

Stavebná fakulta STU v Bratislave

Ing. Ingrida Skalíková

Autoreferát dizertačnej práce

ANALÝZA PREVÁDZKOVÝCH PODMIENOK
NÍZKOTEPLŔTNÝCH SÚSTAV ODOVZDÁVANIA
ENERGIE V BUDOVÁCH

na získanie vedecko-akademického titulu doktor philosophiae doctor, PhD.
v doktorandskom študijnom programe

3136 Teória a technika prostredia budov

Bratislava 2020

Dizertačná práca bola vypracovaná v dennej forme doktorandského štúdia na
Stavebnej fakulte Slovenskej technickej univerzity v Bratislave

Predkladateľ: Ing. Ingrida Skalíková
Stavebná fakulta STU v Bratislave
Katedra technických zariadení budov
Radlinského 11
813 68 Bratislava

Školiteľ: doc. Ing. Belo Fűri, PhD.
Stavebná fakulta STU v Bratislave
Katedra technických zariadení budov
Radlinského 11
813 68 Bratislava

Oponenti: doc. Ing. Daniel Kalús, PhD.
Ing. Jozef Lovás, PhD.
prof. Ing. Jiří Hirš, CSc.

Autoreferát bol rozoslaný: 29.07.2020

Obhajoba dizertačnej práce sa koná 24.08.2020 o 8:00 h.

v zasadačke Katedry technických zariadení budov na 14. poschodí bloku C
Stavebnej fakulty STU v Bratislave, Radlinského 11, 813 68 Bratislava.

Prof. Ing. Stanislav Unčík, PhD.
dekan Stavebnej fakulty STU v Bratislave

ÚVOD

Európska únia prijala ambiciózne ciele energetickej politiky na dosiahnutie poklesu ročnej spotreby energie do roku 2020 o 20 % a dosiahnutie scenára nízkouhlíkového hospodárstva do roku 2050. Zmeny v energetickej politike sú citeľné pri konkrétnych technologických riešeniach. Tento posun prináša poznanie, že samotné technologické riešenia pravdepodobne nebudú stačiť na splnenie spoločných náročných výziev. Obnova bytových domov ako jeden z nástrojov na dosiahnutie cieľov je komplexnou interakciou rôznych sociálno-ekonomických a technických prvkov, ako je spotrebiteľské správanie, akceptácia trhu, finančná podpora a využitie správnej technológie. Správne spojenie všetkých týchto aspektov nám prináša riešenie, ktoré aj napriek zdanlivej zložitosti a ekonomickej náročnosti dokáže splniť požiadavky súčasnej legislatívy. Táto práca prináša celkový pohľad na hĺbkovú obnovu troch bytových domov.

Pri hĺbkovej obnove budov je možné pozorovať, merať a počítať širokú škálu účinkov. Tieto účinky som sa snažila zhrnúť v tejto práci. Jednou z prvých problematík, ktorou som sa zaoberala je odpojenie sa od centralizovaného zdroja tepla. Všetky tri riešené bytové domy sa v rámci obnovy odpojili od CZT. Súčasná novela zákona o tepelnej energetike tento stúpajúci trend mierne spomalila. Dôsledky odpájania sa od CZT nie sú len v rámci odpojeného bytového domu, ale zasahujú do celej distribučnej siete. Obsah práce je informačným materiálom pre všetkých účastníkov na trhu s teplom a správcov bytových domov. Je to analýza ekonomických, environmentálnych a sociálnych dopadov decentralizácie zásobovania teplom.

Nový zdroj tepla pre obnovené bytové domy sú tepelné čerpadlá. Úspešná inštalácia nového zdroja tepla nie je zárukou dobrej prevádzky. Experimentálne meranie je preto jediné hodnoverné určenie energetickej účinnosti systému. Analýza experimentálnych meraní je zameraná na overenie účinnosti tepelných čerpadiel udávanej výrobcom a skutočnou prevádzkou.

Široká ponuka technológií prináša aj mnoho technických riešení. Optimalizácia prevádzky systému TČ je uskutočnená pomocou simulácie rôznych zdrojov tepla a prevádzkových podmienok pomocou výpočtového programu.

Energetické porovnanie zdrojov tepla pri hĺbkovej obnove bytových domov so skutočnou prevádzkou je jedna z ďalších častí práce. Z výsledkov energetického hodnotenia budov podľa normalizovaných a lokálnych podmienok konfrontovaných so skutočne nameranými hodnotami je možné analyzovať vzniknuté odchýlky, ktoré sa dajú zovšeobecniť pre ďalšie podobné prípady.

Ďalšou časťou je ekonomické hodnotenie, ktoré je v rámci hĺbkovej obnovy bytového domu jedným z kľúčových a rozhodujúcich hľadísk. Platby za vykurovanie a prípravu teplej vody v bytových domoch tvoria podstatnú časť prevádzkových nákladov, zvyčajne je to viac ako tretina niekedy až polovica z celkových zálohových platieb. Preto jedným z najvýznamnejších a najviac skúmaných sociálno-ekonomických problémov v rámci práce je problém energetickej chudoby na Slovensku. V práci je uvedená ekonomická bilancia pred a po obnove bytového domu s dopadom na vlastníkov bytov. Prehľad možností podporných finančných mechanizmov na hĺbkovú obnovu bytových domov a ich správnej implementácii.

Hĺbková obnova budovy so zmenou zdroja tepla má priamy vplyv aj na environmentálne otázky. Účinky úspor energie majú okamžitý dosah na množstvá znečisťujúcich látok v ovzduší, ako sú emisie CO₂, tuhé znečisťujúce látky, emisie skleníkových plynov a podobne. Ekologická analýza prináša exaktné vyčíslenie týchto emisií aj s porovnaním s alternatívnym zdrojom tepla.

Spomedzi všetkých výhod, ktoré hĺbková obnova prináša sa najviac opomínajú práve sociálne aspekty. Stále častejšie sa vo svete upozorňuje na nutnosť zohľadniť potreby a požiadavky obyvateľov a nevyhnutnosť ich začlenenia do procesu hĺbkovej obnovy. Pomocou dotazníkového prieskumu, som chcela poukázať na identifikovateľné vplyvy hĺbkovej obnovy na obyvateľov bytových domov.

1. CIELE DIZERTAČNEJ PRÁCE

Cieľom dizertačnej práce je na základe komplexnej analýzy všetkých aspektov hĺbkovej obnovy bytového domu vyhodnotiť ekonomický, ekologický, sociálny dopad a v neposlednom rade energetickú efektívnosť riešenia. Dostávame sa do doby, kedy prísne legislatívne požiadavky na budovy neumožňujú uskutočniť hĺbkové obnovy bez preukázateľne splnených podmienok. Podľa Vyhlášky č. 324/2016 Z. z. [1] nie je potrebné splniť primárnu energiu A1 pokiaľ to nie je funkčne, technicky a ekonomicky uskutočniteľné. Táto veta prináša často krát priestor na nie úplné splnenie požiadaviek.

Investičné a prevádzkové náklady sú jedným z rozhodujúcich bodov pri prijímaní rozhodnutí o hĺbkovej obnove zo strany investorov. Výsledky, ktoré overia správnosť predpokladov a návrhu sa dajú jednoznačne potvrdiť až užívaním objektu a práve tieto informácie, môžu v budúcnosti slúžiť ako vzor pre ďalšie podobné realizácie.

Teplné čerpadlá ako zdroje tepla postupne nachádzajú svoje miesto na trhu aj u nás. Aj keď sa inštalácia tohto typu zdroja tepla využíva prevažne u novostavieb, pri hĺbkovej obnove je to preukázateľne opodstatnený krok.

Cieľom práce je overiť energetickú efektívnosť troch rôznych elektricky poháňaných tepelných čerpadiel. Výrobcami prezentované vysoké výkonové čísla sa experimentálnym meraním dajú nespochybniteľne overiť. Pri porovnaní energetickej účinnosti na základe experimentálnych meraní je cieľom poukázať na fakt, že predpokladaná vysoká účinnosť tepelných čerpadiel, s ktorou sa stretávame práve v podkladoch od výrobcov, je ovplyvnená rôznymi prevádzkovými vplyvmi.

Výber troch bytových domov, ktoré spĺňajú vstupné podmienky pre experiment majú priniesť jednoznačné závery o vhodnosti inštalácie tepelného čerpadla pri hĺbkovej obnove bytového domu.

Z uvedeného vyplývajú tieto hlavné ciele dizertačnej práce:

Cieľ č.1

Vyhodnotenie experimentálnych meraní a určenie výkonového čísla s porovnaním údajov poskytnutých výrobcom. Overenie výpočtovej metódy účinnosti tepelných čerpadiel na základe experimentálnych meraní pre tepelné čerpadlo vzduch/voda. Porovnanie normalizovaného a prevádzkového hodnotenia energetickej účinnosti celého systému výroby tepla s TČ.

Cieľ č.2

Výpočtovým programom overiť vhodnosť inštalácie tepelného čerpadla a porovnanie s iným zdrojom tepla. Optimalizácia prevádzky tepelného čerpadla.

Cieľ č.3

Energetické hodnotenie podľa normalizovaných, lokálnych údajov troch bytových domov a porovnanie so skutočnými nameranými hodnotami. Určenie odchýlok výpočtu so skutočnosťou. Určenie globálneho ukazovateľa primárna energia a zatriedenie budovy do energetickej triedy.

Cieľ č.4

Ekonomická analýza hĺbkovej obnovy bytových domov. Rozpočítanie reálnych investícií a vyhodnotenie vhodnosti financovania. Určenie miery úspor nákladov na bývanie po zmene zdroja tepla v priebehu niekoľkých rokov. Teoretická analýza energetickej chudoby na Slovensku v súvislosti s odpájaním sa od CZT.

Cieľ č.5

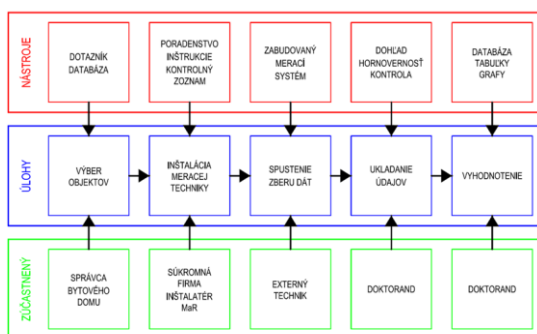
Ekologické hodnotenie na základe výpočtov z projektového hodnotenia a overenie vhodnosti inštalácie tepelného čerpadla v rámci ekologického dopadu. Ekologické hodnotenie palív nad rámec Vyhlášky č. 324/2016 Z. z. a analýza produkcie škodlivín ako SO₂, NO_x, CO a TZL a porovnanie s inými zdrojmi tepla.

Cieľ č.6

Kvantifikácia ľudského správania alebo dlhodobých sociálnych vplyvov v rámci domácnosti závisí od veľmi veľa premenných. V práci som sa zamerala na identifikovateľné vplyvy hĺbkovej obnovy na obyvateľov ako je zmena návykov, všeobecná spokojnosť so zmenou, pozitívne a negatívne postrehy z užívania bytového domu a podobne. Týmto chcem deklarováť nutnosť zohľadniť potreby a požiadavky obyvateľov a nevyhnutnosť ich začlenenia do procesu hĺbkovej obnovy.

2. METÓDY SPRACOVANIA DIZERTAČNEJ PRÁCE

Na troch rôznych úrovniach sú zobrazené nástroje (červená), úlohy (modrá) a zúčastnení (zelená) na procese tvorby dizertačnej práce. Podrobnosti týkajúce sa vytýčených úloh sú popísané nižšie.



Úloha 1 – Výber objektu

Dizertačná práca začala výberom vhodných objektov. Kľúčové boli nielen okrajové podmienky, ktoré sa určili pri výbere, ale aj možnosť inštalácie meracej techniky a kooperácia obyvateľov objektu pri získavaní informácií oľhľadom spotrieb energií a investícií.

Úloha 2 – Inštalácia meracej techniky

V druhom kroku boli objekty vybavené meracou technikou. Osadenie meračov a meracej ústredne musel vykonať spôsobilý elektroinštalatér.

Úloha 3 – Spustenie zberu dát

Spustenie zberu dát prebehlo vďaka externej firme, ktorá monitoruje všetky tri objekty a zabezpečila prístup ku všetkým meraným údajom.

Úloha 4 a 5 – Ukladanie údajov a vyhodnotenie

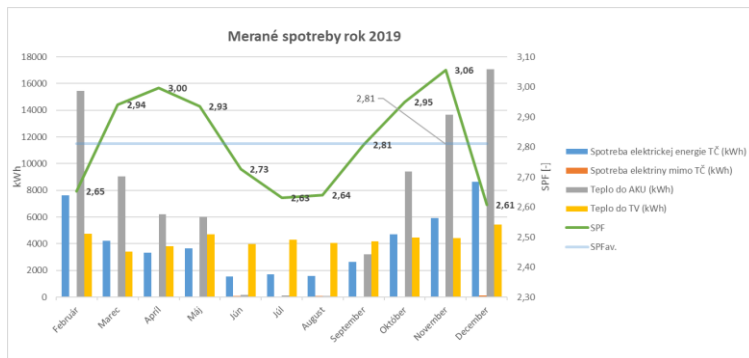
Systém na zaznamenávanie nameraných údajov každého hodnoteného objektu denne posiela sadu údajov na server externej firmy. Sťahovanie údajov je k dispozícii kedykoľvek vďaka prístupovým heslám. Po stiahnutí

je nutné údaje prefiltrovať, nakoľko je možná duplicita zápisov niektorých hodnôt. V rôznych súboroch programu Excel sa vypočítajú hodnoty SPF a následne sa porovnávajú. Tento postup umožnil vysokú presnosť výsledku, pokiaľ ide o určenie správnych hodnôt SPF.

3. EXPERIMENTÁLNE MERANIA

Experimentálne meranie slúži na presnejšie určenie COP tepelného čerpadla. Najpresnejším hodnotením efektívnosti tepelného čerpadla je experimentálne meranie so zohľadnením hraníc podsystemu. Metodika experimentálnych meraní je rozdelená podľa nasledujúcich kritérií:

- metodika z hľadiska meraných veličín,
- metodika z hľadiska meracích bodov,
- metodika z hľadiska použitých meracích prístrojov,
- metodika z hľadiska prevádzky,
- metodika z hľadiska času.



Obr. 3.1 Príklad meraných spotrieb za rok 2019 s vyčíslením hodnoty SPF

Experimentálne meranie slúži na overenie teoretických tvrdení v praxi. Pri tepelných čerpadlách je to overenie účinnosti. Výkonové číslo COP uvádzané výrobcom, je určené na základe laboratórnych skúšok a testovaní podľa normy STN EN 14 511. Tento parameter uvádza každý výrobca v katalógu. Menej časté je uvádzanie hodnoty SPF, teda sezónneho výkonového čísla. V tomto prípade je potrebné poznať, respektíve zohľadniť podmienky inštalácie. V prípade experimentálneho bytového domu BD1 som poznala

oba parametre uvádzané výrobcom pre konkrétny typ tepelného čerpadla. Hodnota SPF výrobcom bola stanovená na hodnotu 2,94. Počas doby hodnotenia som dospela k hodnotám SPF v priebehu 4 ročného obdobia skúmania. Hodnoty SPF za roky sa pohybovali v rozpätí 2,67 - 3,11, v závislosti od sledovaných rokov a okrajových podmienok. Z tohto hľadiska možno konštatovať, že predpoklad výrobcov bol správny.

Skutočné prevedenie a ovplyvňujúce faktory konkrétnych inštalácií je veľmi ťažko prognózovať. Ako sa ukázalo ďalším skúmaním čiastkových hodnôt, zistila som niekoľko technických nedostatkov, ktoré môžu mať vplyv na celkovú účinnosť tepelného čerpadla. Diagnostika a odstránenie týchto nedostatkov môže mať z dlhodobého hľadiska vplyv na zlepšenie chodu celého systému. Životnosť tepelného čerpadla určuje miera opotrebenia kompresora. V systémoch s viacerými kaskádovito zapojenými čerpadlami je treba zväziť mieru zaťaženia jednotlivých prvkov a včasnou diagnostikou predísť technickým problémom celého systému.

4. SIMULÁCIA TEPELNÉHO ČERPADLA

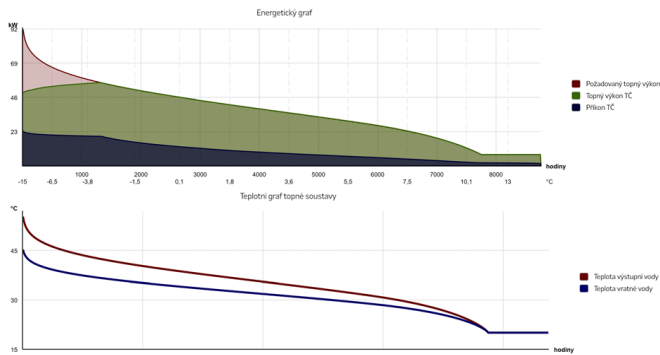
Počítačová simulácia tepelného čerpadla je imitácia reálneho procesu pomocou výpočtovej techniky. Modelovanie reálneho, alebo realite blížiacieho sa modelu je základom simulácie, ale nemožno ich stotožňovať. Ten istý model reálnej skutočnosti možno simulovať viacerými spôsobmi. Ako jednou z najväčších výhod simulácie je, že umožňuje štúdium správania sa systému v reálnom, zrýchlenom alebo spomalenom čase a teda za veľmi krátky čas je možné overiť mesiacmi zbierané údaje [2]. Simulácia prináša komplexnejší pohľad na riešený problém. Hlavným cieľom tejto kapitoly je overiť vhodnosť inštalácie tepelného čerpadla a porovnanie s iným zdrojom tepla a optimalizácia prevádzky tepelného čerpadla.

4.1. Návrh simulácie pre BD1

Ako prvé som pre BD1 vytvorila pomocou výpočtového programu návrh systému tepelného čerpadla podľa údajov vypočítaných v Kapitole 5.1 normalizované údaje. Týmto chcem demonštrovať rozdiel medzi vypočítanými vstupnými údajmi a reálnou prevádzkou.

Tabuľka 4.1 Parametre navrhnutého tepelného čerpadla

Energetické pokrytie	95 %	Pokrytie výkonu	54 %
Energia dodaná TČ	302 416 kWh	Prevádzkové hodiny	7 712 h
Energia spotrebovaná TČ	86 998 kWh	Teplota bivalencie	- 3 °C
Doplnkový zdroj - spotreba	16 096 kWh	Výkon pri výpočtovej teplote	49,0 kW
Obehové čerpadlo – vyk.	2 600 kWh	Výkonové číslo	3,5
Doporučený doplnkový zdroj	42,4 kW	Max. požiadavka na výkon	91,4 kW



Obr. 4.2 Energetický a teplotný graf TČ vzduch/voda

Tabuľka 4.2 Ekonomické vyhodnotenie nákladov v prvom roku TČ vzduch/voda

Pred inštaláciou		Po inštalácii		Úspory	
Náklady na energiu	29 955 €	Náklady na energiu	6 285 €	Úspory energie	23 670 €
Celkové náklady	29 983 €	Celkové náklady	6 313 €	Úspory	23 670 €

Predpokladané náklady na energiu podľa skutočných jednotkových cien sú zobrazené v Tabuľke 4.3.

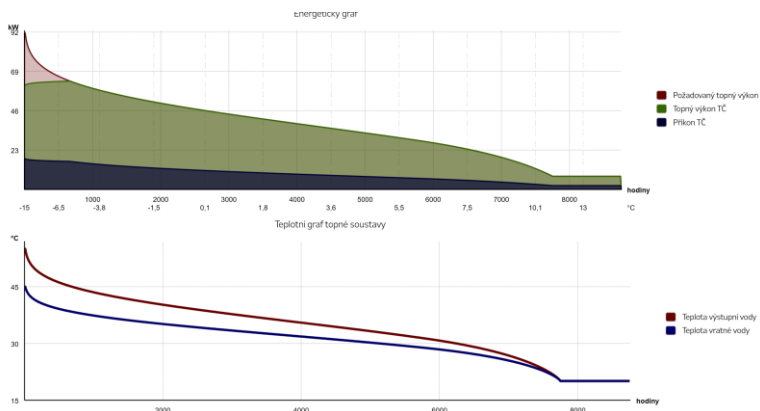
Tabuľka 4.3 Náklady na energiu

	Cena	Spotreba	Účinnosť	Náklady
Pred inštaláciou CZT	0,079 €/kWh	379 180 kWh	84 %	29 955 €
Po inštalácii elektrina	0,059 €/kWh	90 428 kWh	100 %	5 335 €
Doplňkový zdroj elektrina	0,059 €/kWh	16 096 kWh	100 %	950 €

4.2.2 Normalizované údaje TČ voda/voda

Tabuľka 4.4 Parametre navrhnutého tepelného čerpadla

Energetické pokrytie	98 %	Pokrytie výkonu	67 %
Energia dodaná TČ	312 400 kWh	Prevádzkové hodiny	4 830 h
Energia spotrebovaná TČ	82 163 kWh	Teplota bivalencie	- 6 °C
Doplňkový zdroj - spotreba	6 111 kWh	Výkon pri výpočtovej teplote	61,0 kW
Obehové čerpadlo – vyk.	4 360 kWh	Výkonové číslo	3,8
Doporučený doplnkový zdroj	30,5 kW	Max. požiadavka na výkon	91,4 kW



Obr. 4.3 Energetický a teplotný graf TČ voda/voda

Tabuľka 4.5 Ekonomické vyhodnotenie nákladov v prvom roku TČ voda/voda

Pred inštaláciou		Po inštalácii		Úspory	
Náklady na energiu	29 955 €	Náklady na energiu	5 465 €	Úspory energie	24 490 €
Celkové náklady	29 984 €	Celkové náklady	5 494 €	Úspory	24 490 €

Tabuľka 4.6 Náklady na energiu

	Cena	Spotreba	Účinnosť	Náklady
Pred inštaláciou CZT	0,079 €/kWh	379 180 kWh	84 %	29 955 €
Po inštalácii elektrina	0,059 €/kWh	86 523 kWh	100 %	5 105 €
Doplňkový zdroj elektrina	0,059 €/kWh	6 111 kWh	100 %	361 €

Z výsledkov je zjavné, že systém tepelných čerpadiel v reálnej prevádzke sa oproti simulácií líši. Okrajové podmienky simulácie boli určené na základe energetického hodnotenia. Tento návrh s dvoma odlišnými zdrojmi tepla nám priniesol rozdiely v takmer všetkých ukazovateľoch.

5. ENERGETICKÉ HODNOTENIE

Zámer dosiahnuť čo najväčšie energetické úspory a najnižšie náklady na výrobu tepla je podporený aj požiadavkami na energetickú hospodárnosť budov. Požiadavky sú definované hodnotou globálneho ukazovateľa primárnej energie. V tejto kapitole som sa zamerala na energetické hodnotenie obnovených bytových domov, ktoré takisto musia spĺňať požiadavky Vyhlášky č. 35/2020 Z. z. [3].

Požiadavka na energetickú hospodárnosť pre budovy je uzákonená aj v ustanovení Stavebného zákona [7], ktorý ustanovuje všeobecné technické požiadavky na navrhovanie stavieb. Podľa tohto zákona sa stavby musia navrhnuť tak, aby „technický systém budovy v rámci technických, funkčných a ekonomických možností umožňoval dosiahnuť nákladovú efektívnosť vzhľadom na klimatické podmienky, umiestnenie stavby a spôsob jej užívania, najmä využitím vysokoúčinných alternatívnych energetických systémov založených na obnoviteľných zdrojoch energie a automatizovaných riadiacich, regulačných a monitorovacích systémov“.

Nová budova musí podľa zákona o EHB [4] spĺňať minimálne požiadavky na energetickú hospodárnosť nových budov určené technickými normami. Ak je to technicky, funkčne a ekonomicky uskutočniteľné, minimálne požiadavky na energetickú hospodárnosť nových budov musí spĺňať aj existujúca budova po uskutočnení jej významnej obnovy. To znamená, že aj budovy, ktoré prešli hĺbkovou obnovou musia do určitej miery spĺňať stanovené kritéria. Vyhláška č. 364/2012 Z. z. [5], Vyhláška č. 324/2016 Z. z. [1] a Vyhláška č. 35/2020 Z. z. [3] požiadavky pre obnovené budovy ešte spresnili. Minimálna požiadavka pre globálny ukazovateľ určený ako hornú hranicu energetickej triedy podľa úrovne výstavby musia dosiahnuť nové budovy a významne obnovené budovy. Ak to nie je pri významne obnovovanej budove technicky, funkčne a ekonomicky uskutočniteľné, stavebné konštrukcie a prvky tvoriace ich časť, ktoré vytvárajú obalovú konštrukciu budovy musia spĺňať aspoň požiadavky určené podľa technickej normy [6] pre jednotlivé energetické úrovne výstavby.

Podľa energetickej hospodárnosti sa jednotlivé kategórie budov zatrieďujú do energetických tried A až G. Každá energetická trieda je vyjadrená číselným rozpätím a je súčtom číselných ukazovateľov z jednotlivých miest a spôsobov spotreby energie v budove vyjadrených čiastkovými energetickými triedami.

Z výsledkov energetického hodnotenia je možné konštatovať odchýlky výpočtu od skutočne nameraných hodnôt pred a po hĺbkovej obnove do 25 %.

6. EKONOMICKÉ HODNOTENIE

Ekonomické hodnotenie v rámci hĺbkovej obnovy bytového domu je jedným z kľúčových a rozhodujúcich hľadísk. Veľké investície do hĺbkovej obnovy si v súčasnosti už nevyžadujú niekoľko ročné šetrenie peňazí, ale existuje niekoľko takmer okamžitých možností financovania.

Tabuľka 6.1 Vyhodnotenie BD1, BD2, BD3 pre celý bytový dom

Náklady na energiu prepočítané na byt	BD1 Bytová jednotka 73,69 m ²		BD2 Bytová jednotka 87 m ²		BD3 Bytová jednotka 73,69 m ²	
	Pred	Po	Pred	Po	Pred	Po
Mesačné náklady na tvorbu FO*	0,61 €/m ² (44,95 €)	0,61 €/m ² (44,95 €)	0,45 €/m ² (39,15 €)	0,85 €/m ² (73,95 €)	0,80 €/m ² (69,6 €)	0,80 €/m ² (69,6 €)
Priemerné náklady na ÚK	43,75 €	13,54 €	-	-	55,62 €	11,79 €
Priemerné náklady na prípravu TV	18,98 €	12,50 €	-	-	34,96 €	7,58 € + 4,39 € servis
Spolu	107,68 €	70,99 €	-	-	160,18 €	93,36 €
Úspora	34 %		-		41 %	
Náklady na energiu pre celý BD	BD1 Celý BD		BD2 Celý BD		BD3 Celý BD	
	Pred	Po	-	-	Pred	Po
ÚK	16 800 €	6 185,38 €	-	-	15 191 €	3 220 €
TV	7 291 €	2 995,57 €	-	-	9 548 €	2 070 €
FO	17 260,6 €	17 260,6 €	-	-	19 008 €	19 008 €
Servis	-	1 200 €	-	-	-	1 200 €
Spolu s FO	41 351,56 €	27 641,51 €	-	-	43 747 €	25 498 €
Spolu bez FO	24 091 €	9 180,9 €	-	-	24 739 €	5 290 €

Základnou podmienkou dosiahnutia ekonomickej efektívnosti použitia tepelného čerpadla ako alternatívneho systému výroby tepelnej energie je, že celkové ročné náklady na vyrobené teplo sú menšie ako náklady na rovnaké množstvo tepla vyrobeného konvenčným systémom výroby. V prípade všetkých troch bytových domov bol predchádzajúci zdroj tepla CZT diaľkové vykurovanie. Najvernejším preukázaním poklesu nákladov na výrobu tepla je porovnaním stavu pred a po hĺbkovej obnove. Pri ekonomickej analýze takéhoto projektu je finančný dopad na užívateľov bytového domu najdôležitejším aspektom. Zjednodušene povedané, rozhoduje miera úspor na bytovú jednotku.

Tabuľka 6.2 Vyhodnotenie BD1, BD2, BD3 na bytovú jednotku

Náklady na energie prepočítané na byt	BD1 Bytová jednotka 73,69 m ²		BD2 Bytová jednotka 87 m ²		BD3 Bytová jednotka 73,69 m ²	
	Pred	Po	Pred	Po	Pred	Po
	Jednotková cena	0,079 €/kWh	0,059 €/kWh	-		0,108 €/kWh
Úspora	33,15 %		-		41,71 %	
Úspora s FO	13 710,05 €		-		18 249 €	
Úspora bez FO	14 910,0 €		-		19 449 €	
Návratnosť	23,4 rokov		-		-	

V týchto prípadoch sa dokázalo, že pokles nákladov na bytovú jednotku je približne 30 %. Známe tvrdenie, že sľubované znižovanie cien pri odpojení sa od CZT je len prenosom fixnej ceny zložky tepla do fondu opráv, sa preukázalo ako nesprávne. V oboch prípadoch BD1 a BD3, kde boli dostupné údaje sa ani v jednom prípade fond opráv nezvyšoval.

Prehľbovanie energetickej chudoby zvyšovaním nákladov na teplo zostávajúcim odberateľom sa v prípade riešených bytových domov potvrdilo. Zmena nákladov pre zvyšné napojené bytové domy je nevyhnutným krokom distribučných spoločností, ktorým klesá odber. Výrobcovia a dodávatelia nemôžu technicky úplne pružne reagovať na zmeny a automaticky pri poklese spotreby vymeniť zdroj tepla za menší alebo nainštalovať nové rozvodné siete. Nahradiť pokles dodávok tepla novými odbermi, či okamžite zmeniť pôvodné parametre sústavy nie je jednoduché. K zmene parametrov sústav sú nevyhnutné veľké investície. Z tohto hľadiska je nekontrolovateľné odpájanie sa od CZT pre zostávajúcich odberateľov nevýhodné. Riešením je integrovať obnoviteľné zdroje energie v systémoch CZT, aby sa eliminovalo odpájanie a zefektívnila výroba tepla, vzhľadom k nákladom.

7. EKOLOGICKÉ HODNOTENIE

Zvýšenie energetickej účinnosti má priamy vplyv na environmentálne hodnotenie. Účinky úspor energie majú okamžitý dosah na environmentálne znečisťovateľa, ako sú emisie CO₂, tuhé znečisťujúce látky, emisie skleníkových plynov a znečistenie ovzdušia všeobecne. Výstavba nových budov, hĺbková obnova starých, využívanie kvalitnejších materiálov a zdrojov tepla a aplikácia obnoviteľných zdrojov energie majú nepopierateľne pozitívny vplyv na životné prostredie.

Vo Vyhláške č. 324/2016 Z. z. [1] sa hodnotia jednotlivé palivá iba podľa produkcie CO₂.

Tabuľka 7.1 Vyhodnotenie rôznych zdrojov tepla na emisie BD1

	Znečisťujúce látky				
	SO ₂	NO _x	CO [tony/a]	CO ₂	Tuhé látky
Pôvodný stav – CZT diaľkové vykurovanie	0,003	0,056	0,023	75,415	0,003
TČ vzduch/voda	0,131	0,029	0,003	12,985	0,032
Kotel na biomasu – drevené peletky	0,004	0,003	0,012	4,937	0,012
Kondenzačný kotel – zemný plyn	0,004	0,031	0,012	41,527	0,002

Medzi hlavné znečisťujúce látky patrí CO₂ tzv. oxid uhličitý, ktorý patrí do kategórie skleníkových plynov. V prípade vykurovania sa výrobcovia a slovenská legislatíva orientujú hlavne na pokrytie znižovania práve tejto znečisťujúcej látky. Produkcia oxidu uhličitého závisí od mnohých faktorov, ale v prvom rade od podielu uhlíka v palive. Z toho dôvodu je spaľovanie uhlia považované za najväčšieho producenta oxidu uhličitého. Uhlie je pokladané za neekologické palivo a ďalej sa nepodporuje jeho využívanie. Ako druhým najväčším producentom oxidu uhličitého by sa prirodzene mohla považovať biomasa (peletky, alebo drevná štiepka), tá sa však radí medzi takmer nulového znečisťovateľa, pretože prepočítavacie faktory zohľadňujú skutočnosť, že pri raste stromov a tvorbe kyslíka sa spotrebúva rovnaké množstvo oxidu uhličitého, ako pri jeho spálení. Ako je zrejmé v porovnaní v Tabuľke 7.1 sa práve tento typ vykurovania v rámci hodnotenia CO₂ považuje za najekologickejší.

Na celkový environmentálny dopad má určitý vplyv aj tzv. „šedá energia“, ktorou sa definuje znečistenie prostredia samotnou výrobou daného produktu, v mojom prípade tepelných čerpadiel a použitých komponentov. Hodnotenie vplyvu „šedej energie“ na celkový environmentálny dopad je však často krát veľmi náročné, nakoľko samotné tepelné čerpadlo sa skladá z viacerých subdodávateľských komponentov a preto nie je možné od výrobcu/ov daný údaj získať, tak ako v mojom prípade.

8. SPRÁVANIE UŽÍVATEĽOV, SPOKOJNOSŤ A KOMFORT

V rámci všetkých výhod ktoré prináša zvyšovanie energetickej efektívnosti sú sociálne aspekty a dopady na túto sféru najťažšie identifikovateľné a najmä merateľné. Kvantifikácia ľudského správania alebo dlhodobých sociálnych vplyvov v rámci domácností závisí od veľmi veľa premenných. Táto časť dizertačnej práce sa zameriava na identifikovateľné vplyvy, kde chcem poukázať na niektoré základné problémy, ktoré sa hĺbkovou obnovou budovy riešia.

9. PRÍNOSY DIZERTAČNEJ PRÁCE

9.1 Prínosy pre ďalší rozvoj vedy

1. Analýza súčasného stavu problematiky - rieši súčasný stav, legislatívny rámec
2. a požiadavky na tepelné čerpadlá ako jednu zo zložiek obnoviteľných zdrojov energii podľa rôznych metodík na európskej a národnej úrovni.
3. Preklad normy EN 15316-4-2 (2017) je súčasťou kapitoly dizertačnej práce a slúži pre účely priameho overenia normatívnej energetickej účinnosti tepelných čerpadiel na základe experimentálnych meraní.
4. Analýza energetickej požiadavky a metodika výpočtu energetickej účinnosti tepelného čerpadla vzduch/voda v bytovom dome. Porovnanie údajov udávaných výrobcom so skutočnosťou a analýza možných vplyvov na pokles účinnosti systému.
5. Počítačová simulácia a porovnanie s údajmi z experimentálneho merania prináša priestor pre ďalšie optimalizačné riešenia v tejto oblasti návrhu. Široké hodnotové rozpätie ukazovateľa SPF prináša množstvo vhodných alternatív pre zapojenie systému.
6. Porovnanie normalizovaného a prevádzkového hodnotenia energetickej účinnosti celého systému výroby tepla s tepelným čerpadlom.

9.2 Prínosy pre technickú a spoločenskú prax

1. Obsah práce je informatívnym materiálom pre všetkých účastníkov na trhu s teplom a správcov bytových domov. Analyzuje celkovú situáciu na trhu s teplom na Slovensku z pohľadu každej zainteresovanej strany.
2. Výsledky experimentálnych meraní a ich optimalizácia simuláciou vo výpočtovom programe sa dajú zovšeobecniť a môžu pomôcť pri rozhodovaní o hĺbkových obnovách, alebo energetickej koncepciách pri navrhovaní nových budov.
3. Ekonomické hodnotenie hĺbkovej obnovy a jej dopad na financie obyvateľov je dôležitou pripomienkou toho, že členské štáty EÚ by sa mali podľa spoločného nariadenia [8] vo svojich návrhoch integrovaných národných a energetickej klimatických plánov venovať aj téme energetickej chudoby a jej postupnej eliminácii. Miera úspor po obnove bytového domu ale aj zaťaženie celej distribučnej siete odpojením sa od CZT spôsobuje nerovnováhu, ktorú treba optimálne riešiť v prospech obyvateľov. Tento problém

rozanalizovaný v práci môže dopomôcť k lepšiemu pochopeniu a riešeniu tejto situácie.

4. Z hľadiska ekologického hodnotenia je porovnanie zdrojov tepla pred a po obnove významným ukazovateľom miery znečistenia ovzdušia. Ekologické hodnotenie nad rámec Vyhlášky č. 324/2016 Z. z. je dôležitým ukazovateľom miery znečistenia ovzdušia látkami, ktoré nepriaznivo vplyvajú na ľudské zdravie. Hodnotenie týchto znečisťovateľov a ich znižovanie by sa malo zapracovať do slovenskej legislatívy a malo by to byť jedným z ďalších parametrov, ktoré treba splniť na dosiahnutie cieľov energetickej politiky.
5. Analýza sociálnych vplyvov prostredníctvom dotazníkového prieskumu môže slúžiť ako podstatný informačný dokument pre obyvateľov, projektantov a investorov, ktorí plánujú hĺbkovú obnovu bytového domu a napomôcť pri ich rozhodovaní. Na základe zistených skutočností o potrebe informovanosti obyvateľov o novom zdroji tepla odporúčam vypracovať užívateľský manuál.

ZÁVER

Životnosť objektov predovšetkým bytových domov sa vplyvom konštrukčných nedostatkov pri ich výstavbe, ale aj ich užívaním značne znižuje. Z toho dôvodu je treba hľadať čo najlepšie riešenia obnovy bytového fondu a to prihliadnuc na technicko-konštrukčné, ekonomické riešenie a v neposlednom rade aj s prihliadnutím na spokojnosť samotných obyvateľov a vnútorné prostredie v bytoch.

Existujú tri sféry ktoré môžu napomôcť využiť potenciál tepelných čerpadiel a prispieť tak ku skutočne vysokej účinnosti celého systému. Sú to výrobcovia tepelných čerpadiel, projektanti a inštalatéri a v neposlednom rade samotní užívatelia.

Výrobcovia sú povinní ponúkať účinné a spoľahlivé tepelné čerpadlá. Je veľmi dôležité aby triezvo uvádzali predpokladané účinnosti tepelných čerpadiel. Neustály potenciál zlepšovania takéhoto systému spočíva vo zvyšovaní hodnoty COP. Napríklad zlepšovaním fungovania rôznych komponentov alebo zabezpečením pravidelnej kontroly. Je dôležité vyškoliť a ďalej vzdelávať zamestnancov a informovať používateľov o tom kedy a ako takýto systém pracuje najúčinnejšie. Budúcnosť výroby energie je popri dodávke tepla, energie aj chladu z centrálnych zdrojov s kombinovanou výrobou aj maximalizácia využívania obnoviteľných zdrojov energie.

Pre spoľahlivú a efektívnu prevádzku tepelných čerpadiel je nevyhnutný projekt ako aj odborná inštalácia. Iba za týchto podmienok dokážu tepelné čerpadlá splniť očakávania, pokiaľ ide o ekonomické a ekologické výhody.

Široké hodnotové rozpätie ukazovateľa SPF nám pripomína významný potenciál pre optimalizáciu v tejto oblasti.

Ďalej sú to obyvatelia ktorí sú preukázateľne schopní ovplyvniť účinnosť tepelných čerpadiel a spotrebu energie. Koniec koncov sú to práve oni, ktorí rozhodujú o investovaní do takéhoto systému. Okrem legislatívnych požiadaviek, ktoré nás nútia zlepšovať tepelno-technické vlastnosti budov a využívať obnoviteľné zdroje energie, prináša to aj určitú mieru ochoty obyvateľov podieľať sa na takomto projekte. Ako bolo odsledované v riešených bytových domoch najväčšou motiváciou obyvateľov boli nižšie náklady na bývanie. Energetická chudoba je na Slovensku vo veľkej miere hnacou silou pre takéto hĺbkové obnovy.

VÝBER POUŽITEJ LITERATÚRY

[1] Vyhláška 324/2016 Z. z. ktorou sa mení a dopĺňa vyhláška Ministerstva dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja Slovenskej republiky č. 364/2012 Z. z., ktorou sa vykonáva zákon č. 555/2005 Z. z. o energetickej hospodárnosti budov a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov

[2] Brestovič, T., Jasminkovská, N.,: „Numerické metódy a modelovanie v energetike“, Editácia Študijnej literatúry, Košice 2015

[3] Vyhláška č. 35/2020 Z. z. ktorou sa mení a dopĺňa vyhláška Ministerstva dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja Slovenskej republiky č. 364/2012 Z. z., ktorou sa vykonáva zákon č. 555/2005 Z. z. o energetickej hospodárnosti budov a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov v znení vyhlášky č. 324/2016 Z. z.

[4] Zákon č. 555/2005 Z. z. o energetickej hospodárnosti budov a o zmene a doplnení niektorých zákonov

[5] Vyhláška 364/2012 Z. z. ktorou sa vykonáva zákon č. 555/2005 Z. z. o energetickej hospodárnosti budov a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov

[6] STN 730540-2 + Z1 + Z2:2019 Tepelná ochrana budov. Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov. Časť 2: Funkčné požiadavky. Konsolidované znenie

[7] Zákon č. 50/1986 Z. z. o územnom plánovaní a stavebnom poriadku (stavebný zákon)

[8] Integrovaný národný energetický a klimatický plán na roky 2021-2030, spracovaný podľa nariadenia EP a rady (EÚ) č. 2018/1999 o riadení energetickej únie a opatrení v oblasti klímy, Bratislava 2019

ZOZNAM PUBLIKOVANÝCH PRÁC DOKTORANDA

Uvedený zoznam obsahuje publikované práce autora vo forme výpisu z Akademického informačného systému (AIS) a práce predložené na publikáciu:

Monografie

[9] Krajčík, M., Petráš, D., Skalíková, I.: Energetické hodnotenie budov. Bratislava : Spektrum STU, 2019. 220 s. ISBN 978 80 227 4903 9.

Odborné články

[10] Živner, L., Niková, I., Fűri, B.: Efficiency of the Heat Pump System for Domestic Hot Water Preparation in The Winter Season. Magyar Épületgépészet :, 65. s. 12 15.

[11] Niková, I.: Energeticky takmer nulové domy (nZEB) jediné riešenie. Dom a byt :, 22. s. 12 13.

[12] Niková, I.: Už pri projektovaní RD kalkulujte budúce prevádzkové náklady. Dom a byt:, 21. s. 46 49.

[13] Mierka, O., Variny, M., Skalíková, I., Sámel, P., Kizek, J., Súth, R., Nagy, K.: Natural gas saving and emissions decrease in public health care sector – a case study. Civil and Environmental Engineering Reports, 29. s. 102 118.

Príspevky v zborníkoch

[14] Skalíková, I.: A review on the energy analysis of the heat pump systems in renovated residential buildings. In Advances in Architectural, Civil and Environmental Engineering. Bratislava: Spektrum STU, 2017, s. 517 522. ISBN 978 80 227 4751 6.

[15] Niková, I.: Analysis of the operating conditions of low temperature systems and transmission of the energy buildings with using heat pumps. In Advances in Architectural, Civil and Environmental Engineering. Bratislava: Slovenská technická univerzita v Bratislave, 2016, s. 606 611. ISBN 978 80 227 4645 8.

[16] Turza, R., Fűri, B., Niková, I.: Assessment of Microclimate Measurements in Indoor Swimming Pool. In Indoor Climate of Buildings 2016: Environmentally Friendly and Energy Efficient Buildings. 27th Annual and 9th International Conference. Štrbské pleso, Slovakia, 27. 30.

November 2016. 1. vyd. Bratislava : SSTP, 2016, s. 155 164. ISBN 978 80 89878 03 1.

[17] Živner, L., Skalíková, I.: Efektívnosť prípravy teplej vody tepelným čerpadlom v zimnej sezóne. In PETRÁŠ, D. ŠVECOVÁ, Z. Obnoviteľné zdroje energie 2016: zborník prednášok zo 16. vedecko odbornej konferencie so zahraničnou účasťou na tému "Nízkoexergetické systémy pre zásobovanie budov teplom". Štrbské Pleso, SR, 17. 18. 5. 2016 [elektronický zdroj]. 1. vyd. Bratislava : SSTP, 2016, s. 123 127. ISBN 978 80 89216 91 8.

[18] Živner, L., Niková, I.: Efektívnosť tepelného čerpadla v režime prípravy teplej vody cez letnú sezónu. In PETRÁŠ, D. ŠVECOVÁ, Z. Vykurovanie 2016: zborník prednášok z 24. medzinárodnej vedecko odbornej konferencie na tému Zelená úsporám energie v budovách. Stará Ľubovňa, SR, 7. 11. 3. 2016 [elektronický zdroj]. 1. vyd. Bratislava : SSTP, 2016, s. 279 282. ISBN

[19] Füre, B., Živner, L., Skalíková, I.: Effectiveness comparison of the ground water and air water heat pump for domestic heat water production. In EXPRES 2018. Subotica: Inženjersko tehničko udruženje vojvodanskih Mađara, 2018, s. 21 24. ISBN 978 86 919769 3 4.

[20] Skalíková, I., Füre, B.: Energy and economic evaluation of a residential building after complex renovation. In EXPRES 2019. Subotica: Inženjersko tehničko udruženje vojvodanskih Mađara, 2019, s. 15 18. ISBN 978 86 919769 4 1.

[21] Füre, B., Niková, I., Živner, L.: Evaluations of heat pump system effectiveness for domestic hot water preparation extracted renewable energy from environment. In TOP 2016: 22nd annual International Scientific Conference Engineering for Environment Protection. Častá Papiernička, SR, 7. 9. 6. 2016 / [elektronický zdroj]. 1. vyd. Bratislava : Slovenská technická univerzita v Bratislave, 2016, ISBN 978 80 227 4568 0.

[22] Füre, B., Skalíková, I., Živner, L.: Ground collector performance simulation of heat pump system for receiving renewable energy from natural environment. In TOP 2017. Bratislava: Spektrum STU, 2017, ISBN 978 80 227 4731 8.

[23] Niko, I., Niková, I.: OZE v nZEB postavených zo stavebného systému MGU, biomasa alebo tepelné čerpadlá?. In PETRÁŠ, D. ŠVECOVÁ, Z. Obnoviteľné zdroje energie 2016: zborník prednášok zo 16. vedecko odbornej konferencie so zahraničnou účasťou na tému "Nízkoexergetické systémy pre zásobovanie budov teplom". Štrbské Pleso, SR, 17. 18. 5. 2016 [elektronický zdroj]. 1. vyd. Bratislava : SSTP, 2016, s. 133 137. ISBN 978 80 89216 91 8.

- [24] Skalík, L., Skalíková, I.: Podpora pre využívanie slnečných energetických systémov. In PETRÁŠ, D. ŠVECOVÁ, Z. Vykurovanie 2019. Bratislava: Slovenská spoločnosť pre techniku prostredia, 2019, s. 291 294. ISBN 978 80 89878 42 0.
- [25] Skalík, L., Skalíková, I.: Potreba návrhu OZE a slnečných energetických systémov v budovách na Slovensku. In PETRÁŠ, D. ŠVECOVÁ, Z. Vykurovanie 2020. Bratislava: Slovenská spoločnosť pre techniku prostredia, 2020, s. 221 224. ISBN 978 80 89878 58 1.
- [26] Fűri, B., Skalíková, I.: Prevádzkové podmienky tepelných čerpadiel pri KOB. In PETRÁŠ, D. ŠVECOVÁ, Z. Vykurovanie 2019. Bratislava: Slovenská spoločnosť pre techniku prostredia, 2019, s. 245 248. ISBN 978 80 89878 42 0.
- [27] Fűri, B., Živner, L., Skalíková, I.: Prevádzkové podmienky tepelných čerpadiel v rodinných domoch. In PETRÁŠ, D. ŠVECOVÁ, Z. Vykurovanie 2018. Bratislava: SSTP, 2018, s. 231 236. ISBN 978 80 89878 20 8.
- [28] Skalík, L., Skalíková, I.: Slnečné energetické systémy a ich podpora na Slovensku. In PETRÁŠ, D. ŠVECOVÁ, Z. Vykurovanie 2018. Bratislava: SSTP, 2018, s. 267 272. ISBN 978 80 89878 20 8.
- [29] Niková, I., Niko, I.: Software I+X6: Potenciál spresnenia výpočtu potreby tepla a potreby energie podľa odporúčaní noriem STN EN 13 790 s ohľadom na odlišnosti od STN 73 0540. In PETRÁŠ, D. ŠVECOVÁ, Z. Vykurovanie 2017. Bratislava: SSTP, 2017, s. 439 442. ISBN 978 80 89878 06 2.
- [30] Skalík, L., Skalíková, I.: Stav využívania slnečných energetických systémov a ich podpora. In Komplexná obnova bytových domov 2018. Budovy s takmer nulovou potrebou energie. Bratislava: Združenie pre podporu obnovy bytových domov, 2018, s. 35 40. ISBN 978 80 972493 6 6.
- [31] Skalík, L., Skalíková, I.: Stav využívania slnečných energetických systémov na Slovensku a plány do budúcnosti. In ŠVECOVÁ, Z. Obnoviteľné zdroje energie 2019. Bratislava: SSTP, 2019, s. 29 34. ISBN 978 80 89878 45 1.
- [32] Skalík, L., Skalíková, I.: Súčasný stav využívania slnečných energetických systémov na Slovensku a ich podpora. In ŠVECOVÁ, Z. Obnoviteľné zdroje energie 2018. Bratislava: SSTP, 2018, s. 25 30. ISBN 978 80 89878 24 6.
- [33] Skalíková, I.: Tepelné čerpadlá a možnosti ich využitia pre bytové domy. In Komplexná obnova bytových domov 2019. Energetická náročnosť

a kvalita vnútorného prostredia budov. Bratislava: Združenie pre podporu obnovy bytových domov, 2019, s. 42–45. ISBN 978 80 972493 8 0.

[34] Fűri, B., Skalíková, I.: Tepelné čerpadlá pri obnove bytových domov na Slovensku. In Komplexná obnova bytových domov 2018. Budovy s takmer nulovou potrebou energie. Bratislava: Združenie pre podporu obnovy bytových domov, 2018, s. 41–49. ISBN 978 80 972493 6 6.

[35] Niko, I., Niková, I.: Výpočtový postup podľa STN EN 15316 4 2 v softwarovej aplikácii I+X6. In PETRÁŠ, D., ŠVECOVÁ, Z. Obnoviteľné zdroje energie 2017. Bratislava: SŠTP, 2017, s. 127–130. ISBN 978 80 89878 10 9.