

## REGULÁCIA VZDUCHOVEJ CLONY

**Ing. Stanislav Števo, PhD. , doc. Ing. Igor Hantuch, PhD. Bc. Pavol Tancík,**  
Fakulta elektrotechniky a informatiky, Slovenská technická univerzita  
Ilkovičova 3, 812 19 Bratislava, Slovenská Republika  
e-mail: [stanislav.stevo@stuba.sk](mailto:stanislav.stevo@stuba.sk), [palinoonilap@gmail.com](mailto:palinoonilap@gmail.com)

### Abstrakt

Článok sa zaoberá problematikou riadenia vzduchových clôn v rámci klimatizačného podsystemu inteligentnej budovy alebo budovy vo všeobecnosti. V ďalšom článku popisuje postup vytvorenia simulačného modelu vzduchovej clony pomocou softwarového nástroja a následnú simuláciu za účelom získania dát pre vytvorenie regulačnej funkcie. Cieľom práce bolo vytvorenie regulačnej funkcie vzduchovej clony, ktorá bude spĺňať zvolené globálne podmienky a zároveň bude úsporná z pohľadu spotreby energie.

**Kľúčové slová:** vzduchová clona, klimatizačný systém, COMSOL, simulácia, modelovanie

### Úvod

Vzduchové clony (VC) patria ku klimatizačnému podsystemu a vytvárajú neviditeľné prekážky medzi vonkajším a vnútorným priestorom. Umožňujú úsporu energie tým, že cez zimu v miestnosti zachovávajú teplo (v lete chlad) a zabraňujú vniknutiu prachu, dymu, hmyzu alebo peľu cez otvorené dvere, okná alebo balkóny. Takto oddelené priestory sa nazývajú termozóny. Sú vhodné pre otvorené dvere, obchodné domy, bary, kaviarne, reštaurácie atď. V reštauráciách môžu vytvárať hranicu medzi fajčiarskou a nefajčiarskou plochou, zabraňujúc prechodu dymu a zápachu.

Úlohou vzduchových clôn nie je len výrazné zníženie výmeny tepla s vonkajším vzduchom a udržanie teploty, ale aj zníženie prúdenia vzduchu dovnútra, ktoré je často spojené s prachom a inými znečisťujúcimi faktormi. Vzduchové clony sú neoddeliteľnou súčasťou pre priestory, v ktorých existuje permanentná výmena osôb.

### Princíp a výhody VC



Obrázok č.1 Možnosti inštalácie a princíp vzduchovej clony

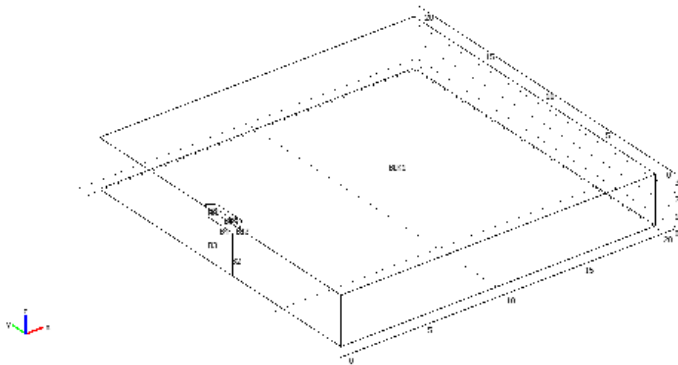
Vzduchová clona podstatne zníži straty ohriateho/klimatizovaného vzduchu. Spotreba energie sa môže znížiť až o 80% so správne inštalovanými vzduchovými clonami<sup>[1]</sup>. Pre väčšie dverné otvory bude návratnosť investície obzvlášť krátka. Vzduchová clona je vhodná pre otvory akejkoľvek šírky a výšky do 8 metrov. Vzduch môže prúdiť zospodu, zvrchu,

alebo z boku. Na výber sú termozóny s elektrickým a teplovodným vykurovaním alebo termozóny bez vykurovania.

### Vytvorenie modelu a simulácie

Model ako aj samotná simulácia boli vytvorené v simulačnom nástroji COMSOL Multiphysics. Pomocou tohto nástroja je možné vytvoriť rôzne druhy fyzikálnych modelov a následne simulovať rôzne fyzikálne deje<sup>[2]</sup>.

Model bol vytvorený a definovaný v rámci Chemical Engineering modulu (*Flow with Variable Density* → *Weakly Compressible Momentum Transport* → *Weakly Compressible Navier-Stokes*), v ktorom bolo možné simulovať vzájomné pôsobenie a prúdenie vzduchu. Model reprezentuje vstupnú halu budovy so vstupnými dverami, nad ktorými sa nachádza výstupný otvor vzduchovej clony. Rozmery modelu boli určené podľa reálneho riešenia (rozmery vstupnej haly 20x20x3). Vzduchová clona bola umiestnená v strepe vstupnej haly.

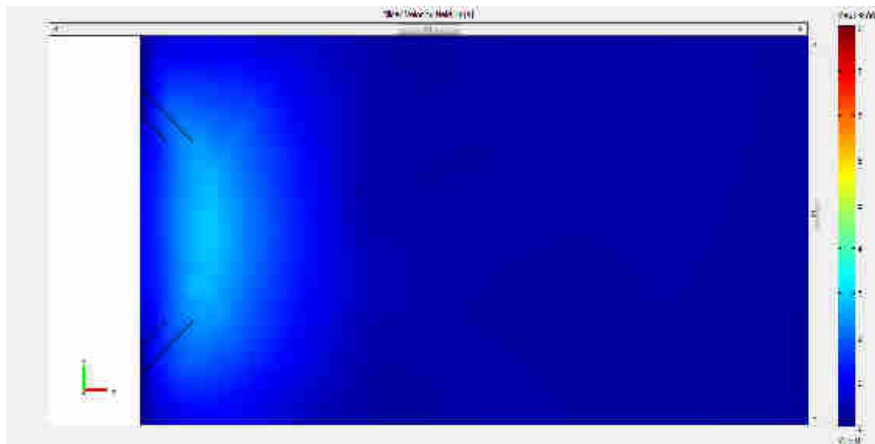


Fyzikálne vlastnosti modelu boli nastavené pre normálny atmosférický tlak (101 325 Pa) v tomto bode nastavovania simulácie treba určiť hustotu a dynamickú viskozitu vzduchu. Podobne je dôležité nastaviť hodnoty Crosswind diffusion (*ck*) a Isotropic diffusion (*δid*).

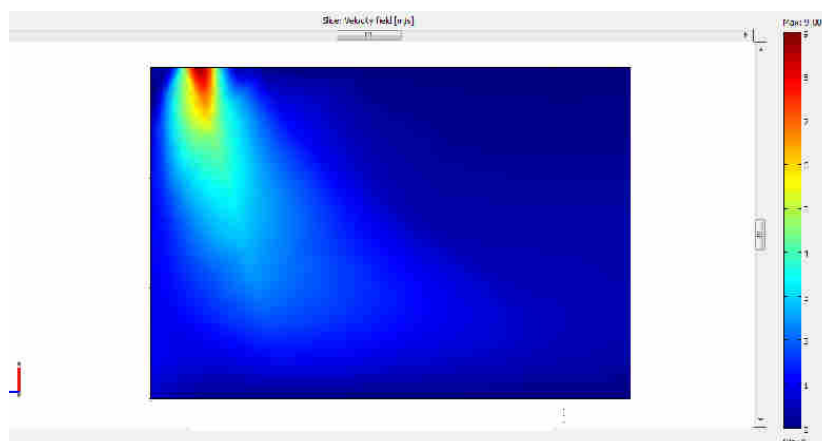
Obrázok č.2 Vytvorený geometrický model v priestore

### Simulácia a jej výsledky

Prvá simulácia demonštruje priebeh prúdenia pri clone s maximálnym výkonom, ktorého hodnoty sú vhodné na porovnanie s výslednou regulačnou funkciou. Rýchlosť prúdenia vzduchu z clony je 9 m/s, čo predstavuje bežnú maximálnu hodnotu vzduchových clôn dostupných na trhu. Hodnoty rýchlosti pôsobenia vetra na dvere sa nastavovali od 1 do 9 m/s s jednotkovým krokom. Sledovali sme hodnoty rýchlostí prúdenia vzduchu vo vzdialenosti 1 až 5 metrov od dverí.



Obrázok č.3 Výsledok prvej simulácie os XY (detailný pohľad vzhora)



Obrázok č.4 Výsledok prvej simulácie os XZ (detailný pohľad v zboku)

Tabuľka č.1 Hodnoty rýchlostí vzduchu v bodoch s maximálnym výkonom clony (9m/s)

vzdialenosť od clony [m]	1	2	3	4	5
rýchlosť vetra [m/s]					
1	1,67	0,42	0,35	0,32	0,32
2	2,31	1,15	0,84	0,66	0,61
3	2,91	1,93	1,46	1,17	1,02
4	3,57	2,62	2,04	1,66	1,42
5	4,27	3,25	2,58	2,13	1,8
6	5	3,86	3,1	2,57	2,17
7	5,74	4,47	3,61	3	2,54
8	6,49	5,06	4,11	3,43	2,89
9	7,25	5,66	4,61	3,86	3,25

Z výsledkov simulácií a meraní bol vytvorený „krížový“ súbor výsledkov, ktoré tvorili všetky možné kombinácie hodnôt prúdenia vzduchu clony a vonkajších poveternostných podmienok.

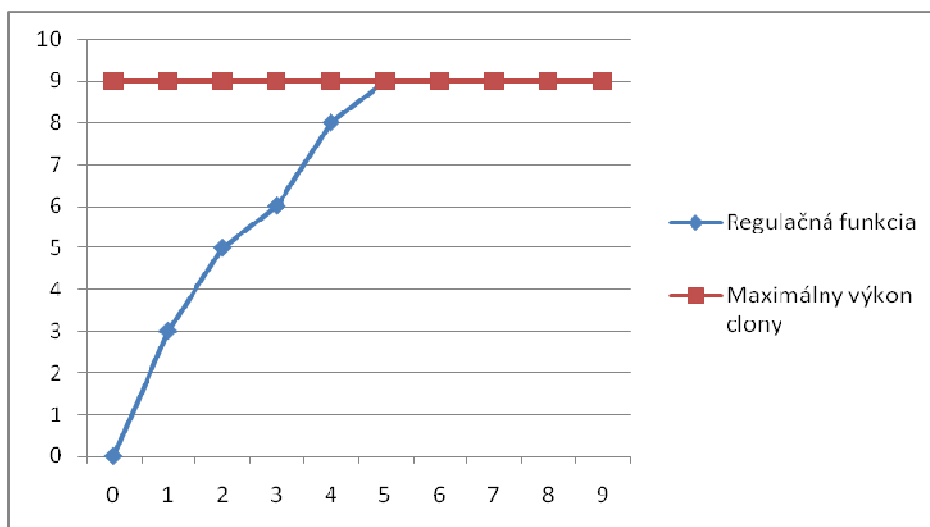
### Regulačná funkcia clony

Podľa hodnôt získaných simuláciou sa určili kritériá pre reguláciu výkonu VC. Pre zabezpečenie účinného oddelenia tepelných zón<sup>[3]</sup>, je zrejme, že rýchlosť prúdenia VC musí byť väčšia ako je rýchlosť prúdenia vonkajšieho vzduchu do miestnosti. Z nameraných hodnôt je vidno, že v bode vzdialenom tri metre od dverí pri konštantnom pôsobení vetra na VC sa so zvyšovaním rýchlosti prúdenia vzduchu VC, zvyšuje aj rýchlosť v tomto sledovanom bode až do určitej (maximálnej) hodnoty a potom klesá. Hodnota rýchlosti prúdenia vzduchu VC, pri ktorej dochádza po dosiahnutí maximálnej hodnoty k poklesu, bude určená ako príslušná hodnota regulačnej funkcie pre danú rýchlosť vetra pôsobiaceho na VC.

Podľa určených kritérií sa vytvorila regulačná funkcia, ktorá určuje úsporné riadenie výkonu clony.

Tabuľka č.2 Hodnoty rýchlostí vzduchu clony a vetra určujúce výslednú regulačnú funkciu

<b>rýchlosť vetra [m/s]</b>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>rýchlosť clony [m/s]</b>	0	3	5	6	8	9	9	9	9	9



Graf č.1 Regulačná funkcia a maximálny výkon clony

Z uvedených hodnôt je zrejmé, že regulácia je možná len po záťaž vetra rýchlosťou 5m/s, kde clona dosiahne maximálny výkon. Podľa Beaufortovej stupnice a výsledkov simulácie je možné usúdiť, že regulácia bude využitá pre slabšie nápory vetra. Regulácia bude realizovaná na základe získavania vstupných údajov z detektora snímajúceho rýchlosť vetra pôsobiaceho na dvere. Tieto informácie budú spracované riadiacou jednotkou (zabudovanou v clone alebo zabudovanou vzdialene) tak, že sa podľa nich určí a nastaví zodpovedajúci výkon clony podľa nadefinovanej regulačnej funkcie.

### Záver

Po zanalyzovaní hodnôt získaných simuláciou vytvoreného virtuálneho modelu VC, bola vytvorená regulačná funkcia, ktorú určuje tabuľka č.2 a graf č.1. Z grafu regulačnej funkcie je zrejmé, že jej zavedením sa podstatne znížia náklady na prevádzku VC (oproti jej maximálnemu výkonu) a miera úspory bude závislá od poveternostných podmienok v danej oblasti a v mieste jej umiestnenia. VC bude pracovať v troch pracovných módoch. V prvom móde pre prislúchajúce vstupné hodnoty pôsobiaceho vetra v intervale od 0 do 5 m/s, bude výkon VC regulovať určená funkcia. V druhom móde VC pre vstupné hodnoty rýchlosti vetra od 5 do 9 m/s bude výkon maximálny a teda rýchlosť pôsobiacej clony bude 9 m/s. V treťom móde bude VC deaktivovaná a to pre vstupné hodnoty rýchlosti vetra pôsobiaceho na clonu rovnému nule, alebo väčšiemu ako 9 m/s, pretože pre tieto hodnoty je aktivita VC zbytočná.

### Literárne zdroje

- [1] EKOSAL – progresívne energetické systémy (vykurovanie: elektro - plyn, príprava TÚV, klimatizácia, regulácia), [http://www.ekosal.sk/produkty.php?podmenu\\_id=46](http://www.ekosal.sk/produkty.php?podmenu_id=46)
- [2] Comsol: FEMLAB 3, *Heat Transfer Module, Model Library*, Comsol AB., 2004
- [3] Daniels Klaus, *Technika budov*, Jaga Group, Bratislava 2003, ISBN: 8088905605