

Možnosti avtomatizacije mehanskega načrtovanja v okolju BIM

# V KORAK S SVETOM

**Marin Ljuban**  
mag. ing. mech.

doc. dr. sc.

**Darko Smoljan**  
dipl. ing.

**BIM je razmeroma nov pristop k projektiranju, ki poudarek namenja celostni zasnovi vseh poklicev, vključenih v postopek, za namen ustvarjanje modela, bogatega z informacijami. V zadnjem času se trendi premikajo v smeri uporabe programiranja za namen avtomatizacije procesa projektiranja.**

Gradbeništvo je eden največjih svetovnih virov emisij toplogrednih plinov in je leta 2018 prispeval kar 39 % skupnih svetovnih emisij ogljikovega dioksida. Delež sistemov, ki se na področju mehanskega projektiranja štejejo v skupno porabo za tipično pisarniško stavbo, znaša prav tako 39 %. Poleg visoke porabe energije je tudi gradbeništvo področje s tradicionalno šibko rastjo produktivnost. Potreba po povečanju produktivnosti bo naraščala zaradi rasti svetovnega prebivalstva in podnebnih sprememb. Iz teh dejstev se

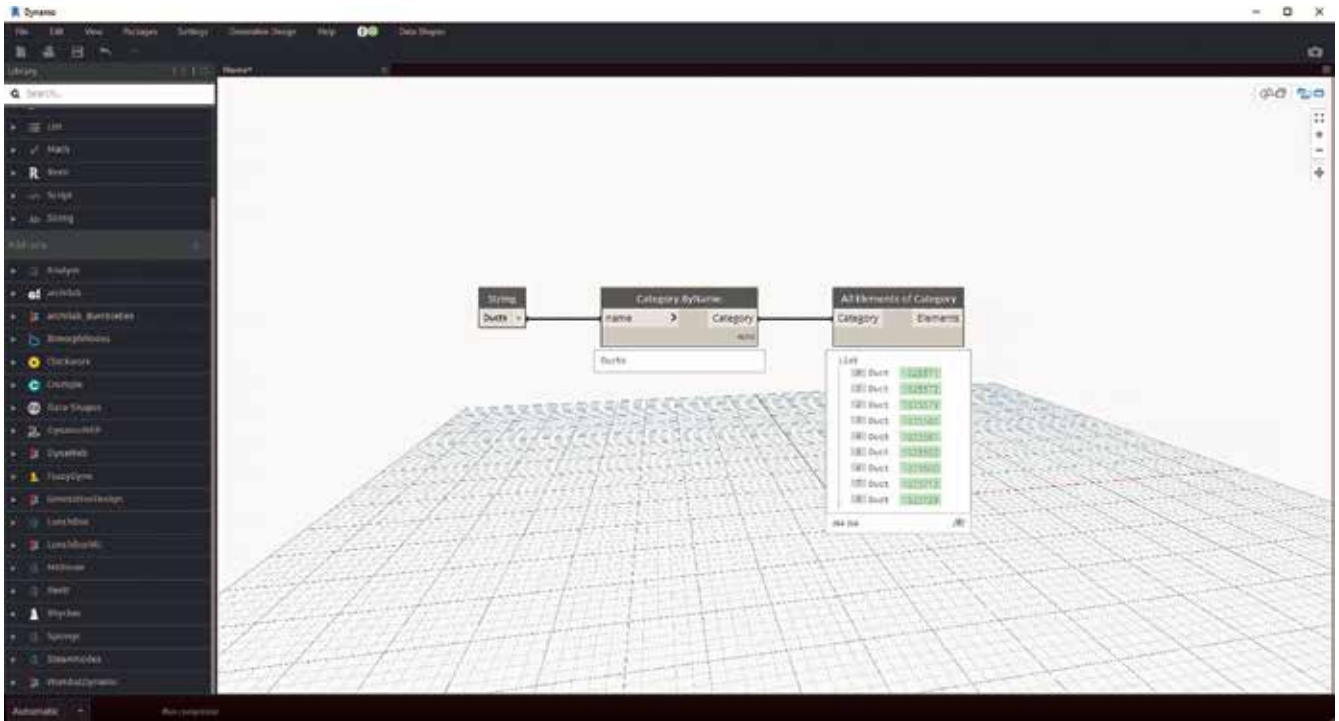
sklepa, da je treba postopek projektiranja narediti bolj učinkovit, hkrati pa povečati njegovo natančnost in kakovost. To bi omogočilo zmanjšanje emisij toplogrednih plinov v stavbah, kar je eden temeljnih ciljev globalnega energetskega prehoda. Možna rešitev za te, na videz nasprotujoče si izzive, je sprejetje razmeroma novega pristopa k projektiranju stavb. »Building Information Modelling« oziroma BMI je pristop, pri katerem se stavbe projektirajo integrirano in v realnem času med vsemi poklici, ki sodelujejo v procesu (slika 1). To se doseže z uporabo računalniškega orodja, v katerem so stavbe sestavljene iz elementov modelov, ki jih predstavlja tridimenzionalna geometrija, poleg tega pa lahko vsebujejo tudi vse informacije, potrebne za projektiranje, gradnjo in vzdrževanje stavbe. V osnovi se metodologija BIM osredotoča na večdimenzionalnost informacij, ki so na voljo v modelu, in z uporabo ustreznih računalniških rešitev spodbuja ustvarjanje okvira za boljšo organizacijo projektov, ki temelji na virtualni podobi vseh gradbenih elementov. Poleg boljše organiziranosti je v fazi zasnove še veliko prednosti integriranega projektiranja, na primer več ponovitev energetskega modeliranja, da se izbere optimalna rešitev in na koncu zmanjša poraba energije.

## ▼ Slika 1

Model BIM projektiranega sistema prezračevanja



V vse več državah po svetu BIM postaja obvezen, zlasti za projekte, ki se financirajo z javnim denarjem. Raziskava, izvedena leta 2016, je pokazala, da je takrat na Danskem 81 % gradbenih podjetij uporabljalo BIM, v Kanadi 71 %, Združenem kraljestvu 50 %, na



▲ Slika 2

Vmesnik orodja za vizualno programiranje Dynamo

Japonskem 49 % in na Češkem 30 %. Pomemben korak k standardizaciji pri uporabi BIM je bil storjen leta 2018 z vzpostavitvijo ISO 19650 kot mednarodnega standarda, ki opredeljuje upravljanje z informacijami v okolju BIM.

Glede na raziskavo, izvedeno leta 2016 in leta 2017, je na Hrvaškem zrelost uporabe BIM zelo majhna, vendar s pozitivnimi trendi. Pri tem od udeležencev v gradbeništvu BIM večinoma uporabljajo projektanti (25,29 %), medtem ko ga ostali udeleženci (nadzorni inženirji, izvajalci, investitorji itd.), uporabljajo zelo malo, še največ ga uporabljajo izvajalci (4,17 %).

Čeprav se ukvarjajo z isto temo, BIM in dvodimenzionalni procesi pristopajo k projektiranju na zelo različne načine. Osnova 2D projektiranja je ustvarjanje tehnične dokumentacije, to je del postopka, za katerega se porabi največ časa. Postopek BIM je bolj podoben 3D modeliranju, ki je postal standard v proizvodni industriji. Velik del časa se nameni nastavitvi predlog in ustvarjanju 3D modela, obogatenga z informacijami, pri pripravi tehnične dokumentacije pa je zadnji korak prenosa informacij že na voljo v modelu, zaradi česar je postopek precej krajši kot pri tradicionalnem 2D postopku. Zdi se, da je postopek BIM bolj logična izbira, glede na to, da imajo udeleženci po izdelavi takšnega modela zelo široko podlago podatkov, kar lahko pospeši postopek analize možnosti

in na koncu zagotavlja boljše informacije, potrebne za boljši razvoj projekta. Vendar pa dejstva, da za 2D tehnologijo stojijo desetletja tradicije, mnoga dostopna orodja ter široka baza znanja, in razširjenost uporabe te tehnologije še vedno predstavljajo oviro širokemu sprejetju metodologije BIM pri projektiranju. V primerjavi z 2D CAD je število strokovnjakov bistveno manjše, saj je BIM razmeroma nov pristop. Zaradi tega postopek modeliranja pogosto traja bistveno dlje, kot bi pri 2D projektiranju in navsezadnje lahko povzroči tudi nezadostno kakovost 3D modela, ki nima glavnih prednosti modela BIM, pa tudi pomanjkljivosti v kasnejši fazi uporabe stavbe.

## AVTOMATIZACIJA PROJEKTIRANJA PREZRAČEVALNEGA SISTEMA

Kot analiziran delovni proces se vzame projektiranje prezračevalnega sistema za pisarniško stavbo površine 4100 m<sup>2</sup>. Pri tem se oblikuje celoten projekt sistema. Programiranje se uporablja v določenih delih, da bi se prikazali načini pristopa k problemu parametričnega projektiranja stavbe in možnosti avtomatizacije.

Možnosti avtomatizacije so bile raziskane z uporabo orodij proizvajalca Autodesk, tj. BIM orodja Revit in integriranega orodja za vizualno programiranje Dynamo (slika 2). Revit je orodje, ki omogoča izvajanje opi-

sane metodologije BIM z modeliranjem 3D geometrije in z vključitvijo vseh ustreznih podatkov v gradbene elemente stavbe. Tako model poleg geometrije stavbe predstavlja tudi bazo podatkov. Dynamo deluje po načelu »drag-and-drop«, pri čemer lahko uporabnik kombinira različna »vozlišča«, da bi ustvaril funkcionalno povezavo elementov opazovnega modela BIM. Ena od najpomembnejših lastnosti Dynama je možnost neposrednega pridobivanja geometrije in drugih parametrov elementov iz modela v Revitu. Poleg tega ima Dynamo veliko bazo uporabnikov in veliko število samostojno razvitih paketov »vozlišč« za številne posebne namene. Kombinacija neposredne komunikacije z elementi BIM, možnosti uporabniškega razvoja funkcionalnosti in preprostost vizualnega programiranja naredijo Dynamo preprosto in zelo učinkovito orodje za izboljšanje delovnega procesa v BIM.

Prvi korak v proračunu sistema je izračun potreb po prezračevanju za vse prostore in v tej aplikaciji so lahko prikazani osnovni programski koncepti v okolju BIM. Algoritem iz BIM modela prevzame elemente prostora (Spaces), torej potrebne parametre površine in vrsto prostora. Nato se izvrši proračun po ameriškem (ASHRAE) oziroma evropskem (EN) standardu. Po standardu Ameriškega združenja za ogrevanje, hlajenje in klimatizacijo (ASHRAE) se za določen prostor najde ustrezen tip prostora iz tabele in prevzamejo vrednosti potrebnega posameznega pretoka.

Na podlagi teh podatkov in površine prostora se izračunajo potrebe po prezračevanju za vsak prostor. Evropski standard (EN 16 798) določa fiksen pretok na sobno površino v višini  $2 \text{ l/m}^2$ . Po izračunu se za vsako sobo izbere večji od dobljenih zneskov in ta znesek predstavlja zahtevani parameter potrebnega dovodnega toka. Na osnovi tega pretoka in razmerja dovodnega in izpušnega pretoka, ki ga vnese projektant, se izračuna potreben izsesani pretok in omogoča vizualizacija razporeditve vakuumskih in nadtlačnih prostorov (slika 3).

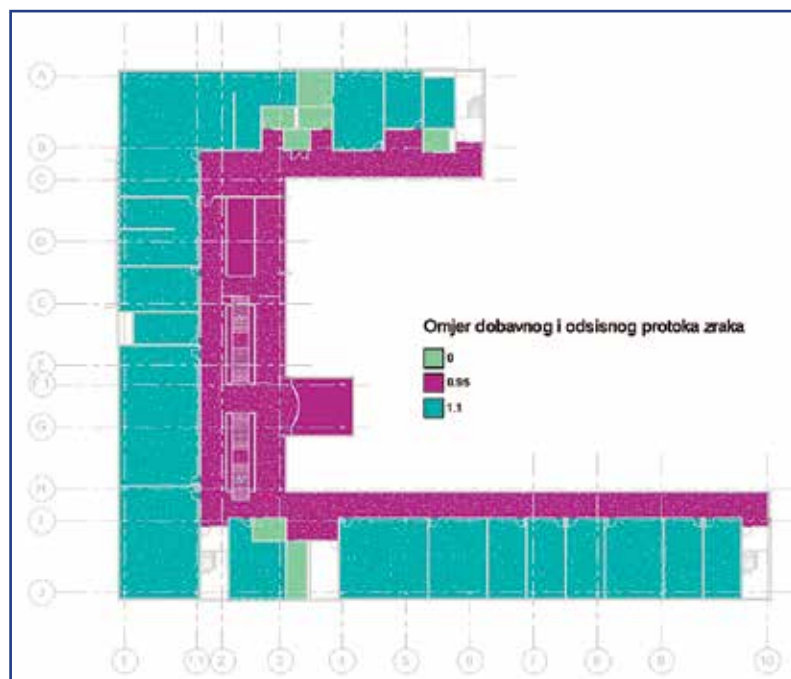
Drugi korak temelji na izračunanih prezračevalnih zahtevah za namestitev razdelilnikov zraka v posamezne prostore. Glede na korake, prikazane na diagramu poteka za izbrani prostor iz algoritma Revita, ki prej prevzame izračunani zahtevani pretok, in na podlagi geometrijskih značilnosti prostora glede na višino stropa postavite dovodne razdelilnike blizu okna in izpušne bližje vratom.

Glede na skupno število distributerjev se izračuna posamezni pretok, na podlagi katerega se izbere določeno vrsto distributerja. Ni vedno preprosto določiti geometrijskih razmerij v prostoru, npr. v prostoru z več vrati je težko nedvoumno določiti, poleg katerih vrat bodo nameščeni izpušni razdelilniki. Da bi rešili to težavo, je algoritem prilagojen tako, da se distributerji postavljajo na dveh linijah, ki jih je predhodno izbral projektant, namesto na podlagi značilnosti prostora. S tem algoritem postane bolj prilagodljiv in uporaben za širši spekter situacij.

Na primeru diagrama toka se lahko prikaže logika algoritma za nastavljanje distributerjev dovajanja zraka v prostor, ki velja za vse procese avtomatizacije v BIM okolju (slika 4). V osnovi je sestavljen iz zajetih elementov in njihovih parametrov iz modelov v Revitu, s pomočjo vizualnega programiranja pa se na podlagi teh podatkov ustvari ustrezne funkcionalne povezave. Potem se dobljeni rezultat v obliki elementov ali parametrov vnese nazaj v model v Revitu, obenem pa tudi v bazo podatkov BIM.

Izvajanje kanalnega razvoda se izvede z dodatkom v vmesniku Revita. Glede na to, da imajo distributerji že vsebovane informacije o vrsti sistema, ki mu pripadajo, Revit na osnovi položaja izbere nekaj možnih razvodov. Dimenzioniranje se izvede na osnovi izbranih dimenzij kanala in se lahko izvaja tudi pri največjem dovoljenem padcu tlaka ali hitrosti. Dimenzioniranje se odvija zelo hitro

▼ **Slika 3**  
Vizualizacija pretoka zraka za 2. nadstropje projektirane pisarniške stavbe



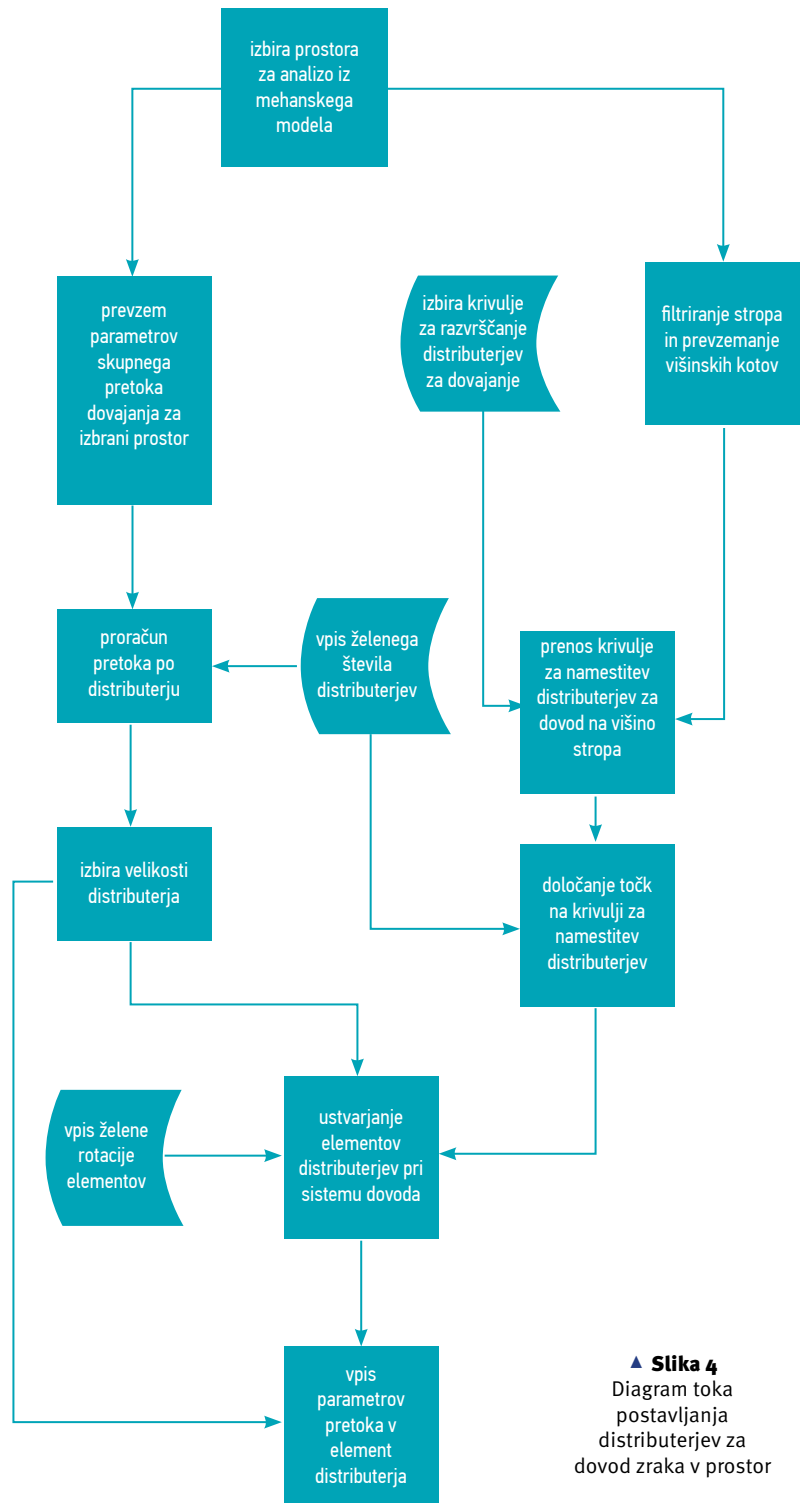
in samodejno, kar omogoča zelo hitro ustvarjanje velikega števila ponovitev položajev in dimenzij distribucije kanalov, torej dobro usklajevanje z drugimi poklici. Po izvedbi postopka za vse prostore je razvodna cev priključena znotraj Revita in v zadnjem kanalu se nahaja podatek o celotnem pretoku dovodnega in izpušnega sistema. Nato lahko na podlagi teh podatkov dodatek uporabimo za izbiro klimatske enote in s tem dokončamo postopek projektiranja sistema.

Glede na to, da velik del integriranega projektiranja zavzema komunikacija z drugimi poklici zaradi usklajevanja projektov, je izdelan algoritem, ki bo na osnovi modela sistema prezračevanja samodejno ugotovil trke s stenski elementi in na tem mestu napravil preboje glede na dimenzije prezračevalnih kanalov. Uporabnik izbere razdaljo prodora od roba kanala in na osnovi teh podatkov se ustvarijo pravokotni preboji, po katerih lahko gradbeni inženir naredi analizo nosilnosti stavbe.

Glede na modelirani sistem bi morali izdelati tehnično dokumentacijo. Predvsem pa je treba ustvariti zelena števila osnutkov in vsakemu dodeliti ustrezne parametre. Avtomatizacija je izvedena s komunikacijo Dynama z datoteko v Excelu in privzeto v takšno datoteko je treba vnesti zelena imena in osnutke števil. Algoritem, ki temelji na tem, ustvari zelena števila osnutkov in izpolnjuje parametre. Nato se na podlagi ene končne predloge ustvarijo pogledi in določi njihova meja. Kot zadnji korak avtomatizacije izdelave tehnične dokumentacije uporabnik izdela predlogo zelenega oblikovalskega formata in na tej podlagi se ustvarijo enakovredni modeli za vsa nadstropja stavbe.

## ZAKLJUČEK

Razviti algoritmi so dopolnili že obstoječa orodja v Revitu in tako omogočili skoraj popolno avtomatizacijo projektiranja prezračevalnega sistema opazovane poslovne stavbe. V nadaljnjem razvoju bo treba razviti enakovredne postopke avtomatizacije projektiranja tudi za druge mehanske sisteme, kot sta ogrevanje in klimatizacija. Prav tako je mogoče vsakega od omenjenih postopkov znatno optimizirati z uporabo naprednih računalniških konceptov, tako da lahko optimizacijo namestitve distributerja zraka izvedemo na podlagi eksperimentalno doseženih rezultatov, možni pa so tudi uporaba nevronske mreže, strojno učenje in mnogi drugi



▲ Slika 4  
Diagram toka postavljanja distributerjev za dovod zraka v prostor

napredni koncepti za namen avtomatizacije postopka projektiranja. Kombinacija BIM metodologije in računalniških metod trenutno v svetu beleži hitro naraščajoči trend, kar pomeni, da bi lahko zaradi učinkovitosti in hitrosti povzročila precejšnje motnje v uveljavljenih postopkih strojništva, pa tudi projektiranje v okviru vseh drugih poklicev v gradbeništvo. ■

**Opomba**  
Članek je povzetek diplomske naloge, izdelane na Fakulteti za strojništvo in ladjedelništvo v Zagrebu pod mentorstvom doc. dr. Darka Smoljana, dipl. ing.