

# POSUDEK DIPLOMOVÉ PRÁCE

**Autor: Bc. Oldřich Budinka**

**Název: Obtékání budov větrem kombinované s přenosem tepla**

**Vedoucí diplomové práce: Ing. Martin Barták, Ph.D.**

**Oponent: Ing. Petr Zelenský, Ph.D.**

## Zadané téma

Podle zadání měl diplomant na základě dříve publikované a validované studie připravit model obtékání budov větrem pro simulaci metodou CFD, včetně správně zvolených okrajových podmínek. Na ověřeném modelu proudění vzduchu měl následně analyzovat způsoby modelování přenosu tepla z hlediska jeho vlivu na teplotné prostředí v oblasti pohybu chodců v okolí budov.

Téma považují za důležité pro rozšíření teoretických i praktických poznatků o možnostech simulací proudění vzduchu v úlohách zaměřených na obtékání budov. Získané poznatky umožní přesnější simulace proudění ve venkovním prostředí při velkých měřících (budovy, městské části apod.) a podpoří tak využití simulací v praxi. Zvolená metoda (CFD modelování a simulace) je vhodná pro řešení zkoumaného problému a klade na diplomanta nároky přiměřené absolventovi magisterského studia strojí fakulty.

## Obsah práce

Předložená diplomová práce má celkem 63 stran. V úvodu autor čtenáře stručně uvádí do řešené problematiky a na základě několika příkladů demonstruje důležitost provedené studie. Je ukázáno, že zahrnutí vlivu solární radiace do studií obtékání budov je bez použití CFD simulací problematické.

Následující tři kapitoly jsou věnovány poznatkům z literatury. V kapitole 2 je popsána mezní vrstva atmosféry, včetně vertikálního rozložení teploty vzduchu, radiační a tepelné bilance zemského povrchu a modelování mezní vrstvy atmosféry v aerodynamických tunelech. Kapitola 3 je věnována použití CFD simulací v úlohách proudění a přenosu tepla v městském prostředí. Je uvedeno doporučení na velikost výpočetní oblasti vzhledem k velikosti obtékaného objektu (či objektů), jsou uvedeny požadavky na parametry numerické sítě, diskutováno nastavení okrajových podmínek (vstup, boční a horní hranice výpočetní oblasti, stěny budov) a uvedeny způsoby modelování slunečních zisků a sálání ve výpočetní úloze. V kapitole 4 je popsána numerická studie Blockena et al. (2007), která sloužila jako podklad pro další práci diplomanta.

Praktická část diplomové práce je rozdělena na tři tematické oddíly: (i) reprodukce studie Blockena et al. provedená v měřítku 1:40 (ii) převedení dané geometrie do měřítka 1:1 za účelem použití solárního modelu a umožnění přesné interpretace výsledků a (iii) rozšíření studie o přenos tepla při různém nastavení teploty oblohy.

Reprodukcí studie Blockena et al., který řešil obtékání dvou budov s průchodem mezi nimi, byla stanovena a ověřena použitá metodika. Zvláštní pozornost byla zaměřena na správné nastavení rychlostního profilu a profilu turbulence na vstupu do výpočetní oblasti a jejich deformace při použití různých okrajových podmínek bočních stěn oblasti. Takto ověřené nastavení simulace bylo použito v modelu ve skutečném měřítku. Převod úlohy do měřítka 1:1 provázela řada potíží, které diplomant zdárně vyřešil (nutnost zmenšení výpočetní oblasti za účelem úspory výpočetních buněk, přesíťování úlohy a úprava omezení maximální hodnoty poměru turbulentní a molekulární viskozity při výpočtu úlohy). Výsledky z modelu ve skutečném měřítku byly validovány jejich porovnáním s výsledky ze studie Blockena et al. Daná úloha byla dále použita pro simulace s přenosem tepla, tj. byla rozšířena o model sluneční radiace, model sálání mezi povrchy a oblohou a nastavení okrajových podmínek pro prostup tepla zeminou a obvodovými pláště budov. Byly porovnány výsledky při osmi různých teplotách oblohy od -40 °C do 32,1 °C. Vliv sálání a nastavení teploty oblohy byl detailně diskutován. Teploty povrchů budov získané z CFD simulací byly porovnány s teplotami z energetické simulace zpracované v programu ESP-r a bylo demonstrováno, že získané hodnoty jsou srovnatelné.

V závěru práce je stručně shrnut celý postup, problémy, se kterými se diplomant během řešení dané problematiky setkal a které musel překonat, nejdůležitější získané poznatky a doporučení autora pro navazující práci. Uvedené informace jsou srozumitelné a mohou být použity v praxi pro řešení obdobné problematiky.

Téma práce má teoretický charakter. Diplomant zpracoval numerickou studii obtékání dvou budov ve dvou měřících. Výpočetní síť modelu vytvořil v programu ANSYS Meshing a CFD simulaci řešil v programu ANSYS Fluent. Získané výsledky vyhodnotil a provedl jejich diskuzi. Obsah práce je vyvážený, vlastnímu řešení autor věnuje v textu přibližně poloviční prostor z celé diplomové práce. Diplomant ukázal, že je schopen samostatně zvládnout zadanou problematiku v rozsahu, který splňuje nároky na diplomovou práci v magisterském studiu.

## Připomínky k práci

Text práce je z velké části srozumitelný a jednotlivé kapitoly na sebe logicky navazují. Po formální stránce však práce vykazuje řadu nedostatků. Jedná se převážně o gramatické a stylistické chyby, jejichž následkem některé věty nedávají smysl. V rámci ucelených pasáží se čtenář nicméně zorientuje a pochopí, co se autor snaží říci.

Jedním ze závažnějších nedostatků diplomové práce je odkazování na odbornou literaturu. Některé reference uvedené v použitých zdrojích nejsou uvedeny v textu diplomové práce. Jedná se o reference [1], [2], [7], [9] a [28]. V úvodu diplomové práce uvádí autor řadu konkrétních tvrzení, které by bylo vhodné podložit referencí na literaturu. Pravděpodobně se jedná o některé z výše uvedených referencí, nicméně není jasné které. Číslování referencí v textu nejde popořadě, jako první je uvedena reference číslo 5, číslo 25 je přeskočeno.

Autor používá terminologické nepřesnosti. Např. na straně 11 „příkon slunečního záření“, na straně 26 „Workbench Meshing“ – pravděpodobně se jedná o Ansys Meshing. Na straně 37 chybně odkazuje na kapitoly 6.2 a 6.3; kapitola 6.2 neobsahuje uvedené informace a kapitola 6.3 v diplomové práci není. Obr. 31 má pravděpodobně chybný popis názvu jednotlivých povrchů pod osou  $x$ , který pro všechny případy uvádí teplotu bez oblohy.

V praktické části diplomové práce neshledávám žádné vážnější nedostatky, kromě výše uvedených. Pouze na straně 57 uvádí autor v textu práce jiné maximální teploty povrchů budov z CFD simulací, než jsou patrné ze souvisejících grafů a není jasné, co tím myslí.

## Doporučení pro rozpravu

1. Diplomant na straně 20 diplomové práce zmiňuje nutnost splnění požadavků na výpočetní síť u stěn budov a odkazuje na kapitolu 3.2. V té však nejsou uvedené požadavky specifikovány. Žádám diplomanta, aby upřesnil, jaké nastavení výpočetní sítě u stěn použil a z jakého důvodu. Zvláště pak aby uvedl, co bral v úvahu při stanovení výšky první buňky u stěny a zda byla síť u povrchů jemnější než ve volném prostoru.
2. Z obrázku 16 je patrné, že v průchodu mezi budovami nejdříve dochází ke zrychlení proudění, kdy u vstupu do průchodu je rychlost cca. 1,4 násobkem rychlosti ve volném prostoru (bez uvažování budov). Následně se proudění zpomaluje se vzdáleností od vstupu do průchodu, kdy od cca. 80% jeho délky je rychlost proudění nižší než v případě, kdy by v daném místě nebyly budovy. Prosím diplomanta, aby vysvětlil, z jakého důvodu dochází k tomuto jevu.
3. Na straně 57 autor uvádí, že maximální povrchová teplota pravé střechy dne 16.7. v 16:30 hodin činí 316 K pro CFD simulaci a 324,5 K pro simulaci v ESP-r. Zatímco teplota uvedená pro energetickou simulaci souhlasí se souvisejícím grafem na obr. 40, pro CFD simulaci je z grafu patrná maximální teplota střechy cca 306 K. Prosím autora o vyjasnění, z čeho vyplývá teplota 316 K uvedená v textu.

## Celkové hodnocení

Obsah práce je vyvážený, text je přiměřeně doplněn grafickými výstupy. Rozbor výsledků je logický, s vyvozenými závěry souhlasím. Diplomant se dopustil formálních chyb, které by však neměly ovlivnit dosažené výsledky, ani ztížit využití výsledků diplomové práce pro další výzkum a také v praxi. Zadáání práce bylo splněno. Navrhuji celkové hodnocení:

**C (dobře).**

V Praze 18. ledna 2022

Ing. Petr Zelenský, Ph.D.