



Slovenská technická univerzita v Bratislave
Stavebná fakulta

Ing. Martin Poliak

Autoreferát dizertačnej práce

**VPLYV TVARU ZASTREŠENIA RUINY NA ZMENY V PRÚDENÍ VETRA
V KRITICKÝCH DETAILOCH**

na získanie akademického titulu *philosophiae doctor (PhD.)*

v doktorandskom študijnom programe *Teória a konštrukcie pozemných stavieb*

v študijnom odbore *35. Stavebníctvo*

Forma štúdia *denná*

Miesto a dátum

Práca bola vypracovaná na Katedre architektúry Stavebnej fakulty Slovenskej technickej univerzity.

Predkladateľ

Ing. Martin Poliak
Katedra architektúry
Stavebná fakulta STU v Bratislave
Radlinského 11, 810 05 Bratislava

Školiteľ

doc. Ing. arch. Jana Gregorová, PhD.
Katedra architektúry
Stavebná fakulta STU v Bratislave
Radlinského 11, 810 05 Bratislava

Oponenti

prof. Ing. Boris Bielek, PhD.
Katedra konštrukcií pozemných stavieb
Stavebná fakulta STU v Bratislave
Radlinského 11, 810 05 Bratislava

doc. Ing. arch. Eva Vojteková, PhD.
Ústav konštrukcií v architektúre a inžinierskych stavieb
Fakulta architektúry a dizajnu STU v Bratislave
Námestie slobody 19, 812 45 Bratislava

Ing. arch. Rudolf Viršík, PhD.
Krajský pamiatkový úrad Nitra
Námestie Jána Pavla II. 8, 949 01 Nitra

Autoreferát bol rozoslaný dňa

Obhajoba dizertačnej práce sa bude konať dňa

o h na Stavebnej fakulte STU v Bratislave, Radlinského 11, 810 05 Bratislava

.....
prof. Ing. Stanislav Unčík, PhD.
dekan Stavebnej fakulty
STU v Bratislave

ABSTRAKT

Ruiny sú krehkou súčasťou slovenského architektonického dedičstva. Na ruinách, ktoré sa vďaka záujmu občianskych združení a podpore Ministerstva kultúry Slovenskej republiky podarilo stabilizovať, sa stáva aktuálnou témou ich intenzívne využívanie ako spôsob financovania prevádzky a údržby. S tým súvisí vytváranie funkčných priestorov ich prekrytím strešnou konštrukciou.

Zastrešenie objektu v pokročilom štádiu deštrukcie si vyžaduje atypické riešenia nielen z architektonického, ale aj konštrukčného hľadiska. Prekrývajú sa predovšetkým z účelom ochrany ruiny pred pôsobením klimatických vplyvov, či pri adaptácii ruiny na zmenu jej funkčného využitia. Medzi profesiami zameranými na ochranu ruín je zastrešenie kontroverznou témou so silnými argumentmi na každej strane, či už chráni pamiatkové hodnoty diela, alebo jeho materiálu.

Práca je zameraná na mieru ochrany ruiny zastrešením. Vytvára systematiku variability strešných konštrukcií položených na ruinách na základe determinantov, ovplyvňujúcich ich návrh a realizáciu. Varianty posudzuje z hľadiska súboru pamiatkových a architektonicko-urbanistických ukazovateľov. Ako nástroj kvantifikujúci mieru ochrany materiálu ruiny práca využíva počítačové simulácie prúdenia vetra.

ABSTRACT

Ruins are vulnerable part of Slovak architectural heritage. Thanks to public interest and active support of Ministry of Culture of the Slovak Republic number of preserved ruins has risen substantially over the last decades. Search for additional means of maintenance sourcing and active usage of such ruins becomes matter of discussion. Incidental to the subject is coverage of ruins and thus creating disposable spaces for desirable function.

Coverage of object in advanced state of decay requires atypical both architectural and structural solutions. Ruins are being covered for their protection, or for their functional adaptation. Coverage as such is controversial topic amongst scholars and professionals interested in protection of ruins with strong arguments on each side protecting both philosophical and physical aspects of monumental values.

Coverage is rarely implemented in Slovak ruins. There is an absence of theoretic material engrossing criteria of design and execution of ruin coverage, what would also register criteria specific for our domain, such as current theory of ruin preservation, or weather conditions of individual sites, both with aspect to their subsequent development.

Presented thesis is focused on protection of ruin material by coverage. The thesis creates systematics of ruin coverage variability based on implementation determinants. Alternatives are weighed in terms of monumental and architectural-urbanistic indicators. Computational fluid dynamics is used as a measure of ruin material protection.

OBSAH AUTOREFERÁTU

A.	Zhrnutie teoretických východísk a súčasného stavu problematiky.....	5
B.	Ciele dizertačnej práce	6
C.	Metodika práce a metódy skúmania	7
C.1	Charakteristika vstupných parametrov.....	8
C.2	Stanovenie limitov a systematiky návrhu nových konštrukcií	8
C.3	Výber reprezentatívnych lokalít.....	9
C.4	Tvorba architektonického modelu	10
C.5	Dopad zastrešenia podľa pamiatkových a architektonicko- urbanistických ukazovateľov	10
C.6	Príprava počítačovej simulácie prúdenia	11
C.7	Definícia čiastkových výskumných úloh z hľadiska simulácie prúdenia vetra	13
C.7.1	Vplyv proporcie na zmenu v prúdeň	13
C.7.2	Vplyv tvaru na zmenu v prúdeň	14
C.7.3	Vplyv charakteristických detailov kontaktu zastrešenia s ruinou na zmenu v prúdeň.....	14
C.7.4	Výber variovania a simulácie architektonickej črty, ovplyvňujúcej pôsobenie vetra na pamiatkovo chránený materiál ruiny.....	15
C.8	Ploché doskové zastrešenie ako ochranný prostriedok materiálu ruiny.....	15
D.	Výsledky práce a diskusia	17
D.1	Pamiatkovo-architektonicko-urbanistický ukazovateľ zastrešenia juhovýchodnej veže trnavského mestského opevnenia novotvarom plochej strechy	17
D.2	Príprava počítačovej simulácie prúdenia	19
D.3	Vplyv proporcie na zmenu v prúdeň.....	20
D.4	Vplyv tvaru na zmenu v prúdeň.....	20
D.5	Vplyv charakteristických detailov kontaktu zastrešenia s ruinou na zmenu v prúdeň.....	21
D.6	Zhrnutie výsledkov práce.....	24
D.6.1	Syntéza dosiahnutých výsledkov	24

D.6.2	Konfrontácia dosiahnutých výsledkov	28
E.	Záver	28
F.	Vybrané referencie	33

A. ZHRNUTIE TEORETICKÝCH VÝCHODÍSK A SÚČASNÉHO STAVU PROBLEMATIKY

Slovenské ruiny sú stále vo fáze individuálneho prístupu k ich obnove a prezentácie. Plošné, koncepcnejšie riešenia prevádzky skupiny hradov sú skôr výnimkou. Aj napriek prevládajúcemu konzervačnému prúdu substancie ruín lokality obnovené a prezentované touto metódou opticky viac, alebo menej rastú do plochy, aj objemu. Vznikajú metodicky komplikované situácie, kedy je možné výskumom situovať polohu konštrukcie, avšak nie je možné definovať jej rozsah. Pri prisnom dbaní na kompatibilitu materiálov nových konštrukcií s pôvodnými sú tieto zhotovované z opticky rovnakého, alebo veľmi podobného murovacieho prvku akými sú prvky pôvodné, ktoré sú ďalej syntetizované štruktúrou škár nových murív, alebo patinovaním povrchu. Výsledkami obnovy takýchto situácií sú často neúplné rekonštrukcie murív s rozvoľnenými siluetami svojich korún, ktoré aj napriek tomu, že sú nové, imitujú deštrukciu a prirodzené tvaroslovie originálnej ruiny.

Zastrešenie je aktuálnou témou zachovanejších lokalít, ktoré už prešli záchrannou fázou obnovy a hľadajú ekonomicky udržateľné stratégie svojej prevádzky. Zastrešenia patria ku konštrukciám, o ktorých pôvodnom stave sa spoľahlivé informácie dochovávajú skôr výnimočne. Z metodického pohľadu prezentácie tak majú oproti ostatným konštrukciám výhodu a je možné ich vystavať jasne artikulované ako novú konštrukciu bez rizika ich dezinterpretácie laikom. Napriek tomu vytvárajú architektonicky citlivé situácie. Aj napriek požiadavke ich odlišenia a čitateľnosti sú tvarovo, aj materiálovo podriadené ruine, podobne ako pri iných konštrukciách v záujme zachovania ruinálneho výrazu lokality. Do chvíle ich vztýčenia sa lokalita pohybuje, podľa typu okolitého kontextu, v krajinárskych, alebo urbanistických dimenziách verejného priestoru vymedzeného, alebo obohateného ruinálnou substanciou. Práve doplnením zastrešenia sa tento priestor stáva schopným obsiahnuť a chrániť plnohodnotnú funkčnú náplň. Ruina už nie je iba pozostatkom kultúrnych hodnôt a fyzickou referenciou o ich niekdajšej existencii, ale opätovne sa stáva ich tvorcom a otvára potenciál pre novú transformáciu ako v polohe tvarovania, tak aj využitia. Významný akt kultúrneho oživenia ruiny sa však stráca v jeho prevedení a škála prístupov k jeho vyjadreniu ostáva v kontexte našej krajiny stále nevyčerpaná.

Akútnejším problémom s menším priestorom pre experimentálne riešenia je otázka ochrany matérie ruiny. Požiadavka na reverzibilitu nových konštrukcií v záujme obmedzenia, či vylúčenia ich negatívneho dopadu na pôvodnú substanciu, zároveň obmedzuje aplikáciu dlhodobých alternatív riešení. Prístup k novým

konštrukciám, aj ostatným intervenciám je observačný – po ich implementácii nastáva fáza sledovania ich dopadu a interakcie s pôvodnými konštrukciami, vďaka reverzibilitate je možné ich v prípade nutnosti odstrániť bez poškodenia pôvodnej hmoty.

Prieskum dostupných zdrojov nezachytil zdroje považujúce iné typológie zastrešení ako krycie stavby ako ochranné prostriedky ruín, i keď sú metodicky považované ako prostriedky pamiatkovej obnovy a prezentácie. I keď prieskum zachytil zdroje zamýšľajúce sa nad dopadom tvaru, či proporcie objektu na prúdenie v jeho okolí, žiaden z nich tak nečinil v kontexte pamiatkovej starostlivosti. Zdroje, ktoré zachytil prieskum a využívajú počítačové simulácie prúdenia tekutín (CFD) k simuláciám prúdenia v pamiatkovom kontexte, tak konajú väčšinou vo fázach prevádzky a údržby pamiatky buď preventívne, alebo pri riešení konkrétneho problému [1]. Poloha CFD v počiatočných a prípravných fázach obnovy a prezentácie sú ojedinelé. Počas týchto fáz sa však rozhoduje aj o voľbe zastrešenia ruiny, ktoré významne vplýva na ochranu pamiatkových hodnôt ako exponátu, aj nositeľa autentickej materiálnej substance.

B. CIELE DIZERTAČNEJ PRÁCE

Predmetom práce je variantné navrhovanie zastrešení pamiatkovo chránených ruín metodickým projektovaním. Pri navrhovaní sa zohľadňujú pamiatkové výskumy definujúce hodnotu ruiny a metódu jej obnovy a prezentácie, ako aj stavebno-technické výskumy, upresňujúce stav matérie ruiny. Varianty sú tvorené a stupňované v mierke architektonickej štúdie, využívanej pri úvodných predprojektových fázach prípravy obnovy ruiny, fáze rozhodujúcej o miere integrácie požiadaviek investora na prevádzku ruiny a vyššie uvedených metodických parametrov ruiny. Produktom tejto integrácie je preferencia určitého typu zastrešenia v určitej polohe voči ruine. Následne budú varianty hodnotené a vážené na základe výkazu pamiatkových a architektonicko-urbanistických ukazovateľov. Vytvorením systematiky pamiatkových a architektonicko-urbanistických ukazovateľov sa práca snaží vytvoriť objektívny nástroj a podklad pre diskusiu o voľbe optimálneho typu zastrešenia ruiny medzi relevantnými profesiami.

Blížší pohľad na problematiku zastrešovania je venovaný miere ochrany ruínálneho materiálu zastrešením. Práca využíva simulácie prúdenia vetra a sleduje jeho zmeny na povrchu ruiny, vyvolané variantom zastrešenia. Smeruje k vytvoreniu metodiky systematickej kategorizácie zastrešenia ako ochranného prostriedku ruiny rôznej efektivity. Variáciou architektonických charakteristík zastrešenia v mierke architektonickej štúdie sa práca snaží túto metodiku vytvoriť pre úvodné návrhové fázy pamiatkovej obnovy ruiny.

Hypotéza práce č. 1: Existuje praktický spôsob ako efektívne ilustrovať dopad zastrešenia ruiny na spektrum pamiatkových hodnôt, ktorých ochrana

a prezentácia je ovplyvňovaná požiadavkami viacerých profesií, angažovaných do obnovy ruín.

Cieľ práce č. 1: Vytvorenie holistického ukazovateľa, zhodnocujúceho alternatívy zastrešenia ruiny na základe multikriteriálnych požiadaviek, a jeho aplikácia a ilustrácia na vybranom príklade ruiny.

Hypotéza práce č. 2: Existuje metodika uvažovania nad zastrešením ruiny ako ochranným prostriedkom pred pôsobením atmosférických deštruktívnych činiteľov.

Cieľ práce č. 2: Ilustrácia danej metodiky na sledovaní dopadu vybraného typu zastrešenia na zmenu vplyvu prúdenia vetra na materiál vybranej ruiny, ako jeden z významných atmosférických deštruktívnych činiteľov.

Hypotéza práce č. 3: Manipulácia s architektonickými črtami zastrešenia ruiny ovplyvňuje prúdenie vetra a vyvoláva zmeny jeho pôsobenia na materiál ruiny.

Cieľ práce č. 3: Kvantifikácia zmien dopadu prúdenia vetra, vyvolanými manipuláciou s vybranou architektonickou črtou zastrešenia ruiny.

Hypotéza č. 4: Je možné pomocou veternej štúdie vybrať alternatívu zastrešenia ruiny najväčšmi chrániacu materiál ruiny pred pôsobením atmosférických deštruktívnych činiteľov.

Cieľ práce č. 4: Diskusia nad výsledkami kvantifikácie zmien dopadu prúdenia vetra v snahe identifikovať najoptimálnejšiu alternatívu zastrešenia z hľadiska ochrany jej materiálu.

C. METODIKA PRÁCE A METÓDY SKÚMANIA

Metodika a postup riešenia výskumnej otázky je vytýčený nasledovne:

- Charakteristika vstupných parametrov.
- Stanovenie limitov a systematiky návrhu nových konštrukcií.
- Výber reprezentatívnych lokalít, príprava podkladov a vstupných parametrov, voľba reprezentanta a príprava architektonického modelu, návrh variantov strešných konštrukcií metodickým projektovaním.
- Vyhodnotenie dopadu konkrétnych riešení zastrešenia na súbor pamiatkových a architektonicko-urbanistických ukazovateľov. Predbežný odhad dopadu tvaru zastrešenia na mieru ochrany ruiny. Vážené zhodnotenie variantov zastrešenia podľa nastavených parametrov.
- Príprava počítačovej simulácie prúdenia. Definovanie okrajových a počiatočných podmienok, predbežná voľba matematického modelu, generovanie výpočtovej siete, inicializovanie fyzikálnych veličín, nastavenie kontrolných parametrov. Predbežné numerické riešenie. Verifikácia výsledkov porovnaním výsledkov predbežných kalkulácií s experimentálne získanými výsledkami. Vyhodnotenie, kalibrácia výpočtového modelu turbulencie a vnútorných výpočtových nastavení. Evaluácia kritických smerov prúdenia okolo ruiny analýzou výsledkov kalibrovaného výpočtu.

- Definícia čiastkových výskumných úloh z hľadiska simulácie prúdenia vetra.
- Aplikácia kalibrovanej simulácie k sledovaniu dopadu konkrétne variovanej architektonickej črty zastrešenia na zmenu pôsobenia vetra na povrch ruiny. Čiastkové vyhodnotenie.
- Syntéza čiastkových výsledkov, návrh optimálnej formy zastrešenia z hľadiska sledovaných problematik. Diskusia, odporúčania pre ďalší výskum.
- Diskusia a genéza odporúčaní pre ďalší výskum.

C.1 Charakteristika vstupných parametrov

Geometria ruiny, dostupná z geodetického zamerania a digitálneho modelu ruiny. Kategorizácia ruiny podľa typológie a miery zachovania.

Hodnota ruiny, dostupná z architektonicko-historického výskumu. Rekonštrukcia pôvodného stavu, exaktná, alebo hypotetická. Definícia preferovanej metódy obnovy a prezentácie.

Posudok stavebno-technického stavu ruiny, dostupný zo stavebno-technických prieskumov, alebo pasportizácie ruiny. Odhad dopadu strešnej konštrukcie na statiku a stabilitu ruiny.

Stanoviská pohľadových kužeľov, dostupných z urbanistického kontextu ruiny. Definícia relatívnej pohľadovej exponovanosti.

Funkčná náplň. Definícia požadovanej úžitkovej plochy a podlažnosti.

Okrajové podmienky simulácie prúdenia vetra. Definícia prírodného, či urbanistického kontextu ruiny. Charakteristika interferencií. Genéza modelu, výpočtovej domény, drsnosti povrchu. Okrajové podmienky vo výpočtovej oblasti – model rýchlosti vetra, turbulentná kinetická energia, rýchlosť disipácie, (špecifická disipácia turbulentnej kinetickej energie).

C.2 Stanovenie limitov a systematiky návrhu nových konštrukcií

Typológia ruín - bola zvolená obranná vežová. Štíhlosť ich geometrie, výšková dominancia nad okolitými objektami a situačné vybočovanie z línii opevnení, podmienené ich pôvodnou funkčnou náplňou, vytvárajú predpokladané situácie najväčšmi exponované vplyvu atmosférických deštruentov.

Miera zachovania ruiny - bola zvolená tretieho stupňa so zachovaním prevažnej časti múrov, avšak bez dochovanej pôvodnej rímsy. Výška murív je postačujúca na plnohodnotné využitie disponibilného priestoru. Vytvára zároveň situácie s potenciálom pestrosti metodických prístupov k návrhu a výsledných tvarosloví zastrešenia.

Typológia zastrešení ruín - bola zvolená ako ochranná konštrukcia položená na ruine. Krycím stavbám a ich efektívnosti ako ochranného prostriedku už bola venovaná pozornosť početných štúdií a konferencií. V kontexte našej krajiny tvoria ochranné konštrukcie doposiaľ prevládajúci prúd, svojou polohou a rozsahom sú

vhodnejšie do situácii vyššej miery zachovania, ktoré sú ešte schopné funkčného naplnenia bez výrazných dostavieb a navyšovania.

Ako rámcová metóda obnovy bola zvolená metóda analyticko-modernistická, ťažiskovo vychádzajúca z potreby odlišenia nových vrstiev od pôvodných. Na rozdiel od synteticko-rekonštrukčnej rámcovej metódy častejšie využíva čiastkové metódy náznakovej rekonštrukcie a novotvarov, metodicky vhodnejších do ruinálnych kontextov, v ktorých dostupné informácie o pôvodných konštrukciách sú obmedzené.

Zastrešenie ako produkt diferenciácie určitých architektonických črt strešnej konštrukcie a dištančného článku, na ktorom je položená, je popísaný podrobne v dizertačnej práci. Voľbou danej rámcovej metódy sa spektrum možných kombinácií limituje. Pri náznakovej rekonštrukcii pôvodného zastrešenia, ktorá reinterpretuje pôvodnú situáciu a viac ako zaniknutý jav rekonštruje dojem z neho, je nutné aby nová strešná konštrukcia bola pôvodného, alebo totožného tvaru a orientácie, diferencovať od pôvodného stavu možno iba jej sklon, architektonické detaily a materiál. Pri riešení dištančného článku je nutné dodržať pôvodnú výšku rímsy, a teda výslednú proporciu objektu, diferencovať je možné polohu steny dištančného článku, súbor architektonických detailov a materiál. Spektrum riešení narastá pri čiastkovej metóde obnovy ruiny novotvarom, kedy predmetom diferenciácie je taktiež tvar strechy a výška rímsy.

C.3 Výber reprezentatívnych lokalít

Z približne 140 evidovaných slovenských ruinálnych lokalít rôzneho typologického pôvodu je približne 50 obsahujúcich zvyšky objektov zachovaných do miery postačujúcej na osadenie novej funkcie, nakoľko stále disponujú prirodzeným objemom a dostatočnými výškami dochovaných murív pri súčasných terénnych konfiguráciách. Prirodzene sú niektoré z týchto lokalít exponované voči pôsobeniu atmosférických činiteľov viac, alebo menej, či sa už nachádzajú vyvýšené na úbočiach a vrchoch, alebo v povodiach riečnych tokov. Údaje Slovenského hydrometeorologického ústavu však naznačujú existenciu niektorých lokalít exponovaných aj extrémnym výkyvom počasia. Z týchto lokalít boli vybrané tie, ktoré v objektovej skladbe obsahujú zvyšky architektúr obranných veží, dochovaných do miery tretieho stupňa a polohy uvažovanej ako exponovaných.

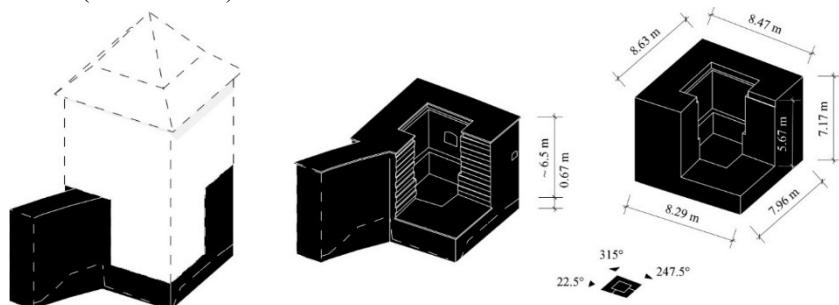
Jednou zo záujmových lokalít je systém mestského opevnenia Trnavy, ktoré sa koncepcne obnovuje od osemdesiatych rokov minulého storočia. Ako rámcová metóda pamiatkovej obnovy bola nastavená forma architektonizovanej ruiny, ktorá tehlové torzá opevnenia upravuje a obohacuje o architektonické prvky posilňujúce ich interpretovateľnosť. Unikátne opevnenie bolo doteraz chápané ako exponát s minimálnym využitím, mesto sa však rozhodlo pamiatku využiť primeranou mierou na kultúrno-spoločenské účely. Prebiehajúci projekt má za úlohu vytipovať záujmové objekty s potenciálom intenzívnejšieho využitia [2]. Nové konštrukcie na daných objektoch majú byť navrhnuté variantne tak, aby zodpovedali rámcovej metóde obnovy a zohľadňovali aj ostatné determinanty. K využitiu však mohli byť uvažované iba objekty pôvodne uzatvorených hranolových veží, z ktorých sa

prevažná časť v pôvodnom rozsahu nezachovala. Miere zachovania jednotlivých veží zodpovedajú aj typy návrhov nových zastrešení a súvisiacich konštrukcií.

C.4 Tvorba architektonického modelu

Pre simulovanie možností návrhu zastrešenia bola vytvorená séria zjednodušených architektonických modelov zastrešenia s vymedzenými determinantmi. Práca vychádza z predpokladu, že zastrešenie mení geometriu ruiny v troch základných rovinách (i) zmenou jej proporcií, (ii) zmenou jej tvaru a (iii) vytváraním sústav architektonických detailov (a) v miestach stykov strešnej konštrukcie a konštrukcie steny (dištančného článku), (b) v miestach styku konštrukcie steny s pôvodnými konštrukciami ruiny, a (c) v miestach styku strešnej konštrukcie priamo s pôvodnými konštrukciami ruiny.

Pri abstrahovaní a izolovaní týchto čiastkových problémov na samostatné výskumné úlohy architektonickej mierky je potrebné abstrahovať taktiež niektoré skutočnosti urbanistického kontextu – (i) konfiguráciu terénu, ktorá je nahradená rovinou so spriemerovanou výškou nivelety; (ii) okolitú zástavbu a zeleň, vytvárajúce interferencie v nábehovej oblasti prúdenia; (iii) úseky kurtín, napojených priamo na objekt ruiny veže, vytvárajúce charakteristické situácie; (iv) otvory štrbinových strieľní; a (v) dimenzia stavebného materiálu, ktorá by sa odrazila v rozdieloch medzi drsnosťami povrchov pôvodných a nových konštrukcií v modeli (Obrázok C.1).



Obrázok C.1 – Idealizovanie modelu vybranej veže trnavského mestského opevnenia s vyznačením simulovaných smerov prúdenia

C.5 Dopad zastrešenia podľa pamiatkových a architektonicko-urbanistických ukazovateľov

Sledovanými čiastkovými ukazovateľmi alternatív zastrešenia ruiny sú (i) pohľadová exponovanosť zastrešenia, predstavujúca mieru ochrany urbanistických pamiatkových hodnôt (*v kontexte práce je uvažovaná absolútna exponovanosť, vyjadrená ako priemerný pomer plochy pôvodnej konštrukcie k ploche nových konštrukcií*); (ii) ochrana originality (*predstavuje mieru manipulácie s ruínálnou siluetou a jej následnou čitateľnosťou, pričom ako najpozitívnejšie sú hodnotené skryté riešenia zastrešení*), (iii) interpretovateľnosť, či už originálu, alebo zaniknutej hmoty, (iv) ochrana materiálu (*vyjadrená ako súčet*

plochy originálu prekrytej novými konštrukciami kontaktne a polovice plochy prekrytej presahmi nových konštrukcií); a (v) úžitkové plochy a objemy.¹ Výsledný ukazovateľ dopadu i -tej alternatívy zastrešenia J_i je vyjadrený nasledovne:

$$J_i = \sum_{j=1}^m (z_{ij} \cdot v_j) \quad (C.1)$$

kde: z_{ij} je hodnota j -tého čiastkového ukazovateľa i -tej alternatívy; v_j je váhový koeficient j -tého čiastkového ukazovateľa (v kontexte práce uvažovaného rovnomerne rozdeleného do počtu čiastkových ukazovateľov m tak, aby maximálna výsledná hodnota výsledného ukazovateľa dopadu zastrešenia J_i sa rovnala 1); m je počet čiastkových ukazovateľov. Hodnota čiastkového ukazovateľa je vyjadrená šifrovane podľa nasledujúcich vzťahov v závislosti od ich stimulujúceho charakteru (kedy vyššia hodnota vyjadruje lepšiu kvalitu), alebo destimulujúceho charakteru (nižšia hodnota vyjadruje vyššiu kvalitu):

$$z_{ij,stim} = \frac{x_{ij} - x_{j,min}}{x_{j,max} - x_{j,min}} \quad (C.2)$$

$$z_{ij,destim} = \frac{x_{j,max} - x_{ij}}{x_{j,max} - x_{j,min}} \quad (C.3)$$

kde: $z_{ij,stim}$ je stimulujúci čiastkový ukazovateľ dopadu zastrešenia, $z_{ij,destim}$ je destimulujúci čiastkový ukazovateľ dopadu zastrešenia, x_{ij} je prirodzená hodnota j -tého čiastkového ukazovateľa dopadu zastrešenia, $x_{j,max}$ a $x_{j,min}$ sú maximálna a minimálna hodnota j -tého čiastkového ukazovateľa dopadu zastrešenia [3].²

C.6 Príprava počítačovej simulácie prúdenia

Príprava simulácie prúdenia vetra pozostávala z experimentálneho merania vo veternom tuneli s medznou vrstvou (ďalej BLWT) Slovenskej technickej univerzity v Bratislave, predbežných počítačových simulácií prúdenia (ďalej CFD), ich následného porovnania výsledkov a ich štatistického vyhodnotenia, ktoré pomohli vybrať optimálny výpočtový model a vnútorné nastavenia výpočtovej metodiky. Tie neskôr boli aplikované pri analýze kritických smerov prúdenia, neskôr využívaných pri simulácii prúdenia okolo alternatívne zastrešovanej ruiny.

Experimentálne meranie vonkajšieho súčiniteľa tlaku c_{pe} na povrchu idealizovaného modelu ruiny prebehlo v zadnej komore BLWT. Dĺžka drsnosti $z_0 = 0,7$ m korešpondovala s prúdením v urbanizovanom prostredí v skutočnej mierke a s kategóriou terénu III a IV Eurokódu podľa strednej rýchlosti prúdenia vetra a intenzity turbulencie [4]. Spolu 40 odberových bodov bolo inštalovaných v troch výškových úrovniach – v úrovni koruny muriva ruiny ako najvyššej horizontálnej roviny modelu, v dvoch tretinách výšky modelu a nižšie v päte modelu v otvorenom nároží ruiny.

¹ Uvažuje sa s hrúbkou strešnej konštrukcie 750 mm, hrúbkou obvodovej konštrukcie steny 500 mm; hrúbky stropov sú zanedbané

² Neumann-Morgensternova metóda multikriteriálnej komparatívnej analýzy

Výpočet prebehol v prostredí softvéru ANSYS Fluent. Rozmery výpočtovej domény vychádzali z výšky H idealizovaného modelu ruiny v mierke zhodnej s rozmermi fyzického modelu, použitého pre experimentálne meranie v BLWT [5]. Korelujúc s experimentálnym meraním v BLWT, logaritmický profil strednej rýchlosti vetra v_m bol nastavený do vstupnej oblasti výpočtovej domény podľa vzťahu:

$$v_m(z) = \frac{\dot{v}}{\kappa} \ln \frac{z + z_0}{z_0} \quad (\text{C. 5})$$

kde $v_m(z)$ je stredná rýchlosť vetra vo výške z nad terénom [m.s^{-1}], $\dot{v}$ je šmyková, resp. trecia rýchlosť [m.s^{-1}], κ je bezrozmerná Von Kármánová konštanta (hodnota $\kappa \approx 0.41$), z je výška nad terénom [m] a z_0 je parameter drsnosti povrchu s hodnotou 0,00179 m, taktiež nastavený ako dĺžka drsnosti terénu s rovnomernou drsnosťou.

Ďalšie vstupné parametre v oblasti vstupu a výstupu výpočtovej domény boli zadané podľa nasledujúcich vzťahov:

$$k(z) = \frac{\dot{v}^2}{\sqrt{C_\mu}} \quad (\text{C. 6})$$

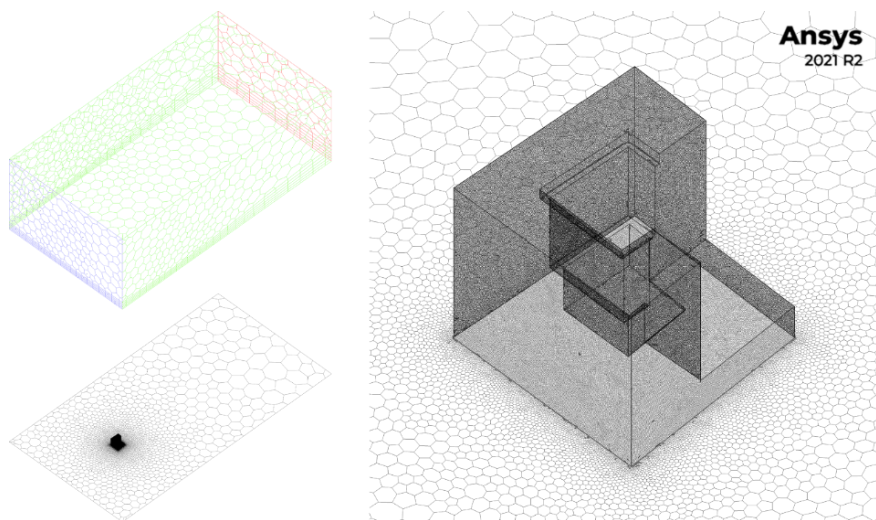
$$\varepsilon(z) = \frac{\dot{v}^3}{\kappa(z + z_0)} \quad (\text{C. 7})$$

$$\omega(z) = \frac{\varepsilon}{k} \quad (\text{C. 8})$$

kde $k(z)$ je turbulentná kinetická energia [$\text{m}^2.\text{s}^{-2}$], C_μ je konštanta modelu k - ε , ε je rýchlosť disipácie turbulentnej kinetickej energie [$\text{m}^2.\text{s}^{-3}$], $\omega(z)$ je špecifická disipácia turbulentnej kinetickej energie [s^{-1}]. Bočné a horná strana výpočtovej domény boli nastavené ako symetrické s nulovým gradientom (Obrázok C.2).

V prvom kroku boli porovnávané výsledky z experimentálneho merania v BLWT s výsledkami vypočítanými v CFD použitím siedmich výpočtových modelov turbulencie, s uvažovaním ôsmich smerov prúdenia od 0° po 315° po 45° krokoch a vyhodnotené tromi štatistickými metódami. V ďalšom kroku boli porovnané výsledky z experimentálneho merania v BLWT s výsledkami vypočítanými v CFD s uvažovaním variantných vnútorných nastavení výpočtovej domény a siete a vyhodnotené rovnakými štatistickými metódami.

Po vyhodnotení optimálneho výpočtového modelu a nastavení boli na základe maximálnych, minimálnych, priemerných a stredných hodnôt vonkajšieho súčiniteľa tlaku c_{pe} na celom povrchu idealizovaného modelu ruiny analyzované najkritickejšie smery prúdenia.



Obrázok C.2 – Ilustrácia polyhedrónovej výpočtovej siete – meshu; vľavo hore modrá oblasť vstupu – inletu, zelená oblasť symetrie s nulovým gradientom, červená oblasť výstupu – outlet; dole oblasť terénu s rovnomernou drsnosťou so zahustením meshu v lokalite idealizovaného modelu ruiny; vpravo detail výpočtovej siete na povrchu idealizovaného modelu ruiny

C.7 Definícia čiastkových výskumných úloh z hľadiska simulácie prúdenia vetra

Dopad zastrešenia na distribúciu súčiniteľa tlaku vetra bol rozdelený do troch parametrov architektonickej mierky – (i) zmena proporcií výsledného objektu, zloženého z nového zastrešenia a pôvodného objektu ruiny [6]; (ii) zmena tvaru výsledného objektu [7], [8]; (iii) tvorba charakteristických detailov v kritickej oblasti kontaktu zastrešenia s ruinou.

C.7.1 Vplyv proporcie na zmenu v prúdení

Proporcía výsledného objektu je výrazne limitovaná rozmermi pôdorysnej základne zvoleného typologického druhu veží, vďaka ktorým sa pomer šírky k hĺbke objektu približuje hodnote 1. Sústredenie leží na výške výsledného objektu. Tá je ohraničená v minimálnej hodnote zachovanou výškou korún murív ruiny a výškou jedného podlažia, ktorá reprezentuje minimálnu funkčnú využiteľnosť výsledného objektu. V maximálnej hodnote je výška výsledného objektu ohraničená pôvodnou výškou objektu v jeho stave pred deštrukciou, ktorá sa metodicky nesmie prekročiť. Medzi týmito dvomi hodnotami je stupňovanie výšky objektu limitované jeho podlažnosťou.

Dopad výslednej proporcie objektu na distribúciu súčiniteľa tlaku vetra v sledovanej oblasti kontaktu nadstavby s ruinou by bolo vhodné sledovať na modeloch s dvomi tvarmi zastrešenia – plochou strechou a ihlanovou

s pôvodným sklonom, ktoré predstavujú dve hraničné tvaroslovia symetrického zastrešenia, korelujúcim s pôvodným, ešte nedeštruovaným stavom veže.³

Pracovnou hypotézou je predpoklad existencie určitej proporcie (v tomto prípade hraničnej výšky rímsy) výsledného objektu, od ktorej nebude mať výška zastrešenia (dištančného prvku) vplyv na distribúciu súčiniteľa tlaku v sledovanej oblasti, vzhľadom k výslednej vzdialenosti medzi výškou korún murív ruiny a rímsy nového zastrešenia.

C.7.2 Vplyv tvaru na zmenu v prúde

Tvar zastrešenia vytvára predmet záujmu z pohľadu sklonu zastrešenia a pohľadu orientácie strechy voči prúde vetra. Dopad stupňovania oboch charakteristík by bolo možné sledovať na objekte s limitnými výškami. Vplyv sklonu strechy by bol sledovaný na symetrickej ihlanovej streche, jeho maximálna hodnota bude stotožnená s pôvodným sklonom strechy objektu pred jeho deštrukciou. Vplyv orientácie strechy bude sledovaný na sedlovej streche, jej sklon bude taktiež stupňovaný. Predpokladá sa existencia sklonu strechy s minimálnym vplyvom na distribúciu súčiniteľa tlaku vetra v sledovanej oblasti a významný vplyv orientácie štítu sedlovej strechy voči prúde vetra.

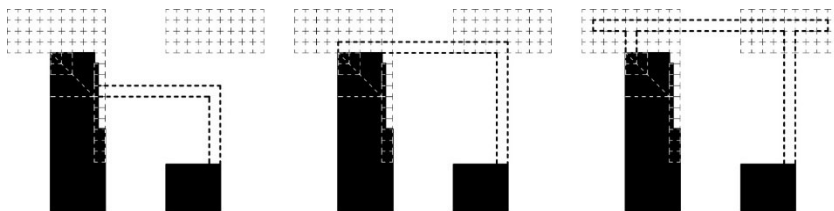
C.7.3 Vplyv charakteristických detailov kontaktu zastrešenia s ruinou na zmenu v prúde

Charakteristické detaily v sledovanej oblasti možno sledovať rôzne podľa výšky osadenia zastrešenia a podľa konštrukčného riešenia dištančného článku, na ktorom je zastrešenie položené. Typickou situáciou je vloženie zastrešenia do pôvodného interiéru ruiny do výškovej úrovne, z ktorej možno zo zastrešenia mať výhľad ponad pôvodné koruny murív ruiny, preberajúce funkciu zábradlia. Ďalšou situáciou je stotožnenie výšky osadenia zastrešenia s výškou zachovaných korún murív ruiny, kedy predmetom záujmu sa stáva veľkosť presahu strešnej konštrukcie.

Pri zdvihnutí zastrešenia nad pôvodné koruny murív ruiny do záujmu vstupuje konštrukčné riešenie dištančného článku. Jeho výška je limitovaná počtom podlaží vnútorného priestoru pod zastrešením, poloha voči lícu muriva ruiny je stupňovaná s krajnými hodnotami predstavujúcimi mierne zapustenie dištančného článku za líce ruiny a stotožnenie rubu dištančného článku s rubom muriva ruiny. Materiálová dimenzia dištančného článku je limitovaná na dve alternatívy – plné, kedy je jeho materiál uvažovaný ako rovnaký⁴, a prázdne, kedy do záujmu vstupuje veľkosť odsadenia zastrešenia.

³ Je pravdepodobné, že pre overenie existencie tejto limitnej proporcie bude potrebné navýšiť objekt za metodickú hranicu pôvodnej výšky zachovaného objektu.

⁴ Aj originálny, aj nový materiál objektu má v solveri priradenú rovnakú výšku drsnosti. Neuvažuje sa s časťou materiálovou diverzifikáciou novej substancie od autenticky zachovanej. Sústreďenie leží na objemových parametroch geometrie zastrešenia a dištančného článku, na ktorom je zastrešenie položené.



Obrázok C.3 – Ilustrácia variácie konštrukčných detailov kontaktu zastrešenia s ruinou – charakteristický stupňovaný rozmer tvorí štvrtina hrúbky koruny muriva ruiny

C.7.4 Výber variovania a simulácie architektonickej črty, ovplyvňujúcej pôsobenie vetra na pamiatkovo chránený materiál ruiny

Na základe vyšších kapitol, navrhujúcimi metodiku výskumu dopadu zmeny proporcie a zmeny tvaru zastrešenia, a s nimi súvisiacich kapitol s výsledkami, možno predpokladať zmenu charakteru pôsobenia prúdenia vetra na pamiatkovo chránený materiál ruiny, na východiskách už zrealizovaných štúdií, alebo platných praktických výpočtových postupov. Tieto riešia pôsobenie prúdenia vetra na obálku jednotného, celistvého objektu, hranica medzi autentickým materiálom ruiny a novým, nadstavovaným, je pomyslená.

Tretí okruh tematiky variovania architektonických črt v záujme sledovania ich dopadu na zmenu pôsobenia prúdenia vetra, tvorba charakteristických detailov kontaktu zastrešenia s ruinou, problematiku pôsobenia prúdenia na obálku objektu komplikuje a hranicu medzi autentickým a novým materiálom artikuluje geometricky. Robí tak sledovaním vzťahu polohy dištančného článku k lícu muriva ruiny, alebo sledovaním vzdialenosti medzi ruinou a zastrešením. Prieskum nezachytil systematické sledovanie variovania ani jedného z daných vzťahov.

Riešenie prvých dvoch okruhov by získalo charakter overovacieho výskumu. Tretí okruh ponúka nazrieť do neriešenej problematiky interferencie v prúde okolo nízkeho pamiatkovo chráneného objektu, telesom rôzneho tvaru a pozície nad objektom - otázka, ktorá je ojedinelá nielen mierkou, ale aj motiváciou a kontextom. Z tohto dôvodu je rozsah práce sústredený práve na tretí okruh variovania architektonických črt – tvorbu charakteristických detailov kontaktu zastrešenia s ruinou.

C.8 Ploché doskové zastrešenie ako ochranný prostriedok materiálu ruiny

Postup a metodika vyhodnotenia prúdenia okolo alternatívne zastrešenej ruiny plochou strechou boli analogické prípravnej fáze simulácie prúdenia. Simulácie vetra prebiehali v prostredí softvéru ANSYS Fluent. Rozmery výpočtovej domény boli $2.6 \times 1.6 \times 4.8$ m a vychádzali z veľkosti maximálneho rozmeru idealizovaného modelu [5] v mierke, ktorá bola použitá pri kalibrácii výpočtového postupu porovnávaním výsledkov súčiniteľa exteriérového tlaku c_{pe} s experimentálnym meraním. Výpočtový mesh bol polyhedrónový s limitáciou Growth Rate a Sizing na hodnotu 1.1, s priradením podmienok Smooth Transition Inflation pre prvých päť vrstiev nad povrchom terénu, a First Layer Thickness

Inflation pre prvých päť vrstiev s hrúbkou prvej vrstvy 1 mm a Sizing 1 mm pre povrch idealizovaného modelu ruiny, aj zastrešenia. Výsledné počty uzlov meshu sa pohybovali v hodnotách 1.67-2.92 milióna, elementov 6.04-10.85 milióna⁵. Pre vstupnú oblasť bol nastavený logaritmický profil vetra s výškou drsnosti 0.179 m (0.7 m v skutočnej mierke), pre bočné a hornú rovinu výpočtovej domény symetria s nulovým gradientom, a pre povrch modelu ruiny rovnomerná drsnosť s výškou 0.5 mm a konštantou drsnosti 0.5, pre povrch terénu s výškou 1.79 mm s konštantou 0.7. Výpočtový model turbulencie bol zvolený Reynolds-averaged Navier-Stokes sstKO, simulácie prúdenia prebiehali ako tlakovo závislé bez limitáciu produkcie a korekciou krivosti, s nastavením maximálnej hodnoty residuálov 10^{-5} . Výsledky získané CFD použitím daného modelu turbulencie a vnútorných nastavení boli v dostatočnej zhode s výsledkami získanými experimentálnym meraním (Obrázok D.3).

Z matice alternatívnych zastrešení boli vybrané a simulované dve krajné vetvy A, H s minimálnym a maximálnym presahom a jedna prostredná vetva D, ktorej presah zastrešenia bol nulový a pôdorysná stopa zastrešenia bola zhodná s vonkajším obvodom ruiny. Prúdenie vetra v okolí modelov alternatívne zastrešených ruín bolo simulované v troch vybraných smeroch, posúdených ako kritických počas prípravy počítačovej simulácie prúdenia. Sledované boli hodnoty súčiniteľa exteriérového tlaku c_{pe} a súčiniteľa povrchového trenia c_f , dané vzťahmi:

$$c_{pe} = \frac{p - p_s}{\frac{1}{2} \rho v_{ref}^2} \quad (C.4)$$

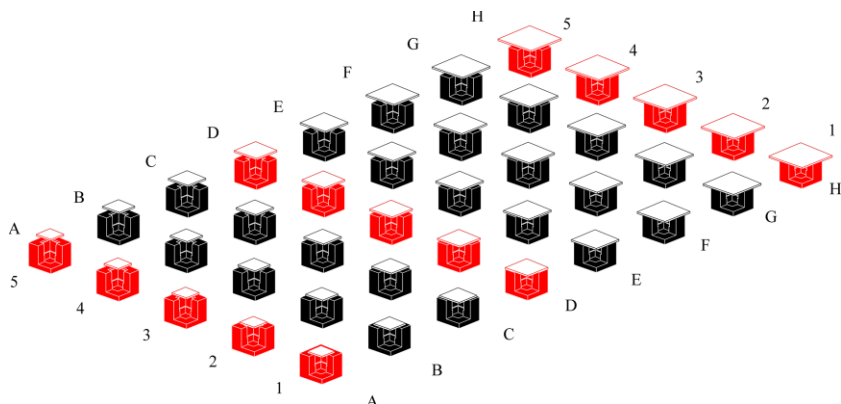
$$c_f = \frac{\tau_w}{\frac{1}{2} \rho v_{ref}^2} \quad (C.12)$$

kde p je referenčná hodnota tlaku z voľnej oblasti prúdenia [Pa], p_s hodnota lokálneho tlaku [Pa], ρ hustota vzduchu [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$] a v_{ref} referenčná rýchlosť prúdenia vetra [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$], τ_w je lokálne šmykové napätie [Pa] [9], [10], [11], [12].

Pozorované boli priemerné hodnoty sledovaných súčiniteľov na celom povrchu modelu ruiny pre celkovú ilustráciu ochrany ruiny variantom zastrešenia, a taktiež samostatne na plochách koruny muriva, ktorá je najväčšmi exponovaná a namáhaná najvyššími hodnotami negatívneho tlaku, náveternej strany, najväčšmi namáhanej pozitívnym tlakom, a záveternej strany modelu, pre metodickú úplnosť. Hodnoty v daných sledovaných oblastiach boli porovnané s hodnotami získanými simuláciou prúdenia okolo modelu ruiny bez zastrešenia. Trojica rozdielov hodnôt pozorovaných súčiniteľov, získaná simuláciou prúdenia v troch vybraných smeroch, boli pre porovnanie dopadu jednotlivých alternatív zastrešenia spriemerované.

⁵ Rôzne pootočená modelu pri simulácii viacerých prúdení vetra a rôzne veľkosti a polohy zastrešenia produkovali rôzne počty uzlov a elementov meshu.

Dopad ostatných alternatív zastrešení, nachádzajúcich sa na nevybraných vetvách matice alternatív, bol odhadnutý interpoláciou.⁶



Obrázok C.4 – Matica alternatív zastrešení, stupňujúca odsadenie a presah novej konštrukcie nad ruinou, uvažujúca minimálnu výšku nového zastrešenia; červenou vyznačené simulované linky alternatív zastrešenia

Pre posúdenie rizikovosti zastrešovania ruín v extrémnych prípadoch prúdenia vetra, ktoré by potenciálne vedelo ohroziť stabilitu celej konštrukcie, boli sledované hodnoty a distribúcia c_{pe} na hornom a dolnom povrchu doskového telesa, reprezentujúceho konštrukciu plochého zastrešenia. Podobne ako v predošlých kapitolách, aj nasledujúca tabuľka ilustruje zmeny v hodnotách $c_{pe,mean}$, získané spriemerovaním hodnôt v troch sledovaných kritických smeroch prúdenia. Hodnoty sú sledované na daných oblastiach osobitne, aj kombinovane s úmyslom odhadnúť celkové pôsobenie vetra na konštrukciu zastrešenia.

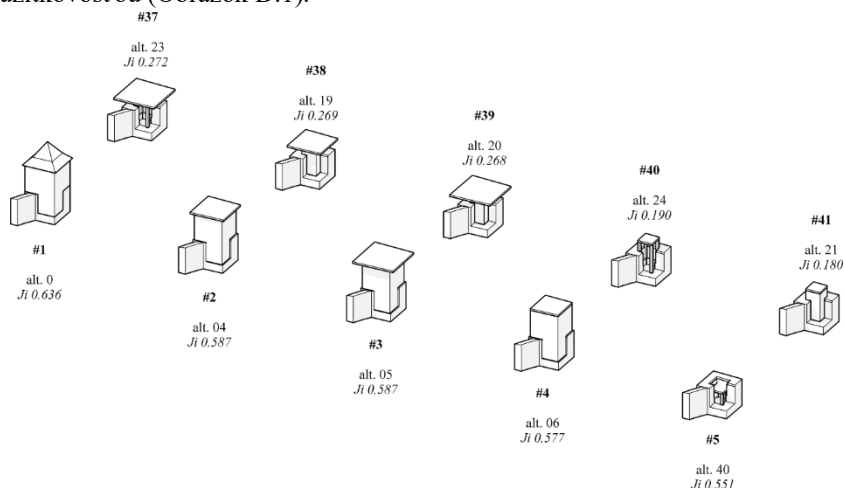
D. VÝSLEDKY PRÁCE A DISKUSIA

D.1 Pamiatkovo-architektonicko-urbanistický ukazovateľ zastrešenia juhovýchodnej veže trnavského mestského opevnenia novotvarom plochej strechy

Aj napriek najhoršej pohľadovej exponovanosti, priemernej originalite a zníženej interpretovateľnosti sa na prvej priečke podľa nastavenej systematiky umiestnila rekonštrukcia pôvodného stavu juhovýchodnej nárožnej veže trnavského mestského opevnenia, vďaka maximálnej ochrane materiálu a úžitkovosti. Na ďalších troch priečkach sa umiestnili príbuzné alternatívy novotvaru plochej strechy obnovujúce pôvodnú výšku veže na stenách mierne zapustených za líce

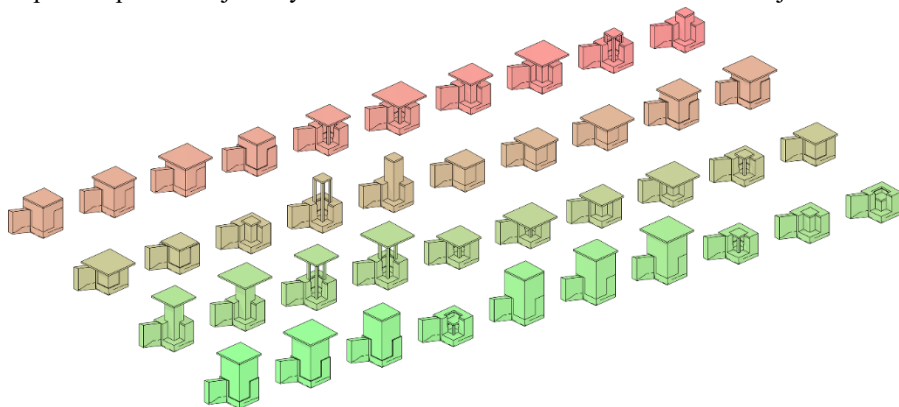
⁶ Výsledné hodnoty oboch sledovaných súčiniteľov závisia od voľby polohy referenčného bodu vo výpočtovej doméne v postprocesore výsledkov výpočtu. Pre všetky simulované alternatívy zastrešenia bola poloha tohto bodu fixná, s osadením do výšky najvyššej alternatívy zastrešenia.

pôvodných stien ruiny. Na piatej priečke je umiestnená alternatíva zapustenej strešnej konštrukcie položená na rámovej konštrukcii, schovanej v interiéri ruiny v minimálnej výške, umožňujúcej otvorenie terasy s výhľadom ponad koruny murív ruiny. Na posledných priečkach sa umiestnili alternatívy zastrešenia novej výšky tesne nad korunami murív ruiny, položené na konštrukcii vlozenej v interiéri ruiny, a teda so zvýšenou pohľadovou exponovanosťou, nižšou interpretovateľnosťou a úžitkovosťou (Obrázok D.1).



Obrázok D.1 – Skrátené vyhodnotenie dopadu novotvaru plochej strechy na juhovýchodnej nárožnej veži V10 trnavského mestského opevnenia na komplex pamiatkovo-architektonických ukazovateľov

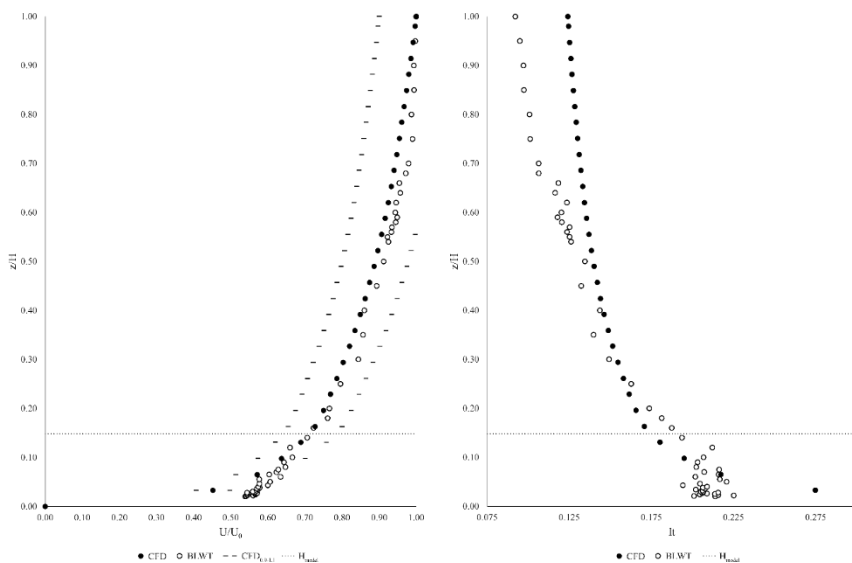
Dané výsledky vychádzajú z predpokladu rovnosti jednotlivých čiastkových ukazovateľov, kedy otázka prezentácie ruiny ako pamiatky majú rovnakú váhu ako napríklad plošno-objemový ukazovateľ úžitkovosti novovzniknutého objektu.



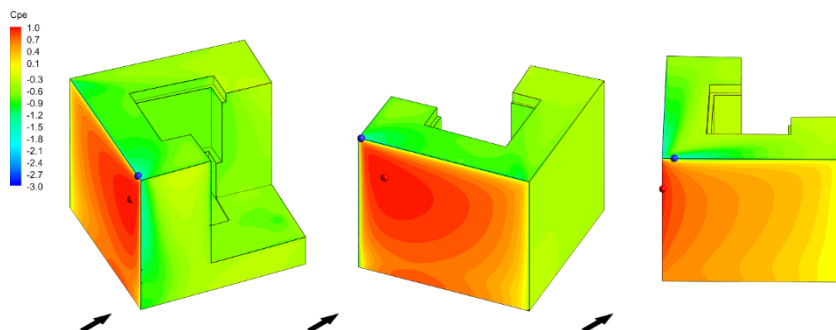
Obrázok D.2 – Zoradenie alternatív zastrešenia vybranej veže V10 plochým zastrešením podľa hodnôt výsledného PAU ukazovateľa; zelenou najvyššie hodnotené alternatívy, červenou najnižšie

D.2 Príprava počítačovej simulácie prúdenia

Výpočtový model turbulencie sstKW bol vyhodnotený ako najvhodnejší na základe štatistického vyhodnotenia hodnôt vonkajšieho súčiniteľa tlaku c_{pe} v 40 sledovaných bodoch na povrchu idealizovaného modelu vybranej ruiny, získaných experimentálnym meraním v BLWT a numerickým výpočtom v CFD, pri simulovaní ôsmich smerov prúdenia. Vhodnosť modelu turbulencie sstKW bola overená doplnkovým vyhodnotením vhodnej podrobnosti výpočtovej siete a kombinácie vnútorných nastavení jej tvorby, na základe štatistického vyhodnotenia výsledkov pochádzajúcich z rôznych kombinácií nastavení počas simulovania jedného smeru prúdenia. Na základe maximálnych, minimálnych, priemerných a stredných hodnôt vonkajšieho súčiniteľa tlaku c_{pe} na celom povrchu idealizovaného modelu ruiny, získaných výpočtom v optimalizovanom výpočtovom modeli turbulencie sstKW, boli analyzované a vyhodnotené kritické smery prúdenia 22,5°, 247,5° a 315°.



Obrázok D.3 – Výškové profile rýchlosti prúdenia U/U_0 a intenzity turbulencie It , získané výpočtom v CFD a experimentálnym meraním v BLWT



Obrázok D.4 – Ilustrácia rozloženia distribučných zón súčiniteľa vonkajšieho tlaku c_{pe} pre smery prúdenia 22.5°, 247.5° a 315°, s vyznačením miest $c_{pe,min}$ (modrá guľička) a $c_{pe,max}$ (červená guľička)

D.3 Vplyv proporcie na zmenu v prúde

Ťažisko dizertačnej práce neleží na exaktnom zodpovedaní tejto nastolenej čiastkovej výskumnej otázky. Praktické mantinely pri úvahách nad touto otázkou však možno nájsť v Tab. 1.4.1 v [9] a v Obrázok 7.5 a Tabuľke 7.1 v [13], ktoré odporúčajú hodnoty súčiniteľa vonkajšieho tlaku c_{pe} pre vybrané typy pravouhlých budov. Tieto paralely však riešia otázku distribúcie súčiniteľa vonkajšieho tlaku plošne pre celé strany obálky objektu, bez bližšieho záujmu pre jej vybranú časť, v tomto prípade pamiatkovo chránenú.

D.4 Vplyv tvaru na zmenu v prúde

Podobne ako pri predošlej kapitole, aj táto čiastková otázka ostáva exaktne nezodpovedaná, nakoľko je práca sústredená na tretí parameter, ovplyvňujúci prúdenie architektonickej mierke, riešený v ďalšej kapitole.

Distribúciu a odporúčané hodnoty súčiniteľa vonkajšieho tlaku c_{pe} pre plochu zastrešeni rôznych tvarov sa intenzívne venuje Eurokód 1⁷. Podobne ako referenčné materiály predošlej kapitoly, aj tento materiál rieši tému z pohľadu svojej záujmovej plochy samotného zastrešenia. Dopad tvarovania zastrešenia na zmenu distribúcie, či hodnôt c_{pe} na iných oblastiach objektu v materiáli ilustrovaný nie je. Oprávnený záujem o túto tému odôvodňuje profesor Milan Bielek: „S rastúcim sklonom šikmej strechy klesá maximálne sanie na streche ...pri sklone strechy v intervale $30^\circ < \theta < 45^\circ$ sa tlak na náveternej strane strechy stáva pozitívnym.“ [14] Predpokladá sa teda určitý sklon strechy, od ktorého je významnejšou mierou ovplyvňovaná distribúcia a hodnoty c_{pe} aj na náveternej a záveternej strane objektu.

⁷ Ploché, pultové, sedlové, valbové, viacpoľové, valcové strechy sú predmetom obsahu kapitol 7.2.3-7.2.8 v [13].

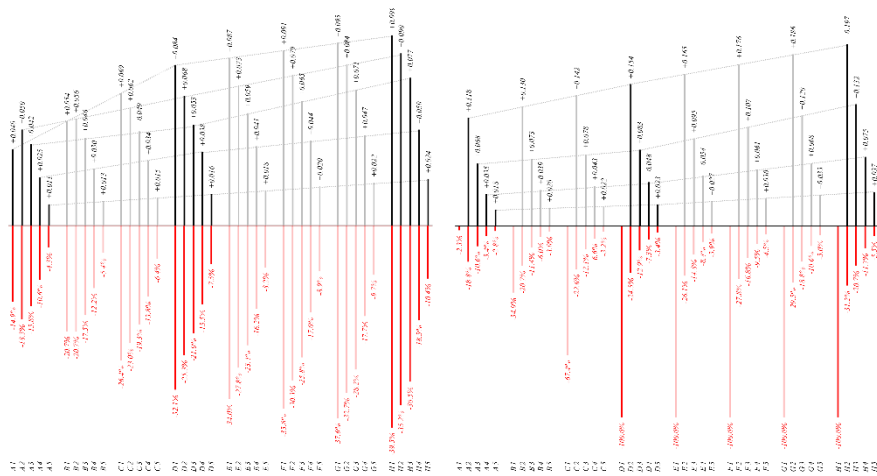
D.5 Vplyv charakteristických detailov kontaktu zastrešenia s ruinou na zmenu v prúde

Ilustrované zmeny v hodnotách $c_{pe,mean}$ a $c_{f,mean}$ vychádzajú z priemeru hodnôt zmien sledovaných pri troch vybraných smeroch prúdenia. Charakter vývoja zmien v závislosti od veľkosti odsadenia zastrešenia od ruiny, alebo veľkosti jeho presahu, je odvodený zo simulácie prúdenia okolo troch z ôsmich vetiev alternatív zastrešenia, nastavených maticou alternatív.

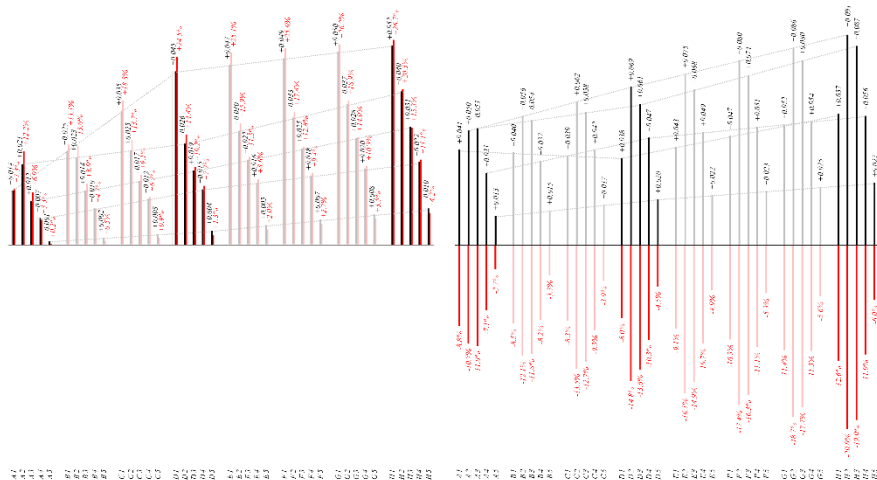
Pri snahe vyhodnotiť optimálnu alternatívu zastrešenia z hľadiska pozorovaných zmien v hodnotách sledovaných súčiniteľov je dôležité mať na zreteli pôvodné priemerné hodnoty súčiniteľov pri východiskovom stave ruiny bez zastrešenia. Na celkovom povrchu modelu a v oblastiach koruny a závetria, v ktorých hodnoty $c_{pe,mean}$ dosahujú negatívne hodnoty, vítané sú kladné zmeny. Na oblasti náveternej strany modelu, kde hodnoty $c_{pe,mean}$ dosahujú kladné hodnoty, sú naopak žiadané záporné zmeny. Z hľadiska sledovaných hodnôt $c_{f,mean}$ sú ako pozitívne hodnotené záporné zmeny. V percentuálne vyjadrených sledovaných zmenách sú vítané teda negatívne hodnoty.

Z pohľadu hodnôt $c_{pe,mean}$ na celom povrchu modelu ruiny sa ako vhodnejšie javia alternatívy zastrešenia s priamym kontaktom s ruinou s čím väčším presahom, i keď na náveternej strane modelu ruiny zhoršujú hodnoty $c_{pe,mean}$ a na záveternej strane modelu, plošne najväčšej oblasti obálky modelu ruiny, nevyvolávajú najväčšie pozitívne zmeny v hodnote $c_{pe,mean}$. Z pohľadu hodnôt $c_{f,mean}$ sa vhodnosť týchto alternatív zastrešenia potvrdzuje.

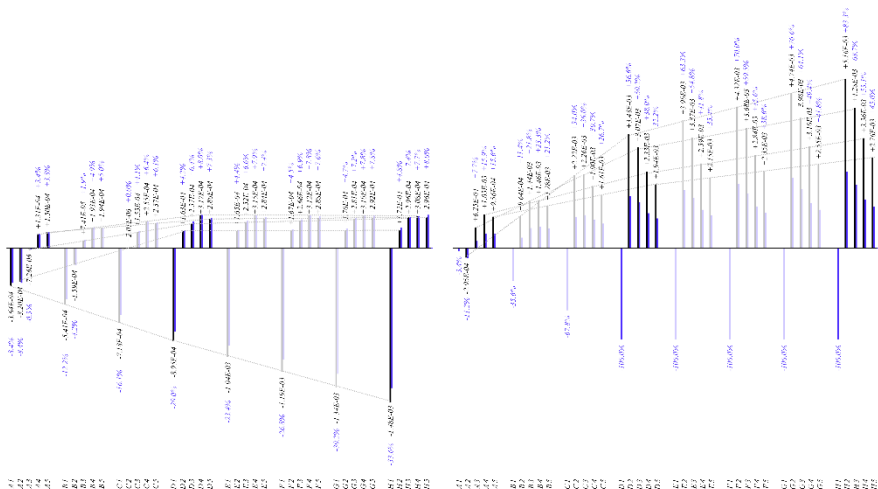
V prípade, ak nie je metodicky možné ruinu zastrešiť s priamym kontaktom zastrešenia s ruinou, sa z pohľadu hodnôt $c_{pe,mean}$ ako vhodnejšie javia alternatívy čím bližšie osadené ku korune muriva ruiny s čím väčším presahom. Tieto alternatívy však môžu byť kontroverzné z pohľadu súčiniteľa $c_{f,mean}$ celoplošne na povrchu modelu ruiny, no najmä na korune muriva ruiny, na ktorej sledujeme významnú negatívnu zmenu v hodnotách. Pôvod tohto fenoménu je interpretovaný v manipulácii smeru prúdenia v lokalite medzi korunou muriva a zastrešením, kde prúdnice naberajú paralelný smer s povrchom modelu (Obrázok D.12).



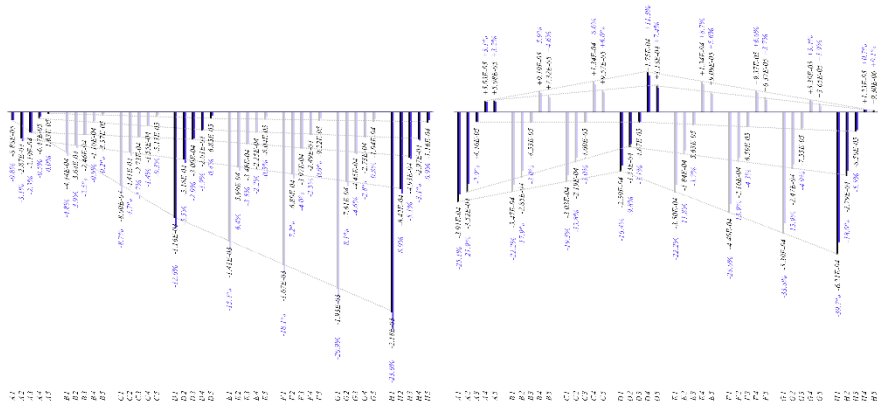
Obrázok D.5 – Histogram priemerných zmien v hodnotách $c_{pe,mean}$ na celom povrchu modelu ruiny (vľavo) a na komách muriva ruiny (vpravo)



Obrázok D.6 – Histogram priemerných zmien v hodnotách $c_{pe,mean}$ na náveterných (vľavo) a záveterných (vpravo) plochách povrchu modelu ruiny



Obrázok D.7 – Histogram priemerných zmien v hodnotách $c_{f,mean}$ na celom povrchu modelu ruiny (vľavo) a na korúnach muriva ruiny (vpravo)

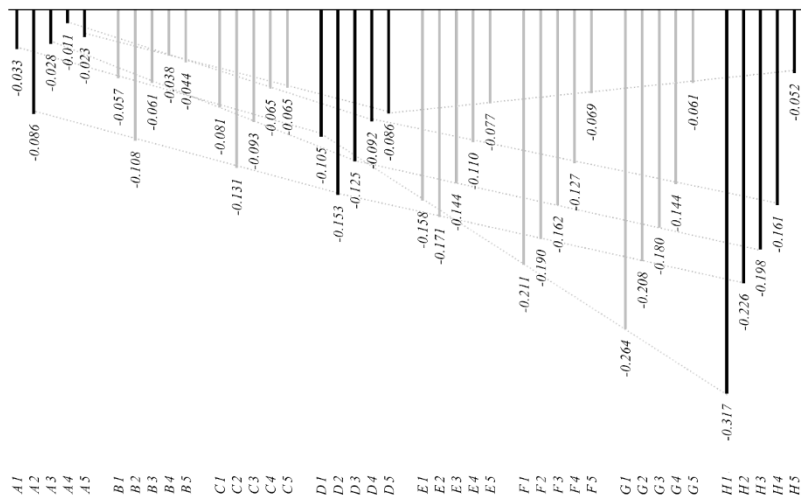


Obrázok D.8 – Histogram priemerných zmien v hodnotách $c_{f,mean}$ na náveterných plochách povrchu modelu ruiny

S úmyslom odhadnúť celkové pôsobenie vetra na konštrukciu zastrešenia Obrázok D.9 zobrazuje histogram rozdielov hodnôt $c_{pe,mean}$ na hornej a dolnej strane doskového zastrešenia. Vety A, D alternatív zastrešení poukazujú výraznejšie nárasty hodnôt medzi alternatívami 1 a 2, kedy sa konštrukcia strechy odsádza od ruiny. Najvýznamnejšie hodnoty však sledujeme na vetve H, výnimočne na alternatíve zastrešenia H1 $c_{pe,mean} -0.317$, ktoré je v priamom kontakte s ruinou.

Výpovednú ilustráciu ponúka aj Obrázok D.10, ktorý zobrazuje distribúcie c_{pe} na zastrešení alternatív A1, D1, H1, A2, D2 a H2. Vysvetľuje výrazné navýšenie rozdielov medzi hornou a dolnou stranou doskového zastrešenia pri alternatívach H,

kde sledujeme vývoj oblasti na spodnej strane previsu zastrešenia nad náveternou stranou s pozitívnymi hodnotami c_{pe} . Tie nielen dvíhajú celkové priemerné hodnoty a zhoršujú celkové pôsobenie vetra na zastrešenie, sledované na Obrázok D.9, ale taktiež vytvárajú lokálne potenciálne riziko podoberania zastrešenia prúdom a jeho odtrh.



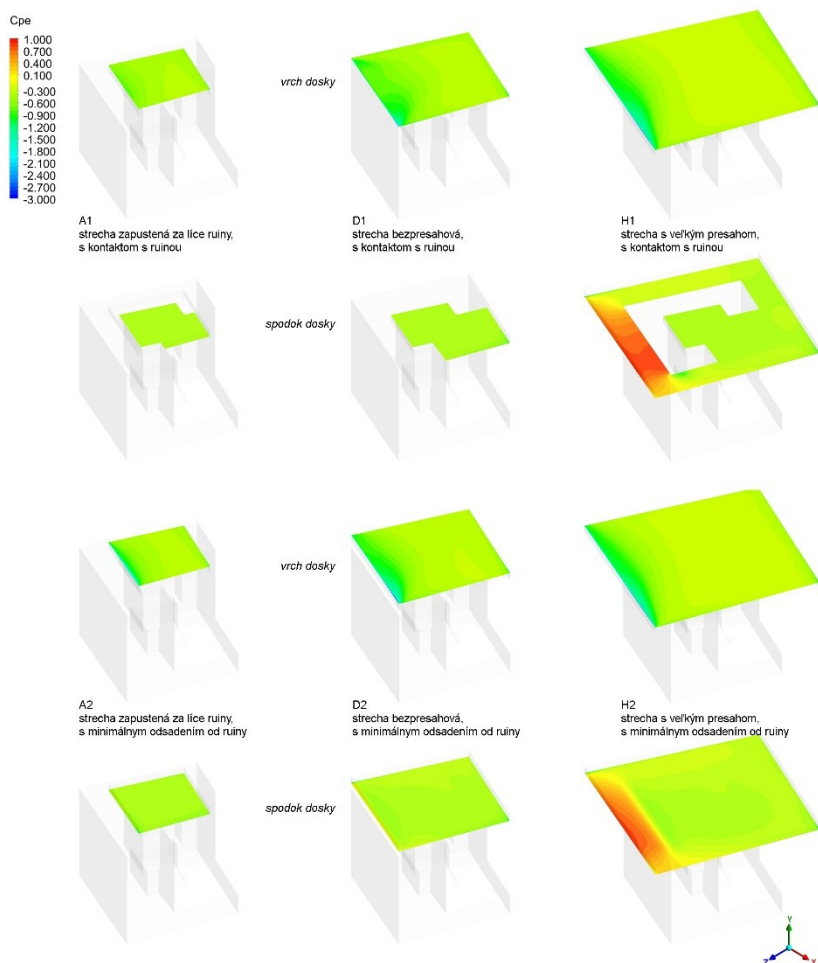
Obrázok D.9 – Histogram rozdielu hodnôt $c_{pe,mean}$ na hornej a dolnej strane doskového zastrešenia nad ruinou

D.6 Zhrnutie výsledkov práce

D.6.1 Syntéza dosiahnutých výsledkov

V kapitole D.1 sa alternatívy plochých zastrešení, s výškou osadenia okolo autenticky zachovanej výške zastrešovanej ruiny, síce ocitli na nižších priečkach ako alternatívy rekonštruujúce pôvodnú výšku veže, pri sústredení na tieto alternatívy možno rozoznať optimálnejšie alternatívy, na základe dosiahnutého PAU ukazovateľa J_i .⁸ Ako najoptimálnejšie z vybraných alternatív sa javia alternatívy plne zapustené za koruny muriva ruiny, alebo stotožnené s výškou koruny bez jej prekrytia, vďaka vysokým hodnotám čiastkových ukazovateľov originality, interpretovateľnosti a pohľadovej exponovanosti (alternatívy 40, 38, 37, 39 s hodnotami J_i od 0.551 po 0.456). Nižšie sa nachádzajú alternatívy s výškou zastrešenia stotožnenou s výškou ruiny, avšak s prekrytím koruny, ktoré síce dosahujú vyššie hodnoty čiastkových ukazovateľov ochrany materiálu, ale zároveň klesajú ukazovatele originality. Na posledných priečkach sa nachádzajú zastrešenia so zastrešením osadeným do neautentickej výšky – teda ani výšky zachovaného originálu, ani pôvodnej výšky veže (Obrázok D.2).

⁸ Pozri Tabuľku A.4.1 Zoradenie variantov zastrešenia ruiny plochou strechou podľa hodnoty PAU ukazovateľa J_i v prílohách práce.

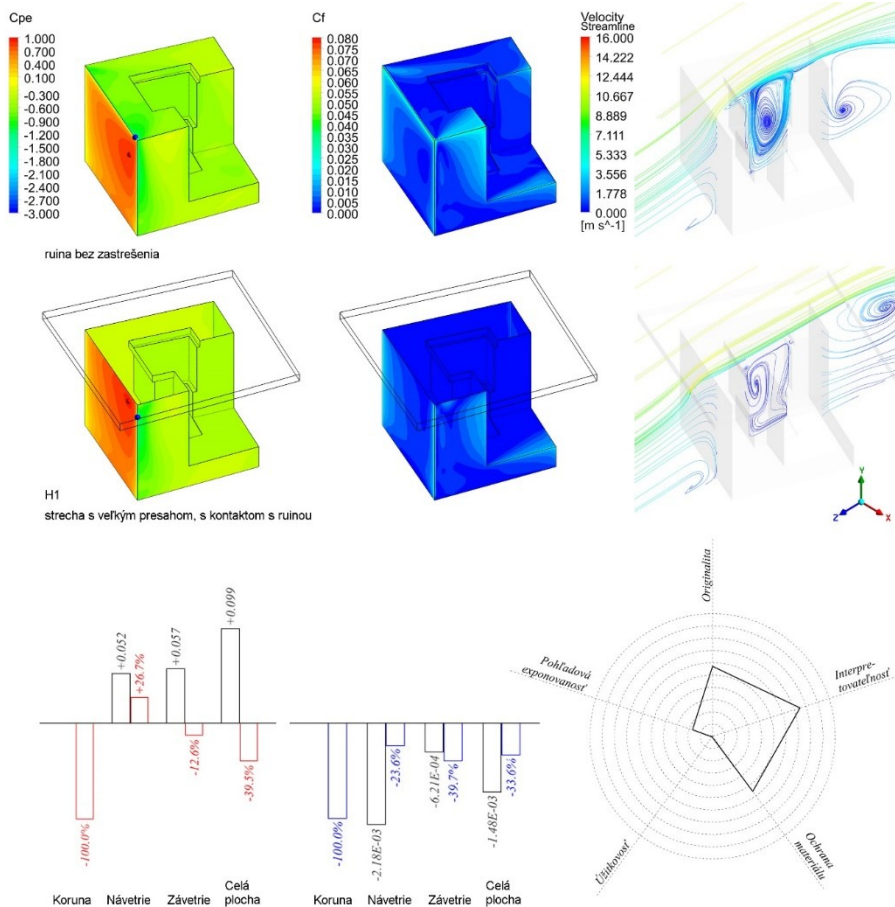


Obrázok D.10 – 3D ilustrácie distribúcie súčiniteľa vonkajšieho tlaku c_{pe} , pre simulovaný smer prúdenia 22.5° (opačný smer osi z)

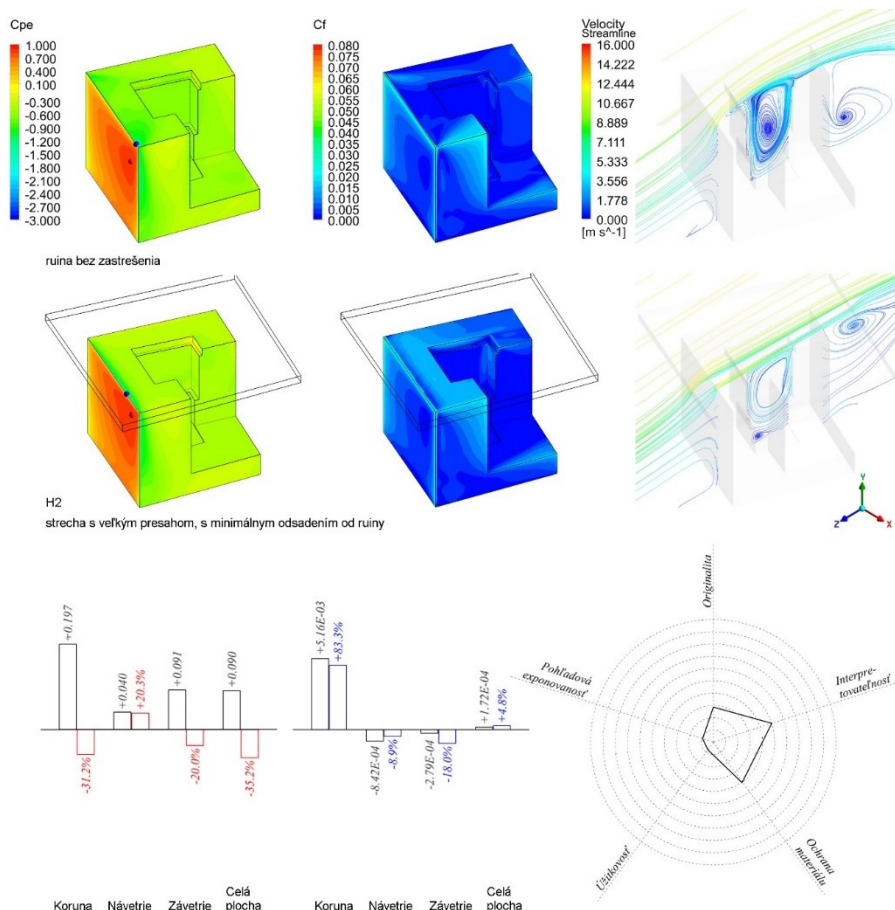
Najoptimálnejšie z nízkych zastrešení ruiny plochou strechou, podľa hodnot PAU ukazovateľa J_i , nastavená metodika stupňovania výšok osadenia zastrešení simulovaných v kapitole C.8 nezasiahla. Uvažovala nad ochrannou efektivitou iba alternatív prekrývajúcich koruny muriva, v okolí ktorých umiestnila medzikroky v rozmeroch odsadenia a presahu zastrešenia.

V tejto kapitole, z hľadiska sledovania pôsobenia vetra na povrch ruiny, sa javia ako vhodnejšie alternatívy zastrešenia 1 s priamym kontaktom zastrešenia s ruinou. Ak by bolo metodicky nemožné ruinu zastrešiť bezprostredne, menšie veľkosti odsadenia sa javia ako vhodnejšie, i keď zhoršujú pôsobenie vetra v miestach koruny muriva zmenami smeru prúdenia. Väčšie veľkosti odsadenia

zastrešenia od ruiny nielen zmiernujú sledovaný pozitívny dopad na prúdenie vetra, ale taktiež umiestňujú zastrešenia do metodicky neatraktívnych výšok, ako bolo spomenuté v predošlom odstavci (Obrázok D.11), (Obrázok D.12).



Obrázok D.11 – Zhrnutie alternatívy zastrešenia H1;
hore porovnanie distribúcie súčiniteľov C_{pe} , C_f a prúdnic v zvislej stredovej rovine,
dole histogramy s hodnotami zmien v $C_{pe,mean}$ a $C_{f,mean}$ a radarový graf PAU ukazovateľa



Obrázok D.12 - Zhmutie alternatívy zastrešenia H2;

hore porovnanie distribúcie súčiniteľov c_{pe} , c_f a prúdnic v zvislej stredovej rovine, dole histogramy s hodnotami zmien v $c_{pe,mean}$ a $c_{f,mean}$ a radarový graf PAU ukazovateľa

Väčšie presahy umiestňovali z hľadiska PAU ukazovateľa alternatívy na nižšie priečky kvôli zhoršovaniu čiastkového ukazovateľa pohľadovej exponovanosti.⁹ Z hľadiska sledovaného súčiniteľa vonkajšieho tlaku c_{pe} generovali pozitívnejšie zmeny ako presahy menšie,¹⁰ i keď ich dopad na povrch ruiny z hľadiska súčiniteľa povrchového trenia c_f je menej čitateľný.¹¹ Presahy vytvárajú taktiež risk v ochrane ruiny vo vytváraní zón nad náveternou stranou ruiny

⁹ Porovnaj napríklad umiestnenie alternatív 22, 23 a 34, 35 v *Tabuľke A.4.1 Zoradenie variantov zastrešenia ruiny plochou strechou podľa hodnoty PAU ukazovateľa J_1* v prílohách práce.

¹⁰ Porovnaj alternatívy H a D na Obrázok D.5 a ďalších.

¹¹ Pozri Obrázok D.7 a ďalšie.

s kombinovaným pôsobením tlaku na spodnej strane a sania na hornej strane presahu (Obrázok D.10).

D.6.2 Konfrontácia dosiahnutých výsledkov

Ak sa ruina zastrešuje doskovým typom plochého zastrešenia, ako vyhovujúcejšie sa javí osadiť zastrešenie s priamym kontaktom, alebo čím bližšie ku korune murív, ideálne s presahom zastrešenia. Integrovanie iných čiastkových ukazovateľov, alebo predstavenie váhového súčiniteľa do vyhodnotenia PAU ukazovateľa, by vedelo toto zhrnutie posunúť iným smerom a ako optimálnejšie ukázať alternatívy iné. Doplnenie riešenia otázky vplyvu tvarovania detailov kontaktu ruiny so zastrešením o varianty s rekonštruovanou výškou veže by overilo percentuálne hodnoty zmien v pôsobení vetra sledovaných na nízkom plochom zastrešení, zároveň by doplnilo obraz o optimálnosti variantov zastrešenia rekonštruujúcich pôvodnú výšku veže, naznačený dosiahnutými hodnotami PAU ukazovateľa. Zodpovedanie otázky vplyvu proporcie na prúdenie vetra by rozšírilo diskusiu a vnieslo tému ochrany materiálu k principiálnym otázkam nadstavovania ruín o nové podlažia, zároveň v najnižších alternatívach by vedelo zodpovedať otázku konštrukčného riešenia dištančného článku zastrešenia (v extrémoch plný-prázdny).

Všeobecná aplikovateľnosť dosiahnutých výsledkov je výrazne obmedzená stanovenými limitami navrhovania zastrešení v kapitole C.2, zvolením typologického pôvodu ruín obranných veží so štíhlymi proporciami, či výberom konkrétnej reprezentatívnej lokality v kapitole C.3 nárožnej veže trnavského mestského opevnenia, dosahujúcej takmer kockové proporcie. Práca síce potenciálne ilustruje stanovené otázky na najcitlivejších objektoch z hľadiska pôsobenia deštrukčných mechanizmov, na iných objektoch s inými proporciami a výškami by pravdepodobne boli sledované iné aerodynamické javy, produkujúce odlišné výsledky.

Uvažovaním typológie zastrešení ruín vložených do ruiny, tzv. kontajnerov, by sa otvorila otázka efektivity ochrany materiálu ruiny aj týmito typmi zastrešenia. PAU ukazovateľ umiestnil zastrešenia schované za korunami muriva ruiny na vyššie priečky ako alternatívy, ktoré boli predmetom simulácie prúdenia v tejto práci. Túto otázku by bolo vhodné zodpovedať na reprezentatívnej ruine s rozsiahlejším interiérovým priestorom, akým disponuje zvolená veža trnavského mestského opevnenia.

E. ZÁVER

E.1 Vyhodnotenie cieľov práce

Cieľ práce č. 1: Vytvorenie holistického ukazovateľa, zhodnocujúceho alternatívy zastrešenia ruiny na základe multikriteriálnych požiadaviek, a jeho aplikácia a ilustrácia na vybranom príklade ruiny; **práca naplnila.**

Bol vytvorený pamiatkovo-architektonicko-urbanistický ukazovateľ. Zhodnocoval alternatívy zastrešenia ruiny na základe piatich čiastkových ukazovateľov – pohľadovej exponovanosti, originalite, interpretovateľnosti,

ochrany materiálu a úžitkovosti. Pohľadová exponovanosť predstavuje mieru ochrany urbanistických pamiatkových hodnôt, kedy väčšmi exponované nové zastrešenie a ním vytvárané objemy sú hodnotené negatívne, nakoľko narušajú zažitý obraz ruiny z diaľkových pohľadov. Ukazovateľ originality a interpretovateľnosti predstavuje mieru ochrany architektonických pamiatkových hodnôt ruiny. Originalita hodnotí mieru manipulácie s ruinálnou siluetou a jej následnou čitateľnosťou, kedy pozitívnejšie sú alternatívy zastrešenia, ktoré autetnticky zachovávajú siluetu ponechávajú čitateľnú. Interpretovateľnosť hodnotí zastrešenie na základe jeho polohy, referencovanej k informácii o polohe pôvodného zastrešenia pred jeho zánikom, kedy pozitívnejšie sú hodnotené alternatívy zastrešenia, ktoré sa danej polohe približujú. Ukazovateľ ochrany materiálu zjednodušene predstavuje mieru ochrany fyzickej substancie ruiny, kedy pozitívne sú hodnotené alternatívy zastrešenia, čím väčšmi prekrývajúce ruinu vlastnými konštrukciami, alebo ich presahmi. Ukazovateľ úžitkovosti zjednodušene predstavuje ekonomickú atraktivitu alternatív zastrešenia, ktoré zhodnocuje z hľadiska veľkosti úžitkových plôch a objemov, vytvorených pod nimi.

Pamiatkovo-architektonicko-urbanistický ukazovateľ bol aplikovaný na architekto-nizovanej ruine nárožnej juhovýchodnej veže V10 systému mestského opevnenia v Trnave, ktorá sa nachádza v areáli mestského amfiteátra v blízkosti Západoslovenského múzea. Aplikácia dokázala identifikovať optimálnejšie alternatívy zastrešenia a obnovy ruiny, na základe stanovených determinantov. Na prvých priečkach sa okrem alternatív rekonštruujúcich pôvodnú výšku veže umiestnili aj alternatívy zastrešenia s minimálnou výškou, osadené v interiéri ruiny.

Cieľ práce č. 2: Ilustrácia metodiky uvažovania nad zastrešením ruiny ako ochranným prostriedkom pred pôsobením atmosférických deštrukčných činiteľov na sledovaní dopadu zastrešenia na zmenu vplyvu prúdenia vetra na materiál vybranej ruiny ako jeden z významných atmosférických deštrukčných činiteľov; **práca naplnila.**

Zastrešenie ruiny ovplyvňuje prúdenie vetra v architektonickej mierke zmenou proporcie ruiny ako obtekaného objektu, zmenou tvaru, vytváraním spektra arcitektonicko-konštrukčných detailov v miestach kontaktu zastrešenia s ruinou a využívaním škály stavebných materiálov obalových konštrukcií. Dané črty úzko súvisia s voľbou typológiou zastrešenia ruiny, súvisiaceho s jeho polohou voči ruine, a s geometriou samotnej ruiny, súvisiacou s typológiou objektu, z ktorého ruina vznikla a s mierou jej zachovania.

Práca uvažuje s typológiou ochranných konštrukcií položených priamo na ruine. Dané veličiny práca alternuje v mierke architektonickej štúdie, stupňovaním daností geometrie ako zastrešenia, tak aj dištančného článku, na ktorom v istých výškach môže byť zastrešenie položené. Úlohu práca abstrahuje o problematiku využívania škály stavebných materiálov, ktoré ovplyvňujú prúdenie v najmenšej mierke v lokalitách kontaktu prúdu s obalovými konštrukciami. Alternatívy zastrešenia sú týmto vytvárané na základe stupňovania geometrie

zastrešenia – tvaru, sklonu, orientácie, presahu; a geometrie dištančného článku – výšky rímsy a polohy voči lícu steny ruiny.

Práca uvažuje s vybranou architektonizovanou ruinou nárožnej juhovýchodnej veže V10 systému mestského opevnenia v Trnave. Jedná sa o hranolovú vežu s pôdorysnou základňou takmer štvorcových rozmerov, zachovanú vo vysokých múroch bez zachovania pôvodnej rímsy veže, s deštruovaným vnútorným rohom takmer po úroveň terénu, s napojením zvyškov severnej kurtíny. Dostupná informácia o pôvodnom stave veže zahŕňa jej pôvodnú výšku, podlažnosť a ihlanový tvar zastrešenia. Vybraná lokalita limitovala množstvo variantov zastrešenia využitím plochého zastrešenia pri obnove dvoch veží systému mestského opevnenia, ktoré náznakovo rekonštruujú pôvodné výšky veží.

V záujme sústredenia sa na sledovanie dopadu zastrešenia na zmenu vplyvu prúdenia vetra na ruinálny materiál práca abstrahovala skutočnosti urbanistického kontextu – konfiguráciu terénu, okolitú zástavbu a zeleň, kurtínu, napojenú na vybranú ruinu veže zo severnej strany, ktoré spolu vytvárajú interferencie v smere prúdenia, špecifické pre danú lokalitu; a skutočnosti architektonické – otvory štrbinových strielní a dimenziu stavebného materiálu, ktorá bola abstrahovaná aj pri tvarovaní zastrešenia vyššie. Zo štyroch črt zastrešenia ruiny, ovplyvňujúcich prúdenie vetra v architektonickej mierke, práca vyberá vytváranie spektra arcitektonicko-konštrukčných detailov v miestach kontaktu zastrešenia s ruinou. Dopad zastrešenia na zmenu vplyvu prúdenia vetra ilustruje na variante plochého zastrešenia, konkrétne nízkeho doskového typu. Tento variant práca alternuje vo veľkostiach odsadenia zastrešenia od ruiny – výšky prázdneho dištančného článku; a vo veľkostiach presahu zastrešenia voči lícu muriva ruiny.

Práca prúdenie vetra simuluje v počítačovom prostredí, ktorého výpočtovú metodiku validuje a kalibruje experimentálnym meraním vo veternom tuneli. Vplyv prúdenia vetra na ruinálny materiál sleduje na zmenách distribúcie a zmenách v hodnotách súčiniteľa vonkajšieho tlaku c_{pe} , reprezentujúceho normálovú silu k povrchu ruiny, a súčiniteľa povrchového trenia c_f , reprezentujúceho paralelnú silu k povrchu ruiny.

Cieľ práce č. 3: Kvantifikácia zmien dopadu prúdenia vetra, vyvolanými manipuláciou s vybranou architektonickou črtou zastrešenia ruiny; **práca naplnila.**

Zmeny v prúde vetra boli ilustrované na distribúcii a hodnote súčiniteľa vonkajšieho tlaku c_{pe} a súčiniteľa povrchového trenia c_f , na vybranom variante plochého doskového zastrešenia v rôznej výške nad ruinou, s rôznymi veľkosťami presahov. Dopad alternatívy zastrešenia bol kvantifikovaný hodnotou priemernej zmeny v sledovaných súčiniteľoch $c_{pe,mean,diff}$ a $c_{f,mean,diff}$, získanej spriemerovaním troch rozdielov v hodnotách, získaných simuláciou prúdenia v troch kritických smeroch, a porovnaním nového, alternatívne zastrešeného stavu ruiny, so stavom súčasným, bez zastrešenia. Prezentované výsledky vychádzajú zo sledovania priemerných hodnôt súčiniteľov na plochách koruny muriva ruiny, na náveternej a záveternej strane, a na ploche celého povrchu ruiny.

Z pohľadu c_{pe} najväčšie zmeny vyvolávali alternatívy zastrešenia s priamym kontaktom s ruinou, alebo čím bližšie odsadené od ruiny, s čím väčším presahom zastrešenia. Najväčšie pozitívne hodnotené zmeny $c_{pe,mean,diff} = (-100\%)$ predstavujú absolútne prekrytie plochy koruny muriva zastrešením. Druhá najväčšia hodnota $c_{pe,mean,diff} = +0.197 (-31.2\%)$ je vyvolaná alternatívou zastrešenia s najväčším presahom, odsadeným od ruiny 0.5 m, na korune muriva ruiny. Najväčšia negatívne hodnotená zmena $c_{pe,mean,diff} = +0.052 (+26.7\%)$ je vyvolaná alternatívou zastrešenia s najväčším presahom s priamym kontaktom s ruinou na náveternej ploche ruiny.

Najväčšia pozitívne hodnotená zmena $c_{f,mean,diff} = -2.18 \cdot 10^{-3} (-23.6\%)$ je sledovaná pri alternatíve zastrešenia s najväčším presahom s priamym kontaktom s ruinou na náveternej ploche ruiny. Najväčšia negatívne hodnotená zmena $c_{f,mean,diff} = +5.16 \cdot 10^{-3} (+83.3\%)$ je vyvolaná alternatívou s najväčším presahom strechy, odsadenou od ruiny, na ploche koruny muriva ruiny.

Cieľ práce č. 4: Diskusia nad výsledkami kvantifikácie zmien dopadu prúdenia vetra v snahe identifikovať najoptimálnejšiu alternatívu zastrešenia z hľadiska ochrany jej materiálu; **práca naplnila čiastočne.**

Najpozitívnejšie hodnotené zmeny vyvolávali alternatívy zastrešenia s priamym kontaktom s ruinou, výraznejšie však zvyšovali negatívne hodnotené zmeny v pozitívnom tlaku na náveternej strane ruiny a nespôsobovali najväčšie pozitívne hodnotené zmeny v negatívnom tlaku na záveternej strane ruiny, v porovnaní s alternatívami zastrešenia odsadenými od ruiny. Odsadené alternatívy generovali pozitívne hodnotené zmeny v hodnotách záporného tlaku na plochách koruny muriva ruiny, ktoré sa zväčšovali poklesom vzdialenosti zastrešenia od ruiny. Taktiež však generovali negatívne hodnotené zmeny v hodnotách súčiniteľa povrchového trenia.

Zväčšovanie presahov strechy pred líce muriva ruiny generovalo pozitívnejšie zmeny, avšak za vytvárania rizika v ochrane ruiny pri extrémnom evente prúdenia vetra, vo vytváraní zón nad náveternou stranou ruiny s kombinovaným pôsobením tlaku na spodnej strane a sania na hornej strane presahu zastrešenia.

Ako najzaujímavejšie zo simulovaných zastrešení práca vyhodnotila dve alternatívy – alternatívu s priamym kontaktom zastrešenia s ruinou s najväčším presahom a alternatívu najmenej odsadenú od ruiny s najväčším presahom.

E.2 Zhrnutie prínosov práce

Prínos do teórie pamiatkovej starostlivosti o ruiny práca prináša v započatí kvantifikovania dopadu zastrešenia ruiny na zmenu vplyvu prúdenia vetra ako jedného z významných atmosférických deštruktívnych činiteľov a hlavným distribútorom iných činiteľov. Práca nesie prínos vytvorením metodiky posudzovania alternatív zastrešenia ako ochranného prostriedku pred vetrom. Stupňuje architektonické črty zastrešenia v mierke architektonickej štúdie, v záujme otvorenia neskoršieho potenciálu implementácie úvah nad dopadom zastrešenia na narušený materiál ruiny počas predprojektovej prípravy obnovy ruiny. Robí tak

v kultúrnom kontexte, obhajujúcom vznik zastrešenia ruiny najmä z dôvodov ochrany jej materiálu, a v kontexte očakávanej klimatickej zmeny krajiny, ktorá predpokladá častejší výskyt a väčšie intenzity víchric, búrok a daní spojených s vetrom hnaným dažďom.

Drobný prínos do teórie aerodynamiky prináša práca sledovaním zmien hodnôt a distribúcie súčiniteľa vonkajšieho tlaku c_{pe} a súčiniteľa povrchového trenia c_f , vyvolaných rôznou vzdialenosťou doskového telesa nad nízkym objektom takmer kockových proporcií. Práca analyzuje manipuláciu s ruinálnou siluetou zastrešením, z hľadiska ovplyvňovania prúdenia vetra, rôznymi architektonickými črtami zastrešenia. Práca taktiež ilustruje dôležitosť validácie výsledkov simulácií prúdenia vetra použitím inej metódy výskumu pri využívaní simulácií v pamiatkovom kontexte.

Praktický prínos práce spočíva vo vytvorení a aplikovaní holistického ukazovateľa zhodnocujúceho alternatívy zastrešenia ruiny, v snahe efektívne ilustrovať multikriteriálne požiadavky, kladené spektrom profesií, angažovaných do interdisciplinárneho procesu obnovy, a v snahe uľahčiť komunikáciu medzi nimi.

Vedecký prínos práce spočíva vo vytvorení metodiky systematického tvarovania zastrešenia ruiny, z hľadiska prúdenia vetra, a následnej aplikácii metodiky validovanej veternej simulácie, ktoré spolu ilustrujú metodiku zhodnocovania zastrešenia ako ochranného prostriedku pred pôsobením vetra, aplikovateľnú aj v ďalších riešeniach úloh podobného charakteru. Taktiež otvárajú potenciál úvah nad efektívnosťou ochrany materiálu ruiny zastrešeniami aj pred inými atmosférickými deštruktívnymi činiteľmi, ako integrálnou súčasťou celostvej ochrany narušeného materiálu ruiny a kategorizácie zastrešení ako ochranných prostriedkov.

E.3 Odporúčanie pre ďalší výskum

Ilustrovaný pamiatkovo-architektonicko-urbanistický ukazovateľ, holisticky zhodnocujúci varianty zastrešenia ruiny, aplikovaný na vybranej architektonizovanej ruine juhovýchodnej nárožnej veže trnavského opevnenia, je potrebné aplikovať na objekt iného typologického pôvodu s inými priestorovými parametrami. Ostáva diskutabilné, či by tento ukazovateľ mal uvažovať viac čiastkových ukazovateľov a či by mal tieto vyhodnocovať s uvažovaním rovnakého váhového súčiniteľa.

Ilustrované zmeny v hodnotách $c_{pe,mean,diff}$ a $c_{f,mean,diff}$, vyvolané alternatívami doskového plochého zastrešenia, vychádzajú z priemeru hodnôt zmien sledovaných pri troch vybraných smeroch prúdenia. Charakter vývoja zmien v závislosti od veľkosti odsadenia zastrešenia od ruiny, alebo veľkosti jeho presahu, je odvodený zo simulácie prúdenia okolo troch z ôsmich vetiev alternatív zastrešení, nastavených maticou alternatív. Doplnenie simulácie o ostatné smery prúdenia z veternej ružice a ostatné vetvy alternatív zastrešení by viedlo k overeniu, alebo korekcii hodnôt a charakteru vývoja zmien sledovaných súčiniteľov. Z tohto hľadiska by zmysluplné bolo doplnenie simulácií o vetvy alternatív zastrešení B, C, ktoré by upresnili vývoj zmien sledovaných súčiniteľov medzi maximálnym zapustením obvodu zastrešenia za líce muriva ruiny a nulovým presahom zastrešenia. Podobne zaujímavé by bolo

doplnenie medziľahlých hodnôt odsadenia zastrešenia od ruiny medzi alternatívu 1 s priamym kontaktom zastrešenia s ruinou a 2 s veľkosťou odsadenia zastrešenia od ruiny 0.5 m, nakoľko v oblasti týchto alternatív je možné najčastejšie sledovať atypický charakter vývoja zmien sledovaných súčiniteľov v porovnaní s ostatnými alternatívami. Po overení použitej metodiky a doplnení bližšieho výskumu doskového telesa bude možné aktualizovanú metodiku aplikovať k dopovedaniu tretieho okruhu problematiky tvarovania zastrešenia, sledovaním dopadu tvarovania detailov kontaktu zastrešenia s ruinou na zastrešenie, rekonštruujúcom pôvodnú výšku ruiny. Aplikovanie použitej metodiky na zodpovedanie ostatných okruhov problematiky tvarovania zastrešenia, ktoré práca ponechala v hypotézach, bude vhodné použiť až po jej overení a prípadnej aktualizácii.

K vytvoreniu metodiky systematickej kategorizácie tvarov zastrešení ako ochranných prostriedkov materiálu ruiny by práca potrebovala uvažovať aj iné činitele deštruktívnych mechanizmov ako vietor a zamyslieť sa nad ďalšou otázkou ochrany materiálu zastrešením, stabilitou ruiny.

F. VYBRANÉ REFERENCIE

- [1] GRAU-BOVÉ, J., L. MAZZEI, M. STRLIC a M. CASSAR. Fluid simulations in heritage science. *Heritage Science* [online]. 2019, 7(1) [cit. 2021-07-28]. ISSN 2050-7445. Dostupné z: doi:10.1186/s40494-019-0259-9
- [2] GREGOROVÁ, Jana. Príprava komplexnej obnovy NKP mestského opevnenia v Trnave (Preparation of Complex Renovation of National Cultural Monument of the Fortification of the Town Trnava): Pilotný projekt Katedry UNESCO pre obnovu *architektonického dedičstva na STU v Bratislave* (1. etapa) (Pilot Project of the UNESCO Chair for Preservation of Architectural Heritage at Slovak University of Technology in Bratislava (1st phase)). In: *Archinfo* [online]. 2022 [cit. 2023-03-05]. Dostupné z: www.archinfo.sk/diskusia/blog/diela/priprava-komplexnej-obnovy-nkp-mestskeho-opevnenia-v-trnave-pilotny-projekt-katedry-unesco-pre-obnovu-architektonickeho-dedicstva-na-stu-v-bratislave-1-etapa.html
- [3] PAKHOMOVA, E, V JEZERSKY, P MONASTYREV a N KUZNETSOVA. The choice of aversion of the project proposal on restoration of the cultural heritage property on the basis of multicriteria comparative analysis. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. IOP Publishing, 2020, **789**, 012048. ISSN 1757-899X. Dostupné z: doi:10.1088/1757-899x/789/1/012048
- [4] STN EN 1991-1-4. Eurokód 1: Zaťaženia konštrukcií (Eurocode 1: Actions on Structures): Časť 1-4: Všeobecné zaťaženia - Zaťaženie vetrom (*Part I-IV: General Actions - Wind Actions*). First. Bratislava, SK: Slovak Office of Standards, Metrology and Testing, 2006.
- [5] FRANKE, Jörg a Alexander BAKLANOV, J. FRANKE a A. HELLSTEN, ed., H. SCHLÜNZEN, B. CARISSIMO. *Best Practice Guidelines for the CFD Simulation of Flows in the Urban Environment*. Hamburg, DE: COST Office, 2007.
- [6] MOU, B., B. HE, D. ZHAO a K. CHAU. Numerical simulation of the effects of building dimensional variation on wind pressure distribution. *Engineering Applications of*

- Computational Fluid Mechanics [online]. 2017, 11(1), 293-309 [cit. 2021-07-22]. ISSN 1994-2060. Dostupné z: doi:10.1080/19942060.2017.1281845
- [7] SINGH, J. a A. ROY. *Effects of Roof Slope and Wind Direction on Wind Pressure Distribution on the Roof of a Square Plan Pyramidal Low-Rise Building Using CFD Simulation*. International Journal of Advanced **Structural** Engineering [online]. 2019, 11(2), 231-254 [cit. 2021-07-22]. ISSN 2008-3556. Dostupné z: doi:10.1007/s40091-019-0227-3
- [8] FOUAD, N., G. MAHMOUD a N. NASR. *Comparative study of international codes wind loads and CFD results for low rise buildings*. Alexandria Engineering Journal [online]. 2018, 57(4), 3623-3639 [cit. 2021-07-22]. ISSN 11100168. Dostupné z: doi:10.1016/j.aej.2017.11.023
- [9] BIELEK, Boris, Michal FRANEK a Milan BIELEK. Aerodynamika a hydrodynamika budov: Fyzikálne problémy účinku vetra a hnaného dažďa na budovy a konštrukcie. SR: Slovenská technická univerzita v Bratislave, 2020. ISBN 978-80-227-5051-6.
- [10] Skin friction coefficient. In: CFD Online [online]. [cit. 2023-04-15]. Dostupné z: www.cfd-online.com/Wiki/Skin_friction_coefficient
- [11] HUSSEIN, A. a H. EL-SHISHINY. Wind flow modeling and simulation over the Giza Plateau cultural heritage site in Egypt. Journal on Computing and Cultural Heritage [online]. 2009, 2(2), 1-22 [cit. 2021-07-28]. ISSN 1556-4673. Dostupné z: doi:10.1145/1613672.1613674
- [12] PINEDA, P. a A. IRANZO. Analysis of sand-loaded air flow erosion in heritage sites by Computational Fluid Dynamics: Method and damage prediction. Journal of Cultural Heritage [online]. 2017, 25, 75-86 [cit. 2021-07-28]. ISSN 12962074. Dostupné z: doi:10.1016/j.culher.2016.12.005
- [13] STN EN 1991-1-4. Eurokód 1: Zaťaženia konštrukcií - Časť 1-4: Všeobecné zaťaženia - Zaťaženie vetrom. 2006.
- [14] BIELEK, Milan, Peter ČERNÍK a Mirko TAJMÍR. Aerodynamika budov: Fyzikálne problémy účinkov vetra na budovy a ich okolie. 1. Bratislava, SR: Vydavateľstvo ALFA, 1990. ISBN 80-05-00632-2.