

ÚVOD

V současné době jsou v podmínkách ČR využívány především systémy s kapalinovými kolektory. Nicméně stále častěji se lze setkat se snahami o využití ohřevu vzduchu v teplovzdušných kolektorech slunečního záření, ať již pro účely vytápění nebo pro ohřev větracího vzduchu. Myšlenka kombinovat oba druhy technologie pro konstrukci kombinovaného kolektoru pro ohřev dvojice teplotně odlišných látek vzduch/kapalina vyplynula z potřeby vysokého využití energetických zisků ze slunečního záření v průběhu celého roku a maximalizace doby provozu solárního systému. Kombinovaný kolektor s použitím dvou teplotně odlišných látek vychází v principu ze situace typické pro mírné a chladné klimatické pásmo, kde sluneční záření v letním období je dostatečné pro přípravu teplé vody (50 až 60 °C), zatímco v zimním období výstupní teploty ze solárních kolektorů zpravidla nedosahují hodnot vyšších než 30 °C, nicméně mohou být dostatečné např. pro ohřev chladného větracího vzduchu.

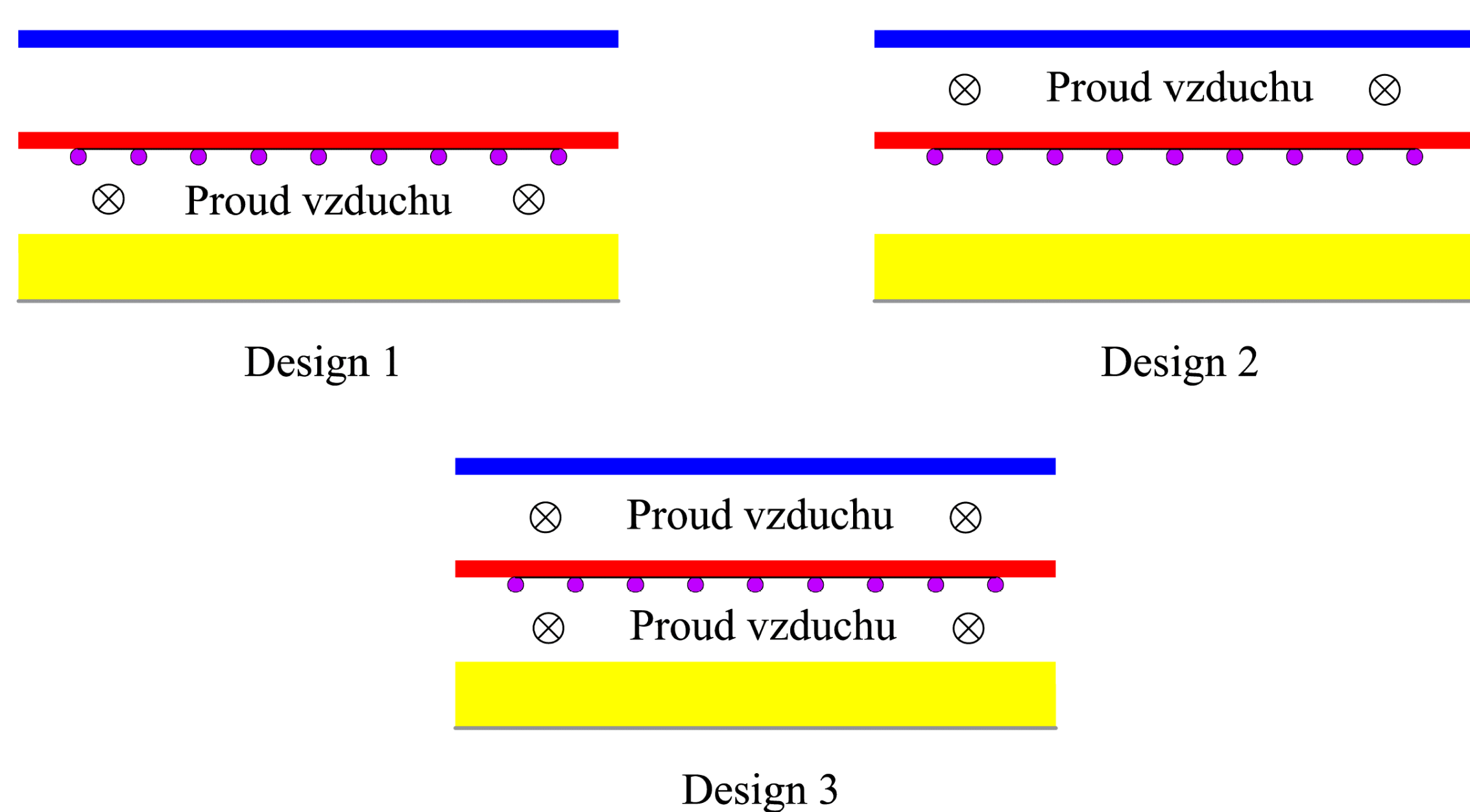
CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE

Vzhledem k tomu, že v současné době neexistuje žádný validovaný detailní matematický model kombinovaného solárního kolektoru, je nutné v rámci disertační práce vytvořit detailní matematický model kombinovaného solárního kolektoru pro různé druhy proudění vzduchu a experimentálně ověřit vyvinutý model. Disertační práce tak navazuje na některé teoretické i experimentální práce, které se zabývaly popisem energetických bilancí absorberů teplovzdušných, teplovodních a kombinovaných kolektorů. Cílem práce je řešení následujících úkolů:

- vytvoření matematického modelu kombinovaného solárního kolektoru vzduch/kapalina;
- implementace modelu kombinovaného kolektoru vzduch/kapalina do simulačního prostředí TRNSYS;
- vytvoření funkčního vzorku kombinovaného solárního kolektoru s možností změny konstrukce kolektoru;
- experimentální ověření a validace navrženého modelu;
- analýza potenciálu využití kombinovaných kolektorů vzduch/kapalina v solárních systémech pro přípravu teplé vody a vytápění.

MATEMATICKÝ MODEL KOMBINOVANÉHO SOLÁRNÍHO KOLEKTORU

Funkci solárního kolektoru lze popsat obecnou energetickou rovňáhou. Solární kolektor přijímá sluneční záření, které je částečně odraženo a částečně přeměněno na teplo pohlcením na povrchu absorberu. Část tepla je z absorberu odvedena teplotně odlišnou látkou, část odchází zpět do okolního prostředí ve formě tepelných ztrát a část tepla se akumuluje v těle kolektoru. Pro modelování chování kolektoru se provádí "vnější bilance", tzn. modelování tepelných toků z povrchu absorberu do okolí a "vnitřní bilance" modelování toků z povrchu absorberu do teplotně odlišné látky (vzduch/kapalina). Pro simulaci kombinovaného kolektoru v simulačním prostředí TRNSYS byl nově vytvořen matematický model, který se ve své podstatě skládá z dílčích modelů vyvinutých v rámci disertační práce, a to modelu kapalinového kolektoru a modelu vzduchového kolektoru. Model nabízí výběr ze tří konstrukcí: kombinovaný kolektor s absorberem s horním spojem a s prouděním vzduchu mezi absorberem a tepelnou izolací; kombinovaný kolektor s absorberem s horním spojem a s prouděním vzduchu mezi absorberem a zasklením; kombinovaný kolektor s absorberem s horním spojem a s oboustranným prouděním vzduchu (Obr. 1).



Obr. 1 Konstrukce kombinovaného kolektoru

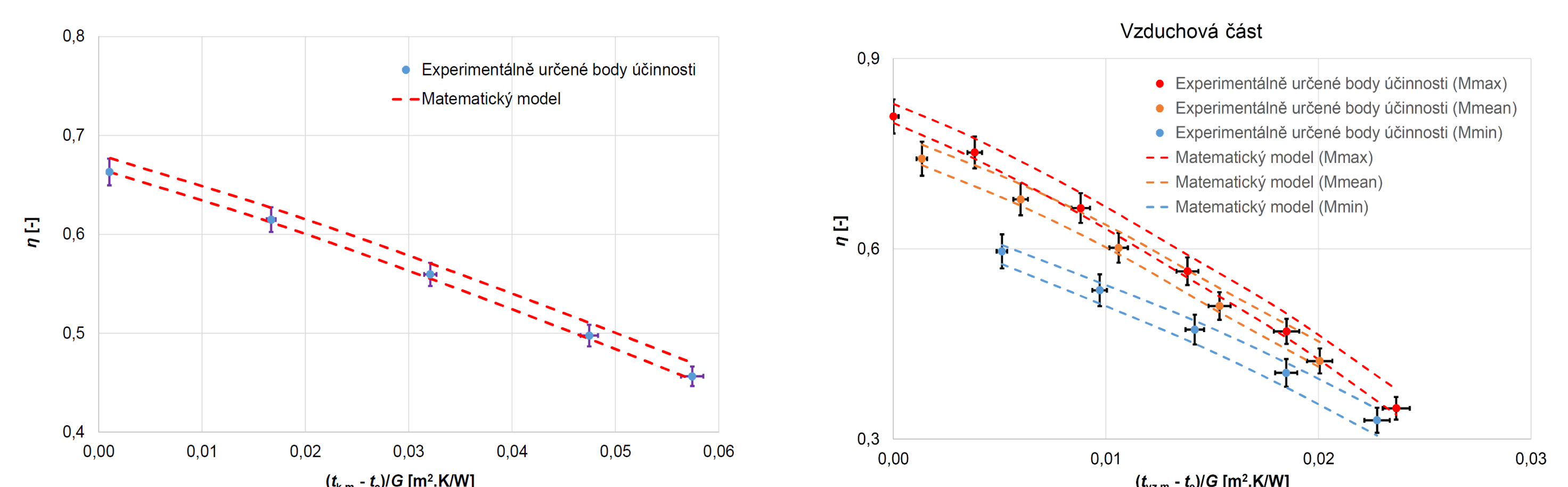
Na základě vyvinutého matematického modelu kombinovaného solárního kolektoru byl nově vytvořen software (komponenta) Type 207 v simulačním prostředí TRNSYS, za účelem provedení celoroční simulace kombinovaného kolektoru zapojeného do solární soustavy.

HLAVNÍ PUBLIKACE AUTORA K TÉMATU PRÁCE

- [1] SHEMELIN, V. a T. MATUŠKA. Performance Modelling of Dual Air/Water Collector in Solar Water and Space Heating Application. International Journal of Photoenergy [online]. 2019, 2019, 1-10 [cit. 2020-07-25]. DOI: 10.1155/2019/8560193. ISSN 1110-662X. Dostupné z: <https://www.hindawi.com/journals/ijp/2019/8560193/>
- [2] SHEMELIN, V. et al. Theoretical Analysis of Combined Solar System Based on Dual Purpose Solar Collector. In: HABERLE, A., ed. Proceedings of the ISES EuroSun 2018. 12th International Conference on Solar Energy and Buildings - EuroSun 2018, Rapperswil, 2018-09-10/2018-09-13. Freiburg, Germany: International Solar Energy Society, 2018. s. 1043-1054. ISBN 978-3-9820408-0-6. DOI 10.18086/eurosun2018.10.06
- [3] SHEMELIN, V., T. MATUŠKA a B. ŠOUREK. Teoretická analýza využití duálních solárních kolektorů. In: Alternativní zdroje energie 2018, sborník přednášek z konference. Alternativní zdroje energie 2018, Kroměříž, 2018-06-20/2018-06-21. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2018. s. 167-174. 1. vydání. ISBN 978-80-02-02805-5.
- [4] SHEMELIN, V., T. MATUŠKA a B. ŠOUREK. Potenciální aplikace pro duální solární kolektory. In: BARTÁK, M. a K. KABELA, eds. Simulace budov a techniky prostředí 2018. Praha, 2018-11-15/2018-11-16. Praha: IBPSACZ, 2018. s. 63-68. ISBN 978-80-907423-0-7.
- [5] SHEMELIN, V. a T. MATUŠKA. Duální solární kolektory a jejich využití. Energie 21. 2016, IX(6), 20-22. ISSN 1803-0394.

EXPERIMENTÁLNÍ OVĚŘENÍ A VALIDACE

Kapalinová i vzduchová část kolektoru byla testována za ustálených podmínek v souladu s ČSN EN ISO 9806. Na Obr. 2 a Obr. 3 jsou porovnány výsledky modelování a experimentů pro kapalinovou a vzduchovou část kolektoru. Tečky s chybovými úsečkami odpovídají experimentálně stanoveným bodům účinnosti solárního kolektoru a vypočtené rozšířené nejistoty měření pro každý pracovní bod. Křivka účinnosti stanovená matematickým modelem je znázorněna jako dvě limitní křivky pro mezní nejistoty uvažované u zadávaných detailních parametrů kolektoru. Ve všech případech se experimentálně stanovené body účinnosti nachází mezi horní a dolní hranicí tolerančního pásma. Model v podstatě popisuje reálné chování solárního kolektoru s dostatečnou přesností v rámci nejistoty experimentální metody.



Obr. 2 Validace kapalinové části kolektoru Obr. 3 Validace vzduchové části kolektoru

ANALÝZA POTENCIÁLU VYUŽITÍ KOMBINOVANÝCH SOLÁRNÍCH KOLEKTORŮ

Pro analýzu využití kombinovaných solárních kolektorů byly uvažovány tři rodinné domy s různou energetickou náročností za různých klimatických podmínek (Stockholm, Praha a Milán). V rámci analýzy využití kombinovaných solárních kolektorů byly zkoumány následující varianty solárních systémů:

- Solární systém pro přípravu teplé vody na bázi kombinovaných solárních kolektorů, které celoročně fungují v režimu ohřevu vody – referenční varianta V0;
- Solární systém na bázi kombinovaných kolektorů pro přípravu teplé vody a pro ohřev větracího vzduchu před rekuperační jednotkou – varianta V1;
- Solární systém na bázi kombinovaných kolektorů pro přípravu teplé vody a pro ohřev větracího vzduchu za rekuperační jednotkou – varianta V2;
- Solární systém pro přípravu teplé vody a pro cirkulační vytápění na bázi kombinovaných kolektorů – varianta V3.

Vyhodnocování energetického zisku uvažovaných solárních systémů bylo provedeno v simulačním prostředí TRNSYS (Tab. 1).

Tab. 1 Výsledky celoročního modelování solárních systémů

	V0 (kWh/m ²)	V1 (kWh/m ²)	V2 (kWh/m ²)	V3 (kWh/m ²)
Stockholm				
Budova A	418	418 (0 %)	439 (5 %)	460 (9 %)
Budova B	418	424 (1 %)	461 (10 %)	494 (16 %)
Budova C	418	456 (9 %)	511 (20 %)	582 (32 %)
Praha				
Budova A	426	426 (0 %)	432 (1 %)	448 (5 %)
Budova B	426	427 (0 %)	443 (4 %)	474 (11 %)
Budova C	426	437 (2 %)	467 (9 %)	529 (22 %)
Milán				
Budova A	677	677 (0 %)	677 (0 %)	680 (0 %)
Budova B	677	677 (0 %)	684 (1 %)	692 (2 %)
Budova C	677	681 (1 %)	711 (5 %)	739 (9 %)

ZÁVĚR PRÁCE A JEJÍ PŘÍNOS

V rámci disertační práce byl vytvořen detailní matematický model kombinovaného solárního kolektoru. Model byl validován na základě experimentálního měření vytvořeného funkčního vzorku kombinovaného kolektoru. Nakonec byla provedena energetická analýza použití čtyřech různých systémů na bázi kombinovaných kolektorů. Bylo prokázáno, že při různých klimatických podmínkách i různé energetické náročnosti, mají systémy na bázi kombinovaných solárních kolektorů větší využitelný solární zisk ve srovnání s referenčním systémem na bázi kombinovaných solárních kolektorů s celoročním provozem v režimu ohřevu vody.

DALŠÍ SMĚŘOVÁNÍ PRÁCE

Další možností vývoje je rozšíření modelu kombinovaného kolektoru o fotovoltaickou část a vytvoření modelu kombinovaného hybridního FVT kolektoru na bázi dvou teplotně odlišných látek (vzduch/kapalina).