

Uporaba BIM metodologije kod razvoja projektnih rješenja

Milić, Ana

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:520711>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-13**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Ana Milić

Zagreb, 2020.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Doc. dr. sc. Tomislav Stipančić, dipl. ing.

Student:

Ana Milić

Zagreb, 2020.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradila samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se svojem mentoru doc. dr. sc. Tomislavu Stipančiću na stručnim savjetima, pristupačnosti i pruženoj pomoći pri izradi ovog rada.

Posebnu zahvalu upućujem svojoj obitelji, dečku i prijateljima na podršci, strpljenju i razumijevanju tijekom mojeg obrazovanja.

Ana Milić



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za završne ispite studija strojarstva za smjerove:
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment, inženjerstvo materijala i mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu	
Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Ana Milić** Mat. br.: 0035201359

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Uporaba BIM metodologije kod razvoja projektnih rješenja**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Use of BIM methodology in design of project solutions**

Opis zadatka:

Programska rješenja za upravljanje cjelokupnim životnim ciklusom proizvoda nude fleksibilnost kod razvoja ideja te njihove kasnije implementacije. Ona omogućuju efikasno dijeljenje resursa te zajednički i istovremeni rad stručnjaka različitih profila. Tako je moguće organizacijski, vremenski i prostorno povezivati infrastrukturna, tehnološka, kontrolna, skladišna, transportna i ostala zbivanja vezana uz finalni proizvod.

U radu je potrebno opisati BIM metodologiju (engl. Building Information Modeling - BIM) prilikom projektiranja struktura i građevina te kod praćenja toka informacija u fazama razvoja projekta. Na konkretnom projektom zadatku potrebno je primijeniti Revit® BIM programsko rješenje kroz sve etape projektiranja. Poseban naglasak potrebno je postaviti na objašnjenje mehanizama koji sprečavaju kolizije među projektnim timovima za vrijeme zajedničkog i istovremenog rada na razvoju proizvoda. Također, potrebno je usporediti ručni postupak proračuna za grijanje, ventilaciju i odvodnju otpadnih voda u odnosu na automatizirano programsko rješenje koje nudi Revit® BIM. Na temelju dobivenih rezultata potrebno je izvršiti odabir konkretnih rješenja (proizvoda, ideja) koja zadovoljavaju izvršene proračune.

Zadatak zadan:

28. studenog 2019.

Zadatak zadao:

Doc. dr. sc. Tomislav Stipančić

Datum predaje rada:

- 1. rok: 21. veljače 2020.
- 2. rok (izvanredni): 1. srpnja 2020.
- 3. rok: 17. rujna 2020.

Predviđeni datumi obrane:

- 1. rok: 24.2. – 28.2.2020.
- 2. rok (izvanredni): 3.7.2020.
- 3. rok: 21.9. - 25.9.2020.

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Branko Bauer

SADRŽAJ

SADRŽAJ	I
POPIS SLIKA	III
POPIS TABLICA	IV
POPIS OZNAKA	V
SAŽETAK	VII
SUMMARY	VIII
1. UVOD	1
2. MODELIRANJE INFORMACIJA O GRAĐEVINAMA (BIM)	2
2.1. Povijesni razvoj BIM-a	2
2.2. Definicija BIM-a	3
2.2.1. BIM elementi	4
2.3. Primjena BIM-a	5
2.4. Organizacija BIM projekta	7
2.4.1. Protok informacija	7
2.4.2. Sudionici BIM projekta	11
2.5. Programski paket Revit® BIM	13
2.5.1. Revit Arhitektura	14
2.5.2. Revit MEP	14
2.5.3. Revit Statika	15
3. PROJEKTNI ZADATAK	17
3.1. Kolizija	17
3.2. Grijanje	20
3.2.1. Proračun toplinskih gubitaka	20
3.2.1.1. Proračun transmisijskih gubitaka	21
3.2.1.2. Proračun ventilacijskih gubitaka	23
3.2.1.3. Proračun toplinskih gubitaka primjenom Revita	24
3.2.1.4. Provjera programsko rješenja	26
3.2.2. Toplinski učinak i dimenzioniranje radijatora	27
3.2.2.1. Provjera programskog rješenja toplinskog učinka i dimenzioniranja radijatora	29
3.2.3. Proračun pada tlaka za kritičnu dionicu	30
3.2.3.1. Provjera programskog rješenja ukupnog pada tlaka cijevnog razvoda	33
3.3. Ventilacija	35
3.3.1. Proračun potrebne količine zraka za ventilaciju	36
3.3.2. Programski proračun pada tlaka za kritičnu dionicu	36
3.3.3. Provjera programskih rješenja	37
3.4. Odvodnja otpadnih voda	39
3.4.1. Proračun odvodnje otpadnih voda	40
3.4.1.1. Analitički proračun sanitarne odvodnje	41
3.4.1.2. Proračun oborinske odvodnje	42

4. IZBOR OPREME	43
4.1. Odabir radijatora.....	43
4.2. Odabir pumpe.....	43
4.3. Odabir klima komore	45
5. ZAKLJUČAK.....	46
LITERATURA.....	47
PRILOZI	48

POPIS SLIKA

Slika 1.	Razvoj BIM definicije	2
Slika 2.	Vizualni prikaz BIM-a.....	4
Slika 3.	BIM modeli – 3D, 4D, 5D, 6D i 7D.....	5
Slika 4.	Procesni tok informacija na projektu	8
Slika 5.	Dijagram toka razvoja BIM projekta	9
Slika 6.	Dijagram toka koordinacije BIM projekta.....	10
Slika 7.	Hijerarhijska struktura BIM uloga/dužnosti	11
Slika 8.	Standardne uloge/dužnosti na projektu vs. BIM uloge/dužnosti	12
Slika 9.	Izbor familija u Revitu	13
Slika 10.	Prikaz izometrije, tlocrta i presjeka modela u Revitu	14
Slika 11.	Prikaz strojarskih i električnih instalacija u Revitu.....	15
Slika 12.	Prikaz analize opterećenja konstrukcije	16
Slika 13.	Prikaz 3D projektnog modela u Revitu	17
Slika 14.	Primjer plana koordinacije među BIM modelima glavnog projekta.....	18
Slika 15.	Prikaz alatne trake za provjeru kolizije	18
Slika 16.	Prikaz tablice s elementima koji se nalaze u modelu	19
Slika 17.	Prikaz izvještaja kolizija.....	19
Slika 18.	Primjer kolizije između električne i strojarske instalacije.....	20
Slika 19.	Proračunski gubitak topline za otvoreni ured	26
Slika 20.	Grafički prikaz rezultata	27
Slika 21.	Prikaz dobivenih parametara radijatora u Solaru.....	29
Slika 22.	Prikaz kritične dionice pada tlaka u cijevnom razvodu.....	31
Slika 23.	Pad tlaka polaza kritične dionice u cijevnom razvodu.....	32
Slika 24.	Pad tlaka povrata kritične dionice u cijevnom razvodu	33
Slika 25.	Ukupni pad tlaka	33
Slika 26.	Grafički prikaz odstupanja ukupnog pada tlaka u cijevnom razvodu	34
Slika 27.	Prikaz sheme ventilacije projektnog zadatka u Revitu	35
Slika 28.	Pad tlaka dobave kanala kritične dionice ventilacijskog sustava.....	37
Slika 29.	Pad tlaka odsisa kanala kritične dionice ventilacijskog sustava	37
Slika 30.	Grafički prikaz ukupnog pada tlaka dobave kanala	39
Slika 31.	Grafički prikaz ukupnog pada tlaka odsisa kanala.....	39
Slika 32.	Prikaz fekalne odvodnje objekta	40
Slika 33.	Kompaktni pločasti radijator	43
Slika 34.	Odabir pumpe za krug radijatorskog grijanja	44
Slika 35.	Shema klima komore sa pozicijama elemenata	45

POPIS TABLICA

Tablica 1. Proračunski gubici topline svih prostorija.....	25
Tablica 2. Analitički proračun toplinskog gubitka za otvoreni ured.....	26
Tablica 3. Građevinski dio.....	27
Tablica 4. Toplinski učinak i dimenzioniranje radijatora.....	30
Tablica 5. Ukupan pad tlaka cijevnog razvoda.....	34
Tablica 6. Prikaz potrebne količine zraka za ventilaciju.....	36
Tablica 7. Pad tlaka dobave kanala kritične dionice.....	38
Tablica 8. Pad tlaka odsisa kanala kritične dionice.....	38
Tablica 9. Ukupni vršni protok za cijeli objekt.....	41
Tablica 10. Prikaz količine oborinskih voda.....	42
Tablica 11. Specifikacije klima komore za pripremu zraka.....	45

POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
ϕ_i	W	ukupni gubici topline
$\phi_{T,i}$	W	projektni transmisivski gubici topline
$\phi_{V,i}$	W	projektni ventilacijski gubici topline
$H_{T,ie}$	W/K	koeficijent transmisivskog gubitka od grijanog prostora prema vanjskom okolišu
$H_{T,iue}$	W/K	koeficijent transmisivskog gubitka od grijanog prostora kroz negrijani prostor prema vanjskom okolišu
$H_{T,ig}$	W/K	stacionarni koeficijent transmisivskog gubitka od grijanog prostora prema tlu
$H_{T,ij}$	W/K	koeficijent transmisivskog gubitka od grijanog prostora prema susjednom grijanom prostoru različitih temperatura
$\theta_{int,i}$	°C	unutarnja projektna temperatura grijanog prostora
θ_e	°C	vanjska projektna temperatura
A_k	m ²	površina plohe
U_k	W/ m ² K	koeficijent prolaza topline
e_k, e_l		korekcijski faktori
ψ_l	W/mK	linearni koeficijent prolaza topline linearnog toplinskog mosta
l_l	m	linearni koeficijent prolaza topline linearnog toplinskog mosta
b_u		faktor smanjenja temperaturne razlike koji u obzir uzima razliku temperature u negrijanoj prostoriji i vanjske projektne temperature
θ_u	°C	temperatura negrijanog prostora
f_{g1}		korekcijski faktor koji u obzir uzima utjecaj godišnjih promjena vanjske temperature
f_{g2}		faktor smanjenja temperaturne razlike koji uzima u obzir razliku između godišnje srednje vanjske i vanjske projektne temperature
$\theta_{m,e}$	°C	srednja godišnja vanjska temperatura
$U_{equiv,k}$	W/ m ² K	ekvivalentni koef. prolaza topline iz tablica i dijagrama prema tipologiji poda
G_w		korekcijski faktor za utjecaj podzemne vode
f_{ij}		faktor smanjenja temperaturne razlike koji uzima u obzir razliku između temperature susjednog prostora i vanjske projektne temperature
$H_{V,i}$	W/K	koeficijent ventilacijskih toplinskih gubitaka
V_i	m ³ /s	protok zraka
ρ	kg/m ³	gustoća medija

c_p	J/kgK	specifični toplinski kapacitet zraka pri konstantnom tlaku
$V_{\text{inf},i}$	m ³ /s	maksimalni protok zraka u prostoriji uslijed infiltracije
$V_{\text{min},i}$	m ³ /s	minimalni higijenski protok zraka
O_i	m ³	volumen prostorije
n_{min}	h ⁻¹	minimalni broj izmjena zraka
n_{50}	h ⁻¹	broj izmjene zraka u prostoriji pri razlici tlaka 50 Pa između prostorije i vanjskog okoliša
e_i		koeficijent zasićenosti
ε_i		korekcijski faktor visine zgrade
Φ	W	toplinski učinak radijatora
Φ_n	W	normni projektni toplinski učinak radijatora
Δt	K	logaritamska razlika temperatura
Δt_n	°C	logaritamska razlika temperatura izračunata za temperaturni režim
n		eksponent ogrjevnog tijela
t_z	°C	temperatura polazne vode
t_p	°C	temperatura povratne vode
t_i	°C	sobna temperatura
Δp_{uk}	Pa	ukupni pad tlaka
R_i	Pa/m	linijski otpor na pojedinoj dionici instalacije
L_i	m	duljina pojedine dionice instalacije
Z_i	Pa	lokalni otpori na pojedinom elementu instalacije
λ_i		koeficijent hrapavosti cijevi pojedine dionice instalacije
$d_{u,i}$	m	unutarnji promjer cijevi pojedine dionice instalacije
ζ_i		koeficijent oblika pojedinog elementa instalacije
w_i	m/s	brzina strujanja ogrjevnog medija kroz pojedinu dionicu instalacije
V_s	l/s	ukupni vršni protok mjerodavan za dimenzioniranje
K		koeficijenti ovisni o namjeni prostora
DU	l/s	pojedinačni protok
r	l/s ha	intenzitet oborina
C		koeficijent oticanja
A_s	m ²	slivna površina

SAŽETAK

U okviru ovog rada opisana je uporaba BIM metodologije (eng. *Building Information Modeling*) pri razvoju građevinskih projektnih rješenja. Primjena BIM-a u projektiranju objekta omogućuje efikasan razvoj projekta od najranije faze. BIM kao sustav pruža cijelom projektnom timu neograničen pristup informacija u projektu, pohranjenih u centralnoj bazi podataka. Stoga se kao važna značajka BIM metodologije ističe mogućnost dijeljenja resursa, te zajednički i istovremeni rad među projektnim timovima na razvoju proizvoda. Za sve etape projektiranja građevine u sklopu ovog rada primijenjen je Revit® BIM, kao softversko rješenje temeljeno na BIM-u. Poseban naglasak stavljen je na pojašnjavanje mehanizama jedne od najvećih prednosti primjene BIM metodologije, a to je sprječavanje kolizija objektnih elemenata između projektnih timova. Također je napravljena i usporedba analitičkog proračuna grijanja, ventilacije i odvodnje otpadnih voda s automatiziranim proračunom dobivenim primjenom programskog paketa Revit® BIM. Temeljem dobivenih rezultata izvršen je odabir opreme strojarskih sustava za objekt.

Ključne riječi: BIM, Revit®, projektni tim, kolizija.

SUMMARY

This paper describes usage of Building Information Modeling (BIM) in the development of building design solutions. Application of BIM in the design of facility enables efficient project development from the earliest stage. BIM as a system provides the entire project team to have unlimited access to project information stored in a central database. Therefore, an important feature of the BIM methodology is the ability to share resources and allow collaboration between project teams on product development. Revit® BIM was used as a BIM-based software solution for all stages of building design within this work. Particular emphasis is placed on clarifying the mechanisms of one of the greatest advantages of applying the BIM methodology, that is to prevent the collisions of object elements between project teams. A comparison of the analytical calculation of heating, ventilation and wastewater with results obtained using the Revit® BIM software package was made as well. Based on the obtained results, the selection of the mechanical systems equipment for the facility was made.

Key words: BIM, Revit®, project team, collision.

1. UVOD

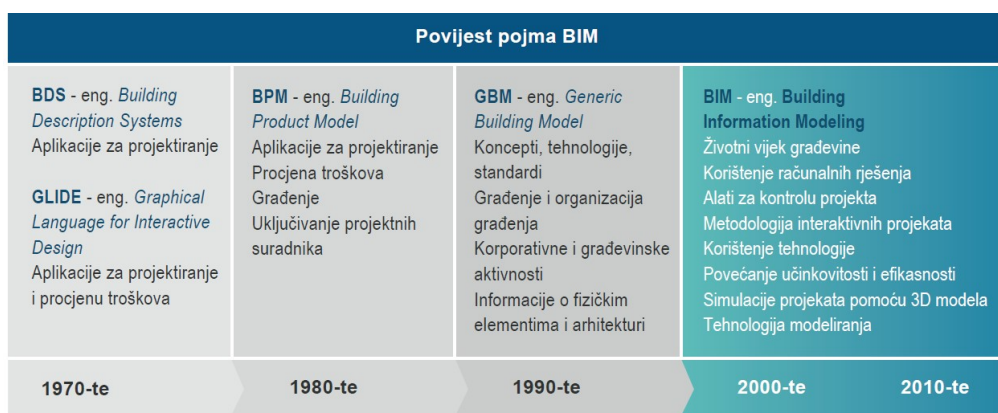
Složenost prilikom razvijanja projekta od najranije faze projektiranja pa sve do kraja uporabnog vijeka neprestano raste pod utjecajem društveno-ekonomskih faktora. Dinamika suvremenog razvoja tehnologija uzrokuje povećanje projektnih ciljeva, a samim time i povećanje broja sudionika u multidisciplinarnim projektnim timovima (arhitekti, inženjeri građevine, strojarstva i elektrotehnike, geodeti). Nadalje, ispunjenje svih ekoloških, socioekonomskih, funkcionalnih i tehničkih projektnih ciljeva zahtjeva složenije planiranje te implementaciju efikasnog programskog rješenja, poput BIM alata [1]. Zbog toga što olakšava projektiranje, vizualizaciju, simulaciju, dokumentiranje i građenje kvalitetnijih građevina, u sklopu ovog rada primjenjuje se Revit® kao BIM alat.

Rad se sastoji od pet poglavlja, od kojih je ovo poglavlje, prvo, uvod u rad. U drugom poglavlju opisana je primjena BIM-a na razvoju i održavanju projekta uz procesni tok informacija između projektnih timova tijekom projektiranja. U trećem poglavlju prikazana je primjena programskog paketa Revit uz komplementarne programske ekstenzije na projektnom zadatku. Osim toga, provedena je i usporedba rezultata analitičkog proračuna grijanja, ventilacije i odvodnje otpadnih voda s rezultatima dobivenih primjenom programskog paketa Revit. Temeljem usporedbe dobivenih rezultata izvršen je odabir opreme strojarskih sustava, te je prikazan u četvrtom poglavlju. U posljednjem, petom poglavlju iznesen je zaključak o uporabi BIM-a kod razvoja projektnih rješenja.

2. MODELIRANJE INFORMACIJA O GRAĐEVINAMA (BIM)

2.1. Povijesni razvoj BIM-a

Povijesno gledajući, počeci razvoja BIM-a sežu unazad više od pola stoljeća. Koncept BIM-a čini bogata povijest inovacija iz Sjedinjenih Američkih Država, Srednje i Sjeverne Europe, pa sve do Japana. Charles Eastman 1975. godine raspravlja o idejama parametrijskog dizajna, visokokvalitetnim računalnim 3D prikazima koji sadrže integrirane baze podataka za vizualne i kvantitativne analize, u članku pod nazivom „*Building Description System – BDS*“. Također, Charles Eastman je 1977. razvio GLIDE (*Graphical Language for Interactive Design*), točnije rečeno pokazao je većinu karakteristika moderne BIM platforme. Štoviše, Gábor Bojár 1982. godine počeo je razvijati prvi softver za 3D projektiranje, ArchiCAD, kojega je mađarska tvrtka Graphisoft lansirala na tržište. Pojam *Building Model* prvi je put dokumentirao Robert Aish, 1986. godine. Osim toga, pojam *Building Information Model* prvi su put dokumentirali G.A. van Nederveen i F.P. Tolman, 1992. godine. Parametric Technology Corporation (PTC) izdali su Pro / ENGINEER 1988. godine, koji se smatra prvim u prodaji BIM softverom za dizajn parametarskog modeliranja u povijesti. Nadalje, kako bi se omogućio protok podataka platformama, ujedno i kompatibilnim s različitim BIM programima, 1995. razvijen je IFC (*Industry Foundation Class*) format, međunarodni otvoreni BIM standard za razmjenu informacija. Autodesk Revit je 2000. godine revolucionirao BIM softver, omogućivši objektno orijentirano programiranje i stvaranje platforme, koja uključuje i vrijeme kao jedan od atributa [2][3]. Razvoj BIM definicije prikazana je na slici 1, [3].



Slika 1. Razvoj BIM definicije

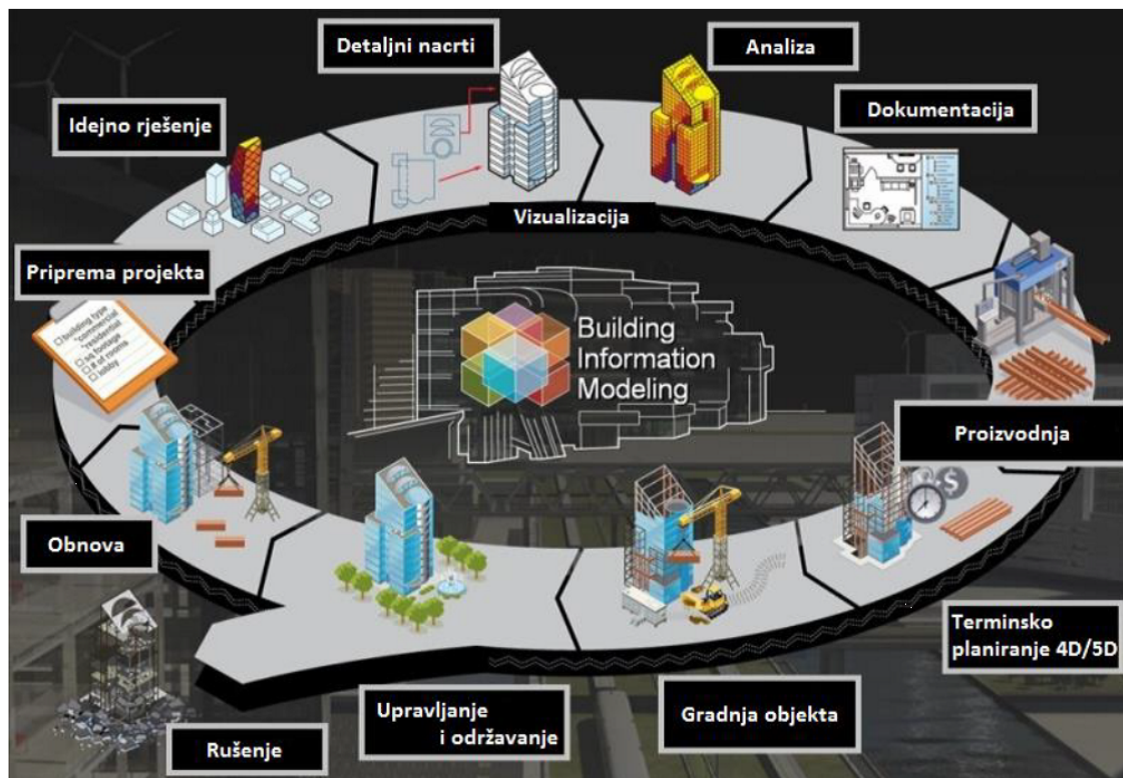
2.2. Definicija BIM-a

BIM (eng. *Building Information Modeling*), kao suvremena metoda modeliranja, je proces izrade digitalnog integralnog modela (informacija) postojeće ili buduće građevine. Štoviše, osim za oblikovanje i izvođenje projekta, služi i za održavanje te upravljanje građevinom tijekom vijeka trajanja, sa snažnim naglaskom na suradničkom radu projektnih timova. Drugim riječima, predstavlja zajedničku centralnu bazu podataka, sa svim pohranjenim informacijama [1][3][4].

Termin BIM može se odnositi na upravljanje informacijama građevine (eng. *Building Information Management*), zatim na modeliranje informacijama o građevinama (eng. *Building Information Modeling*), te na informacijski model građevine (eng. *Building Information Model*). BIM pristup možemo podijeliti na dva smjera: kao tehnologiju i kao metodologiju. BIM kao tehnologija predstavlja virtualnu simulaciju građevine. Pod izrazom simulacija smatraju se fizičke i funkcijske karakteristike građevine. Uz to, 3D objektni modeli se koriste za proračune, analize i izvješća pomoću BIM tehnologije. S druge strane, BIM kao metodologija omogućuje suradnju projektnih timova od modeliranja i izvođenja projekta, pa sve do puštanja u pogon i održavanja tijekom cjeloživotnog ciklusa. Temeljem prethodno navedenog proizlazi da se BIM odnosi na metodologiju koja se oslanja na inteligentan, podacima bogat model kao temelj za razvijanje projekta kroz sve faze. Stoga, uporaba BIM-a kroz sve faze projekta, omogućuje [3]:

- podršku u projektnim procesima donošenja odluka,
- rano detektiranje (uočavanje) potencijalnih pogrešaka na projektu,
- detaljne analize,
- brze izmjene i lakše upravljanje promjenama,
- jasnije razumijevanje projektnih ciljeva i odnosa s drugim dionicama na projektu,
- vizualizaciju projektnih rješenja,
- poboljšanja u projektiranju i koordinaciji projekata,
- povećanje i osiguravanje kvalitete građevinskih procesa i konačnog proizvoda,
- učinkovitost procesa u fazi građenja,
- povećanje sigurnosti u fazi građenja, ali i tijekom ostalih životnih faza građevine,
- podršku u analizi životnog ciklusa i troškova projekta.

Na slici 2 prikazan je 3D model kroz proces izgradnje i održavanja pomoću BIM-a [5].



Slika 2. Vizualni prikaz BIM-a

2.2.1. BIM elementi

BIM elementi su skupina dijelova, međusobno povezana, koji čine BIM modele. BIM elementi mogu biti prikazani kao 2D i 3D geometrija, sa svojim atributima. Također, uz svoje geometrijske karakteristike, sadrže tehničke zahtjeve, informacije o proizvodu (šifra proizvoda, proizvođač, cijena, materijal itd.) te ostale informacije. Razvojem projekta BIM elementi su sve detaljnije obrađeni [3]. Primjeri BIM elemenata su prozori, vrata, zidovi, strojske komponente itd.

Pregled potrebne strukture podataka za elektroničke kataloge proizvoda, gdje se podaci prenose u aplikacije za izradu BIM modela, omogućuju ISO standardi 16757.

Minimalna struktura podataka BIM elemenata [3]:

- 3D geometrija,

- 2D detalji (simboli),
- zahtjevi za manipulativni prostor,
- materijali i ostali parametri (informacije),
- logički spojevi.

2.3. Primjena BIM-a

Napretkom tehnologije CAD se razvija, te je uz 2D CAD projektiranje napravljen i 3D CAD. Ubrzani suvremeni razvoj tehnologije zamijenio je CAD tehnologiju BIM tehnologijom, čija je baza 3D model, na koji se vežu i razvijaju dodatni parametri, poput vremena (4D), troškova projekta (5D), analize održavanja i potrošnje objekata (6D), te upravljanja i održavanja građevine (7D). Na slici 3 prikazani su BIM modeli, [3].

3D	4D	5D	6D	7D
BAZA PODATAKA	VRIJEME	TROŠKOVI	ANALIZE	UPRAVLJANJE GRAĐEVINOM I NJEZINO ODRŽAVANJE
Količine elemenata	Planiranje i praćenje gradnje	Real Time modeliranje i planiranje troškova	Konceptualna analiza energetske učinkovitosti	BIM strategija životnog vijeka građevine
Svojstva elemenata / materijala	JIT predaja elemenata	Izvoz količina kao podrška detaljnoj procjeni troškova	Detaljna analiza energetske učinkovitosti	BIM as Built
Vizualna identifikacija objekata			Praćenje održivosti elemenata i objekata	BIM plan održavanja i tehničke podrške
Kolaboracija struka			...	
Faznost objekta				
Parametričnost				

Slika 3. BIM modeli – 3D, 4D, 5D, 6D i 7D

Modeli 4D prvenstveno služe za poboljšanje suradnje projektnih timova, jer omogućuju vizualno prenošenje radova između sudionika. Također, 4D modeli zahtijevaju definirane 3D modele objekta, točnije elementi 3D moraju sadržavati informacije o razvoju građevine. S obzirom na to da se procjena troškova i izrada troškovnika počinju provoditi od faze

planiranja i projektiranja građevine, troškovi se neprestano mijenjaju tijekom razvijanja projekta. Tijekom razvijanja projekta, moguće je izvući iz modela građevine detaljnije informacije o količini elemenata, površina i volumena određenih prostora, količina materijala i drugih mjerljivih podataka. Osim toga, detaljna analiza objekta služi za ostvarenje energetske i resursne učinkovitosti, radi neprestanog povećavanja broja propisa i zahtjeva koji se moraju zadovoljiti. Dakle, upravljanje i održavanje građevina temelji se na prikupljenim i dobro definiranim informacijama stečenim tijekom projektiranja i građenja, te iz rezultata upravljanja ostalih projekata.

Neke od praktičnih primjena BIM pristupa [3]:

Planiranje

- Prostorne analize potencijalnih lokacija građevine (eng. *Site Analysis*)
- Analiza prostorne interpolacije građevine (eng. *Programming*)
- Snimanje postojećeg stanja (eng. *Existing Conditions Modeling*)

Projektiranje

- Analiza sustava građevine (eng. *Building System Analysis*)
- Projektiranje i dizajn (eng. *Design Authoring*)
- Inženjerske analize (eng. *Engineering Analysis*)
 - Analiza energetske učinkovitosti (eng. *Energy Analysis*)
 - Analiza nosive konstrukcije (eng. *Structural Analysis*)
 - Ostale inženjerske analize
- 3D koordinacija (eng. *3D Coordination*)
- Procjene sukladnosti s propisima (eng. *Code Validation*)
- Procjene za održivu gradnju (eng. *Sustainability Evaluation*)
- Pregled i ocjenjivanje uspješnosti projektnog rješenja (eng. *Design Reviews*)
- Količine i procjene troškova (eng. *Cost Estimation*)

Građenje

- Vremensko planiranje (eng. *Phase Planning – 4D Modeling*)

- Planiranje i organizacija gradilišta (eng. *Site Utilization Planning*)
- Projektiranje sustava građenja (eng. *Construction System Design*)
- Digitalna kontrola proizvodnje (eng. *Digital Fabrication*)
- Geodetsko 3D upravljanje i planiranje (eng. *3D Control and Planning*)
- Snimanje izvedenog stanja (eng. *Record Modeling*)

Puštanje u pogon i upravljanje

- Planiranje (preventivnog) održavanja (eng. *Building (Preventative) Maintenance Scheduling*)
- Upravljanje imovinom (eng. *Asset Management*)
- Praćenje i upravljanje prostorom (eng. *Space Management and Tracking*)
- Planiranje izvanrednih događaja ili nepogoda (eng. *Disaster Planning*)

2.4. Organizacija BIM projekta

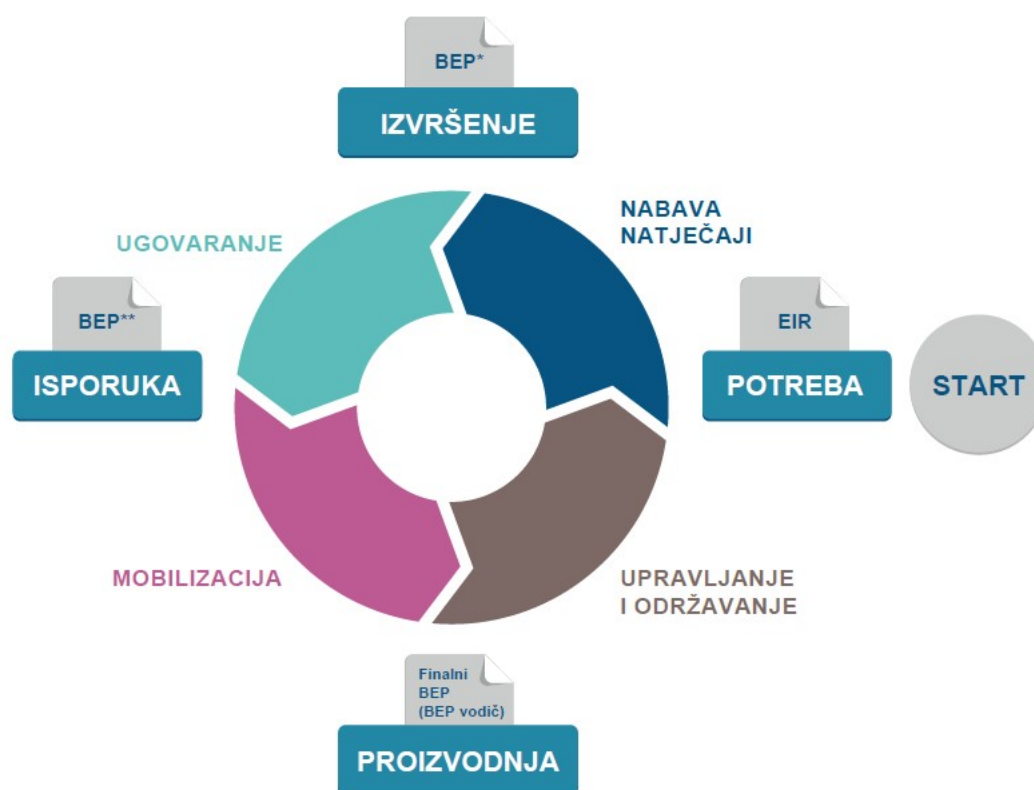
Struktura direktorija treba biti dostupna svim projektnim timovima. Stoga su sve projektne informacije pohranjene na jednom mjestu, te se mogu koristiti i vraćati. Zato su informacije ključan faktor koji utječe na uspješno razvijanje projekta [3].

2.4.1. Protok informacija

Informacija kao pokretačka snaga BIM pristupa, predstavlja podatak u jasno izraženom obliku adekvatnom za komunikaciju, interpretaciju ili obradu, koju provodi čovjek ili računalna aplikacija. Prema standardu PAS 1192-2:2013, tok informacija započinje istodobno sa potrebom za projektom, prikazano na slici 4, [3].

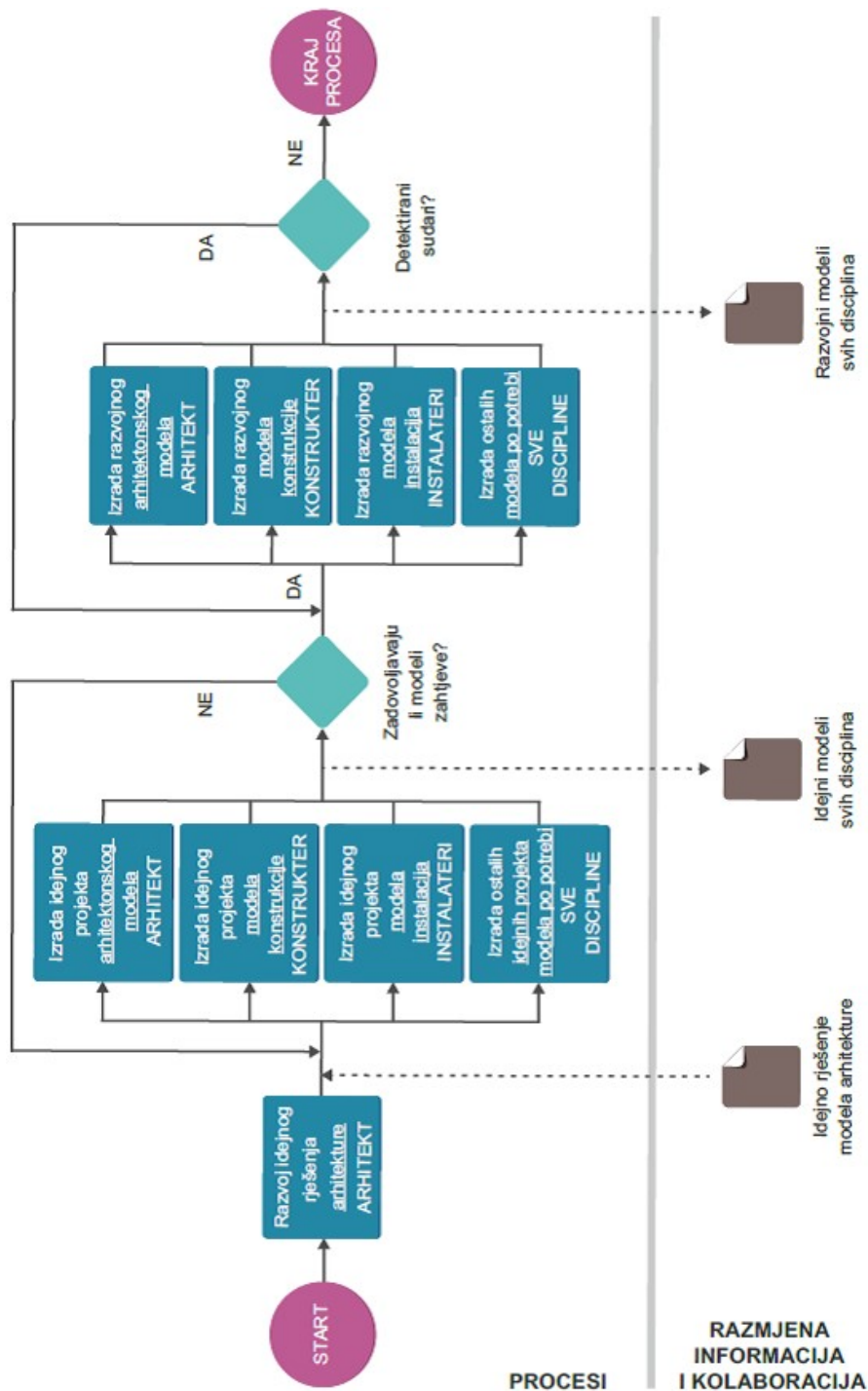
Faza potrebe predstavlja početak projekta objekta, u kojoj je neophodna razmjena informacija i specifičnih zahtjeva suradnje na projektu, usporedno s procesima nabave i definiranja projektnih zadataka. Zato BIM zahtjevi naručitelja (eng. *BIM Employer's Information Requirements – EIR*) omogućuju i kontroliraju učinkovitu platformu za komunikaciju projektnih zadataka. Zatim se u fazi natječaja priprema BIM plan izvršenja prije ugovaranja (eng. *The Pre-Contract BIM Execution Plan - BEP*), s ciljem predstavljanja projektnog

postupka, sposobnosti, kapaciteta te profesionalnosti i kompetentnosti za izvođenje projekta. U fazi isporuke moraju se poštivati pravovremene dostave podataka od strane ponuditelja. Stoga, ponuditelj izrađuje BIM plan izvršenja nakon ugovaranja (eng. *The Post Contract Award BIM Execution Plan* – BEP) unutar kojeg se prikazuju određene dužnosti i odgovornosti, isporuke s određenim rokovima. Nakon toga, u fazi mobilizacije, slijedi provjera rješenja upravljanja informacija kako bi se mogao započeti rad na BIM projektu. Točnije, provjerava se da li su svi dokumenti, standardi i smjernice usuglašeni te dogovoreni procesi razmjene informacija za ostvarenje zahtjeva projekta. Također, bitna stavka ove faze je edukacija članova BIM projektnog tima koji se bave proizvodnjom, analizom i pregledavanjem Informacijskog modela projekta (eng. *Project Information Model* – PIM). Prije faze upravljanja i održavanja građevine, tijekom tzv. proizvodnje, razvija se PIM, koji najčešće nastaje u fazi idejnog rješenja projekta te se razvija u virtualni model objekta. Dakle, kako bi upravitelj donio ispravne odluke o upravljanju i održavanju objekta i njegovih komponenata, treba imati pristup točnim informacijama te poznavati njegove postavljanje sustave [3].

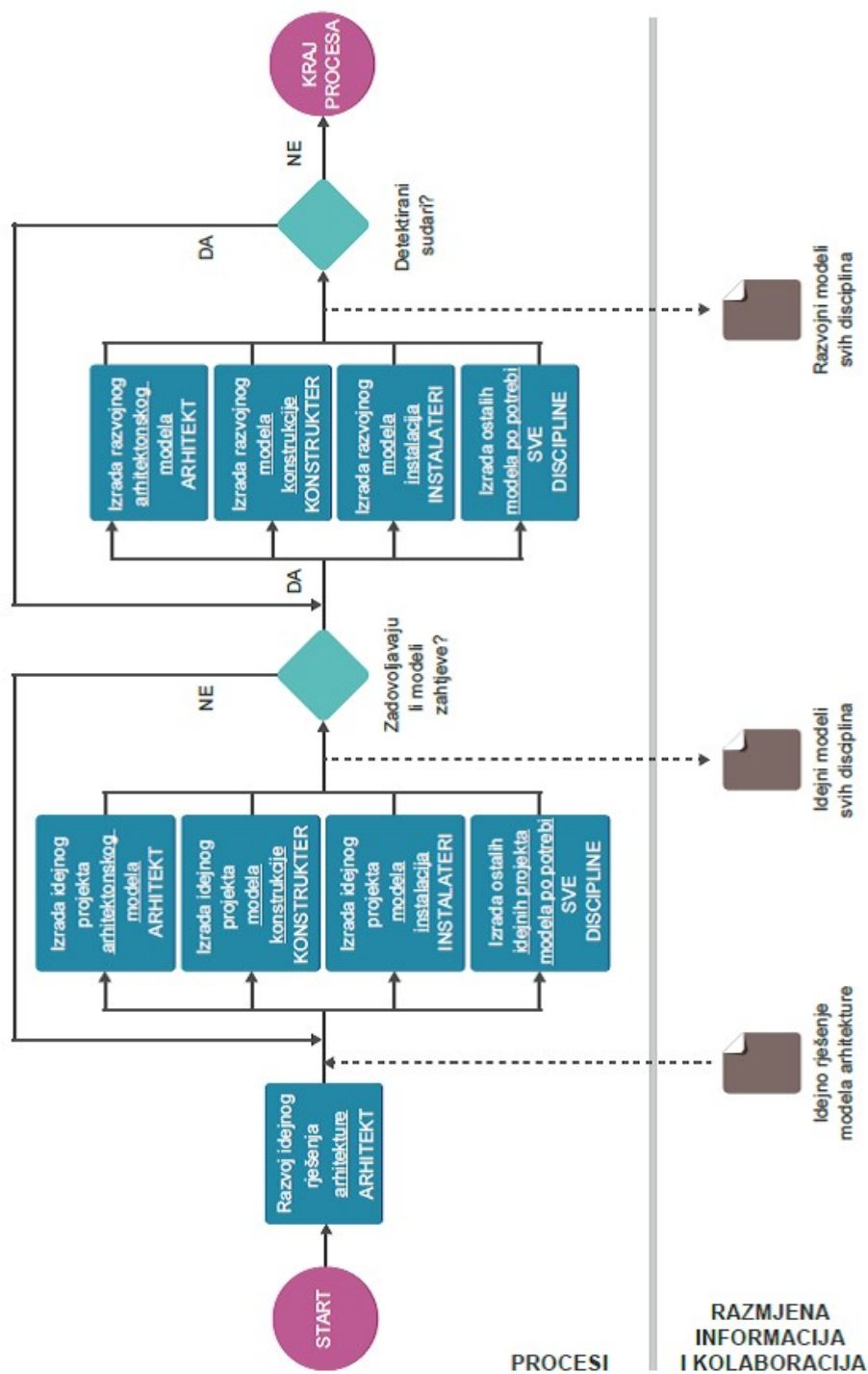


Slika 4. Procesni tok informacija na projektu

Dijagram toka razvoja BIM projekta prikazan je na slici 5, dok je dijagram toka koordinacije BIM projekta prikazan na slici 6, [3].



Slika 5. Dijagram toka razvoja BIM projekta



Slika 6. Dijagram toka koordinacije BIM projekta

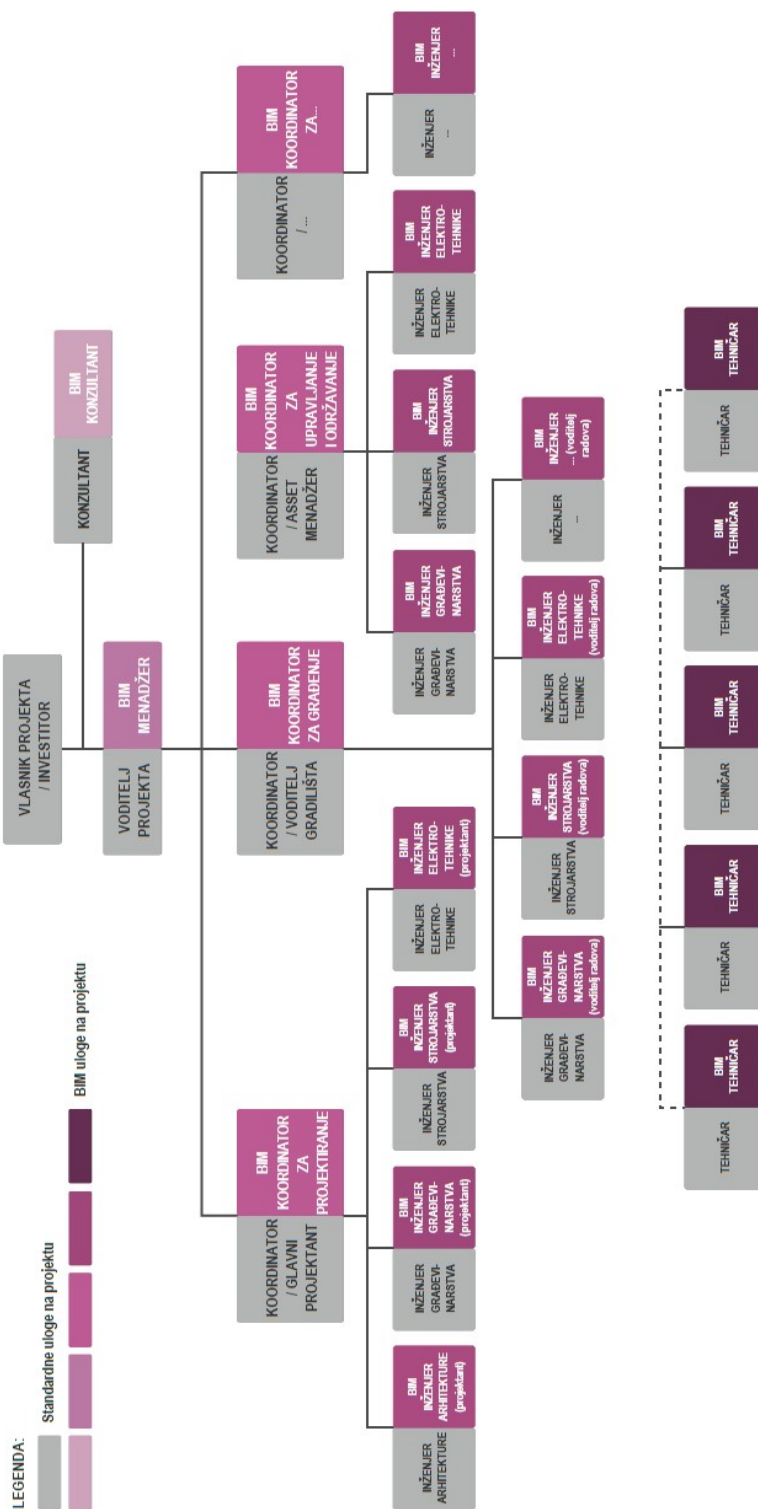
2.4.2. Sudionici BIM projekta

BIM pristup je primijenjen na BIM projektu, koji naglasak stavlja na razmjenu i iskorištavanju točnih i pravodobnih informacija među timovima tijekom svih faza projekta. Primjenom BIM pristupa zahtijevaju se nove projektne uloge, koje su hijerarhijski prikazane na slici 7, a detaljnije opisane u tekstu ispod [3].



Slika 7. Hijerarhijska struktura BIM uloga/dužnosti

Hijerarhijski najbitnija uloga je BIM menadžer. Definira BIM ciljeve i zahtjeve na projektu kojih se treba pridržavati. Osim toga konstantno skuplja i razmjenjuje projektne informacije. Uz njega se pojavljuju BIM koordinatori za pojedinu struku ili određeno područje struke. BIM koordinator upravlja informacijama i modelira pomoću prikladnih programa. S druge strane BIM inženjer sudjeluje u projektu koristeći specifične BIM softvere za razvoj modela i tehničke dokumentacije, dok BIM tehničar modelira pojedine tehničke i/ili funkcionalne sklopove u BIM softverima. U međuvremenu, BIM konzultant vodi i savjetuje sudionike građevinskih projekata, koji usvajaju BIM pristup.

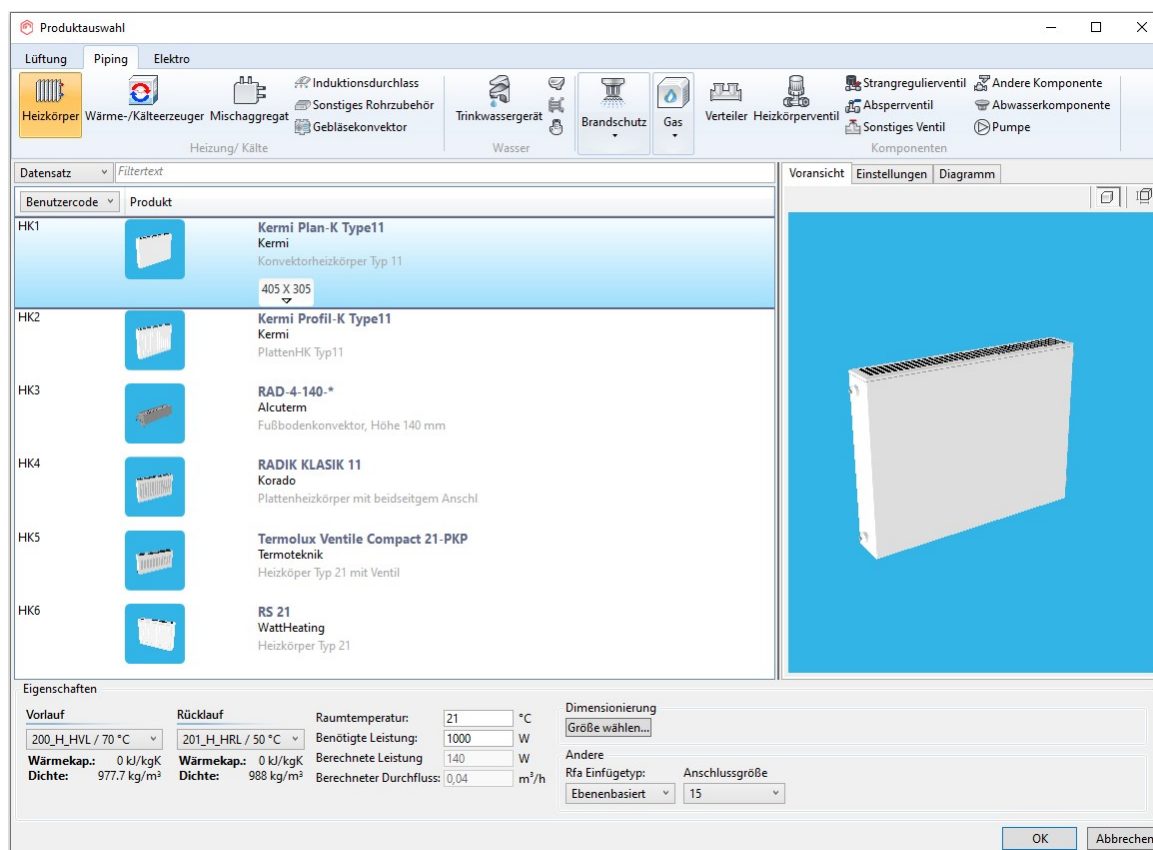


Slika 8. Standardne uloge/dužnosti na projektu vs. BIM uloge/dužnosti

2.5. Programski paket Revit® BIM

Revit® je BIM alat koji omogućuje planiranje, projektiranje, izgradnju, upravljanje građevinama i infrastrukturu pomoću 3D modela objekta. Model u Revitu izrađujemo od familija, parametarskih elemenata ispunjeni informacijama. Kao najveća baza gotovih familija koristi se MagiCad (*plug-in*) softver za Revit. Na projektu je omogućeno svim sudionicima istovremeno korištenje istog centralnog modela. Svi relevantni podaci o modelu pohranjuju se na jedno mjesto te, ukoliko se izvrte ikakve promjene, iste se automatski ažuriraju u čitavom modelu. Revit zajedno čine Revit Arhitektura (eng. *Revit Architecture*), Revit Strojtarstva i Elektrotehnike (eng. *Revit MEP*) i Revit Statika (eng. *Revit Structure*) [6][7].

Temeljem korištenja MagiCad-a, prema ilustraciji sa slike 9 prikazuje se izbor familija radijatora u Revitu.

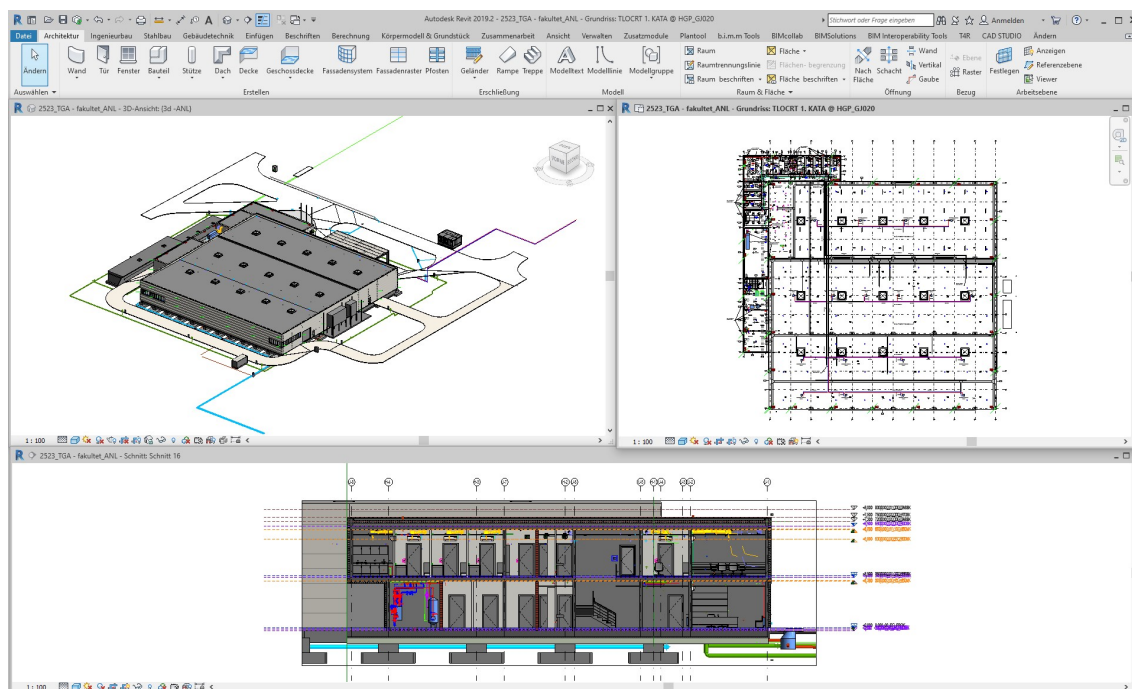


Slika 9. Izbor familija u Revitu

2.5.1. Revit Arhitektura

Revit Arhitektura je program namijenjen arhitektonskom projektiranju, koji omogućava stvaranje i održivost dizajna objekta, planiranje konstrukcije te suradnju s ostalim sudionicima u projektiranju tijekom razvoja projekta. Lokalizirane promjene informacija i parametara elemenata tijekom projektiranja automatski se ažuriraju u potpunom projektu i projektnoj dokumentaciji, to omogućuje kvalitetniju koordinacija i veću točnost cjelokupne projektne dokumentacije. Rad u Revit Arhitekturi prilagođen je načinu na koji razmišljaju arhitekti prilikom projektiranja [7][8].

Na slici 10 prikazana su pogledi modela u Revitu.



Slika 10. Prikaz izometrije, tlocrta i presjeka modela u Revitu

2.5.2. Revit MEP

Revit MEP je program namijenjen inženjerima strojarstva i elektrotehnike, odnosno služi za projektiranje instalacija građevine, te kontrolu kolizija između elemenata instalacija ili instalacija različitih tehničkih struka. Osim toga, omogućuje inženjerima strojarstva i elektrotehnike pravovremeno donošenje odluka već u fazi projektiranja zbog vizualnog prikaza instalacija, te bitnim informacijama u samim instalacijama. Inženjerima bitne

informacije su npr. brzina protoka, dimenzije i materijal cijevi, protok, pad tlaka, itd. Time se smanjuje broj pogrešaka na modelu, te se poboljšava suradnja između projektnih timova [8].

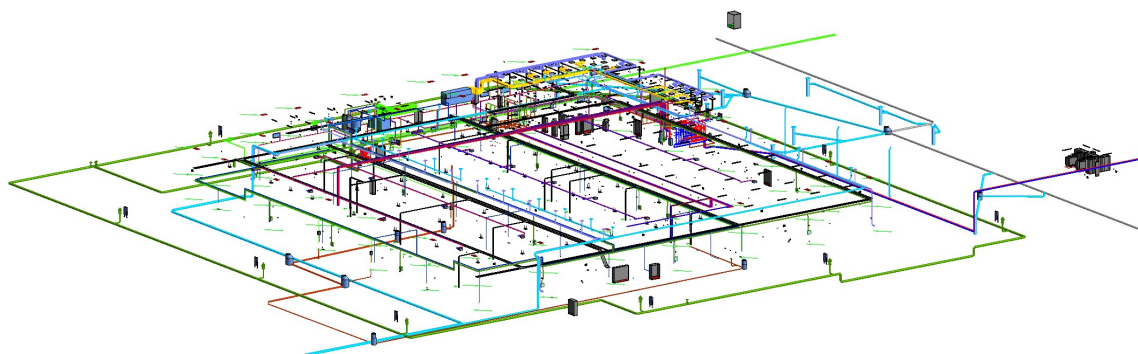
Revit MEP alati se dijele na:

Mechanical – sustavi grijanja, hlađenja i ventilacije,

Electrical – električne instalacije,

Plumbing – vodovod i kanalizacija.

Prema ilustraciji sa slike 11 prikazuje se izometrija strojarskih i električnih instalacija modela u Revitu.

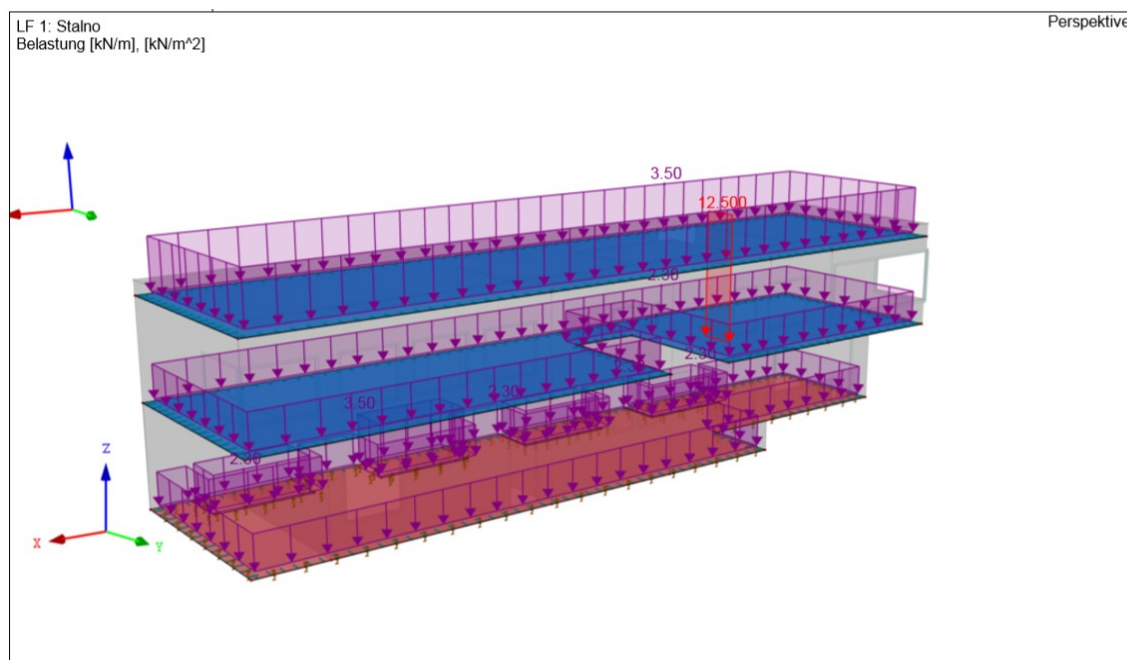


Slika 11. Prikaz strojarskih i električnih instalacija u Revitu

2.5.3. *Revit Statika*

Revit Statika omogućuje smanjenje utroška vremena projektnata konstrukcija za izradu tehničke dokumentacije te udio grešaka do kojih dolazi tijekom suradnje između projektanta konstrukcije i ostalih sudionika projekta. Zbog toga što Revit Statika koristi BIM sustav, svaki nacrt i pogled povlači iz istog centralnog modela. Stoga cijela projektna dokumentacija ostaje koordinirana i cjelovita. Također, Revit Statika kreira analitičke modele za analize, koji mogu biti cijela građevina, jedno proširenje ili jedna komponenta konstrukcije, dok se usporedno konstruira fizički model za izradu dokumentacije. Analitički modeli sadrže informacije kao što su opterećenja i dimenzije konstrukcijskih elemenata [8].

Na slici 12 prikazana je analiza opterećenja konstrukcije u smjeru osi z.

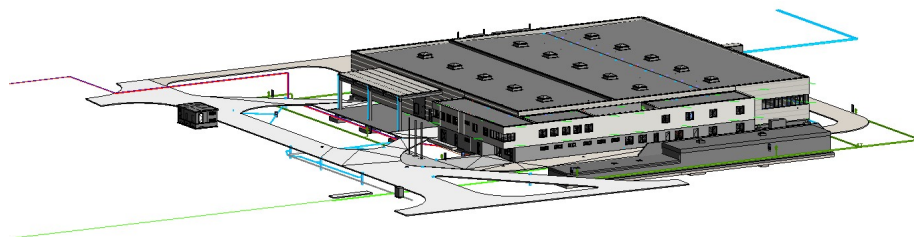


Slika 12. Prikaz analize opterećenja konstrukcije

3. PROJEKTNI ZADATAK

Namjena građevine je proizvodna, sa pratećim uredskim i tehničkim prostorima. Građevina se sastoji od: prizemne hale u kojoj je smještena proizvodnja i skladište, dok su prateći uredski i tehnički prostori organizirani na dvije etaže. Građevina je prikazana kao 3D model u Revitu na slici 13.

Kontrola i koordinacija elemenata građevine jedan je od najvažnijih procesa samog projekta. Stoga primjenom Revit® BIM programskog rješenja omogućuje se sprječavanje kolizije među projektnim timovima tijekom rada na projektu od najranije faze. Osim toga, ključno je stvoriti ugodne radne uvjete za ljude koji borave u nestambenim objektima tijekom svog radnog vremena. Prema tome pravilno planirani i provedeni sustavi grijanja, ventilacije i odvodnje otpadnih voda su izuzetno bitni. Prilikom izrade projekta treba se pridržavati odgovarajućih standarda i propisa.



Slika 13. Prikaz 3D projektnog modela u Revitu

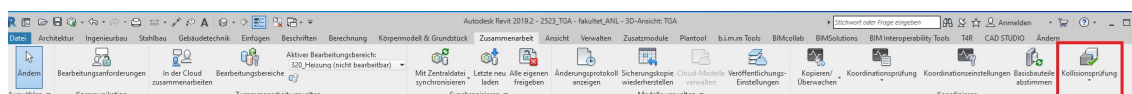
3.1. Kolizija

Analiza i rješavanje kolizija u projektu, pomoću skupa BIM alata, omogućuju provjeru odnosa elemenata i sustava svih tehničkih struka koji rade na projektu. Provedbom analize kolizija prema planu koordinacije među BIM modelima, prikazan na slici 14, u projektu nastaje izvještaj o međusobnim odnosima unutar modela, na temelju kojeg projektni timovi obavljaju korekcije [3]. Također, izvještaj će općenito prikazati mnogo istih kolizija, primjerice jedna cijev prolazi kroz više paralelnih greda. Takav primjer će se prikazati kao više kolizija, iako u stvarnosti rješavanje pozicioniranja cijevi će ukloniti sve kolizije. U tom slučaju izbjegavaju se kolizije tijekom faze građenja.

	Arhitektura	Konstrukcija	Sustavi grijanja, hlađenja i ventilacije	Vodovod i odvodnja	PP sustavi (sprinkler)	Elektrotehničke instalacije	Elektronički sustavi
Arhitektura	-	+	+	+	+	+	+
Konstrukcija		-	+	+	+	+	+
Sustavi grijanja, hlađenja i ventilacije			-	+	+	+	+
Vodovod i odvodnja				-	+	+	+
PP sustavi (sprinkler)					-	+	+
Elektrotehničke instalacije						-	-
Elektronički sustavi							-

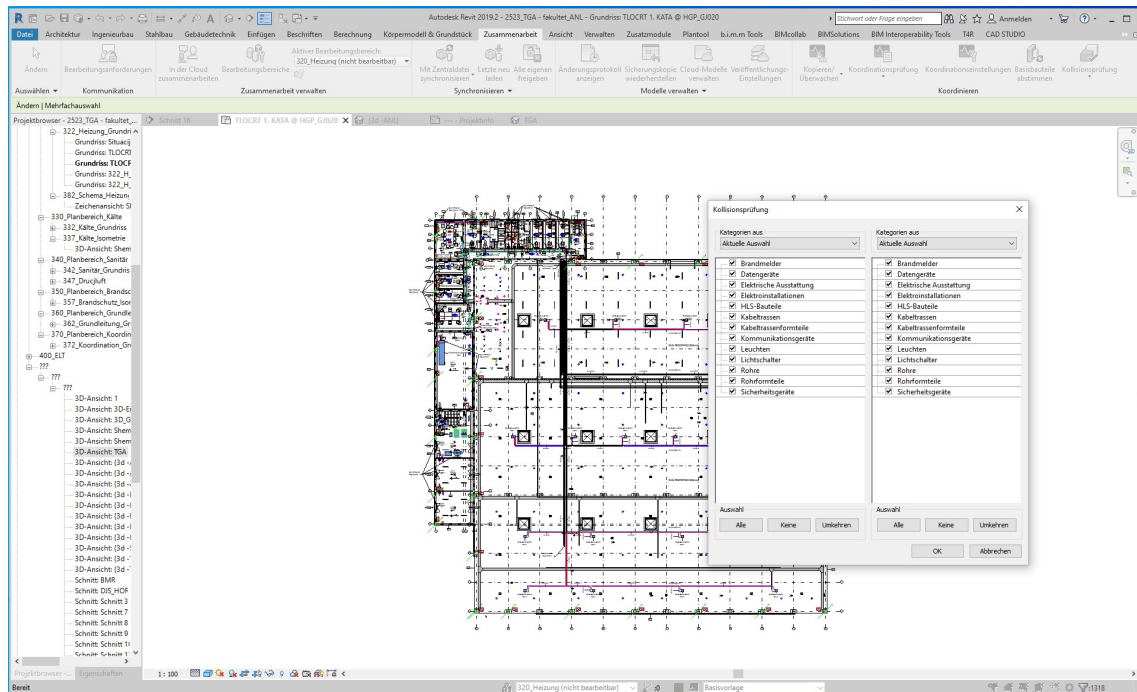
Slika 14. Primjer plana koordinacije među BIM modelima glavnog projekta

Na slici 15 prikazana je alatna traka Revita, koja nudi provjeru kolizija cijelog modela ili određenog dijela modela odabirom ikone pod nazivom „Kollisionsprüfung“.

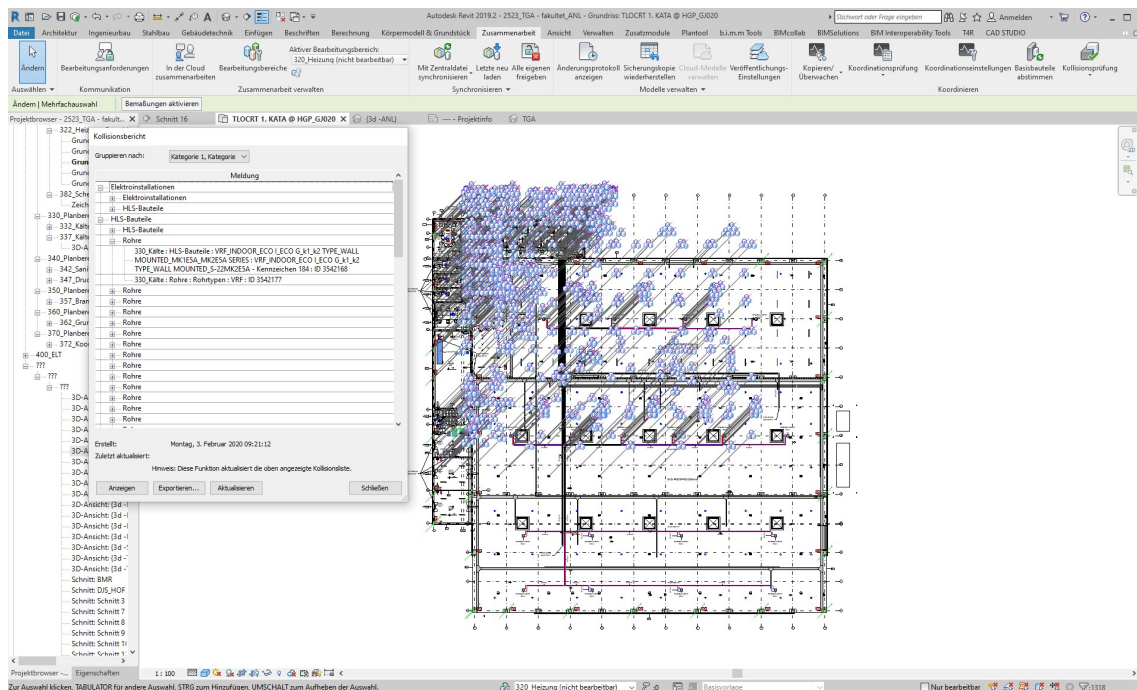


Slika 15. Prikaz alatne trake za provjeru kolizije

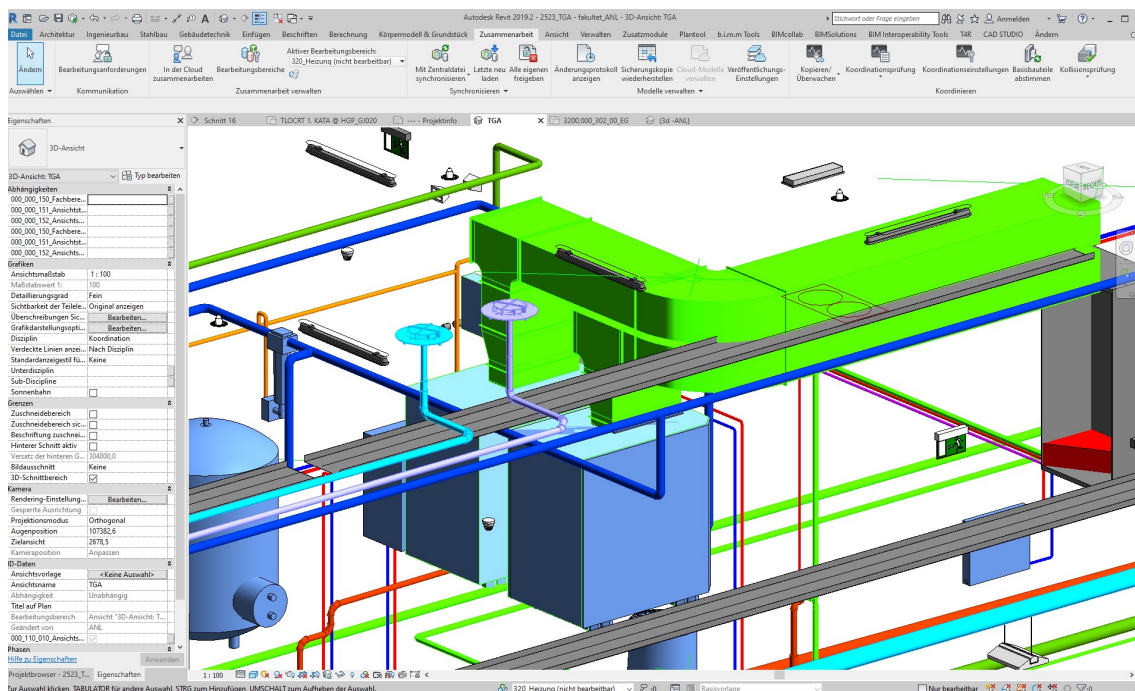
Nakon što se odabere opcija „provjera kolizija“ nudi se prozor s elementima koji se nalaze u samom modelu, prikazan na slici 16. Temeljem odabira ciljanih elemenata čiji se odnosi žele provjeriti, prema ilustraciji sa slike 17 prikazuje se popis kolizija sa njihovim opisom i zasebnim identifikacijskim brojem, te su označene u odabranom pogledu (tlocrtu). Primjer kolizije između električne i strojarske instalacije u modelu prikazan je na slici 18. S obzirom na prikaz kolizija na zaslonu, inženjerima je olakšano rješavanje kolizija.



Slika 16. Prikaz tablice s elementima koji se nalaze u modelu



Slika 17. Prikaz izvještaja kolizija



Slika 18. Primjer kolizije između električne i strojarske instalacije

3.2. Grijanje

3.2.1. Proračun toplinskih gubitaka

Osnovni cilj projektnog proračuna jest određivanje toplinskih gubitaka koji se potom koriste za određivanje toplinskog opterećenja prostorija, odnosno cijele građevine. Proračun je proveden prema normi EN 12831.

Ukupni toplinski gubici određuju se prema sljedećem izrazu:

$$\phi_i = \phi_{T,i} + \phi_{V,i}, \quad (1)$$

gdje su:

ϕ_i - ukupni gubici topline [W],

$\phi_{T,i}$ - projektni transmisijski gubici topline [W],

$\phi_{V,i}$ - projektni ventilacijski gubici topline [W].

3.2.1.1. Proračun transmisivskih gubitaka

Projektne transmisivske toplinske gubitke grijanja prostorije određuju se jednačinom

$$\phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e), \quad (2)$$

čiji su članovi:

$H_{T,ie}$ - koeficijent transmisivskog gubitka od grijanog prostora prema vanjskom okolišu [W/K],

$H_{T,iue}$ - koeficijent transmisivskog gubitka od grijanog prostora kroz negrijani prostor prema vanjskom okolišu [W/K],

$H_{T,ig}$ - stacionarni koeficijent transmisivskog gubitka od grijanog prostora prema tlu [W/K],

$H_{T,ij}$ - koeficijent transmisivskog gubitka od grijanog prostora prema susjednom grijanom prostoru različitih temperatura [W/K],

$\theta_{int,i}$ - unutarnja projektne temperatura grijanog prostora [°C],

θ_e - vanjska projektne temperatura [°C].

Jednačina za koeficijent transmisivskog gubitka od grijanog prostora prema vanjskom okolišu glasi

$$H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_k \cdot b_u + \sum \psi_l \cdot l_l \cdot b_u, \quad (3)$$

gdje su:

A_k - površina plohe "k" (zid, prozor, vrata, strop/krov) kroz koju prolazi toplina [m²],

U_k - koeficijent prolaza topline građevnog elementa "k" [W/m²K],

e_k, e_l - korekcijski faktori izloženosti koji uzimaju u obzir klimatske utjecaje kao vlažnost, temperatura, brzina vjetera. Određuju se na nacionalnoj razini. Ako vrijednosti nisu određene na nacionalnoj razini, onda kao vrijednost uzeti 1.

ψ_l - linearni koeficijent prolaza topline linearnog toplinskog mosta "l" [W/mK],

l_l - duljina linijskog toplinskog mosta između vanjskog okoliša i prostorije [m].

Koeficijent transmisivnog gubitka od grijanog prostora kroz negrijani prostor prema vanjskom okolišu računa se prema

$$H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_k \cdot b_u + \sum \psi_l \cdot l_l \cdot b_u, \quad (4)$$

uz članove jednadžbe:

b_u - faktor smanjenja temperaturne razlike koji u obzir uzima razliku temperature u negrijanoj prostoriji i vanjske projektne temperature, određuje se prema

$$b_u = \frac{\theta_{\text{int},i} - \theta_u}{\theta_{\text{int},i} - \theta_e}, \quad (5)$$

gdje je θ_u temperatura negrijanog prostora u °C.

Stacionarni koeficijent transmisivnog gubitka od grijanog prostora prema tlu određuje se prema

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot \left(\sum A_k \cdot U_{\text{equiv},k} \right) \cdot G_W, \quad (6)$$

uz:

f_{g1} - korekcijski faktor koji u obzir uzima utjecaj godišnjih promjena vanjske temperature, uz uobičajenu vrijednost 1,45,

f_{g2} - faktor smanjenja temperaturne razlike koji uzima u obzir razliku između godišnje srednje vanjske i vanjske projektne temperature, a determiniran je izrazom

$$f_{g2} = \frac{\theta_{\text{int},i} - \theta_{m,e}}{\theta_{\text{int},i} - \theta_e}, \quad (7)$$

čiji su članovi:

$\theta_{m,e}$ - srednja godišnja vanjska temperatura [°C],

$U_{equiv,k}$ - ekvivalentni koeficijent prolaza topline iz tablica i dijagrama prema tipologiji poda (dubina ispod površine tla, koef. U_{pod} , karakt. B'...) [W/m²K],

G_w - korekcijski faktor za utjecaj podzemne vode.

Koeficijent transmisivnog gubitka od grijanog prostora prema susjednom grijanom prostoru različitih temperatura determiniran je izrazom

$$H_{T,ij} = \sum f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k, \quad (8)$$

gdje je:

f_{ij} - faktor smanjenja temperaturne razlike koji uzima u obzir razliku između susjednog prostora i vanjske projektne temperature, koji je određen izrazom

$$f_{ij} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{ads}}{\theta_{int,i} - \theta_e}. \quad (9)$$

3.2.1.2. Proračun ventilacijskih gubitaka

Projektne ventilacijski gubici topline određuju se jednadžbom

$$\phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e), \quad (10)$$

gdje su:

$H_{V,i}$ - koeficijent ventilacijskih toplinskih gubitaka [W/K], određen izrazom

$$H_{V,i} = V_i \cdot \rho \cdot c_p, \quad (11)$$

uz odgovarajuće veličine:

V_i - protok zraka kroz grijanu prostoriju [m³/s],

ρ - gustoća medija [kg/m³],

c_p - specifični toplinski kapacitet zraka pri konstantnom tlaku [J/kg K].

Protok zraka bez ventilacijskog sustava određuje se prema

$$V_i = \max(V_{\text{inf},i}, V_{\text{min},i}), \quad (12)$$

gdje su:

$V_{\text{min},i}$ - minimalni higijenski protok zraka, koji se izračunava prema

$$V_{\text{min},i} = n_{\text{min}} \cdot O_i, \quad (13)$$

gdje su:

O_i - volumen prostorije izračunat prema unutarnjim dimenzijama [m^3],

n_{min} - minimalni broj izmjena zraka po satu [h^{-1}].

$V_{\text{inf},i}$ - maksimalni protok zraka u prostoriji uslijed infiltracije,

$$V_{\text{inf},i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i, \quad (14)$$

uz:

n_{50} - broj izmjene zraka u prostoriji pri razlici tlaka 50 Pa između prostorije i vanjskog okoliša,

e_i - koeficijent zasićenosti,

ε_i - korekcijski faktor visine zgrade.

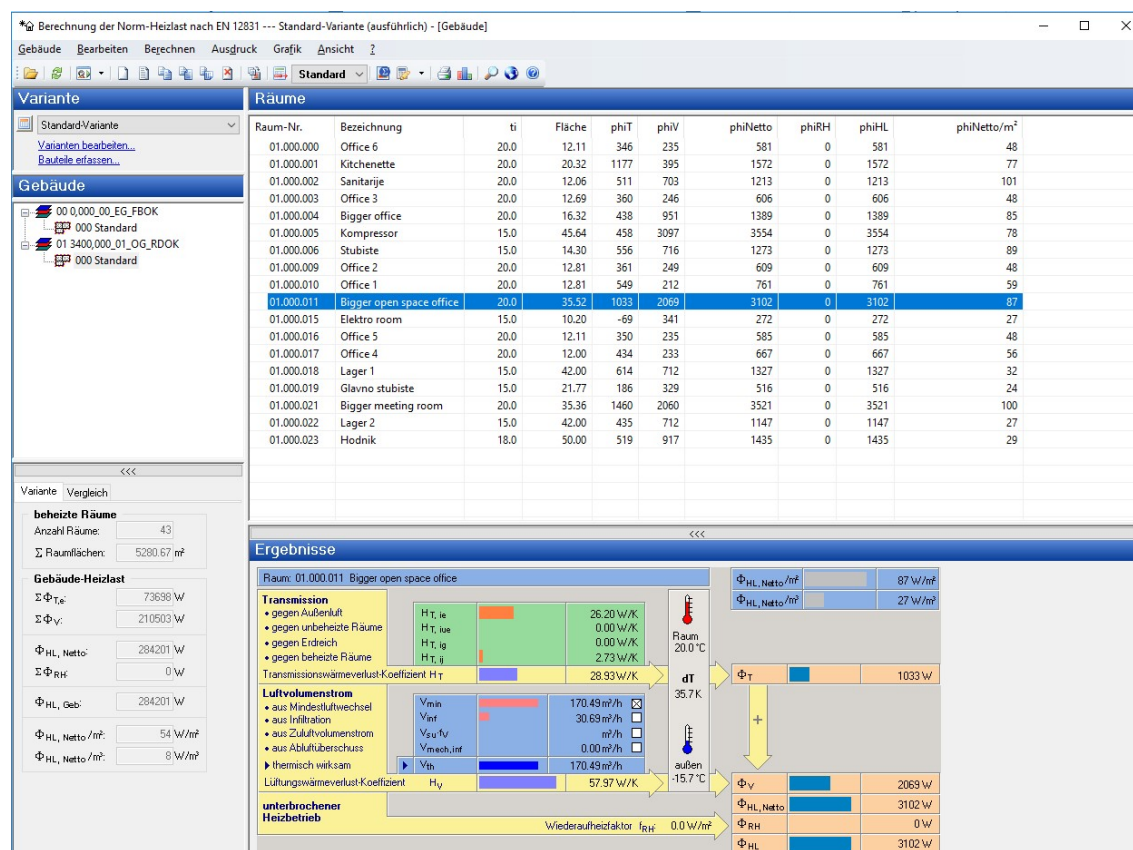
3.2.1.3. Proračun toplinskih gubitaka primjenom Revita

Proračun toplinskih gubitaka svih prostorija izrađen je pomoću softvera Solar Computer. Prijenos BIM modela u aplikacije za proračune grijanja se odvija pomoću Revita iz kojeg se eksportiraju podaci o modelu, tj. podaci o prostorijama (površine zidova, podova, stropova, prozora i vrata), u gbXML formatu (eng. Green Building Extensible Markup Language). Nakon toga, alat GBIS-Revit omogućuje drugim programima povlačenje eksportiranih podataka. Na temelju toga Solar Computer povlači i čita eksportirane podatke i prebacuje ih u tablicu 1, prikazanu ispod.

Naziv prostorija	θ_{int}	A_n	Φ_{Ta}	Φ_1	Φ_{Vmin}	Φ_{Vinf}	$\Phi_{V.st.}$	$\Phi_{V.minf}$	Φ_{Hl}	Φ_{RH}	$\Phi_{Hl, Austel}$
	°C	m ²	W	W	W	W	W	W	W	W	W
H.E0.01 Proizvodni pogo	20.0	2888.1	40439	43433	13035				17378	0	173786
H.E0.02 Skladiste / Lage	15.0	1479.6	15102	12214	57106				69319	0	69319
H.E0.03 Elektro soba	15.0	10.50	654	654	222				876	0	876
Nicht genutzt Nicht genut	15.0	1.63	11	-160	27				-133	0	-133
U.E0.01 Portir	20.0	22.00	926	958	427				1385	0	1385
U.E0.02 Ulazni prostor	18.0	14.42	667	664	264				928	0	928
U.E0.03 Hodnik	18.0	24.14	40	273	443				716	0	716
U.E0.04 Glavno stubiste	15.0	21.77	395	156	364				520	0	520
U.E0.05.A Sanitarije EG_	20.0	12.06	177	390	234				624	0	624
U.E0.07 GRO	15.0	10.26	75	-60	171				112	0	112
U.E0.08 TEL	15.0	4.96	5	-44	83				39	0	39
U.E0.09 Centralna baterij	15.0	5.00	230	205	84				288	0	288
U.E0.10 Spremiste	18.0	9.99	86	187	183				371	0	371
U.E0.11 Toplinska stanic	15.0	23.83	485	412	398				810	0	810
U.E0.12 Hodnik	18.0	60.48	538	409	970				1380	0	1380
U.E0.13 Muska garderob	20.0	31.59	576	619	527				1146	0	1146
U.E0.18 Sanitarije Z EG_	20.0	16.10	208	319	313				632	0	632
U.E0.21 Zenska gardero	20.0	31.62	612	655	614				1269	0	1269
U.E0.26 Sanitarije M E...	20.0	16.10	209	316	313				629	0	629
U.E0.29 Društvena pro...	20.0	33.88	868	914	565				1479	0	1479
U.E0.30 Stubiste	15.0	14.30	341	147	226				373	0	373
U.E0.31 Voditelj smjene	20.0	23.24	302	565	451				1016	0	1016
U.E0.33 Sprinkler stanic	15.0	21.00	266	99	351				450	0	450
U.E0.34 Spremiste laka	15.0	42.00	344	234	701				936	0	936
U.E0.35 Spremiste ljepila	15.0	42.00	520	422	701				1124	0	1124
Office 6	20.0	12.11	332	346	235				581	0	581
Kitchenette	20.0	20.32	1108	1177	395				1572	0	1572
Sanitarije	20.0	12.06	237	511	703				1213	0	1213
Office 3	20.0	12.69	342	360	246				606	0	606
Bigger office	20.0	16.32	331	438	951				1389	0	1389
Kompressor	15.0	45.64	604	458	3097				3554	0	3554
Stubiste	15.0	14.30	556	556	716				1273	0	1273
Office 2	20.0	12.81	342	361	249				609	0	609
Office 1	20.0	12.81	530	549	212				761	0	761
Bigger open space office	20.0	35.52	935	1033	2069				3102	0	3102
Elektro room	15.0	10.20	124	-69	341				272	0	272
Office 5	20.0	12.11	332	350	235				585	0	585
Office 4	20.0	12.00	332	434	233				667	0	667
Lager 1	15.0	42.00	725	614	712				1327	0	1327
Glavno stubiste	15.0	21.77	401	186	329				516	0	516
Bigger meeting room	20.0	35.36	1445	1460	2060				3521	0	3521
Lager 2	15.0	42.00	546	435	712				1147	0	1147
Hodnik	18.0	50.00	401	519	917				1435	0	1435
Σ		5280.67	73698		21050				28420	0	284205

Tablica 1. Proračunski gubici topline svih prostorija

Na slici 19 je prikazan proračun gubitaka topline prostorije *otvoreni ured* (eng. Bigger open space office), koja se nalazi na prvom katu građevine, pomoću programskog rješenja koje nudi Revit. *Otvoreni ured* je prostorija dužine 10 m, širine 3,55 m i visine 3,2 m, namijenjena za održavanje manjih sastanaka. Naime, postupak dobivanja proračuna gubitaka topline jedne prostorije je isti kao i za dobivanje proračuna gubitka topline cijelog modela. Također, moguće je uvoziti informacije vezane za proračune toplinskih gubitaka iz drugih aplikacija u Revit u gbXML formatu.



Slika 19. Proračunski gubitak topline za otvoreni ured

3.2.1.4. Provjera programsko rješenja

Slijedi usporedba rezultat toplinskog gubitka jedne prostorije, izračunato korištenjem računalnog programa Excel. Proveden je proračun *otvorenog ureda* na prvom katu građevine, prikazan u tablici 2. Građevinski dijelovi prikazani u tablici 2 su objašnjeni u tablici 3.

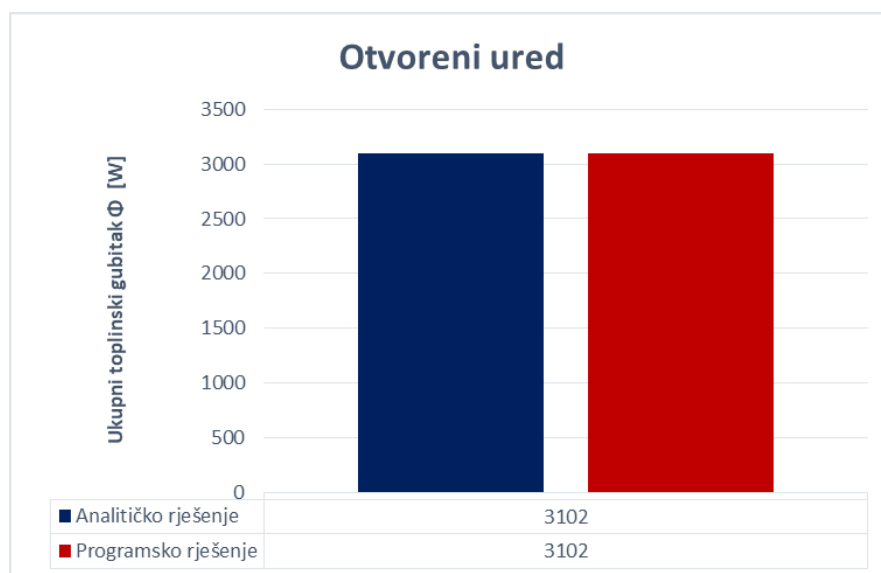
	Građevinski dio	Broj dijelova	Širina	Dužina/Visina	Površina	Višak površine	Neto površina	Korekcijski faktor	Granična temperatura	U - Koeficijent	Ispravnost vrijednosti toplinskih mostova	Korigirani U - Koeficijent	Koeficijent gubitka topline	Razlika temperatura	Gubitak topline
		n	l	b/h	A	A'	A _{netto}	e/b _u	θ		U, ΔU _{wb}	U _{equiv}	H _T		Φ _T
			m	m	m ²	m ²	m ²		°C		W/m ² K		W/K		W
Br.	Gubici prema okolini														
1	UZ (JI)	1	5,17	3,20	16,544		16,54	0,14	15,00	1,00		1,00	2,32	35,70	83
2	PR (SZ)	1	1,80	1,60	2,88		2,88	1,00	-15,70	1,50	0,40	1,90	5,47	35,70	195
3	PR (SZ)	1	1,80	1,60	2,88		2,88	1,00	-15,70	1,50	0,40	1,90	5,47	35,70	195
4	VZ (SZ)	1	5,24	3,20	16,768	5,76	11,01	1,00	-15,70	0,25	0,00	0,25	2,75	35,70	98
5	KR	1	35,50	1,00	35,5		35,50	1,00	-15,70	0,19	0,00	0,19	6,75	35,70	241
6	VZ (JZ)	1	7,20	3,20	23,04		23,04	1,00	-15,70	0,25	0,00	0,25	5,76	35,70	206
7	VR (SI)	1	1,00	2,10	2,1		2,10	0,06	18,00	1,50		1,50	0,18	35,70	6
8	UZ (SI)	1	1,96	3,20	6,272	2,1	4,17	0,06	18,00	1,00		1,00	0,23	35,70	8
9	UZ (SI)	1	5,24	3,20	16,768		16,77	0,00	20,00	1,00		1,00	0,00	35,70	0
													28,93		1033
													Transmisijski gubici ukupno [W]:		1033
													Ventilacijski gubici [W]:		2069
													UKUPNI GUBICI [W]:		3102

Tablica 2. Analitički proračun toplinskog gubitka za otvoreni ured

PD - Pod na tlu	SZ - Sjeverozapad
KR - Krov	SI - Sjeveroistok
PR - Prozor	JZ - Jugoizapad
VZ - Vanjski zid	Jl - Jugoistok
UZ - Unutarnji zid	
VR - Vrata	
MK - Međukatna konstrukcija	

Tablica 3. Građevinski dio

Usporedba ukupnog toplinskog gubitka dobivenog analitičkim proračunom i dobivenog programskim rješenjem, može se grafički vidjeti na slici 20. U dobivenim rezultatima nema odstupanja te je moguće koristiti programsko rješenje dalje u projektiranju.



Slika 20. Grafički prikaz rezultata

3.2.2. Toplinski učinak i dimenzioniranje radijatora

Proračun toplinskog učinka radijatora za ostale temperaturne režime provodi se prema normi EN 442, a jednadžba glasi

$$\Phi = \Phi_n \cdot \left[\frac{\Delta t}{\Delta t_n} \right]^n \quad (15)$$

Veličine koje se javljaju u jednadžbi (15) jesu

Φ - toplinski učinak radijatora [W],

Φ_n - normni projektni toplinski učinak radijatora [W],

Δt - logaritamska razlika temperatura [K],

Δt_n - logaritamska razlika temperatura izračunata za temperaturni režim 70/50/20 °C,

n - eksponent ogrjevnog tijela.

Logaritamska razlika temperatura Δt određuje se prema izrazu

$$\Delta t = \frac{t_z - t_p}{\ln((t_z - t_i) / (t_p - t_i))}, \quad (16)$$

uz veličine

t_z - temperatura polazne vode [°C],

t_p - temperatura povratne vode [°C],

t_i - sobna temperatura [°C].

Proračun toplinskog učinka i dimenzioniranje radijatora provedeno je za prostoriju *otvoreni ured* primjenom Solar Computera, koji povlači podatke preko gbXML formata iz Revita. Nakon što Solar Computre povuče podatke, odabire se norma EN 442. Temeljem maksimalnog toplinskog gubitka prostorije Solar Computer odabir radijatora. Dimenziju radijatora odabire preko polazne i povratne temperature i temperature u prostoriji. Na slici 21 prikazan je potreban broj radijatora sa svojim dimenzijama u odabranoj prostoriji pri temperaturnom režimu 70/50/20 °C i potrebnom snagom radijatora.

● Raumdaten bearbeiten ×

Raum

Raumnummer:

Bezeichnung:

Raumtemperatur

Auslegungs-Innentemperatur: °C

Raumdaten

Heizlast: W

Abzugsleistung: W

Soll-Leistung: W

Aufheizreserve: W

Raumergebnisse

Ist-Leistung: W

Ist-Aufheizreserve: W

n	Φ_{HK} W	Φ_{RH} W	Typ	BT mm	BH mm	BL mm	ML %	T _v °C	T _r °C	$\Phi_{HK,eff}$ W	Strahlung	Fallluft
1	1551	0	22K	105	600	1400	0	70.0	50.0	1749	--	--
1	1551	0	22K	105	600	1400	0	70.0	50.0	1749	--	--

Neu Ändern Kopieren Löschen

Produktdaten

Hersteller / Version:

Produktgruppe:

Produkt:

Produktspezifikationen:

Heizkörperergebnisse

Berücksichtigung der Aufheizreserve

Massenstrom: kg/h

reale Rücklauftemperatur: °C

Wasserinhalt: l

Heizkörpergewicht: kg

Slika 21. Prikaz dobivenih parametara radijatora u Solaru

3.2.2.1. *Provjera programskog rješenja toplinskog učinka i dimenzioniranja radijatora*

Provjera toplinskog učinka i dimenzioniranje radijatora korištenjem Excel-a, prikazana je tablicom 4. U dobivenim rezultatima toplinskog učinka i dimenzioniranja radijatora za prostoriju „otvoreni ured“ nema odstupanja te je moguće koristiti programsko rješenje dalje u projektiranju.

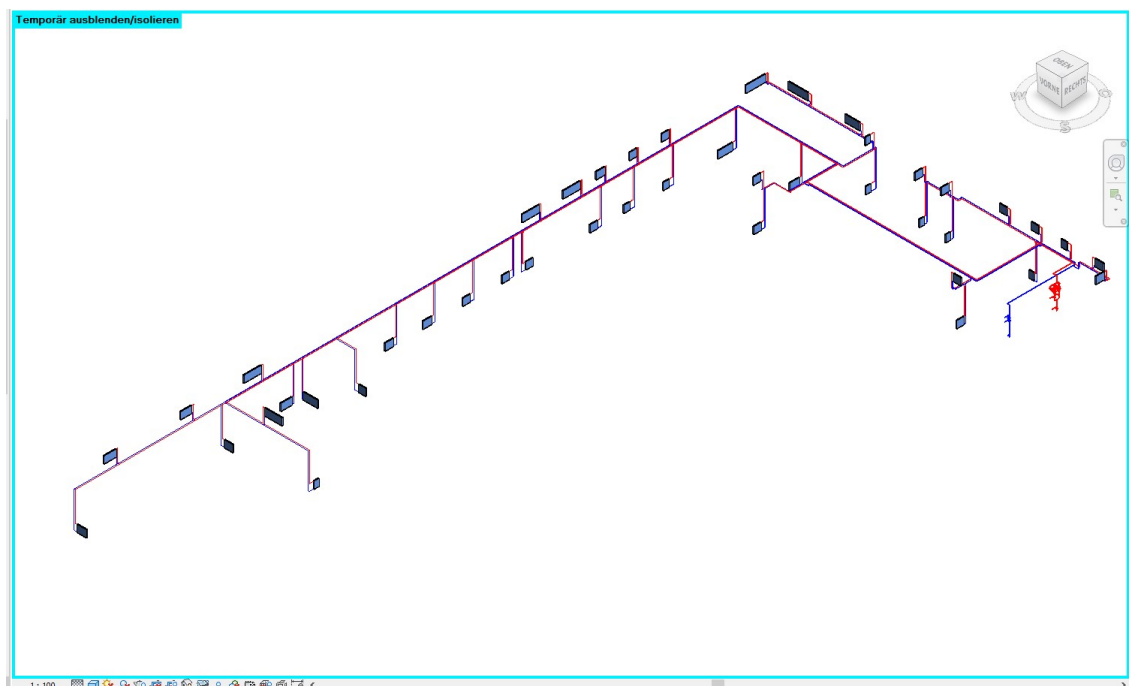
	Temperatura prostorije	Proračunski gubici topline prostorije	Broj komada radijatora	Toplinski učinak radijatora	Tip radijatora	Dimenzija radijatora
Broj prostorije	θ	Φ_{hl}		Φ		a x b x c
	°C	W		W		m x m x m
U.E0.01 Portir	20.0	1385	1	1430	Pločasti	1200x600x100
U.E0.02 Ulazni prostor	18.0	928	1	1019	Pločasti	800x600x100
U.E0.03 Hodnik	18.0	716	1	764	Pločasti	600x600x100
U.E0.04 Glavno stubiste	15.0	520	1	560	Pločasti	400x600x100
U.E0.05.A Sanitarije EG_	20.0	624	2	477	Pločasti	400x600x100
U.E0.10 Spremiste	18.0	371	1	510	Pločasti	400x600x100
U.E0.12 Hodnik	18.0	1380	2	764	Pločasti	600x600x100
U.E0.13 Muska garderob	20.0	1146	2	637	Pločasti	500x600x100
U.E0.18 Sanitarije Z EG_	20.0	632	1	764	Pločasti	600x600x100
U.E0.21 Zenska gardero	20.0	1269	2	764	Pločasti	600x600x100
U.E0.26 Sanitarije M E...	20.0	629	1	764	Pločasti	600x600x100
U.E0.29 Društvena pro...	20.0	1479	2	892	Pločasti	700x600x100
U.E0.30 Stubiste	15.0	373	1	1679	Pločasti	1200x600x100
Stubiste	15.0	1273				
U.E0.31 Voditelj smjene	20.0	1016	1	1073	Pločasti	900x600x100
U.E0.33 Sprinkler stanic	15.0	450	1	630	Pločasti	450x600x100
U.E0.34 Spremiste laka	15.0	936	1	980	Pločasti	700x600x100
U.E0.35 Spremiste ljepila	15.0	1124	1	1119	Pločasti	800x600x100
Office 6	20.0	581	1	596	Pločasti	500x600x100
Kitchenette	20.0	1572	2	834	Pločasti	700x600x100
Sanitarije	20.0	1213	2	715	Pločasti	600x600x100
Office 3	20.0	606	1	715	Pločasti	600x600x100
Bigger office	20.0	1389	1	1430	Pločasti	1200x600x100
Kompressor	15.0	3554	2	1959	Pločasti	1400x600x100
Office 2	20.0	609	1	715	Pločasti	600x600x100
Office 1	20.0	761	1	834	Pločasti	700x600x100
Bigger open space office	20.0	3102	2	1669	Pločasti	1400x600x100
Office 5	20.0	585	1	715	Pločasti	600x600x100
Office 4	20.0	667	1	715	Pločasti	600x600x100
Lager 1	15.0	1327	1	1399	Pločasti	1000x600x100
Glavno stubiste	15.0	516	1	560	Pločasti	400x600x100
Bigger meeting room	20.0	3521	2	1907	Pločasti	1600x600x100
Lager 2	15.0	1147	1	1259	Pločasti	900x600x100
Hodnik	18.0	1435	2	764	Pločasti	600x600x100

Tablica 4. Toplinski učinak i dimenzioniranje radijatora

3.2.3. Proračun pada tlaka za kritičnu dionicu

Za izradu cijevnih razvoda i priključnih cjevovoda predviđene su čelične bešavne cijevi. Sustav se podijeli u dionice tako da su protoci u tim dijelovima cjevovoda konstantni. Nakon svakog spoja ili grananja treba označiti novi dionicu/odsječak budući da se protok dijeli na dva ili više dijelova. Na slici 22 prikazan je kritična dionica u izometriji. Kod

sustava s dvije cijevi zagrijana voda struji prema radiatoru preko polaznog voda (crvena boja) i nakon toga se preko povratnog voda (plava boja) vraća k proizvođaču topline.



Slika 22. Prikaz kritične dionice pada tlaka u cijevnom razvodu

Ukupan pad tlaka u instalaciji određuje se prema sljedećem izrazu:

$$\Delta p_{uk} = \sum R_i \cdot L_i + \sum Z_i = \left(\sum \lambda_i \cdot \frac{l_i}{d_{u,i}} + \sum \zeta_i \right) \cdot \frac{\rho \cdot w_i^2}{2}. \quad (17)$$

Veličine koje se javljaju u gore navedenoj jednadžbi jesu:

Δp_{uk} - ukupni pad tlaka [Pa],

R_i - linijski otpor na pojedinoj dionici instalacije [Pa/m],

L_i - duljina pojedine dionice instalacije [m],

Z_i - lokalni otpori na pojedinom elementu instalacije [Pa],

λ_i - koeficijent hrapavosti cijevi pojedine dionice instalacije,

$d_{u,i}$ - unutarnji promjer cijevi pojedine dionice instalacije [m],

ζ_i - koeficijent oblika pojedinog elementa instalacije,

w_i - brzina strujanja ogrjevnog medija kroz pojedinu dionicu instalacije [m/s].

Proračun pada tlaka kritične dionice napravljen je uporabom MagiCad Piping-a. MagiCad Piping je integrirani softver u Revitu, koji nudi cjelovito BIM rješenje za precizne proračune grijanja i hlađenja, uključujući sustave odvodnje i druge specijalizirane sustave [9]. U pozadini MagiCAD povlači podatke iz tipova cijevi s njihovim parametrima te odabire najkritičniju dionicu temeljem koje izbacuje listu. Prema ilustraciji sa slike 23 prikazuje se pad tlaka polaza kritične dionice, dok se na slici 24 prikazuje pad tlaka povrata kritične dionice. Ukupni pad tlaka sa najosnovnijim informacijama prikazan je uporabom MagiCad-a na slici 25.

Projektdate Berechnung																	
Systeme:	200_H_HVL / 201_H_HRL					Flüssigkeitstyp:	Wasser										
Gesamtdurchfluss:	1.70 m³/h					Totaldruck:	13150.4 Pa										
Flüssigkeitstemperatur:	70 / 50 C					Flüssigkeitsdichte:	978 / 988.0 kg/m³										
Flüssigkeit dynam. Viskosität:	0.00040000 / 0.00055000 Pas					Flüssigkeit spez. Wärmekapazität:	4190 / 4181 J/kgK										
Netzvolumen:	189.3 l																
Berechnung Eingabewerte																	
Einregulierung Zieldruck:	Minimum																
Berechnungsergebnisse / Zuluft																	
Position	Geschoss	Knoten	Typ	Serie	Produkt	Größe	L [m]	Isolierung	P [W]	qv [m³/h]	v [m/s]	dp/L [Pa/m]	dpt [Pa]	K Faktor	pt [Pa]	einr.	Warnungen
X X	0,000_00_EG		ROHR	DIN_Stahl		32	0,1			1,70	0,43	62,9	9,3		13150,4		
	0,000_00_EG		ABSPERRVE	DIN_Stahl	4029L DN32	32				1,70			180,5		13141,1		
	0,000_00_EG		ROHR	DIN_Stahl		32	0,6			1,70	0,43	62,9	52,3		12960,6		
	0,000_00_EG		ABSPERRVE	DIN_Stahl	4029L DN32	32				1,70			180,5		12908,3		
	0,000_00_EG		ROHR	DIN_Stahl		32	0,2			1,70	0,43	62,9	13,4		12727,8		
	0,000_00_EG		REDUZIERUN	DIN_Stahl	Standard	40/32				1,70	0,43		6,0	0,065	12714,4		
	0,000_00_EG		SONSTIGE R	DIN_Stahl	TP 40-100/4	40				1,70					12708,4		Hat keine Druckverlu
	0,000_00_EG		REDUZIERUN	DIN_Stahl	Standard	40/32				1,70	0,32		9,9	0,107	12708,4		
	0,000_00_EG		ROHR	DIN_Stahl		32	0,0			1,70	0,43	62,9	0,9		12698,5		
	0,000_00_EG		SONSTIGES	DIN_Stahl	R80Y006	32 (L)				1,70			891,4		12697,7		
	0,000_00_EG		ROHR	DIN_Stahl		32	0,1			1,70	0,43	62,9	3,2		11806,3		
	0,000_00_EG		ABSPERRVE	DIN_Stahl	4029L DN32	32				1,70			180,5		11803,1		
	0,000_00_EG		ROHR	DIN_Stahl		32	0,6			1,70	0,43	62,9	35,3		11622,6		
	0,000_00_EG		BOGEN-90	DIN_Stahl	Standard	32				1,70	0,43		47,4	0,514	11587,3		
	0,000_00_EG		ROHR	DIN_Stahl	MAGI-FE-32	32	0,2			1,70	0,43	62,9	14,5		11539,9		
	0,000_00_EG		BOGEN-90	DIN_Stahl	Standard	32				1,70	0,43		47,4	0,514	11525,4		
	0,000_00_EG		ROHR	DIN_Stahl	MAGI-FE-32	32	1,5			1,70	0,43	62,9	93,7		11478,0		
	0,000_00_EG 1		ABZWEIG	DIN_Stahl	Standard	32/32				1,70	0,43		92,2	1,000	11384,3		
	0,000_00_EG		REDUZIERUN	DIN_Stahl	Standard	32/15				1,70	0,07	0,02	1,1	0,329	11292,1		

Slika 23. Pad tlaka polaza kritične dionice u cijevnom razvodu

Projektanden Berechnung																		
Systeme:		200_H_HVL / 201_H_HRL					Flüssigkeitstyp:		Wasser									
Gesamtdurchfluss:		1.70 m³/h					Totaldruck:		13150.4 Pa									
Flüssigkeitstemperatur:		70 / 50 C					Flüssigkeitsdichte:		978 / 988.0 kg/m³									
Flüssigkeit dynam. Viskosität:		0.00040000 / 0.00055000 Pas					Flüssigkeit spez. Wärmekapazität:		4190 / 4181 J/kgK									
Netzvolumen:		189.3 l																
Berechnung Eingabewerte																		
Einregulierung Zieldruck:		Minimum																
Berechnungsergebnisse / Rücklauf																		
Position	Geschoss	Knoten	Typ	Serie	Produkt	Größe	L [m]	Isolierung	P [W]	qv [m³/h]	v [m/s]	dp/L [Pa/m]	dpt [Pa]	K Faktor	pt [Pa]	einr.	Warnungen	
X	0,000_00_EG		ROHR	DIN_Stahl		32	1,2			1,70	0,43	66,5	77,2		0,0			
	0,000_00_EG		ABSPERRVE	DIN_Stahl	4029L DN32	32				1,70			180,5		77,2			
	0,000_00_EG		ROHR	DIN_Stahl		32	0,0			1,70	0,43	66,5	3,1		257,7			
	0,000_00_EG		SONSTIGER	DIN_Stahl	AT-4029B-32	32				1,70			396,2		260,8			
	0,000_00_EG		ROHR	DIN_Stahl		32	0,1			1,70	0,43	66,5	3,8		656,9			
	0,000_00_EG		ABSPERRVE	DIN_Stahl	4029L DN32	32				1,70			180,5		660,7			
	0,000_00_EG		ROHR	DIN_Stahl		32	0,8			1,70	0,43	66,5	53,1		841,2			
	0,000_00_EG		BOGEN-90	DIN_Stahl	Standard	32				1,70	0,43		47,9	0.514	894,3			
	0,000_00_EG		ROHR	DIN_Stahl	MAGI-FE-32	32	0,1			1,70	0,43	66,5	7,4		942,2			
	0,000_00_EG		BOGEN-90	DIN_Stahl	Standard	32				1,70	0,43		47,9	0.514	949,5			
	0,000_00_EG		ROHR	DIN_Stahl	MAGI-FE-32	32	5,3			1,70	0,43	66,5	351,2		997,4			
	0,000_00_EG	87		ABZWEIG	DIN_Stahl	Standard	32/15			1,70	0,43				1348,7			
	0,000_00_EG			ROHR	DIN_Stahl	MAGI-FE-15	15	0,4			0,07	0,08	9,1	3,6		1348,7		
	3500,000_01			BOGEN-90	DIN_Stahl	Standard	15				0,07	0,08		1,6	0.499	1352,3		
	3500,000_01			ROHR	DIN_Stahl	MAGI-FE-15	15	0,5			0,07	0,08	9,1	4,1		1353,9		
	3500,000_01			BOGEN-90	DIN_Stahl	Standard	15				0,07	0,08		1,6	0.499	1358,0		
	3500,000_01			ROHR	DIN_Stahl	MAGI-FE-15	15	1,0			0,07	0,08	9,1	9,2		1359,6		
	3500,000_01	88		ABZWEIG	DIN_Stahl	Standard	15/15				0,07	0,08		0,9	0.286	1368,9		
	3500,000_01			ROHR	DIN_Stahl	MAGI-FE-15	15	0,0			0,03	0,04	2,4	0,0		1369,8		

Slika 24. Pad tlaka povrata kritične dionice u cijevnom razvodu

Projektanden Berechnung																
Systeme:		200_H_HVL / 201_H_HRL					Flüssigkeitstyp:		Wasser							
Gesamtdurchfluss:		1.70 m³/h					Totaldruck:		13150.4 Pa							
Flüssigkeitstemperatur:		70 / 50 C					Flüssigkeitsdichte:		978 / 988.0 kg/m³							
Flüssigkeit dynam. Viskosität:		0.00040000 / 0.00055000 Pas					Flüssigkeit spez. Wärmekapazität:		4190 / 4181 J/kgK							
Netzvolumen:		189.3 l														

Slika 25. Ukupni pad tlaka

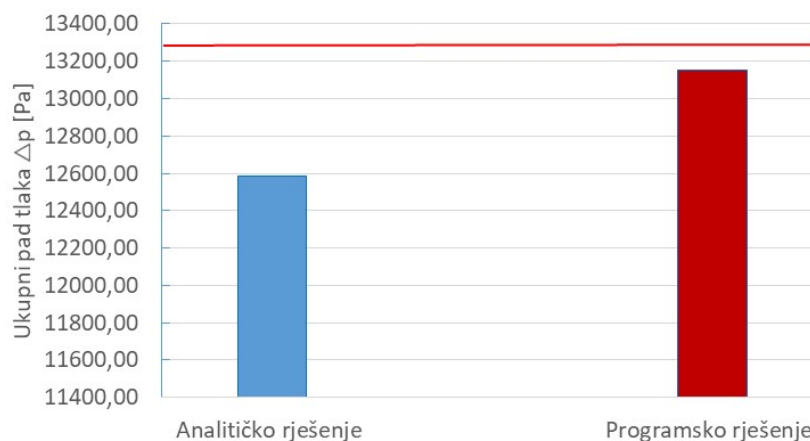
3.3.1.3. Provjera programskog rješenja ukupnog pada tlaka cijevnog razvoda

Rezultati analitičkog proračuna ukupnog pada tlaka cijevnog razvoda prikazani su tablicom 5.

Dionica br.	Volumni protok zraka V m ³ /h	Veličina kanala (a x b ili φ) mm	Površina poprečnog presjeka kanala A m ²	Brzina strujanja zraka w m/s	Duljina dionice l m	Linijski otpor R Pa/m	R x l Pa	ζ	Gustoća ρ kg/m ³	Lokalni otpor Z Pa	Ukupni pad tlaka Δp Pa
1	0,0492	17,3	0,0002351	0,058	12,4	5,0	62,0	2,00	983,2	3,3	65,3
2	0,1073	17,3	0,0002351	0,127	12,4	19,0	235,6	1,40	983,2	11,1	246,7
3	0,1574	17,3	0,0002351	0,186	4,5	37,0	166,5	1,03	983,2	17,5	184,0
4	0,1984	17,3	0,0002351	0,234	0,6	56,0	33,6	1,33	983,2	35,9	69,5
5	0,2959	22,3	0,0003906	0,210	5,9	33,1	195,5	1,10	983,2	24,0	219,5
6	0,3736	22,3	0,0003906	0,266	5	51,0	255,0	2,00	983,2	69,4	324,4
7	0,4181	22,3	0,0003906	0,297	1,3	62,0	80,6	1,00	983,2	43,5	124,1
8	0,4901	22,3	0,0003906	0,349	5,4	82,6	446,2	1,00	983,2	59,7	505,9
9	0,5203	22,3	0,0003906	0,370	9,6	92,2	885,1	1,20	983,2	80,8	965,9
10	0,5527	28,5	0,0006379	0,241	6	66,0	396,0	1,20	983,2	34,2	430,2
11	0,585	28,5	0,0006379	0,255	6,2	34,2	212,0	1,00	983,2	31,9	243,9
12	0,6128	28,5	0,0006379	0,267	6,2	37,2	230,6	1,00	983,2	35,0	265,6
13	0,6406	28,5	0,0006379	0,279	1,4	40,3	56,4	1,00	983,2	38,3	94,7
14	0,6681	28,5	0,0006379	0,291	2,8	43,5	121,7	1,00	983,2	41,6	163,3
15	0,736	28,5	0,0006379	0,320	6,6	52,0	343,2	1,00	983,2	50,5	393,7
16	0,8038	28,5	0,0006379	0,350	3	62,0	186,0	1,00	983,2	60,2	246,2
17	0,8315	28,5	0,0006379	0,362	0,6	66,0	39,6	1,00	983,2	64,4	104,0
18	0,8648	28,5	0,0006379	0,377	4,4	70,0	308,0	1,00	983,2	69,7	377,7
19	0,8899	28,5	0,0006379	0,388	0,4	73,4	29,4	1,00	983,2	73,8	103,2
20	0,9165	28,5	0,0006379	0,399	5	77,5	387,5	1,00	983,2	78,3	465,8
21	0,943	28,5	0,0006379	0,411	0,4	83,0	33,2	1,00	983,2	82,9	116,1
22	0,9681	28,5	0,0006379	0,422	10	86,0	860,0	1,00	983,2	87,4	947,4
23	1,0287	28,5	0,0006379	0,448	10,4	96,0	998,4	3,52	983,2	347,2	1345,6
24	1,0693	37,2	0,0010868	0,273	5,7	28,0	159,6	1,00	983,2	36,7	196,3
25	1,3295	37,2	0,0010868	0,340	5,1	41,2	210,1	4,50	983,2	255,4	465,6
26	1,3911	37,2	0,0010868	0,356	27	45,0	1215,0	3,60	983,2	223,7	1438,7
27	1,4538	37,2	0,0010868	0,372	11,2	49,0	548,8	3,60	983,2	244,3	793,1
28	1,6052	37,2	0,0010868	0,410	4,5	58,2	261,9	2,00	983,2	165,5	427,4
29	1,6307	37,2	0,0010868	0,417	0,64	60,0	38,4	2,03	983,2	173,4	211,8
30	1,6995	37,2	0,0010868	0,434	11,08	64,7	716,9	3,60	983,2	333,9	1050,8
											12586,5

Tablica 5. Ukupan pad tlaka cijevnog razvoda

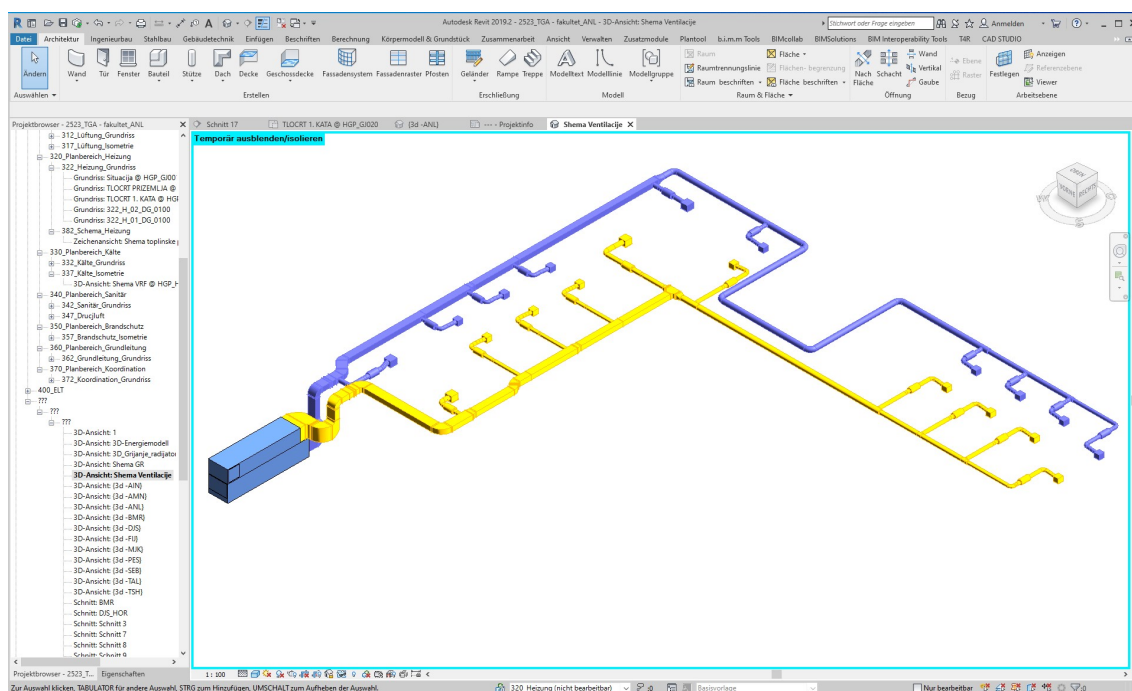
Usporedbom ukupnog pada tlaka u cijevnom razvodu dobivenog analitičkim proračunom i dobivenog programskim rješenjem, grafički prikazana na slici 26, može se vidjeti dopuštena razlika u odstupanju. Ova odstupanja od 4,48 % su zanemariva, jer su niža od inženjerski prihvatljive granice od 5 % do 7 %, te je moguće koristiti programska rješenja na modelu.



Slika 26. Grafički prikaz odstupanja ukupnog pada tlaka u cijevnom razvodu

3.3. Ventilacija

Proces ventilacije u objektu je izmjena unutarnjeg onečišćenog zraka s vanjskim svježim zrakom. Ventilacijski zrak se koristi za ostvarivanje propisane kvalitete zraka u ventiliranim prostorijama. Sustavi dovoda i odvoda zraka planirani su s povratom topline i varijabilnim kontrolom okretanja s pretvarače frekvencije. U ventilacijskim kanalima potrebno je pridržavati se dolje navedenih maksimalnih brzina kod dimenzioniranja, kako bi se s jedne strane spriječio razvoj buke, a s druge omogućio što manji gubitak tlaka (ispod 1 Pa/m). Ventilostrojarnica i glavni razvod: $w = \max. 5,5 \text{ m/s}$, usponska okna: $w = \max. 5,5 \text{ m/s}$, kanali na katovima: $w = \max. 4,5 \text{ do } 5,0 \text{ m/s}$. Kanali su predviđeni od pocinčanog čeličnog lima. Utvrđivanje potrebne količine protoka zraka u prostoriji sukladno normi DIN EN 15251. Na slici 27 prikazana je shema ventilacije projektnog zadatka u Revitu, gdje ljubičasta boja predstavlja kanalni razvod dobave zraka, a žuta kanalni razvod odsisa zraka.



Slika 27. Prikaz sheme ventilacije projektnog zadatka u Revitu

3.3.1. Proračun potrebne količine zraka za ventilaciju

Ubacivanjem distributora u prostorije, tijekom rada na modelu u Revitu, prikaže se lista sa ukupnom količinom zraka za pojedine prostorije sa odabranim parametrima poput površine, volumena, broj osoba itd. Potrebna količina zraka za ventilaciju je prikazana u tablici 6.

Naziv prostorije	Površina	Volumen	Stvarni protok dovodnog zrak	Stvarni protok ispušnog zraka	Broj osoba	Izmjena zraka u prostoriji	Količina zraka po osobi
	m ²	m ³	m ³ /h	m ³ /h		h ⁻¹	m ³ /h
Bigger meeting room	35	98,7	300	300	12	3,040	25
Bigger office	16	185,68	150	150	2	0,808	75
Office 5	12	33,58	150	150	2	4,467	75
Office 4	12	33,94	150	150	2	4,420	75
Office 6	12	34	150	150	2	4,412	75
Kitchenette	20	57,01	150	150	8	2,631	18,75
Office 6	13	35,52	150	150	2	4,223	75
Office 2	13	35,88	150	150	2	4,181	75
Office 1	13	35,88	150	150	2	4,181	75
Bigger open space office	36	101,43	300	300	6	2,958	50

Tablica 6. Prikaz potrebne količine zraka za ventilaciju

3.3.2. Programski proračun pada tlaka za kritičnu dionicu

Svi sustavi izvedeni su kao niskotlačne ventilacije. Za dimenzioniranje potrebno je proračunati pad tlaka u kritičnoj dionici. Proračun pada tlaka napravljen je uporabom MagiCad Ventilation-a, integriranog softvera u Revitu. MagiCad Ventilation nudi cjelovito BIM rješenje za proračune, podešavanja i optimizaciju ventilacijskog sustava uz veliki izbor ugrađenih izračuna, poput zbrajanja protoka zraka [9]. Na slici 28 prikazuje se pad tlaka dobave kanala kritične dionice, dok se na slici 29 prikazuje pad tlaka odsisa kanala kritične dionice.

Projektdata Berechnung																			
Systeme:		110 L_SUP				Gesamtdurchfluss:				1850 m³/h									
Totaldruck:		137.8 Pa																	
Berechnung Eingabewerte																			
Luftdichte:		1.20 kg/m³				Dynam. Viskosität:				0.00001813 Pas									
Min. dp Regulierklappen:		20.0 Pa				Min. dp Luftauslässe:				20.0 Pa									
Einregulierung Zieldruck:		Nach Ventilator				Außerhalb Warntoleranz dp-Bereich				0 %									
Berechnungsergebnisse / Zuluft																			
Position	Geschoss	Knoten	Typ	Serie	Produkt	Größe	L [m]	Isolierung	Qv festge [m³/h]	qv [m³/h]	v [m/s]	dpt [Pa]	K Faktor	dp/L [Pa/m]	pt [Pa]	pst [Pa]	einr.	qv [%]	Warnungen
	0,000_00	EG	Segment	DIN_18379		1060x700	0,6		1850	1850	0,7	0,0			137,8	137,5			
	0,000_00	EG	BOGEN-90	DIN_18379	Bogen-asy	700x1060			1850	1850	0,7	0,5	0,240		137,8				
	0,000_00	EG	REDUZIERU	DIN_18379	Übergang-sy	1060x25045			1850	1850	1,9	0,9	0,073		137,2				
	3400_000_01		Segment	DIN_18379		450x250	1,0		1850	1850	4,6	0,8		0,79	136,3	123,8			
	3400_000_01		BOGEN-90	DIN_18379	Bogen-symm	250x450			1850	1850	4,6	3,4	0,269		135,5				
	3400_000_01		Segment	DIN_18379	L-400-300	450x250	0,4		1850	1850	4,6	0,3		0,79	132,1	119,6			
	3400_000_01		BRANDSCH	DIN_18379	FK-EU450x2	450x250			1850	1850	4,6	6,0			131,8				
	0,000_00	EG	Segment	DIN_18379		450x250	0,0		1850	1850	4,6	0,0		0,79	125,8	113,3			
	0,000_00	EG	Segment	DIN_18379		450x250	0,3		1850	1850	4,6				125,8				
	3400_000_01	35	STUTZEN	WFR	MAGIO-CC-4	200			300	300	2,7	13,4	1,067		125,8				
	3400_000_01		Segment	WFR		200	0,4		300	300	2,7	0,2		0,52	112,4	108,2			
	3400_000_01		BOGEN-90	WFR	MAGIB-C4-4	200			300	300	2,7	1,4	0,320		112,2				
	3400_000_01		Segment	WFR		200	0,5		300	300	2,7	0,3		0,52	110,8	106,6			
	3400_000_01	2	EINREGULIE		VFLU200	200			300	300	2,7	85,8			110,6			100	
	3400_000_01		Segment	WFR	MAGID-C1-2	200	0,1		300	300	2,7	0,1		0,52	24,7	20,5			
	3400_000_01		SCHALLDAM		CF-050/200x	200			300	300	2,7				24,6				Hat keine Druckver
	3400_000_01		Segment	WFR	MAGID-C1-2	200	0,2		300	300	2,7	0,1		0,52	24,6	20,4			
	3400_000_01		Segment	Flex	MAGID-C1-2	200	0,5		300	300	2,7	0,4		0,83	24,5	20,3			
	3400_000_01	3	ZULUFT		VDW-Q-Z-H	200			300	300	2,7	24,1			24,1		0,00	100	
	0,000_00	EG	Segment	DIN_18379		450x250	0,1		1550	1550	3,8	0,0		0,57	125,2	116,4			

Slika 28. Pad tlaka dobave kanala kritične dionice ventilacijskog sustava

Projektdata Berechnung																			
Systeme:		120 L ETA				Gesamtdurchfluss:				1850 m³/h									
Totaldruck:		139.1 Pa																	
Berechnung Eingabewerte																			
Luftdichte:		1.20 kg/m³				Dynam. Viskosität:				0.00001813 Pas									
Min. dp Regulierklappen:		20.0 Pa				Min. dp Luftauslässe:				20.0 Pa									
Einregulierung Zieldruck:		Nach Ventilator				Außerhalb Warntoleranz dp-Bereich				0 %									
Berechnungsergebnisse / Abluft																			
Position	Geschoss	Knoten	Typ	Serie	Produkt	Größe	L [m]	Isolierung	Qv festge [m³/h]	qv [m³/h]	v [m/s]	dpt [Pa]	K Faktor	dp/L [Pa/m]	pt [Pa]	pst [Pa]	einr.	qv [%]	Warnungen
	3400_000_01		Segment	DIN_18379		1060x700	0,3		1850	1850	0,7	0,0			-139,1	-139,4			
	3400_000_01		BOGEN-90	DIN_18379	Bogen-asy	1060x700			1850	1850	0,7	0,7	0,449		-139,1				
	3400_000_01		Segment	DIN_18379		450x700	0,1		1850	1850	1,6	0,0		0,06	-138,4	-140,0			
	3400_000_01		BOGEN-90	DIN_18379	Bogen-symm	450x700			1850	1850	1,6	0,7	0,449		-138,4				
	3400_000_01		Segment	DIN_18379		450x700	0,0		1850	1850	1,6	0,0		0,06	-137,6	-139,2			
	3400_000_01		BOGEN-90	DIN_18379	Bogen-asy	700x450			1850	1850	1,6	3,4	0,269		-137,6				
	3400_000_01		Segment	DIN_18379		450x250	0,5		1850	1850	4,6	0,4		0,79	-134,3	-146,8			
	3400_000_01		BOGEN-90	DIN_18379	Bogen-symm	250x450			1850	1850	4,6	3,4	0,269		-133,9				
	3400_000_01		Segment	DIN_18379		450x250	0,4		1850	1850	4,6	0,3		0,79	-130,5	-143,0			
	3400_000_01		BRANDSCH	DIN_18379	FK-EU450x2	450x250			1850	1850	4,6	6,0			-130,2				
	3400_000_01		Segment	DIN_18379		450x250	0,2		1850	1850	4,6	0,1		0,79	-124,1	-136,7			
	3400_000_01		BOGEN-90	DIN_18379	Bogen-symm	450x250			1850	1850	4,6	6,7	0,537		-124,0				
	3400_000_01		Segment	DIN_18379		450x250	3,8		1850	1850	4,6	3,0		0,79	-117,3	-129,8			
	3400_000_01		BOGEN-90	DIN_18379	Bogen-symm	450x250			1850	1850	4,6	6,7	0,537		-114,2				
	3400_000_01		Segment	DIN_18379		450x250	0,8		1850	1850	4,6	0,7		0,79	-107,5	-120,0			
	3400_000_01		Segment	DIN_18379		450x250	0,3		1850	1850	4,6				-106,9				
	3400_000_01	29	STUTZEN	WFR	MAGIO-CC-4	200			300	300	2,7	2,2	0,179		-106,9				
	3400_000_01		Segment	WFR	MAGID-C1-2	200	0,1		300	300	2,7	0,0		0,52	-104,6	-108,8			
	3400_000_01	2	EINREGULIE		VFLU200	200			300	300	2,7	82,8			-104,6			100	
	3400_000_01		Segment	WFR	MAGID-C1-2	200	0,1		300	300	2,7	0,1		0,52	-21,8	-26,0			

Slika 29. Pad tlaka odsisa kanala kritične dionice ventilacijskog sustava

3.3.3. Provjera programskih rješenja

Slijedi prikaz ukupnog pada tlaka dobave i odsisa kanala kritične dionice ventilacijskog sustava dobivenog korištenjem Excela.

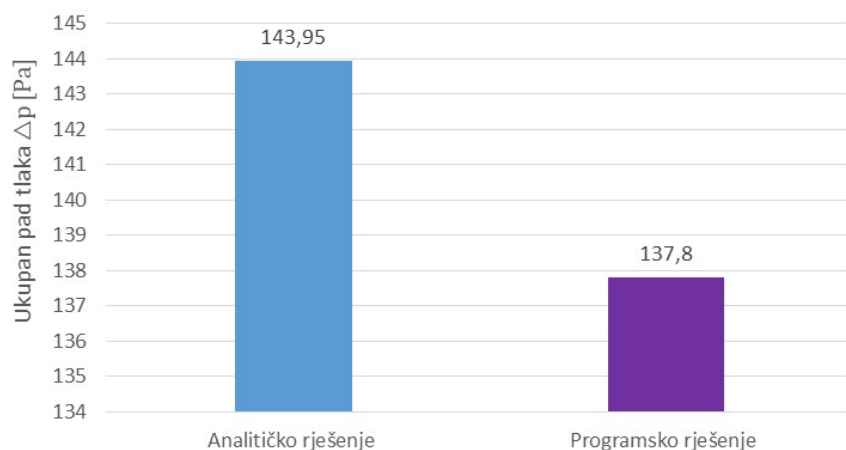
Dionica br.	Volumni protok zraka V m ³ /h	Veličina kanala (a x b ili φ) mm	Površina poprečnog presjeka kanala A m ²	Brzina strujanja zraka w m/s	Duljina dionice m	Linijski otpor R Pa/m	R x l Pa	ζ	Gustoća ρ kg/m ³	Lokalni otpor Z Pa	Ukupni pad tlaka Δp Pa
1	200	160	0,02011	2,763			34,7	0	1,2	0,00	34,70
2	200	160	0,02011	2,763	0,5	1,22	0,61	0,328	1,2	1,50	2,11
3	200	160	0,02011	2,763	3,2	0,753	2,41	0,36	1,2	1,65	4,06
4	350	200	0,03142	3,095	2,3	0,701	1,61	1,09	1,2	6,26	7,88
5	500	200	0,03142	4,421	2,20	1,350	2,97	1,074	1,2	12,59	15,57
6	650	250	0,04909	3,678	20,4	0,728	14,85	1,244	1,2	10,10	24,95
7	800	250	0,04909	4,527	5,4	1,067	5,76	1,369	1,2	16,83	22,60
8	1100	300*250	0,07500	4,074	7,95	0,788	6,27	0	1,2	0,00	6,27
9	1250	300*250	0,07500	4,630	2,54	0,998	2,53	0,005	1,2	0,06	2,59
10	1400	350*250	0,08750	4,444	2,61	0,851	2,22	0	1,2	0,00	2,22
11	1550	350*250	0,08750	4,921	4,94	1,027	5,07	0,468	1,2	6,80	11,87
12	1850	450*250	0,11250	4,568	2,34	0,793	1,85	0,582	1,2	7,29	9,14
											143,95

Tablica 7. Pad tlaka dobave kanala kritične dionice

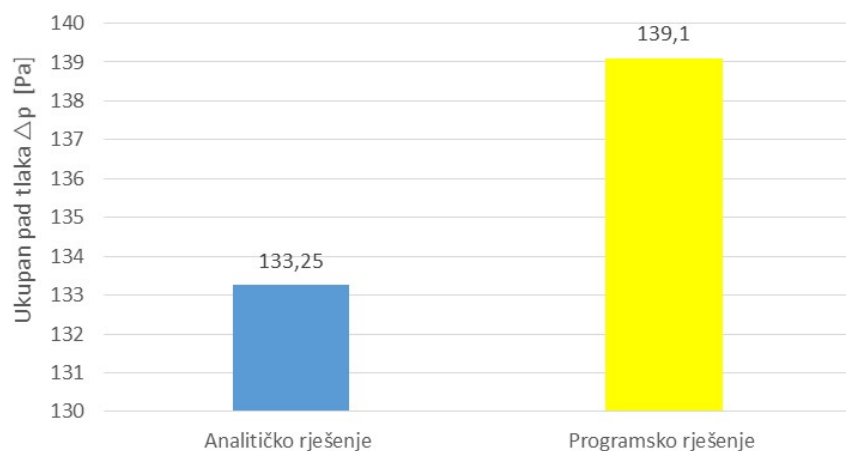
Dionica br.	Volumni protok zraka V m ³ /h	Veličina kanala (a x b ili φ) mm	Površina poprečnog presjeka kanala A m ²	Brzina strujanja zraka w m/s	Duljina dionice l m	Linijski otpor R Pa/m	R x l Pa	ζ	Gustoća ρ kg/m ³	Lokalni otpor Z Pa	Ukupni pad tlaka Δp Pa
1	200	160	0,0201	2,763			20,00	0	1,2	0,00	20,00
2	200	160	0,0201	2,763	3,8	0,98	3,72	0,86	1,2	3,94	7,66
3	200	160	0,0201	2,763			20,00	0	1,2	0,00	20,00
4	350	200	0,0314	3,095	2,3	0,69	1,59	0,35	1,2	2,01	3,60
5	500	200	0,0314	4,421	2,2	1,34	2,95	0,2	1,2	2,35	5,29
6	650	250	0,0491	3,678	10,5	0,72	7,56	0,15	1,2	1,22	8,78
7	800	250	0,0491	4,527	0,7	1,06	0,74	0	1,2	0,00	0,74
8	1100	300*250	0,0750	4,074	2,8	0,8	2,24	1,2	1,2	11,95	14,19
9	1250	300*250	0,0750	4,630	2,37	1,00	2,37	0,04	1,2	0,51	2,89
10	1400	350*250	0,0875	4,444	2,64	0,85	2,25	0	1,2	0,00	2,25
11	1550	350*250	0,0875	4,921	2,82	1,03	2,90	0,52	1,2	7,55	10,46
12	1850	450*250	0,1125	4,568	6,44	0,79	5,09	2,58	1,2	32,30	37,39
											133,25

Tablica 8. Pad tlaka odsisa kanala kritične dionice

Ukoliko se rezultati analitičkog proračuna za ukupan pad tlaka dobave i odsisa kanala ventilacijskog sustava usporede sa programskim rješenjem, moguće je uočiti prihvatljivu razliku. Odstupanja programskih rezultata u odnosu na analitičke rezultate, prikazana grafički na slici 30 i 31, iznose 4,27 % za ukupan pada tlaka dobave kanala te 4,39 % za ukupan pad tlaka odsisa kanala. Odstupanja su niža od inženjerski prihvatljive granice od 5 % do 7 %, stoga je moguće koristiti programska rješenja dalje u projektiranju.



Slika 30. Grafički prikaz ukupnog pada tlaka dobave kanala



Slika 31. Grafički prikaz ukupnog pada tlaka odsisa kanala

3.4. Odvodnja otpadnih voda

U objektu se nalaze slijedeće vrste otpadnih voda:

Sanitarna odvodnja

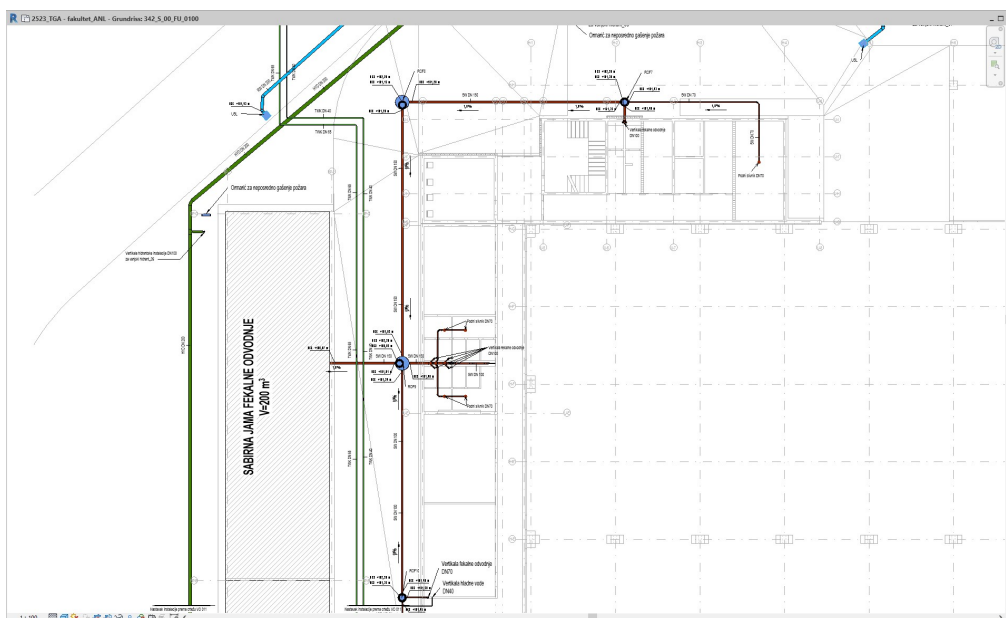
Za fekalnu odvodnju objekta izgrađene su nepropusne sabirne jame dovoljnog kapaciteta da prihvate minimalnu mjesečnu količinu sanitarnih otpadnih voda, prikazane na slici 32.

Sve cijevi su projektirane u padu i smjeru prema pravilima struke. Spojevi i revizije temeljne i vanjske kanalizacije izvedene su kontrolnim oknima. Sva kontrolna okna imaju ljevane željezne poklopce koji imaju odgovarajuću nosivost. Unutarnji razvod kanalizacije čine

niskošumne odvodne cijevi. Sve sanitarne vertikale imaju ventilaciju izvedenu na krov objekta. Svi sanitarni uređaji opremljeni su sifonima za sprečavanje širenja mirisa. Otpadne vode od rukopera smještenih unutar proizvodne hale imaju zasebnu instalaciju koja je spojena na sabirnu jamu bez preljeva.

Oborinska odvodnja

Za potrebe hale i radnog platoa oborinska odvodnja izvedena je prema pravilima struke. Odvodnja oborinske vode sa prometnica i parkirališta izvodi se preko linijskih rešetki i/ili slivnika sa taložnikom, ugrađenih u prometne površine, te se odvodi putem kolektora do koalescentnog separatora naftnih derivata, dok se oborinske vode od krova i okolnih terena odvede putem slivnika u oborinsku kanalizaciju. Oborinska odvodnja sa krova zgrade izvodi se sustavom Pluvia.



Slika 32. Prikaz fekalne odvodnje objekta

3.4.1. Proračun odvodnje otpadnih voda

Proračun odvodnje otpadnih voda provodi se programiranjem potrebnih formula prema propisanim normama u Revitu. Programiranje formula potrebno je zbog koeficijenata ovisnih o namjeni prostora. U Revitu se nalazi posebna opcija za programiranje koja mora biti

otključana od strane ovlaštene osobe prilikom nabavljanja licenci. Kako na ovom projektnom zadatku ne postoji mogućnost otključavanja te opcije radi poštivanja određenih propisa, proračun odvodnje otpadnih voda provest će se isključivo analitički.

3.4.4.1. Analitički proračun sanitarne odvodnje

Proračun sanitarne odvodnje vršen je prema normi EN 12056-2. Prema sljedećem izrazu izračunava se ukupni vršni protok sanitarne odvodnje:

$$V_s = K \cdot (\sum DU)^{0,5}. \quad (18)$$

Veličine u gornjoj jednadžbi jesu:

V_s – ukupni vršni protok mjerodavan za dimenzioniranje,

$K = 0,5$ – koeficijenti ovisni o namjeni prostora prema tablici iz norme,

DU – pojedinačni protok.

Ukupni vršni protok za cijeli objekt prikazan je u tablici 9.

Red. Br.	Element	Broj elemenata/kom	Protok (l/s)	
			DU	Ukupno
1	Umivaonik	10	0,5	5
2	WC vodokotlić	9	2	18
3	Pisoar	4	0,5	2
4	Tuš	4	0,8	3,2
5	Sudoper	2	1	2
6	Rukoperi u proizvodnom pogonu	4	1	4
Ukupno opterećenje sanitarni potrošača VD= (l/s)			6,67 l/s	
Ukupno vršni protok VS= (l/s)			4,09 l/s	

Tablica 9. Ukupni vršni protok za cijeli objekt

Ukupni vršni protok sanitarne odvodnje: $V_s = 4,09 \text{ l/s} = 14,73 \text{ m}^3/\text{h}$.

3.4.4.2. Proračun oborinske odvodnje

Količina otpadnih oborinskih voda računa se prema DIN 1986-100 i jednadžbi:

$$Q = r_{(D,r)} \cdot C \cdot A_s \cdot \frac{1}{10000}, \quad (19)$$

gdje su:

r - intenzitet oborina [l/s ha],

C - koeficijent oticanja,

A_s - slivna površina [m²].

Za krovnu podtlačnu oborinsku odvodnju se za intenzitet oborina uzima 5 minutni pljusak u 5 godina koji iznosi:

$$r_{5,5} = 315 \text{ l/s/ha}$$

Slivna površina	Koeficijent oticanja	Intenzitet oborina	Količina oborinskih voda
m ²		l/s/ha	l/s
4356	1	315	137,2

Tablica 10. Prikaz količine oborinskih voda

4. IZBOR OPREME

4.1. Odabir radijatora

Kao ogrjevna tijela u sanitarijama i u sporednim prostorijama izabrani su kompaktni pločasti čelični radijatori s bočnim priključcima sa strane i ventilom s termostatskom glavom, visine 600 mm. Za normalno funkcioniranje radijatora potrebno je osigurati sljedeće razmake (zračnosti): 3,5 cm između radijatora i zida, 10 do 14 cm slobodne visine između radijatora i poda, te 15 cm slobodnog prostora iznad radijatora. Na osnovu izračunatih gubitaka topline za prostoriju „otvoreni ured“ s temperaturom zraka od 20 °C odabrana su dva radijatora odgovarajuće dužine u iznosu od 1400 mm, visine 600 mm i širine u iznosu od 100 mm, koji zadovoljavaju potrebnu ukupnu snagu prostorije od 3102 W. Izabrani su kompaktni pločasti čelični radijatori europskog proizvođača *VOGEL&NOOT* kojim se dobiva prosječna ušteda energije od 15%, prikazani na slici 33. Postupak je isti i za ostale prostorije.

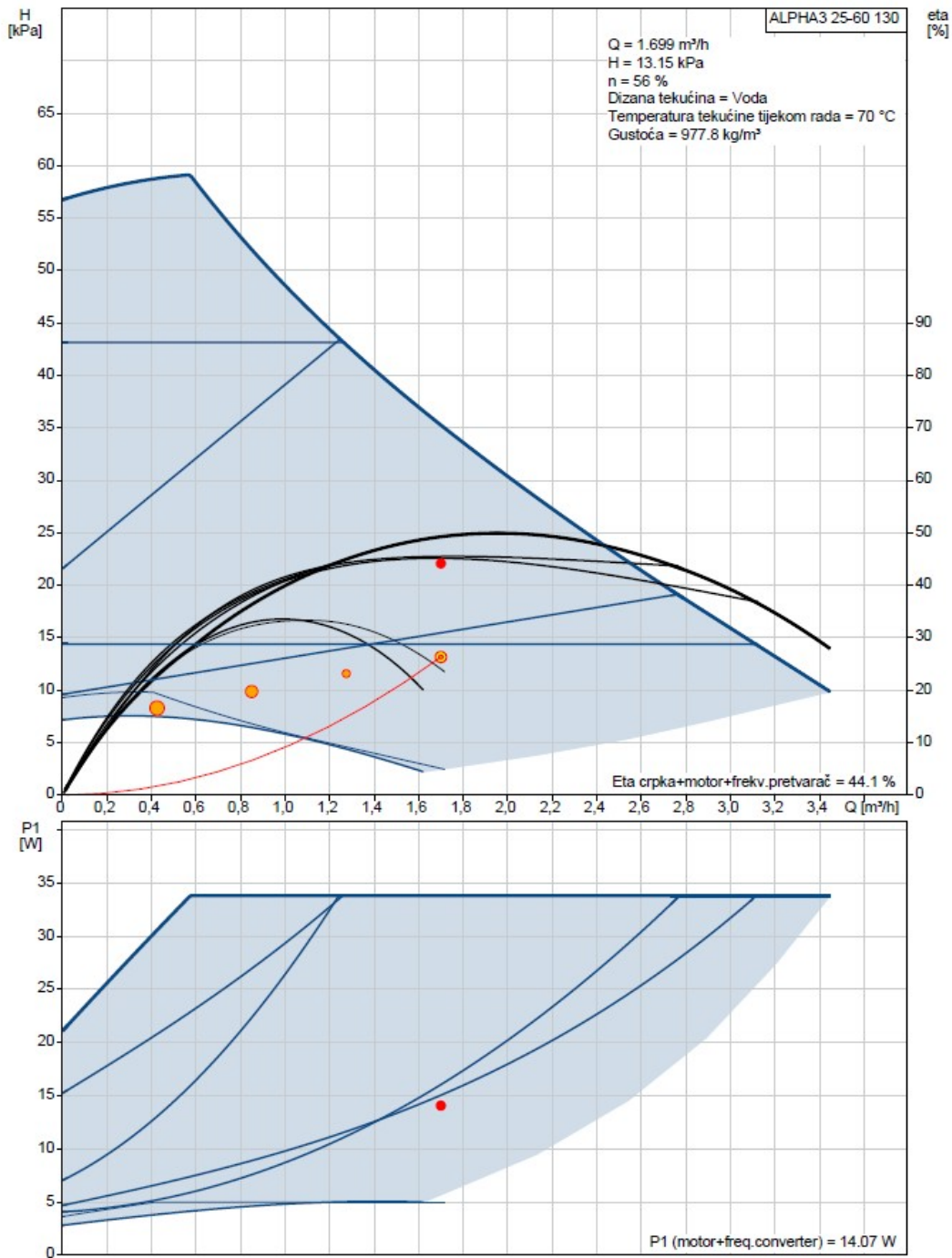


Slika 33. Kompaktni pločasti radijator

4.2. Odabir pumpe

Proračunom cijevnog razvoda određen je pad tlaka kritične dionice koji iznosi 13,15 kPa uz volumenski protok od 1,699 m³/h temeljem kojeg je odabrana pumpa proizvođača Grundfos, tip *ALPHA3 25-60 130*. Na slici 34 prikazana je odabrana pumpa kruga radijatorskog grijanja. Područje ispunjeno plavom bojom prikazuje radno područje pumpe, a

crvena krivulja vodi do radne točke pumpe, dok je krivulja snage pumpe prikazana ispod.



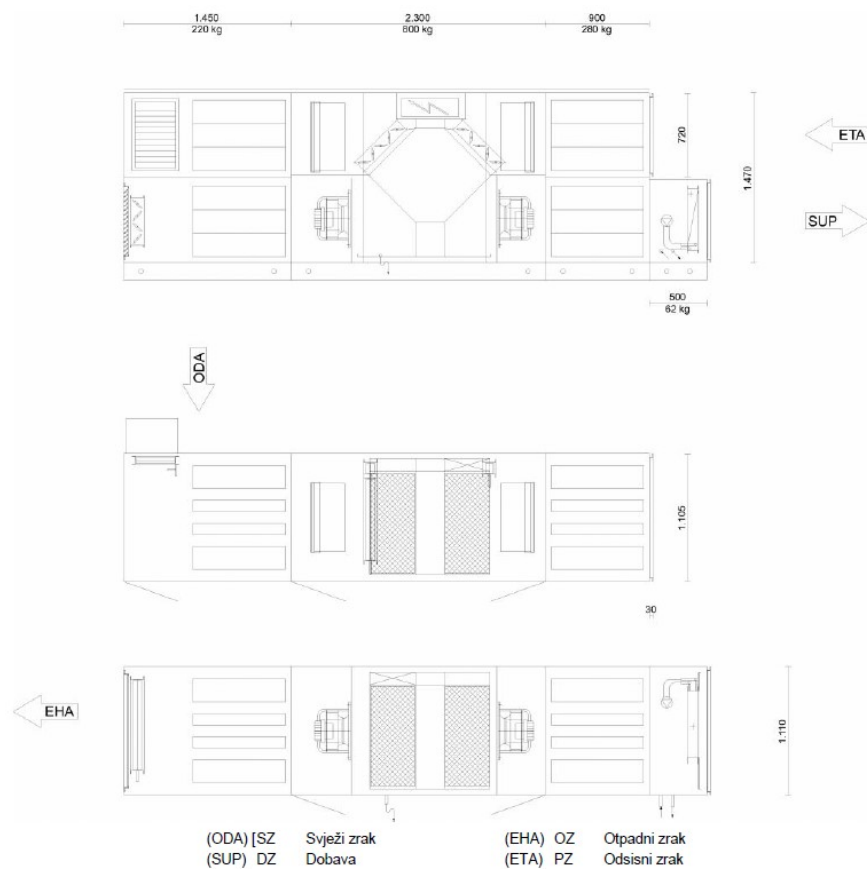
Slika 34. Odabir pumpe za krug radijatorskog grijanja

4.3. Odabir klima komore

Prema izračunatim ventilacijskim zahtjevima u iznosu od 1850 m³/h zraka, odabire se klima komora za pripremu zraka proizvođača ProKlima, tip *ProkPakt KEK 3-M-DV50P-S*. Njene specifikacije su prikazane u tablici 11, dok slika 35 prikazuje shemu sa pozicijama elemenata koje sadrži klima komora, a to su: filteri, prigušivači zvuka, eliminator kapljica, rekuperatori, ventilatori i izmjenjivač.

Protok [m ³ /h]	1850
Nazivna ulazna snaga [kW]	2,3
Masa [kg]	1362
Eksterni pad tlak [Pa]	250
Razina buke na 1m [dB]	19
Temperaturna učinkovitost [%]	86,3
Energetska učinkovitost	A+

Tablica 11. Specifikacije klima komore za pripremu zraka



Slika 35. Shema klima komore sa pozicijama elemenata

5. ZAKLJUČAK

Modeliranje informacija o građevinama (BIM) sa svojim programskim alatima sve se intenzivnije primjenjuje pri razvoju građevinskih projektnih rješenja, zbog mogućnosti oblikovanja, izvođenja te održavanja građevine tijekom cijelog uporabnog vijeka. Štoviše, BIM metodologija omogućuje postizanje održavanja modela nakon izgradnje zbog mogućnosti istovremenog rada projektnih timova na modelu te dijeljenja i pohranjivanja informacija u centralnoj bazi podatka. Shodno tome, pristup točnim informacijama modela omogućuje projektnim timovima pravovremeno uočavanje te eliminiranje pogrešaka u projektu, što rezultira izbjegavanjem, primjerice, kolizija tijekom faze građenja. Prilikom provedbe proračuna grijanja i ventilacije na konkretnom projektnom zadatku koristio se Revit BIM sa svojim komplementarnim programskim ekstenzijama. Kako bi se pokazala ispravnost programskih rješenja, izvršena je usporedba sa analitičkim proračunom. Prvotno je proveden proračun toplinskih gubitaka odabrane prostorije te proračun toplinskog učinka i dimenzioniranje radijatora iste prostorije u Revitu pomoću softvera Solar Computer. Osim toga, proračun pada tlaka kritične dionice napravljen je uporabom MagiCad Piping-a, integriranog softvera u Revitu. Nadalje, uporabom MagiCad Ventilation-a, proveden je proračun pada tlaka dobave i odsisa za kritičnu dionicu ventilacijskog razvoda. Nakon toga, izvršena je usporedba sa analitičkim proračunima te je usporedbom dobivenih rezultata uočeno odstupanje unutar prihvatljivih granica u inženjerstvu, na temelju čega se donio zaključak o ispravnosti uporabe programskih rješenja. Međutim, proračun odvodnje otpadnih voda provodi se programiranjem potrebnih formula prema propisanim normama u Revitu, ali zbog zaključane opcije od strane ovlaštene osobe prilikom nabavljanja licenci, proveden je isključivo analitički proračun. Nadalje, pri odabiru rješenja temeljem dobivenih rezultata, odabrani su uređaji sustava najnovijih tehnologija koji pružaju najveću razinu toplinske ugodnosti i uštede energije. Glavni rezultati uspješne primjene BIM-a su povećanje kvalitete projekata, te potpuna korekcija pogrešaka tijekom razvoja modela, što rezultira brojnim uštedama projekta.

LITERATURA

- [1] Azhar, Salman.; "Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry.", *Leadership and management in engineering* 11, no. 3 (2011): 241-252.
- [2] Povijesni razvoj BIM-a: <https://www.archdaily.com/302490/a-brief-history-of-bim>,
Pristupljeno: 8.1.2020.
- [3] Jurčević, M.; Pavlović, M.; Šolman, H.: *Opće smjernice za BIM pristup u graditeljstvu*, Hrvatska Komora inženjera građevinarstva, Zagreb, 2017.
- [4] Izobrazba o primjeni BIM-a kao podrške integriranom projektiranju:
<https://pdfs.semanticscholar.org/a256/a187cf2867f33cb5dd70e08f40b32666baaf.pdf%20%20%20UVOD%20>,
Pristupljeno: 15.1.2020.
- [5] BIM: <https://connect.bim360.autodesk.com/what-is-bim-in-construction>,
Pristupljeno: 15.1.2020.
- [6] Revit na BIM projektima: <https://www.osasoftver.com/revit/>,
Pristupljeno: 20.1.2020.
- [7] Autodesk Revit: <https://www.prior.hr/programi/autodesk-revit/>,
Pristupljeno: 20.1.2020.
- [8] Struktura Revita: <https://www.intelika.hr/proizvodi/autodesk/revit/65-revit-structure>,
Pristupljeno: 20.1.2020.
- [9] MagiCad: <https://www.magicad.com/en/>,
Pristupljeno: 4.2.2020.

PRILOZI

I. CD-R disc