

Vývoj a testovanie prototypu solárneho vzduchového kolektora na báze recyklovaných plastov

P. Tauš¹, D. Kristófová¹, I. Hovorka¹

¹ Ústav podnikania a manažmentu, Fakulta BERG, TU v Košiciach, Park Komenského 19, 042 00 Košice

E-mail : peter.taus@tuke.sk, denisa.kristofova@tuke.sk, ivan.hovorka@tuke.sk

Anotace:

Príspevok je zameraný na prezentáciu úvodných výsledkov výskumu zameraného na vývoj prototypov solárnych vzduchových kolektorov (v ďalšom len SVK) vyrobených predovšetkým z recyklovaných plastov. V rámci výskumu realizovaného v Centre obnoviteľných zdrojov energií pri TU v Košiciach boli analyzované a následne vyselektované vhodné materiály pre jednotlivé konštrukčné prvky kolektorov na báze recyklovaných materiálov. Prvé prototypy solárnych vzduchových modulových kolektorov boli testované v prevádzkových podmienkach. Celková analýza počas trvania projektu bude zahŕňať technické i ekonomické parametre navrhovaných prototypov, ako nízkonákladovosť výroby, modulárnosť prototypov, maximalizácia výkonu, tvarová stálosť konštrukčných prvkov, bezobslužnosť prevádzky a ďalšie. Prvé výsledky výskumu poukazujú na zaujímavé výhody slnečných kolektorov uvedenej konštrukcie, ale aj na isté problémy pri ich výrobe i prevádzke. Článok také nadväzuje na problematiku publikovanú na konferencii NZEE 2012.

Annotation:

The paper presents the initial results of research aimed to developing of prototypes of solar air collectors made mostly from recycled plastic. In research conducted by the Centre of Renewable Energy in Košice were analyzed and subsequently selected the suitable materials for various structural elements of collectors based on recycled materials. The first prototypes of modular solar air collectors have been tested under operating conditions. An overall analysis of the duration of the project will be include the technical and economic parameters of the proposed prototypes, for example cheap of production, prototypes modularity, maximizing performance, stability of structural elements, cheap of operation and more. The first results of the research suggest the benefits of solar collector, but also some difficulties in their production and use.

ÚVOD

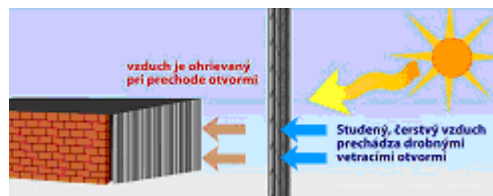
Využitie vzduchu ako teplonosnej látky má rad nedostatkov. Predovšetkým tepelná kapacita vzduchu je nízka a na prenesenie tepelného výkonu (solárneho zisku) z kolektorov sú potrebné vysoké prietoky spojené s relatívne veľkými rozmermi potrubných rozvodov. Ďalšou nevýhodou je spotreba elektrickej energie súvisiaca s prevádzkou vzduchových sústav, ktorá môže výrazne ovplyvniť bilanciú úspor primárnej energie pri využití solárnych vzduchových zariadení. [1]

Vzduchové kolektory sú jednoduché zariadenia, ktoré využívajú solárnu energiu na ohriatie privádzaného čerstvého (vonkajšieho vzduchu) do budovy. Hlavnou časťou týchto kolektorov je absorbér. Ten býva obvykle z kovového materiálu (plech), cez ktorý prúdi vzduch vŕhaný ventilátorom. Niektoré typy vzduchových kolektorov využívajú priehľadné kryt alebo izolačný box, v ktorom sa nachádza absorbér. Typický kolektor dokonca aj počas zimného slnečného dňa dokáže zohriať vzduch až o 28°C nad okolitú teplotu. Perforované kolektory sa vyznačujú relatívne vysokou účinnosťou – viac ako 70%. Prednosťami vzduchových kolektorov sú jednoduchosť a spoľahlivosť. Náš výskum je

zameraný navyše na nízkonákladovosť pri maximalizácii účinnosti.

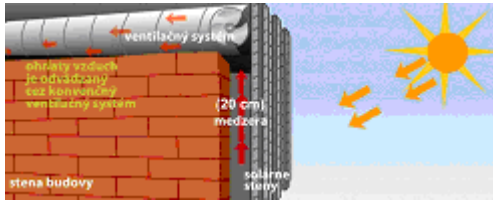
PRINCÍP FUNKCIE SVK

Základom vzduchových kolektorov je tmavý absorbér, zväčša plech, ktorý sa umiestňuje na fasádu vo vzdialenosti 20 cm od zateplenej obvodovej steny. Slnečné žiarenie zohrieva kov (obr. 1), hneď ako prejde vzduch perforáciou vzduchového kolektora, zohrieva sa. Ventilátor vytvára podtlak medzi fasádou a plechom a tým dochádza k nasávaní vzduchu do dutiny.



Obr. 1: Princíp práce SVK

Ohriaty vzduch je ďalej rozvádzaný vetracím zariadením do budovy (obr. 2). Zohriaty vzduch je odvádzaný do miestnosti. Tento systém sa môže použiť tam, kde sú južne orientované fasády bez okien a je potrebné dosiahnuť výmenu vzduchu vo veľkom množstve (napr. priemyselné objekty). [2]



Obr. 2: Princíp práce SVK v súčinnosti so vzduchotechnickým systémom

Uvedený systém je v súčasnosti jeden z najvyužívanejších predovšetkým v kombinácii s tradičnými zdrojmi energie. [3], [4] Avšak neumožňuje flexibilitu rozmiestnenia SVK podľa požiadaviek investora vzhľadom k potrebe jednoliatej plochy pre ich inštaláciu. Modularita SVK bola ďalšou tézou nášho výskumu.

Popis výskumného projektu

Ako už bolo uvedené, solárne vzduchové kolektory sa začínajú uplatňovať v neustále širšom spektre aplikácií, čo má za následok, okrem iného, aj nárast ich cien a používanie stále kvalitnejších materiálov. [5] Aj to bolo podnetom, aby sa Pracovisko obnoviteľných zdrojov energie Fakulty BERG pri TU v Košiciach zapojilo do výskumného projektu s aktivitou zameranou na vývoj nízkonákladového slnečného vzduchového kolektora s možnosťou modulovej inštalácie podľa požiadaviek užívateľa. Okrem toho musí byť splnená podmienka, aby bol vzduchový kolektor vyrobený z recyklovaného materiálu v súčasnosti najbežnejšie dostupného – plastu. Jedná sa o projekt *Centrum výskumu účinnosti integrácie kombinovaných systémov obnoviteľných zdrojov energií*, s kódom ITMS: 26220220064, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja. [7] V rámci predmetnej aktivity projektu boli stanovené tri základné ciele, ktoré uvádzame aj s čiastkovými úlohami [7]:

1) Návrh konštrukcie prototypov SVK.

- Na základe teoretických výpočtov vlastností SVK budú matematicky a projekčne navrhnuté konštrukčné parametre, aby bolo možné modelovať základné prevádzkové vlastnosti, ktorými sú: prietok vzduchu, vztlak vzduchu a jeho teplota.
- Pri návrhu konštrukčných technických parametrov budú brané do úvahy aj materiálové vlastnosti jednotlivých konštrukčných prvkov vplývajúce na technologické vlastnosti kolektorov: pevnosť, rozťažnosť, ľahká manipulovateľnosť a modularita. Výsledkom tejto časti budú projektové podklady pre technológiu výroby SVK.
- V súvislosti so zadaním práce budú vyselektované vhodné materiály pre jednotlivé konštrukčné prvky kolektorov na báze recyklovaných plastov.

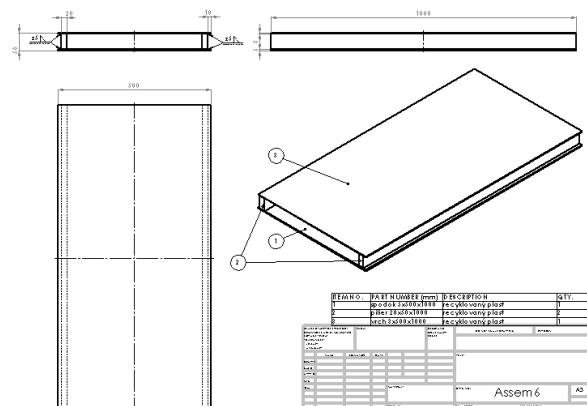
2) Matematické modelovanie prevádzkových procesov SVK.

- Na základe vzťahov popisujúcich prúdenie tekutín v rôznych prostrediach budú pre navrhnuté prototypy modelované predpokladané prevádzkové situácie. Analýzou bude vyselektovaný model umožňujúci modifikovať výstupné parametre SVK na základe navrhnutých meniacich sa vstupov.
- Na základe známych vlastností materiálov jednotlivých konštrukčných prvkov budú namodelované ich kritické prevádzkové parametre, ktoré budú slúžiť ako vstupné obmedzenia matematických modelov vyššie spomínaných modelov.

3) Analýza prevádzkových parametrov.

- Vyrobené prototypy SVK podľa projektovej dokumentácie budú testované v laboratórnych, poloprevádzkových a prevádzkových podmienkach. Získané údaje budú porovnávané s matematickými modelmi.
- Výsledkom bude výber prototypu SVK vhodného pre zvolené prevádzkové podmienky.

V prvej fáze výskumu boli navrhnuté dve základné konštrukcie vzduchového solárneho kolektora, a to netransparentný kolektor bez perforácie absorbéra a kolektor s transparentným krytom taktiež bez perforácie absorbéra, pričom návrhy boli podložené 3D zobrazením a výkresmi. Na obrázku 3 je možné vidieť výkres kolektora bez transparentného krytu s konkrétnymi rozmermi.



Obr. 3: Projektové podklady SVK bez transparentného krytu

V praktickej fáze projektu boli zhotovené prvé verzie SVK. Všetky komponenty navrhovaných prototypov, okrem transparentných krytov, sú zvarané a pozostávajú z recyklovaného plastu typu PPRE, čo je polypropylén 100 % recyklovaný. V súčasnosti sú testované SVK dvoch typov, a to SVK bez transparentného krytu a SVK s transparentným krytom jednovrstvové. Na testovanie je pripravených ďalších typov, pričom sú kombinované vyššie uvedené variácie s viacerými vrstvami a perforáciou ako absorbéra, tak aj transparentného krytu. Testované prototypy sú napojené na vzduchotechnickú jednotku (Obr. 4 a 5). Prívod

ohriateho vzduchu z kolektorov je realizovaný pozinkovanými rúrami a izolovanými flexi hadicami kruhového prierezu s priemerom 20 a 25 cm.



Obr. 4: Príprava prototypov SVK na merania so vzduchotechnickým systémom

Riadiaca jednotka nastavená na náš systém, resp. podmienky využitia, umožňuje pracovať v dvoch okruhoch, kde prvý vháňa teplý vzduch do interiéru dielni. Naopak druhý okruh slúži iba na meranie skúmaných veličín, teda vzduch je bez využitia vypúšťaný cez vyúst'ovaciu rúru do exteriéru. Uvedené spôsoby meraní a získavania dát umožňujú nezávislé porovnanie meraných veličín nielen v samotnom vzduchotechnickom systéme, ale aj v jeho jednotlivých úsekoch. [8]



Obr. 5: Vzduchotechnická jednotka a jej inštalácia

Na základe detailných analýz získaných dát predmetných kolektorov pomocou snímačov pripojených do meracej centrály zaznamenávajúcej prevádzkové parametre spolupracujúcej so vzduchotechnickou jednotkou, budú sumarizované výsledky slúžiť ako základňa pre optimalizáciu konštrukčných parametrov finálnych prototypov preduročujúcich čo najlepšie dosiahnutie stanoveného cieľa výskumu, teda optimalizáciu premeny slnečného žiarenia na teplo vzduchu s jeho rýchlosťou prúdenia naprieč kolektorom pri dodržaní jeho modularnosti a nízkonákladovosti.

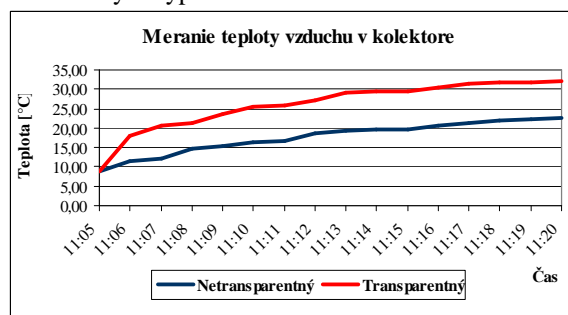
Prvé dva prototypy boli v prvej fáze testované na nárast teploty vzduchu v závislosti na čase pri rovnakých slnečných podmienkach meraných článkom SMA1 [9].



Obr. 6: Príprava meraní prvých prototypov SVK

Povrchové teploty absorbéra a transparentného krytu boli merané pomocou termovíznej kamery Flir T335 so 45° objektívom (obr. 6), teplota prúdiaceho vzduchu bola meraná snímačom teploty R 30222112 s rozsahom meraných teplôt -30 až +180 °C cez meraciu ústredňu AKIVISION. Prebiehajúce merania počas slnečného dňa, avšak s relatívne nízkou teplotou 8,9°C priniesli pozoruhodné výsledky, kedy sme v pomerne krátkom časovom horizonte 15 minút zaznamenali významný nárast teplôt meraných plôch a prúdiaceho vzduchu.

Povrchová teplota oslneného SVK s netransparentným krytom dosiahla v priebehu pätnástich minút v porovnaní s transparentným kolektorom markantné zvýšenie, z 8,9°C až na 41,1°C, teda teplotné navýšenie až o 32,2°C! Na druhej strane, pri priehľadnom kryte sme zaznamenali zvýšenú teplotu len o 8,4°C, na konečných 17,3°C. Očakávaná vyššia účinnosť transparentných kolektorov sa prejavila pri teplote vzduchu prúdiaceho vzduchovou medzerou, kde sa dosiahla kladná zmena teploty o 23,3°C, teda teplota vzduchu dosiahla 32,2°C. Pri netransparentnom generátore sme namerali teplotu 22,6°C. V grafe na obrázku 7 môžeme vidieť rozdiel v náraste teplôt vzduchu v testovaných typoch SVK.



Obr. 7: Vzduchotechnická jednotka a jej inštalácia

Priebeh teplôt krytov SVK a prúdiaceho vzduchu je zobrazený v nasledujúcich tabuľkách.

Tab. 1: Výsledky meraní teploty krytu a vzduchu na netransparentnom SVK

Závislosť teploty krytu a vzduhu pri netransparentnom kolektore		
Čas	Teplota [°C]	
	kryt	vzduch
11:05	8,90	8,90
11:06	21,80	11,60
11:07	25,60	12,20
11:08	30,40	14,80
11:09	31,20	15,30
11:10	34,20	16,30
11:11	37,00	16,80
11:12	37,60	18,70
11:13	39,20	19,20
11:14	39,60	19,50
11:15	39,20	19,70
11:16	40,10	20,60
11:17	39,90	21,20
11:18	40,20	22,00
11:19	41,00	22,10
11:20	41,10	22,60

Tab. 2: Výsledky meraní teploty krytu a vzduchu na transparentnom SVK

Závislosť teploty krytu a vzduhu pri transparentnom kolektore		
Čas	Teplota [°C]	
	kryt	vzduch
11:05	8,90	8,90
11:06	10,80	17,90
11:07	11,20	20,60
11:08	12,20	21,10
11:09	12,30	23,50
11:10	13,20	25,50
11:11	14,40	26,00
11:12	14,80	27,30
11:13	15,30	29,00
11:14	15,60	29,40
11:15	15,40	29,60
11:16	16,30	30,30
11:17	16,40	31,30
11:18	16,50	31,60
11:19	16,80	31,70
11:20	17,30	32,20

Výsledky meraní poukazujú na zaujímavú skutočnosť, a to, že netransparentné SVK sú síce nákladovo prístupnejšie, avšak už aj pri plastovom absorbéri, ktorý vykazuje výrazne nižšiu tepelnú vodivosť, teda aj absorbitivitu než kovový plech, je možné dosiahnuť povrchové teploty ohrozujúce zdravie už aj pri nízkych vonkajších teplotách. Je teda na zváženie ich využitie v priestoroch voľne dostupných neodbornej verejnosti.

Naopak, SVK s transparentným krytom túto nevýhodu eliminujú, naviac vykazujú výrazne vyššiu účinnosť premeny slnečného žiarenia na teplo. Istou nevýhodou transparentných SVK je prakticky nemožné zvrátenie, či lepenie krytu na PPE, čo navyšuje výrobné náklady i čas výroby tohoto typu.

ZÁVER

Hlavným cieľom predstaveného projektu je vývoj solárneho vzduchového kolektora zostrojeného prevažne z recyklovaných plastových dielov, ktorý dokáže vďaka technicky nenáročnému riešeniu a teda aj nízkym investičným nákladom dosahovať účinnosť ostatných komerčne dostupných zariadení. V období veľkej obľuby nízkoenergetických budov a pasívnych domov by sme radi vyvinuli riešenia vhodné pre podporu vykurovania a vetrania nielen takýchto budov.

Vedľajším cieľom je poukázať na výhody a nevýhody našich prototypov oproti súčasným riešeniam. Ako prvý čiastkový výsledok je možné uvažovať práve výsledok meraní povrchových častí SVK, s čím súvisí riziko využitia netransparentných SVK, pritom súvisiace s ich nižšou účinnosťou.

V závere projektu chceme vytvoriť model optimalizácie uvedených výstupov tak, aby si užívateľ vedel na základe vopred zadaných požiadaviek vybrať najvhodnejší typ SVK pre svoje použitie.

PodĎakovanie

„Tento príspevok vznikol vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt: Centrum výskumu účinnosti integrácie kombinovaných systémov obnoviteľných zdrojov energií, s kódom ITMS: 26220220064, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.“



„Podporujeme výskumné aktivity na Slovensku/Projekt je spolufinancovaný zo zdrojov EÚ.“

LITERATURA

- [1] T. MATUŠKA, Solární ohřev vzduchu. [online]. Dostupné na internete: <<http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/solarni-ohrev-zduchu>>.
- [2] L. ŠEČÍKOVÁ a kol., Pasívni solární energie - nové trendy. [online]. Dostupné na internete: <<http://www.tzb-info.cz/1705-pasivni-solarni-nergie-nove-trendy>>.
- [3] K. Erdélyiová a M. Taušová, Efektivnost kombinovanej výroby energie, In: Vedecký seminár doktorandov 2010, Herľany. - Košice, 2010, S. 1-7., ISBN 978-80-553-0576-9

- [4] J. Jandačka, Š. Papučík, A. Kapjor a R. Nosek, Kombinované zdroje tepla; ibd journal 1/2011, str. 33-34, ISSN 1338-3337
- [5] P. BAČA, Globální oteplování a klimatické změny, In Alternativní zdroje energie 3, Liptovský Mikuláš, 2008. s. 59-67. ISBN: 978-80-8070-779- 8.
- [6] P. TAUŠ, I. HOVORKA a D. KRISTÓFOVÁ, Analýza prevádzkových parametrov prototypov snečných vzduchových kolektorov na báze recyklovaných plastov. In: Techcon. roč. 7, 2012, č. 2.
- [7] D. Kristófová, Vývoj prototypu solárneho vzduchového kolektora na báze plastových recyklovaných materiálov, Písomná práca k dizertačnej skúške, Košice, 2012
- [8] K. Kostúr, M. Laciak a M. Truchlý, Systémy nepriameho merania, 1. vyd., Košice, 2005, 173 s., ISBN 80-8073-273-6.
- [9] Z. DOSTÁL, M. BOBEK, J. ŽUPA a I. HEREC, Merač slnečného žiarenia s článkom SMA1. Zborník konferencie „28. Netradičné zdroje elektrickej energie“, Veselí nad Lužnicí, 11. – 13. 9. 2007, str. 36 – 44. ISBN 978-80-02-01961-9