah investicij, ipd., ki jih pripravimo znotraj programa v okviru informacijskega modela zgradbe. Model se lahko uporabi nadalje v različnih analizah, ki so sestavni del vsakega projekta – statični izračuni ali kot na primer v diplomski nalogi obravnavane energetske analize.

Obravnavali smo bodoči objekt oz. objekta iz sklopa Tehnološkega parka na Brdu v Ljubljani, imenovana Objekt F1/1 in Objekt depojev Mestnega muzeja. V prvi fazi smo modelirali nosilno armiranobetonsko konstrukcijo. Predstavljeni so osnovni gradniki, iz katerih je nosilna konstrukcija sestavljena in običajne poti modeliranja le-teh. Sledi modeliranje od temeljev do strehe – najprej modeliranje garažnih kletnih etaž, objekta arhiva ter nazadnje nadzemnega dela objekta poslovnih prostorov. Z vstavitvijo vseh vratnih odprtih, odprtih za prezračevanje in drugo inštalacijo ter dvigalnih in inštalacijskih vertikalnih jaškov se modeliranje nosilne armiranobetonske konstrukcije zaključuje.

BIM je orodje, s katerim projektiramo. Pomaga nam izpolnjevati zahteve naročnika, predpisov, standardov ipd. V zadnjem času pa se vse bolj zavedamo tudi vpliva ljudi na okolje, kar se odraža v večji ozaveščenosti glede potrebe po varčevanju z energijo in varovanju okolja. Poceni energije, surovin in drugih virov, značilnih za preteklo industrijsko revolucijo ni več in svetovna ekonomija 21. stoletja bo odvisna od varčevanja z energijo, ekološkega načrtovanja, recikliranja, ponovne uporabe, ponovne izdelave in popravil. Svetovna gradbena industrija je odgovorna za porabo približno tri milijarde ton materialov oz. 40% celotne svetovne porabe vseh materialov. Prav tako objekti med gradnjo in uporabo porabijo približno 40% vse potrebe po energiji in naravnih virov na svetu. Nazadnje pa gradbeni odpadki po sklenjenem proizvodno-potrošniškem ciklusu predstavljajo 40% vseh odpadkov na svetu. (Kunič, Krainer, 2008)

V naslednjih desetletjih je zato za predvidevati veliko industrijsko revolucijo tudi na gradbenem področju. Vzporedno s tem je za pričakovati, da bo ključno vlogo igral tudi BIM in njegova uporaba pri realizaciji novega pristopa. Največji poudarek bo namenjen trajnostnemu načrtovanju. Poleg tega se gradbeno industrijo izpostavlja tudi kot dvojno zmagovalko v prihajajočih spremembah – okoristila naj bi se tako zaradi klimatskih sprememb kot tudi zaradi vladnih politik, ki bodo posledica le-teh. (Turk, 2009) Svetovna statistika kaže, da je pri zmanjševanju toplogrednih izpustov gradbeništvo eden od najpomembnejših sektorjev, kjer lahko z obstoječimi tehnologijami dosežemo največje prihranke tudi na kratki rok. Cilj naloge je bil preveriti, kako lahko s pristopom BIM odgovorimo tudi na te zahteve.

V začetku tega obdobja zavedanja trajnosti so projektanti marsikdaj gradili »na pamet« in uporabljali številne rešitve hkrati, ki so se izkazale za premalo učinkovite ali celo neuporabne, ko so bili objekti zgrajeni. Logično je, da ni vsaka rešitev primerna za vsak objekt. Še slabša je rešitev, ko se projektant odloča za obravnavo in uporabo gradnikov, ki določajo trajnostne parametre zgradbe, v zadnji fazi projektiranja, kar ni smiselno.

»Zagotavljanje primerne trajanja osončenja predstavlja trajen problem, posebno v stanovanjski gradnji. Obstoječi pristop k načrtovanju zazidav, kjer je trajanje osončenja posledica in ne vzrok oblikovanja prostora, je v nasprotju s tradicijo in znanjem, ki je v našem prostoru že obstajalo. V želji pozimi zajeti čim več sončne energije se moramo prilagoditi poti sonca na dani lokacija in jo vgraditi v nastajajoči projekt na samem začetku snovnja – ne pa je kontrolirati na koncu.« (Kristl, Krainer, 2007)

Zato se zdi nova možnost uporabe virtualnih simulacij še kako dobrodošla. Projektanti bi lahko (znotraj ali izven primarnega BIM programa) z uporabo različnih programskih aplikacij primerjali različne variantne rešitve in se odločili za najprimernejše. Vse analize se lahko

izvajajo že v začetni fazi, t.j. zasnovi objekta, ki je tudi najprimernejša za tako delo, saj lahko rezultati analiz in simulacij vodijo zasnovo in obliko objekta in ne obratno.

Diplomska naloga prikazuje uporabo dveh programov, namenjenih za energijske analize objektov: Ecotect Analysis 2010 in Green Building Studio (GBS). V prvem sta predstavljeni študiji osončenosti in osenčenosti in s tem vpliv objekta na okolico (in obratno). Višji, ko je obravnavani objekt oz. objekti v okolici obravnavanega objekta, pomembnejša je analiza vpliva objekta na okolico in okolice na objekt, saj so z višino objekta sence izrazitejše in vpliv večji. Omenjeni študiji sta med najaktualnejšimi tudi v trenutno trajnostno ozaveščenih časih, kar je zapisal tudi Krainer (2008): »Pravica do sonca dobiva z energetske krize nove razsežnosti. Ker bo sonce v prihodnosti vedno bolj pomemben vir energije, želimo celo, da bi bilo v bivalnem okolju in delu delovnega okolja najpomembnejše, zato je treba zagotoviti, da nihče ne sme preprečiti sosedu optimalne uporabe zemljišča tudi z energetskega vidika.« V fazi zasnove objekta so podatki o energetske učinkovitosti dobrodošli in uporabni, saj nam pogostokrat dajejo možnost, da z minimalnimi spremembami maksimalno vplivamo na učinkovito delovanje objekta. Tako je tudi predstavljena energijska analiza celotnega objekta v programu GBS.

Prvič v zgodovini projektanti z uporabo novih tehnologij dobivajo možnost graditi isti objekt dvakrat – prvič virtualno in drugič realno. To pa omogoča gradbenemu procesu, da postane hitrejši, cenejši in bistveno kakovostnejši.

1.1 Pregled vsebine

Temu uvodu sledi poglavje o BIM-u in trajnostnem razvoju. Opišemo način projektiranja v preteklosti, zakaj se je BIM pojavil ter njegov pomen za projektantsko delo. Sledi kratka predstavitev problema interoperabilnosti v gradbeništvu, ki vidi BIM kot tisto rešitev, s katero lahko delajo vsi programi, ki se v času njene življenjske dobe dotaknejo zgradbe. Interoperabilnost je predpogoj za učinkovito vključitev orodij za analizo energetske učinkovitosti, saj se orodja naslonijo na obstoječe informacije o zgradbi, ki so bile zbrane za druge potrebe.

V tretjem poglavju je predstavljena ena izmed glavnih BIM programskih aplikacij na tržišču – Revit Architecture 2010. Opisana je zgodovina programa in trenutno aktualne zmožnosti in uporabne funkcije te nove različice programa. Sledi podrobnejši opis poteka modeliranja osnovne armiranobetonske konstrukcije obravnavanega bodočega objekta F1/1 v Tehnološkem parku v Ljubljani. Objekt bi lahko razdelili na tri prostorske enote – garažne kletne etaže, arhiv in objekt poslovnih prostorov; in podobno je tudi razdeljena predstavitev modeliranja objekta. Predstavitev modeliranja se na fazi armiranobetonske konstrukcije ustavi, saj sledi zavedanje, da pri uporabi programov za določanje analiz v trajnostnem smislu

ne potrebujemo povsem detajlnega arhitekturnega modela, kot je bilo to v začetni fazi predvideno.

Zato se četrto poglavje posveti najprej modeliranju novega modela objekta v konceptualni zasnovi. Nato sledi analiza modela v programu Ecotect Analysis 2010, kjer sta prikazani analiza povprečne dnevne osončenosti in študija senc. V naslednjem podpoglavju pa je predstavljena še analiza v programu Green Building studio, ki predstavlja študijo možnih variantnih rešitev zasnove objekta ter s tem povezano zmanjšanje emisij CO₂ in letno zmanjšanje stroškov zaradi teh alternativnih rešitev.

V petem poglavju so predstavljeni zaključki. Kaj smo se iz naloge naučili, kaj je delovalo dobro, kje so bile težave in kje vidimo možnosti za izboljšave.

Sledijo še viri, ki so bili uporabljeni pri izdelavi diplomske naloge ter priloge.

2 BIM IN TRAJNOSTNI RAZVOJ

BIM (*Building Information Modeling*) predstavlja nov trend projektiranja v gradbeni industriji. Nov način dela in nov način razmišljanja z BIM-om že začneja ponovno združevati posamezne projektante, izvajalce in investitorje v pravem timskega smislu, ki bo v prihodnosti samo še izraziteje nadomestilo trenutno prevladujočo razslojenost posameznih panog. Le-ta je posredno nastala tudi zaradi omejenosti dela v dveh dimenzijah, ki ima večjo težnjo k napakam in nenatančnostim, ki so po izkušnjah avtorja ponavadi tudi eden izmed razlogov negativnih odnosov med posameznimi projektanti. Glavni cilj BIM metodologije je zmožnost vpogleda v zgradbo kot celoto v enem, enotnem digitalnem modelu.

Trajnosti razvoj na drugi strani predstavlja eno najaktualnejših svetovnih tematik na vseh spektrih človeškega delovanja. Z zavedanjem vseh negativnih posledic na planet, ki jih puščamo za seboj, je postalo obdobje, v katerem živimo, eno izmed pomembnejših v človeški zgodovini, saj imamo trenutno še možnost, da tudi za prihodnje generacije ohranimo svet v stanju kot ga poznamo – ugodnim za življenje.

2.1 BIM – preteklost, sedanjost in prihodnost

Ena izmed glavnih nalog v industriji (arhitekturi, gradbeništvo, strojništvo, ipd.) je načrtovanje in predstavljanje projektov. Za to so v preteklosti imeli projektanti na voljo (karikirano) le svinčnik in list papirja. Za proces izvedbe potrebna tehnična dokumentacija je morala tako preko sklopa številnih med seboj povezanih dvodimenzionalnih načrtov omogočati karseda razumljiv in enostaven način predstavitve trodimenzionalnega objekta. Uveljavila se je praksa dokumentacije v obliki tlorisov, prerezov, detajlnih načrtov, ipd. V številnih primerih se je zaradi težavnosti načrtovanja v 2D tehniki izkoriščal izhod v sili pri risanju načrtov v smislu dodanih komentarjev »v primeru nejasnosti kontaktirajte projektanta« ali »shematski prikaz« in podobno.

V članku »Proto-Building: To BIM is to Build« John Tobin (2008) zapiše: »BIM, lahko nasprotujete, ponuja povsem drugačen pristop, tak ki nam omogoča, da se premaknemo preko reprezentacije v simulacijski gradbeni proces.«

(Building Information Modeling (BIM), it can be argued, offers an entirely different proposition, one that allows us to move beyond representation and into a simulated building process.)

BIM predstavlja v industriji ogromno novost, ki bo povsem spremenila ustaljeno prakso projektiranja. Zavedanje tega dejstva se pri nas še ni povsem pojavilo in predvidevam, da bo tudi sprememba pri nas manj intenzivna in bo prišla k nam z zamudo, saj je zaradi majhnosti trga težko predvidevati kakšno drugo varianto. V razvitem svetu, predvsem v ZDA, kjer je

BIM projektiranje najbolj intenzivno, bi lahko po Tobinu (2008) trajektorijo razvoja BIM-a razčlenili na tri faze.

- V prvi fazi je BIM predstavljal le novo, učinkovitejše orodje za procesiranje projektne dokumentacije in je tako začel nadomeščati ustaljeno CAD (2D) projektiranje. Projektanti so začeli spoznavati prednosti 3D modeliranja z elementi, ki nudijo večkratno uporabo in možnosti procesiranja več različnih načrtov (tlorisov, prerezov) hkrati. Čas priprave načrtna dokumentacije se je tako zmanjšal, BIM pa je začel omogočati tudi hkratno pripravo seznamov materialov in količin.
- V trenutno aktualni drugi fazi razvoja BIM-a se vsepogosteje ne govori več le o 3D modeliranju, temveč o 4D (komponenta časa), 5D (komponenta denarja), celo 6D projektiranju (komponenta življenjskega cikla objekta). Sicer omenjeni parametri res ne predstavljajo dejanskih novih dimenzij in so zgolj predmetne lastnosti, a jih s takim poimenovanjem karakteriziramo in izpostavimo, saj se v gradbenem procesu definitivno pojavljajo med pomembnejšimi parametri. Projektanti vseh sodelujočih panog postajajo vse bolj medsebojno povezani in vse izrazitejša postaja možnost, da projektanti gradijo objekt tako rekoč dvakrat in zmanjšajo možnost napak na minimum, t.j. možnost, ki je prej ni bilo. Edino omejitev trenutno predstavlja interoperabilnost programske opreme, ki je trenutno še malo toga v tem smislu. Kolikor poznamo, se večina projektantov trenutno sooča s problemi novega načina dela in razumevanjem, kako graditi BIM modele. BIM predstavlja ključno spremembo, kjer so začetne težave neizbežne in nujne – to je definitivno nov način projektiranja in razmišljanja, ki se zelo razlikuje od ustaljene prakse v preteklosti.
- V tretji fazi, ki se bo pojavila v prihodnosti, je za predvidevati rešitev problemov interoperabilnosti in medsebojno povezanost vseh sodelujočih panog. Povezava bo verjetno temeljila na 3D mrežnem oz. internetnem sodelovanju z uporabo BIM modelov, ki bodo postali dejanski prototipi objektov zmodelirani tako, kot bodo v realnem svetu tudi zgrajeni. Tehnološki faktor (razvoj programske in strojne opreme) v tem procesu ne bo igral tako pomembne vloge, kot jo bo človeški faktor – tu se bo potrebno otresti trenutne samostojne prakse in se zavedati, da je proces dela interdisciplinaren.

2.1.1 Interoperabilnost v gradbeništvu

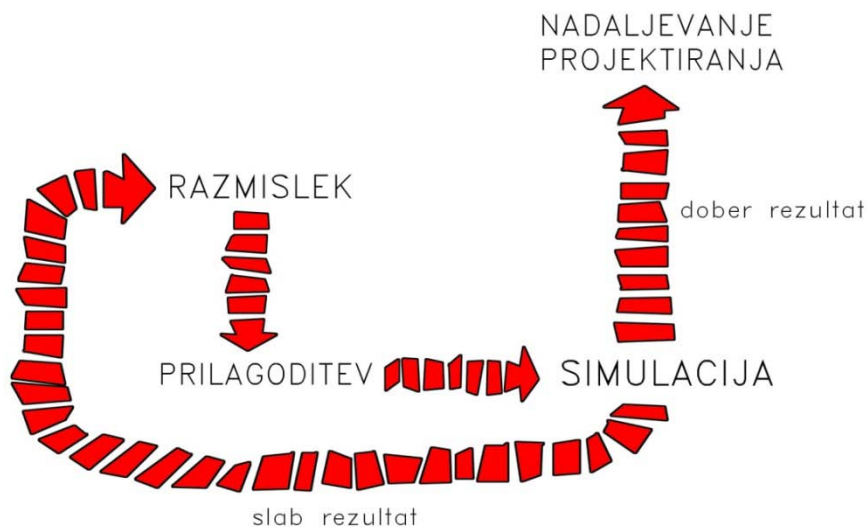
V primerjavi z ostalimi vejami industrije je gradbeništvo zaradi svoje interdisciplinarnosti med prvimi na seznamu potrebnih čimprejšnje zmožnosti interoperabilnosti v procesu dela. Druga industrija omogoča delo po ustaljenem načrtovanem procesu z zaključenim krogom ljudi in dobro integriranim procesom masovne proizvodnje, kjer je potrebna načeloma le ena sama dokumentacija. V gradbeništvu pa se pojavi t.i. »fenomen enkratnosti:

- enkraten proces: proces načrtovanja, projektiranja, gradnje in vzdrževanja ni nikoli identičen s predhodnimi,
- enkraten produkt: stavbe in inženirski objekti so praviloma unikatni in s tem tudi spremljajoča dokumentacija in njena uporaba,
- enkraten krog sodelujočih: od projekta do projekta se spreminja tako projektna skupina (arhitektov, gradbenikov in drugih inženirjev) kot tudi investitor, izvajalci, podizvajalci in dobavitelji,
- enkraten obseg: v odvisnosti od številnih dejavnikov (zahtevnost projekta, lokacija, razpoložljiva finančna sredstva, delovna sila itd.) se razlikuje tudi obseg zgornjih treh kategorij, tako po kvantiteti kot tudi po kakovosti.«

(Cerovšek, 2003)

Zaradi teh lastnosti bi bilo projektiranje v gradbeništvo močno olajšano, če bi bila omogočena interoperabilnost programske opreme in s tem tudi odprta komunikacija med arhitektom in gradbenim inženirjem ter drugimi sodelujočimi v procesu projektiranja.

Interoperabilnost pa je trenutno aktualna tema tudi pri povezavi s trajnostnim razvojem oz. projektiranjem. Projektanti spoznavajo, da zaradi kompleksnosti objektov poenostavljene metode analiziranja in računanja niso več prava rešitev, saj ne zagotavljajo zadostne zanesljivosti, da bo zgrajeni objekt res tako učinkovit, kot je bilo to predvideno v fazi načrtovanja. Ravno v fazi načrtovanja in zasnove objekta se ponavadi sprejemajo ključne odločitve, ki oblikujejo in definirajo objekt ter delovanje le-tega. Pri razumevanju delovanja zgradbe nam pomagajo simulacije in analize temu namenjenih programskih aplikacij. Dr. Andrew Marsh (eden od razvijalcev programa Ecotect) je definiriral izraz »*performative design*«, ki bi ga lahko prevedli v »performančno načrtovanje«. Izraz definira razumevanje delovanja zgradbe kot integrirani del procesa zasnove objekta. Koncept enostavno lahko prikažemo kot shemo povratne zanke, kot jo je po definiciji dr. Marsha oblikoval Thoo (2008), (Slika 1).



Slika 1: Shema performančnega načrtovanja po Marshu.

Tako se pojavlja potreba po analiziranju in projektiranju objekta v trajnostnem smislu že povsem na začetku, kar jasno definira potrebo po interoperabilnosti programskih aplikacij za zasnovano oz. projektiranje objekta na eni in za analiziranje energetske učinkovitosti na drugi strani. Trenutno se je še najbližje približal zmožnosti take interoperabilnosti program Ecotect, ki je za razliko od drugih že zmožen uvoza informacijskega modela iz drugih programskih aplikacij preko formata gbXML (Green Building eXtensible Markup Language: Razširljiv označevalni jezik Green Building) in tudi IFC (Industry Foundation Classes: Temeljni industrijski razredi).

2.1.2 Primerjava IFC in gbXML

Trenutno sta formata IFC in gbXML dve prevladujoči informacijski infrastrukturi v gradbeni industriji oz. konkretnije v podatkovni izmenjavi med posameznimi programskimi aplikacijami (CAD, BIM, simulacijska orodja, ipd.).

»IFC predstavlja standardni način zapisa modela zgradbe, XML pa jezik za opisovanje strukturiranih podatkov ali arhitekturo za prenos podatkov in njihovo izmenjavo med različnimi programskimi orodji. IFC in aecXML specifikaciji sicer izvirata iz nasprotnih koncev informacijskega kontinuuma, vendar pa ju lahko označimo kot komplementarni tehnologiji, katerih obstoj in uporaba je nujna pri sodobnem produktne modeliranju.« (Pazlar, 2008)

Uvedba in razvoj standarda IFC je bila posledica zavedanja potrebe po zmožnosti interoperabilnosti različne AEC/FM programske opreme, ki je v uporabi. Nad razvojem standarda IFC bdi IAI (International Alliance for Interoperability: Mednarodno združenje za interoperabilnost), ki se je ustanovila po iniciativi združitve 12 ameriških podjetij z namenom raziskave možnosti medsebojnega delovanja različnih programskih aplikacij iz leta 1994. Terminološki razvoj IFC standarda se kaže v skoraj vsakoletni novi izdaji.

Razvoj IFC standarda je živ in v združenju je vse več članov s celega sveta, ki s svojim doprinosom potrjujejo pomembnost interoperabilnosti v AEC/FM panogah.

Leta 1999 je podjetje Bentley Systems za sektor AEC/FM (Architecture, Engineering, Construction/Facilities Management: arhitektura, projektiranje, gradnja/upravljanje z zgradbami) predlagalo specifikacijo XML-ja, imenovano aecXML. Junija 2000 pa se je aecXML specifikaciji priključil še gbXML.

gbXML se je uvedel kot jezik za transformacijo, ki omogoča interoperabilnost informacijskih modelov zgradb in ostalih inženirskih analitičnih orodij in modelov, ki se nanašajo na analiziranje energetske učinkovitosti. IFC pa prevzema celovit in generičen pristop reprezentacije celotnega gradbenega projekta od konstrukcije objekta do operacij oz. dogajanja znotraj objekta. IFC uporablja »navzdol« (»*top-down*«) relacijo, ki predstavlja relativno kompleksno podatkovno reprezentacijsko shemo in večjo datoteko. gbXML pa prevzema obratno relacijo »navzgor« (»*bottom-up*«), ki je fleksibilna, odprtokodna in relativno neposredna podatkovna shema. Prva shema zna slediti nazaj vsem semantičnim spremembam, ko se spremeni določena vrednost elementa v shemi. Kljub temu je kompleksna za programiranje in implementacijo v programe. Shema gbXML ima manj nivojev kompleksnosti. Ta pristop se je izkazal za uspešno pri omogočanju internetnih simulacijskih servisov (kot je na primer Green Building Studio). IFC naj bi imel potencialne koristi zaradi svoje visoke organiziranosti in relacijske podatkovne reprezentacijel. Na drugi strani pa je gbXML enostavnejši za razumevanje, kar se odraža v hitrejši zmožnosti implementacije v različnih procesih projektiranja. (Dong, et al., 2007)

Trenutna pomanjkljivost pri interoperabilnosti gbXML formata in na primer programa Ecotect je nezmožnost povratne zanke, t.j. povratnega uvoza v BIM programsko aplikacijo, iz katere je bil prvotno ustvarjen gbXML format za analizo objekta, tako da dejansko ne gre za povsem pravo interoperabilnost med aplikacijami, a kljub temu povezuva omogoča učinkovitejšo projektiranje v fazi zasnove objekta.

Pomemben trenutek v zgodovini pa je predstavljala tudi presenetljiva novica izdana na združenih novinarskih konferenci dveh vodečih podjetij v industriji, Autodesk-a in Bentley-a, v Kaliforniji julija 2008. Do tega trenutka bolj ali manj rivalsko nastrojene korporaciji, sta najavili medsebojno sodelovanje z razširitvijo interoperabilnosti svojih AEC programov.

Podpirali naj bi tudi medsebojne API-je (Application Programming Interfaces: Aplikacijski programirni vmesnik) z namenom boljše integracije med njunimi posameznimi programskimi aplikacijami. Autodeskova programska platforma z Revitom predstavlja vodilno vlogo v AEC panogi – po raziskavi spletne skupnosti AECbytes iz konca leta 2007 predstavlja le-ta 67% delež uporabe, medtem ko Bentley BIM uporablja 15% uporabnikov. Ozadje združitve korporacij še vedno tako ni povsem znano in marsikoga bega, predvsem ozirajoč se na Autodeskovo dominanco in dosednji nastop na trgu kot »300 kilogramska gorila« (po poimenovanju Khemlanijeve). Jasno pa je, da se je zaradi teh dogodkov še bolj pojavil dvom v obstoj IFC standarda kot nevtralnega formata, ki bi interoperabilno povezoval vse različne programske aplikacije. Že leta 2003 je Khemlanijeva pod vtisi konference »AIA Technology in Architectural Practice Conference« v San Franciscu oz. t.i. razprave »Great BIM Debate of 2003« zapisala (Khemlani, 2008):

»Predvidevam, da bo problem interoperabilnosti postal kritično odvisen od Autodeskove implementacije BIM strategije. Če se Revit dokaže kot učinkovito, zadostno in inteligentno BIM orodje, bo Autodeskov pristop z »notranjo povezljivostjo« prevladal nad pristopom »odprtokodnega formata« kot je IFC, ki bo tako izgubil na pomenu.«

(I would also say that the issue of interoperability will become more or less critical depending upon how well Autodesk's BIM strategy plays out. If Revit proves itself as an effective, efficient, and intelligent BIM tool, Autodesk's "designed interconnections" approach will prevail over the "open file format" approach, and interoperability efforts such as IFC will lose ground.)

Razvoj IFC standarda se kljub vsem pričakovanjem dejansko ne razvija dovolj hitro. A zaradi tega ni za pričakovati, da bi se pojavil nov podobni format oz. standard, ki bi nadomestil IFC. Autodesk na drugi strani pa vse bolj kaže na potrditev Khemlanijeve hipoteze, saj s širitvijo korporacije in kupovanjem podjetij v pomožnih oz. sodelujočih panogah namesto uporabe odprtokodnega formata krepi direktno medsebojno integracijo programskih aplikacij. Prihodnost bo prinesla svoje, a že zdaj se zaradi tega pojavljajo špekulacije, da bo tudi Bentley prišel pod okrilje Autodesk, ki bi na tak način lahko postavil svoje standarde v industriji (Khemlani, 2008).

2.2 Trajnostni razvoj

Izraza »zeleno« in »trajnostno« šele v zadnjih letih pridobivata na moči in zavedanju ljudi o pomembnostih, ki jih prinašata. Če bi leta 2005 omenili nekemu izven stroke, da gradite zeleni objekt, bi potrebovali nadaljno razlago, da s tem ne mislite na barvo, ampak na okolju prijazen objekt. Danes to ni več potrebno, saj je tematika ena izmed najbolj aktualnih in se z njo srečamo na tak ali drugačen način vsak dan. Strokovno se je izraz »zeleno« razširil v primernejši izraz »trajnostno«, ki zajema večji učinek, ki ga dejansko ta princip prinaša.

»Zeleno« se namreč nanaša predvsem na reciklažo in okolju prijazno delovanje, »trajnostno« pa zajema celotni življenski cikel produkta oz. objekta. (Krygiel, Nies, 2008)

Leta 1987 je *World Commission on the Environment and Development* (poznani tudi kot *Brundtland Commission*) Združenim narodom predlagal kratko in jedrnato definicijo trajnostnega razvoja:

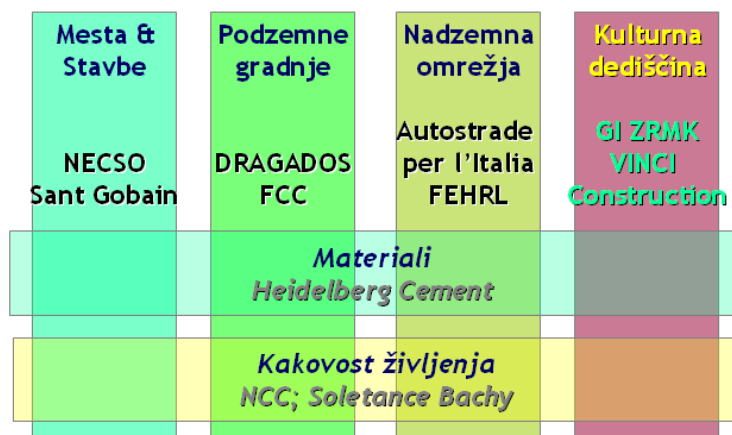
»Trajnostni razvoj upošteva potrebe sedanjih generacij brez ogrožanja lastnih potreb prihodnjih generacij.«

(*»Sustainable development meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs.«*)

Kot rezultat zavedanja pomembnosti trajnostnega delovanja, so se v evropski uniji (EU) vzpostavile t.i. tehnološke platforme, ki bodo odigrale pomembno vlogo pri tržno pogojenem razvoju industrijskih sektorjev in brez katerih bi bili težko doseženi zastavljeni lizbonski cilji na področju gospodarske rasti in konkurenčnosti, s tem pa tudi cilji socialne in okoljske politike. Kot posledica visoke pomembnosti gradbene industrije v gospodarskem sektorju Evrope, se je izoblikovala tudi Evropska gradbena tehnološka platforma (*European Construction Technology Platform, ECTP*), ki je dobro organizirana in pozicionirana v EU. Namen ECTP platforme je:

- Določitev raziskovalnih in razvojnih prioritet, razvojnih programov in sredstev na številnih strateških področjih z veliko družbeno pomembnostjo za doseganje evropskih ciljev rasti, konkurenčnosti in trajnostnega razvoja.
- Povezovanje zainteresiranih skupin za skupno vizijo in pristop k razvoju aktualnih tehnologij.
- Aktiviranje potrebne kritične mase raziskovalnih in inovacijskih aktivnosti.

Platforma je organizirana po vsebinskih področjih (*Focus Areas, FA*) in nacionalnih platformah (*National Technology Platforms, NTP*). V okviru teh aktivnosti je bila v oktobru 2004 ustanovljena tudi Slovenska gradbena tehnološka platforma (SGTP).



»Na sliki so vsebinska področja ECTP in nosilna podjetja. Štiri začetna vsebinska področja predstavljajo specifične industrijske segmente. Dve horizontalni področji (material, kakovost življenja) pa povezujejo vsa področja.«, (Gumilar, Žarnić, 2005, str. 2)

Trajnostni razvoj je zajet v vsebinskem poglavju »Kakovost življenja«, kjer so osnovni nameni osredotočeni na iskanje načinov za manjšo porabo energije, manjše nastajanje toplogrednih plinov, manjšo generacijo odpadkov, ipd. V okviru ECTP je bila februarja 2005 predstavljena tudi Vizija 2030 (*Vision 2030*) – vizija za trajnostni in konkurenčni gradbeni sektor do leta 2030 (*A vision for a sustainable and competitive construction sector by 2030*). Vizija upa na do 30% zmanjšanje stroškov življenjskega cikla zgradb, 50% zmanjšanje izvedbenega časa in 50% zmanjšanje nesreč na gradbiščih. V 4. poglavju vizije »*Becoming sustainable*« so izpostavljeni različni cilji na sledečih področjih:

Področje interakcije grajenega (umetnega) in naravnega okolja

Zmanjšanje negativnega vpliva konstrukcij na okolje. Razvoj urbanizma, gradbenih, materialnih, infrastrukturnih in sanacijskih shem prilagojenih okoljskim in klimatskim spremembam. Zmanjšanje emisij CO₂ novih in obstoječih objektov. Graditi nove objekte finančno učinkovito v energijsko pozitivnem smislu. Drastično zmanjšanje negativnih vplivov infrastrukturnih konstrukcij.

Področje interakcije grajenega (umetnega) okolja s prebivalstvom

Izboljšanje okolja za ljudi. Razvoj kriterijev zdravstva, varstva, delovanja. Zmanjšanje negativnega vpliva na okolje zaradi vsakodnevnih aktivnosti prebivalstva.

Proizvodnja

Drastično zmanjšanje porabe virov v proizvodnji z zmanjšanjem količine porabljenega materiala, zmanjšanjem emisij produktov v uporabi, izboljšanjem možnosti sanacij in recikliranja, ipd.

Obstoječe zgradbe in infrastruktura

Implementacija energijsko ambicioznih programov sanacij. Zmanjšanje količine toplogrednih plinov. Razvoj inteligentnih in trajnostnih vodenj zgradb in infrastrukture.

V trajnostno delovanje pa bo indutrija tako rekoč tudi prisiljena zaradi obdavčitev in regulacij s strani države in vladnih organizacij, ki bodo tako pritiskale na energijsko potratne panoge. Prav tako bodo surovine in energija postale še dražje, zato bo učinkovitost delovnih procesov postalo ključno pri konkurenčnosti. (Turk, 2009) Dodatni državni instrument spodbujanja trajnostnega načrtovanja pa predstavljajo tudi subvencije za tako delovanje.

Slovenija se je pridružila 141 državam in je leta 1997 sprejela kjotski sporazum, ki je začel veljati leta 2005. S tem se je zavezala, da bo do leta 2012 zmanjšala emisije toplogrednih plinov za osem odstotkov glede na izhodiščno leto 1986. Trenutno Slovenija ne dosega zastavljenih ciljev, saj z 20 milijoni kiloton izpustov CO₂ presega s protokolom določenih 18,8 milijonov kiloton. Taka kršitev sporazuma Slovenijo bremeni za 20 milijonov evrov letno. Poleg proizvodnje električne energije in prometa, kot glavnih virov toplogrednih plinov, sta na tretjem mestu prav industrija in gradbeništvo. Problematika le-teh je laže in hitreje rešljiva v primerjavi s prvima dvema, a je tudi na tem področju zakonodaja pomanjkljiva, zato se ukrepi izvajajo prepočasi in v premajhnem obsegu. Prvi dokaz za to je Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES), ki ga ves čas spremljajo zapleti, ki jim ni videti konca. Okoljsko ministrstvo ga je po hitrem postopku sprejelo jeseni 2008, tik pred volitvami. Pravilniku so očitali več pomanjkljivosti, nedoslednosti in neskladnosti, kar je rezultiralo v njegov umik, tik preden bi moral začeti veljati v celoti. Izvajanje pravilnika je ministrstvo premaknilo na 1. julij 2010 in trenutno čaka na sprejetje sprememb evropske direktive EPDB (*Energy Performance of Buildings Directive* – Direktiva o energetske učinkovitosti stavb). Ta zamik veljavnosti pravilnika pa naj bi rezultiral tudi v neizdajanju po EPDB zahtevanih energetskih izkaznic stavb. Te naj bi bile izdelane na podlagi izračunanih indikatorjev rabe energije dejansko izvedenega stanja objekta in bodo sestavni del projekta za pridobitev uporabnega dovoljenja.

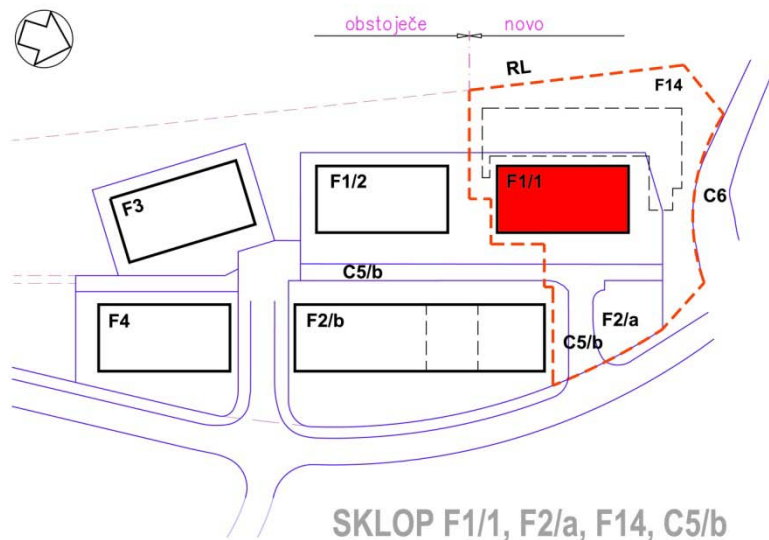
Prepričani smo, da bo pri doseganju vseh zastavljenih ciljev v zvezi s trajnostnim razvojem na področju informacijskih tehnologij igral močno, če ne celo edino vlogo tudi BIM z vsemi možnimi potenciali, ki jih že ponuja. Prav tako se nam zdi smiselna standardizacija BIM procesov, predvsem na področju vzpostavljanja informacijskih modelov, ki bodo uporabni in izmenljivi, ko bodo zasnovani po enotnem principu, standardiziranem principu. Smiselno je tudi še večji poudarek na mednarodnem sodelovanju v tem razvojnem procesu in ne lokalizacija reševanja problematike.

3 MODELIRANJE V PROGRAMU REVIT ARCHITECTURE 2010

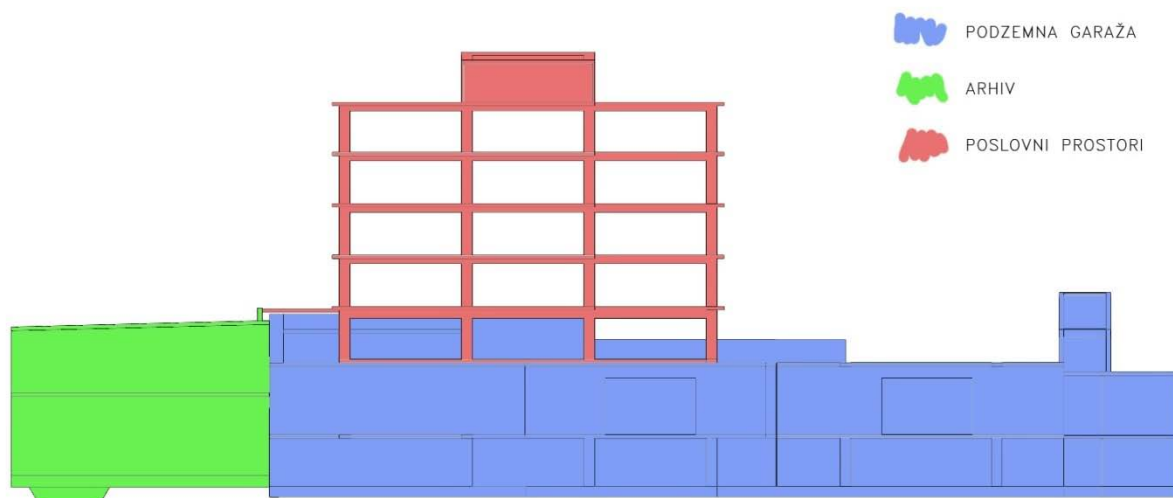
Kot predmet raziskave diplomske naloge smo izbrali bodoča nova objekta v sklopu Tehnološkega parka na Brdu v Ljubljani, imenovana Objekt F1/1 in Objekt depojev Mestnega muzeja. Avtorja naloge v podjetju COSTA, d.o.o. Ljubljana, kjer je opravil študentsko prakso in kjer skrbi za izdelavo načrtnih dokumentacij od leta 2006, v bližnji prihodnosti čaka tudi naloga izdelave PZI (projekt za izvedbo) dokumentacije nosilne konstrukcije za omenjeni objekt. Odgovorni vodja projekta je univ.dipl.inž.arh. Boštjan Kolenc iz podjetja Inženiring 4M d.o.o., s katerim smo se dogovorili za sodelovanje in dovoljenje za uporabo omenjenega objekta pri izdelavi diplomske naloge. Objekt bo zgrajen v okviru 2. etape izgradnje 1. faze Tehnološkega parka. Zasnovo objekta bi lahko razdelili na tri enote – nadaljevanje obstoječe podzemne garaže v dveh etažah, dilatacijsko ločeni podzemni del namenjen arhivu Mestnega muzeja in nadzemni del poslovnih prostorov v 4 nadstropjih.

V poglavju 3.4 se bo izkazalo, da modeliranje za bistvena vprašanja niti ni bilo nujno, ostalo pa je v nalogi, da ilustrira BIM način načrtovanja in predstavi najnovejšo verzijo programa Revit.

TPL - TEHNOLOŠKI PARK LJUBLJANA



Slika 2: Tlorisna shema Tehnološkega parka in obravnavani objekt F1/1.

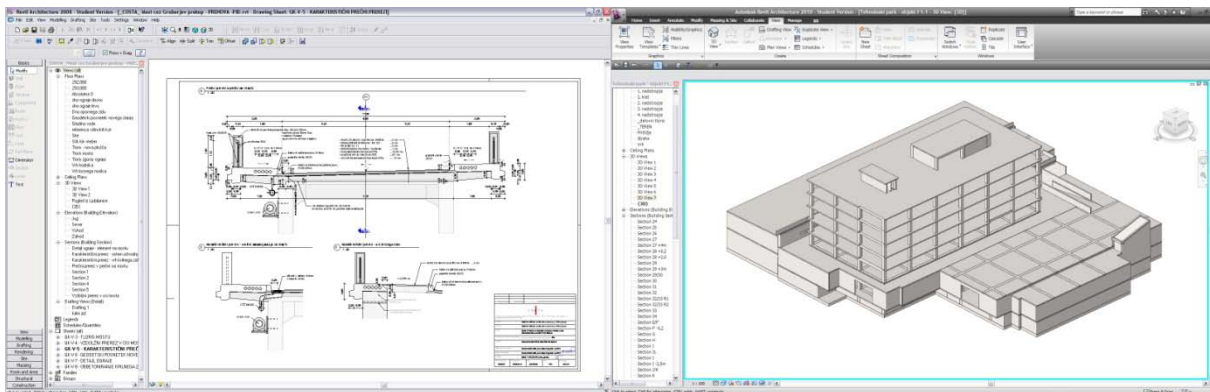


Slika 3: Shematska zasnova objekta F1-1. Pogled z južne strani.

3.1 Zgodovina programa Revit

Začetki razvoja programa segajo v leto 1997, ko se ustanovi podjetje Charles Rivers Company. Po dveh letih je podjetje izdalo prvo uradno različico programa Revit 0.1. V letu 2000 se je podjetje preimenovalo v Revit Technology Corporation in izdalo 7 verzij do aprila leta 2002, ko je podjetje kupila korporacija Autodesk. Program se je nato hitro razvijal in leta 2005 je bila izdana verzija Revit 8.1 (22. različica izdaje programa), ki je bila zadnja verzija s tem imenom, saj se je nato program preimenoval v Revit Building. Zadnja verzija s tem imenom je bila poimenovana Revit Building 9.1. V letu 2007 se pojavi trenutno aktualno poimenovanje programa – Revit Architecture, s takratno različico 2008. Aprila 2008 izzide verzija Revit Architecture 2009. V naslednjem letu pa je izšla različica Revit Architecture 2010.

Verzija 2010 predstavlja korenitejšo spremembo v razvoju zadnjih let in po različnih forumih na spletu se je kresalo kar precej mnenj o novostih in njenih prednostih oz. pomanjkljivostih. Prvič v zgodovini je bil program deležen spremembe uporabniškega vmesnika oz. zunanjega izgleda. Autodesk je v zadnjem letu začel spreminjati uporabniški vmesnik pri svojih programih s tako imenovanim tipom »ribbon«, posnemajoč uporabniški vmesnik Microsoftovega Officea 2007 in ga uvedel tudi v novi različici Revita. Le-ta zahteva sprva kar precej prilagajanja uporabnika na nov način kontrole nad programom, a po prvotnih težavah, ko se uporabnik navadi na novo filozofijo, je ta povsem razumljiva in omogoča še hitrejše delo ter več delovne površine.



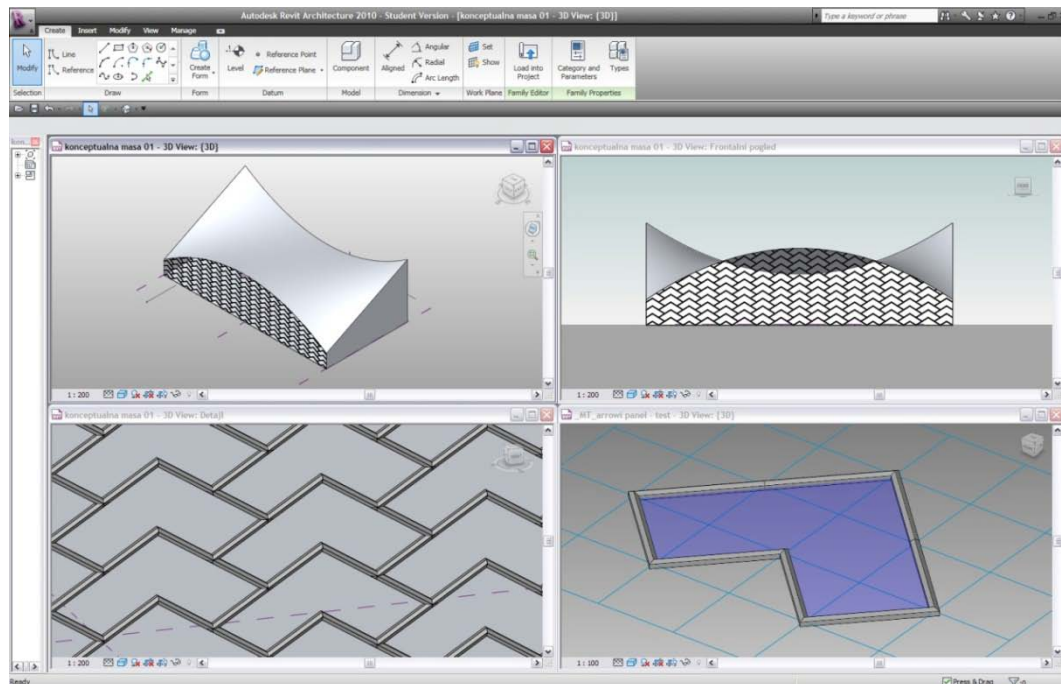
Slika 4: Primerjava uporabniških interferenc verzij 2008 (levo) in 2010 (desno).

Veliko spremembo predstavlja tudi uvedba novega okolja za modeliranje konceptualnih zasnov, ki so bile do te verzije, zaradi slabših zmožnosti Revita, domena drugih programskih aplikacij namenjenih ravno temu. Modelirno okolje se precej razlikuje od osnovnega delovnega okolja in ima na voljo več zmogljivejših funkcij za oblikovanje, kar naredi Revit še bolj samozadosten program. Verzija 2010 omogoča tudi 64-bitno podporo, kar se še posebej pozna pri delu z velikimi in kompleksnimi modeli, pri renderiranju in uvažanju ter izvažanju modelov. Tudi na področju interoperabilnosti je bil narejen korak naprej, še posebej s programoma Civil 3D in Autodesk Inventor ter izvoznim formatom gbXML, ki omogoča boljšo interoperabilnost s programskimi aplikacijami za energijske analize.

3.2 Osnovne lastnosti programa Revit Architecture 2010

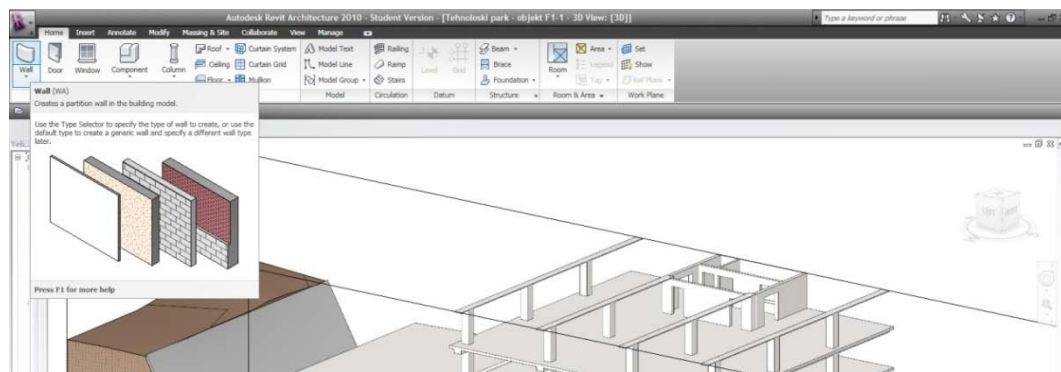
Osnovne lastnosti oz. prednosti programa Revit Architecture 2010 so:

- Novo okolje za modeliranje konceptualnih zasnov, ki omogoča oblikovanje poljubnih oblik modelov. Forme avtomatično dobijo parametrično zasnovo, ki omoča boljšo kontrolo, natančnosti in prilagodljivost, prav tako pa se lahko definirajo kot pravi gradbeni elementi, kar omogoča še boljši prehod iz zasnove na izvedbeno dokumentacijo. Konceptualne zasnove je mogoče tudi učinkovito uvoziti iz številnih programov (AutoCAD, form-Z, Rhino, Google SketchUp in podobni).



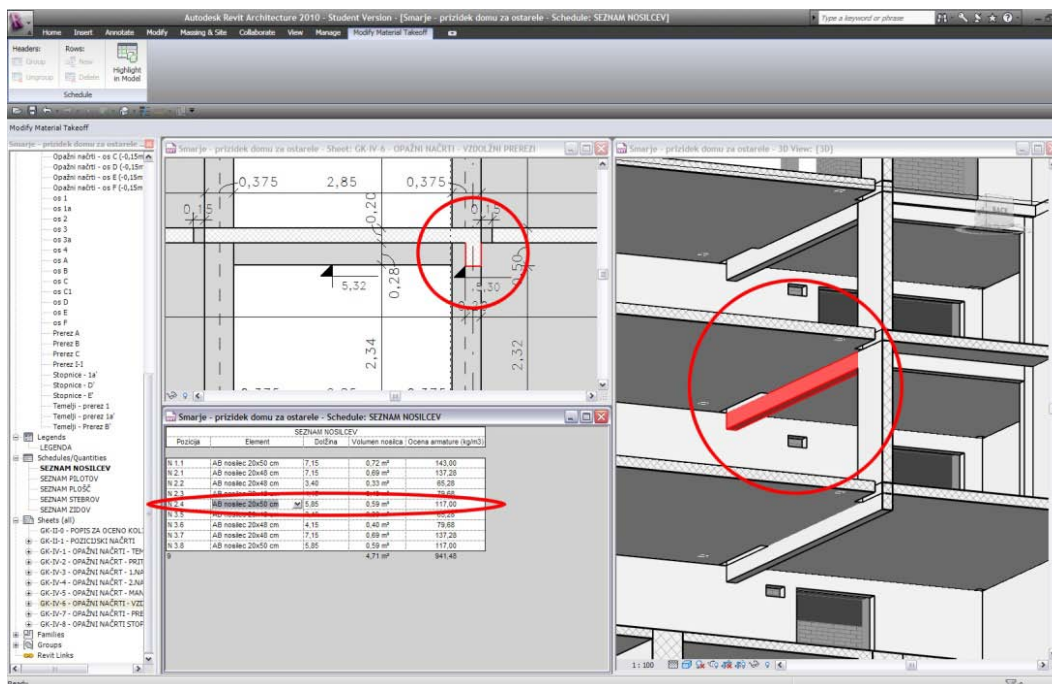
Slika 5: Modeliranje konceptualnih zasnov.

- Nov uporabniški vmesnik, t.i. »ribbon« omogoča boljšo organiziranost delovnega okolja, večjo površino namenjeno modeliranju ter hiter dostop do orodij in njihovih funkcij z logičnim sosledjem delovnega zaporedja. Omogoča tudi prilagodljivost glede na želje uporabnika z vrstico hitrih dostopov do izbranih ukazov oz. orodij.



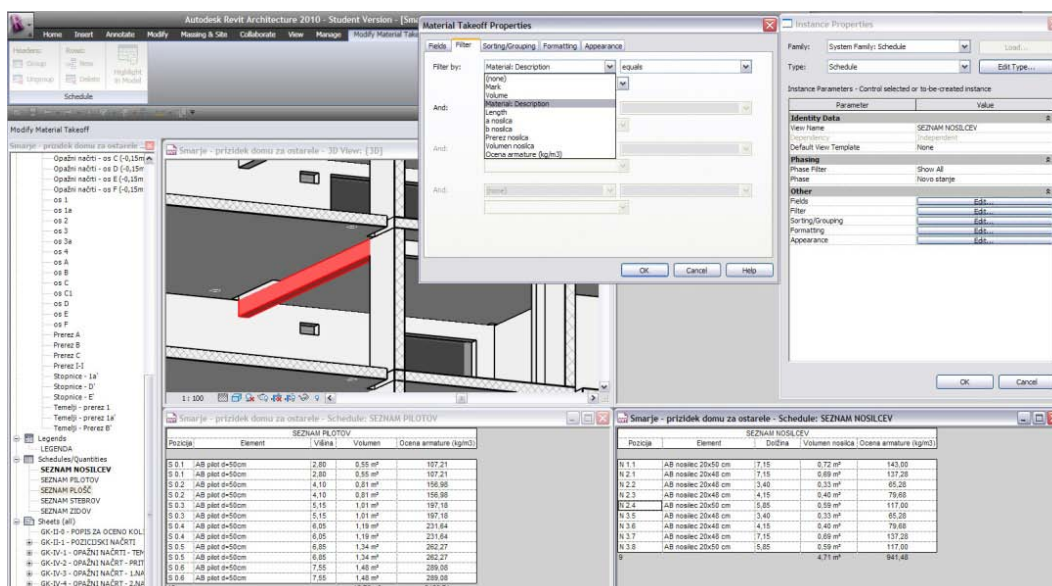
Slika 6: Nov uporabniški vmesnik - *Ribbon*.

- Parametričnost celotnega modela minimalizira možnosti nastanka napak pri spreminjanju modela, kar jasno ponazarja tudi ena izmed osnovnih filozofij Revita, ki jo pri Autodesku citirajo z »*A change anywhere is a change everywhere.*« (»Sprememba kjerkoli je sprememba povsod.«). Vsi podatki in elementi modela so zbrani na enem mestu. Ne glede na število različnih pogledov in načrtnih dokumentacij posameznega modela, se ob spremembi posameznega elementa vsi referenčni pogledi avtomatično posodobijo.



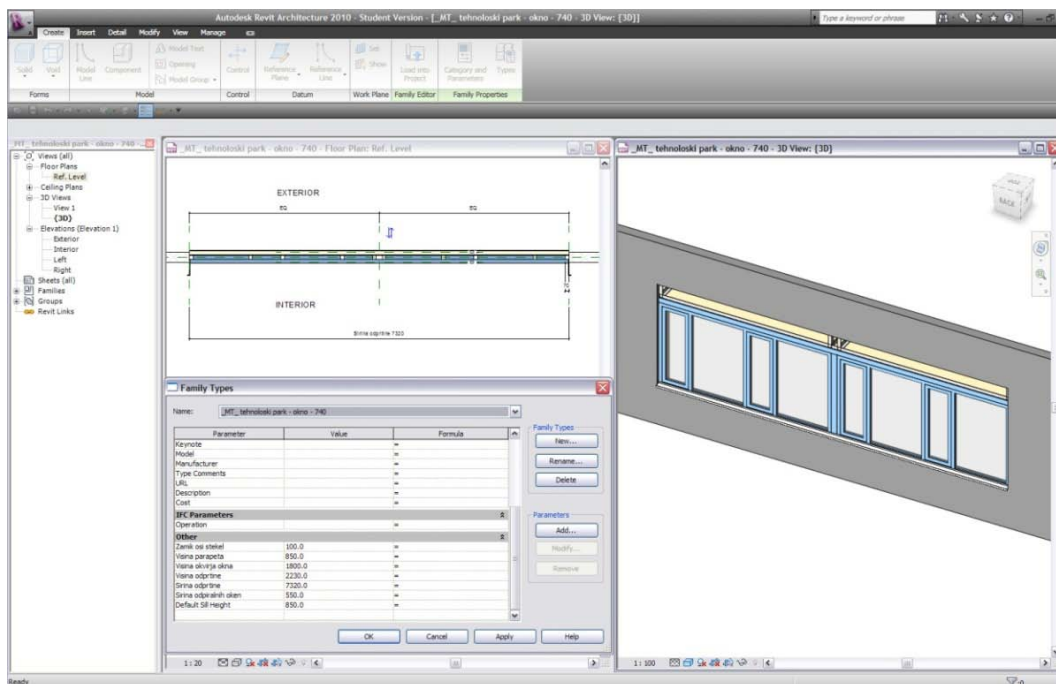
Slika 7: »Sprememba kjerkoli, je sprememba koderkoli.«

- Možnost generiranja seznamov materialov, elementov, ipd. znotraj programa je še ena izmed prednosti programa Revit. Tabele oz. sezname imajo preko definiranja posameznih formul in filtrov veliko možnosti prilagajanja in oblikovanja, hkrati pa predstavljajo tudi parametričnost modela, saj prilagoditve in spremembe lahko preko njih tudi kontroliramo.



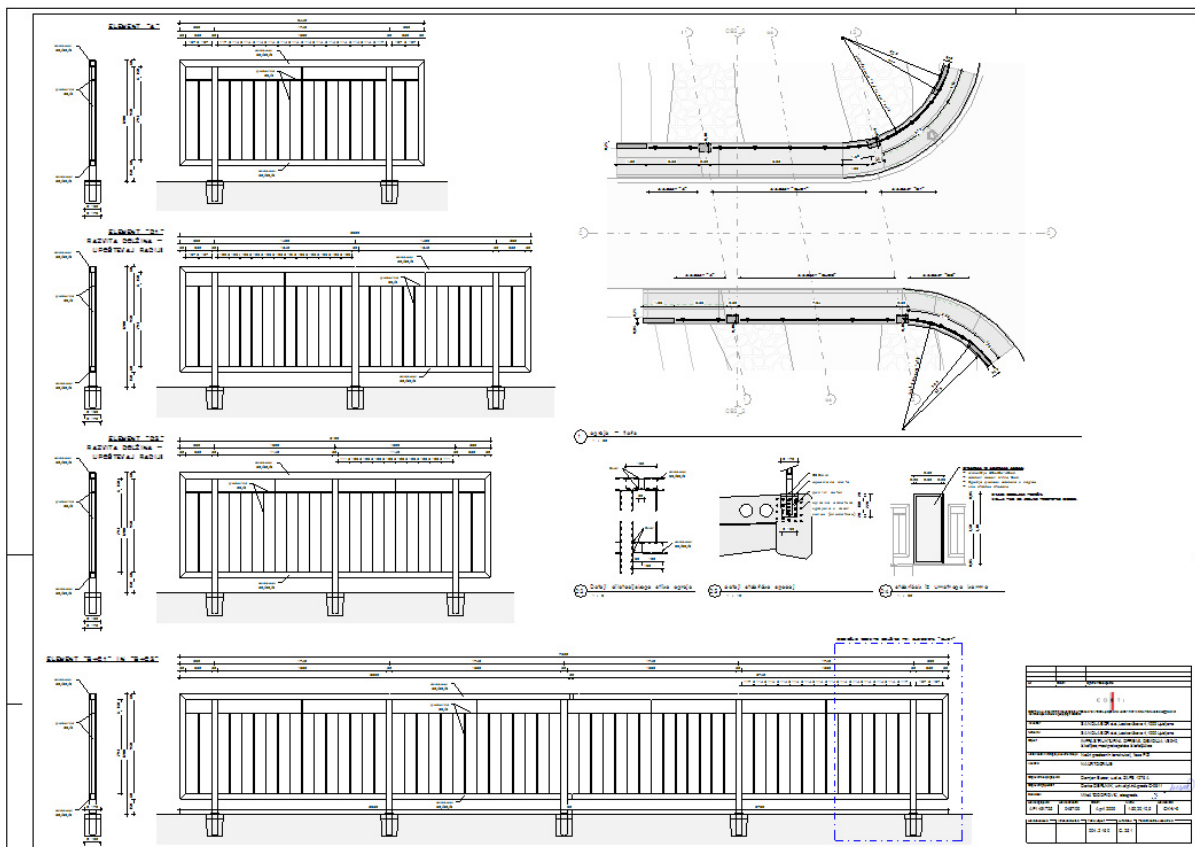
Slika 8: Možnost generiranja seznamov elementov.

- Parametrični komponente oz. družine so bistvo modeliranja znotraj Revita. Celoten model zgradbe predstavlja skupek številnih družin, ki so popolnoma parametrizirane in omogočajo prilagodljivost željam in zahtevam projektanta. Posamezne družine predstavljajo elemente od kompleksnih kosov pohištva do osnovnih gradbenih elementov, kot so stebri, nosilci, ipd. In kar je najboljše za uporabnika – za izdelavo posameznih družin ni potrebno znanje kodiranja ali programskih jezikov.



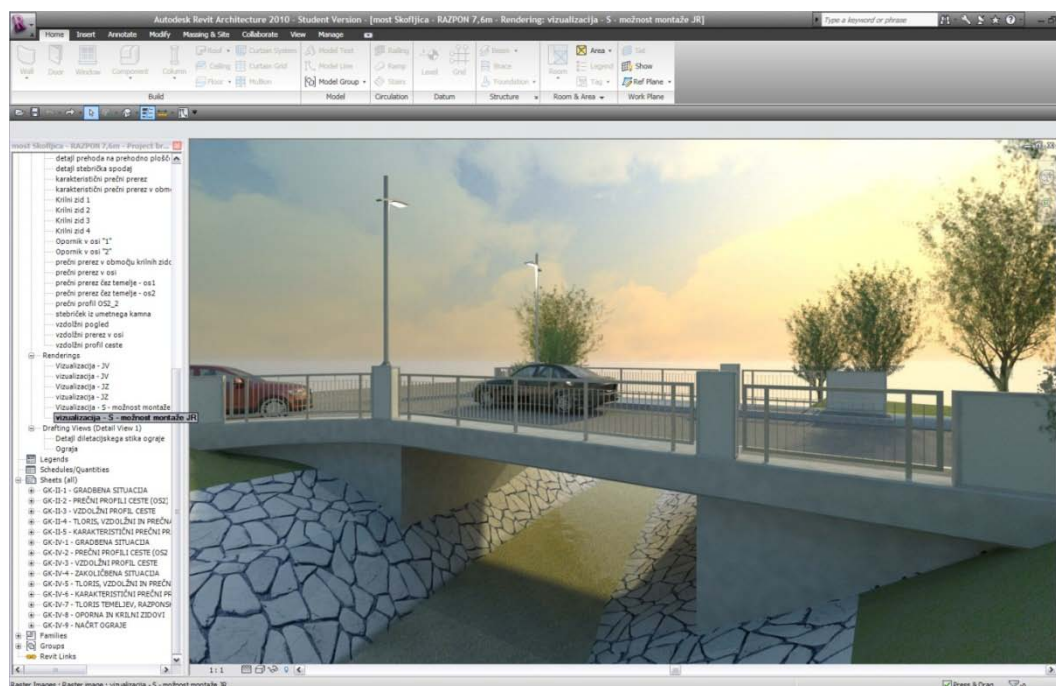
Slika 9: Modeliranje in uporaba parametričnih komponent oz. družin.

- Izdelava detajlnih načrtov je močno olajšana in pospešena z uporabo velike baze knjižnice detajlov znotraj programa in preko svetovnega spleta. Detajle lahko modificiramo ali kreiramo na novo in jih prilagodimo standardom prakse, v kateri delujemo.



Slika 10: Primer izdelave načrtna dokumentacije ograje z uporabo detajlnih komponent.

- T.i. funkcija Revit Building Maker nudi široke možnosti pri formiranju konceptualnih zasnov v funkcionalno modeliranje objektov. Preko prepoznavanja površin konceptualnih zasnov program lahko generira zidove, plošče, strehe, panelne sisteme. Možno je tudi kalkuliranje posameznih površin in volumnov zasnovanih elementov.
- Funkcija Interference Check (kontrola interferenc) omogoča kontrolo modela znotraj programa in preveri morebitne napačne interference med elementi.
- Vizualizacije so postale še boljše z uporabniku prijaznejšim vmesnikom, s kvalitetnejšim končnim rezultatom in hitrejšim postopkom vizualiziranja (renderiranja), kar je vse rezultat uvedbe procesiranja z uporabo t.i. mental ray procesirne tehnike.



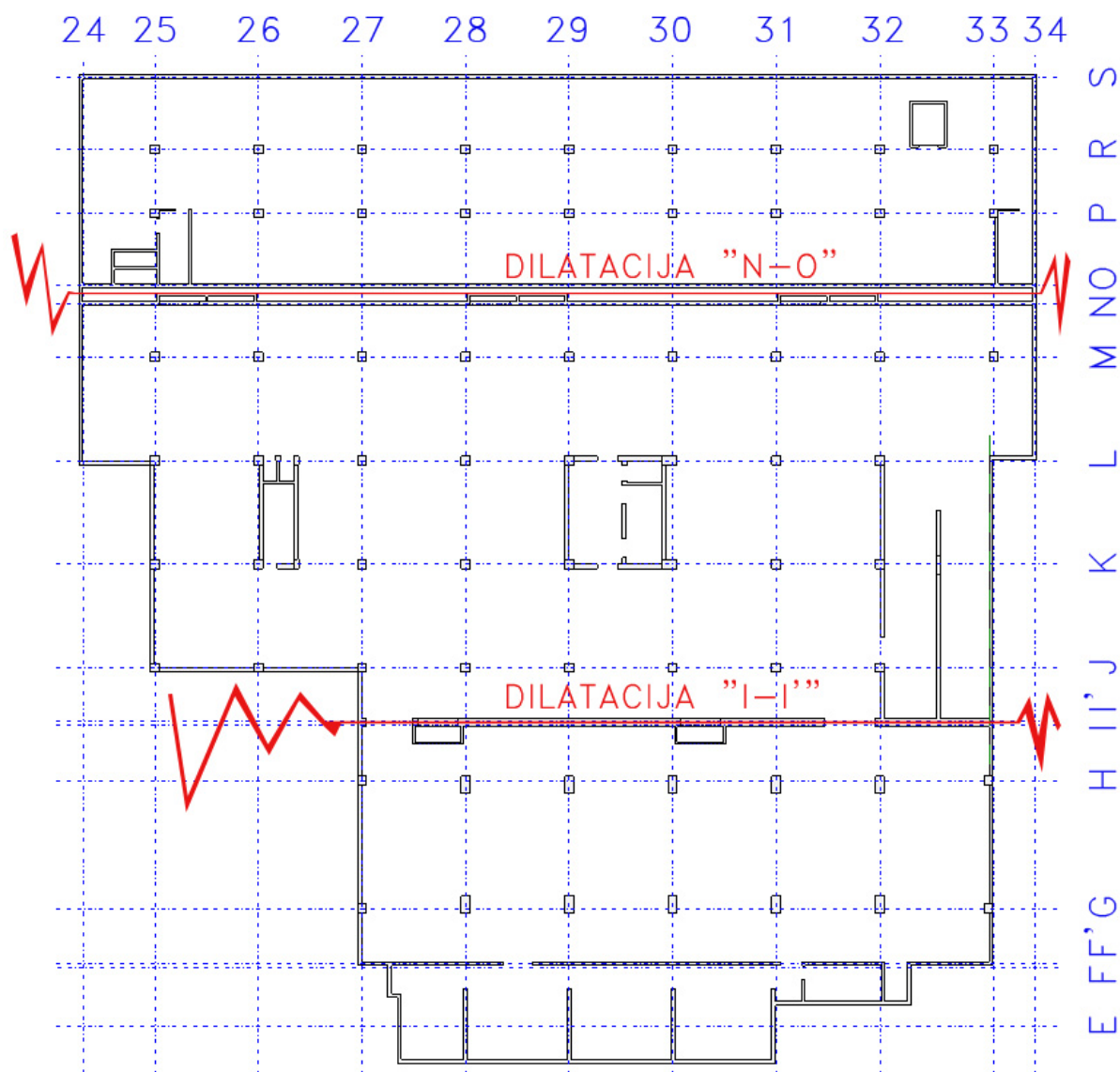
Slika 11: Primer izdelave vizualizacije mostu znotraj programa Revit Architecture 2010.

- Uvedba 64-bitne podpore omogoča programu Revit Architecture 2010 možnost obdelave velikih projektov in izboljšuje zmogljivosti programa ter stabilnost pri procesih, ki zahtevajo večje obremenitve pomnilnika (kot npr. vizualizacije, tiskanje, posodabljanje modela, uvoz in izvoz modela, ipd.).

3.3 Potek modeliranja osnovne armiranobetonske konstrukcije

3.3.1 Zasnova konstrukcije

Prvo fazo modeliranja konstrukcije predstavlja pregled arhitekturnih podlog in začetno spoznavanje z zasnovo objekta ter razumevanje le-te. Kot je trenutno v praksi, smo tudi v tem primeru dobili arhitekturne podloge izdelane v programu Autocad in predstavljajo etažne tlorise, izbrane tipične prereze skozi konstrukcijo, pogled na fasado z vseh smeri in nekaj detajlnjših prerezov. Podloge so bile izdelane za fazo PGD (projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja), zato so bile na določenih nivojih še nedodelane, kolikor ta faza še dovoljuje. Te pomanjkljivosti se sicer niso veliko navezovale na osnovno statično konstrukcijo, ki je v večini primerov jasna in čista. Kot je zapisano že v začetku poglavja, je konstrukcija v osnovi razdeljena na tri enote – podzemno garažo, arhiv in poslovne prostore. Glavne osi objekta predstavlja pravokotni mrežni sistem označen z osmi 24 do 34, ki potekajo v vertikalni smeri in E do S v horizontalni smeri; sistem osi predstavlja logično nadaljevanje sosednjih že zgrajenih objektov. Objekt je dvakrat dilatacijsko ločen na del garaže izven in del pod objektom poslovnih prostorov ter na del namenjen arhivu (Slika 12).



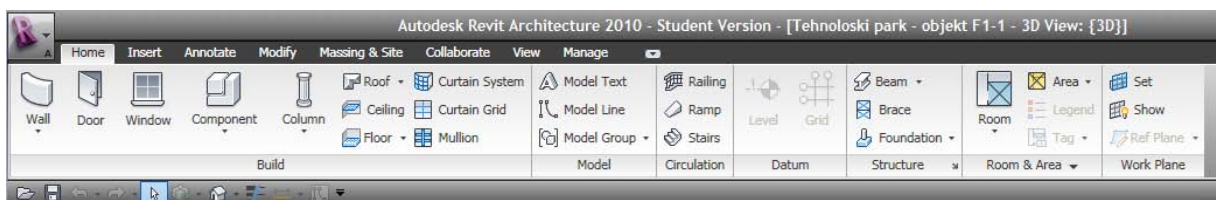
Slika 12: Mreža glavnih osi objekta in dilataciji objekta.

Konstrukcija objekta, ki tvori statično osnovo je zgrajena iz armiranega betona. Za vse stebre, nosilce in plošče je kvaliteta betona C30/37, zidovi pa so kvalitete C25/30. Kletne etaže (vsak dilatacijsko ločen del) so obdane z armiranobetonskim zidom debeline 30 cm. V večini presečišč vertikalnih in horizontalnih osi (v vseh delih objekta) se nahajajo armiranobetonski stebri dimenzij 70x70 cm, izjema so le stebri dimenzij 120x70 cm v osi 30 glavnega komunikacijskega jedra in stebri dimenzij 135x70 cm v oseh G in H v 2. kletni etaži. V osrednjem delu objekta se nahajata dva komunikacijska jaška obdana z armiranobetonskim zidom in stebri v ogliščih, prvi in glavni se nahaja med osmi 29 in 30 ter K in L in služi povezavi med posameznimi etažami z dvigalom in stopniščem, drugi komunikacijski jašek s povezovalnimi stopnicami pa se nahaja ob osi 26 med osema K in L. Objekt je temeljen na armiranobetonski temeljni plošči višine 70 cm na območju garažnih etaž in višine 80 cm na

območju arhiva. Posamezne etaže ločijo armiranobetonske plošče višine 22 cm, izjema so le plošče v arhivu in pritlične plošče, ki so višine 25 cm. Z vrhnjim robom plošč so poravnani tudi horizontalni armiranobetonski nosilci, ki v večini primerov potekajo po oseh, kjer se ne pojavlja armiranobetonski zid. Najpogostejša dimenzija teh nosilcev je 70x55 cm, pojavijo pa se še dimenzije: 70x65 cm, 70x100 cm (oboje na območju pritlične plošče) in 70x70 cm (na območju arhiva). Povezavo med garažnima etažama tvorita dve armiranobetonski rampi višine 22 cm, ki se nahajata med osmi 32 in 33 ter H in L. Dostop do podzemljenega arhiva pa je omogočen preko armiranobetonske rampe višine 25 cm z nivoja pritličja do nivoja prve kletne etaže arhiva in se nahaja ob osi 32 nad garažnima rampama.

3.3.2 Osnovne funkcije za modeliranje konstrukcije

Glavni konstrukcijski elementi se nahajajo v prvem zavihku *Ribbon*-a, saj predstavljajo prvi korak pri modeliranju večine konstrukcij. Nekatere funkcije imajo na voljo več možnosti, do katerih dostopimo preko razširljivih ukaznih puščic. Take možnosti so na primer pri funkciji *Wall* (*Wall* – nenosilna stena, *Structural Wall* – nosilna stena, *Wall by Face* – stena po izbrani ploskvi, *Wall Sweep* – izboklina vzdolž stene, *Reveal* – vboklina vzdolž stene), pri funkciji *Foundation* (*Wall Foundation* – pasovni stenski temelj, *Isolated Foundation* – točkovni temelj, *Foundation Slab* – temeljna plošča) in podobno drugje. Ob izbiri gradnika, *Ribbon* avtomatično ponudi novo paleto funkcij, ki so na voljo pri izbranem gradniku (*Place Wall*, *Place Door*, *Create Floor Boundary*, ipd.).



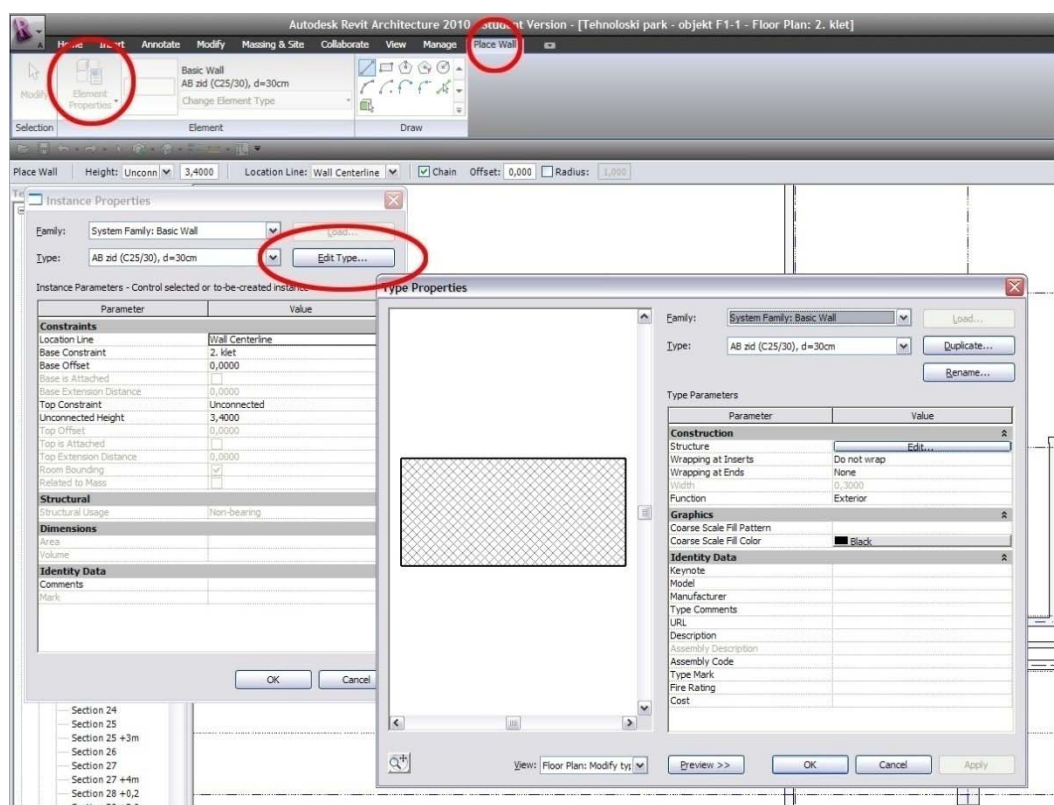
Slika 13: Glavni konstrukcijski elementi v prvem zavihku »Home« *Ribbon*-a.

Glavni gradniki, uporabljeni pri modeliranju obravnavanega objekta, s kratkim opisom osnovnih nastavitvenih lastnosti so:

- *Wall* – stena
S klikom na ukaz *Wall* začnemo modelirati željeno steno. Če želimo modelirati nosilno steno, kliknemo na razširljivo ukazno puščico pod ukazom in izberemo ukaz *Structural Wall*. Tudi nenosilno steno lahko kasneje kadar koli spremenimo v nosilno – v meniju *Element Properties* določimo ustrezno funkcijo, t.i. *Structural Usage*. Večina nastavitvev je mogoča že takoj pri avtomatični preklopitvi *Ribbon*-a na zavihček *Place Wall*. Za natančnejše nastavitve pa lahko kliknemo na *Element Properties*, kjer lahko tudi ustvarimo in definiramo povsem nov tip stene preko ukaza *Edit Type*. Stene

lahko modeliramo s poljubno številnimi posameznimi sloji z določenimi funkcijami (nosilni element, membrana, zračni sloj, zaključni sloj) in določamo območje glavnega jedra stene, kar je uporabno pri združevanju s sloji plošč v primeru stikovanja.

Običajni potek modeliranja stene: izbor tipa stene, določitev spodnjega in zgornjega nivoja stene, izbor načina določevanja linije stene in lokacijo določitvene linije. Stene običajno povežemo s ploščami na zgornjem in spodnjem robu stene s funkcijo *Attach* (*Top* oz. *Base*), tako se pri morebitnem spreminjanju nivojev plošč stene avtomatsko prilagajajo novim višinam.

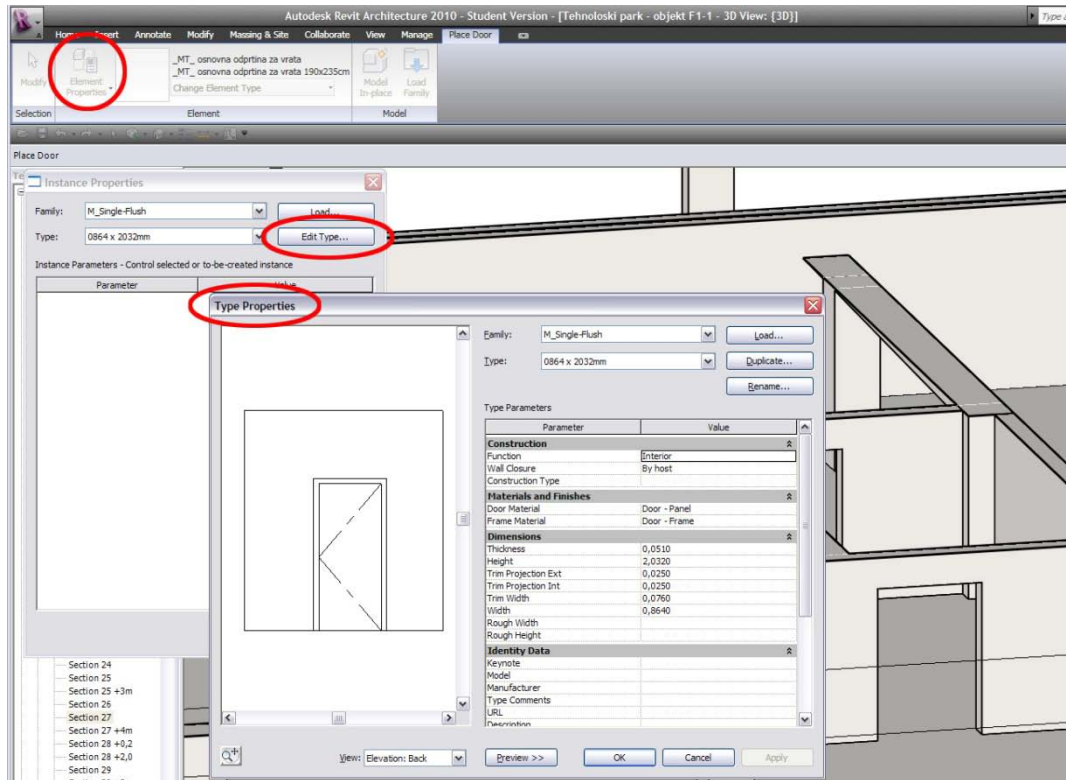


Slika 14: Določevanje osnovnih lastnosti in funkcij pri modeliranju stene.

- *Door* – vrata in *Window* – okno

Vrata in okna vstavljamo v stene preko tlorisov, prerezov ali 3D pogledov. Program avtomatično prepozna spodnji nivo stene, tako da moramo regulirati le stranske odmike, da bi locirali vrata oz. okna na željeno mesto. Oboji so parametrična družina, ki ima odvisno od načina modeliranja posameznega tipa na voljo več spremenljivih parametrov, ki regulirajo dimenzije po želji uporabnika in do katerih dostopamo preko klasične poti modificiranja elementov oz. družin – *Element Properties-Edit Type-Type Properties*. V modelu sem uporabljal posebno prirejene družine vrat in oken, ki so v bistvu le odprtina (brez ostalih elementov) in služijo preglednejšemu definiranju odprtin v stenah za izdelavo opaznih načrtov, poleg tega pa omogočajo enostavno

zamenjavo z arhitektonsko oblikovanimi elementi pri arhitekturni načrti dokumentaciji.

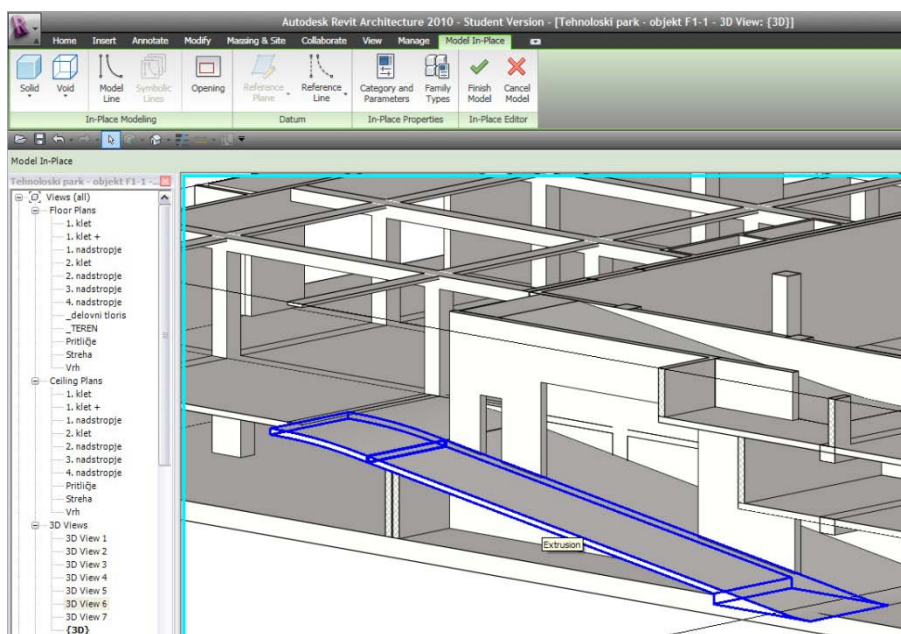


Slika 15: Vstavljanje in modificiranje parametrov vrat.

- *Component* – komponenta

Med komponente spadajo različne družine – od pohištva, luči, strojnih komponent, ipd. Posamezne komponente vnesemo v projekt preko funkcije *Load Family* – vnesi družino, nato pa jih odvisno od posameznega tipa komponente vnašamo v projekt (komponente se lahko navezujejo na stene, plošče, stropove, strehe, posamezne ploskve ostalih elementov, linije). Tudi te komponente imajo na voljo številne parametrične nastavitve (lučem na primer lahko poljubno nastavljamo jakost, geometrijo, ipd.).

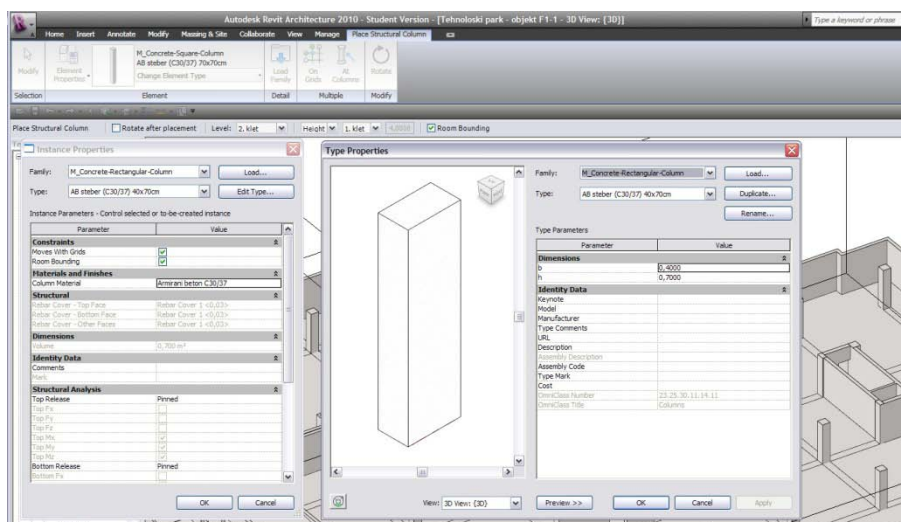
Na voljo je tudi funkcija *Model In-Place*, ki sem jo uporabil na primer pri modeliranju povoznih garažnih ramp. Gre za možnost modeliranja projektno specifičnih komponent, ki jih zmodeliramo znotraj projekta in načeloma niso namenjene večkratni uporabi. Tem komponentam prav tako določimo kategorijo, v obravnavanem primeru sem povozne rampe kategoriziral kot plošče (*Floor*). Modeliramo jih v posebnem okolju, kjer sta dostop in modifikacija obstoječih elementov projekta nedostopna in služijo le v orientacijske namene (celotni model rahlo zbledi v ozadje, da je modeliranje komponente bolj izrazito). Za modeliranje željenih oblik uporabljamo kombinacije *Solid* – masivnih in *Void* – praznih teles.



Slika 16: Posebno modelirno okolje *In-Place* (na-mestu) komponent.

- *Column* – stebler

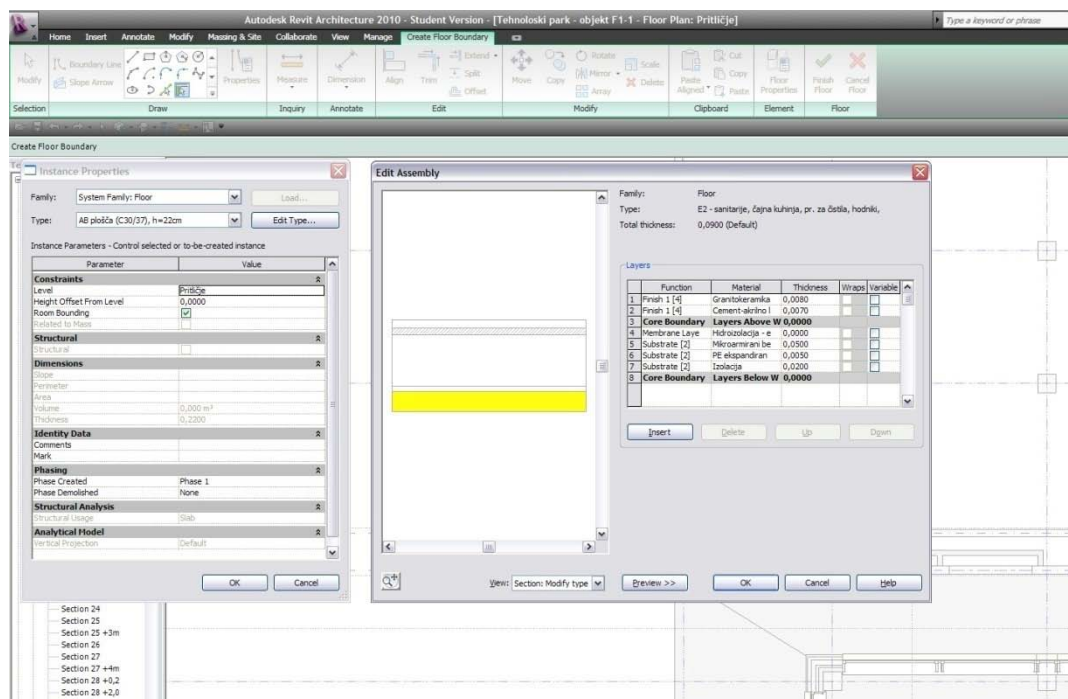
Na voljo sta dva osnovna tipa – *Architectural Column* in *Structural Column*, t.j. arhitekturni (nenosilni) in konstrukcijski (nosilni) stebler. Uporabljal sem tip *Structural Column*. Tudi v tem primeru imamo na voljo podrobnejše določevanje posameznih parametrov preko funkcije *Element Properties*, načeloma pa se večina pomembnejših nastavitev določi takoj po izboru tipa stebra, sem spadajo določitve robnih nivojev stebra in način postavitve stebra (možnost postavitve v presečišča izbranih glavnih osi, možnost rotacije po postavitvi, ipd.). Tudi stebre, tako kot stene, povežemo s ploščami na zgornjem in spodnjem nivoju stebra s funkcijo *Attach (Top oz. Base)*.



Slika 17: Določevanje parametrov izbranega tipa stebra.

- *Floor* – plošča

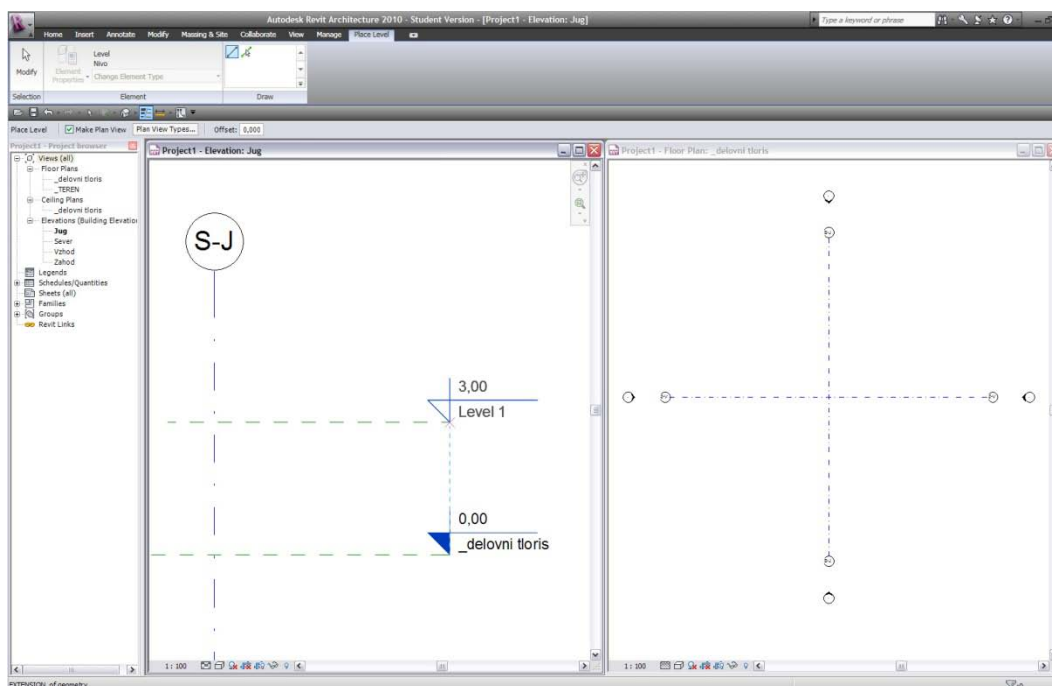
Tudi s klikom na ukaz *Floor* avtomatično prikličemo zavihek *Create Floor Boundary* in pot do glavnih nastavitvenih parametrov za modeliranje plošče. Območje plošče lahko določimo z označevanjem obodnih sten ali z risanjem zaprtih zank poljubnih linij. Preboje v ploščah lahko modeliramo že pri zasnovi plošče, a je v praksi uporabnejši poseben ukaz namenjen prav modeliranju oz. vnašanju prebojev oz. odprtin v elemente, ki se nahaja v zavihku *Modify*, t.j. ukaz *Openings*. Za podrobnejše določevanje lastnosti plošče kliknemo na *Floor Properties* in nato *Edit Type*, kjer lahko določamo poljubno sestavo plošče oz. njenih slojev, ipd.



Slika 18: Podrobnejše opredeljevanje lastnosti plošče.

- *Level* – nivo

Nivo predstavlja enega glavnih orientacijskih in referenčnih elementov v modelu, saj se večina elementov prvenstveno nanaša na nivo. Glavne nivoje vnašamo že v samem začetku modeliranja, še posebej če že poznamo osnovno zasnovo modela. Vnašamo jih v pogledih (*Elevations*) ali v prerezih (*Sections*).



Slika 19: Začetni koraki modeliranja – vnašanje nivojev.

- *Grid* – os

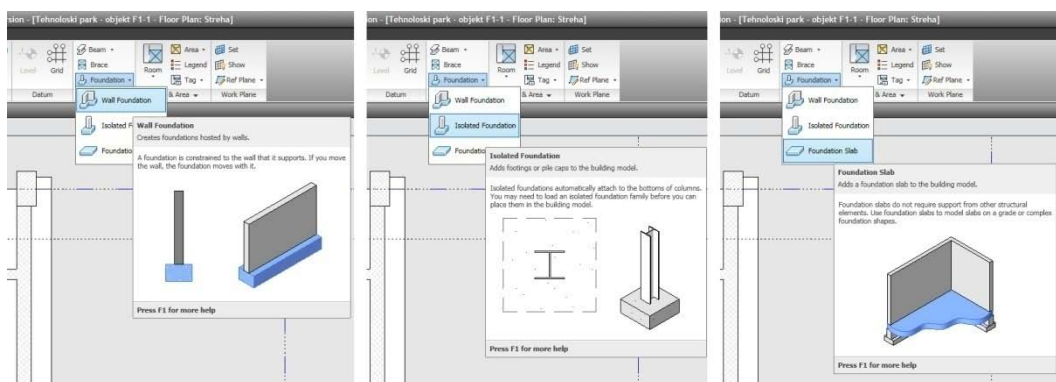
Tudi osi so ena izmed bistvenih orientacijskih lastnosti modela in jih običajno vnašamo na samem začetku modeliranja. Lahko jih vnašamo prostoročno, na voljo pa je tudi prepoznavanje linij na že obstoječih elementih v projektu (predvsem uporabno pri začetku modeliranja ob uporabi 2D podlog). Osi predstavljajo tudi glavne referenčne ravnine v prostorskem modelu.

- *Beam* – nosilec

Podobno kot modeliramo stebre in stene, modeliramo tudi nosilce. V osnovni Revit knjižnici najdemo večino standardnih profilov nosilcev, kadar koli pa lahko ustvarimo tudi poljubni profil nosilca kot samostojno družino. Vnos nosilca v model izvedemo preko referenčne ravnine in dveh izbranih točk, ki določajo linijo poteka nosilca.

- *Foundation* – temelj

Na voljo so trije načini modeliranja temeljev. *Wall Foundation* ali pasovni temelji pod stenami, kjer z izbiro sten določimo potek temeljev s tipičnim prerezom, ki ga definiramo v *Type Properties*. *Isolated Foundation* ali točkovni temelj, ki ga vnesemo v model preko referenčne točke posamezne družine temelja. Tudi ta tip ponuja možnost izdelave družine poljubne oblike točkovnega temlja. *Foundation Slab* ali temeljno ploščo modeliramo podobno kot ostale plošče.

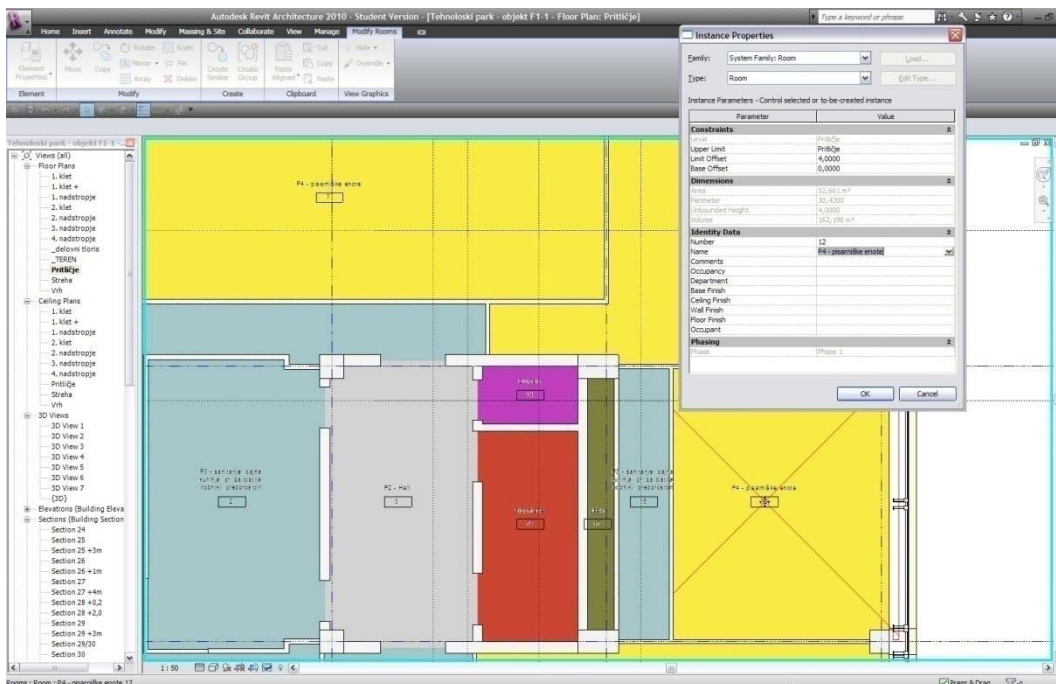


Slika 20: Trije osnovni načini modeliranja temeljev.

- *Room* – prostor

Večina gradnikov v Revitu ima na voljo opcijo izbire lastnosti *Room Bounding*, ki določa rob oz. robove prostorov. Le-te Revit prepozna sam in vse kar moramo storiti je v tlorisu modela klikniti v prostor, ki ga želimo definirati (ob predpostavki, da smo uspešno zmodelirali robne elemente prostora). Prostore definiramo preko številnih lastnosti (poimenovanje, uporaba ali uporabnik, oddelek, vrsto tlaka, stropa ali zaključnega sloja stene), jih razvrščamo v sezname oz. tabele, prikazujemo z barvnimi shemami in legendami.

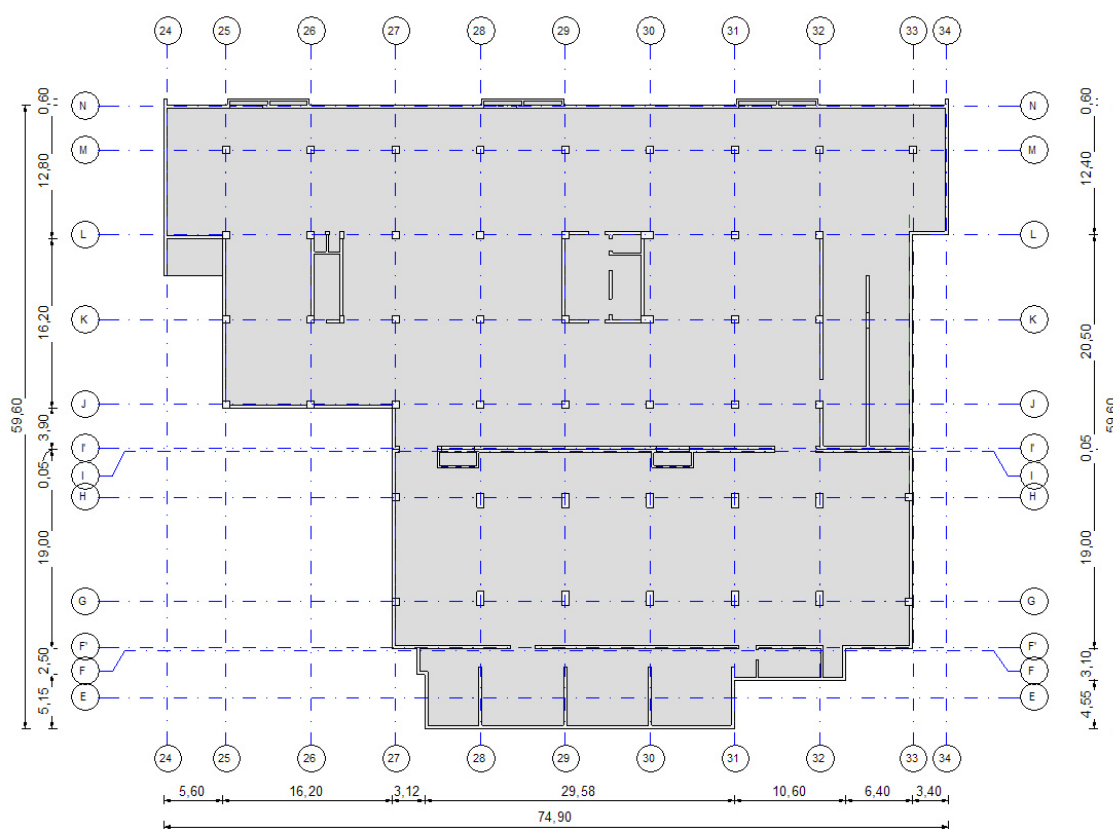
Za učinkovito energetska analizo moramo v definiranje prostorov modela zajeti prav vsa območja znotraj modela (tako jaške, kot tudi vse prazne niše med stropovi in ploščami, ipd.). Zato je pomembno posvetiti definiciji prostorov več pozornosti.



Slika 21: Definiranje prostorov.

3.3.3 Modeliranje garažnih kletnih etaž

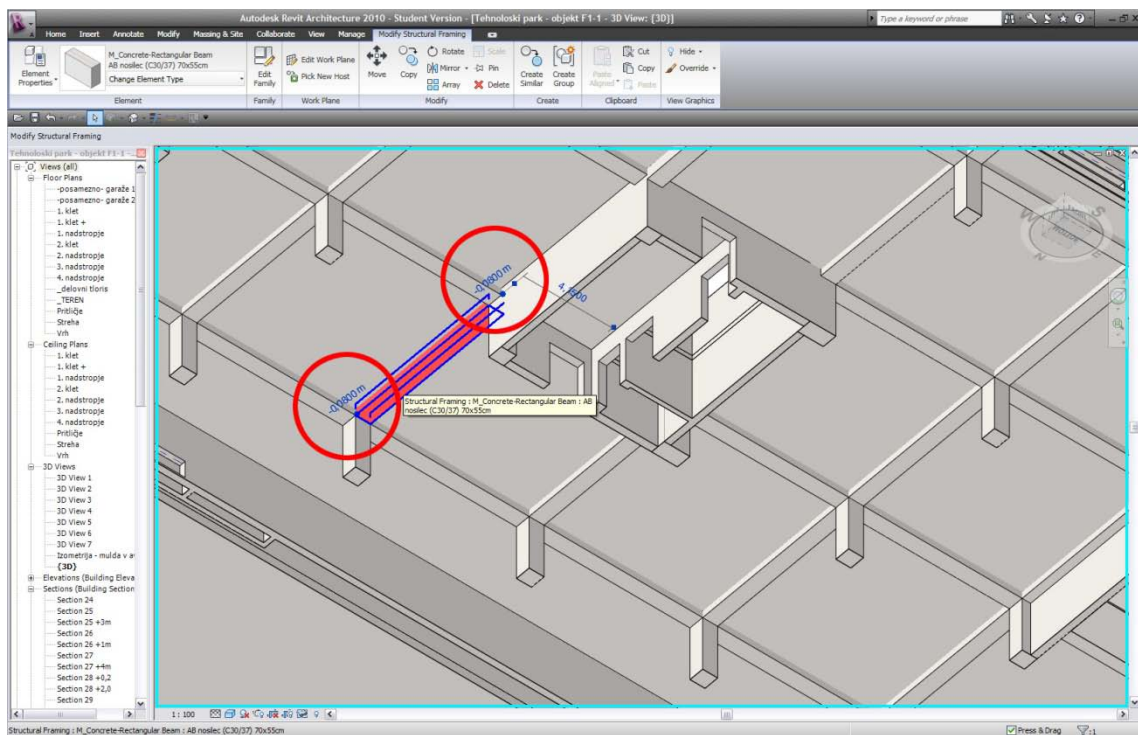
Modeliranja smo se po uskladitvi arhitekturnih podlog, izdelave mreže sistemskih osi ter nivojev lotili v najnižji etaži objekta, t.j. drugi kletni etaži (arhitekturna oznaka »2KT«). Najprej smo v model vstavil obodne armiranobetonske stene debeline 30cm (kvaliteta vseh armiranobetonskih sten je C25/30). Maksimalne dimenzije oboda znašajo 74,90m v smeri osi 24 do 34 in 59,60m v smeri osi E do N (Slika 22). Pri južnem delu (tlorisno gledano levi del) se objekt prilagaja poteku obstoječe garaže, saj se obstoječa in nova garaža v prvi kletni etaži združita v enotno.



Slika 22: Osnovne dimenzije druge kletne etaže s temeljno ploščo.

Naslednji korak modeliranja je predstavljala temeljna plošča, saj poteka obod le-te po zunanjih robovih obodnih sten druge kletne etaže. Plošča je armiranobetonska kvalitete C30/37 in višine 70cm. Sledila je postavitvev armiranobetonskih stebrov kvalitete C30/37, ki se nahajajo v večini presečišč sistemskih osi. Kot je bilo predhodno omenjeno že v poglavju »3.3.1. Zasnova konstrukcije«, imajo stebri dimenzije 70x70cm, izjema so le stebri dimenzij 120x70cm v osi 30 glavnega komunikacijskega jedra in stebri dimenzij 135x70cm v oseh G in H v 2. kletni etaži. Med drugo in prvo kletno etažo se nahaja armiranobetonska plošča debeline 22cm kvalitete C30/37, ki je dilatacijsko ločena za 5cm med osema I in I'. S funkcijo *Attach* smo nato pripeli vse stene in stebre s spodnjim robom na temeljno ploščo in z zgornjim

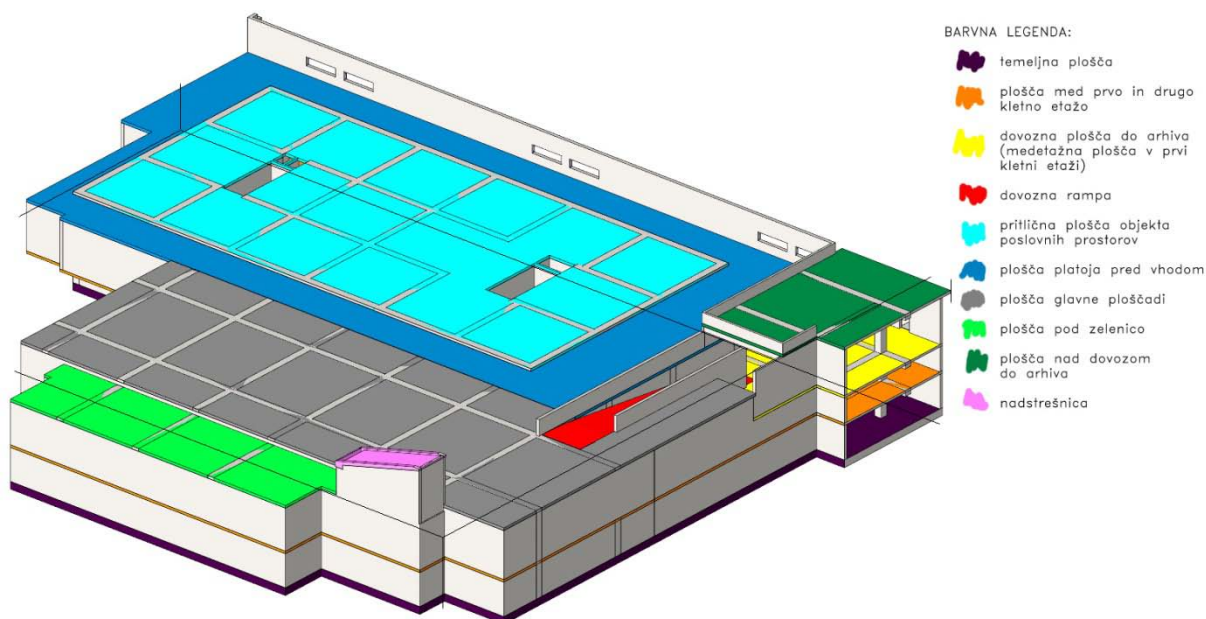
robom na medetažno ploščo in s tem zagotovili avtomatično spreminjanje višin le-teh ob morebitni spremembi etažnih višin plošč. Ta ukaz smo uporabil pri vseh stenah in stebrih v celotnem modelu, zato to v nadaljnjem opisu modeliranja ne bo posebej izpostavljeno. Z zgornjim robom medetažne plošče se ujema tudi zgornji rob armiranobetonskih nosilcev, ki potekajo mrežno med večino stebri in stenami z dimenzijami 70x55cm (kvalitete C30/37). Pri modeliranju nosilcev je potrebno pogosto preveriti, če sta krajni točki nosilca na pravem višinskem nivoju (Slika 23), saj včasih Revit napačno predpostavi stičiščno točko z drugim elementom in avtomatično postavi nivo robne točke na neželjeno mesto (še posebej v primeru, če ima tloris, v katerega vstavljamo nosilce, določeno globino pogleda čez več nižje ali višje ležečih nivojev).



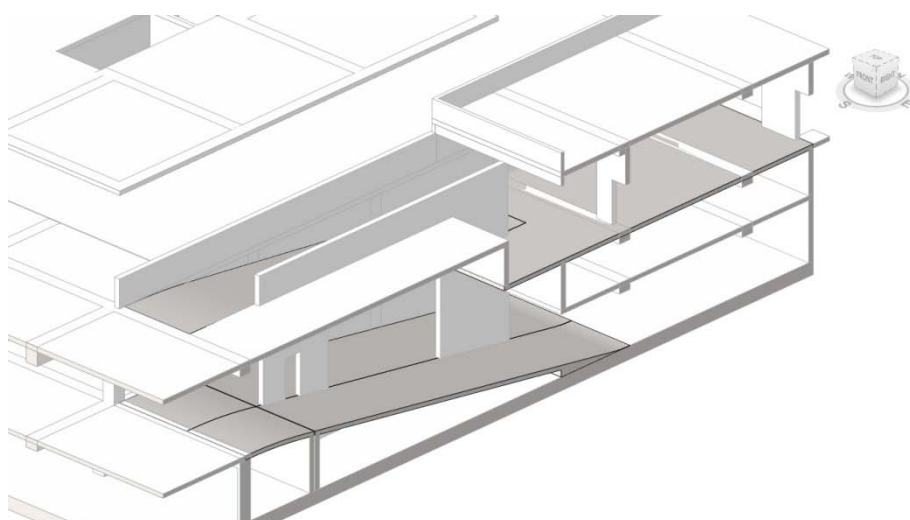
Slika 23: Kontroliranje višinskega nivoja robnih točk nosilcev.

Ker se večina sten v drugi kletni etaži lokacijsko ujema oz. nadaljuje tudi v prvi kletni etaži, smo lahko sprida izkoristili uporabno funkcijo kopiranja in prenašanja elementov po posameznih nivojih (*Copy – Paste Aligned – Select Levels*) ter le prilagodili morebitna tlorisna neujemanja med etažami (predvsem na območju priključevanja na obstoječo garažo). Med osmi 32 in 34 ter K in N se še v prvi kletni etaži pojavi medetažna plošča (debelina 22 cm), ki služi dovozu do objekta podzemnega arhiva preko dovozne rampe iz pritličnega nivoja (Slika 25). Med osmi 32 ter E in F' se nahaja povezovalno stopnišče (stopnic nismo modelirali, saj ne igrajo pomembne vloge pri končnem rezultatu modeliranja za potrebe diplomske naloge) z izhodom na pritlični nivo in zunanjo armiranobetonsko nadstrešnico. Vrh garažnih kletnih etaž predstavljajo pritlične plošče debeline 25cm – pritlična plošča objekta

poslovnih prostorov, plošča platoja pred vhodom, ki poteka okoli glavnega objekta, plošča glavne ploščadi oz. parkirišča, plošča pod zelenico ob glavni ploščadi ter plošča nad medetažno dovozno ploščo do arhiva (Slika 24). Dovožni oz. povezovalni rampi med prvo in drugo kletno etažo, ki se nahajata med osmi 32 in 33 ter H in L, sta kot ostale plošče debeline 22cm in kvalitete C30/37 s 15% naklonom. Zmodelirali smo jih kot *In-Place Component*, in sicer kot *Extrusion*, kjer smo zrisali po arhitekturni predlogi prerez rampe in nato le še določil ustrezno globino telesa oz. širino ramp (Slika 25).

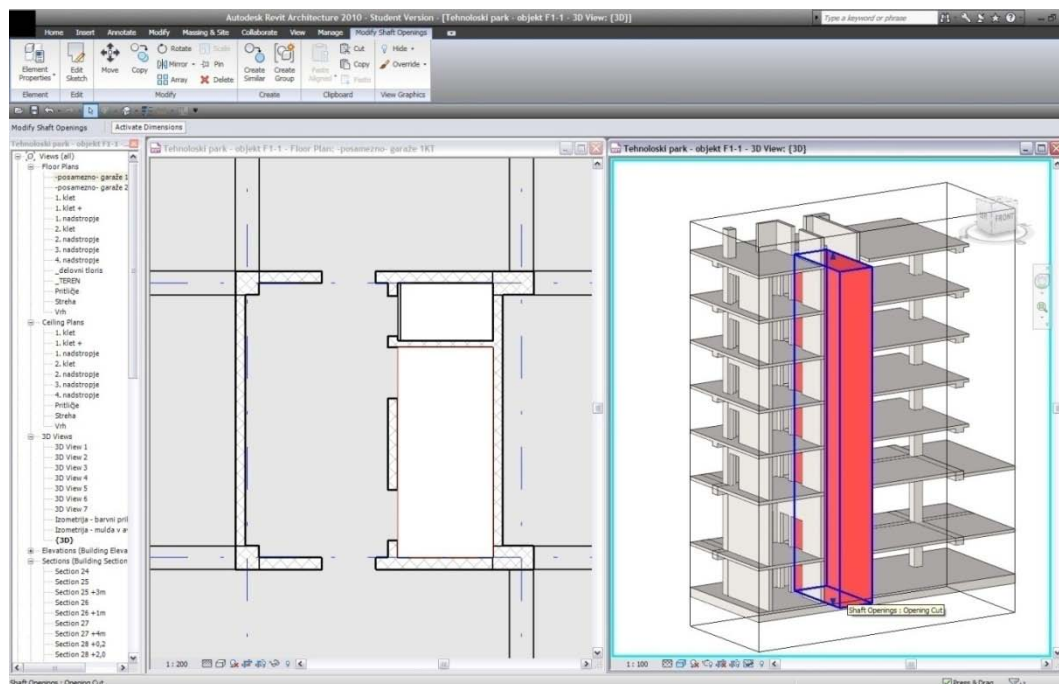


Slika 24: Barvna shema plošč garažnih kletnih etaž.



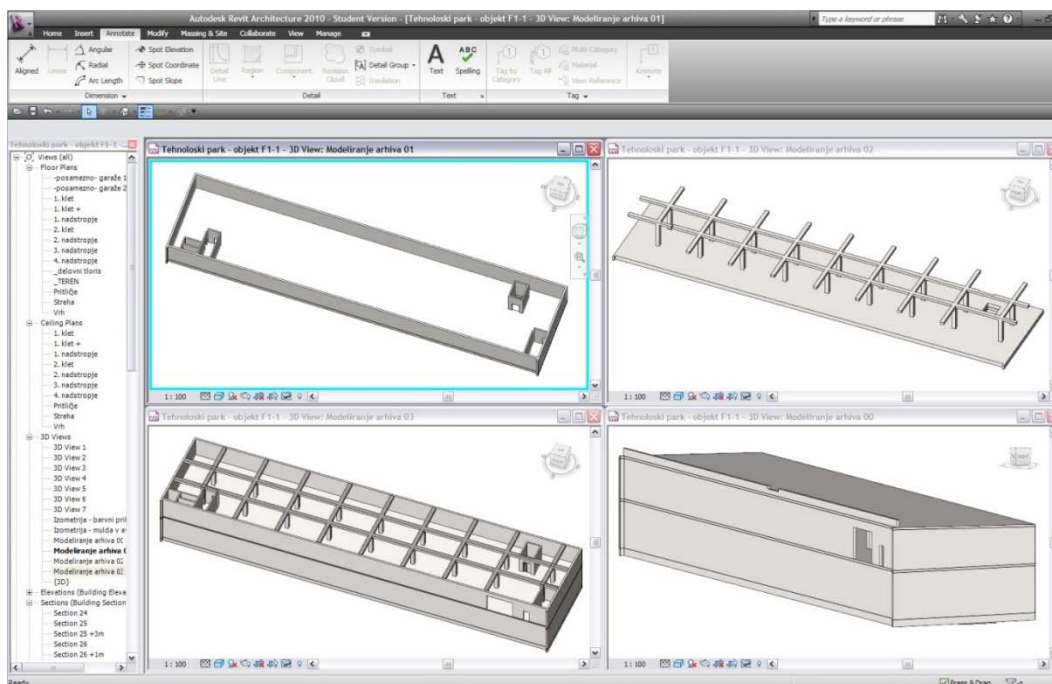
Slika 25: Dovožna rampa do medetažne dovozne plošče do arhiva in dovozni rampi med prvo in drugo kletno etažo.

Zadnji korak modeliranja osnovne armiranobetonske konstrukcije garažnih kletnih etaž je predstavljala vstavev vseh odprtin za jaške, vrata, prezračevalne niše, ipd. Običajni način podajanja odprtin v stene v avtorjevi dosednji praksi modeliranja je bil preko ukaza *Openings – Wall Opening* ali preko podajanja oblike odprtine direktno na profil izbrane stene s funkcijo *Edit Profile*. Tokrat smo se odločili preizkusiti še tretjo možnost z vstavitvijo odprtin v stene kot družine vrat, ki smo jih zmodelirali samo kot odprtine (za vsako dimenzijsko različno odprtino pa smo ustvarili nov tip znotraj družine). Za ta način smo se odločili zaradi načrtovanega načina modeliranja objekta – najprej smo se lotili konstrukcijskega dela objekta, ki ga bomo nato zamenjali oz. dopolnil z arhitekturno dodanim objektom. Odprtine bomo tako enostavno nadomestili z izborom nove družine vrat, ki bodo predstavljale dejansko stanje. Sprva morebiti malo potratnejši način podajanja odprtin, se je v primeru spreminjanja konstrukcijskega modela v arhitekturni model izkazal za uporabnega in učinkovitega. Če je odprtina v steni namreč podana preko ukaza *Openings* ali kot modifikacija z *Edit Profile*, je ne moremo enostavno nadomestiti z vstavitvijo željene družine vrat na mesto odprtine, ampak moramo odprtino najprej odstraniti in šele nato lahko vstavimo vrata. V primeru avtorjeve delovne prakse, ko je potreboval le nosilno konstrukcijo objektov (na primer za izdelavo opaznih načrtov), pa je bilo omenjeno podajanje odprtin primerno. Večina odprtin v ploščah poteka preko več etaž hkrati (npr. stopniščni jašek - Slika 26), zato je bil najprimernejši način za podajanje le-teh z ukazom *Openings – Shaft Opening*, kjer v tlorisu podamo željeno obliko odprtine, nato pa preko okna *Shaft Opening Properties* (oz. *Instance Properties*) podamo željeni višinski razpon odprtine (izberemo spodnji in zgornji nivo oz. odmike od le-teh).



Slika 26: Modeliranje odprtin v ploščah (primer stopniščnega jaška) z ukazom *Shaft Opening*.

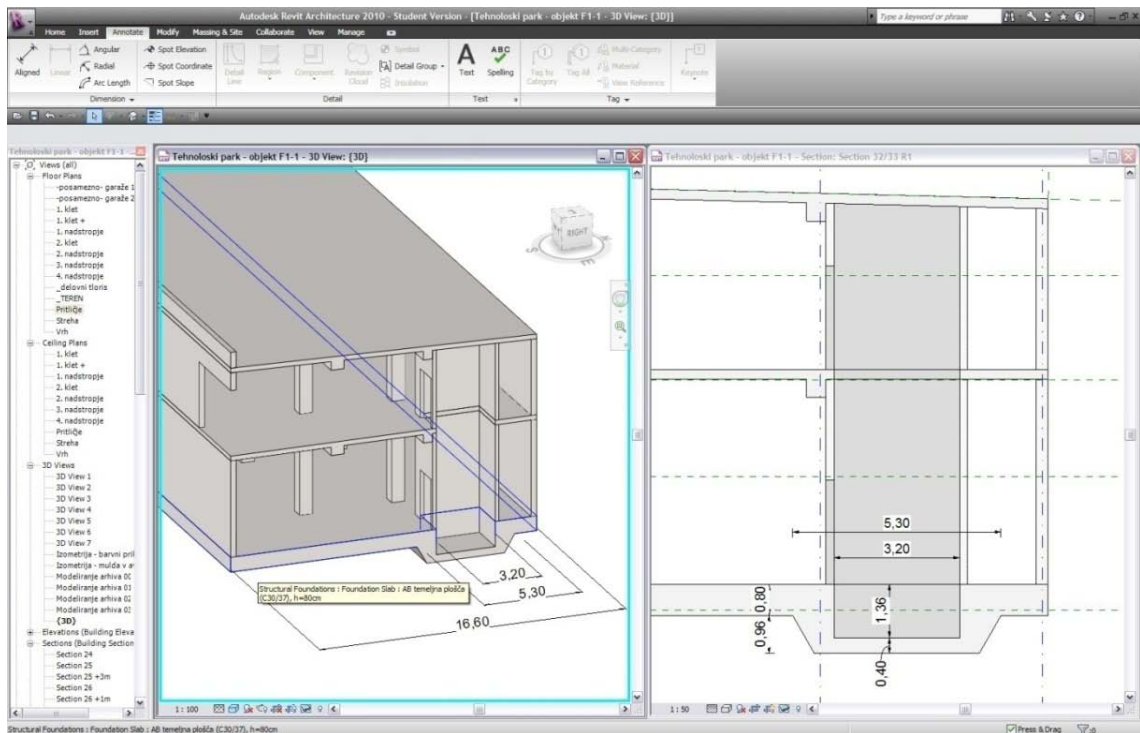
3.3.4 Modeliranje arhiva



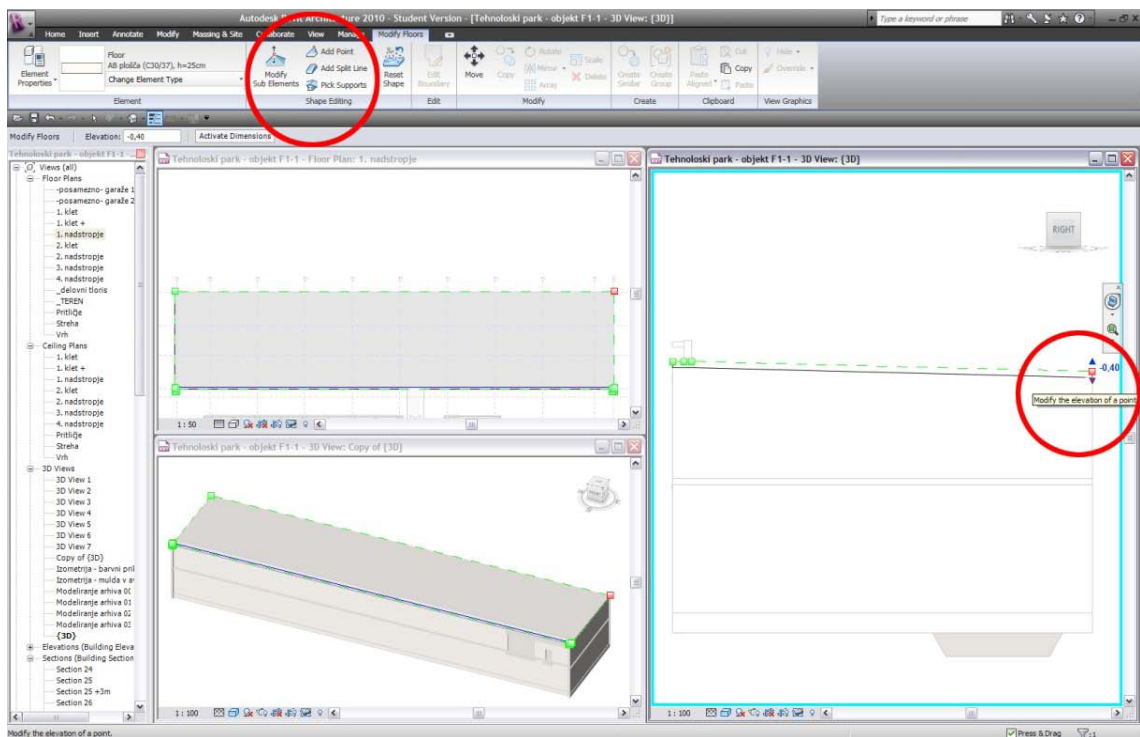
Slika 27: Shematski prikaz zasnove objekta arhiva.

Dilatacijsko ločeni podzemni del namenjen arhivu Mestnega muzeja je konstrukcijsko enostavno zasnovan. Kot ostali del objekta je tudi ta temeljen na armiranobetonski temeljni plošči, ki je v tem primeru debelejša (80cm) in delno lokalno poglobljena na mestu dvigalnega jaška (Slika 28). Poglobljeni del smo razdelili na dva dela – pravokotni del jaška modeliran kot temeljna plošča debeline 40cm in na prehodni del poglobitve. Le-tega smo ustvarili kot *In-Place Model*, z uporabo t.i. polnega (*Solid*) telesa *Blend*, kjer smo podali spodnjo in zgornji pravokotno ploskev in nato iz celotnega telesa izrezali s praznim (*Void*) *Extrusion* telesom osrednji pravokotni del temeljne plošče.

Obodne stene so armiranobetonske debeline 30cm. Medetažna plošča je armiranobetonska debeline 25cm. Znotraj objekta se v presečiščih vseh sistemskih osi nahajajo armiranobetonski stebri dimenzij 70x70cm, v vzdolžni in prečni smeri pa v obeh etažah potekajo armiranobetonski nosilci dimenzij 70x70cm. Poleg dvigalnega jaška ima objekt še dva stopnišna jaška na začetku (med osema 33 in 34) in koncu objekta (ob osi 25). Nad prvo kletno etažo se nahaja stropna armiranobetonska plošča debeline 25cm, ki je v 2,5% naklonu v prečni smeri objekta. Modeliranje naklonov plošč je dokaj enostavno, dostopno pa preko ukaza *Modify Sub Elements* in robnih modificirnih točk plošče, ki jim določamo odmike glede na osnovni nivo plošče (Slika 29). Robne točke ali linije lahko tudi poljubno dodajamo na ploščo in tako oblikujemo željeno obliko oz. naklone plošče.

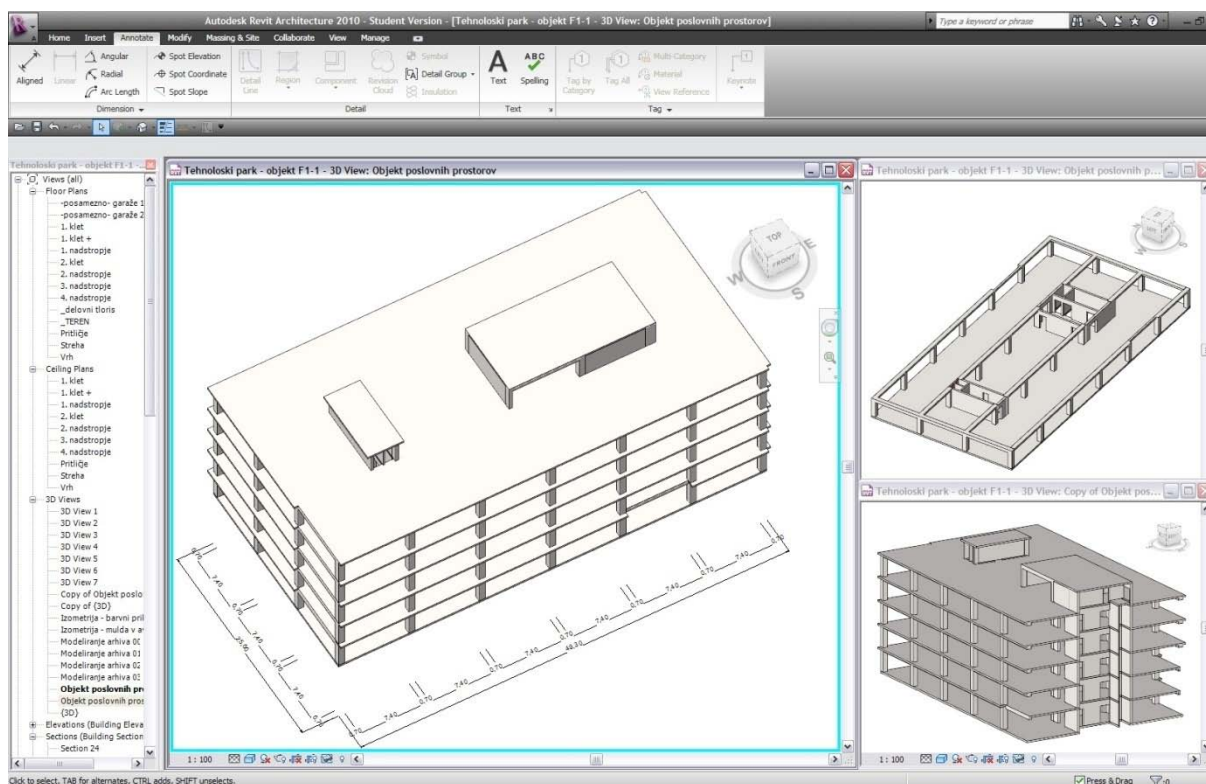


Slika 28: Temeljna plošča arhiva z lokalno poglobitvijo.



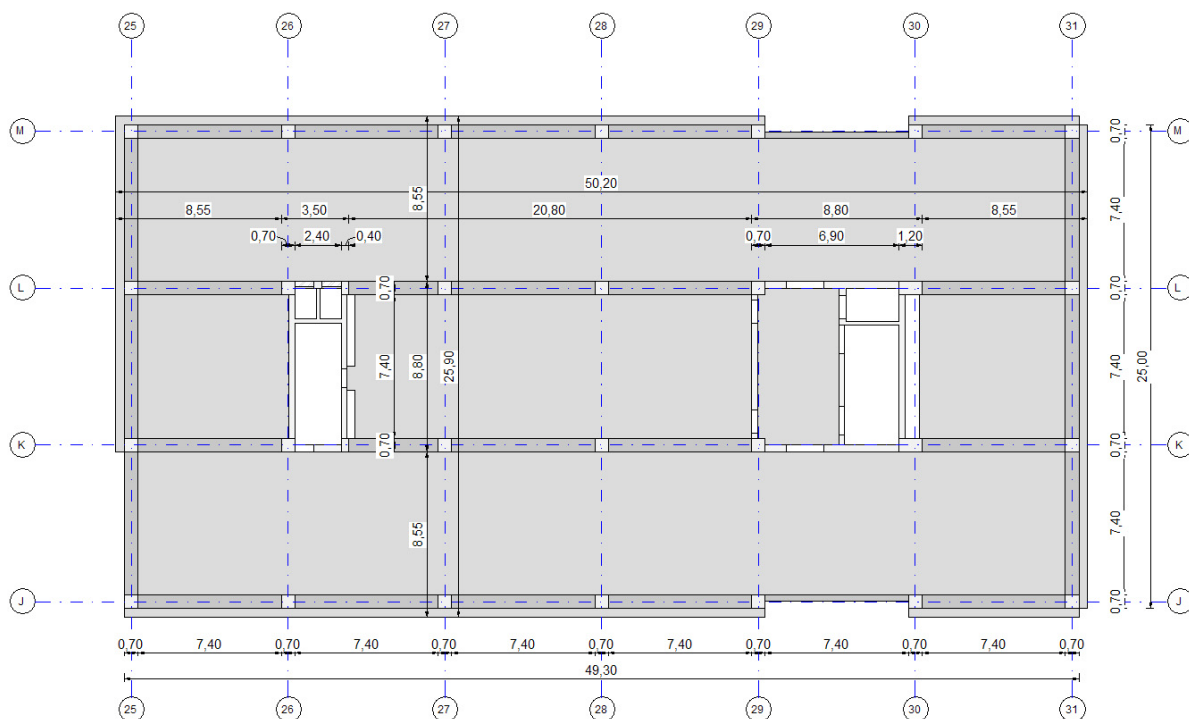
Slika 29: Modeliranje naklonske vrhnje plošče arhiva z modificirnimi točkami.

3.3.5 Modeliranje objekta poslovnih prostorov



Slika 30: Različni izometrični pogledi objekta poslovnih prostorov.

Nosilna armiranobetonska konstrukcija objekta poslovnih prostorov je zasnovana z mrežo stebrov (70x70cm), obodnih in vzdolžnih nosilcev (70x55cm) ter dvema jedroma s stenami in ogliščnimi stebri. Osnovni tlorisni izmeri objekta sta 49,30m v vzdolžni in 25,00m v prečni smeri. Glavno jedro med osema 29 in 30 je kvadratne izmere – 8,80 x 8,80m, drugo jedro ob osi 26 pa 3,50m x 8,80m (Slika 31).



Slika 31: Osnovne dimenzije objekta poslovnih prostorov.

Modeliranje objekta poslovnih prostorov je bilo zaradi jasne in enostavne zasnove še najmanj komplicirano. V sklopu modeliranja objekta garažnih kletnih etaž smo zmodelirali že pritlično ploščo (Slika 24), ki smo jo skopirali na nivo prvega nadstropja, jo tlorisno prilagodili pravim izmeram ter jo skopirali še po ostalih etažah. V pritličju smo postavili stebre, dodal stene jedra ter obodne in vzdolžne nosilce, vstavili vse potrebne odprtine v stenah, nato pa vse skupaj s funkcijo *Copy – Paste Aligned – Select Levels* skopirali na ostale etaže ter nazadnje preverili in ponastavili pravilne robne odmike od glavnih nivojev posameznih elementov. Komunikacijski jaški so se generirali samodejno, saj smo ob modeliranju le-teh pri objektu garažnih kletnih etaž že predvidili, da segajo do vrhnjega nivoja celotnega objekta. Na petem nadstropju oz. na strehi objekta smo nazadnje še zmodeliral še prostor strojnice in klimatov ter izhoda komunikacijskega jaška na streho.



Slika 32: Vizualizacija izometričnega pogleda na celotno armiranobetonsko konstrukcijo objekta F1/1.



Slika 33: Vizualizacija perspektivnega pogleda s pritlične ploščadi objekta F1/1.

3.4 Preskok na trajnostno analizo

Prvotni namen diplomske naloge je bil, da obravnavani objekt v programu Revit Architecture ne zmodeliramo zgolj do nosilne armiranobetonske konstrukcije, ampak tudi v arhitektonskem smislu in na tem modelu potem izvedemo trajnostne analize. Zaradi vzporednega študija programov Ecotect Analysis in Green Building Studio med modeliranjem konstrukcije, smo ugotovili, da je uporaba omenjenih programov namenjena konceptualni zasnovi, ko objekt še ni nujno povsem definiran in tudi analize detajlnejših modelov ne dajejo bistveno boljših rezultatov, zato je bilo nadaljevanje arhitekturnega modeliranja nesmiselno za željeno trajnostno analizo in prikaz uporabnosti omenjenih programov. Trajnostna analiza v zgodnejših fazah načrtovanja ima potencialno večje učinke.

4 TRAJNOSTNA ANALIZA

Glavne lastnosti objekta, ki odražajo trajnostni razvoj, projektant določa v začetni fazi snovanja objekta, v t.i. konceptualni zasnovi (*conceptual design*). Takrat se osredotoči najprej na spoznavanje objekta in okolja, v katerem bo zgrajen ter skuša razumeti, kateri parametri gradnje in okolja so bistvenega pomena in kateri ne dosegajo pomembnosti, ki bi vplivala na trajnostno delovanje. Tako zasnovo lahko podrobneje razčlenimo na posamezne sosledne korake:

- razumevanje podnebja, okolja in kulture,
- razumevanje tipa objekta,
- zmanjševanje porabe plačljivih virov,
- uporaba naravnih brezplačnih virov,
- uporaba učinkovitih sistemskih rešitev,
- priključevanje sistemov obnovljivih energetskih virov,
- zmanjševanje negativnih vplivov na okolje,

(Krygiel, Bradley 2008).

Za potrebe trajnostne analize obravnavanega objekta smo se odločili, da bomo obravnavali le nadzemljski del objekta, to je 4 nadstropni objekt poslovnih prostorov. Odločitev smo sprejeli zato, ker podzemljski garažni del ni toplotno izoliran, depoji mestnega muzeja so obravnavani v projektu kot samostojni objekt, objekt poslovnih prostorov pa s svojo zasnovo predstavlja skoraj idealni testni model za analizo, saj je enostavne pravokotne oblike in vsebuje vse pomembnejše elemente za analizo.

Objekt konceptualne zasnove za študije različnih energetskih analiz v program Ecotect Analysis uvozimo preko izvoznega formata gbXML, v program Green Building Studio pa se povežemo kar preko vmesnika (*add-in*) v programu Revit. Oba programa omogočata številne analize objekta, kar je predstavljeno tudi v preglednici spodaj (Preglednica 1).

Preglednica 1: Primerjava zmožnosti izvedbe posameznih analiz v programu Ecotect in Green Building Studio.

	Autodesk Ecotect Analysis	Autodesk Green Building Studio
Energijska analiza cele zgradbe (<i>Whole Building Energy Analysis</i>)		O
Emisije CO2 (<i>Carbon-Emissions Estimates</i>)		O
Kategorizacija po sistemu ENERGY STAR® (<i>ENERGY STAR® Scoring</i>)		O
Potencial dnevne osvetljenosti po sistemu LEED® (<i>LEED® Daylighting Credit Potential</i>)		O
Naravno prezračevanje (<i>Natural Ventilation</i>)	O	O
Vetrna energija (<i>Wind Energy</i>)	O	O
Fotovoltaični zajem energije (<i>Photovoltaic Collection</i>)	O	O
Termalna analiza (<i>Thermal Performance</i>)	O	O
Solarno obsevanje (<i>Solar Radiation</i>)	O	
Vizuelni učinek oz. vpliv okolice (<i>Visual Impact</i>)	O	
Sence in odboji (<i>Shadows and Reflections</i>)	O	
Dnevna osvetljenost (<i>Daylighting</i>)	O	
Načrtovanje senčil (<i>Shading Design</i>)	O	
Akustična analiza (<i>Acoustic Analysis</i>)	O	

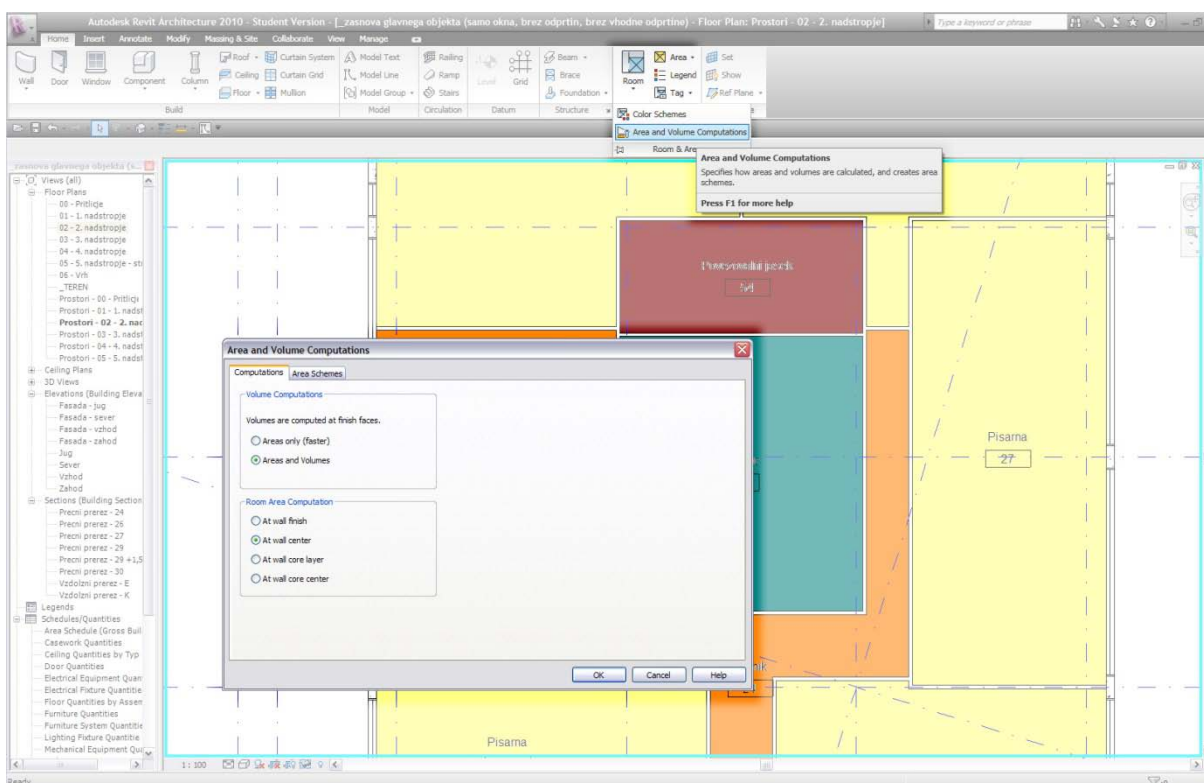
(O=omogoča)

(Autodesk, 2009)

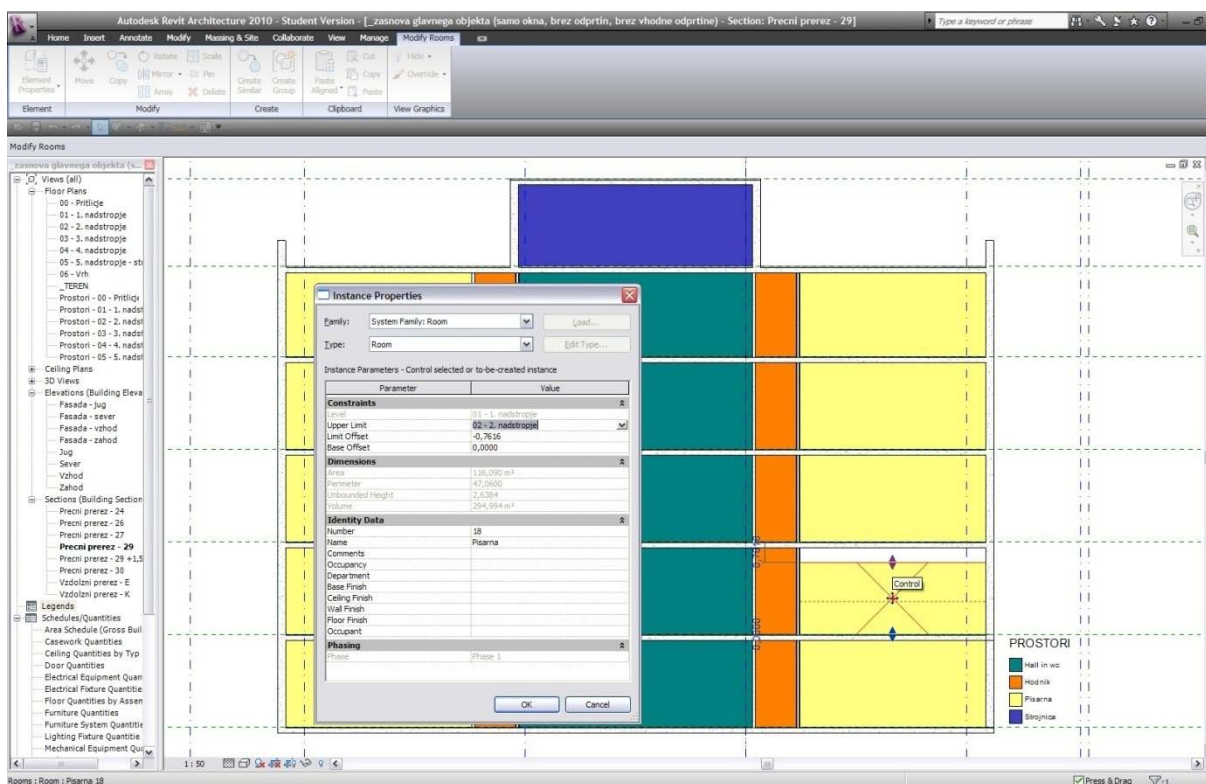
4.1 Modeliranje objekta v konceptualni zasnovi

V konceptualni zasnovi natančno definiranje konstrukcije ni potrebno. Osnovna filozofija zasnove za nadaljno trajnostno analizo je v tem, da pripravimo bistveno obliko modela (lupino modela) z glavnimi parametri, ki se nanašajo na razslojenost po etažah in prostorih. Detajlnejša zasnova zahteva več časa za modeliranje, zveča možnosti pojava napak in upočasni simulacijo brez bistvenih izboljšav oz. natančnosti končnih rezultatov. Uporabimo

lahko generične (*generic*) tipe plošč in sten brez definiranja materiala oz. sestave posameznih elementov. Tudi pri oknih lahko uporabimo najosnovnejše tipe družin oken, saj so za nadaljno analizo predvsem važna razmerja površin oken in sten. Vrat v model prav tako ni potrebno vstavljati, saj ne igrajo pomembne vloge pri analizi. Še največ pozornosti moramo posvetiti definiranju prostorov, saj moramo predvsem paziti, da je upoštevan celoten volumen modela. Ko definiramo prostore (*Rooms*), moramo najprej preveriti, če imamo izbrane pravilne načine računanja prostorov – *Area and Volume Computations* – omogočiti moramo računanje volumnov (*Area and Volumes*) in izbrati način računanja po oseh sten (*At wall center*), (Slika 34). Prav tako moramo preveriti, da segajo zgornji nivoji prostorov do plošč (Slika 35). Pri lastnostih prostora (*Instance Properties*) najprej nastavimo ustrezne mejne nivoje (spodnji in zgornji). Če je zgornja meja nad spodnjim robom plošče nad prostorom, potem Revit sam prepozna mejno površino in prostor zaključi na spodnjem robu plošče, v nasprotnem primeru pa računa volumen prostora do podanega mejnega nivoja. Zato je priporočljivo, da v prerezih vedno preverimo, če so zajeti vsi volumni modela.

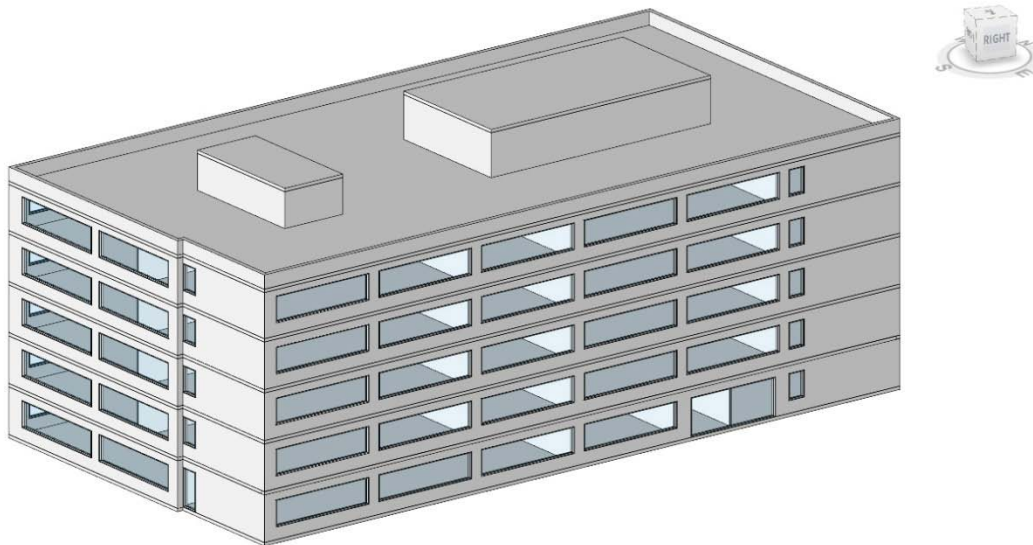


Slika 34: Definiranje prostorov in načini računanja volumnov.



Slika 35: Kontrola višin prostorov.

Kljub temu, da smo imeli objekt že zmodeliran, smo se odločili še enkrat povsem na novo zmodelirati objekt poslovnih prostorov. Glavni razlog za to odločitev je bila možnost ocene časa porabljenega za modeliranje zasnove objekta. Ob uporabi arhitekturnih podlog in predhodnega poznavanja zasnove objekta smo zasnovo objekta zmodelirali v 4 urah (Slika 36). Tako smo ocenili, da bi projektant (ob povprečnem poznavanju modelirnih tehnik v programu Revit) lahko izdelal zasnovo objekta primerno za nadaljni izvoz in analizo v roku enega delovnega dneva. Seveda to velja za primer, ko odgovorni arhitekt ne uporablja BIM tehnik projektantskega dela in ko so analize domena drugih projektantov. Pravilni pristop oz. BIM projektiranje seveda temelji na tem, da že arhitekt pri snovanju objekta uporablja prostorski BIM model, ki ga najprej preko konceptualnih mas formalno oblikuje ter ga nato na omenjeni način pretvori v osnovno lupino objekta z glavnimi parametri potrebnimi za nadaljne analize. Zaradi enostavnosti uporabe lahko številne analize nato s tem modelom izvaja že projektant arhitekt kar sam, lahko pa z modelom nadalje upravljajo za to odgovorni sodelavci.



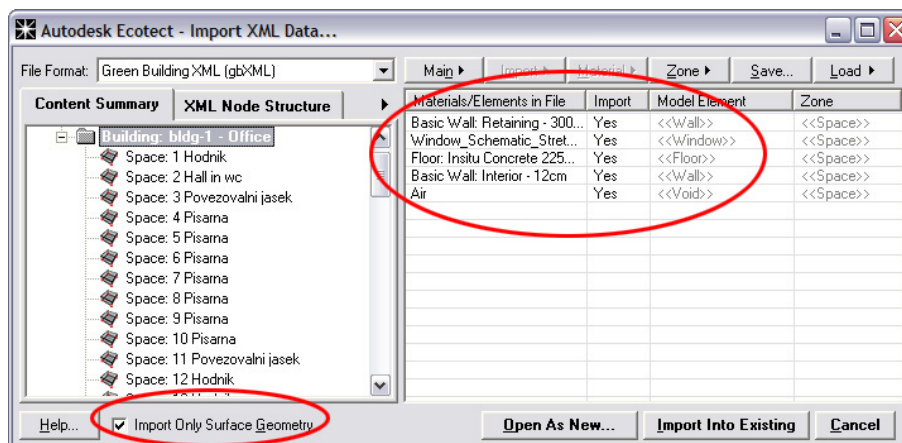
Slika 36: Objekt F1/1 kot konceptualni model v začetni fazi projektiranja.

4.2 Trajnostna analiza v programu Ecotect Analysis 2010

Modelirne funkcije in prilagajanje geometrije objekta, funkcije prikazovanja različnih rezultatov, ipd. ne bodo posebej izpostavljene, saj bi bilo opisovanje preobsežno, zato so v poglavju predstavljene le funkcije in ukazi, ki so neposredno povezani z izdelavo in kontroliranjem posamezne analize.

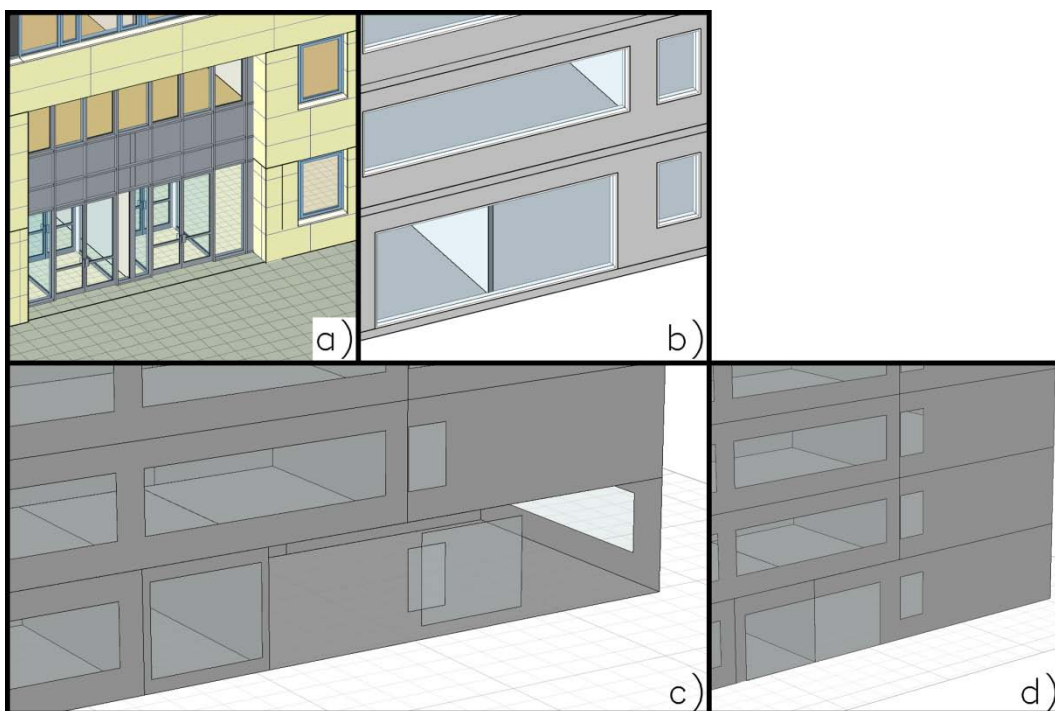
4.2.1 Uvoz modela in priprava osnovnih podatkov projekta

Prvi korak predstavlja vnos objekta za analizo. Program omogoča svoje modelirno okolje, zmožen pa je uvoza tudi številnih formatov analitičnih modelov, med drugim tudi formata gbXML, ki ga pripravimo s pomočjo funkcije Export v programu Revit Architecture. Preko sosledja ukazov *File – Import – Model/Analysis data...* izberemo uvozni format in željeno datoteko. V dialognem oknu *Import XML Data* (Slika 37) označimo možnost uvoza samo površinske geometrije modela (*Import Only Surface Geometry*) ter preverimo, če se posamezni materiali ali elementi pravilno interpretirajo, nato pa model uvozimo kot nov projekt ali kot del že odprtega projekta.



Slika 37: Uvozne nastavitve modela formata gbXML.

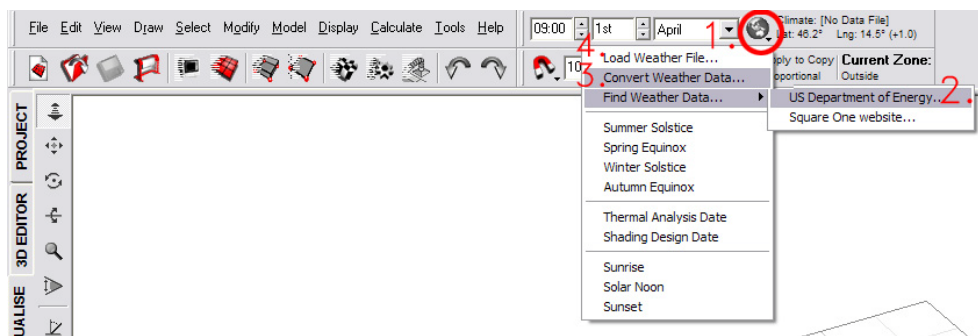
Pri uvozu modela pri obravnavanem objektu smo naleteli na manjše napake pri prepoznavanju geometrije pri glavnem vhodnem delu. Problema z modelom v programu Revit nisemo znali rešiti, kljub številnim kombinacijam (s predelno steno, brez nje, različno definiranimi prostori, ipd.), zato smo problem lastnoročno rešili s popravkom modela direktno v programu Ecotect takoj po uvozu objekta.



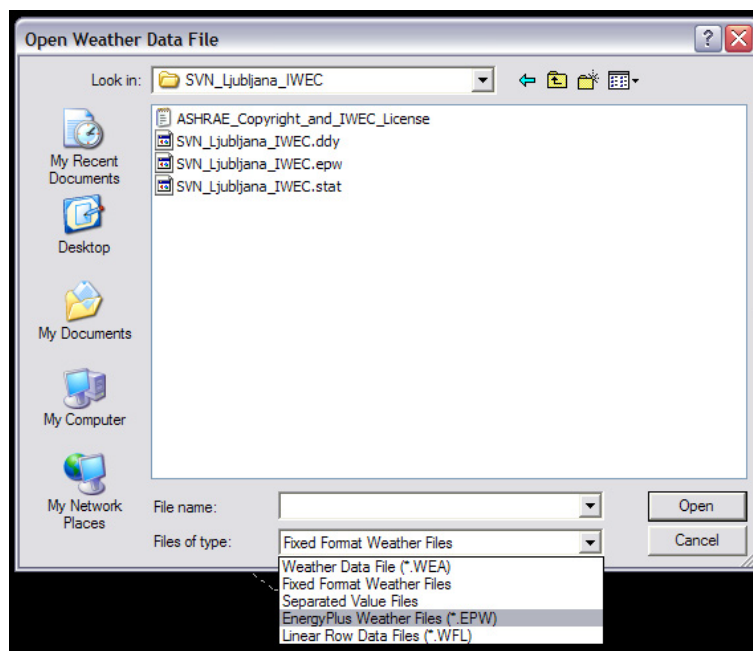
Slika 38: Problem prepoznavanja geometrije gbXML formata. Primer arhitektonskega modela (a), modela konceptualne zasnove (b) in uvoženega modela konceptualne zasnove preko gbXML formata v Ecotect (c) ter popravljenega modela preko modelirnih funkcij Ecotecta(d).

Naslednji korak predstavlja definiranje lokacije objekta v realnem prostoru. Podatke lahko vnesemo lastnoročno, lahko pa jih program prepozna preko uvoza vremenske datoteke

(*Weather File*) avtomatsko, kar je tudi priročno, saj moramo vremenske podatke v vsakem primeru vnesti v projekt. Ecotect ima kar obsežno bazo vremenskih podatkov že v osnovnih nastavitvah. Kot format datoteke vremenskih podatkov program uporablja tip WEA (*Weather Data Files*), preko integrirane aplikacije *Weather Manager* pa lahko definiramo WEA format tudi preko ostalih uveljavljenih formatov. Tak način smo morali uporabiti tudi za primer vremenskih podatkov za Ljubljano. Najprej smo preko ukaza *Find Weather Data – US Department of Energy* na spletni strani Ministrstva ZDA za energijo našli in shranili vremenske datoteke za Ljubljano, nato pa smo preko ukaza *Convert Weather Data* v *Weather Manager* aplikaciji te datoteke odprli ter jih shranili kot format WEA (Slika 39 in Slika 40).



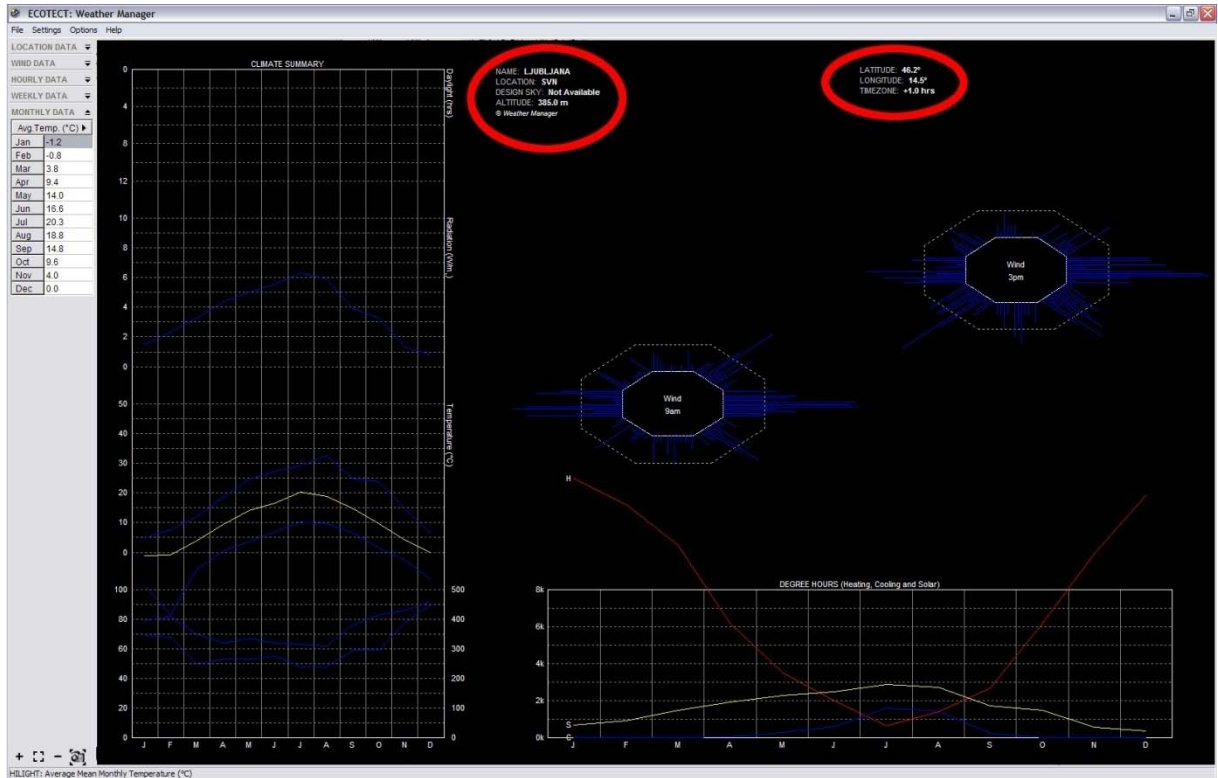
Slika 39: Vnos vremenskih podatkov.



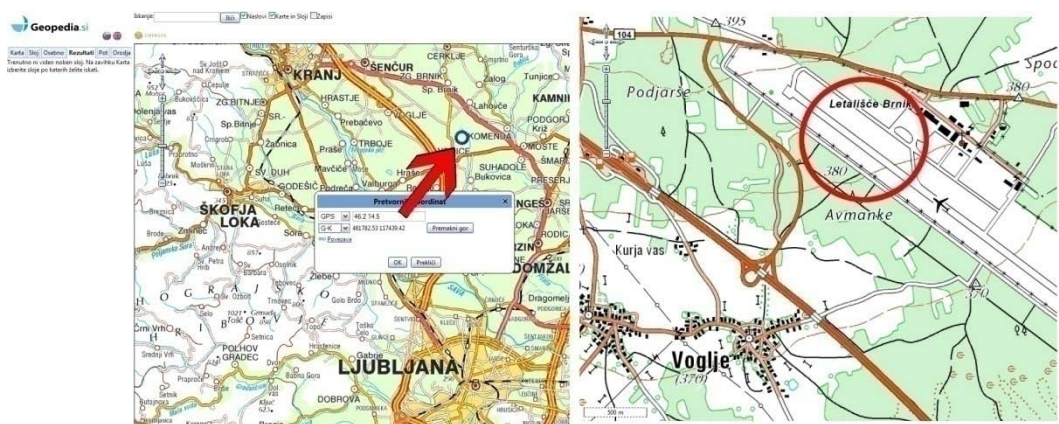
Slika 40: Uvoz različnih formatov vremenskih datotek v aplikaciji *Weather Manager*.

Vremenski podatki so bili verjetno dobljeni preko merilnih mest na ljubljanskem letališču. To smo skleпали iz podanih podatkov vremenske datoteke v *Weather Manager* aplikaciji (Slika

41) preko lociranja GPS koordinat (Lat.: 45,2° in Lon.: 14,5°) in nadmorske višine (385m), (Slika 42).



Slika 41: Aplikacija Weather Manager in uvoženi podatki za Ljubljano.



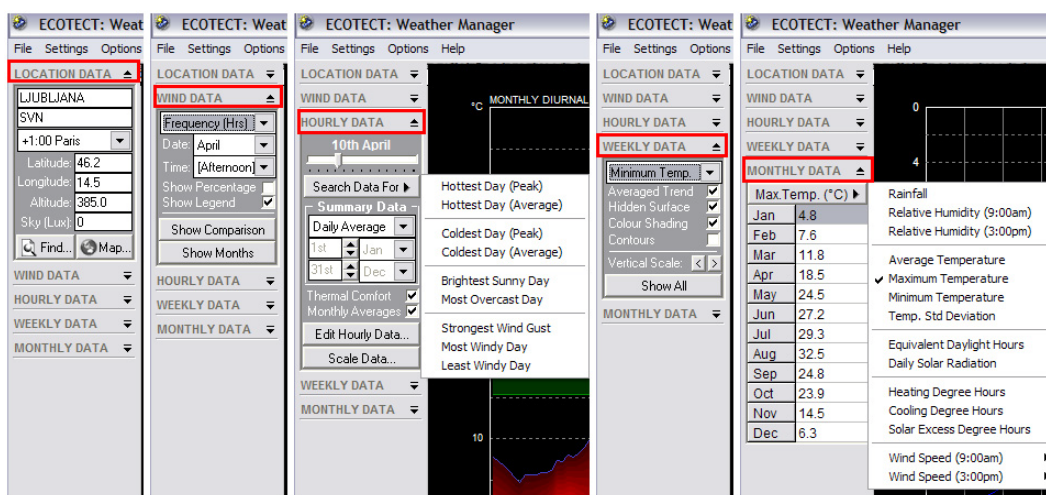
Slika 42: Lociranje GPS koordinat iz vremenske datoteke ter prikaz nadmorske višine ljubljanskega letališča na zemljevidu Geopedia.si.

Vremenska datoteka za Ljubljano nosi v sebi sledeče podatke:

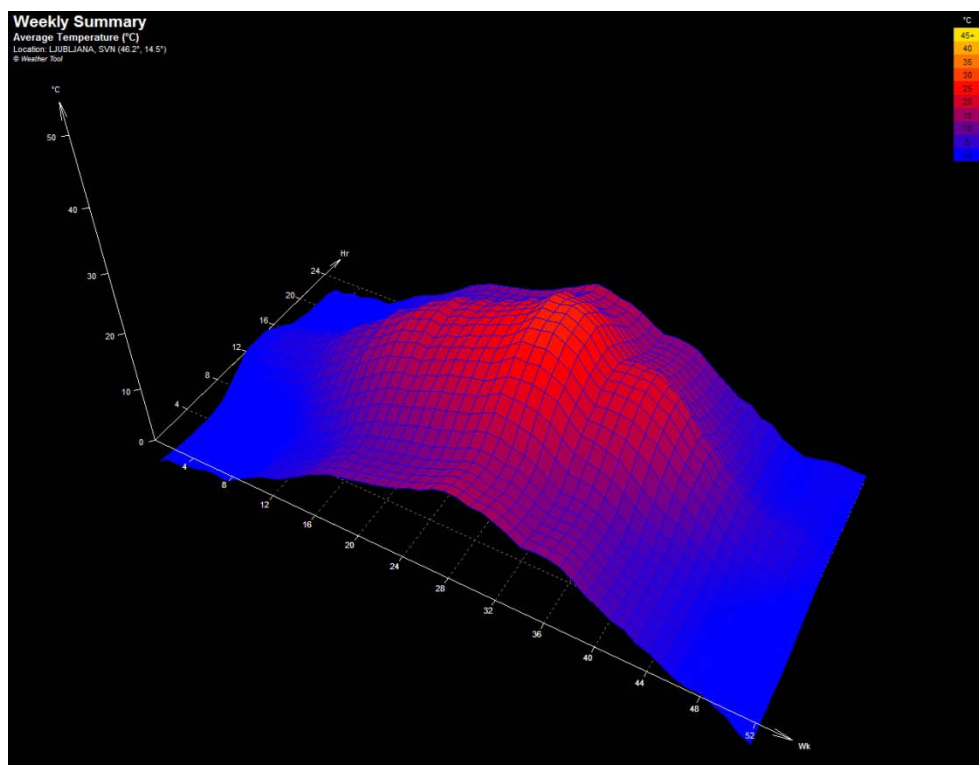
- Lokacija (kraj, država, časovno območje, GPS koordinate, nadmorska višina)
- Vetrne rože (možnost prikazovanja glede na frekvenco, temperaturo in vlažnost za posamezno obdobje v letu ali mesec ter čas)

- Urne podatke (najtoplejši in najhladnejši dan, najsvetlejši, najbolj oblačen dan, dan z največ vetra, ipd.)
- Tedenske podatke (povprečne, minimalne in maksimalne temperature, relativna vlažnost, direktno in difuzno sončno obsevanje, hitrosti vetra, oblačnost)
- Mesečne podatke (povprečne, minimalne in maksimalne temperature, dnevna sončna obsevanja, obdobja potrebnega ogrevanja in ohlajanja, hitrosti vetra, ipd.)

Manjkajo pa podatki za osvetljenost neba (pri lokacijskih podatkih) ter podatki o padavinah.



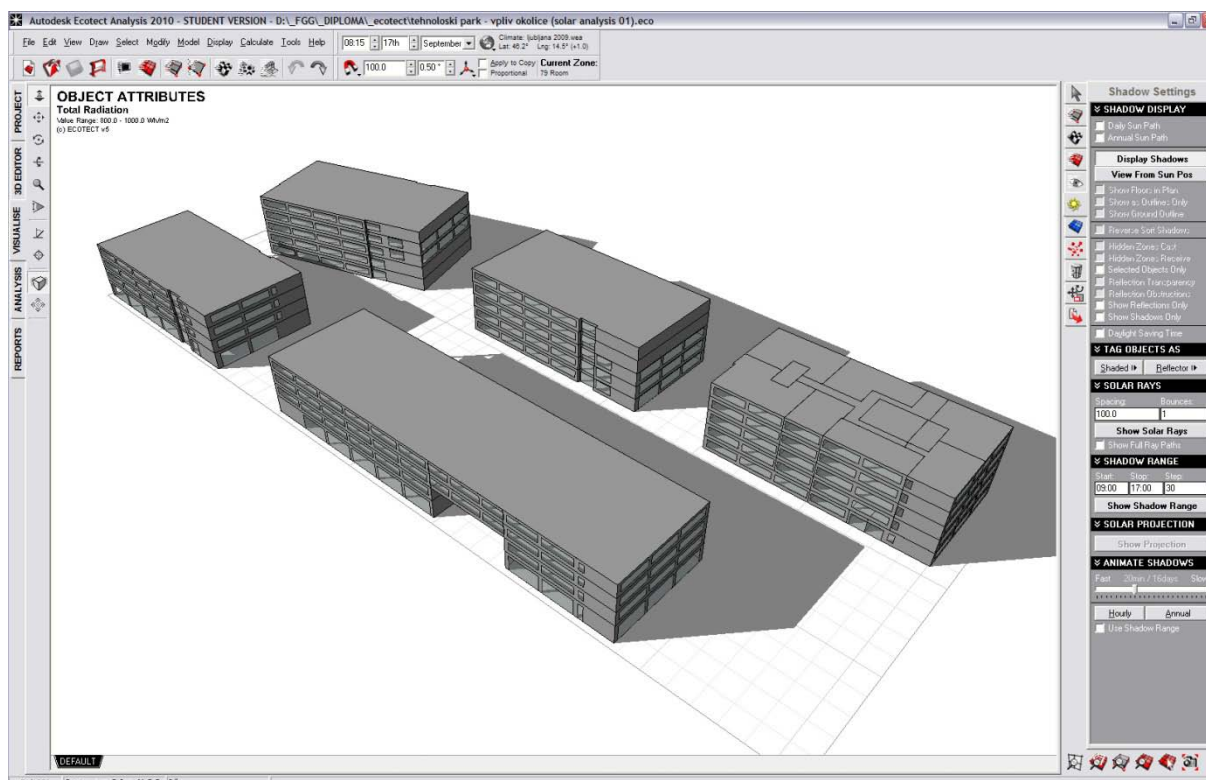
Slika 43: Možnosti prikazovanja številnih podatkov znotraj vremenske datoteke.



Slika 44: Primer prikaza povprečnih temperatur skozi leto (glede na tedne in ure).

Ko zaključimo s pregledovanjem in morebitnim dopolnjevanjem vremenskih podatkov, datoteko shranimo kot WEA format in ga vnesemo preko ukaza *Load Weather Data* v programu Ecotect. Program javi uspešen vnos podatkov ter nas opozori na možnost posodobitve lokacije projekta na podlagi vremenske datoteke, kar lahko potrdimo ali zavrnemo.

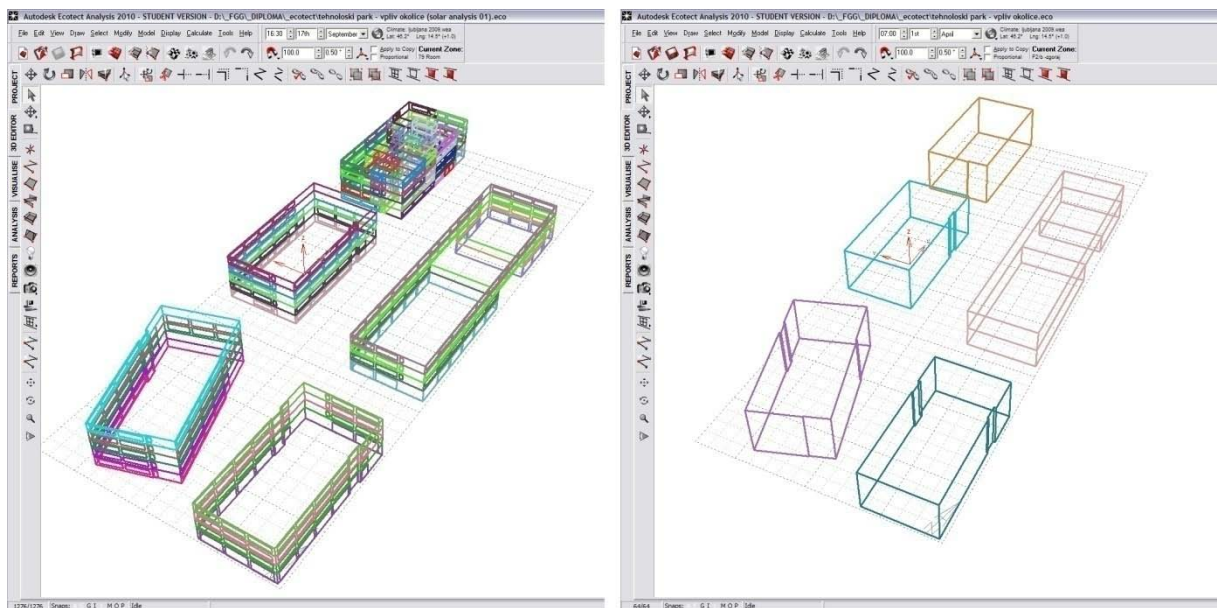
Osnovni podatki so na tej stopnji vnešeni. Nadaljnje delo je odvisno od analiz, ki jih hočemo izvesti. Za željeno analizo vpliva objekta na okolico in obratno je potrebno v projekt vnesti še ostale objekte v okolici. Okoliške objekte F1/2, F2b, F3 in F4 smo vsakega posebej zmodelirali v konceptualni zasnovi – uporabili sem generične stene in plošče ter shematska okna posplošenih dimenzij. Eno izmed osnovnih vodil diplomske naloge je uporaba programa Revit kot glavnega modelirnika in uporaba programa Ecotect izključno za analizo, skratka izogibanje procesom dodatnega modeliranja. Najprej smo poskusili vse objekte združiti v eni datoteki z načinom povezovanja posameznih modelov oz. datotek znotraj ene, glavne datoteke – preko ukaza *Insert – Link Revit*. Ta funkcija predstavlja enega izmed dveh načinov skupinskega dela znotraj Revita in je namenjena povezovanju posameznih panožnih modelov (arhitekturni model, strukturni model, model inštalacij, ipd.) tudi v primeru, ko ni možna mrežna povezava s centralno datoteko (*Central File*). Kljub predvidevanju, da ta način ne bo primeren za izvoz v Ecotect, smo se odločili, da poskusimo z izvozom datoteke gbXML, saj proces izdelave take datoteke s povezavami posameznih modelov ne predstavlja veliko dodatnega dela. Revit ob poskusu izvoza v gbXML datoteko sporoči, da ne najde definiranih nobenih prostorov znotraj datoteke, kar je logično, saj so prostori prepoznavni samo v originalni datoteki posameznega modela, v glavni datoteki pa so posamezni objekti prepoznavni samo kot celota. Vse objekte smo združili v eno datoteko enostavno z uporabo funkcije *Copy-Paste* in jih s pomočjo pripravljene tlorisne podloge lokacij posameznih objektov postavili na prava mesta v situaciji. Izvoz datoteke gbXML za uporabo v programu Ecotect v tem primeru ni predstavljal problema in tudi uvoz je potekal brez napak (razen omenjenega problema v začetku poglavja - Slika 38).



Slika 45: Uspešen uvoz gbXML datoteke vseh objektov.

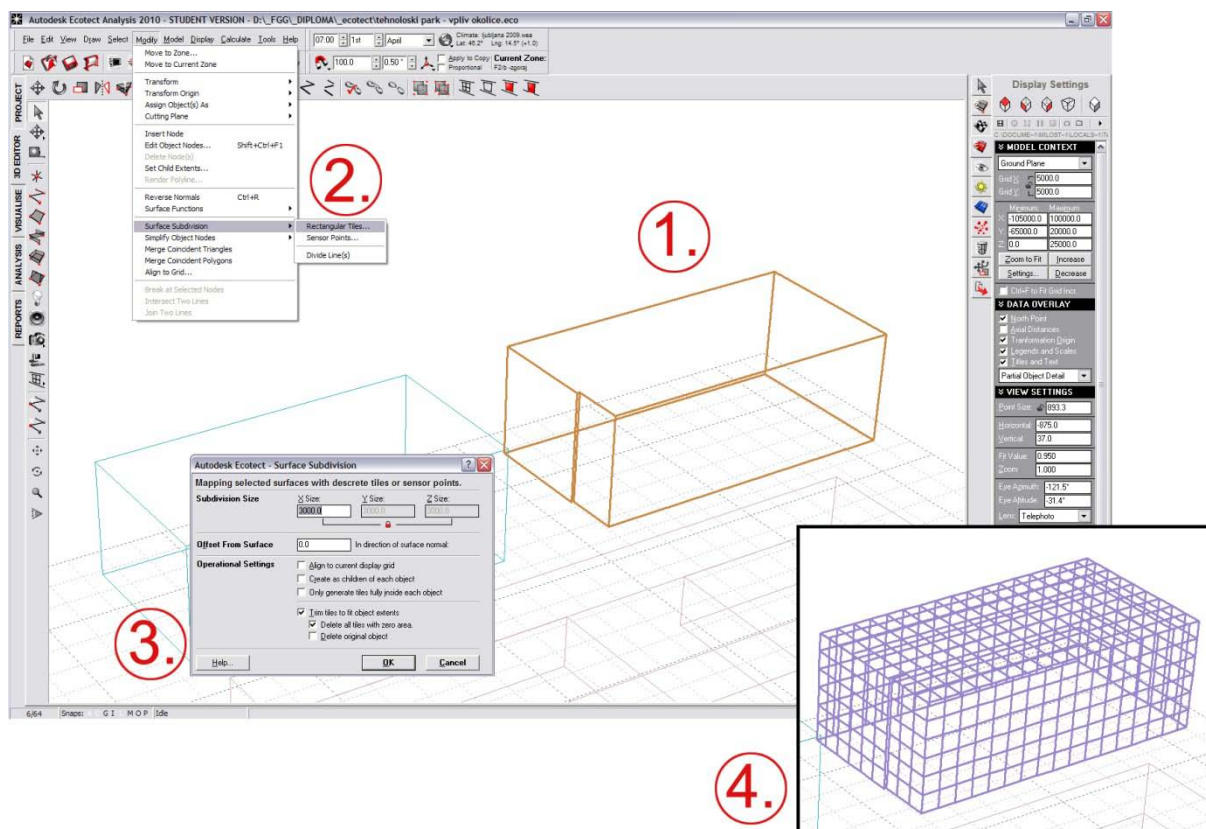
4.2.2 Analiza povprečne dnevne osončenosti (*Average Daily Insulation Analysis*)

Ker so prvi poskusi analiz na tem primeru pokazali, da je procesiranje zahtevno in dolgotrajno, smo se odločili, da celotno situacijo petih objektov še bolj poenostavimo. Za potrebe željene analize je prezentacija objektov kot enotnih kubusov povsem zadovoljiva, saj nas zanimajo le zunanje ploskve objektov oz. fasade. V obstoječi datoteki z uvoženimi objekti smo v modelirnem okolju (zavihek *3D Editor*) z ukazom *Zone* po zunanjem obodu posameznega objekta napravili novo cono z ustrežno višino in tako nadomestili uvoženi objekt, ki je bil sestavljen iz številnih con (Ecotect definira cone na podlagi definicij prostorov v Revitu). Izjema je bil edino objekt F2/b, ki smo ga izdelali iz treh con (zaradi osrednjega prehoda), ki smo jih nato združili z ukazom *Link Objects*.



Slika 46: 3D model uvoženih objektov direktno iz Revita (levo) in poenostavitev modelov objektov z definiranjem novih con (desno).

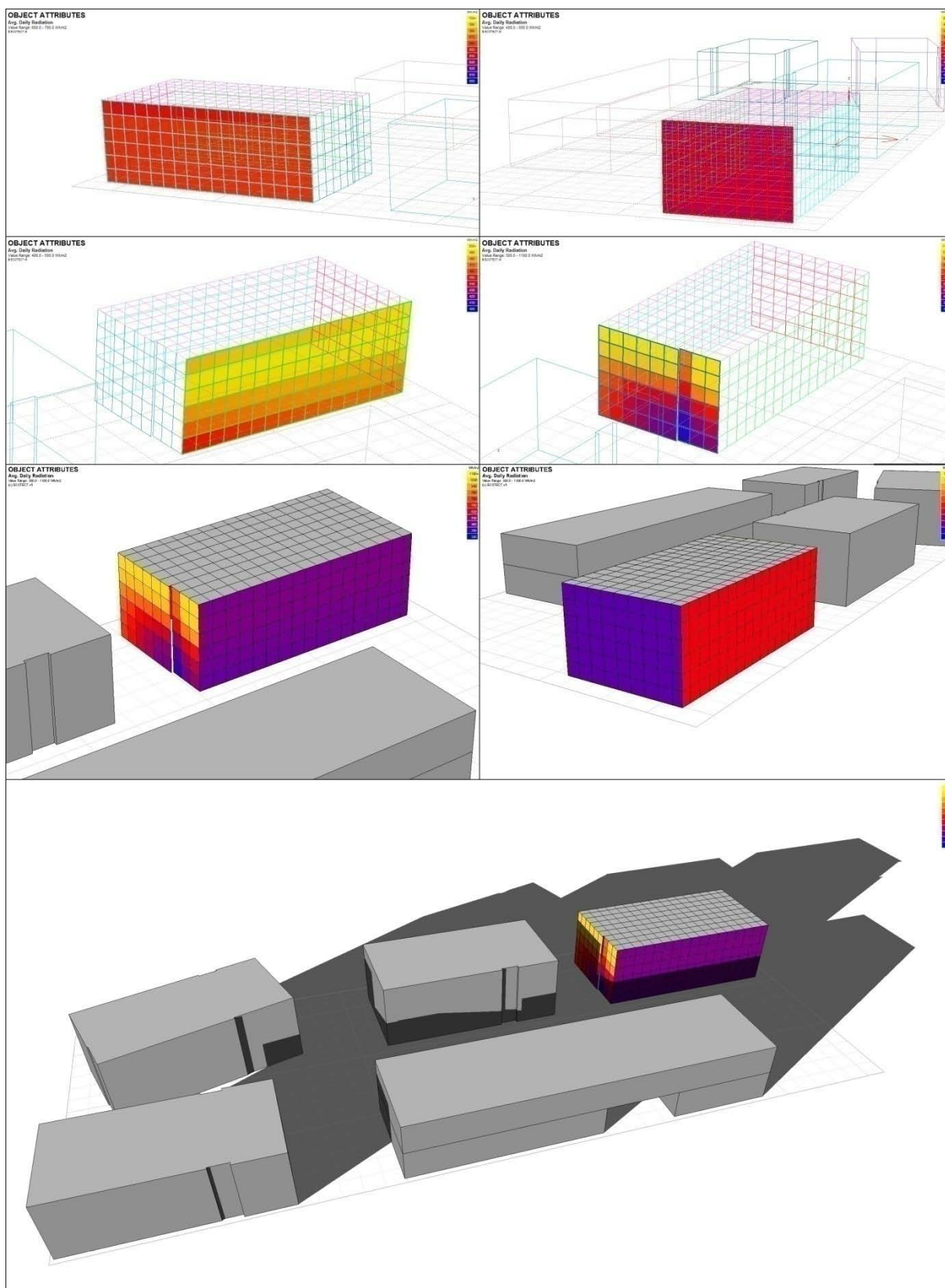
Obravnavo osončenosti enotne ploskve fasade je neprimerna, saj rezultira v povprečnem prikazu osončenosti za celotno fasado, kar je preveč posplošeno, saj nas zanima predvsem pojav morebitnih lokacijsko slabše osvetljenih delov oz. obratno. Zato je potrebno ploskve fasade in strehe razdeliti na manjše ploskve, ki bodo dale točnejše rezultate. Najprej v zavihku *3D Editor* označimo željene ploskve, nato pa preko ukaza *Modify – Surface Subdivisions – Rectangular Tiles* razdelimo plosve na manjše kvadratne (lahko tudi pravokotne) ploskve, v obravnavanem primeru dimenzij 3000 mm (Slika 47). Novonastale ploskve so interpretirane enotno na skupni coni. Za boljšo preglednost je priporočljivo vsako fasado zato prestaviti na svojo cono, ki jo na novo ustvarimo. Nato označimo željeno fasado in preko ukaza *Calculate – Solar Access Analysis* začnemo z nastavitvami parametrov željene analize osončenosti. Pojavi se uporabniku prijazno pogovorno okno (čarovnik), ki nas vodi skozi nastavitve in hkrati ponuja tudi krajše razlage le-teh. Za željeno analizo povprečne dnevne osončenosti najprej izberemo *Incident Solar Radiation*, ki računa skupno, neposredno in difuzno osončenost izbranega objekta. V naslednjem koraku izberemo časovno obdobje analize za zimo (privzeto je obdobje od 1.12. do 28.2.). Kot končni rezultat analize izberemo povprečne dnevne vrednosti (*Average Daily Values*). Določimo analizo le za izbrane objekte (*Only Use Selected Objects*). Vpliv okolice (*Overshadowing*) pri prvi analizi izvedemo kot natančnejšo analizo (*Perform Detailed Shading Calculations*), ki ustvari tako imenovane maske za vse objekte okolice, katere nato lahko shranimo in uporabimo pri nadaljnjih analizah ter tako prihranimo na času. Natančnost analize (*Overshadowing Accuracy*) določimo na srednjo. V zadnjem dialognem oknu so zbrani na enem mestu vsi nastavljeni parametri, potrebno je le še določiti datoteko, kamor bodo shranjeni rezultati vpliva okolice (*Store Results to Shading Mask Library*).



Slika 47: Razdelitev ploskev fasad in strehe na manjše ploskve primerne za analizo.

Podobno naredimo nato tudi za ostale fasade in vsakič izberemo možnost izbrisa prejšnjih rezultatov (*Clear values from all other objects*) ter na koncu shranimo datoteko mask za hitrejše kasnejše analize.

Grafične rezultate analize lahko prikazemo za vsako fasado posebej, lahko pa jih tudi zberemo s prikazom na vseh fasadah. Za to je potrebno za vsako fasado ponovno zagnati analizo, ki se ob izbrani prej shranjeni podlogi mask izvede zelo hitro ter preprečiti izbris rezultatov prejšnjih analiz. Grafični prikazi rezultatov temeljijo na barvnih shemah količinske osončenosti izražene v Wh/m^2 . Slika 48 prikazuje interpretacijo rezultatov z vklopom senc na specifično izbrani dan in uro (v tem primeru je to 1.12. ob 8.30), s katero si lahko razlagamo, zakaj je na južni in vzhodni fasadi manj osončenosti oz. je le-ta neenakomerna.

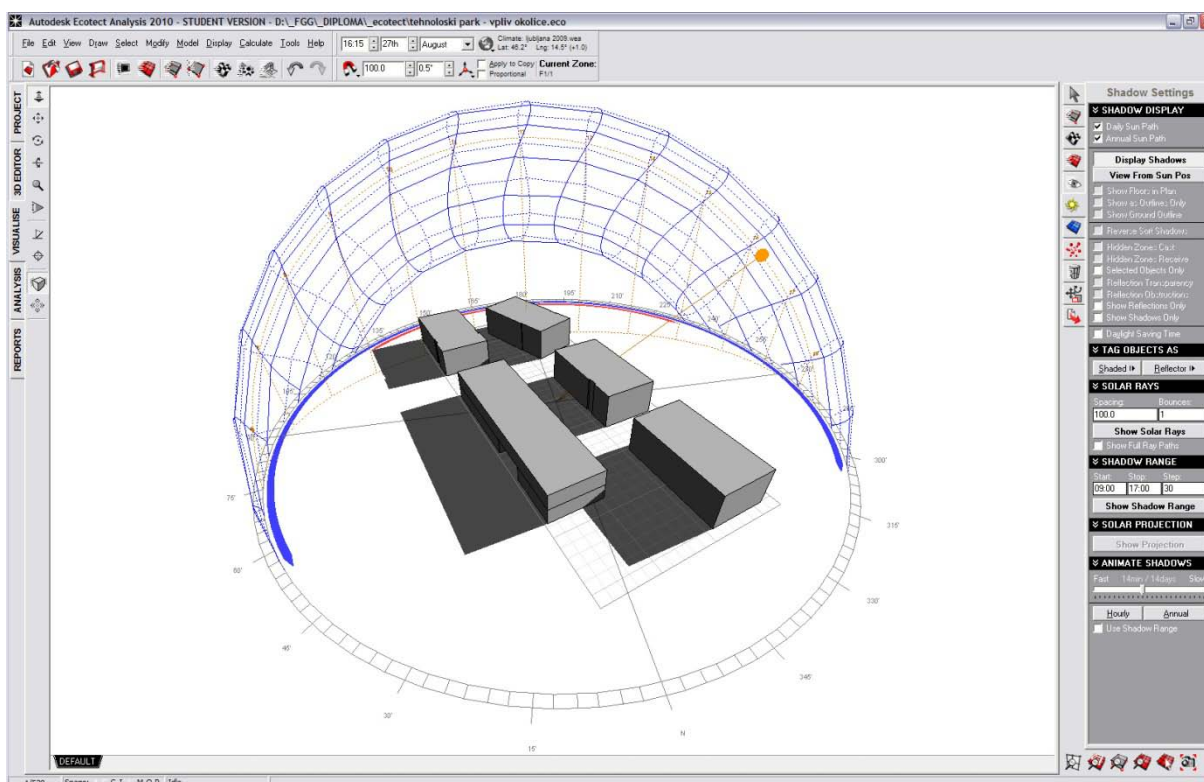


Slika 48: Prikaz rezultatov povprečne dnevne osončenosti za posamezne fasade, za vse fasade hkrati in z dodatnim prikazom padanja senc na dan 1.12. ob 8.30.

4.2.3 Študija senc

Skupaj s študijami osončenosti si projektant tudi s študijami padanja senc na objekt zaradi sosednjih objektov in obratno pomaga pri razumevanju postavitve objekta v okolje. Na tak način lahko jasno grafično določa lokacijske potrebe po postavitvah dodatnih senčilnih sistemov oz. prilagaja razmerje zasteklitvenih površin. Pomemben del pa predstavlja tudi analiza vpliva obravnavanega objekta na okolico, saj v večini primerov predstavljajo solarne študije redni del projektne elaborata.

Ecotect ponuja edinstven 3D grafični prikaz letne poti sonca na nebu, ki uporabniku omogoča jasen vpogled v stanje na lokaciji ob katerem koli času v letu. V desnem zavihku nastavitve senc v projektu (*Shadow Settings*) vključimo prikaz dnevne in letne poti sonca (*Daily in Annual Sun Path*) ter prikaz senc (*Display Shadows*) – prikaže se nam pot sonca za vsak dani trenutek v letu in hkratni prikaz padanja senc zaradi izbrane pozicije sonca (Slika 49). Pozicijo sonca lahko prilagajamo ročno s klikom na oranžni krogec, ki predstavlja sonce, ki ga nato vodimo po spiralnih poteh in opazujemo spreminjanje senc, lahko pa tudi ročno vstavimo točen čas in datum, ki nas zanima.



Slika 49: Dnevna in letna pot sonca ter z njo povezano padanje senc objektov.

Za še natančnejše informacije v zvezi s pozicijami sonca dostopimo preko ukaza *Calculate – Sun Path Diagram* do bolj konvencionalnih 2D solarnih diagramov. Poenostavljeno razloženo je koncept teh diagramov enak kot, če bi na izbrani točki na tleh naredili 180° posnetek s t.i.

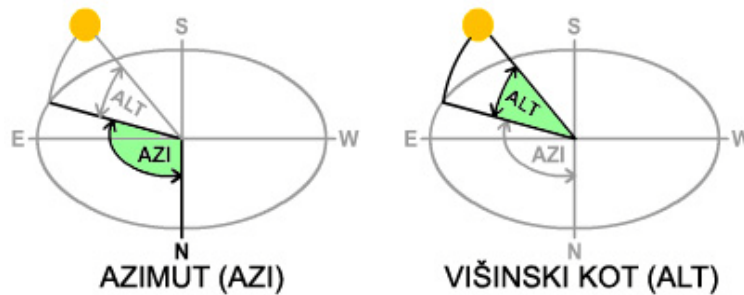
objektivom ribjega očesa (*Fish Eye*). Poti sonca so za vsak dani trenutek projecirane na tako ravnino. Na tak način dobimo sferični prikaz oz. projekcijo, za katero je značilno, da so linije enakega višinskega kota široko razmaknjene ob zenitu in gosto koncentrirane ob horizontu. Tak način prikaza v določenih primerih ni primeren (zaradi težjega odčitavanja vrednosti), zato Ecotect ponuja še številne druge načine interpretiranja diagramov poti sonca (stereografični, enakomerni, ortografični, ipd.). Kot zadnja možnost prikaza teh rezultatov pa se ponuja tudi numerični izpis, ki ga prikazuje Preglednica 2 (rezultati se nanašajo na izbrano vzhodno fasado objekta F1-1).

Preglednica 2: Tabelarni izpis vrednosti diagrama poti sonca za vzhodno fasado

Tabulated Daily Solar Data						
Latitude: 46.2°	Date: 27th August	Local Correction: -3.5 mins				
Longitude: 14.5°	Julian Date: 239	Equation of Time: -1.5 mins				
TimeZone: +1.0hrs	Sunrise: 05:19	Declination: 10.3°				
OBJECT No.: 41	Sunset: 18:47	Orientation: 72.7°				
Local	(Solar)	Azimuth	Altitude	HSA	VSA	Shading
5:30	(05:26)	76.8°	1.7°	4.1°	1.7°	13%
6:00	(05:56)	82.2°	6.8°	9.5°	6.9°	13%
6:30	(06:26)	87.5°	12.0°	14.8°	12.4°	20%
7:00	(06:56)	92.9°	17.2°	20.2°	18.3°	20%
7:30	(07:26)	98.5°	22.4°	25.8°	24.6°	13%
8:00	(07:56)	104.4°	27.5°	31.7°	31.4°	0%
8:30	(08:26)	110.8°	32.4°	38.1°	38.9°	0%
9:00	(08:56)	117.7°	37.1°	45.0°	46.9°	0%
9:30	(09:26)	125.3°	41.6°	52.6°	55.6°	0%
10:00	(09:56)	133.9°	45.6°	61.2°	64.7°	0%
10:30	(10:26)	143.5°	49.0°	70.8°	74.0°	0%
11:00	(10:56)	154.3°	51.7°	81.6°	83.4°	0%
11:30	(11:26)	166.1°	53.4°	93.4°	92.5°	100%
12:00	(11:56)	178.5°	54.1°	105.8°	101.2°	100%
12:30	(12:26)	-168.9°	53.7°	118.4°	109.2°	100%
13:00	(12:56)	-156.9°	52.2°	130.4°	116.7°	100%
13:30	(13:26)	-145.9°	49.7°	141.4°	123.5°	100%
14:00	(13:56)	-136.0°	46.4°	151.3°	129.9°	100%
14:30	(14:26)	-127.2°	42.5°	160.1°	135.7°	100%
15:00	(14:56)	-119.4°	38.2°	167.9°	141.2°	100%
15:30	(15:26)	-112.3°	33.5°	175.0°	146.4°	100%
16:00	(15:56)	-105.9°	28.6°	-178.6°	151.4°	100%
16:30	(16:26)	-99.9°	23.6°	-172.6°	156.3°	100%
17:00	(16:56)	-94.2°	18.4°	-166.9°	161.1°	100%
17:30	(17:26)	-88.8°	13.2°	-161.5°	166.1°	100%
18:00	(17:56)	-83.4°	8.0°	-156.1°	171.2°	100%
18:30	(18:26)	-78.1°	2.9°	-150.8°	176.7°	100%

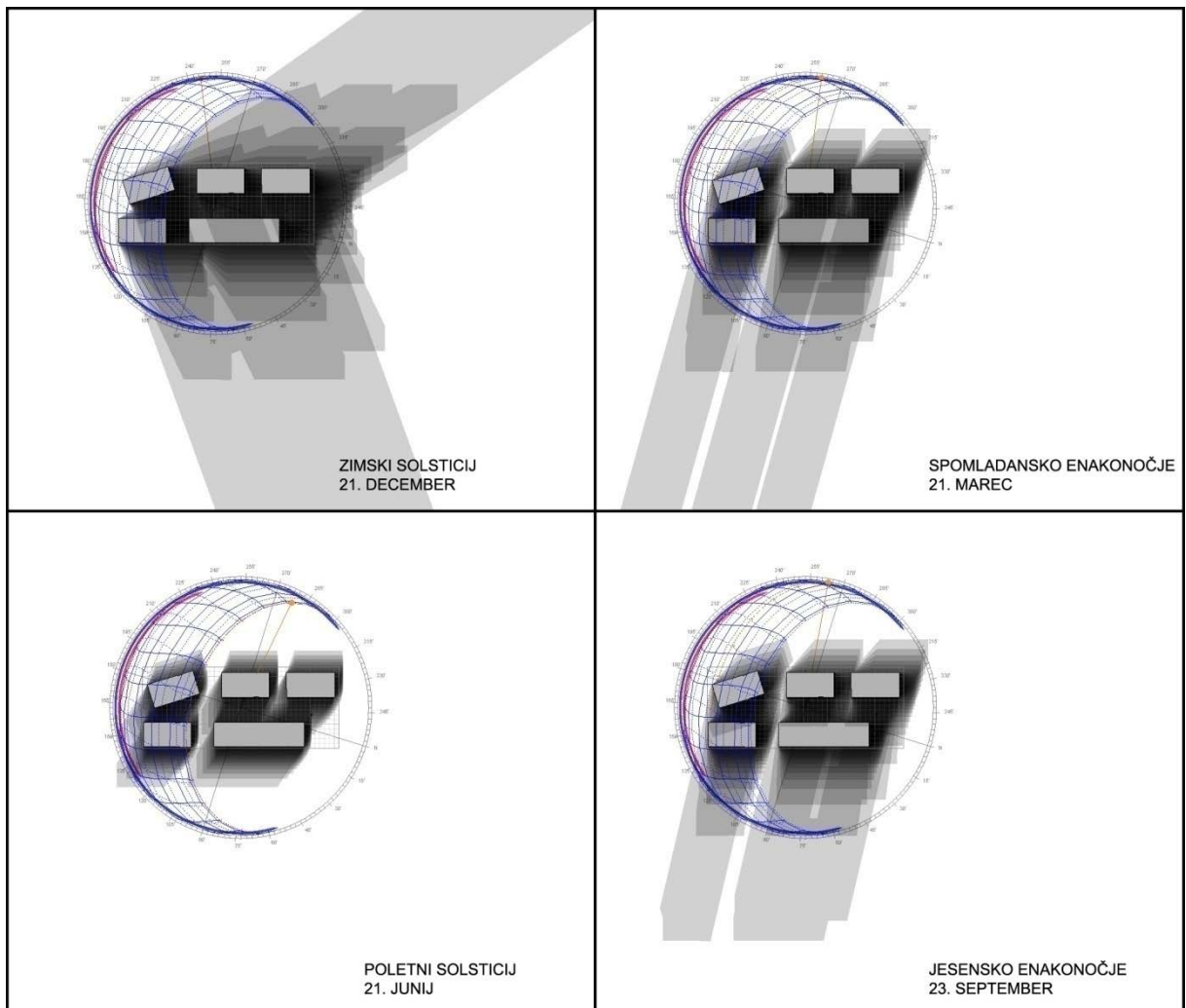
Pomemben podatek diagramov predstavljajo tudi vrednosti za azimut (*Azimuth*) in višinski kot sonca (*Altitude*), saj preko njih lahko projektanti natančno določajo tudi parametre, ki oblikujejo dodatne senčilne sisteme. Azimut predstavlja ravninski kot sonca relativno glede na smer severa (je vedno pozitiven v smeri urinega kazalca glede na sever gledano z vrha).

Višinski kot pa predstavlja vertikalni kot sonca glede na horizontalno ravnino (ima vrednosti od 0° do 90°).



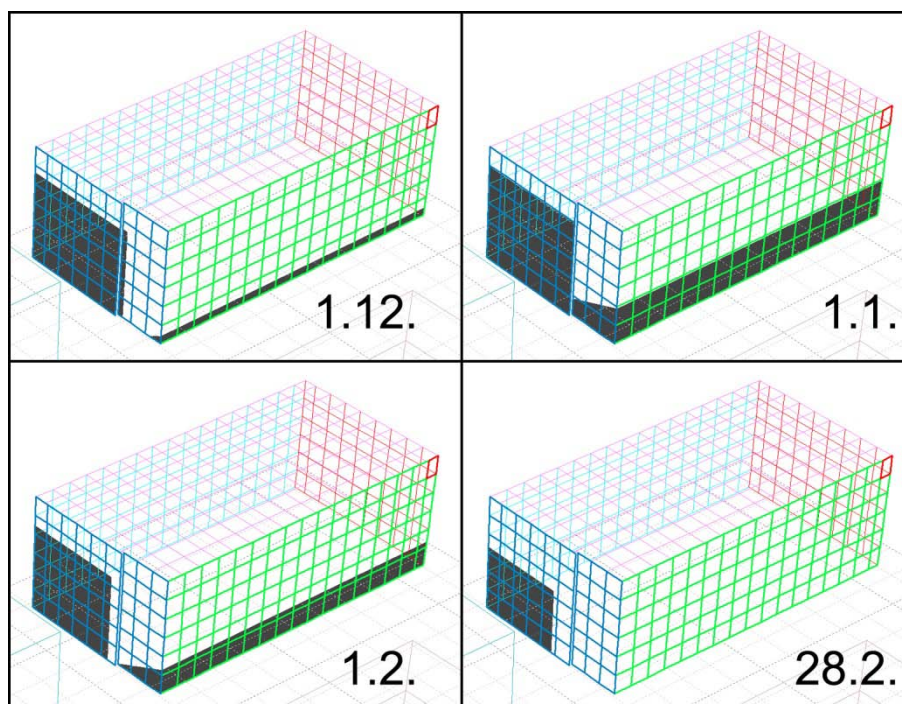
Slika 50: Definiranje azimuta in višinskega kota pozicije sonca.

Ecotect ponuja res raznovrstne prikaze osenčenosti. Sence lahko v delovnem okolju (*3D Editor*) tudi obarvamo za še jasnejše razlikovanje posameznih vplivov objektov. Zanimiva in uporabna je tudi funkcija prikaza razpona padanja senc. V zavihu nastavitvev senc (*Shadow Settings*) se nahaja podzavihek razpona senc (*Shadow Range*), kjer vklopimo prikaz in nastavimo časovno obdobje ter korake izrisanih senc. Slika 51 prikazuje tak način prikaza senc za 4 tipične sezonske dneve v letu – zimski in poletni solsticij ter spomladansko in jesensko enakonočje.



Slika 51: Prikaz razpona padanja senc.

Za še boljše razumevanje osončenosti oz. obratno – osenčenosti, pa lahko tudi kontroliramo prikaz padanja senc samo na izbranih površinah. Ko označimo željene ploskve, moramo v desnem zavihku *Shadow Settings* pri podzavihku *Tag Object As* s klikom na *Shaded* izbrati opcijo *Tag Selected Object*, nato pa le še vključiti prikaz senc *Display Shadows* na vrhu zavihka. Slika 52 prikazuje padanje senc zaradi sosednjih objektov ob 9. uri zjutraj v obravnavanem zimskem obdobju. Program pa omogoča še bolj grafični prikaz take analize tudi z možnostjo izdelave animacije padanja senc, ki jo lahko izvedemo v spodnjem podzavihku *Animate Shadows*, kjer lahko kontroliramo animacijo kot dnevno ali letno analizo.



Slika 52: Padanje senc sosednjih objektov na vzhodno in južno fasado v zimskem obdobju ob 9. uri zjutraj.

4.3 Trajnostna analiza v programu Green Building Studio

Program Green Building Studio (GBS) deluje kot internetni program oz. servis za energetska analizo celotnega objekta (*whole-building energy analysis web service*). Uporabnik si najprej namesti dodatek (*Plug-in*) za program Revit (Architecture ali MEP) ali samostojen program *Autodesk Green Building Studio Desktop*, ki je namenjen uporabnikom, ki ne uporabljajo Revit platforme in želijo uvoziti model v formatu gbXML iz katere koli druge BIM aplikacije.

4.3.1 Uvoz objekta in pregled rezultatov analize osnovne variantne rešitve

Ukaz za izvoz Revitovega modela v GBS najdemo v zavihku »Add-Ins« in ukazu »External Tools«. Uvoz je avtomatiziran – iz programa Revit nas direktno poveže z internetnim servisom GBS, kjer sledimo 5 korakom nastavitvev za začetek analize. V prvem koraku projekt poimenujemo, definiramo tip zgradbe iz ponujenih kategorij ter določimo shemo delovanja (Slika 53).

User: milostodorovic [Logout](#) [Your Projects](#) [User Settings](#) [Account](#) [Project Template](#)

Create New Project - Page 1

Please enter a name for your project, the type of building, and the project type. Each project should only submit one building or a group of buildings in one model.

Name & Type	
Project Name	Objekt F1-1, Tehnološki park, Brdo, Ljubljana,(2)
Building Type*	Make Selection
Schedule*	
Project Type	<input type="checkbox"/> Actual Building Design Project <input type="checkbox"/> Demonstration Only

***These values can not be changed once runs are submitted to project.**

© Copyright 2008 Autodesk, Inc. All rights reserved.

User: milostodorovic [Logout](#) [Your Projects](#) [User Settings](#) [Account](#) [Project Template](#)

Create New Project - Page 1

Please enter a name for your project, the type of building, and the project type. Each project should only submit one building or a group of buildings in one model.

Name & Type	
Project Name	Objekt F1-1, Tehnološki park, Brdo, Ljubljana,(2)
Building Type*	Make Selection
Schedule*	Default
Project Type	<input type="radio"/> Actual Building Design Project <input type="radio"/> Demonstration Only

***These values can not be changed once runs are submitted to project.**

[Reset](#) [Cancel](#) [Next](#)

Select schedule that is closest to known building schedule.	
Default	Default schedules based on Building Type specified.
24/7 Facility	Building is operating at all times throughout the year.
24/6 Facility	Building is operating 24 hour M-Sat and closed on Sundays
24/5 Facility	Building is operating 24 hour M-F and closed on Saturday and Sundays
12/7 Facility	Building operates everyday, but is closed at night
12/6 Facility	Building operates M-Sat, but is closed at night and Sundays
12/5 Facility	Building operates M-F, but is closed at night and weekends
K-12 School	Facility open during school year but closed summers and holidays
Year-round School	Facility open throughout the year but closed on holidays
Theater/Performing Arts	Building operates daily, heaviest in the evenings, closed overnight
Worship	Building operates daily, heaviest Sunday mornings and daytime, closed nights

Portions of this software are copyrighted by Jam

© Copyright 2008 Autodesk, Inc. All rights reserved. Legal Notices & Trademarks – Report Piracy

See Autodesk Green Building Studio Terms of Use or About Green Building Studio for details.

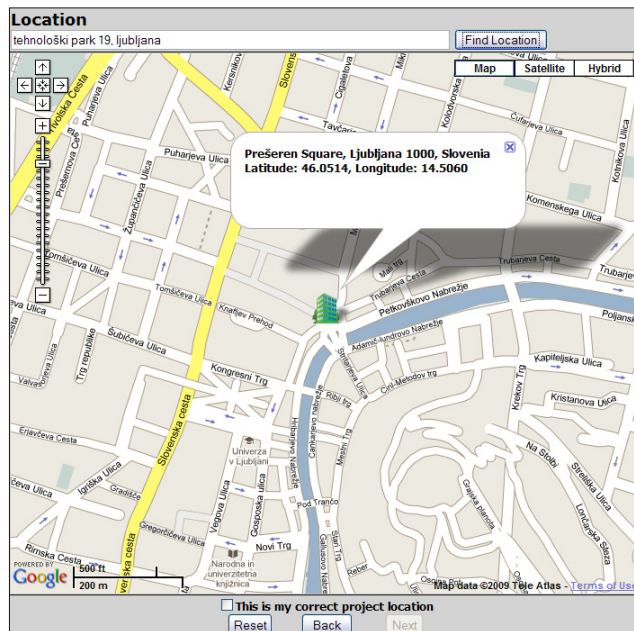
Slika 53: Prvi korak definiranja projekta – določitev tipa zgradbe in sheme delovanja.

V naslednjem koraku objekt lociramo na zemljevidu v okolju Google Maps. Lahko vnesemo naslov ali GPS koordinate lokacije. Natančno definiranje lokacije v mojem primeru ni bilo povsem omogočeno, saj zemljevid Google Maps očitno še ni posodobljen za našo regijo. Ob vnosu točnega naslova »Tehnološki park 19«, program locira objekt na Prešernov trg (Slika 54).

User: milostodorovic [Logout](#) [Your Projects](#) [User Settings](#) [Account](#) [Project Template](#)

Create New Project - Page 2 of 5

Enter address. If address does not yet exist, enter city, state and zip code. You may then drag the building marker to your physical location.



Slika 54: Napačno interpretiranje naslova »Tehnološki park 19«.

Zato je bila edina možnost lociranja objekta preko podajanja GPS koordinat. Najprej smo odčitali Gauss-Krügerjevi koordinati na geodetskem posnetku situacije objekta (GKY=458544, GKX=100846), jih pretvorili v GPS koordinati in ju zaokrožili na Lat.: $46,05^\circ$ in Lon.: $14,46^\circ$. V GBS sta podani GPS koordinati locirali objekt na najbližji naslov, ki ga ima program v bazi, t.j. Za opekarno 23 (Slika 55a). Glede na konfiguracijo terena smo mnenja, da je ta napaka minimalna in ne igra pomembne vloge pri natančnosti izvajanja energetskih analiz.



Slika 55: Lociranje objekta v GBS preko GPS koordinat (a), označba lokacije objekta v programu Google Earth (b), lociranje objekta na Geopedia.si preko GPS koordinat (c), lociranje objekta na zemljevidu Najdi.si preko naslova Tehnološki park 19 (d).

Tretji korak pri definiranju novega projekta predstavlja pregled in izbor najprimernejše vremenske postaje, iz katere bo program črpal podatke. Za izbrano lokacijo je program predlagal 4 vremenske postaje, ki se nahajajo najbližje objektu (Slika 56). To sliko smo posredovali tudi na ARSO z vprašanjem, če so vremenske postaje identične njihovim postajam. V odgovoru smo izvedeli, da prikazanih postaj ne poznajo, posredovali pa so nam še seznam njihovih treh vremenskih postaj v okolici Ljubljane z G-K koordinatami. Ko smo primerjal posredovane koordinate lokacijsko s 4 postajami iz GBS-a, smo ugotovili, da se postaja Ljubljana-Kleče s G-K koordinatami $X=461681$ in $Y=104779$ ujema s prvo ponujeno in najbližjo postajo v GBS-u (oznaka GBS_06M12_02_173099), zato smo jo tudi izbrali za analizo. Za vsako postajo v GBS-u lahko preverimo tudi podatke kot so (Slika 57):

- Osnovni podatki postaje (*Station Info*) – oddaljenost od objekta, GPS koordinate, klimatsko območje, nadmorsko višino

- Projektni pogoji za ohlajevanje (*Cooling Design Conditions*)
- Temperaturni presežek (*Cooling Degree Day*)
- Projektni pogoji za ogrevanje (*Heating Design Conditions*)
- Temperaturni primanjkljaj (*Heating Degree Day*)

Select Weather Station

Map Satellite Hybrid Terrain

Nearest Stations

Station List	Distance	Zone
<input checked="" type="radio"/> GBS_06M12_02_173099	3.0 mi (4.8 km)	5A
<input type="radio"/> GBS_06M12_02_173098	4.7 mi (7.6 km)	5A
<input type="radio"/> GBS_06M12_02_172099	7.0 mi (11.3 km)	5A
<input type="radio"/> GBS_06M12_02_172098	7.7 mi (12.4 km)	5A

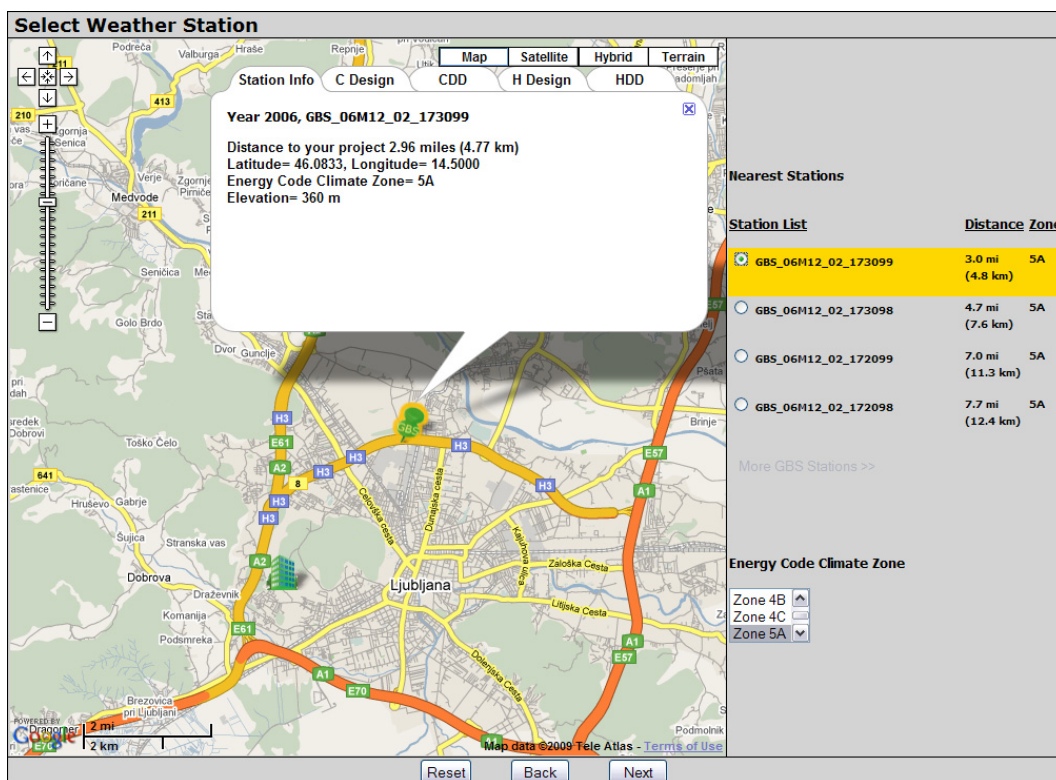
More GBS Stations >>

Energy Code Climate Zone

Zone 4B ▲
Zone 4C □
Zone 5A ▼

Reset Back Next

Slika 56: Izbira najprimernejše vremenske postaje iz baze programa GBS.



Slika 57: Pregledovanje podatkov posameznih vremenskih postaj.

Četrty korak predstavlja kontrola lokacije oz. naslova objekta, izbira valute in cene elektrike ter goriva. Da program očitno razpolaga z nekoliko zastarelimi podatki za našo regijo, smo opazili tudi pri izbire valute – obstaja sicer možnost izbire slovenske valute, a so enote definirane kot tolarji (SIT), zato smo se odločil, da izberemo italijansko valuto, ki ima seveda definirane eure (€), (Slika 58). Za ameriške uporabnike je na voljo avtomatsko orodje za določevanje cene elektrike in goriva na podlagi podatkov lokacije in baze cen za posamezne regije države. Ker je določevanje nekega povprečja cene elektrike precej zahtevno, smo se obrnili na svetovalca pri Elektro Ljubljana, d.d., ki je imel vpogled v trenutno stanje objektov Tehnološkega parka (na lokaciji je prijavljenih je 19 odjemnih mest). Groba ocena povprečne cene elektrike naj bi bila 0,11 EUR/kWh (brez DDV), kar smo tudi vzeli za vrednost v projektu. Za vrednost goriva smo v ceniku Energetike Ljubljana vzeli aktualno ceno za obračun po toplotnem števcu za dobavljene količine pri negospodinjskem odjemu za mesec november, ki znaša 35,35 EUR/MWh. V programu moramo vnesti ceno z enoto EUR/Therm. Therm se uporablja kot enota za energijo v anglosaksonskih deželah. Velja:

$$1 \text{ therm} = 29,288 \text{ kWh}$$

$$1 \text{ MWh} = 34,1297 \text{ Therms} \xrightarrow{\text{cenovna pretvorba}} 1 \text{ EUR}/\text{MWh} = 0,0293 \text{ EUR}/\text{Therm}$$

Tako smo dobil ceno za gorivo (toplotno energijo) 1,04 EUR/Therm.

Project Template

Please check city, postal code and utility cost information.

Location & Rates	
Latitude & Longitude*	
Weather File	
Country*	
City*	
Address	
Postal Code	
Currency*	SIT - Slovenian (Slovenia)
Electric Utility	
Electric Cost*	\$0.00/kWh
Fuel Utility	
Fuel Cost*	\$0.00/Therm

*These values can not be changed once runs are submitted to project.
Energy rates unavailable. Please consult your local utility for current rates.

Project Template

Create New Project - Page 4 of 5

Please check city, postal code and utility cost information.

Location & Rates	
Latitude & Longitude*	Latitude: 46.0502 Longitude: 14.4609
Weather File	GB5_06H12_02_173099
Country*	Slovenia
City*	Ljubljana
Address	Tehnoloski park 19
Postal Code	1000
Currency*	€ - Italian (Italy)
Electric Utility	
Electric Cost*	0.11 € 0,00/kWh
Fuel Utility	
Fuel Cost*	1.04 € 0,00/Therm

*These values can not be changed once runs are submitted to project.
Energy rates unavailable. Please consult your local utility for current rates.

Slika 58: Izbira valute – zastareli podatki za slovensko valuto (a) in izbira italijanskih eurov kot valuto projekta (b).

V zadnjem petem koraku samo še potrdimo, da smo (ali nismo) odgovorni za deljenje podatkov oz. projekta z Autodeskom in tako je proces vnašanja projekta zaključen.

Ko zaključimo z vnosom osnovnih parametrov za analizo, nas program vodi na stran z rezultati (Priloga A). Tu najdemo organiziranost podatkov in rezultatov v 7 zavihkih:

- Energijski in emisijski rezultati (*Energy and Carbon Results*), kjer so zbrani najpomembnejši podatki in rezultati
- Kategorizacija po sistemu ENERGY STAR Agencije Združenih držav za varovanje okolja (*United States Environmental Protection Agency*), ki je namenjen le projektom znotraj ozemlja ZDA in je v obravnavanem projektu onemogočena
- Poraba vode (*Water Usage*)
- Fotovoltaična analiza (*PV Analysis*)
- Kategorizacija dnevne osvetljenosti po sistemu LEED (*LEED Daylight*)
- Vremenski podatki za lokacijo (*Weather*)
- 3D VRML prostorski pogled objekta (*3D VRML View*)

Obravnava rezultatov je osredotočena na prvi in tretji zavihek, t.j. energijske in emisijske rezultate ter porabo vode. Pri pregledovanju rezultatov smo naleteli na hrošča, zaradi katerega nismo mogli spremeniti števila ljudi za objekt v zavihku za porabo vode. Število uporabnikov je nastavljeno na 177, kljub spodnji opombi, da je tipično število za podoben

objekt 233 (Priloga 1). Vsak projekt ima tudi nekaj nastavljivih projektnih podatkov, do katerih dostopimo preko ikone *Setup Project Defaults* pri projektu na seznamu vseh projektov uporabnika programa (osnovna stran). A kot omenjeno, smo tu naleteli na hrošča in tako nismo mogli dostopiti do nastavitev. Iz podporne ekipe GBS so nam sporočili, da so problem zabeležili, a da do naslednje verzije ne morejo obljubiti popravka, saj so to zahtevni procesi. Tako nismo mogli ugotoviti od kje nastavljenih 177 uporabnikov, niti nismo mogli spremeniti tega podatka.

Preglednica 3 vsebuje zbrane podatke in rezultate iz obeh zavihkov, ki bodo služili primerjavi posameznim modifikacijam projekta, direktni prikaz rezultatov v programu GBS pa je razviden v Prilogi A. Sprva se nam je zdelo interpretiranje letnih emisij CO₂ s številom športnih terencev nekoliko neprimerno in tipično ameriško, a je primerjava povsem na mestu, saj je količina emisij CO₂ izražena v tonah veliko manj oprijemljiva oz. razumljiva za običajnega uporabnika. Zanimiv je tudi prikaz emisijskega nevtralnega potenciala, ki sestoji iz količine osnovnih emisij objekta ter odbitki le-teh v primeru upoštevanja možnih lokacijskih potencialov obnovljivih virov, upoštevanja možnosti naravnega prezračevanja ter uporabe bio goriv.

Preglednica 3: Pregled rezultatov analize osnovne rešitve.

Letni strošek za energijo <i>Annual Energy Cost</i>	85651 EUR
Letne emisije CO ₂ <i>Annual CO₂ Emissions</i>	667,3 t 66,9 športnih terencev*
Letna poraba energije <i>Annual Energy</i>	Elektrika: 671 943 kWh Gorivo: 1 190 501 MJ
Končna letna poraba električne energije: <i>Annual Electric End Use:</i>	
- Luči	26,6%
- OVK**	33,5%
- ostalo	40%
Končna letna poraba goriva: <i>Annual Fuel End Use:</i>	
- ogrevanje prostorov	87,3%
- topla voda	12,7%
Povprečna gostota moči razsvetljave <i>Average Lighting Power Density</i>	11,24 W/m ²
Specifični pretok zraka skozi ventilator <i>Specific Fan Flow</i>	4,8 L/s/m ²
Specifično ohlajevanje <i>Specific Cooling</i>	9 m ² /kW
Specifično ogrevanje <i>Specific Heating</i>	8 m ² /kW

Emisijsko nevtralni potencial: <i>Carbon Neutral Potential:</i>	
- osnovna emisija <i>Base Run</i>	667,3 t
- lokacijski potencial obnovljivih virov <i>Onsite Renewable Potential</i>	-152,6 t
- potencial naravnega prezračevanja <i>Natural Ventilation Potential</i>	-147,5 t
- uporaba bio goriv <i>Onsite Fuel Offset/Biofuel Use</i>	-59,4 t
Končne CO2 emisije	307,9 t (= 30,9 športnih terencev*)
Letna poraba vode	5 240 967 L
Letni strošek vode	3593 EUR

* Športni terenec ali *SUV (Sport Utility Vehicle)* je trenutno precej popularni tip vozila v Ameriki (tudi Evropi), nekakšen hibrid med cestnim in terenskim vozilom, za katerega je značilno, da je precej potraten

** OVK – ogrevanje, ventilacija in klimatizacija; povzeto iz HVAC (*Heating Ventilation and Air-Conditioning*)

4.3.2 Alternativne rešitve

Bistvena funkcionalnost programa je možnost primerjave različnih alternativnih rešitev projekta (*Design Alternatives*). Vse variantne rešitve lahko shranimo in jih potem tudi medsebojno primerjamo. Alternativne spremembe so razvrščene na 7 kategorij oz. zavihkov (Slika 59). V prvem zavihku *General* določamo spremembe rotacije celotnega objekta in spremembe OVK (*HVAC*) sistemov (ogrevanje ventilacija in klimatizacija). V drugem zavihku spreminjamo učinkovitost in način kontroliranja luči (umetnega osvetljevanja) v objektu. Tretji zavihkek ponuja konstrukcijske spremembe strehe. Zadnji štirje zavihki pa se nanašajo na posamezne fasade in njihovo zasnovo konstrukcije, tip in površino zasteklitve. Zaradi trenutne aktualnosti in uporabe programa večinoma le na območju ZDA, so konstrukcijske in tipske možnosti vezane na ameriške standarde in trg. Zato smo se odločili, da bo raziskava temeljila večinoma le na univerzalnih alternativnih možnostih, ki se nanašajo na rotacijo in procentualne alternative.

Design Alternatives
 Select parameters from tabs below, enter alternative name, then Add. After all alternatives added, click Submit to run them.

Project: Objekt F1-1, Tehnološki park, Brdo, Ljubljana,(2)		Run List		Base Run: _zasnova glavnega objekta_za_GBS - brez rotacije, Energy Cost: € 85,649		Project settings	
General	Lighting	Roof	Northern Walls	Southern Walls	Western Walls	Eastern Walls	
Rotation 0 No Change	Lighting Efficiency No change Lighting Control No change	Construction No Change	Construction No Change Glazing Type No Change Glass Amount No change	Construction No Change Glazing Type No Change Glass Amount No change	Construction No Change Glazing Type No Change Glass Amount No change	Construction No Change Glazing Type No Change Glass Amount No change	

1. Select Changes Below. 2. Enter Alternative Name: 3. Add Alternative 4. Run Added Alternatives

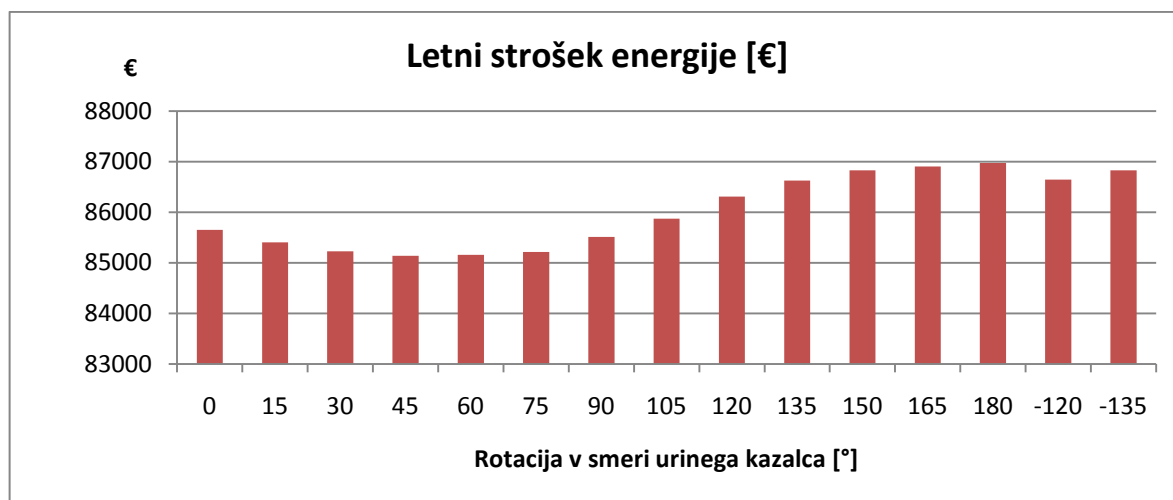
Reset Dropdown Selections Below Save Added & Unrun Alternatives Cancel & Don't Save Added Alternatives

Alternatives	Actual Energy Cost	Rotation	HVAC	Delete
rotacija +180	in run queue	+180	No Change	<input type="checkbox"/>
rotacija +165	in run queue	+165		<input type="checkbox"/>
rotacija +150		+150		<input type="checkbox"/>
rotacija +135		+135		<input type="checkbox"/>
rotacija +120		+120		<input type="checkbox"/>
rotacija +105		+105		<input type="checkbox"/>
rotacija +90		+90		<input type="checkbox"/>
rotacija +75		+75		<input type="checkbox"/>
rotacija +60		+60		<input type="checkbox"/>
rotacija +45		+45		<input type="checkbox"/>

Slika 59: Določevanje alternativnih rešitev posameznega projekta.

Rotacija objekta

Vzdolžna os uvoženega objekta ni rotirana za 17,3°, kot je definirano v dejanskem projektu, ampak poteka v smeri sever-jug. Odločitev za to temelji na ideji, da bi projektant analiziral objekt v konceptualni zasnovi, ko dopušča različne možnosti orientacije objekta. Objekt smo postopoma rotirali za 15° v smeri urinega kazalca do rotacije 180° in za vsako rešitev zagnali analizo in shranili rezultate. Minimalni letni stroški energije so se pokazali pri rotaciji za 45°. Ker je zasteklitev zahodne in vzhodne enaka, smo za kontrolo analizirali le še rotacijo za 180° dveh najbolj ugodnih rotacij (45° in 60°), t.j. rotacijo za 120° in 135° v nasprotni smeri urinega kazalca, saj je zasteklitev severne fasade nekoliko večja od južne, a se nista izkazali za ugodnejše.



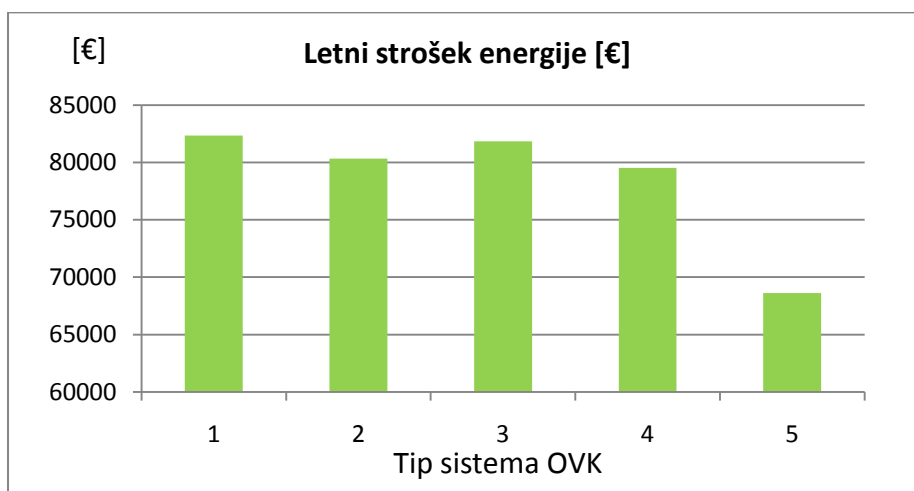
Slika 60: Vpliv rotacije objekta na letne stroške energije.

OVK (HVAC)

Pri alternativnih rešitvah za sisteme OVK program ponuja le ameriškim standardom prilagojene sisteme. Zaradi osnovnega vodila raziskave alternativnih rešitev v smislu prikaza možnosti iteracije med različnimi rešitvami in s tem izboljševanje projektnih rešitev v konceptualni fazi, je bilo za obravnavo izbranih nekaj od ponujenih možnosti ter njihova primerjava v stroškovnem smislu, medtem ko se na natančnejše specifikacije izbranih rešitev raziskava ne ozira.

Preglednica 4: Izbrane sistemske rešitve OVK pri primerjavi alternativnih rešitev.

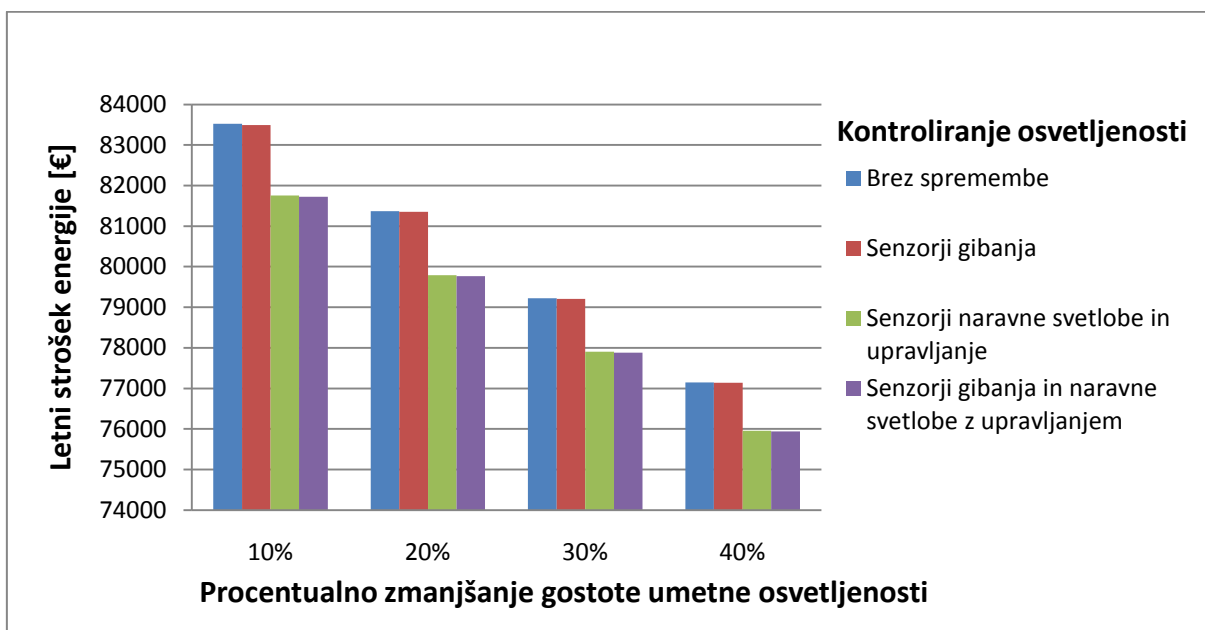
Tip 1	12 SEER/0.9 AFUE Split/Packaged Gas, 5-11 ton	5 - 11 ton packaged or split HVAC units, with gas heat. SEER = 12, AFUE = 0.9
Tip 2	14 SEER/8.3 HSPF Split Packaged Heat Pump	14 SEER/8.3 HSPF Small Split Packaged Heat Pump
Tip 3	12 SEER/7.7 HSPF Split Packaged Heat Pump	Improved Efficiency Split/Packaged Heat Pump System with 12 SEER and 7.7 HSPF and Temp Economizer - Medium Units 5 - 11 ton
Tip 4	Premium Eff. VAV w/ Reheat, 150-300 ton (7.0 COP)	Premium Eff. with reheat, VAV fan control, VSD pumping, 150-300 ton water-cooled centrifugal chiller 0.50 kW/ton, 86% boiler.
Tip 5	17 SEER/0.85 AFUE Split/Pkgd <5.5 ton	Premium Efficiency Packaged rooftop, <65 kBtu/h, DX cooling SEER 17, 85% AFUE natural gas heating. Premium efficiency on-demand water heater.



Slika 61: Primerjava letnih stroškov energije za posamezne tipe OVK.

Luči in upravljanje z njimi

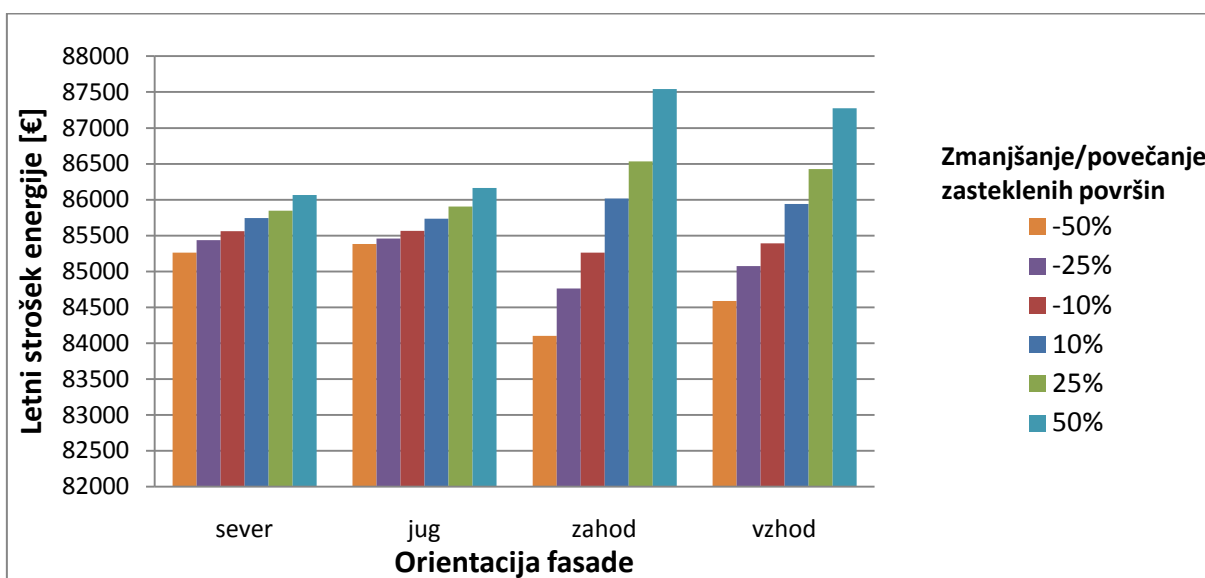
Efektivnost luči v smislu gostote moči razsvetljave (*LPD – Lighting Power Density*) lahko zmanjšamo za 10, 20, 30 ali 40% od osnovne rešitve. Upravljanje oz. kontroliranje z lučmi in osvetljenostjo v prostorih pa lahko variramo s senzorji gibanja, senzorji naravne svetlobe in kombinacijami le-teh. Slika 62 prikazuje vse variantne rešitve, ki jih lahko izvedemo v programu in s tem povezano zmanjšanje letnih stroškov energije.



Slika 62: Variantne rešitve zmanjšanja letnih stroškov energije preko kontroliranja in gostote luči.

Zasteklitev fasad

Najprej smo analizirali vpliv zmanjšanja oz. povečanja zasteklitvenih površin fasad. Vsako fasado smo variirali ločeno, nato pa izbrali najbolj ugodne rešitve za posamezno fasado. Površine zasteklitve posamezne fasade lahko povečamo oz. zmanjšamo za 10, 25 in 50%; zasteklitev lahko tudi povsem odstranimo, vendar te možnosti nismo uporabili.

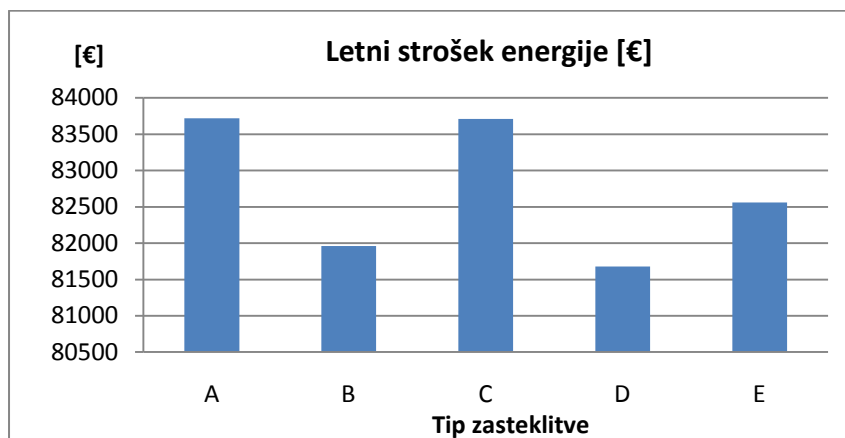


Slika 63: Vpliv zmanjšanja oz. povečanja zasteklenih površin na posameznih fasadah.

Kot naslednje alternativne rešitve smo primerjali vplive različnih tipov zasteklitve. Tu smo naletel na že prej omenjene ameriške standarde in tipe ter z njimi povezane vrednosti za toplotno prehodnost U , koeficient solarnih odbitkov $SHGC$ (*Solar Heat Gain Coeficient*) ter prepustnost za vidni del spektra sočnega sevanja T_{vis} (*Visible Transmittance*). Med podatki za toplotno prehodnost U smo zasledili tudi v oklepaju izpisane SI vrednosti, za katere smo predvidevali, da so ekvivalentne vrednosti metričnega merskega sistema. V elaboratu gradbene fizike za objekt F1-1 smo pri toplotni prehodnosti elementov ovoja stavbe za prozorne elemente našli izračunano vrednost toplotne prehodnosti $U = 1,790 \text{ W/m}^2\text{K}$, zato smo se odločil, da med možnimi alternativami primerjamo nekaj tistih, ki imajo manjšo od le-te. Primerjavo smo za izbrani tip zasteklitve izvedli na vseh fasadah hkrati z istim tipom.

Preglednica 5: Izbrane alternative za tip zasteklitve.

Tip A	<i>Insulated Green Low-e</i>	$U = 0.29$ ($U\text{-SI} = 1.67$), $SHGC = 0.42$, $T_{vis} = 0.68$ medium solar heat gain, high visible transmittance
Tip B	<i>Insulated Grey Low-e</i>	$U = 0.23$ ($U\text{-SI} = 1.32$), $SHGC = 0.28$, $T_{vis} = 0.41$ low solar heat gain, medium visible transmittance
Tip C	<i>Insulated Bronze Low-e</i>	$U = 0.31$ ($U\text{-SI} = 1.78$), $SHGC = 0.37$, $T_{vis} = 0.44$ low solar heat gain, medium visible transmittance
Tip D	<i>Insulated Green Reflective Low-e</i>	$U = 0.26$ ($U\text{-SI} = 1.49$), $SHGC = 0.15$, $T_{vis} = 0.12$ very low solar heat gain, very low visible transmittance
Tip E	<i>Insulated Grey Reflective Low-e</i>	$U = 0.31$ ($U\text{-SI} = 1.78$), $SHGC = 0.15$, $T_{vis} = 0.14$ very low solar heat gain, very low visible transmittance



Slika 64: Primerjava letnih stroškov energije zaradi različnih tipov zasteklitve.

4.3.3 Izbira najugodnejše alternativne rešitve in pregled rezultatov

Pri izbiri najugodnejše alternativne rešitve, smo izbirali med najugodnejšimi posameznimi rešitvami. Izdelali smo še kombinacijo rotacije objekta za 45° v smeri urinega kazalca ter posamezne modifikacije glede zvečanja oz. zmanjšanja zasteklenih površin, saj smo dopuščali možnost za različne rezultate (primerjalno gledano glede stopnje zmanjšanja oz. zvečanja), a se je izkazalo, da tudi v tem primeru najugodnejše deluje zmanjšanje za 50%. Odločili smo se

za rešitev z 25% zmanjšanjem, saj se nam je 50% zmanjšanje zasteklenih površin zdelo neprimerno v primerjavi z osnovno idejo zasnove zgradbe. Preglednica 6 prikazuje izbrane rešitve za posamezne alternativne rešitve.

Preglednica 6: Pregled izbranih modifikacij za najugodnejšo končno analizo.

MODIFIKACIJA	
- Rotacija <i>Rotation</i>	45° v smeri urinega kazalca
- OVK <i>HVAC</i>	17 SEER/0.85 AFUE Split/Pkgd <5.5 ton
- Efektivnost luči <i>Lighting Efficiency</i>	-40% manj od prvotne rešitve
- Kontroliranje osvetljensoti <i>Lighting Control</i>	Senzorji gibanja in naravne svetlobe z upravljanjem
- Tip zasteklitve (vse fasade) <i>Glazing Type</i>	Insulated Green Reflective Low-e
- Zmanjšanje/povečanje zasteklitve <i>Glass Amount</i>	-25%

Dodatno zmanjšanje stroškov je predstavljala tudi izbira varčnih vodovodnih rešitev, ki jih lahko izberemo pod zavihkom porabe vode. V osnovni rešitvi smo pustili efektivnost stranišč, umivalnikov, tušev na standardni, medtem ko smo pri najugodnejši končni analizi uporabili rešitve z nizkim pretokom (*Low-Flow*) oz. rešitev s senzorji pri umivalnikih (*Hands-Free*). Cene za pitno (*Water*) oz. odpadno vodo (*Sewer*) smo določili na podlagi aktualnega cenika za mesec november pri JP Vodovod Kanalizacija d.o.o.

V fazi zasnove objekta predstavljajo tako velike spremembe v efektivnosti delovanja zgradbe zelo pomembno možnost zagotavljanja visokega nivoja kvalitete projektiranja, še posebej, ko do takih rešitev pridemo na hiter, enostaven in zanesljiv način, ki ga ponuja GBS.

Energy & Carbon Results | US EPA ENERGY STAR | **Water Usage** | PV Analysis | LEED Daylight | Weather | 3D VRML View

LEED® Water Efficiency Help

Water Usage and Costs

Total: 2,562,824 L/yr €1,953/yr
 Indoor: 2,562,824 L/yr €1,953/yr
 Outdoor: 0 L/yr €0/yr
 Net Utility: 2,562,824 L/yr €1,953/yr

Source: AIIWA Research Foundation 2000 Residential / Commercial and Institutional End Uses of Water.

Water Usage Estimator

Change inputs and click 'Estimate' to update Water Usage and Costs.

Estimate Save Reset

Indoor Water Factors

Number of People: 177
 (Typical people for this building type/size: 233)
 Percent of Time Occupied (%): 26

General Information

Project Title: Objekt F1-1, Tehnološki park, Brdo, Ljubljana.(2)
 Run Title: Modifikacija minimum 02
 Building Type: Office
 Floor Area: 6,171 m²

Unit Water Prices

Water: 0.4963 €/m³ Sewer: 0.2658 €/m³

Outdoor Water Factors

Irigated Area* (m²): 0
 Timed Sprinklers: Yes
 Pool: No
 Other Equipment/Fixtures: No
 Usage: 0 L/day

Building Summary

	Total	Male	Female	Employee Only	Efficiency	Percent of Indoor Usage (%)	Liters per Year	Annual Cost Savings (€)
Toilets:	20	10	10	0	Low-Flow	11.8	366,194	279
Urinals:	10	10		0	Low-Flow	3.5	108,220	82
Sinks:	20	10	10	0	Hands-Free	1.2	38,721	30
Showers:	5	2	3		Low-Flow	0.8	24,091	18
Clothes Washers:	0				Standard	0	0	0
Dishwashers:	0				Standard	0	0	0
Cooling Towers:	0				Standard	0	0	0
<input checked="" type="checkbox"/> Include cooling tower blowdown in sewer costs					Total Efficiency Savings:	17.3%	537,226	€409

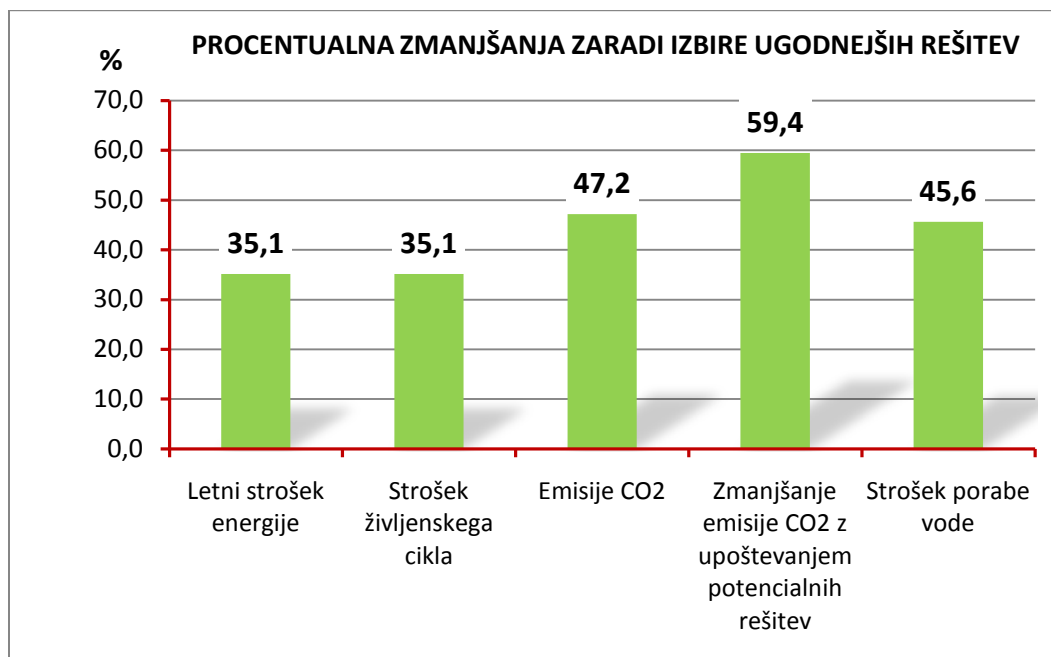
Source: 2000 Uniform Plumbing Code of the IAPMO, Tables 4-1 and 4-3.

Net-Zero Measures

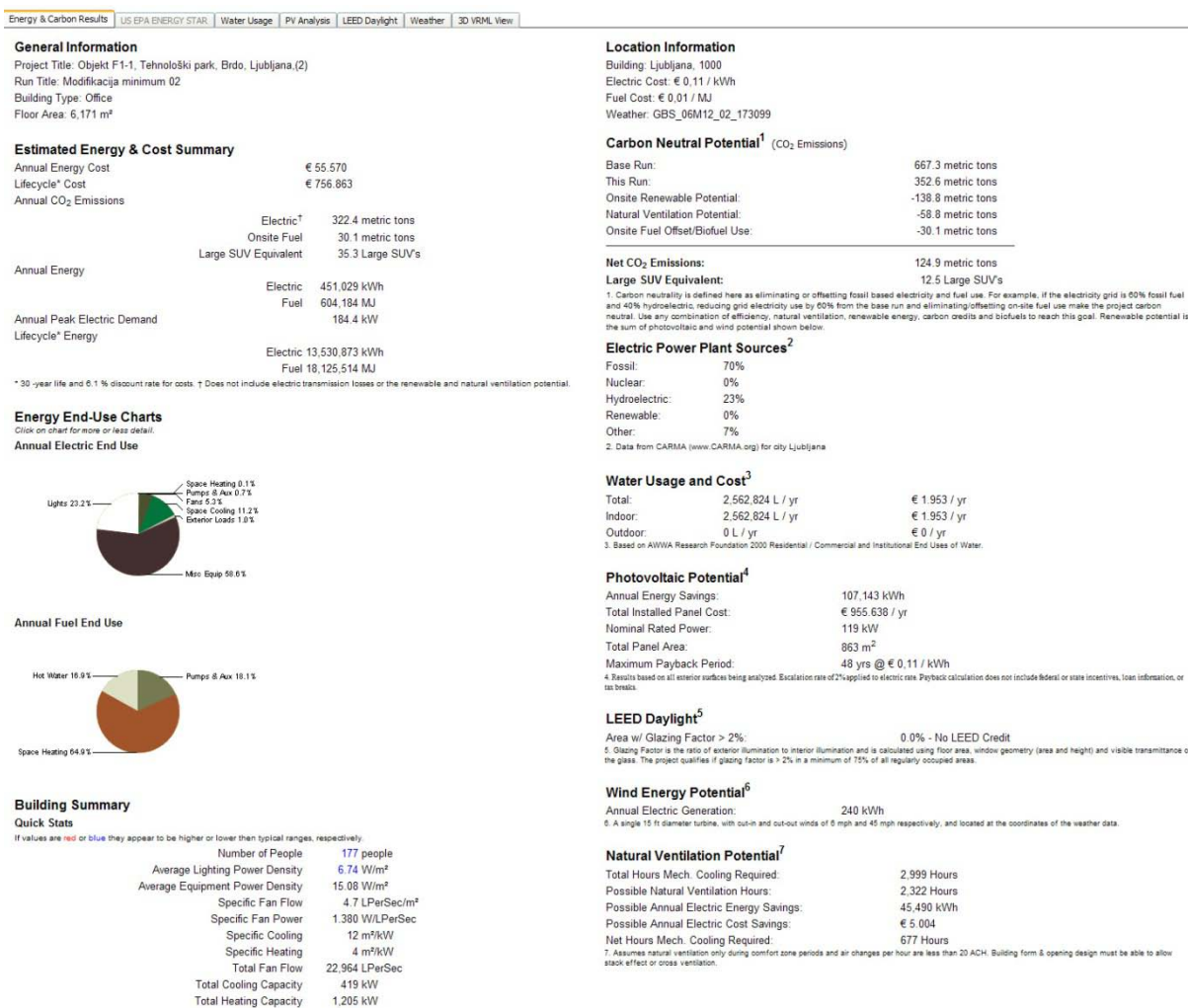
	Annual Rainfall (mm)	Catchment Area (m ²)	Surface Type	Liters per Year	Annual Cost Savings (€)
Rainwater Harvesting:	No	1557	Gravel/Tar	0	0
Native Vegetation Landscaping:	No			0	0
Greywater Reclamation:	No			0	0
Site Potable Water Sources:	No	Yield: 0	L/day	0	0
Total Net-Zero Savings:				0	€0

*Source: National Climatic Data Center: #CLIM1.

Slika 65: Izbira varčnih rešitev pri vodovodnih sistemih.



Slika 66: Procentualna zmanjšanja zaradi izbire ugodnejših rešitev.



Slika 67: Končni rezultati modificiranega projekta z izbiro posameznih najugodnejših alternativnih rešitev.

5 ZAKLJUČEK

Prvi del diplomske naloge je bil namenjen predstavitvi novega trenda v projektanškem delu – t.j. BIM-u. Le-ta se je v tujini že močno uveljavlja in priznava, počasi pa prodira tudi k nam. Uveljavitev BIM-a v gradbeni industriji se nam zdi tako rekoč neizbežna, saj enostavno prinaša preveč pozitivnih sprememb in rezultatov. Z uveljavitvijo in uporabnostjo BIM-a je bila tudi izpostavljena potreba po interopreabilnosti programskih aplikacij. Nato je sledila predstavitev programa Revit Architecture 2010 kot programa, ki omogoča BIM projektiranje. Kot enega prvih korakov pri implementaciji BIM-a predstavlja spoznavanje s prostorskim parametričnim modeliranjem objektov, kar je bilo v nalogi tudi prikazano na primeru bodočega objekta v Tehnološkem parku v Ljubljani.

Druga plat, ki jo je naloga predstavila, pa je projektiranje z upoštevanjem trajnostnega razvoja, ki polno pride do izraza samo v okolju BIM. Iz dneva v dan se vedno bolj poudarja delovanje v trajnostnem smislu na vseh spektrih življenja, saj naj bi edino tak način omogočal možnosti obstoja prihodnjih generacij oz. kvalitete življenja, ki jo trenutno poznamo. Projektiranje v smislu BIM-a vedno bolj učinkovito uveljavlja tudi možnost trajnostnega načrtovanja kot del takega delovnega procesa. Še več, omogoča trajnostno načrtovanje že v začetni fazi snovanja objektov. Tako projektanti dobivajo vedno boljše možnosti, da z uporabo različnih programskih aplikacij, izvajajo energetske in snovne analize objektov v začetku projektiranja. Kot primera takih programov sta bila predstavljena Ecotect Analysis 2010 in Green Building Studio. V prvem sta bili predstavljeni analiza povprečne dnevne osončenosti in študija senc, v drugem pa energijska analiza celotnega objekta in možnosti odločanja med alternativnimi rešitvami zasnove objekta.

5.1 Revit Architecture 2010

Program Revit je avtor v praksi začel uporabljati že z različico 2008, zato o uporabnosti in prednostih, ki jih ponuja v primerjavi s klasičnim CAD pristopom, ne dvomimo. Že pri prvem projektu so bile opazne kvalitete novega načina dela. Predvsem je bila izboljšana komunikacija z odgovornim arhitektom, ki si je preko prostorskega modela objekta mnogo lažje predstavljal problematične situacije znotraj objekta, ki jih je zaradi dela v 2D načinu zanemaril. Prav tako so bili izvajalci na gradbišču nadvse zadovoljni z izdelanimi opaznimi načrti, na katere niso imeli nobenih pripomb. Že prvi koraki proti BIMu, ki jih naredimo v Revitu z modeliranjem prostorskih modelov in pripravo kvalitetnejše načrtno dokumentacije, prepričajo kot pravilna odločitev. Tako rekoč banalno dejstvo (v pomenskem smislu BIM-a), da objekt lahko na katerem koli mestu kolikokrat hočemo prerežemo in da se ena sprememba pozna na vseh navezujočih se pogledih, sigurno prepriča vsakogar. Podatek, da ima Revit v konkurenčnem smislu na svetovnem tržišču največji delež, pa prav tako govori zase. S prvim konzultantskim obiskom pri za obravnavani objekt odgovornemu arhitektu Kolencu je avtor

tudi predstavil Revit celotni ekipi v biroju in bil še bolj zadovoljen, ko je ob zadnjem obisku (pol leta kasneje) izvedel, da so v biroju že začeli uporabljati program pri novih projektih. Avtor z dosedanjim delom zajema le malenkosten delež, ki ga ponuja celotna BIM implementacija, a iz projekta v projekt dokazuje primernost uporabe in prednosti novega načina dela.

Informacija in inteligenca modelov, ki izhaja iz glavnega vodila filozofije BIMa oz. konkretno iz najpomembnejše črke v kratici BIM, to je »I«, se vidi na vsakem koraku dela. Model zgradbe je inteligenen model in ne zgolj skupek črt, kot smo bili to vajeni v CAD projektiranju. Karikirano orisano – okno ve, da je okno in stena ve, da je stena; prav tako stena ve, da se odprtina zaradi okna zapolni nazaj, v primeru, ko okno odstranimo. Prav tako model sam prepozna nelogične povezave ali morebitne napake ter na to sproti opozarja med modeliranjem.

Modeliranje armiranobetonske konstrukcije obravnavanega objekta je bilo enostavno, saj nima komplicirane zasnove in hkrati vsebuje vse glavne gradbene elemente za prikaz načinov modeliranja le-teh. Program omogoča enostaven vnos arhitekturnih podlog narejenih v programu AutoCAD, kar načeloma pomaga pri še hitrejšem modeliranju, a je uporabnost odvisna od natančnosti izdelave podlog, za katere so odvisni drugi. V prihodnosti, ko se bo BIM povsem uveljavil v praksi tudi pri nas, bo taka kolaboracija med arhitekti, gradbeniki, strojniki, idr. še učinkovitejša, saj bo delo temeljilo na timskem povezovanju z uporabo skupnih prostorskih modelov. Pri takem načinu bi pri obravnavanem objektu namesto 2D podlog projektant gradbenik od projektanta arhitekta dobil prostorski BIM model, ki bi ga v Revitu vključil z načinom zunanje povezave (*Linked Model*) in po njem pripravil konstrukcijski model. Spremembe na eni strani te povezave opozarjajo drugo in obratno ter tako učinkovito pripomorejo k zminimaliziranju napak in problemov komunikacije. V primeru mrežnega sodelovanja pa bi bilo modeliranje še enostavnejše z uporabo centralne datoteke (*Central File*), ki predstavlja enotni model, na katerem gradijo vsi hkrati.

Tudi izvoz modela v format gbXML za potrebe trajnostne analize ni predstavljal problemov. Pred izvozom program pregleda celotni model za potrebe izvoznih podatkov in pripravi seznam morebitnih napak in opozoril. Predvsem je pri tem izvozu pomembno pravilno definiranje in postavitve prostorov v modelu.

5.2 Ecotect Analysis 2010 in Green Building Studio

Zmožnosti programa Ecotect Analysis 2010 v diplomski nalogi niso prikazane v vseh razsežnostih, ki jih le-ta ponuja, saj je bilo vodilo naloge prikaz enostavnosti izvedbe osnovnih analiz v konceptualni zasnovi projektiranja za izboljšanje delovanja objekta v

trajnostnem smislu. Program je dejansko namenjen ne samo osnovnim analizam in vpogledom v delovanje zgradbe, ampak zmore tudi detajlnejše analize in projektiranje.

Pri uvozu modela iz Revita preko formata gbXML skoraj ni bilo napak. Edina napaka uvoženega modela je bila razvidna v območju glavnega vhoda, kjer je bilo potrebno ročno prilagoditi dejansko stanje z modeliranjem znotraj Ecotecta. Ni jasno ali je problem nastal pri izvažanju v Revitu ali pri napačnem interpretiranju pri uvažanju v Ecotectu. Sigurno se pojavi dvom v brezhibno povezavo modelov, saj je bil obravnavani model enostavne zasnove, zato predvidevamo, da bi se pri kompleksni geometriji zgradb lahko pojavilo več napak. V obrambo pri takih problemih se lahko postavi zmogljivi modelirnik znotraj Ecotecta, s katerim lahko učinkovito modeliramo. Pri natančnejših analizah (predvsem pri analizah notranje osvetljenosti prostorov, akustičnih analizah, študijah senčilnih sistemov, ipd.) pa predvidevam, da se uporabniki rajši odločajo za ponovno modeliranje iz začetka znotraj programa v izogib napakam.

Analiza povprečne dnevne osončenosti objekta v prvih izvedbah zahteva nekaj več časa predvsem zaradi daljšega procesiranja rezultatov. Po prvem izračunu program shrani tako imenovane maske za obravnavane elemente, ki omogočajo hitrejše nadaljne analize istih elementov (npr. prvi izračun zahodne fasade je trajal 45 minut, nadaljni izračuni te fasade pa so se izvedli v manj kot minuti). Vodenje analize je povsem enostavno, saj si preko t.i. čarovnika uporabnik za vsak korak lahko prebere, kaj posamezna izbira omogoča oz. čemu je namenjena. Interpretacija rezultatov je razumljiva in primerno grafična za takojšnje razumevanje posameznih situacij tudi za laičnega opazovalca. Študija senc v večini primerov daje sprotne rezultate in interpretacijo, saj uporabnik ob modifikacijah časa spremlja sprotno prikazovanje padanja senc. Za še boljše prikaze program omogoča tudi izdelavo animacij posameznih stanj.

Green Building Studio (GBS) na drugi strani predstavlja program namenjen enostavni, učinkoviti in hitri analizi stanja in delovanja zgradbe ter je izključno namenjen uporabi v konceptualni zasnovi za doseganje čim boljših energetskih in snovnih rezultatov delovanja objekta. Deluje po principu internetnega servisa, kar je danes še nekoliko neobičajno, a se izkaže za uporabno in nemotečo rešitev, ki hkrati omogoča z uporabo zunanjih strežnikov, kjer se izvajajo analize, neodvisnost morebitne slabše strojne opreme uporabnika, ki bi upočasnila prikaz rezultatov. Med uporabo smo naleteli na problem, t.i. hrošča, pri poskusu prilagajanja osnovnih nastavitev projekta. Kontaktirali smo podporno ekipo GBS, ki je posredovala napako v razvojni oddelek ter sporočila, da se podobne težave rešujejo šele z novo verzijo programa, saj predstavljajo zahtevne postopke programiranja, hkrati pa so nam zagotovili popolno podporo z možnostjo ponovnega registriranja poskusne 30-dnevne brezplačne verzije programa.

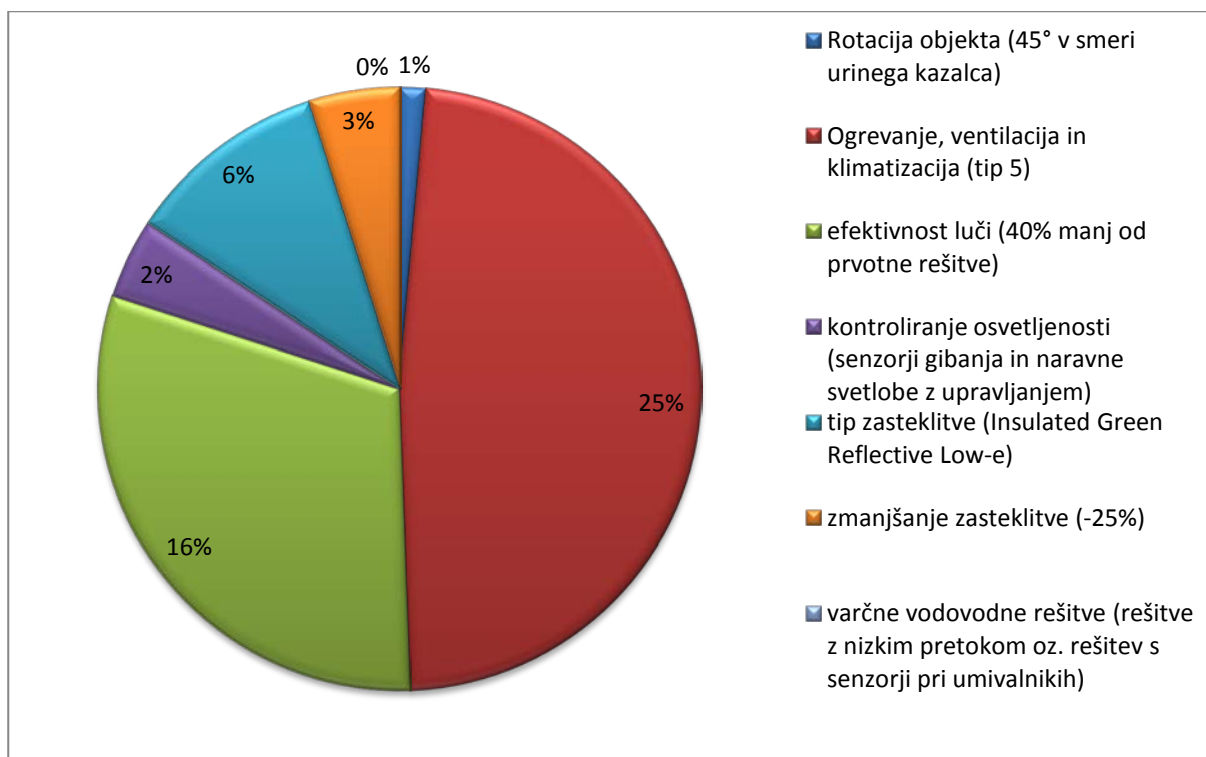
Glavno pomanjkljivost programa poleg omenjega problema je predstavljala slaba baza podatkov za našo regijo. Poleg neaktualnega zemljevida *Google Maps*, ki ni prepoznal pravega naslova Tehnološkega parka, zastarele denarne valute (tolarji namesto eurov), do delno dvomljivih vremenskih postaj za uporabo pri analizi. Prepričani smo, da je stanje posledica stanja tržišča, ki pri nas na tem področju še ni razvito. V povezavi z ARSO-m smo kljub vsemu dognali, da je ponujena vremenska postaja realna in si s tem zagotovili nekaj več suverenosti interpretiranja rezultatov. V istem hipu smo prišli tudi do spoznanja, da je na tem področju potrebnega še precej dela v povezavi z ARSO-om in državo ter ponudniki programskih aplikacij kot je na primer obravnavani GBS. Predvidevamo, da pretvorba arhivskih podatkov, ki jih hrani in beleži ARSO ne bi smela zahtevati prezakompliciranega procesa in da bi bilo še kako koristno izvesti to povezavo čim hitreje, saj se uporabnik najprej vpraša ali so rezultati interpretirani po naših standardih ali ne oz. ali je program sploh uporaben za nas.

Kljub omenjenim težavam se je program izkazal za še kako uporabnega v začetnih fazah snovanja zgradbe. Glavna odlika je hitrost doseganja rezultatov in sprememb. Uvoz iz Revita je hiter in jasno definiran s posameznimi koraki določanja osnovnih podatkov modela. Tako rekoč v hipu, ko je model vnešen v GBS, že lahko preverimo rezultate in delovanje vnešene zasnove objekta. Tudi izvajanje alternativnih rešitev je hitro in enostavno. Sicer smo pri nekaterih izbirah omejeni le na ameriškim standardom prirejene rešitve, a tudi to se bo načeloma v bližnji prihodnosti spremenilo. Vsaka alternativna rešitev podaja rezultate v nekaj minutah, zato lahko res hitro in učinkovito pridemo do najugodnejše izbire posameznih parametrov. Končni rezultati so lahko presenetljivi, saj se marsikdaj lahko že doseže emisijsko nevtralnost z minimalnimi spremembami.

Ko primerjamo rezultate analize osnovne zasnove zgradbe in analize z alternativnimi rešitvami, lahko vidimo opazne razlike. Letni stroški energije so se zmanjšali za 30081 eur oz. za 35,1%. Emisije CO₂ pa so se zmanjšale kar za 47,2% (314,7t), prav tako so se za 45,6% (1640 eur) zmanjšali stroški zaradi porabe vode. Preglednica 7 prikazuje posamezne deleže alternativnih rešitev k zmanjšanju emisij CO₂. K skoraj 50% zmanjšanju emisij CO₂ sta največ prispevali rešitvi izbire sistema OVK (25%) in zmanjšanje učinkovitosti luči (16%).

Preglednica 7: Deleži prispevanja posameznih alternativnih rešitev k zmanjšanju emisij CO₂.

	Emisije CO ₂ [t]	Vpliv modifikacije [t]	Delež
Osnovna rešitev	667,3		
Rotacija objekta (45° v smeri urinega kazalca)	661,9	5,4	0,8%
Ogrevanje, ventilacija in klimatizacija (tip 5, Preglednica 4)	499,3	168	25,2%
Efektivnost luči (40% manj od prvotne rešitve)	559,6	107,7	16,1%
Kontroliranje osvetljenosti (senzorji gibanja in naravne svetlobe z upravljanjem)	652,3	15	2,2%
Tip zasteklitve (Insulated Green Reflective Low-e)	628,7	38,6	5,8%
Zmanjšanje zasteklitve (-25%)	650,1	17,2	2,6%
Varčne vodovodne rešitve (rešitve z nizkim pretokom oz. rešitev s senzorji pri umivalnikih)	666,6	0,7	0,1%
	<i>skupaj</i>	352,6	52,8%
			47,2% <i>procent zmanjšanja</i>

Slika 68: Grafični prikaz deležev zmanjšanja emisij CO₂ posameznih alternativnih rešitev (rezultati so zaokroženi).

VIRI

1. Uporabljeni viri

- Dong, B., Lam, K.P., Huang, Y.C., Dobbs. 2007. A comparative study of the IFC and gbXML informational infrastructures for data exchange in computational design support environments. http://www.ibpsa.org/proceedings/BS2007/p363_final.pdf (4.12.2009)
- Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K. 2008. BIM Handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors.
- ECTP 2005. Challenging and Changing Europe's Built Environment – A vision for a sustainable and competitive construction sector by 2030. <http://www.ectp.org/documentation/ECTP-Vision2030-25Feb2005.pdf> (5.12.2009)
- Green Building XML Schema, 2009. A Building Information Modeling Solution for our Green World. <http://www.gbxml.org/> (11.7.2009)
- Gumilar, V., Žarnić, R. 2005. Evropska in slovenska gradbena tehnološka platforma. <http://www.sgtp.si/dokumentacija/Slovensko/SGTP-%20predstavitev%20verzija%2024marec05.doc> (5.12.2009)
- IAI, 2009. BuildingSMART, International Alliance for Interoperability. <http://www.iai-tech.org/>
- Khemlani, L. 2007. Top Criteria for BIM Solutions: AECbytes Survey Results. <http://www.aecbytes.com/feature/2007/BIMSurveyReport.html> (10.7.2009)
- Khemlani, L. 2008. Autodesk and Bentley's Unprecedented Interoperability Agreement. <http://www.aecbytes.com/buildingthefuture/2008/AutodeskBentleyAgreement.html> (11.7.2009)
- Krainer, A. 2008. Arhitektura proti soncu. Inženir Vol. 1, 2: 28-32
- Kristl, Ž., Krainer, A. 2007. Določanje vplivnega območja s sončno ovojnico. Gradbeni vestnik 56, junij: 156-163.
- Krygiel E., Nies B. 2008. Green BIM: Successful Sustainable Design With Building Information Modeling. Indianapolis, Indiana, Wiley Publishing, Inc.: 241 str.
- Kunič, R., Krainer, A. 2008. Energetska učinkovitost, varovanje okolja in celostno načrtovanje. Gradbeni vestnik 57, junij: 146-152.
- Muhič, S. 2007. Projektiranje konstrukcij na podlagi modelirnika Revit. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za gradbeništvo, Konstrukcijska smer: 117 str.
- Nemanič, K. 2009. Okoljska politika v čakalnici. Deloindom, Priloga Dela in Slovenskih novic 17, 47: 20
- Nemanič, K. 2009. PURES – Pravilnik čaka na spremembe evropske direktive. Deloindom, Priloga Dela in Slovenskih novic 17, 47: 22-23

Pazlar, T. 2008. Preslikave med arhitekturnimi in računskimi aspekti v informacijskih modelih zgradb. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za gradbeništvo, Konstrukcijska smer: 218 str.

Thoo, S. 2008. Interoperability and Sustainable Design. http://www.aecbytes.com/feature/2008/Interoperability_SustainableDesign.html (11.7.2009)

Tobin, J. 2008. Proto-Building: To BIM is to Build. <http://www.aecbytes.com/buildingthefuture/2008/ProtoBuilding.html> (30.7.2009)

Triple D Design Wiki, 2005. http://www.tripleddesign.com/wiki/index.php/Main_Page (2.8.2009)

Turk, Ž. 2009. Construction IT Research – Climate Change Agenda. Trends in Civil and Structural Engineering Computing Chapter 19: 413-423.

2. Ostali viri

Autodesk, 2009. Autodesk Revit Architecture, Detailed Features. <http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/index?siteID=123112&id=8479974> (16.8.2009)

Ecotect WIKI, 2008. Ecotect Tutorials. http://sql.org/wiki/Ecotect_Tutorials (13.11.2009)

Gumilar, V. 2005. Pristop k razvoju in naloge Slovenske gradbene tehnološke platforme. 2. sestanek.

http://www.sgtp.si/dokumentacija/Slovensko/Slovenska%20gradbena%20tehnoloka%20platforma_Vladimir%20Gumilar.pdf (5.12.2009)

Khemplani, L. 2003. AIA Technology in Architectural Practice Conference. CADENCE AEC Tech News #108. <http://www.arcwiz.com/AEC108.pdf> (11.7.2009)

Khemplani, L. 2009. Revit Architecture 2010. <http://www.aecbytes.com/review/2009/RevitArch2010.html> (2.8.2009)

LET Group, 2005. Merske enote in nekatere definicije. <http://www.let-group.com/ISSUTR05/PRGUTR01/PRGLIT01.nsf/986e06ab949b49dac1256a4a006029a8/f715fe6420ba489cc1256ac60042fa9f?OpenDocument> (14.10.2009)

Primc, B. 2009. Energetska izkaznica stavbe – za zdaj le prostovoljna, v pilotnem projektu. Deloindom, Priloga Dela in Slovenskih novic 17, 47: 33-34

Thoo, S. 2007. An Introduction to Ecotect. <http://www.aecbytes.com/feature/2007/Ecotect.html> (10.7.2009)

PRILOGE

PRILOGA A: REVIT PARAMETRIČNI MODELI OBJEKTA F1/1

Na zgoščenki se v mapi »Revit« nahajajo sledeči modeli:

- »Objekt F1-1 - delno arhitektonsko.rvt«, prvotni model objekta, ko sem poleg osnovne armiranobetonske konstrukcije modeliral še delno v arhitektonskem smislu objekt poslovnih prostorov
- »Objekt F1-1 - kot zasnova.rvt«, konceptualni model objekta
- »Objekti F1-4 (vsi modeli, tudi F1-1).rvt«, konceptualni model objekta F1/1 in okoliških objektov, ki sem ga uporabil za izvoz v program Ecotect
- »Objekti F1-4 (vsi modeli, tudi F1-1).xml«, Revit izvozna gbXML datoteka za uvoz v programu Ecotect

PRILOGA B: ECOTECH MODELI OBJEKTA F1/1

Na zgoščenki se v mapi »Ecotect« nahajajo sledeče datoteke:

- »tehnoloski park - vpliv okolice.eco«, model za analizo v Ecotectu
- »tehnoloski park - vpliv okolice.adj« in »tehnoloski park - vpliv okolice.shd«, dodatni datoteki, ki jih generira Ecotect ob analizah
- »Weather file - Ljubljana.wea«, vremenska datoteka, ki sem jo uporabil pri analizi
- V mapi »Shading Mask Library« pa se nahajajo maske za vsako fasado, ki omogočajo hitrejše nadaljne analize

PRILOGA C: REZULTATI ANALIZE OSNOVNE ZASNOVE OBJEKTA V PROGRAMU GREEN BUILDING STUDIO

Zavihek »Energijski in emisijski rezultati (Energy & Carbon Results)«

Energy & Carbon Results | US EPA ENERGY STAR | Water Usage | PV Analysis | LEED Daylight | Weather | 3D VRML View

General Information

Project Title: Objekt F1-1, Tehnološki park, Brdo, Ljubljana,(2)
 Run Title: _zasnova glavnega objekta_za_GBS -brez rotacije
 Building Type: Office
 Floor Area: 6,171 m²

Estimated Energy & Cost Summary

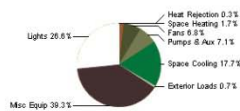
Annual Energy Cost	€ 85,651
Lifecycle* Cost	€ 1,166,568
Annual CO ₂ Emissions	
	Electric [†] 607.9 metric tons
	Onsite Fuel 59.4 metric tons
	Large SUV Equivalent 66.9 Large SUV's
Annual Energy	
	Electric 671,943 kWh
	Fuel 1,190,501 MJ
Annual Peak Electric Demand	247.6 kW
Lifecycle* Energy	
	Electric 20,158,284 kWh
	Fuel 35,715,030 MJ

* 30-year life and 6.1% discount rate for costs. † Does not include electric transmission losses or the renewable and natural ventilation potential.

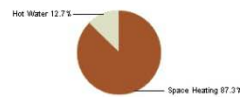
Energy End-Use Charts

Click on chart for more or less detail:

Annual Electric End Use



Annual Fuel End Use



Building Summary

Quick Stats

If values are red or blue they appear to be higher or lower than typical ranges, respectively.

Number of People	177 people
Average Lighting Power Density	11.24 W/m ²
Average Equipment Power Density	15.08 W/m ²
Specific Fan Flow	4.8 LPerSec/m ²
Specific Fan Power	1.907 W/LPerSec
Specific Cooling	9 m ² /kW
Specific Heating	8 m ² /kW
Total Fan Flow	23,381 LPerSec
Total Cooling Capacity	528 kW
Total Heating Capacity	627 kW

Location Information

Building: Ljubljana, 1000
 Electric Cost: € 0.11 / kWh
 Fuel Cost: € 0.01 / MJ
 Weather: GBS_06M12_02_173099

Carbon Neutral Potential¹ (CO₂ Emissions)

Base Run:	667.3 metric tons
Onsite Renewable Potential:	-152.6 metric tons
Natural Ventilation Potential:	-147.5 metric tons
Onsite Fuel Offset/Biofuel Use:	-59.4 metric tons

Net CO ₂ Emissions:	307.9 metric tons
Large SUV Equivalent:	30.9 Large SUV's

1. Carbon neutrality is defined here as eliminating or offsetting fossil based electricity and fuel use. For example, if the electricity grid is 60% fossil fuel and 40% hydroelectric, reducing grid electricity use by 60% and eliminating/offsetting on-site fuel use will make the project carbon neutral. Use any combination of efficiency, natural ventilation, renewable energy, carbon credits and biofuels to reach this goal. Renewable potential is the sum of photovoltaic and wind potential shown below.

Electric Power Plant Sources²

Fossil:	70%
Nuclear:	0%
Hydroelectric:	23%
Renewable:	0%
Other:	7%

2. Data from CARMA (www.CARMA.org) for city Ljubljana

Water Usage and Cost³

Total:	5,204,967 L / yr	€ 3,593 / yr
Indoor:	5,204,967 L / yr	€ 3,593 / yr
Outdoor:	0 L / yr	€ 0 / yr

3. Based on AIAWA Research Foundation 2000 Residential / Commercial and Institutional End Uses of Water

Photovoltaic Potential⁴

Annual Energy Savings:	117,810 kWh
Total Installed Panel Cost:	€ 1,075,940 / yr
Nominal Rated Power:	134 kW
Total Panel Area:	972 m ²
Maximum Payback Period:	49 yrs @ € 0.11 / kWh

4. Results based on all exterior surfaces being analyzed. Escalation rate of 2% applied to electric rate. Payback calculation does not include federal or state incentives, loan forgiveness, or tax breaks.

LEED Daylight⁵

Area w/ Glazing Factor > 2%: 24.0% - No LEED Credit

5. Glazing Factor is the ratio of exterior illumination to interior illumination and is calculated using floor area, window geometry (area and height) and visible transmittance of the glass. The project qualifies if glazing factor is > 2% in a minimum of 75% of all regularly occupied areas.

Wind Energy Potential⁶

Annual Electric Generation:	240 kWh
-----------------------------	---------

6. A single 15 ft diameter turbine, with cut-in and cut-out winds of 6 mph and 45 mph respectively, and located at the coordinates of the weather data.

Natural Ventilation Potential⁷

Total Hours Mech. Cooling Required:	3,500 Hours
Possible Natural Ventilation Hours:	2,280 Hours
Possible Annual Electric Energy Savings:	114,111 kWh
Possible Annual Electric Cost Savings:	€ 12,552
Net Hours Mech. Cooling Required:	1,220 Hours

7. Assumes natural ventilation only during comfort zone periods and air changes per hour are less than 20 ACH. Building form & opening design must be able to allow stack effect or cross-ventilation.

Zavihek »porabe vode (Water Usage)«

Energy & Carbon Results
US EPA ENERGY STAR
Water Usage
PV Analysis
LEED Daylight
Weather
3D VRML View

LEED® Water Efficiency
[Help](#)

Water Usage and Costs

Total: 6,268,353 L/yr €4,710/yr
 Indoor: 5,204,967 L/yr €4,284/yr
 Outdoor: 1,063,385 L/yr €425/yr
 Net Utility: 6,268,353 L/yr €4,710/yr

Source: AIIWA Research Foundation 2000 Residential / Commercial and Institutional End Uses of Water.

Water Usage Estimator

Change inputs and click "Estimate" to update Water Usage and Costs.

Indoor Water Factors

Number of People: 177
(Typical people for this building type/size: 233)
 Percent of Time Occupied (%): 26

General Information

Project Title: Objekt F1-1, Tehnološki park, Brdo, Ljubljana,(2)
 Run Title: _zasnova glavnega objekta_za_GBS -brez rotacije
 Building Type: Office
 Floor Area: 6,171 m²

Unit Water Prices

Water: 0.4963 €/m³ Sewer: 0.2658 €/m³

Outdoor Water Factors

Irrigated Area* (m²):
*Irrigated area is a placeholder. Site data from Building Information Model is not incorporated.
 Timed Sprinklers:
 Pool:
 Other Equipment/Fixtures: Usage: L/day

Building Summary

	Total	Male	Female	Employee Only	Efficiency	Percent of Indoor Usage (%)	Liters per Year	Annual Cost Savings (€)	
Toilets:	20	10	10	0	Standard	0	0	0	
Urinals:	10	10		1	Standard	0	0	0	
Sinks:	20	10	10	0	Standard	0	0	0	
Showers:	5	2	3		Standard	0	0	0	
Clothes Washers:	0				Standard	0	0	0	
Dishwashers:	0				Standard	0	0	0	
Cooling Towers:	1				Standard	0	0	0	
<input checked="" type="checkbox"/> Include cooling tower blowdown in sewer costs						Total Efficiency Savings:	0%	0	€0

Source: 2000 Uniform Plumbing Code of the IAPMO, Tables 4-1 and 4-3.

Net-Zero Measures

	Annual Rainfall (mm)*	Catchment Area (m²)	Surface Type	Liters per Year	Annual Cost Savings (€)	
Rainwater Harvesting:	<input type="button" value="No"/>	1557	1302	Gravel/Tar	0	0
Native Vegetation Landscaping:	<input type="button" value="No"/>				0	0
Greywater Reclamation:	<input type="button" value="No"/>				0	0
Site Potable Water Sources:	<input type="button" value="No"/>	Yield: <input type="text" value="0"/>	L/day		0	0
Total Net-Zero Savings: 0 €0						

*Source: National Climatic Data Center, #CLIM81.

Net-Zero Savings

Total Net-Zero Savings: 0 €0