

Výpočet energetickej bilancie horského hotela v Poráčskej doline s využitím obnoviteľných zdrojov energie

¹Miroslav TOMČO, ²Dušan MEDVEĎ

¹ Katedra elektroenergetiky, Fakulta elektrotechniky a informatiky Technickej univerzity v Košiciach, Slovenská republika

¹miroslav.tomco@tuke.sk, ²dusan.medved@tuke.sk

Abstrakt — Tento článok sa zaoberá návrhom modelu spolupráce fotovoltaickej elektrárne, solárnych kolektorov a elektrokotla. Úlohou je odstrániť peletkový kotol, ktorý pracuje v letných mesiacoch v neekonomickom a ne hospodárnom režime a navrhnúť alternatívny zdroj tak, aby bola pokrytá spotreba teplej úžitkovej vody a spotreba vody pre vykurovanie. Navrhnutý zdroj by mal využívať zelenú energiu, teda tento zdroj má patriť k obnoviteľným zdrojom energie.

Kľúčové slová — elektrokotol, fotovoltaická elektráreň, solárne kolektory, teplá úžitková voda

I. ÚVOD

V súčasnosti sa vo svete spotrebúva obrovské množstvo energie. Tento vývoj odštartoval zhruba od počiatku 20. storočia a úzko súvisí so spotrebným spôsobom života v priemysle rozvinutých krajinách. Zásoby tradičných zdrojov energie sú obmedzené a odhaduje sa, že budú stačiť prinajmenšom na ďalších 100 rokov za predpokladu, že spotreba bude pokračovať v súčasnom trende [1].

Viac ako 100 rokov vykazuje spotreba energie vo svete viac-menej stabilný rastový trend, priemerne 3 % ročne. Odhaduje sa, že tento trend bude pokračovať. Prvým dôvodom je úsilie rozvojových krajín, ako je napríklad Čína, dosiahnuť rovnakú úroveň ako v najrozvinutejších krajinách. Druhým dôvodom je pokračujúci rast svetovej populácie. Dnes, viac ako dve miliardy ľudí musí žiť bez elektriny a dá sa predpokladať, že väčšina z nich bude skôr alebo neskôr chcieť využívať prednosti elektriny [1].

Nepriaznivá realita našej súčasnosti súvisiaca s dnes už zjavnými klimatickými zmenami, nás vyzýva na vytváranie predpokladov pre trvalo udržateľné riešenia, ktoré sú na celom svete impulzom k hľadaniu a nachádzaniu možností využívania alternatívnych zdrojov energií, obnoviteľných zdrojov energie (OZE). Jednou z možností hromadenia nevyhnutnej potreby energie, ktorá je výsledkom dlhodobého výskumu s dnes už reálnou praxou, je aplikácia technológií, ktoré využívajú energiu Slnka – pre nás, nevyčerpatel'ný zdroj tepla a svetla. Množstvo dopadajúcej energie získanej zo Slnka je približne 200-násobne väčšie ako je súčasná spotreba energetických zdrojov. Z energetického hľadiska ide teda o mimoriadne zaujímavú možnosť získavania energie. Solárna energia sa v posledných rokoch začína využívať vo väčšej miere a to hlavne aplikovaním fotovoltaických systémov [2].

Fotovoltaika je technológia, ktorá dnes zažíva vo svete neobvyklý rozmach a do budúcnosti patrí k tým najperspektívnejším obnoviteľným zdrojom energie. Fotovoltaické systémy využívajú denné svetlo k priamej výrobe elektriny. Najväčšia prednosť fotovoltaiky je jej univerzálne použitie. Fotovoltaické systémy je možné používať v širokom rade výkonov, od zlomkov wattov až po megawattové elektrárne, prakticky kdekoľvek na zemskom povrchu, i vo vesmíre. Podobne ako moderné telekomunikačné systémy dovoľujú spojenie aj s najzapadnutejším koncom Zeme, bez použitia drôtov, tak aj fotovoltaika dáva podobnú možnosť jej využitia kdekoľvek.

II. DEFINOVANIE PROBLÉMU

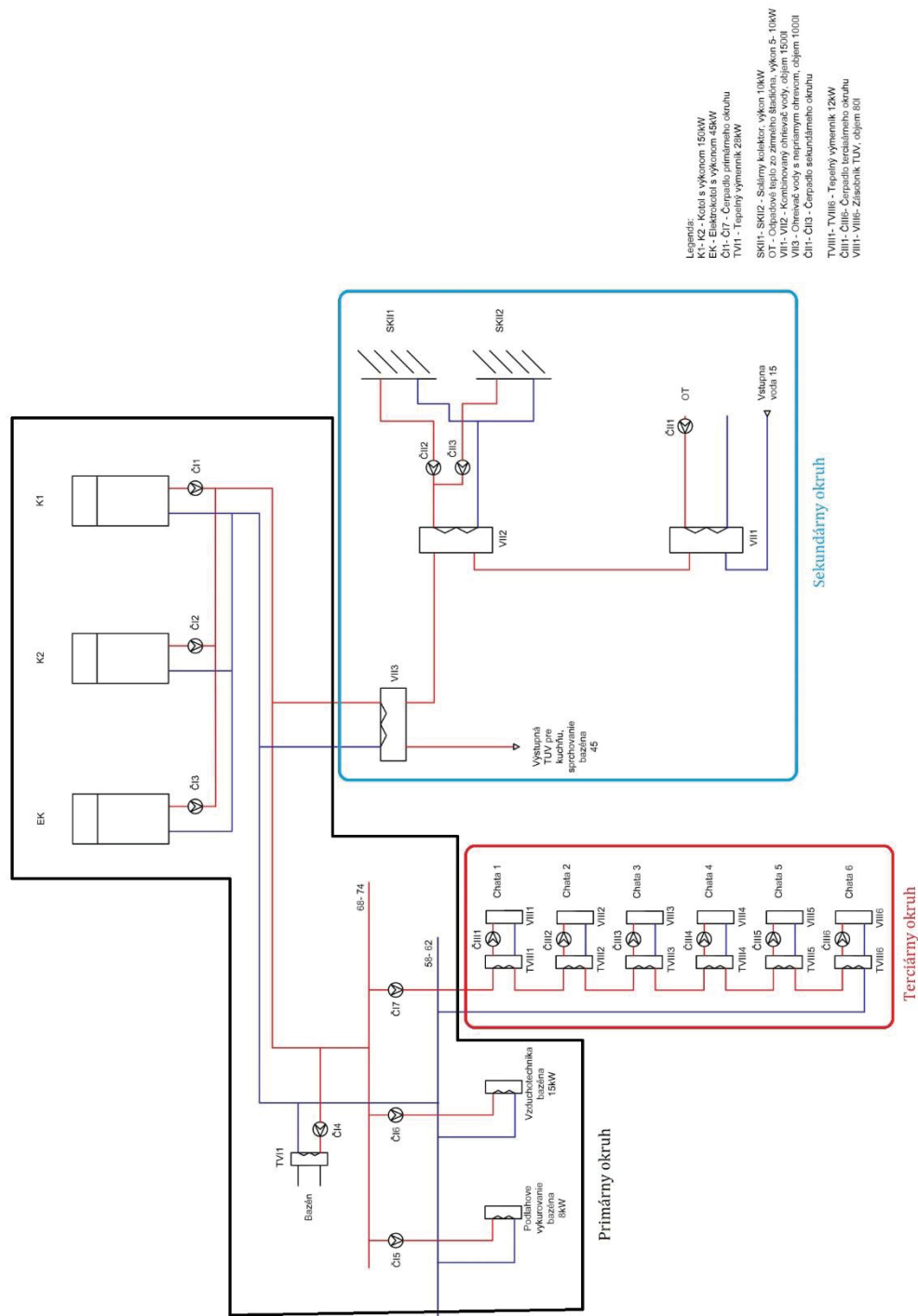
Peletkový kotol s menovitým výkonom 150 kW pracuje počas letných mesiacov v neekonomickom režime, výkon kotla sa vtedy pohybuje okolo 40 kW. Spúšťa sa v krátkych časových intervaloch, čo má nepriaznivý vplyv na prevádzku kotla. Vytvára sa struska, výmenník sa zanáša sadzami. Cieľom je odstavenie peletkového kotla v letnej prevádzke a jeho nahradenie

vhodným paralelným zdrojom k peletkovému kotlu do vykurovacieho okruhu. Výsledkom bude návrh výkonu fotovoltaickej elektrárne tak, aby sa zabezpečil ohrev prostredníctvom tepelných vykurovacích telies (elektrických špirál) v ohrievačoch vody pre:

- ohrev teplej úžitkovej vody (TÚV),
- ohrev vody vo wellness,
- ohrev TÚV v chatkách,
- ohrev vzduchotechniky bazéna a
- ohrev podlahového vykurovania v miestnosti bazéna.

III. AKTUÁLNY STAV

Na obr. 1 je znázornená principiálna schéma zapojenia, v ktorej môžeme vidieť jednotlivé zariadenia. Tieto zariadenia sa využívajú na ohrev, zásobovanie a spotrebu vody pre vykurovanie a zabezpečenie teplej úžitkovej vody.



Obr. 1 Principiálna schéma aktuálneho zapojenia ohrevu vody [3]

Ohrev vody pre vykurovanie a zabezpečenie teplej úžitkovej vody sa zabezpečuje prostredníctvom:

- peletkového kotla (inštalovaný výkon 150 kW)
- solárnych kolektorov (inštalovaný výkon 2×10 kW)
- odpadového tepla zo zimného štadióna (inštalovaný výkon $5 \div 10$ kW)

Teplá úžitková voda vzniká ohrievaním pitnej vody v ohrievačoch vody. Teplá úžitková voda sa v našom systéme využíva pre:

- kuchyňu,
- wellness,
- chatky a
- penzióny.

Vykurovanie je riešené cez rozdeľovač a zabezpečuje sa pre:

- podlahové vykurovanie bazéna a
- vzduchotechniku bazéna.

Vykurovanie sa tiež zabezpečuje pre ohrev vody v bazéne, avšak tepelný výmenník je napojený na okruh vykurovania pred rozdeľovačom.

IV. SPOTREBA TÚV A VODY PRE VYKUROVANIE

Aby sa zabránilo poddimenzovaniu, prípadne predimenzovaniu zdroja na prípravu teplej úžitkovej vody a vody na vykurovanie, treba pri navrhovaní poznať diagram, resp. hodnoty spotrebovanej TÚV a vody pre vykurovanie.

A. Spotreba TÚV v reštaurácii

Objem spotrebovanej TÚV predpokladáme na 30 litrov na osobu. Je nutné zabezpečiť, aby bola TÚV k dispozícii v čase, keď je reštaurácia otvorená. Pri výpočte spotrebovanej TÚV uvažujeme, že denne reštauráciu navštívi 300 ľudí.

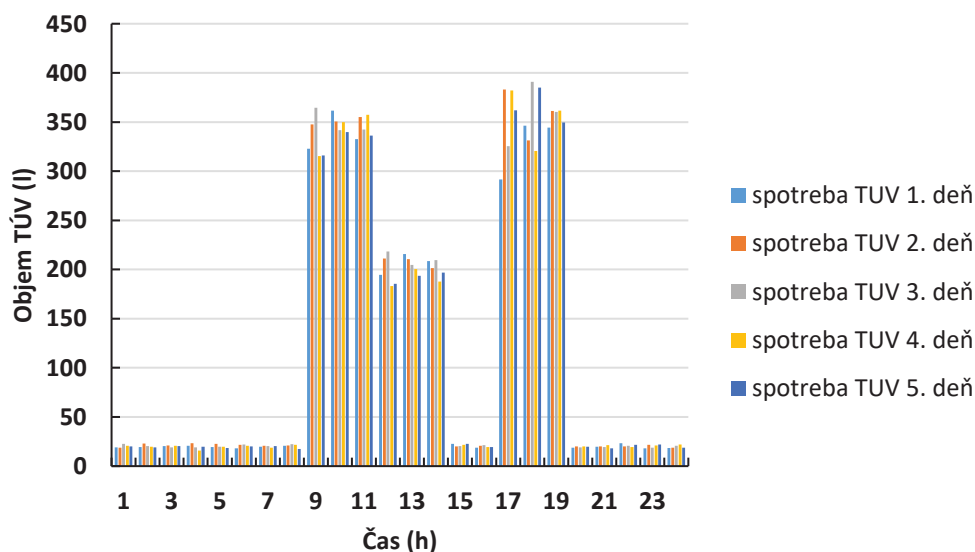
B. Spotreba TÚV pre wellness

TÚV sa vo wellness využíva pre sprchy bazéna. Predpokladáme, že wellness denne využíva 120 ľudí, pričom spotreba na jednu osobu je 20 litrov.

C. Spotreba TÚV pre chatky

V areáli horského hotela Poráč Park sa nachádza šesť chatiek. Kapacita jednej chatky je desať osôb. Uvažujeme, že spotreba na jednu osobu je 50 litrov za deň. Tepelné výmenníky sa nachádzajú v terciárnom okruhu, kde sa TÚV ohrieva z primárneho okruhu prostredníctvom tepelných výmenníkov. Spotrebovaný objem TÚV pri piatich rôznych dňoch môžeme vidieť na obr. 2.

Spotreba TÚV pre chatky



Obr. 2 Objem spotrebovanej TUV pre chatky [3]

D. Spotreba tepelnej energie pre ohrev vody v bazéne

Teplá voda sa v bazéne ohrieva pomocou tepelného výmenníka, ktorého menovitý výkon je 24 kW. Voda v bazéne nepotrebuje akumuláciu tepla, teda voda v bazéne sa ohrieva priamo cez deň. Voda sa v bazéne ohrieva 10 hodín denne, a to v čase od 8:00 h do 18:00 h. V ostatných časoch sa voda len dohrieva s 10 % výkonom z menovitého výkonu.

E. Spotreba tepelnej energie pre podlahové vykurovanie

Podlahové vykurovanie je realizované plastovými rúrkami (hadmi), ktoré sú zaliate v betónovom potere. Pri výpočte spotreby tepelnej energie pre podlahové vykurovanie uvažujeme s menovitým výkonom 8 kW, v čase podobnom, ako pri spotrebe tepelnej energie pre ohrev vody v bazéne.

F. Spotreba tepelnej energie pre vzduchotechniku

Vzduchotechnika je určená na dohrievanie vzduchu na požadovanú hodnotu obehovým vzduchom a odvlhčovaním. Menovitý výkon vzduchotechniky je 15 kW a využíva sa v čase podobnom, ako pri spotrebe tepelnej energie pre ohrev vody v bazéne.

V. VÝROBA TÚV A VODY PRE VYKUROVANIE

Okrem tepelnej energie, ktorá sa bude získavať z FVE prostredníctvom priamych ohrievačov vody, tepelná energia sa bude získavať aj zo:

- solárnych kolektorov – inštalovaný výkon 2×10 kW a
- odpadového tepla zo zimného štadióna – inštalovaný výkon $5 \div 10$ kW.

VI. NÁVRH A VÝPOČET ENERGETICKEJ BILANCIE

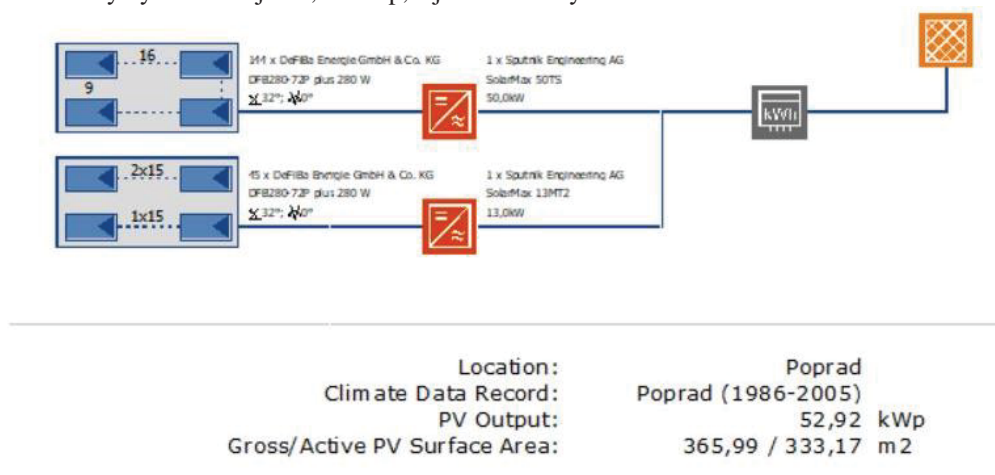
Výpočet bol realizovaný v programe Matlab v minútových intervaloch spotrebovanej a vyrobenej teplej úžitkovej vody a vody pre vykurovanie. Okrem programu Matlab sme pre konečný návrh inštalovaného výkonu FVE použili aj program PVSol, ktorý zohľadňuje slnečné podmienky a tak simuluje možnú vyrobenú elektrickú energiu pre konkrétne miesto.

Pre spoľahlivejší výsledok sme v programe Matlab výpočet realizovali počas piatich dní a vybrali sme najvyšší výkon, ktorý je nutné dodať z FVE. V nasledujúcej tab. 1 môžeme vidieť potrebný výkon FVE počas piatich dní. Maximálne hodnoty výkonov sa pohybujú v rozmedzí od 39,322 kW do 41,366 kW.

Tabuľka 1
Vypočítaný výkon FVE [3]

Čas	Výkon FVE (kW)				
	1. deň	2. deň	3. deň	4. deň	5. deň
1:00	1,142	0,820	1,429	0,807	1,154
2:00	1,531	0,920	0,792	1,355	1,289
3:00	1,176	1,239	0,668	0,981	0,765
4:00	1,392	1,178	1,233	0,990	1,097
5:00	1,329	0,943	0,827	1,114	0,932
6:00	1,027	0,708	1,113	1,064	1,255
7:00	1,180	1,358	1,280	0,788	0,701
8:00	36,035	41,221	39,499	39,572	41,366
9:00	39,322	38,752	41,109	34,999	40,385
10:00	36,991	40,709	39,456	38,511	39,513
11:00	37,836	38,655	37,127	37,609	36,430
12:00	34,568	38,083	36,046	37,793	33,538
13:00	33,505	34,172	36,576	35,479	36,404
14:00	33,295	36,799	36,531	34,543	35,179
15:00	32,542	32,039	34,128	31,608	31,179
16:00	32,137	32,483	33,378	32,420	31,757
17:00	39,061	37,693	37,096	38,467	37,690
18:00	1,247	0,897	1,041	0,882	1,239
19:00	1,142	1,260	1,237	1,145	0,814
20:00	1,330	1,126	0,785	1,207	1,461
21:00	1,149	1,287	1,149	1,045	1,329
22:00	0,734	0,879	0,881	1,419	1,300
23:00	0,843	0,890	0,882	1,488	0,953
0:00	0,825	1,142	1,396	1,337	1,190

Najvyšší výkon, ktorý je potrebný pre zachovanie energetickej bilancie, dosahoval hodnotu 41,366 kW. Na tento výkon by mala byť navrhnutá fotovoltická elektrárňa. V programe PVSol sme realizovali niekoľko rôznych simulácií pri rôznom inštalovanom výkone FVE. Z týchto simulácií sme navrhli výkon FVE tak, aby boli investičné náklady a náklady na prevádzku čo najmenšie tak, aby bola zachovaná spoľahlivosť prevádzky a energetická bilancia. Výsledný inštalovaný výkon FVE je 52,92 kWp, a je znázornený na obr. 3.



Obr. 3 Inštalovaný výkon FVE [3]

Pri nedostatočnej výrobe elektrickej energie z FVE a teda pri nedostatočnom ohreve vody pre vykurovanie a TÚV, bude sa využívať na dohrievanie elektrokotol. Elektrokotol je zapojený v sérii za ohrievačom vody s priamym ohrevom. Inštalovaný výkon elektrokotla je 45 kW. Hodnoty výkonu fotovoltickej elektrárne a elektrokotla pre jednotlivé hodinové intervaly a rôzne slnečné podmienky, sú uvedené v nasledujúcej tab. 2.

Tabuľka 2
Spolupráca FVE a EK [3]

Čas	Spolupráca fotovoltickej elektrárne a elektrokotla					
	Slnečný deň			Zamračený deň		
	FVE (kW)	EK (kW)	Prebytok FVE (kW)	FVE (kW)	EK (kW)	Prebytok FVE (kW)
1:00	0,00	0,818	0,000	0,00	0,791	0
2:00	0,00	0,986	0,000	0,00	1,157	0
3:00	0,00	1,048	0,000	0,00	1,010	0
4:00	0,20	0,763	0,000	0,00	1,045	0
5:00	0,70	0,905	0,000	0,00	1,115	0
6:00	6,70	0,411	0,000	0,65	0,000	0,025
7:00	18,60	3,984	0,000	1,61	9,145	0
8:00	32,20	18,563	0,000	2,16	36,561	0
9:00	40,60	5,461	0,000	3,02	40,431	0
10:00	48,40	0,000	3,131	3,24	34,903	0
11:00	51,80	0,000	16,937	3,52	31,758	0
12:00	52,70	0,000	24,883	3,19	32,072	0
13:00	48,80	0,000	16,111	2,87	30,533	0
14:00	42,70	0,000	12,934	2,30	31,730	0
15:00	33,10	0,000	0,076	1,77	30,363	0
16:00	21,70	9,664	0,000	1,77	29,688	0
17:00	9,80	25,255	0,000	1,17	37,484	0
18:00	1,20	10,101	0,000	0,61	12,572	0
19:00	0,30	7,052	0,000	0,05	5,506	0
20:00	0,00	1,323	0,000	0,00	1,091	0
21:00	0,00	1,228	0,000	0,00	1,071	0
22:00	0,00	0,886	0,000	0,00	1,068	0
23:00	0,00	1,231	0,000	0,00	1,414	0
0:00	0,00	1,053	0,000	0,00	1,139	0

VII. ZÁVER

Tento príspevok sa zaoberal výpočtom energetickej bilancie horského hotela v Poráčskej doline s využitím obnoviteľných zdrojov energie. Ako obnoviteľný zdroj sa využila energia zo Slnka – fotovoltaická elektrárňa. Tepelná energia, ktorá je potrebná pre ohrev TUV a ohrev vody pre vykurovanie, ohrieva sa v ohrievačoch vody s priamym ohrevom, kde sa využíva elektrické vykurovacie teleso, ktoré je napájané práve z tejto fotovoltaickej elektrárne.

POĎAKOVANIE

Tento príspevok vznikol vďaka podpore Vedeckej grantovej agentúry Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu SR a SAV podporenej grantom VEGA 1/0372/18.

LITERATÚRA

- [1] Inforse, *International Network for Sustainable Energy*, „Prečo potrebujeme obnoviteľné zdroje energie?“ [online]. [cit. 2020-05-19]. Dostupné na internete: < <http://www.inforse.org/europe/fae/OEZ/preco/preco.html> >
- [2] Oravcová, E., „Fotovoltaika, technológia „budúcnosti“ aplikovaná v tvorbe študentov architektúry“ [online]. [cit. 19-05-2020] Dostupné na internete: < <https://www.siea.sk/wp-content/uploads/files/medzinarodne/projekty/pure/Fotovoltaika.pdf> >
- [3] Matuška, T., „Typy solárnych kolektorů“ [Online] Nejnavštěvovanější odborný portal pro stavebnictví a technická zařízení budov. 2020. [cit. 17.03.2020] Dostupné na internete: < <https://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/154-typy-solarnich-kolektoru> >
- [4] Jelínek, V., „Návrh úsporného ohřevu teplé vody“. Praha: 2007, GAS s.r.o [cit. 25.03.2020] ISBN 978-80-7329-137-3.
- [5] Fáber, A., Iliaš, I., et. al., „Slnko k službám: možnosti využitia slnečnej energie“, Bratislava: 2010. Energetické centrum Bratislava. ISBN 798-80-969646-1-1.
- [6] Baláš, M., „Kotle a výměníky tepla“, Brno: 2009, Akademické nakladatelství CERM. Učební texty vysokých škol. ISBN 978-80-214-3955-9.
- [7] Stehlík, P., Kohoutek, J., Nemčanský, J., „Tepelné pochody: Výpočet výměníku tepla“, Brno: 1991, Vysoké učení technické. Bakalárska práca.
- [8] Tomčo, M., „Výpočet energetickej bilancie horského hotela v Poráčskej doline s využitím obnoviteľných zdrojov energie“. Diplomová práca. Košice: Technická univerzita v Košiciach, Fakulta elektrotechniky a informatiky, 2020.