

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ
KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

Program celoživotního vzdělávání 2024/2025

FSv_098 Technická zařízení budov pro energeticky efektivní a zdravé budovy

Energeticko-ekonomická analýza úsporných opatření na bytových domech

(Úvaha a výpočet úspor vztahující se k revitalizaci otopné soustavy)

Seminární práce

Autor: Kateřina Pažoutová

Vedoucí závěrečné práce: prof. Ing. Kabele Karel, CSc.

Obsah

ÚVOD	2
1. POPIS ANALYZOVANÉHO BYTOVÉHO DOMU	3
1.1 ZÁKLADNÍ INFORMACE O OBJEKTU	3
2. SEZNAM PROVEDENÝCH ÚSPORNÝCH OPATŘENÍ NA OBJEKTU	4
2.1 ZATEPLENÍ OBVODOVÉHO PLÁŠTĚ	4
2.2 ZATEPLENÍ STŘEŠNÍHO PLÁŠTĚ	5
2.3 MODERNIZACE OTOPNÉ SOUSTAVY	5
2.3.1 PROVÁDĚNÁ MODERNIZACE BYLA NAVRŽENA S CÍLEM:	5
3. POPIS MODERNIZACE OTOPNÉ SOUSTAVY	5
3.1 PROJEKTOVÁ DOKUMENTACE	5
3.2 POPIS PROJEKTOVÉ DOKUMENTACE	5
4. TECHNICKÁ ZPRÁVA	6
4.1 POPIS STÁVAJÍCÍ TOPNÉ SOUSTAVY	6
4.2 OSAZENÍ TERMOSTATICKÝCH RADIÁTOROVÝCH VENTILŮ	6
4.3 PROVEDENÍ VSTUPNÍ OBJEKTOVÉ REGULACE	7
4.4 DALŠÍ ÚPRAVY PROVÁDĚNÉ NA TOPNÉ SOUSTAVĚ	7
4.5 POSTUP PROVÁDĚNÍ PRACÍ	8
5. ENERGETICKÁ A EKONOMICKÁ ANALÝZA PŘÍNOSU MODERNIZACE TOPNÉ SOUSTAVY	8
5.1 SROVNÁNÍ SPOTŘEBY TEPLA PŘED A PO MODERNIZACI	8
5.2 KLIMATICKÁ KOREKCE SPOTŘEBY DLE DENOSTUPŇOVÉ METODY	9
5.3 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ OPATŘENÍ	10
5.4 SEKUNDÁRNÍ PŘÍNOSY OPATŘENÍ	10
5.5 VLIV PŘEDCHOZÍCH OPATŘENÍ – ZATEPLENÍ OBJEKTU	11
6. ZÁVĚR	11
SEZNAM OBRÁZKŮ (GRAFŮ, TABULEK)	13
ZDROJE	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.

Úvod

V současné době je stále více kladen důraz na snížení energetické náročnosti budov. Snižování spotřeb energií patří mezi jeden z hlavních úkolů Evropské unie. K tomuto účelu byla zpracována směrnice EPBD – Směrnice o energetické náročnosti budov. Její v pořadí čtvrtou verzi schválil Evropský parlament v loňském roce.

„Ministerstvo průmyslu a obchodu (MPO) pracuje na implementaci Směrnice o energetické náročnosti budov (EPBD), která platí od 28. května 2024. Ministerstvo již svolalo několik expertních skupin, které se zabývají převedením směrnice do české legislativy. Hlavním cílem implementace je navrhnout taková opatření, která pomohou zlepšit energetickou náročnost budov a budou vycházet z podmínek České republiky. Na zavedení směrnice mají členské státy dva roky.“

K vyhodnocení energetické náročnosti budov nám od roku 2014 slouží tzv. PENB neboli průkaz energetické náročnosti budov, který hodnotí veškerou energii potřebnou pro provoz budovy, tedy energii na vytápění, přípravu teplé vody, chlazení, úpravu vzduchu větráním a klimatizací a energii na osvětlení. Nově od roku 2024 slouží PENB také jako podklad pro rozúčtování dodané energie na vytápění do objektů, který má centrální zdroj tepla. Výši základní složky určuje poskytovatel služeb nově podle klasifikační třídy ukazatele energetické náročnosti budovy, a to podle průměrného součinitele prostupu tepla uvedeného v PENB.

Dalším z nástrojů pro efektivní využití energií v domě by měla přinést kontrola systému vytápění v domě. Jedná se o novelu zákona 406/2000 Sb., o hospodaření s energií, kdy vznikla povinnost podle vyhlášky 38/2022 Sb., provádět tyto kontroly pravidelně každých 5 let. Povinnost kontroly se vztahuje jak na domy napojené na centrální zdroj tepla, tak na domy s vlastním zdrojem tepla o instalovaném výkonu vyšším jak 70 kW.

S cílem snížit spotřebu energie a tím provozní náklady, zlepšit vnitřní komfort a zároveň omezit negativní dopad na životní prostředí, jsou u budov realizována různá úsporná opatření.

Mezi nejčastější opatření patří zateplování obvodových konstrukcí, výměna výplní otvorů, modernizace zdrojů tepla a další. Pokud se toto týká nově stavěných obytných domů, pro získání stavebního povolení je prakticky nemožné, aby se budovy obešly bez moderních technologií s cílem zajistit velmi nízkou energetickou náročnost.

Další opatřením vzhledem k neustále rostoucím cenám energií bezpochyby patří měření a regulace.

Pro svoji práci jsem si vybrala právě toto téma. Cílem této seminární práce je provést energeticko-ekonomickou analýzu dopadu vyregulování topné soustavy v bytovém domě Na Jílech 2639–2640, Česká Lípa, který je v majetku Stavebního bytového družstva Pozemní stavby Liberec.

Analýza je založena na porovnání spotřeby energie, konkrétně na vytápění před a po realizaci vyregulování (modernizace) otopné soustavy. Bude provedeno ekonomické zhodnocení efektivity investice na základě dosažených úspor a nákladů na realizaci vyregulování topné soustavy s tím, že při vyhodnocení budou použity klimatické podmínky a dostupné informace o provozu budovy.

Výsledkem práce bude zhodnocení přínosu úsporných opatření z hlediska snížení energetické náročnosti a ekonomické návratnosti investice.

1. Popis analyzovaného bytového domu

1.1 Základní informace o objektu

Analyzovaný bytový dům se nachází v České Lípě, ulice na Jílech 2639-2640 a je součástí panelového sídliště Špičák. Objekt byl postaven a zkolaudován v roce 1985. Typ konstrukce OP 121.

Objekt má dva vchody, 8 nadzemních podlaží a jedno podlaží podzemní, kde je umístěno technické zázemí a sklepy. Celkem obsahuje 46 bytových jednotek.

Celková podlahová plocha bytů činí 2858,24 m². Objekt je trvale obýván přibližně 120 osobami. Dodávky teplené energie jsou zajištěny centrální dodávkou CZT, dodavatelem ČESKOLIPSKÁ TEPLÁRENSKÁ a.s., která je

součástí koncernu ENETIQA. Objekt je napojen na tzv. čtyřtrubkový rozvod, kde jsou použity dva sekundární okruhy – okruh s teplou vodou a okruh s topnou vodou. Teplá voda je připravována centrálně (mimo objekt) v sídlištní výměňkové stanici.

2. Seznam provedených úsporných opatření na objektu

V roce 2014 byla provedena kompletní oprava a modernizace tohoto panelového domu v celkové hodnotě 4 142 452,-Kč.

2.1 Zateplení obvodového pláště

Sanace betonových konstrukcí technologií STOCRETEC. Zateplení obvodového pláště kontaktním zateplovacím systémem – technologie TERMO+.



Obrázek 1 – Panelový dům Na Jílech 2639, 2640, zdroj: vlastní

2.2 Zateplení střešního pláště

Oprava a zateplení střechy novou tepelnou izolací tl.200 mm – EPS 100 S.

2.3 Modernizace otopné soustavy

V roce 2022 se objekt rozhodl pro modernizaci a vyregulování otopné soustavy.

2.3.1 Prováděná modernizace byla navržena s cílem:

- 1) Zajištění rovnoměrnější distribuce tepla v rámci objektu
- 2) Efektivní zajištění individuální regulace teploty u jednotlivých uživatelů a tím zajištění nižší spotřeby dodané energie
- 3) Zvýšení účinnosti otopné soustavy a snížení tepelných ztrát
- 4) Zajištění předejití přetápění některých provozních částí objektu a zajistit tak snížení provozních nákladů
- 5) Snížení hlučnosti otopné soustavy

3. Popis modernizace otopné soustavy

3.1 Projektová dokumentace

Návazně na objednávku investora byl zpracován projekt na vyregulování topné soustavy v bytovém domě ul. Na Jílech 2639–2640 v České Lípě, a s ním souvisejících dalších úprav na teplovodním rozvodu vytápění objektu.

3.2 Popis projektové dokumentace

Důkladné zmapování topné soustavy.

- 1) Provedení výpočtu přednastavení jednotlivých ventilů.
- 2) Vyhotovení zjednodušené projektové dokumentace pro vyregulování topné soustavy.
- 3) Vyhotovení projektové dokumentace ve čtyřech kopiích.

- 4) Součástí dokumentace zpracování výkazu výměr pro výměnu regulačních prvků topné soustavy (ventily, hlavice, šroubení atd...).

V projektu jsou navrženy termostatické ventily a hlavice od firmy DANFOSS a radiátory od firmy KORADO, které se řadí v dnešní době mezi nejspolehlivější výrobky v tomto oboru.

4. Technická zpráva

4.1 Popis stávající topné soustavy

Panelový bytový dům má dva vchody, každý vchod má 8 nadzemních podlaží a jedno podzemní (sklepní prostory). Ve spodním podlaží je i přívod topné vody do objektu. Celý objekt je rozdělen na dvě samostatné topné soustavy (2639 a 2640). Je vytápěn teplovodním topením o parametrech topné vody 90/70 °C. Zdrojem topné vody je sídlištní výměníková stanice. Horizontální rozvod v objektu je proveden klasický protiproud. Z horizontálního rozvodu vystupují jednotlivé stoupačky. Na nich jsou osazeny uzavírací a vypouštěcí armatury. Topná tělesa jsou článková litinová a ocelová desková staršího typu a novější ocelová desková.

4.2 Osazení termostatických radiátorových ventilů

Na místo stávajících radiátorových armatur v bytech budou osazeny termostatické ventily **DANFOSS**. Bude použit typ **RA-N** termostatickou hlavici **RA2980**. Použitý ventil je dvojregulační s nastavitelnou předregulací, která umožní provést hydraulické vyvážení soustavy. Termostatická hlavice **RA** má paroplynovou náplň.



Obrázek 2 – Hlavice DANFOSS RA2980, zdroj: danfoss.cz

4.3 Provedení vstupní objektové regulace

Aby při samočinném uzavírání termostatických radiátorových ventilů nedocházelo k nárůstu diferenčního tlaku v topné soustavě, a tím k narušení správné funkce termoventilů, budou na vstupu topné vody do obou soustav ponechány a seřízeny automatické regulátory diferenčního tlaku **DANFOSS** typ **VFG2/AFP** o **DN 32 mm**. Pro správnou funkci soustavy je dále nutno dodržet následující parametry:

Vchod	Požadovaný průtok	Tlak nastavený na VFG2/AFP	Minimální diferenční tlak na vstupu do objektu
2639	6,5 m³/h	16 kPa	30 kPa

Tabulka 1 – Parametry pro vchod 2639

Vchod	Požadovaný průtok	Tlak nastavený na VFG2/AFP	Minimální diferenční tlak na vstupu do objektu
2640	6,6 m³/h	12 kPa	30 kPa

Tabulka 2 – Parametry pro vchod 2640

4.4 Další úpravy prováděné na topné soustavě

Pro zajištění spolehlivé funkce termoventilů je třeba zabezpečit takovou kvalitu topné vody, aby neobsahovala drobné mechanické nečistoty. Na přívodním potrubí se proto vymění filtr na čištění vody za nový mechanický. Vypouštěcí a uzavírací armatury na stoupačkách budou vyměněny za nové. Ve vchodě 2640 u stoupačky do obývacího pokoje do bytu 3+1 bude provedena úprava stávajících vypouštěcích ventilů na stoupačce tak, aby nebyly

umístěny přímo nad plynovým vedením kvůli snadnější manipulaci (vypouštění).

4.5 Postup provádění prací

Jako první bude provedena kontrola filtru a kontrola funkčnosti regulace diferenčního tlaku **VFG2/AFP**. Následně se provede výměna uzavíracích a vypouštěcích armatur na stoupačkách. Dále bude provedena výměna radiátorových termostatických ventilů za nové, spolu s výměnou určených radiátorů a opětovým napuštěním vody. Radiátory v bytech budou opatřeny uzavíracím šroubením. Na přání investora budou ponechány stávající článkové litinové radiátory a ventily v sušárnách a ve sklepních prostorech.

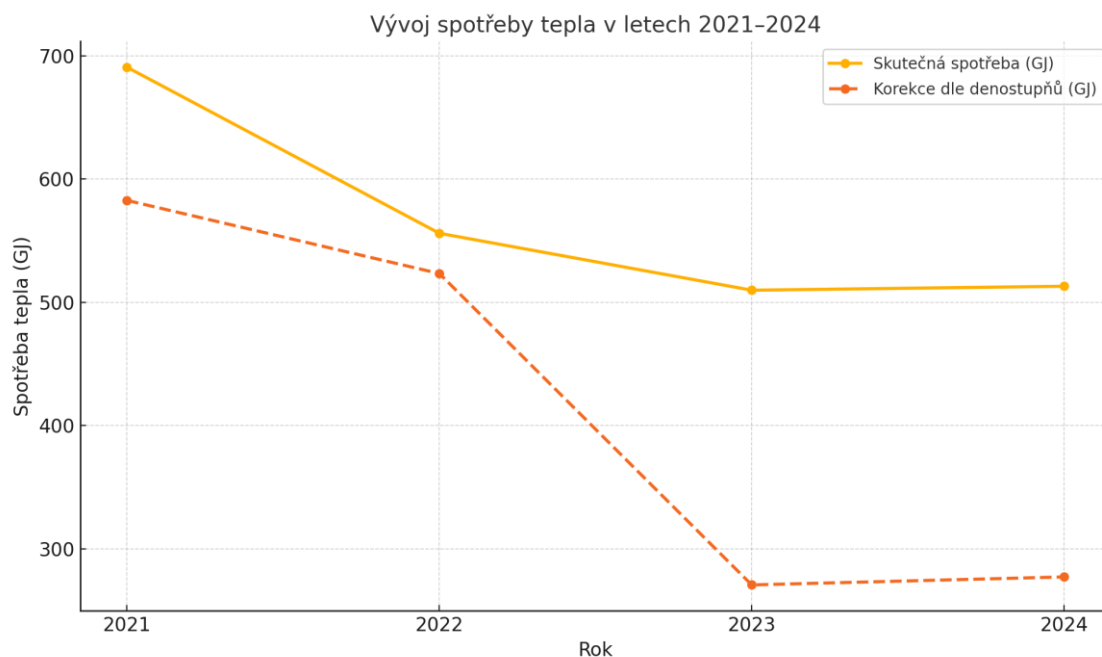
Celkové náklady na modernizaci otopné soustavy ve výše uvedeném rozsahu činily 695 000,-Kč. Investice byla hrazena z fondu oprav bez dotační podpory.

5. Energetická a ekonomická analýza přínosu modernizace topné soustavy

5.1 Srovnání spotřeby tepla před a po modernizaci

- Modernizace otopné soustavy byla realizována v polovině roku 2022. Pro posouzení efektivity provedených opatření jsem využila porovnání ročních hodnot spotřeb dodané tepelné energie na vytápění do objektu před a po modernizaci topné soustavy, a to konkrétně spotřeb tepla v letech 2021,2022,2023.
- **Rok 2021 (před modernizací):**
Skutečná spotřeba 690,80 GJ
Korekce dle denostupňů: 582,70 GJ
- **Rok 2022 (rok realizace):**
Skutečná spotřeba 556 GJ
Korekce dle denostupňů: 523,32 GJ

- **Rok 2023 (po modernizaci):**
Skutečná spotřeba 509,80 GJ
Korekce dle denostupňů: -



Obrázek 3 – Grafické zpracování spotřeb, zdroj: vlastní

5.2 Klimatická korekce spotřeby dle denostupňové metody

K přesnějšímu srovnání jsem použila přepočty dle denostupňů, dle dodané fakturace.

Bez této korekce by rozdíly ve spotřebě mohly být ovlivněny odlišnou venkovní teplotou mezi jednotlivými roky.

Výpočet potvrdil, že meziroční pokles spotřeby je částečně způsoben reálným zlepšením funkce otopné soustavy, a nikoliv pouze mírnější zimou.

5.3 Ekonomické zhodnocení opatření

ROK	SPOTŘEBA GJ	KOREKCE DLE DENOSTUPŇŮ	CENA ZA GJ	ROČNÍ NÁKLADY
2021	690,80	582,70	607,80 Kč	419 868,-Kč
2022 (realizace červen)	556	523,32	1140,96 Kč	634 374,-Kč
2023	509,80	-	1466,57 Kč	747 657,-Kč

Tabulka 3 – Ekonomické zhodnocení opatření, zdroj: vlastní

- Z přiložené tabulky vidíme, že navzdory ke snížení spotřeby po modernizaci došlo ke zvýšení nákladů na vytápění kvůli růstu cen tepelné energie.
- Úspora ve spotřebě však pomohla zpomalit nárůst celkových výdajů.
- Jak už jsem uvedla výše investiční náklady na tuto modernizaci činily 695 000,-Kč. Pokud bych úsporu zhodnotila podle roku 2022, kdy úspora v dodaných GJ činila 59,4GJ:

$$59,4\text{GJ} / \text{rok} \times 1140,96 \text{ Kč/GJ} = 67\,755 \text{ Kč}$$

Odhadovaná návratnost opatření by činila cca 10,3 let – bez zohlednění inflace, provozních úspor a dalších výhod.

5.4 Sekundární přínosy opatření

Kromě přímé úspory přinesla modernizace i významné provozní výhody.

- Od realizace nebyl nutný žádný servisní zásah do otopné soustavy (před modernizací roční výdaje na opravy otopné soustavy činily okolo 15000,-Kč ročně)
- Došlo ke zvýšení komfortu uživatelů, rovnoměrnějšímu vytápění, prakticky jsme od modernizace otopné soustavy nezaznamenali jedinou stížnost na nedotápění či naopak přetápění či hluk otopné soustavy.

- Fond oprav již druhým rokem není zatížen výdaji na opravy spojené s vytápěním objektu.

5.5 Vliv předchozích opatření – zateplení objektu

V kapitole 2. Seznam provedených úsporných opatření na objektu jsem zmínila zateplení objektu, které bylo provedeno v roce 2014. Objekt prošel zateplením (stěny, střecha, výplně otvorů), čímž došlo ke snížení tepelných ztrát budovy zhruba o 25–30 %. Díky tomu byla již v roce 2022 spotřeba tepla poměrně nízká. Modernizace otopné soustavy tak už nemohla přinést výraznou další úsporu, protože hlavním potenciál úspor dodané tepelné energie do objektu byl vyčerpán právě zateplením v roce 2014.

Úspora cca 10 % odpovídá typickému přínosu hydraulického vyvážení, regulace a modernizace v dobře izolovaném objektu.

6. Závěr

Realizovaná modernizace otopné soustavy přinesla měřitelné energetické a ekonomické přínosy, přestože výchozí stav budovy již poskytoval dobré podmínky pro nízkou spotřebu.

Na základě přepočtu dle denostupňů bylo prokázáno, že spotřeba tepla po modernizaci poklesla o cca 10 %, což lze považovat za relevantní úsporu v kontextu již optimalizovaného objektu. Výrazný pokles spotřeby je patrný zejména mezi roky 2021 a 2022, přičemž v dalších letech spotřeba zůstává stabilní.

Z ekonomického pohledu je návratnost investice odhadována na 10 až 11 let, a to pouze na základě přímých úspor dodané tepelné energie. Pokud však započteme i provozní přínosy, jako je snížení nákladů na údržbu, eliminace havárií a zvýšení komfortu pro uživatele, je reálný dopad této modernizace ještě významnější.

V závěru je také třeba zmínit fakt, že v letech 2023 a 2024 došlo k úpravě klimatické korekce, proto jsem pro svoji práci využila období těsně před realizací modernizace, období průběhu a těsně po rekonstrukci. Úprava metodiky klimatické korekce spotřeby, komplikuje přímé meziroční srovnání. Jedná se o faktor, který by měl být vždy při vyhodnocování účinnosti energetických opatření zohledněn.

Závěrem lze konstatovat, že modernizace otopné soustavy byla z hlediska energetické efektivity i dlouhodobé provozní stability správným rozhodnutím, které přispělo k vyšší udržitelnosti provozu bytového domu.

Seznam obrázků (grafů, tabulek)

Obrázek 1 – Panelový dům Na Jílech 2639, 2640, zdroj: vlastní	4
Obrázek 2 – Hlavice DANFOSS RA2980, zdroj: danfoss.cz.....	7
Obrázek 3 – Grafické zpracování spotřeb, zdroj: vlastní.....	9
Tabulka 1 – Parametry pro vchod 2639	7
Tabulka 2 – Parametry pro vchod 2640	7
Tabulka 3 – Ekonomické zhodnocení opatření, zdroj: vlastní.....	10

7. Zdroje

1. Směrnice o energetické náročnosti budov: Postup pro její implementaci stanoví pracovní skupiny pod MPO
2. Projektová dokumentace
3. Fakturace – dodavatel ČESKOLIPSKÁ TEPLÁRENSKÁ a.s.,