



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta elektrotechnická

Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

Analýza spotřeby energie v panelovém domě

Analysis of energy consumption in panel house

Bakalářská práce

Studijní program: **EEM - Elektrotechnika, energetika a management**

Studijní obor: **Elektrotechnika a management**

Vedoucí práce: **Ing. Makešová Michaela**

Alina Demchenko

Praha, 2020

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Demchenko** Jméno: **Alina** Osobní číslo: **478082**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd**
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**
Studijní obor: **Elektrotechnika a management**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Analýza spotřeby energie v panelovém domě

Název bakalářské práce anglicky:

Analysis of energy consumption in panel house

Pokyny pro vypracování:

1. Analýza aktuální situace v oblasti možnostech vytápění panelových domů
2. Analýza spotřeby energie panelového domu v dané lokalitě
3. Návrh řešení opatření úspor energie pro daný panelový dům

Seznam doporučené literatury:

1. SRDEČNÝ, Karel a František MACHOLDA. Úspory energie v domě. 1. vyd. Praha: Grada, 2004. Profi. ISBN 80-247-0523-0
2. PETRÁŠ, Dušan. Vytápění rodinných a bytových domů. 1. české vyd. Bratislava: Jaga, 2005. Vytápění. ISBN 80-807-6020-9
3. Zákon: o podporovaných zdrojích energie. In: Česká republika, 2012, 2012 Sb., číslo 165

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Michaela Makešová, katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd FEL

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **27.01.2020**

Termín odevzdání bakalářské práce: _____

Platnost zadání bakalářské práce: **30.09.2021**

Ing. Michaela Makešová
podpis vedoucí(ho) práce

_____ podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Mgr. Petr Páta, Ph.D.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Studentka bere na vědomí, že je povinna vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

_____ Datum převzetí zadání

_____ Podpis studentky

Prohlášení

„Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracovala samostatně a že jsem uvedla veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.“

V Praze dne.....

.....
Alina Demchenko

Poděkování

Moc bych ráda poděkovala vedoucí mé bakalářské práce Ing. Michaele Makešové za veškerý čas, skvělé a cenné rady, důležité připomínky, za spolupráci při získávání potřebných údajů, trpělivost a pomoc při gramatické kontrole, které mně pomohly při vypracování mé bakalářské práce.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá tématem analýzy spotřeby energie v daném panelovém domě na Jižním městě v Praze.

V této práci se zabýváme pojmem energetický audit z pohledu legislativy Evropské unie a pojmem obecně. Tato analýza problematiky umožní provést výpočty a navrhnout nejlepší řešení opatření úspory energie pro panelový dům na Jižním městě.

Klíčová slova

Energetický audit, vyhlášky ze zákona, panelový dům, Jižní město, spotřeba energie, opatření úspory energie.

Abstract

This bachelor thesis deals with the topic of analysis of energy consumption in a given panel house in the South City of Prague.

In this work we deal with the concept of energy audit from the perspective of European Union legislation and the concept in general. This analysis of the problem will make it possible to perform calculations and propose the best solution for energy saving measures for a prefabricated house in the South City of Prague.

Key words

Energy audit, decrees by law, prefabricated house, South City of Prague, energy consumption, energy saving measures.

1. ÚVOD	8
2. CÍLE EVROPSKÉ UNIE	10
3. MOŽNOSTÍ VYTÁPĚNÍ PANELOVÝCH DOMŮ	11
4. DEFINICE ENERGETICKÉHO AUDITU A JEHO LEGISLATIVNÍ UKOTVENÍ.	14
4.1 DEFINICE ENERGETICKÉHO AUDITU	14
4.2 ZÁKONY A VYHLÁŠKY	15
4.3 POVINNOST ZPRACOVÁNÍ.....	17
5. ENERGETICKÝ AUDIT BYTOVÝCH DOMŮ	18
5.1 PROCES VYTVÁŘENÍ ENERGETICKÉHO AUDITU	19
5.2 POPIS KROKŮ ENERGETICKÉHO AUDITU	19
5.3 VSTUPNÍ ÚDAJE ENERGETICKÉHO AUDITU	26
5.3.1 <i>Klimatické údaje energetického auditu</i>	<i>27</i>
5.3.2 <i>Údaje slunečního záření a větrání.....</i>	<i>27</i>
5.3.3 <i>Další údaje energetického auditu.....</i>	<i>28</i>
5.3.4 <i>Energetický průkaz a energetický štítek budovy.....</i>	<i>29</i>
5.4 ENERGETICKÝ MANAGEMENT	31
5.4.1 <i>Systém energetického managementu</i>	<i>32</i>
5.4.2 <i>Cíl energetického managementu</i>	<i>32</i>
5.4.3 <i>Počítač jako nástroj pro ET-křivku</i>	<i>32</i>
5.4.4 <i>Měřič spotřeby energie.....</i>	<i>33</i>
5.5 DŮVODY A PŘÍČINY ZATEPLOVÁNÍ BUDOV	34
5.5.1 <i>Základní pojmy hodnocení budov.....</i>	<i>35</i>
5.5.2 <i>Metody a postupy výpočtu součinitele prostupu tepla.....</i>	<i>37</i>
5.5.3 <i>Struktura zateplovacího systému</i>	<i>38</i>
5.6 KRITÉRIA HODNOCENÍ VÝNOSNOSTI PROJEKTŮ.....	40
5.7 SHRNUTÍ TEORETICKÉ ČÁSTI.....	42
6. POPIS PANELOVÉHO DOMU	43
6.1 NAVRHOVANÁ OPATŘENÍ A ŘEŠENÍ PRO DANÝ PANELOVÝ DŮM.....	46
6.2 OPATŘENÍ.....	47
6.3 NAVRŽENÉ VARIANTY	57
6.4 CITLIVOSTNÍ ANALÝZA VÝSLEDKŮ	61
7. ZÁVĚR	64

1. Úvod

Snižování spotřeby energie je jedním z hlavních úkolů Evropské Unie a je jednou z nejdůležitějších otázek v dnešní době. Řešení tohoto problému přispívá k vytvoření konkurenceschopné a energeticky nezávislé ekonomiky států. Cíl Evropské Unie snížit spotřebu energie úzce souvisí s dopadem člověka na životní prostředí a změnou klimatu. Proto na konci roku 2006 se Evropská unie zavázala snížit do roku 2020 spotřebu energie o 20 % [1] a tím zlepšit všechny aspekty tohoto problému. Po roce 2013 Evropská komise na veřejné konzultaci představila tak zvanou „Zelenou knihu“ na podobě klimaticko-energetické politiky 2020 roku, kde zveřejnila současné základní cíle Evropské Unie do 2030 roku. Navržené závazné cíle, které je potřeba splnit, jsou snížení spotřeby emise oxidu uhličitého o 40 % [1], zvýšení podílu obnovitelných zdrojů na spotřebě energie nejméně o 27 % [1], ale po odhlasování, Evropský parlament navrhuje zvýšení podílu obnovitelných zdrojů dokonce o 30 % [1] do roku 2030. Posledním důležitým cílem je zlepšení energetické účinnosti a také zavádění nového systému řízení pro nejefektivnější způsob hospodaření jako bezpečnější a konkurenceschopný energetický systém. Zásadním problémem v dnešní době je Energetická účinnost, která je klíčovým prvkem „Zelené knihy“ [2].

Výroba a spotřeba energie jsou oblasti, které představují pro **životní prostředí** jednu z největších zátěží, a proto se celý svět snaží udělat všechno pro zachování životního prostředí pro budoucí generace. Jedním ze způsobů, jak tohoto cíle dosáhnout, je úspora energie, která sníží znečištění životního prostředí, a kromě toho souvisí i s úsporami peněz. Vyplývá to z faktu, že náklady na výrobu a ceny energie rostou, takže snížení spotřeby energie v budovách a podnicích je efektivním řešením.

Dalším aspektem problematiky je, že úspory energie souvisí se zvýšením bezpečnosti dodávek energie, a také, že **neobnovitelné zdroje** energie budou využity co **nejefektivněji**.

Moje práce pojednává o významu energetického auditu z pohledu obecného a jeho důležitosti a významné roli v úspoře energie.

První kapitola pojednává o cíli energetického auditu a příčinách, proč se energetický audit provádí. Pojednává o důležitosti a hlavních faktorech zavádění energetického auditu a také o cílech Evropské Unie ohledně úspor a energetického auditu.

Druhá kapitola je navázaná na další kapitoly. Tady jsou uvedeny způsoby vytápění budov v dnešní době se stručným popisem jednotlivých otopných systémů a zdrojů tepla, které se nejvíce používají v panelových a obytných domů.

Třetí kapitola má za cíl vysvětlit pojem energetický audit, co přesně znamená a kde se používá, legislativu Evropské Unie, kde jsou popsány různé zákony se souvisejícími vyhláškami a na které navazuje energetický audit. Také jsou zde popsány další právní předpisy, které určují, kdo má povinnost zpracovat energetický audit.

Ve čtvrté kapitole je uveden celý proces vytváření energetického auditu s podrobným popisem celého průběhu a jednotlivých kroků spolu s vysvětlením každé fáze tohoto průběhu, co se tam dělá, co je potřebné a podobné důležité věci tohoto kroku energetického auditu.

Poslední a závěrečnou kapitolou této práce je popis a hodnocení bytového domu na Jižním městě, kde jsou uvedeny rozličné výpočty a návrh doplňkového opatření, které je možné navrhnout a provést pro další možnou úsporu energie.

Tato **celá bakalářská práce** je věnována seznámení s energetickým auditem, který je důležitým pro řešení takového úkolu jako úspora energie. Proto se tady uvádí podrobný přehled značení energetického auditu v Evropské Unie, proč se provádí a jak, obecného značení toho pojmu a také podrobný popis tvorby. Každá část mé práce je neoddělitelnou součástí této bakalářské práce sloužící jako základ, který umožní na konci zjistit možnosti úspor panelového domu na Jižním městě. Každá jednotlivá část se navazuje na poslední kapitolu – návrh nových možných opatření na úsporu. Tato práce je základem k pochopení důležitosti úspory energie.

2. Cíle Evropské unie

Hlavním a nejdůležitějším faktorem zavedení různých programů a opatření zacílených na úsporu energie je snížení vlivu škodlivých účinků na životní prostředí. Namátkou lze zmínit dopady na životní prostředí při výrobě energie z uhlí, zemního plynu nebo ropy, které mají vysoké emise oxidu uhličitého do atmosféry. Navíc existuje problém jaderných elektráren, největších znečišťovatelů životního prostředí, u kterých radioaktivní odpad má negativní účinky na životní prostředí. Tyto účinky jsou vlastně spojeny se samotnou produkcí a recyklací různých druhů odpadů, ale v dnešní době mnoho států mají možnost recyklace radioaktivního odpadu tak, že je možné opětovně využít kolem 96 % [1] energetického materiálu a je ekologicky bezpečný. Proto je možné říct, že hlavním problémem je finanční náročnost. Ale kromě toho, šetření fosilních zdrojů energie přispívá k tomu, že další generace budou mít možnost využití primárních zdrojů. K tomu ještě lze přidat vodní elektrárny, které poškozují životní prostředí tím, že zaplavují zemědělské půdy a mají nějaký vliv na změnu klimatu, ale menší, než fosilní zdroje energie. Samotná výstavba vodních elektráren má negativní dopad na celý ekosystém, kde může dojít k významným chemickým změnám a ovlivnit vodní biotu. Což způsobuje změnu teplot a zhoršení kvality vod a tím možné snižování potravní základny. Tyto dopady lze úsporami energie snížit.

Snížení spotřeby energie v poslední době má větší a větší význam pro **EU**. V roce 2007 do roku 2020 hlavní představitelé EU stanovili cíl, aby dosáhli snížení primární roční spotřeby energie o 20 % [1] v porovnání s budoucí spotřebou v roce 2020. To se dělá z důvodu dosažení udržitelných dodávek energie, snížení emisí plynů, zlepšení bezpečnosti dodávek, snížení výdajů za dovoz a také k podpoře konkurenceschopnosti. Cílem je identifikovat **iracionální využití energie, snížit náklady na energii a omezit emise** oxidu uhličitého zlepšením energetické účinnosti [3]. Proto se provádí takzvaný **energetický audit**, na který se zaměřím v dalších kapitolách.

3. Možností vytápění panelových domů

Existují 4 **základní druhy vytápění**, které se používají v bytových a panelových domech. Mezi následující patří: ústřední, podlahové, etážové a lokální etážové vytápění.

První otopný systém či **ústřední** vytápění je založeno na rozvodu tepla od jednoho zdroje, principem, kterého je ohřátí vody topidlem v závislosti na typu kotle na určitou teplotu a distribuce získaného tepla do míst odběru neboli takzvaných otopných těles. Hlavním zdrojem tepla takového systému topení je kotel, ale pro dálkové vytápění se využívají výměníky, zařízení sloužící ke sdílení tepla mezi jedné a jiné teplotnosné látky s rozdílnými hodnotami teploty a tlaku. Tento způsob vytápění je vhodný pro **větší počet místností** a desítek velkých bytů s využitím radiátorů nebo topných konvektorů, což se jedná o komfortní druh topení pro uživatele. Výhodami jsou malé tepelné ztráty během přenosu tepla a snadná centrální údržba zdrojů tepla během provozu. Ale nevýhodami mohou být problémy s platby za vytápění kvůli velkému počtu uživatelů, se složitější údržbou odběrných míst a regulací tepla, a kromě toho, při poruše jedné jednotky bytů nutnost odstranění celého domu [4][5][6].

Jako zdroj energie tohoto druhu topení se nejčastěji používají kotle na různé druhy paliva s dalšími systémy ohřevu vody jako tepelná čerpadla nebo sluneční kolektory. Rozlišujeme kotle na tuhá paliva (uhlí, dřevo), kapalná paliva (olej, nafta) a plynová paliva (zemní plyn, svítiplyn). Kotle mají určitou konstrukci, která zajišťuje spolehlivou práci a odpovídá technickým požadavkům. Mohou být automatické a také jsou doplněny zařízením zvyšující účinnost kotle a zajišťující bezpečnost provozu. Nejpoužívanějším a nevhodnějším zdrojem energie je zemní plyn s minimálním ekologickým odpadem, bez potřeby skladovacích prostorů a jednoduché obsluhy kotle. V závislosti na provozu, tyto kotle se dělí na kotle standartní, kotle nízkoteplotní a kotle kondenzační. Mimo to, jako zdroj se můžou používat elektrické kotle či elektrokotle, které převádějí elektrickou energii na tepelnou energii a zařazují se jako kotle přímotopné nebo akumulární [4][5][6].

Podlahové (stěnové, stropní) vytápění se rozumí jako druh ústředního vytápění. To je velký složitý systém v celé ploše podlahy s příslušným počtem trubek – topných hadů z mědi nebo plastů. Tyto slouží k ohřívání podlahy, ve kterých proudí tepla topná voda a tím dochází k prohřátí vzduchu a konečně celé místnosti. Většinou se podlahové vytápění používá v novostavbách, ale je také možné využít i při rekonstrukci starých obytných domů. Hlavní výhodou je značné úspory na vytápění díky dostatečně nízké teplotě topné vody. Naopak nevýhodou je složitá montáž s vyšší

pracností a většími náklady na pořízení. Tento typ topení se také nazývá nízkoteplotní vytápění a při použití tepelných čerpadel nebo kondenzačních kotle se stává velice výhodným způsobem vytápění velké plochy. Teplovzdušné vytápění je dalším druhem ústředního topení, které se začalo používat od nedávna v České republice a v bytech s rekuperačním větráním [4][5][6].

Třetím otopným systémem je **etážové vytápění**, které spočívá v rozvodu tepla pouze do jednoho podlaží, a tak třeba jedna bytová jednotka má vlastní zdroj tepla. Při dobrém a správném návrhu je efektivní otopný systém s nízkými ztrátami tepla při rozvodu pomocí trubek a náklady na teplo. Základní podmínkou je správná regulace, která se provádí pomocí ručních ventilů nebo příslušného regulátorů celé tepelné soustavy, umožňující komfortní bydlení. Jak už bylo řečeno ohledně druhů topidel, zde se také používají kotle na tuhá, kapalná a plynová paliva v podobě takzvaných bojlerů a elektrokotle. Díky krátké vzdálenosti od zdroje jsou malé ztráty při přenosu tepla, což je výhodou. Další výhodou je snadná automatická regulace tepla. V porovnání s výhodami, nevýhodou je vlastní instalace a údržba topidla [4][5][6].

Lokální (etážové) vytápění je vhodné pro malé byty, jedné nebo více místností. Je nejjednodušším způsobem vytápění založeném na tom, že zdroje energie – topidla jsou umístěny v jednotlivých místnostech. Příkladem mohou sloužit krby a kamna na dřevo, plynová zdroje a elektrické konvektory. Podle typu přenosu tepla se zdroje energie dělí na elektrická lokální topidla a plynová lokální topidla. Většinou se jedná o elektrické přímotopy využívající ohřátý vzduch, nástěnné infrazářiče využívající sálání tepla a akumulární elektrická kamna se schopností akumulace tepla. Dá se říct, že při větší ploše otupeného objektu, lokální vytápění je méně výhodné a více nákladové. Výhodou takového vytápění je nízká pořizovací cena [4][5][6].

Nejčastějšími zdroji tepelné energie jsou následující typy [4][5][6]:

- Elektrina je nejdostupnější možnost vytápění různých prostorů. Z ekologického hlediska je čistá, ale z pohledu výroby má účinky na ovzduší a životní prostředí. Při využití nízkého tarifu cena za elektřinu bude mnohem menší, což je cenově výhodný a komfortní způsob vytápění.
- Zemní plyn v současné době je nejlevnějším druhem zdrojů energie s nejjednodušším ovládním zařízením. Toto palivo nemá žádné škodlivé účinky a je čistým palivem. Vytápění zemním plynem má nižší náklady na spotřebu než elektřina a také je vhodným řešením pro velké místnosti a prostory.
- Uhlí je dalším druhem paliva, které díky moderní konstrukce kotle se využívají co nejvíce a mají nižší emisí a jednodušší obsluhu.

- Efektivním zdrojem energie je další typ jako tepelné čerpadlo, chladicí stroj převáděcí teplo do topného systému. To umožňuje vytápění s vysokou roční úsporou a vysokým komfortem, ale s velkou cenou na pořízení.
- Posledními populárními druhy jsou využití biomasy a solárních systémů. Biomasa je ve formě dřeva a je vhodným zdrojem energie, protože má nízkou cenu, šetří životní prostředí a nepotřebuje velké skladovací prostory. Solární systémy se spíše používají pro ohřev vody a také nevýhodou je sezonnost.

Jak už bylo zmíněno ohledně **dálkového vytápění**, tento druh vytápění využívá jeden zdroj – centrální zdroj, od kterého se pak rozvádí teplo pomocí tepelných sítí a kromě toho se také označuje jako Centrální Zásobování Teplem či **CZT**. Dálkové vytápění se považuje za velmi účinné s nízkou úrovní škodlivých účinků působících na životní prostředí. Většinou zdrojem tepla je teplárna, která má parní nebo plynovou turbínu a vyrábí teplo a elektřinu současně, nebo to může být výtopna, která oproti teplárně vyrábí pouze teplo na ohřev teplé užitné vody či TUV. Takový způsob výroby energie může ušetřit třetinu primárního paliva než oddělená výroba elektřiny. Pro dopravu tepla do spotřebitele součástí dálkového vytápění jsou venkovní rozvody. Také, aby teplota vody nebo páru byla vhodná pro obytné domy, se často zařazují předávací stanice mezi rozvodnou síť a místem spotřeby. Někde se dělají i nadřazené předávací stanice, které se používá tam, kde je například velká délka rozvodu. Jako zdroj energie se využívají různé druhy paliv, to může být biomasa nebo bioplyn z organických zbytků, teplárny tak mohou využívat odpadové teplo nebo i sluneční energii. Mezi největší výhody dálkového vytápění jsou spolehlivost, která garantuje včasnou údržbu zařízení, a bezpečnost dodávek tepla zajišťující dopravu i při nedostatku určitého paliva, a kromě toho voda je nejbezpečnější způsob vytápění budov. Další výhodou je konečná cena, která zahrnuje veškeré náklady za teplo bez dalších žádných plateb, což dělá tento způsob vytápění komfortním a pohodlným. Nejhlavnější výhodou centrálního vytápění je pravidelná kontrola emise, která znečišťuje ovzduší, tím se minimalizuje dopady na ekologii. Lze přidat, že tento způsob vytápění umožňuje snadně řídit tepelná zařízení podle požadavků uživatele, vyžaduje minimální prostor a prakticky bezobslužná. Dálkové vytápění se také považuje za typ s efektivním využitím energie díky kombinované výrobě tepla a elektřiny [7].

Při zhodnocení a porovnání všech možností vytápění lze říct, že výběr je velice závislý na velikosti vytápěné plochy a dalších faktorech takových, jako například způsob získání tepla. Každý panelový dům je individuální, má různé podmínky a požadavky na vytápění. V současné době v panelových domech se používá lokální systém vytápění pracující s tepelnými plynovými čerpadly, které jsou efektivnější než plynové kondenzační kotle a mají nižší náklady na teplo.

4. Definice energetického auditu a jeho legislativní ukotvení

Úspora energie je jedním z důležitých úkolů současné doby, protože spotřeba tepelné a elektrické energie je nutnou podmínkou lidského života a je potřebná pro vytváření příznivých životních podmínek.

Bez realizace potenciálu úspory energie a zlepšování energetické účinnosti prostřednictvím modernizace, technologického rozvoje a přechodu na racionální a environmentálně odpovědné využívání energetických zdrojů je nemožné zvyšování konkurenceschopnosti, finanční stability, energetické, environmentální bezpečnosti a také zvyšování úrovně a kvality života obyvatelstva. Existují různé způsoby racionálního využívání energetických zdrojů energií, které lze správně uplatnit v praxi. [8][9].

Dalším důvodem pro provádění opatření pro úsporu energie je podnikání za účelem zisku, kde společnosti provádí úspory energie za účelem ekonomických úspor. Proto je potřebné vytvoření vysoce kvalitní základny odborníků odpovědných za úsporu energie a zlepšení energetické účinnosti, které budou vyhodnocovat a navrhovat provádění, podle právních předpisů, inovační strategie rozvoje státu. Vzhledem k tomu je jedním z nejdůležitějších kroků ke zvýšení energetické účinnosti provádění energetických průzkumů a opatření, kterými se zabývá takzvaný **energetický audit** [8][9].

Cílem této práce je popsat pojem energetický audit, s jehož pomocí budeme mít možnost vypočítat a navrhnout nejlepší variantu úspor energie při vytápění panelového domu.

4.1 Definice energetického auditu

Pod pojmem „**energetický audit**“ se rozumí průzkum spotřeby energie budov či domů, podniků, různých organizací a jednotlivých průmyslových odvětví s cílem určit možnosti úspor spotřeby energie a pomocí společnosti realizovat úspory v praxi zavedením mechanismů energetické účinnosti a také s cílem zavést systém energetického managementu a vypracovat program opatření a projektů na úsporu energie a zvýšení efektivnosti užití energie v budovách a v energetickém hospodářství [8][9].

Hlavním cílem energetického auditu je hledání možností úspor energie a pomoci podnikatelům a hospodářství při určování efektivního využívání energie jako způsobu optimálního dosažení úspor. Výsledkem energetického auditu jsou různá doporučení opatření pro úsporu energie [8].

Definice energetického auditu dle novely č. 318/2012 Sb. [10] zákona č. 406/2000 Sb. [11] od 1.7.2015: "Pro účely tohoto zákona se rozumí energetickým auditem písemná zpráva obsahující informace o stávající nebo předpokládané úrovni využívání energie v budovách, v energetickém hospodářství, v průmyslovém postupu a energetických službách s popisem a stanovením technicky, ekologicky a ekonomicky efektivních návrhů na zvýšení úspor energie nebo zvýšení energetické účinnosti včetně doporučení k realizaci" [12].

4.2 Zákony a vyhlášky

Cíle úspor energie jsou definované v zákoně č. 406/2000 Sb. [11] České republiky o hospodaření energií, které popisují provádění právních, organizačních, vědeckých, průmyslových, technických a ekonomických opatření zaměřených na efektivní využívání energetických zdrojů a zapojení obnovitelných zdrojů energie. Díky těmto opatřením se provádí kontrola spotřeby, která **vede ke snížení spotřeby energie a emisí oxidu uhličitého** ovlivňující ovzduší a prostředí.

Zákon o hospodaření energií souvisí s požadavky jiných zákonů, jejichž cílem je také úspora energie a energetická bezpečnost. Jsou to zákony jako například stavební zákon č. 183/2006 Sb. o hodnocení a požadavku na novostavby a rekonstrukce budov; energetický zákon č. 458/2000 Sb. o podnikání v energetice, elektroenergetice, plynárenství, teplárenství, ERÚ [13]; zákon č. 165/2012 Sb. o podporovaných zdrojích – obnovitelných zdrojích; zákon č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší [14]. Kromě toho, na zákon č. 406/2000 Sb. [11] [15] navazují různé následující vyhlášky [14] [15]:

- vyhláška č. 78/2013 [16], která pojednává o energetické náročnosti a slouží pro hodnocení jednotlivých budov.
- vyhláška č. 193/2013 [17], která slouží pro kontrolu klimatizací nad 12 kW [18] elektrického příkonu a popisuje podrobný popis systému, kontroluje dokumentaci a navrhuje opatření pro zlepšení.
- vyhláška č. 194/2013 [19], která vytváří povinnost revize kotlů a rozvodných soustav nad 20 kW [18], také provádí výpočty a měření účinnosti kotlů a rozvodů.
- vyhláška č. 480/2012 [20], která vyhodnocuje jednotlivé parametry budov a navrhuje možná opatření pro úsporu energie.

Na energetický audit navazuje posudek, který řeší vybraná opatření, posoudí, vyhodnotí parametry, které přivedou ke snížení spotřeby, energetické náročnosti, zvýšení úspor pro danou budovu a najde nejlepší variantu [21] [22]. Energetický posudek obsahuje [23]:

- titulní list,
- účel zpracování podle § 9a zákona,
- identifikační údaje,
- zjištění energetického specialisty oprávněného zpracovat energetický posudek,
- doporučení energetického specialisty oprávněného zpracovat energetický posudek a podmínky proveditelnosti,
- evidenční list energetického posudku,
- kopii dokladu o vydání oprávnění podle § 10b zákona nebo kopii oprávnění osoby pro vykonávání této činnosti podle právního předpisu jiného členského státu Evropské unie.

Na základě legislativy, dle § 3 vyhlášky č. 480/2012 Sb. [20] energetický audit musí také obsahovat následující položky [23]:

- titulní list,
- identifikační údaje,
- popis stávajícího stavu předmětu energetického auditu,
- vyhodnocení stávajícího stavu předmětu energetického auditu,
- návrhy opatření ke zvýšení účinnosti užití energie,
- varianty z návrhu jednotlivých opatření,
- výběr optimální varianty,
- doporučení energetického specialisty oprávněného zpracovat energetický audit,
- evidenční list energetického auditu,
- kopii dokladu o vydání oprávnění podle § 10b zákona č. 406/2000 Sb. [11], o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů (dále jen „zákon“) nebo kopii oprávnění osoby pro vykonávání této činnosti podle právního předpisu jiného členského státu Evropské unie.

Z toho vyplývá, že tam, kde chceme snížit náklady na spotřebu, energetickou náročnost budov a zvýšit úspory, pro lepší pochopení současného stavu a jednodušší hodnocení je výhodou zpracovat energetický audit.

4.3 Povinnost zpracování

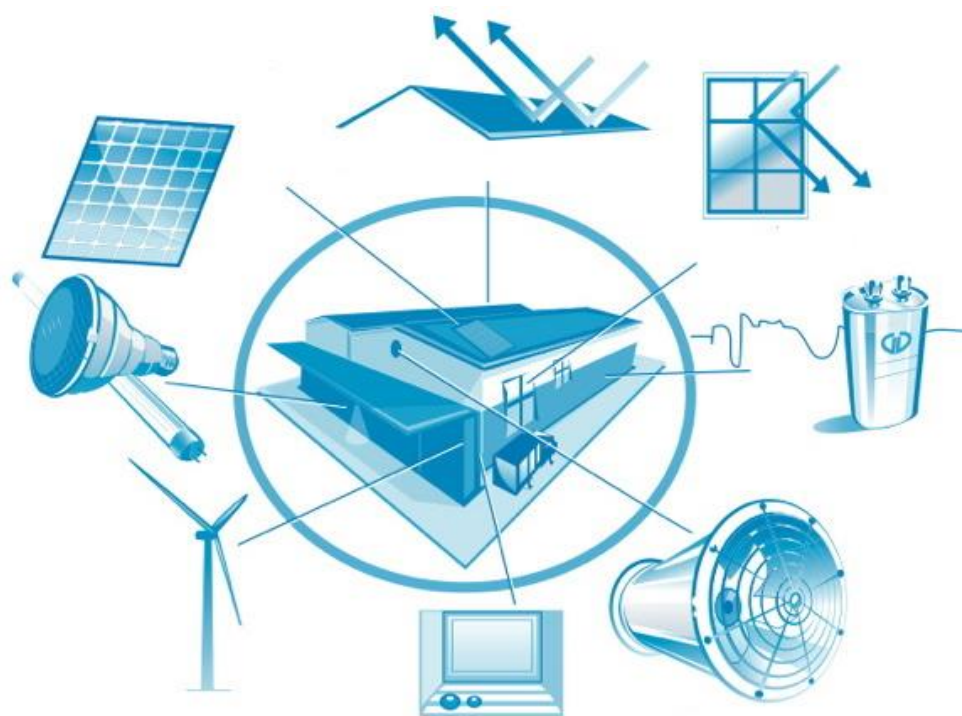
Povinnost zpracování energetického auditu mají **stavebníci, společenství vlastníků jednotek, vlastníci budovy nebo energetického hospodářství** [22]. Ale pouze za podmínky, pokud budova nebo energetické hospodářství mají celkovou průměrnou roční spotřebu energie za poslední dva kalendářní roky vyšší, než je spotřeba energie stanovená právním předpisem dle zákona č.318/2012 Sb. [10] [12]:

- vzniká **fyzickým a právnickým osobám ve výši 35 000 GJ** [24] (9 722 MWh [25]) **za rok.**
- vzniká **organizačním složkám státu, organizačním složkám krajů a obcí a příspěvkovým organizacím ve výši 1 500 GJ** [24] (417 MWh [25]) **za rok.**
- Vzniká **podnikatelům**, kteří nejsou malými nebo středními podnikateli [26], každé 4 roky, pokud není certifikovaný pomocí ISO 50001 [27] nebo ISO 14001 [28].

Energetický audit je případně požadován také jako příloha žádostí o dotace na snižování energetické náročnosti budov.

5. Energetický audit bytových domů

Energetický audit je důležitou součástí systému řízení energie, který ukazuje směr rozvoje programu pro zvyšování energetické účinnosti jakéhokoliv podniku v průmyslovém nebo neprůmyslovém odvětví hospodářství. Kromě toho umožňuje analyzovat využití energie a jiných zdrojů, jejich náklady, identifikovat místa iracionálního využití zdrojů, vytvořit program opatření a projektů na úsporu energie [29].



Obr. 1 Energetický audit [30]

Tyto faktory spolu s analýzou stavu budovy vedou k realizaci snížení spotřeby energie a zlepšení klimatu budovy. Vyhodnocení máme uvedeno ve zprávě z energetického auditu s potřebnými investicemi, výpočtem úspor a zisku. Následně se všechny výsledky používají jako podklad pro vydání mezinárodního certifikátu podle různých norem, předpisů a požadavků [29].

Energetický audit může provést pouze energetický auditor s odbornými dovednostmi a se znalostí technických, ekonomických, manažerských aspektů a také bezpečnostních opatření. Při provedení energetického auditu musí být vyhodnoceny všechny faktory, které mají vliv na stav a klima budovy: topný systém, systém přípravy teplé vody, automatická regulace, osvětlení, klimatizace, obvodový plášť budovy, okna, střechu, podlahy a také různá zařízení, jako je například kuchyně. Musíme také brát v úvahu, jak se daná budova v současnosti využívá a provozuje [29].

5.1 Proces vytváření energetického auditu

Podle různých požadavků, jako je typ zařízení, průmyslový proces, problém, účel a rozsah písemné zprávy, se **energetický audit dělí** do tří skupin [32]:

- Průchozí (předběžný) energetický audit
- Zjednodušený energetický audit
- Rozšířený energetický audit

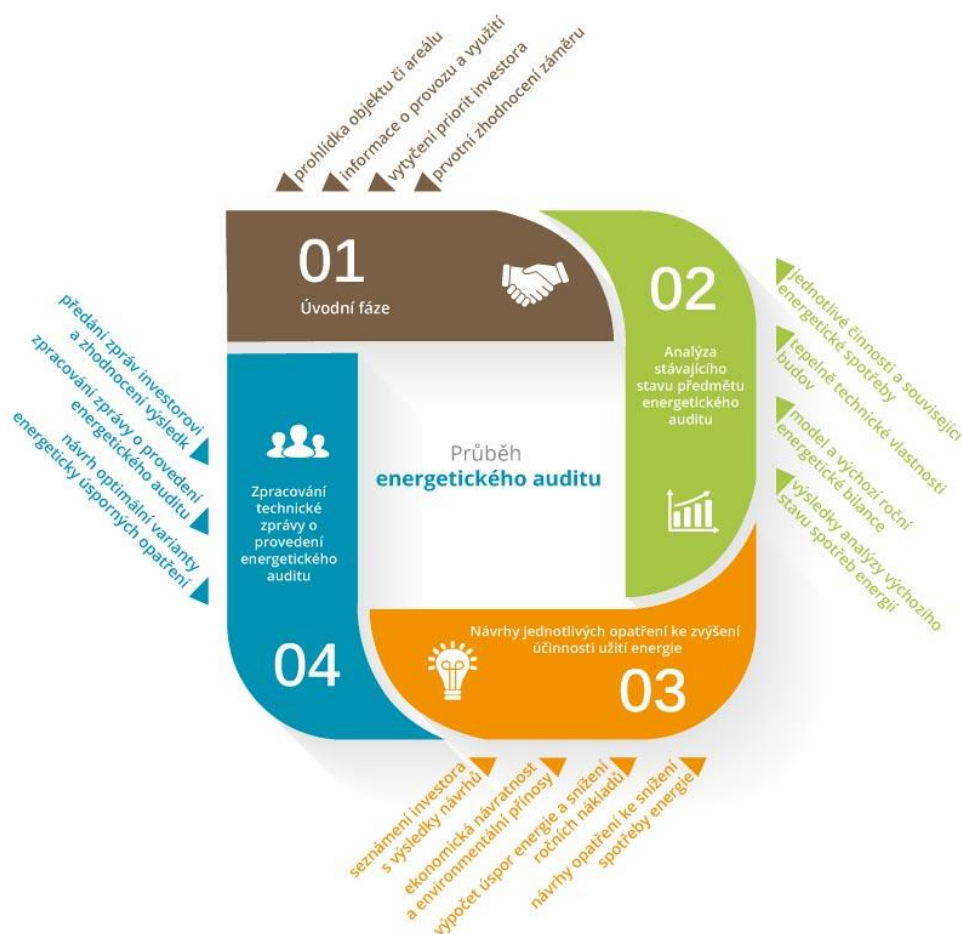
Průchozí energetický audit je základem pro zjednodušený nebo rozšířený energetický audit a představuje nejjednodušší formu energetického auditu. Tento typ se skládá z jednodenní návštěvy, sběru a analýzy údajů o spotřebě energie. Dále se pak provádí zjednodušený typ energetického auditu, který dostatečně jednoduchým způsobem popisuje stav budovy a který nepotřebuje mnoho měření a průzkumu. Nejběžnější formou kontroly je rozšířený energetický audit, který je především důležitým základem pro rozhodování o investicích, a zahrnuje rozbor celkové spotřeby energie a elektřiny podle ekonomických ukazatelů pro opatření na zlepšení energetické účinnosti budovy. Pro veřejné budovy je nejlepší variantou rozšířená verze energetického auditu v důsledku často komplikované struktury stavby, při které je náročné provést vyhodnocení. Obsahuje velké znalosti o budově: vytápění, ventilace a klimatizace, které obvykle mají komplikované systémy. Každý typ budov při provedení rozšířeného energetického auditu bude stále zahrnovat stejné základní prvky, bude mít stejné postupy a etapy provedení [32]:

- Úvodní kontakt a předběžná schůzka
- Sběr dat – analýza energetické situace a hospodaření s energií
- Práce v terénu
- Analýza shromážděných informací a výběr možných opatření pro zvýšení energetické účinnosti
- Zpráva
- Závěrečná schůze a prezentace zprávy z energetického auditu

5.2 Popis kroků energetického auditu

Každý **krok energetického auditu** je důležitou složkou pro vytváření celkového obrazu budovy a ilustrace každé úrovně. Tyto základní prvky, které obsahuje každý energetický audit, jsou nejdůležitějšími kroky pro auditora, který potom navrhne správné opatření týkající se spotřeby energie a energetické účinnosti. Proto je třeba zajistit přístup ke všem informacím a údajům ohledně požadavků. Po provedení analýzy auditor předloží všechny výsledky a potenciální opatření ke zvýšení energetické účinnosti [32].

Ke zpracování energetického auditu auditoři přistupují jako k procesu, který se dělí na několik etap nebo tak zvaných fází [29] [33]:



Obr. 2 Fáze energetického auditu [34]

1) První fáze energetického auditu (předběžná fáze) – plánování energetického průzkumu:

Tato fáze je věnována seznámení s budovou nebo nějakým podnikem, při kterém probíhá sběr dat a dialog s vlastníkem budovy, analýza informací, stanovení objemu současné spotřeby všech energetických zdrojů a jejich nákladů, studuje se dynamika změn spotřeby energie za nějakou určitou dobu, což je užitečnou a nutnou podmínkou hodnocení pro energetický audit. Předběžná fáze musí být provedena za účelem kontroly a pochopení všech technologických procesů a její organizace. Znalost této informace umožňuje optimalizovat rozsah spotřeby energie, posoudit úroveň provozu spotřebního zařízení a jeho technický a fyzický stav [29].

Při sběru informací je potřebné znát především měsíční spotřebu všech energetických zdrojů za posledních 12 nebo více měsíců. Pro to slouží sestavení různých tabulek a grafů, s jejichž pomocí můžeme přesně vidět celý obraz našeho průzkumu. Při analýze dat je velmi důležité znát veškeré informace o jakýchkoliv změnách za danou periodu, ačkoliv v některých situacích je tuto informaci obtížné získat [29].

Abychom mohli zjistit, který energetický zdroj se spotřebovává nejvíc, můžeme také vytvořit tabulku, ve které se popisuje sdílená spotřeba různých energetických zdrojů (elektřina, zemní plyn, nafta, topný olej, koks) a jejich náklady (zahrnují cenu za jednotku a tarif). Tarify jsou velmi důležité při provádění energetického auditu, protože správná volba dodavatele může výrazně ovlivnit celkové náklady na spotřebovanou energii. Kromě toho tarify jsou ovlivněny různými faktory (změna ceny za určitou dobu, různé platby, samotná struktura tarifu), které řeší konečnou cenu produktu. Pro hodnocení celkové účinnosti využití energie také musíme znát různé typy jednotkových nákladů: průměrné a mezní náklady [29].

Výsledkem první fáze je přesný obraz současného stavu budovy nebo podniku, ve kterém jsou uvedeny informace o všech procesech a nákladech, které umožňují identifikovat prioritní oblasti pro další rozvoj. [29]

2) *Druhá fáze energetického auditu – sběr dat v souladu s programem energetického auditu (etapa provádění výpočtů)* [29]:

Tato fáze je plně věnována sběru informací o budově, organizaci nebo podniku, a také se vypracuje podrobný plán dalších kroků. Daný objekt se dělí na oddělené sekce, kde se v budoucnosti provede průzkum. Cílem dalšího kroku je zjištění, na co se spotřebovávají energetické zdroje a jak jsou použity. Pro to slouží výpočet energetické bilance, která se pak používá pro hledání možností, kde a jak můžeme ušetřit energii. Na začátku se vytvoří diagram, který ukazuje stav spotřeby energie za předchozí a současnou dobu. Potom se stanoví cena energetických zdrojů na vstupu podle dodavatelských smluv, charakteristika použitého zařízení, délka a způsob provozu domu [35].

Vytváří se bilance spotřeby energie, berou se také v úvahu zdroje, které mají potenciál úspor, provádí se kontrola všech spotřebitelů tepla a elektrické energie a také úprava energetického auditu, nákladů a doby jeho provádění, pokud práce je obtížná. Při provádění energetického auditu je zpravidla nutné provést určitá měření k potvrzení daných informací o parametrech spotřebiče, získání chybějících údajů o jejich vlastnostech a sestavení energetické bilance. Pro tento účel se používají různá zařízení, která musí odpovídat následujícím požadavkům [29]:

- kompaktní, přenosný design
- univerzálnost (schopnost řešit co nejvíce problémů pomocí jednoho zařízení)
- fungování dlouhou dobu
- snadná instalace a snadné měření
- ochrana před vnějšími vlivy a odolnost proti poškození
- spolehlivost v práci
- minimální požadavky na údržbu během provozu

Kromě toho se taková zařízení liší jak druhem použité energie, tak metodami přeměny energie.

Nejčastěji se používají při provádění energetických auditů:

- analyzátory plynů
- analyzátory spotřeby elektřiny
- kontaktní a infračervené teploměry
- anemometry, které slouží pro měření rychlosti plynů, vzduchu v systémech, například ventilace
- manometry pro měření tlaku
- měřič vlhkosti, který slouží pro určování úrovně vlhkosti, zkoumání materiálu stěn a jejich izolaci (optimální ukazatel vlhkosti v místnosti je 40-60 % [1], odchylka je pro lidské zdraví negativní)
- měřič světla pro kontrolu úrovně osvětlení v místnosti (nedostatečné osvětlení může negativně ovlivnit zdraví a produktivitu člověka)
- Zařízení pro ukládání dat, které se používá k záznamu v určitých intervalech hodnot charakterizujících konkrétní parametr.

Při zobrazení této etapy energetického auditu provádí analýzu účinnosti využití paliv a energetických zdrojů a také vypočítává tepelné ztráty.

3) *Třetí fáze energetického auditu – systematizace dat a analýza celého systému (fáze podrobného zkoumání)* [29]:

Třetí fáze zahrnuje vývoj opatření ke snížení spotřeby energie. Provádí se celková analýza informace získané v předchozích krocích s cílem navrhnout způsoby snížení nákladu na spotřebu energie. Existuje několik způsobů snížení spotřeby energie:

- eliminace neracionálního užití zdrojů
- eliminace ztrát energie
- zvýšení účinnosti zařízení

Tento krok je nutný pro kvalitní analýzu fungování všech systémů objektu za účelem dalšího zlepšení výsledné energetické bilance, vývoje návrhů a opatření ke zlepšení této situace. Navíc se provádí kvalitativní a hlubší analýza problematiky všech systémů objektu [36]:

- podle smlouvy o dodávkách energie se provádí doplňující sběr informací o cenách, tarifech nákladů na spotřebovanou energii
- seznámení s technickým stavem a analýza provozních režimů zařízení
- seznámení se stavem energetických systémů, vodovodů a kanalizace, osvětlení
- seznámení s existující projektovou dokumentací a projektovými ukazateli účinností
- kontrola přítomnosti a přesnosti záznamu spotřeby energie

- předběžné posouzení a vyhodnocení možností úspor
- úprava obsahu zprávy, podmínek a nákladů při provedení energetického auditu

Vzhledem k podobným krokům se druhá a třetí fáze sjednocuje. V obou fázích je hlavním cílem sběr nutných a důležitých informací a jejich prohloubení, pokud je to nutné, které poslouží k vypracování energetického auditu.

Pro tuto účinnost, a konkrétně pro výběr nejlepšího řešení, je nutné vědět, jak fungují různé procesy a dobře rozumět příslušným technologiím příslušných technologií. Proto auditor musí mít bohaté zkušenosti s průzkumem a být specialistou s dobrými znalostmi dané látky.

4) Čtvrtá fáze energetického auditu – rozvoj projektu úspory energie [29]:

Podle výsledků předchozí fáze nastává další etapa energetického auditu, kde se auditoři snaží zkompletovat velké množství informací o energetickém systému objektu. Rovněž se provádí doplňující vyšetření, které potvrzuje už dané a změřené údaje získané při prohlídce jiných auditorů. Provádí se opakovaně měření a výpočty energetické bilance, která se potom registruje [37]. V této fázi je více návrhů, jak snížit spotřebu energie a její náklady, které se shrnou, aby byla vybrána ta nejlepší varianta úspory energie. Zde se vypočítají náklady na navržené opatření a dělá se jednotný seznam všech projektů. Cíle této etapy jsou následující [29]:

- které návrhy jsou dobré pro realizaci a které je možné realizovat z hlediska obtížnosti
- porovnání alternativních nápadů a výběr toho nejlepšího
- vytvoření jednoho/jednotného seznamu opatření

Hlavním úkolem této fáze je systematizace už známých informací pro získání dostupnějšího a jednoduššího náhledu, abychom měli všechna data a informace o budově na jednom místě a nepřehlédli nic důležitého. Pro splnění tohoto cíle existuje následující posloupnost kroků:

- vytvořit seznam všech spotřebitelů každého zdroje energie
- shrnout informace o každém spotřebiteli energie
- sestavit seznam všech možných opatření na úsporu energie
- opakovat tuto posloupnost pro každý zdroj energie

Pro velké systémy budov či podniků se tyto kroky pro jednoduchost analýzy někde dělí ještě na další části.

5) Pátá fáze energetického auditu – zkouška energetické účinnosti projektů [29]:

Pro provádění energetického auditu v průběhu práce se navrhuje různá opatření, například ty, které nevyžadují velké náklady, ale také opatření, která jsou velmi drahá a obtížná z pohledu realizace. Proto pro tento účel existuje tato etapa provádění auditu. Konkrétní cíle páté fáze energetického auditu:

- ujistit se, že projekty jsou realizovatelné
- vypočítat přínosy a výhody projektu
- nastudovat vzájemný vliv projektů mezi sebou
- určit náklady daných projektů
- porovnat alternativní projekty a stanovit priority
- udělat závěr

Hlavním úkolem této zkoušky je zajištění realizovatelnosti projektu a opatření z pohledu technického. Je nutné zvolit a navrhovat správný typ zařízení pro úsporu energie a poskytnout metody realizace. Kromě toho při realizaci opatření je nutné vyhodnotit různá rizika a vzít v úvahu vedlejší účinky. Existují i další možné důležité aspekty a otázky, které vyžadují detailní studium:

- environmentální – bude-li toto opatření splňovat/dodržovat zákony a předpisy v oblasti životního prostředí
- je-li nejlepším řešením – je-li navrhované řešení nejvýhodnější nejen z krátkodobého, ale i z dlouhodobého hlediska
- je-li přijatelné řešení – nevyžaduje-li nějaké doplňující akce za jakýchkoliv podmínek
- ekonomické – provádění opatření se zaměřením na dostupný rozpočet

Při srovnání všech navrhovaných projektů úspory energie, vyvinutých pro jeden systém objektu, nelze posuzovat každý potenciální návrh úspory izolovaně, protože při sjednocení různých možných návrhů pro jeden objekt se velmi často vyskytuje lepší výsledek opatření s větší úsporou energie, než tohle je ve skutečnosti. Proto musíme uvažovat o každém projektu ve vztahu s ostatními projekty a také brát v úvahu další aspekty vzájemného působení.

Na začátku, před realizací opatření v této fázi, se provádí vyhodnocení nákladů opatření určitého projektu. Pro tento účel slouží sestavení dvou seznamů, obsahujících následující prvky:

1) Náklady projektu:

- celkové nákupní náklady na zařízení
- náklady na instalaci a uvedení zařízení do provozu
- náklady na údržbu zařízení
- jiné náklady

2) Výhody projektu

- snížení spotřeby energie
- snížení emisí do životního prostředí
- snížení provozních nákladů
- jiné možné výhody

Tato fáze je věnována vytvoření konečného hodnocení všech navržených opatření, která mohou snížit množství energie spotřebované objektem, a zapsání všech informací do příslušné zprávy – energetického auditu.

**6) Šestá fáze energetického auditu (fáze zobrazení obdržných informací a jejich analýza)
– prezentace výsledků [29]:**

Poslední závěrečná etapa provedení energetického auditu je šestá fáze, při které probíhá informování klienta o provedené práci a podání všech výsledků. Obvykle výsledná zpráva má dvě části: písemná zpráva o stavu a ústní prezentaci výsledků energetického auditu. Písemná zpráva je určitý dokument, který je určen pro zákazníka, aby byl informován o všech výsledcích, návrhu opatření a provedené práci k realizaci příslušného projektu na úsporu energie. Zpráva je napsaná srozumitelným jazykem, ale při přečtení člověk musí mít dané technické znalosti. Navíc výsledná zpráva může obsahovat určité přílohy s doplňujícími informacemi: grafy nebo diagramy, podrobnými výpočty, popisem metody výpočtů, použitými údaji a podobnými informacemi.

Hlavní části či výsledné zprávy představují stručný a krátký popis všech prováděných kroků, které obsahují následující položky:

- údaje o spotřebě zkoumaného zařízení
- seznam spotřebitelů energie se stručným popisem spotřeby energie a ztrátách
- seznam vypracovaných opatření s hodnotami očekávaných úspor a jejich nákladů
- závěr o dopadu provedených energeticky úsporných projektů na celkovou spotřebu energie zkoumaného objektu

Pro lepší pochopení je obvykle seznam doporučených opatření představen v čitelné tabulkové formě a je rozdělen do tří skupin:

- projekty, které nevyžadují velké náklady
- low-cost projekty s nižšími investičními náklady
- projekty se středními a vysokými náklady

Tato tabulka také má požadavky na obsah informací:

- číslo projektu, název projektu
- roční úspory energie v energetických jednotkách
- roční úspory financí
- náklady na realizaci projektu
- doba návratnosti (v letech)

V úvodu zprávy musí být uvedeny následující informace:

- účel energetického auditu

- stručný popis energetického auditu (co to je a jak se provádí)
- stručný popis informace o objektu
- popis všech procesů s diagramem energetických toků neboli Sankeyův diagram

Hlavní část písemné zprávy a konkrétně energetického auditu, obsahuje sekce:

- analýza spotřeby energie a nákladů
- analýza a popis energetických systémů spotřebitelů (výsledky, které byly získány měřením a analýzou: energetické bilance, místa energetických ztrát a možnosti zlepšení)
- doporučená opatření (obsahuje popis každého z doporučených opatření)

Druhá sekce musí obsahovat dostatečně podrobný popis celé práce, ale není nutné psát detailně, protože pro tento účel jsou určeny různé přílohy.

Třetí sekce obsahuje popis každého z doporučených projektů, ne více než jedna stránka, a má tyto body:

Číslo opatření (projektu)

- název opatření
- cíl opatření (čeho projekt dosáhne)
- popis opatření (stručné pokyny pro každý krok potřebný k realizaci)
- celkové náklady
- úspora energie
- doba návratnosti

Tato zpráva je „produktem“, který dostane zákazník, a proto se musí psát jasným jazykem.

Použití tabulek a grafů je přílohou, která také pomáhá systematizovat veškeré výsledné informace a přispívá k lepšímu porozumění.

Dalším krokem, který následuje po představení zprávy v písemné formě, je ústní prezentace výsledků daného energetického auditu. To je velmi důležitá povinnost z toho důvodu, že, za prvé, od této prezentace se odvíjí budoucí stav projektu, za druhé, je to důležité pro samotného auditora a jeho budoucí práci. Prezentace je skvělou příležitostí přesvědčit zákazníka o realizaci příslušných opatření pro úsporu spotřeby energie, kvůli čemuž byl proveden energetický audit.

5.3 Vstupní údaje energetického auditu

Pro provedení energetického auditu a celkového hodnocení budov různých typů je potřebné znát vstupní údaje, které poslouží pro výpočet energetické náročnosti. Vstupní údaje jsou údaje, které

charakterizují budovu: stavební konstrukce a technické zařízení sloužící pro hodnocení stavu budovy. Všechny informace o budově je možné získat z technické dokumentace a technických norem daného projektu. Pro výpočet energetické účinnosti je nutné zvážit vnější vlivy klimatických podmínek na vnitřní prostředí budovy, vliv teploty vnějšího vzduchu, větru a slunečního záření. Spotřeba energie je vždy závislá na klimatických podmínkách, proto při analýze stavu budovy jsou potřebné následující vstupní údaje [38].

5.3.1 Klimatické údaje energetického auditu

Klimatické údaje vyplývají ze statistického zpracování údajů meteorologických stanic. Pro různé metody výpočtů jsou vyžadovány různé klimatické údaje, například pro měsíční a sezónní metodu jsou potřebné následující údaje:

- měsíční průměrné vnější teploty vyjádřené ve stupních Celsia
- měsíční průměrná energie slunečního záření dopadajícího na stavební konstrukce příslušné orientace a naklonění vydařené v W/K [39]
- průměrná teplota při topné sezoně
- energie slunečního záření při topné sezoně

Průměrná vnější teplota pro vytápěné období a konkrétní lokality se určí z počtu denostupňů či součinu počtu dnů vytápění v určitém časovém období a rozdílu středních teplot vnitřního a vnějšího vzduchu během tohoto období. Průměrná vnější teplota je také závislá na poloze obce a rajonizace. [38].

Počet denostupňů je důležitý pro výpočet celé topné sezony. Pro výpočet tepelných ztrát bez přerušování vytápění se používají příslušné vzorce v závislosti na nadmořské výšce budovy a její polohy či rajonizace s použitím denostupňů a uvažováním vnitřní teploty objektu. Při výpočtu denostupňů po měsících se určuje počet denostupňů na jednotlivé měsíce a také počet dnů vytápění na jednotlivé měsíce. Pro všechny údaje existují tabulky, ve kterých můžeme najít příslušné a nutné hodnoty pro další výpočet. Potom z těchto údajů pro konkrétní obec se vypočítá počet denostupňů na potřebnou vnitřní teplotu na každý měsíc [38].

5.3.2 Údaje slunečního záření a větrání

Při výpočtech energie slunečního záření se zvažují hodnoty celkového slunečního záření během topné sezony podle polohy a orientace z pohledu dopadu slunce. Podle polohy se obce dělí na několik oblastí [38]:

- nižší polohy se zvýšeným zakalením horizontu
- nižší a střední polohy s málo zakaleným horizontem
- vyšší a vrcholové polohy s málo zakaleným horizontem

Pro tento účel existují tabulky a mapy, které reprezentují dopad sluneční energie na různé lokality.

Dalším vstupem je měrná tepelná ztráta větráním, která se určí podle rychlosti větru na místě stavby a vypočte se z příslušných vzorců, map pro různé oblasti a také tabulek v závislosti na nadmořské výšce a rajonizaci [38].

Vnitřní prostředí také má značný význam při provádění různých opatření, protože budova je technické zařízení, které musí být přizpůsobeno k různým potřebám. Vnitřní prostředí je definováno různými faktory: teplota vnitřního vzduchu, relativní vlhkost a rychlost proudění vzduchu. Při hodnocení vnitřního prostředí, a konkrétně tepelného stavu budovy, je základem výsledná teplota, která zahrnuje různé ovlivňující faktory: současná teplota vzduchu, teplota okolního povrchu a operativní teplota, která vychází z rychlosti proudění vzduchu. Zařízení, které se používá pro měření potřebné výsledné teploty, se nazývá kulový teploměr. V současné době se navrhuje budovy, které mají vysokou tepelnou izolaci obalových konstrukcí a tím snižuje rozdíly mezi teplotou vnitřní a teplotou vnitřních povrchů, což má značný význam pro úsporu energie.

5.3.3 Další údaje energetického auditu

Kromě už uvedených důležitých vstupů jsou ještě dalšími **vytápění a chlazení**, které se dělí na určité režimy:

- nepřerušované vytápění nebo chlazení na požadovanou konstantní teplotu
- během noci nebo víkendu je snížena požadovaná teplota nebo vypnuta
- období bez využívání
- složité situace (maximální vytápění či chlazení)

V rodinných domech nebo administrativních budovách je třeba zajistit cirkulaci teplé vody, ale ne všude se teplá voda spotřebovává každý den. Z důvodu hygieny je pro jakékoliv budovy nutné uvažovat při centralizované přípravě teplé vody potřebu roční cirkulace teplé vody.

Mimoto, významnou roli v analýze budov hraje osvětlení a doba jeho provozu. Při průzkumu tohoto vstupu se používají různé metody, například rychlá metoda, při které se provozní čas dělí na časy s denním světlem a bez denního světla, ale existuje také komplexní metoda výpočtů. Analýzou a ověřováním údajů se zjišťuje, co vůbec je zahrnuto a co ne: víkendové

časy administrativních budov (kanceláře, školy), kde není nutno provozovat osvětlení z důvodu neužívání těchto budov v tyto dny. Navíc se vypočítává standardní provozní čas budov, který je velmi užitečné vědět při vyhodnocování.

Provozní čas umožňuje standardizovat spotřebu elektrické energie na osvětlení v různých typech budov a vytvořit určitý model, při kterém je standardním způsobem dosažena určitá hodnota spotřeby energie. Pomocí tohoto modelu je možné určit místa s nižší nebo vyšší spotřebou, a podle normativních požadavků na osvětlení potvrdit, či ne. Pomáhají při tom rozličné měřicí přístroje umožňující zjištění nerovnovážné spotřeby a vypočítání příslušných hodnot.

Tepelný tok je dalším faktorem, je složen z metabolického tepla od uživatele (metabolicky tepelný zisk) a rozptýleného tepla ze spotřebiče (vnitřní zisk). Vnitřní tepelný zisk se určuje z:

- rozptylového tepla z osvětlovacích zařízení
- tepla rozptýleného nebo pohlceného systémem rozvodu teplé vody, studené vody a kanalizace
- tepla z procesu a zboží nebo do procesu a zboží
- tepla podle obsazenosti a od spotřebiče

Vnitřní tepelný zisk se charakterizuje pro topnou sezonu počtem dnů, kdy vnitřní zdroje tepla závisí na průměrném tepelném výkonu těchto zdrojů tepla.

Také k výpočtu spotřeby tepla na vytápění je důležité znát údaje o stavebních konstrukcích budov a zvažovat jejich tepelné a technické vlastnosti, zejména obvodové a střešní plasty a transparentní výplně. Všechny údaje lze najít v příslušných tabulkách stavebních konstrukcí, které se také používají pro výpočet úrovně tepelné ochrany budov [38].

5.3.4 Energetický průkaz a energetický štítek budovy

Jedním z nejdůležitějších vstupů energetického auditu je energetický průkaz nebo energetický štítek budovy (PENB), který slouží pro jasnou představu celkové spotřeby energie a ukazuje, jak je budova energeticky náročná. Energetický průkaz a energetický štítek budovy umožňuje porovnávat jednotlivé budovy podle různých kritérií, takových jako tepelná izolace, potřebná energie na vytápění, na přípravu teplé vody, na chlazení, na větrání, na klimatizaci a osvětlení. Také se udává i energie potřebné pro zařízení, která zajišťují příslušné probíhající procesy: topná zařízení, tepelná čerpadla, regulační, větrací a klimatizační zařízení [40] [41]. Navíc z průkazu energetické náročnosti se určují všechny náklady na vytápění budovy. Tento průkaz či štítek udává veškerou spotřebovanou energii při běžném provozu budovy a zařazuje budovu do určité třídy.

Tyto třídy můžeme vidět v následující tabulce, kde je ukázáno rozdělení budov podle spotřeby energie.

Druh budovy	Třída energetické náročnosti budovy						
	spotřeba energie v kWh/m ² /rok						
	A	B	C	D	E	F	G
	Mimořádně úsporná	Úsporná	Vyhovující	Nevyhovující	Nehospodárná	Velmi nehospodárná	Mimořádně nehospodárná
Rodinný dům	< 51	51 – 97	98 – 142	143 – 191	192 – 240	241 – 286	> 286
Bytový dům	< 43	43 – 82	83 – 120	121 – 162	163 – 205	206 – 245	> 245
Hotel a restaurace	< 102	102 – 200	201 – 294	295 – 389	390 – 488	489 – 590	> 590
Administrativní	< 62	62 – 123	124 – 179	180 – 236	237 – 293	294 – 345	> 345
Nemocnice	< 109	109 – 210	211 – 310	311 – 415	416 – 520	521 – 625	> 625
Průmyslová výroba	< 47	47 – 89	90 – 130	131 – 174	175 – 220	221 – 265	> 265
Sportovní zařízení	< 53	53 – 102	103 – 145	146 – 194	195 – 245	246 – 297	> 297
Obchodní	< 67	61 – 121	122 – 183	184 – 241	242 – 300	301 – 362	> 362

Obr. 3 Třída energetické náročnosti budov [42]

Povinnost zpracování energetického průkazu a energetického štítku vychází z novely číslo 78/2013 o energetické náročnosti budov zákona číslo 406/2000 Sb. o hospodaření energií. Je daná stavebníkovi a vlastníkovi budovy v následujících případech [43]:

- Výstavba nové budovy
- Rekonstrukce budovy
- Prodej či pronájem nemovitosti

Ale existují i výjimky, při kterých nemusí být zpracován energetický průkaz (štítek). Výjimky jsou pouze objekty, které mají plochu do 50 m²[44] nebo zemědělské či průmyslové stavby, které mají spotřebu energie nižší než 194 MWh [25] [45].

Průkaz energetické náročnosti budov platí 10 let ode dne vyhotovení nebo do provedení další změny budovy. Tento průkaz může vypracovat jenom energeticky specialista či auditor, který je oprávněn ministerstvem ke zpracování energetického auditu [46].

Kromě podrobné informace o spotřebě energie energetický průkaz obsahuje [45]:

- Kdy byl objekt postaven
- Objemový faktor tvaru budovy (čím je budova kompaktnější, tím je faktor nižší a energie využívána efektivněji)
- Kvalita ochlazované obálky objektu (jak je objekt zateplen a jaké jsou plochy konstrukcí)
- Zdroj tepla na vytápění a na přípravu teplé vody
- Informace o dalších systémech (chlazení, vlhčení, vzduchotechnika)

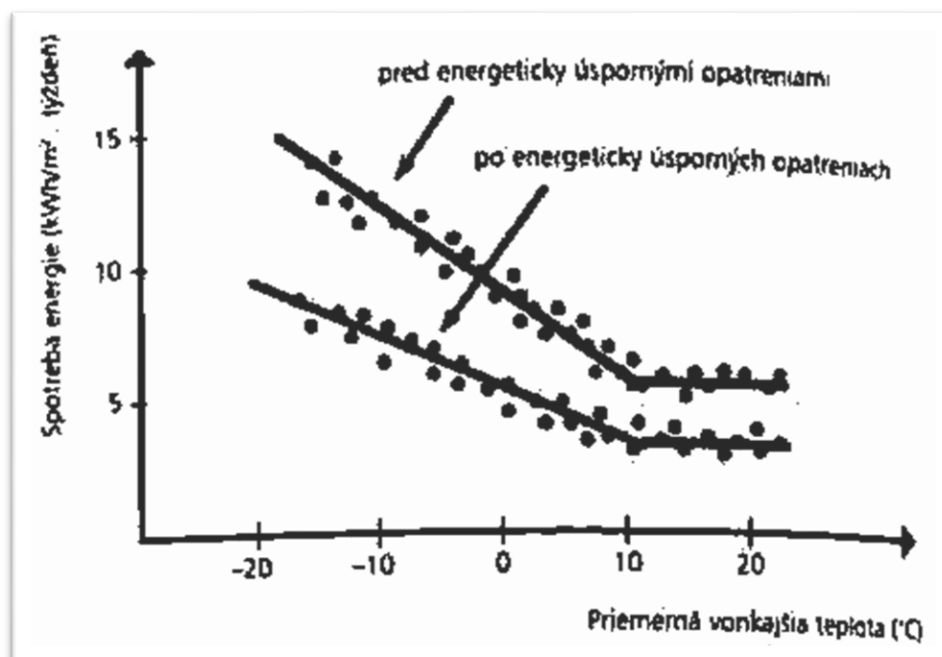
- Celková dodaná energie
- Neobnovitelná primární energie (udává vliv provozu budovy na životní prostředí)

V budoucnu se očekává ještě větší sledování spotřeby energií. V dnešní době se počítá pouze se spotřebou energie na vytápění budovy, ale lze očekávat i další kritéria, například, potřeba energie na stavbu budovy či provoz budovy nebo stavby se budou hodnotit podle produkce emisí [40].

5.4 Energetický management

Energetický management hraje podstatnou roli při sestavování energetického auditu, protože představuje specifický systematický postup záznamu týdně naměřených hodnot a kontroly spotřeby energie a podmínek provozu budov [31]. Naměřené hodnoty spotřeby energie se porovnávají s plánovanými hodnotami spotřeby, na jejichž základě může každý týden personál a specialisté zabezpečit optimální provoz daného technického zařízení budovy.

Hlavním a základním nástrojem je vytvoření energeticko-tepelného diagramu, který se nazývá **ET-křivka**. Tato křivka umožňuje dozvědět se spotřebu energie v závislosti na vnější teplotě při správných provozních podmínkách a vytváří se podle naměřených hodnot a výpočtů.



Obr. 4 ET-křivka po realizaci úsporných opatření [47]

5.4.1 Systém energetického managementu

Při kontrole spotřeby energie personál zjišťuje, v čem je příčina odchylky spotřeby, pokud je skutečná spotřeba vyšší, než bylo naplánováno. Zavedení takového užitečného a pohodlného systému umožňuje personálu zodpovědnému za údržbu a provoz:

- řídit a upravovat provoz velkých zařízení
- odhalit chyby v provozu a chyby příslušných postupů
- snižovat spotřebu energie
- dokumentovat výsledky energetických úsporných opatření

Pomocí energetického managementu se daří odhalit různé poruchy během provozu nebo nesprávné nastavení parametrů zařízení a opravit vzniklé problémy.

Základní metodologií energetického managementu je dosažení nejnižší spotřeby energie a požadované kvality vnitřního klimatu budovy takovými způsoby jako termostatické radiátorové ventily, utěsnění oken, automatický regulační systém, měřiče teploty. Po realizaci podobných energetických opatření má budova velký potenciál pro úsporu energie a může sloužit dlouhou dobu [31].

5.4.2 Cíl energetického managementu

Energetický management je důležitý nástroj pro udržení spotřeby energie na správné a trvalé úrovni a řešení problému změny. Je založen na odečtení hodnot spotřeby energie záznamu vnější teploty. Cílem je nepřekročit určitou hranici spotřeby a umožnit specialistovi pomocí postupu energetického managementu provádět nutné údržby a dosáhnout [31]:

- přesnějšího provozu zařízení budovy
- zdokumentování všech výsledků z efektivních opatření
- rychlé návratnosti při změně provozních podmínek
- zvýšení úspory energie
- určení budov s vysokými úsporami

V současné době je dokázáno, že energetický management hraje významnou roli v energetickém auditu, umožňuje dosáhnout dostatečně velkých úspor spotřeby energie a vody.

5.4.3 Počítač jako nástroj pro ET-křivku

Jakoukoliv ET-křivku je možné vytvořit pomocí počítačového programu, který v budoucnosti ukáže spotřebu energie v závislosti na vnější teplotě při požadovaných podmínkách. Při přesáhnutí naplánované hodnoty spotřeby se pak hledá příčina vzniku problému, která se potom nějakým

způsobem řeší. Takové odchylky mohou vzniknout v důsledku různých faktorů: působení slunečního záření či větru. Postup při vytváření energeticko-tepelného diagramu musí být následující (dělá se týdně) [31]:

- odečíst hodnoty spotřeby energie pomocí měřicího zařízení a vypočítat specifickou spotřebu energie
- zaznamenat průměrné hodnoty vnější teploty
- zanázt všechny získané hodnoty do ET-grafu
- odchylky ukážou možné poruchy nebo nesprávně nastavené parametry zařízení, které se potom opraví

Při sledování energie každý údržbář musí mít:

- měřič průměrné vnější teploty
- měřič spotřeby energie
- schéma na zápis a výpočet spotřeby
- ET-křivku pro danou budovu
- formulář pro zápis příčin a odchylek

5.4.4 Měřič spotřeby energie

Měřič průměrné vnější teploty funguje tak, že automaticky počítá teplotu vzduchu za určitou dobu, obvykle nastavenou v hodinách, a zobrazuje všechny hodnoty na displeji přístroje. Navíc požadovanou teplotu je možné získat z meteorologické stanice nebo automatické regulace budovy. Hlavním požadavkem je ochrana přístroje před negativními vlivy a dostupné umístění.

Nevýhodou měřiče spotřeby energie je nemožnost odečtení nutné hodnoty přímo z měřicího zařízení a je potřeba vypočítat potřebné hodnoty pomocí převodových veličin. Příkladem takových přístrojů je: měřič elektrické energie, tepla, plynoměry, měřiče topného oleje [31].

Před samotným měřením se připravují různá schémata a formuláře pro záznam naměřených hodnot a ulehčení práce. Pokud se naměřená hodnota nachází mimo ET-křivku, snaží se personál najít příčinu odchylky a co nejrychleji ji opravit. K tomu také slouží osobní záznamy s určitými požadavky, které umožňují rychleji najít problém.

Při zpracování energetického managementu a vytváření energeticko-tepelného diagramu pomocí počítačového systému je možné najít další užitečné informace:

- náklady na spotřebu energie
- přehled celkových nákladů a spotřeby energie za určité období
- porovnání skutečné hodnoty spotřeby energie s vypočtenou hodnotou
- celkové odchylky

- přehled naměřené a vypočtené celkové roční spotřeby energie a jejích nákladů v dostupné formě ve tvaru tabulek a formulí

Podobné křivky se nazývají **EP-křivky**, které popisují závislost spotřeby energie na objemu výrobu a používají se v průmyslu.

Podle vývoje a většího množství realizovaných projektů úspory energie se ukazuje, že energetický management funguje správně a zajišťuje také úspory i do budoucnosti [31].

5.5 Důvody a příčiny zateplování budov

Zateplení fasád je důležitým aspektem v dnešní době, protože kvalitní izolace má mnoho výhod pro obyvatele. Navíc při zateplení fasád není nutné čekat na okamžik, kdy bude prováděna rekonstrukce budovy, zásadní opravy nebo jiné okolnosti, a je možné provádět kdykoliv bez ohledu na roční období, ale při dodržení určitých podmínek. Hlavní výhody provádění zateplení budov jsou následující [48] [49]:

- Tepelná účinnost (kvalitní tepelná izolace umožňuje šetřit energii a kvalitně ji využívat)
- Úspora (přispívá k snížení nákladů na vytápění až o 60 % [1])
- Nemá žádné škodlivé účinky (izolační materiály jsou vysoce ekologické, což umožňuje šetřit životní prostředí)
- Zvuková izolace – akustika (značné snížení hluku)
- Ochrana proti vlhkosti (zabezpečení optimální vlhkosti jinak zvýšená vlhkost vede k předčasnému zničení konstrukce)
- Dlouhý provoz budovy a bezpečnost (chrání nosnou konstrukci před účinky extrémních teplot, srážek a působení škodlivých látek)
- Ochrana před nežádoucím přehřátím vnitřních prostor budovy
- Zajištění optimálního klima v budově po celý rok
- Snížení tepelných ztrát a kondenzace vody v konstrukci

Po zateplení fasádu v zimní periodu se v budově stává teplejší a v letní periodu chladnější, což je další výhodou. Naopak, žádná izolace vede k velkým nákladům na energie dosahující až 75 % [1], značným tepelným ztrátám a rychlému zničení fasády kvůli vnějším účinkům [48].

Hlavním a nejčastějším důvodem zateplování budov je ekonomická stránka, která uspoří velké náklady na vytápění, pokud to není úsporný dům. Z toho hlediska vyplývá výběr správné izolace pro budovy, která zlepšuje technické a užité vlastnosti budovy. Vysoce kvalitní materiály a moderní technologie prodlužují životnost a zvyšují hodnotu budovy.

Při zateplení budovy je potřebné podrobně promyslet jednotlivé postupy opatření, které bylo navrhováno s ohledem na úspory a kvalitu tepelné izolace, a proto je nutné dodržovat následující důležité položky provádění zateplování budov [50]:

- Technické ekonomické posouzení stavu budovy – technické studie (slouží jako podklady při provádění potřebných oprav budovy)
- Energetický audit či energetický posudek (ukazuje, jaké zateplení je potřebné provést s ohledem na stav budovy a úsporu energie)
- Projekt (slouží návodem pro realizaci opatření na základě technického a energetického auditu podle určitých požadavků)
- Příprava (jde o odborníkovi se znalostmi, zkušeností a autorizaci, který pomáhá s přípravou podkladu pro smlouvu s dodavatelem, s přípravou dokumentace a projednáním s úřady)
- Výběr dodavatele (kritéria pro vyber dodavatele na kvalitní materiály a moderní technologie)
- Stavební dozor (odborník se znalostmi stavebnictví a bohatými zkušenostmi, který hlídá, kontroluje a může odhalit chyby a nedostatky s další opravou)
- Certifikovaný zateplovací systém (záruka kvalitního zateplení zajišťující splnění požadavků na účinnost zateplení)
- Kompletní nebo postupné zateplování (kompletní – výhodnější a levnější, postupné – dražší a komplikovanější)

Provádění zateplení přispívá k získání úspory energií, zvýšení komfortu a kvality bydlení s ohledem na životní prostředí. Proto zateplení budov a provádění energetického auditu mají významné a důležité značení.

5.5.1 Základní pojmy hodnocení budov

Hlavním parametrem pro rozhodování výběru tepelné izolace či kvality obálky budovy je součinitel prostupu tepla U s jednotkou W/m^2K [51], který vyjadřuje schopnost stavební konstrukce udržovat teplo či tepelně izolovat a slouží k výpočtu tepelných ztrát daného objektu. Podle definice součinitel prostupu tepla ukazuje, kolik tepla prochází plochou konstrukci $1 m^2$ [44] při rozdílu mezi teplotou vnitřní a venkovní $1 K$ [52]. Čím tato hodnota je menší, tím izolační schopnosti konstrukce je lepší, a naopak při vyšším koeficientu konstrukcí uniká více tepla. Podle určitých pravidel a přesně podle normy ČSN 73 0540-2 o tepelné ochraně budov hodnota součinitele prostupu tepla musí být dodržována v souladu s této normou. Z toho vychází

vyhláška č. 78/2013 Sb. [11] s povinností dosažení požadovaných a doporučených hodnot součinitele prostupu tepla pro konstrukci bytových domů [53]. Minimální požadavky na součinitel prostupu tepla můžeme vidět v následující tabulce:

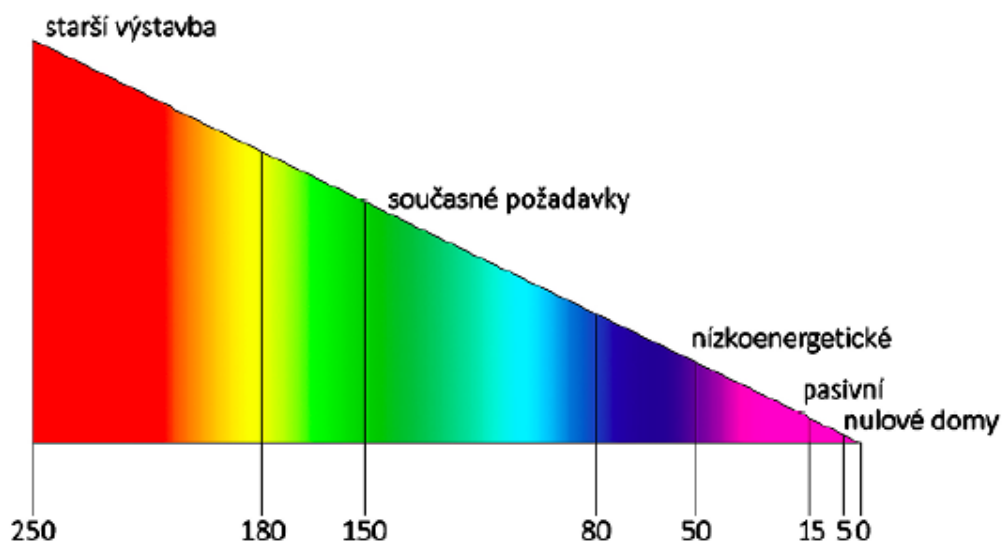
Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla U [W/(m ² ·K)]		
	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy $U_{pas,20}$
Stěna vnější	0,30	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,20
Stěna k nevytápěné půdě (se střechou bez tepelné izolace)	0,30	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,20
Střecha strmá nad 45°	0,30	0,20	0,18 až 0,20
Střecha do plochá a šikmá do 45° včetně	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop s podlahou nad venkovním prostorem	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop pod nevytápěnou půdou	0,30	0,20	0,15 až 0,10
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	1,50	1,20	0,8 až 0,6
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45°	1,40	1,10	0,90
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru	0,60	0,40	0,30 až 0,20
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině	0,45	0,30	0,22 až 0,15
Podlaha a stěna vytápěného prostoru k temperovanému prostoru	0,75	0,50	0,38 až 0,25

Obr. 5 Požadované hodnoty součinitele prostupu tepla [54]

Součinitel prostupu tepla se dělí na tři úrovně a je uváděn jako hodnota požadovaná, doporučená a doporučená hodnota pro pasivní domy. Pod pasivním domem rozumíme dům, který má velmi nízkou energetickou náročnost a je dána jako měrná potřeba tepla na vytápění v hodnotě 15 kWh/m² [55]. Při srovnání s různými druhy pasivní dům má [56] [57]:

- Kvalitní vnitřní prostředí (definováno trvalým přísunem čerstvého vzduchu a tepelnou stabilitou či malou potřebou tepla na vytápění, které je zajištěno zpětným získáváním tepla odpadního vzduchu – rekuperací)
- Obálka (dobře izolována a zateplena s kvalitními okny)
- Vytápění a větrání (nízké nároky na výkon otopné soustavy: tepelná čerpadla, solární systémy a fotovoltaika, elektrické vytápění)

Teplo pasivního domu se skládá z tepla ze slunečního záření a tepla vnitřního, proto při dodržení určitých pravidel isolační konstrukce, budova skoro nepotřebuje vytápění a z toho vychází pojem pasivní dům – dům, který nepotřebuje aktivní vytápění. Různé standardy roční potřeby tepla na vytápění pro různé budovy jsou uvedeny na obrázku [57]:



Obr. 6 Roční potřeba energie na vytápění [58]

Z toho vychází, že budovy, které byly vybudované v 70.-80. letech mají velkou spotřebu energie kvůli špatně izolující konstrukci, zastaralé otopné soustavě a velkých emisí tepla, naopak budovy vybudované v současné době mají dobře zateplené konstrukci podle norem s využitím obnovitelných zdrojů a roční potřebná energie na vytápění je minimální.

Kromě požadavků na součinitel prostupu tepla jsou uvedeny požadavky na průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy, což je na základě referenční budovy, také měrná roční bilance potřeby a produkce energie, která je vyjádřena v hodnotách primární energie z neobnovitelných zdrojů a vychází z roční produkce tepla v budově a okolí [57].

5.5.2 Metody a postupy výpočtu součinitele prostupu tepla

Existují různé metody výpočtu hodnoty součinitele prostupu tepla buď pomocí počítače s využitím **stavební fyziky (Teplo 2017 EDU)** nebo pomocí **výpočtu jednotlivých parametrů**, na základě, kterých bude určena příslušná hodnota U – součinitele prostupu tepla.

Pro výpočet je potřebné vědět následující parametry [53]:

- Součinitel tepelné vodivosti λ (lambda) použitých materiálů konstrukce
- Tloušťka vrstev

- Odpor při přestupu tepla na konstrukci interiérové a exteriérové strany
- Tepelný odpor samotné konstrukce

Součinitel tepelné vodivosti ukazuje, jak schopen materiál vest teplo z teplejší místnosti do chladnější a čím tato hodnota je nižší, tím lépe materiál může tepelně izolovat. Tento parametr je obvykle udáván v příslušných tabulkách [53].

Odpor při přestupu tepla na **vnitřní** a **vnější** straně vychází z normy ČSN 73 0540-3 o tepelné ochraně budov. Tyto parametry podle typu konstrukce jsou uvedeny v příslušných tabulkách [50].

Tepelný odpor konstrukce charakterizuje isolační schopnost použitého materiálu o nějaké tloušťce klást odpor konstrukcí a čím větší tato hodnota, tím lépe. Tepelný odpor se vypočítává pomocí vzorce [53]:

$$R_k = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_i}{\lambda_i}$$

- d_1, d_2, d_i jsou tloušťky vrstev konstrukce, vyjádřené v m [58]
- $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_i$ jsou součinitele tepelné vodivosti, vyjádřené v W/mK [59]

Výsledný **odpor konstrukce** bude mít následující tvar:

$$R_T = R_{si} + R_k + R_{se}$$

- R_{si} je tepelný odpor vnitřní strany
- R_T je tepelný odpor konstrukce
- R_{se} je tepelný odpor vnější strany

Při výpočtu jednotlivých parametrů, uvedených výše, vychází vzorec pro výpočet **součinitele prostupu tepla** udávaných v W/m²K [51] [56]:

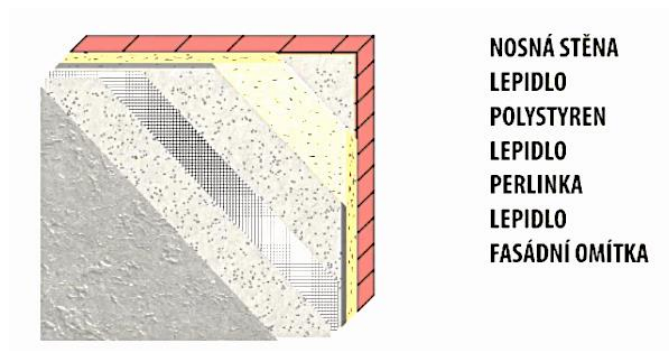
$$U = \frac{1}{R_T}$$

Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro různé konstrukce jsou popsány v normě ČSN 73 0540-2 o tepelné ochraně budov.

5.5.3 Struktura zateplovacího systému

Nejčastějšími a nepoužívanějšími způsoby zateplování budov jsou vnější a vnitřní druhy zateplení [60]:

- Výhodou **vnějšího zateplení** je celistvost tepelně – izolační vrstvy, kde každá jednotlivá vrstva spolu s ostatními tvoří celý tak zvané kontaktní zateplovací systém.



Obr. 7 Struktura pláště domu při kontaktním zateplování [61]

Většinou fasád tvoří omítka nebo lepený obklad. Při kontaktním zateplení se používá expandovaný polystyren nebo minerální vlna. Při návrhu jakékoliv izolace je nutné zkontrolovat odpor izolačního materiálu, aby nedocházelo ke kondenzaci vlhkosti v konstrukci. A proto se používá izolace fasádu o malém tak zvaném difuzním odporu. Tloušťka izolace není omezena, ale pokud nejsou splněny podmínky rovinnosti, používá se dodateční kotvení a pozorně odolná izolace z minerální vlny či dřevovláknité desky fasádní [60].

- **Vnitřní zateplení** se přidává, pokud vnější zateplení za určitých podmínek není možné, a je jedním řešením provádění izolace.

Při výběru tepelné izolace existují velké množství izolačních materiálů, které se skoro všude používají a jsou dostupné a běžné. Příkladem mohou sloužit následující druhy izolačních materiálů [60]:

- **Expandovaný pěnový polystyren** EPS (nejrozšířenější izolant, který má vyšší izolační schopnost při menší tloušťce. Výhodou je nízká cena a dostupnost, nevýhodou je nižší propustnost vodních par)
- **Extrudovaný polystyren** XPS (má uzavřenou strukturu bez mezer na rozdíl od expandovaného polystyrenu a dobrou pevnost v tlaku s minimální nasákavostí)
- **Minerální vlna** (druhy typ izolace po polystyrenu, který má dobrou odolnost vůči vysokým teplotám, nízký difúzní odpor, vysokou požární odolnost a paropropustnost)
- **Pěnový polyuretan** PUR (zvýšená odolnost vůči tlaku a velmi nízký součinitel tepelné vodivosti)
- **Pěnové sklo** (nehořlavost a parotěsnost, ale vysoká cena)
- **Vakuová izolace** (ve formě panelu v metalizované folii, má nízký součinitel tepelné vodivosti a vysokou cenu)
- **Celulóza** (izolace z celulózových vláken zajišťující odolnost proti hnilobě, požáru a hlodavcům)

- **Sláma** (používá se v kombinaci s nosnou stěnou nebo slouží jako nosná konstrukce, ve spojení se hliněnou omítkou je požárně odolná)

Výběr typu izolace závisí na různých faktorech: požadované či fyzikální vlastnosti izolace, cena izolačního materiálu, ale také i ekologické hledisko. Proto výběr izolace závisí na správném návrhu prováděného opatření na zateplení budovy [60].

5.6 Kritéria hodnocení výnosnosti projektů

Při **zhodnocení** různých **projektů**, je třeba zjistit, jaký projekt přinese v budoucnu největší příjem či vynos nebo, jak se rychle vrátí peníze do investic. Proto pro tento účel se používají různé metody sloužící pro hodnocení vložených peněžních prostředků. Existují různé metody, které můžeme rozdělit na **statické** a **dynamické metody** hodnocení. První typ neboli statické metody se používají tam, kde není potřeba zahrnovat faktor rizika a faktor času. K těmto metodám patří například průměrný roční vynos, průměrná procentní výnosnost a doba návratnosti. Druhý typ zohledňuje faktor času a rizika s diskontováním vstupních parametrů. Příkladem slouží index ziskovosti, čistá současná hodnota a vnitřní výnosové procento [71].

Mezi základními metodami, které se velice často používají pro hodnocení jakéhokoliv projektů jako finanční ukazatel, patří metoda Čistá současná hodnota či **NPV**, pro stejnou dobu životnosti, a roční ekvivalentní peněžní tok či **RCF** sloužící pro hodnocení projektů s různou dobou životnosti [71].

Čistá současná hodnota ukazuje, kolik peněžních prostředků za určitou dobu životnosti nám přinese daný projekt. Tato metoda spočívá v tom, že závisí pouze na hotovostních tocích *Cash flow* a nákladech kapitálu. Při **vypočtu NPV** může vyjít jak kladná, tak i záporná hodnota ukazatele, při kterém se vybírá ta největší při srovnání několika různých alternativ – plánů. Metoda čisté současné hodnoty umožňuje zahrnout všechny potřebné parametry ovlivňující konečné rozhodnutí. Pro vypočet NPV se používá následující vzorec [72]:

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t}$$

kde CF_t jsou peněžní toky v jednotlivých letech, které se mohou měnit, n znamená dobu životnosti a r diskontní míru. Významnou roli pro vypočet NPV hraje diskontní úroková míra, která, při vypočtu silně ovlivňuje výsledek NPV. Určení úrokové míry je dost složité a závisí na jiných

důležitých parametrů: náklady na pořízení kapitálu, inflace jako ukazatel cenové hladiny a rizikový faktor. Jak už bylo řečeno, při porovnání různých projektů je daná přednost větší hodnotě NPV, ale občas se stává, že výběr je velice komplikovaný a jedná se o to, že tato hodnota není optimálním řešením. Čistá současná hodnota je nejjednodušší a nejvhodnější metodou, která pomáhá zhodnotit projekty a vybrat tu nejlepší.

V procesu porovnání různých variant – alternativ může dojít k různé době životnosti jednotlivých projektů, což se řeší pomocí sjednocení dob životnosti společným násobkem dob životnosti jednotlivých projektů. Z toho vychází nový pojem roční ekvivalentní peněžní tok či RCF. Tato metoda se používá tam, kde projekty netrvají stejně dlouhou dobu. Tady se čistá současná hodnota vynásobí anuitním členem. Vzorec pro tuto metodu je následující [71]:

$$NPV = NPV \cdot a = NPV \cdot \frac{r}{(1 - (1 + r)^{-t})}$$

kde **NPV** je čistá současná hodnota jednotlivého projektu, **a** je anuitní člen, **t** znamená počet období a **r** diskontní míru.

Dalším parametrem je vnitřní výnosové procento či **IRR**, které ukazuje kolik vyděláme při zvážení časové hodnoty peněz. Jinak vnitřní výnosové procento je taková **úroková míra**, při které čistá současná hodnota se rovna nulové hodnotě. Spočítat je můžeme následujícím způsobem [73]:

$$\sum_1^t \frac{CF_t}{(1 + IRR)^t} - IN = 0$$

kde **IN** jsou vstupní investice, **CF_t** jsou peněžní toky v jednotlivých letech a **t** znamená počet období.

Vnitřní výnosové procento je ukazatel, který slouží k odhadu budoucích investic bez zvážení rizika, inflace a náklady kapitálu. Po výpočtu IRR se porovnává vyšší hodnota úrokové sazby, která říká, jaký bychom dostali výnos, pokud bychom dali peníze do nejlepší varianty. Hlavní podmínkou je to, že IRR musí být kladné a být větší než míra výnosnosti projektu [73].

Při hodnocení ekonomické efektivnosti projektů je potřeba vědět kritéria, podle kterých se bude rozhodovat, jaký projekt je lepší. Proto se používají různé metody podle finančních cílů a komplikaci.

5.7 Shrnutí teoretické části

V dané teoretické části bakalářské práce se pojednává o důležitosti energetického auditu a příčinách jeho provedení. Každá kapitola udává základní definice, krátkou charakteristiku a má průhledné obrázky pro demonstrace určitého pojmu. Na začátku mé práce se vysvětluje pojem energetického auditu: jeho značení, funkce a příčina provedení z pohledu úspory energie. Udává se cíle Evropské Unie a příslušná legislativa pro provedení energetického auditu. Všechno je vysvětleno na základě zákonů a navazujících vyhlášek, které slouží jako základna energetického auditu.

Důležitou částí mé práce je také popis jednotlivých metod vytápění, které se používají v České republice. Navíc v této části je podrobně popsán průběh jednotlivých kroků energetického auditu včetně s průhledným obrázkem tohoto procesu, popsána povinnost zpracování a kdo je musí zpracovat.

Dalším hlavním bodem této teoretické části je popis vstupních parametrů, které jsou potřebné pro hodnocení budovy, provedení energetického auditu a vypracování samotné zprávy v praxi. Tato zpráva většinou slouží k dalšímu rozhodnutí o provedení příslušných opatření pro úspory energie. Tady se udává různé údaje, například, klimatické údaje nebo údaje slunečního záření a větrání.

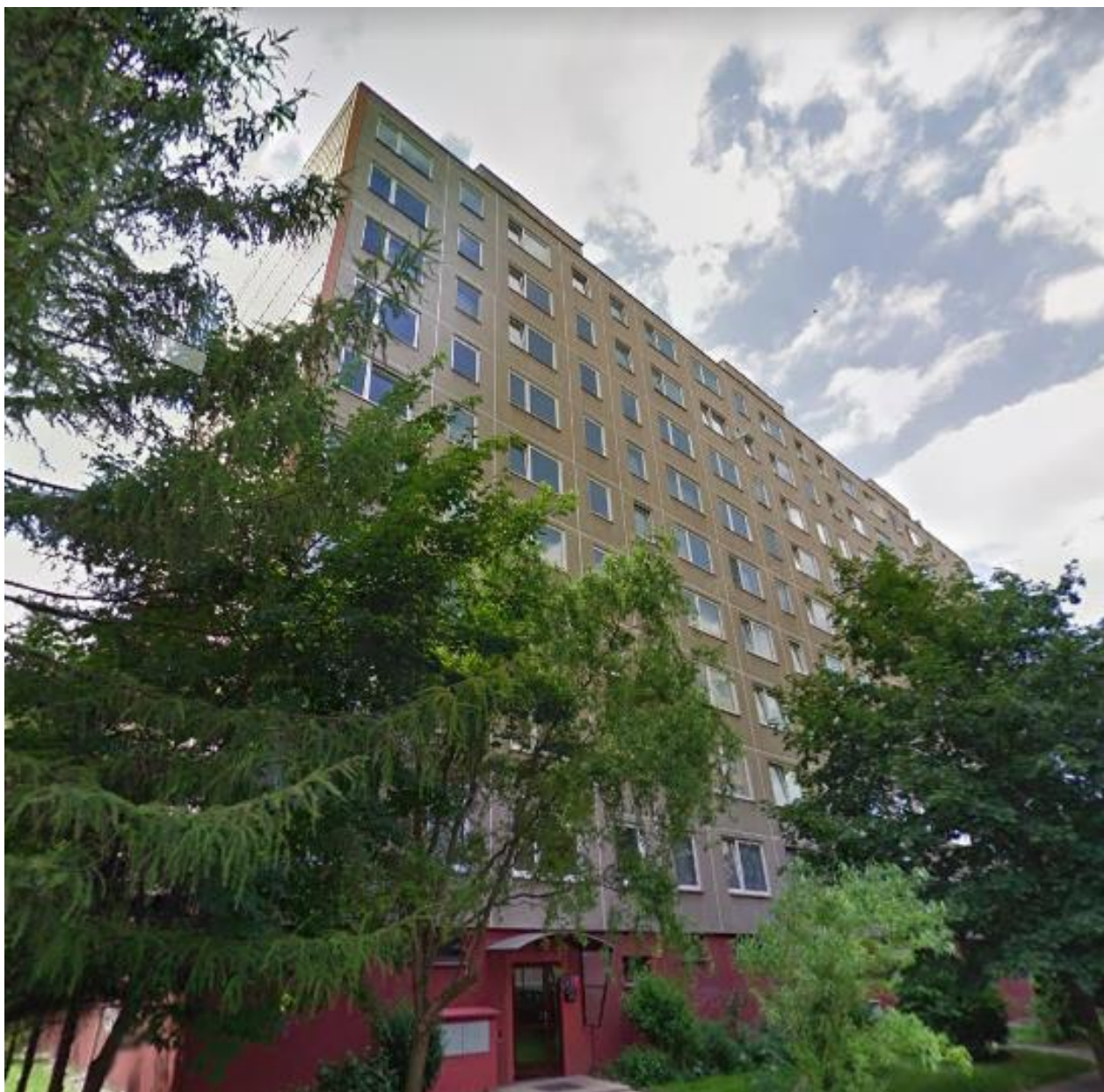
Kromě toho se popisuje definice energetického průkazu či štítku, který je součástí zprávy. Je dána tabulka s rozdělením budov podle spotřeby energie a je udávána povinnost zpracování energetického štítku a další body, které zahrnuje průkaz energetické náročnosti.

Teoretická část také obsahuje pojem energetický management, který je také důležitou součástí energetického auditu. Popovídá o funkce energetického managementu, jeho systému a cíle, nástrojů, které se používají pro hodnocení, a také měřičů pro spotřebu energie.

Tady také jsou uvedeny základní pojmy hodnocení budov: co je součinitel prostupu tepla, jak se spočítá a jaké nástroje můžeme použít. Navíc se popisuje základní struktura pláště budovy, což je potřeba vědět při návrhu izolačního materiálu, a příčiny samotného zateplení.

Posledním bodem je seznámení s metodami ekonomického hodnocení investic, které jsou potřebné pro rozhodování o nejlepší variantě. **Celá** tato teoretická část slouží jako základ pro další část této bakalářské práce.

6. Popis panelového domu

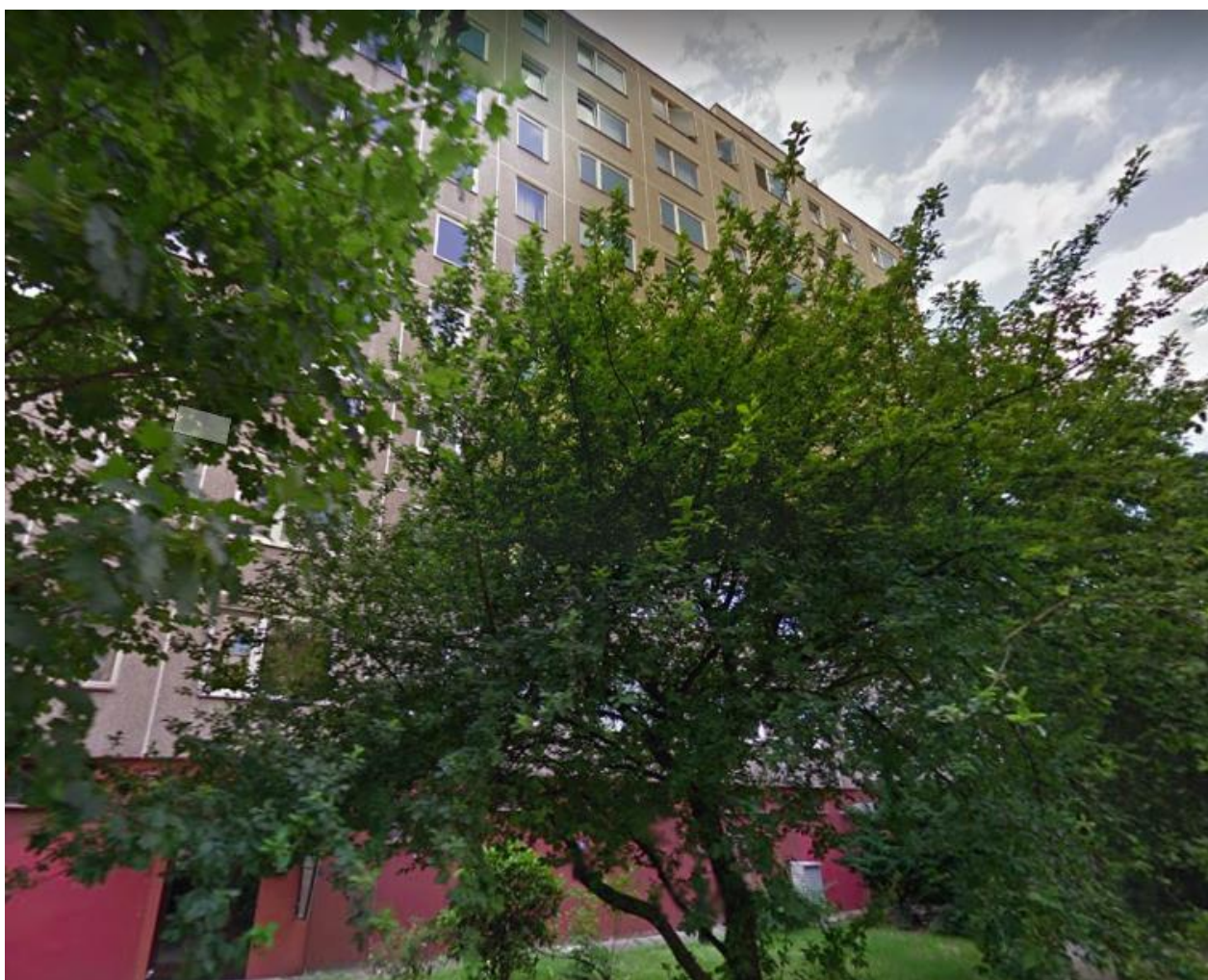


Obr. 8 Bytový dům, Praha 4

Daný panelový bytový dům se nachází na adrese Kunínova 1722/7 v Praze 4-Chodov, a byl vybudován a uveden do provozu v roce 1980. Do roku 1990 takové panelové domy neměly žádnou tepelnou ochranu z hlediska tepelných ztrát, proto se kvůli rychlému růstu cen energií po roce 1990 začaly provádět programy zateplení pomocí různých dotací a státní podpory, které vedly k efektivní úspoře.

Tento dům je desetipodlažní, z toho jedno patro tvoří technické přízemí, s třemi vchody, celkem má 81 bytů s jedním energetickým centrem. Z pohledu konstrukce je bytový dům sestaven z panelu Larsen&Nielsen dánské firmy s nízkým tepelným ztrátovým koeficientem. Vedle

energetického centru v domě se nachází celkem 274 radiátorů ústředního topení s osazenými termoventily. Od začátku provozu tento bytový dům neměl samostatný parní kotel pro ohřev vody, až v roce 2000 byl instalován kotel Pražskou teplárenskou a.s. Také od této doby byly uvedeny do provozu měřiče, jak pro ústřední topení (UT), tak i pro teplou užitnou vodu (TUV). V roce 1992 bylo provedeno zateplení štítů z obou stran formou titano-hliníkových puklic Forsil s minerálním rastrem v rámci dotační podpory. Další opatření bylo realizováno v letech 1994-1996 firmou Calmet, která provedla výměnu celé vnitřní otopné soustavy daného domu. Byla provedena instalace regulačních termoventilů na každém radiátoru ústředního topení a další výměnou rozvodu teplé vody a konstrukce motoru s rozvodem se stojatými ventily. Doplnkovým opatřením byla výměna oken, generální oprava střechy, hydro-izolační renovace spojů obvodového pláště a celková revitalizace všech vestibulů.



Obr. 9 Bytový dům, Praha 4

Po potřebných a možných opatřeních se podařilo snížit tepelné ztráty panelového bytového domu a konkrétně měrnou spotřebu tepla. Při porovnání spotřeby tepla před opatřením a po opatření bylo

dosaženo snížení spotřeby na padesát procent, což zařadilo tento bytový dům, podle energetického auditu, na hranici mezi kategorií méně úsporná a úsporná.

Kubatura domu se skládá z plochy venkovního pláště domu a plochy interiéru domu, což je 17 280 m³ [62], z čehož 4 765,6 m² [44] je plášť domu a ostatní (byty, schody a vestibuly) tvoří 6 075 m² [44]. Podle energetické zprávy bylo uvedeno, že před těmito opatřeními roční měrná spotřeba při takovém velkém objemu byla v relaci 3 300 GJ [24] do roku 1991. V následující tabulce je uvedena přibližná aktuální spotřeba tepla na vytápění, která je vypočtena pomocí tepelných ztrát, což není skutečnou spotřebou, ale jenom odhad, jaká by měla být :

	[Kč s DPH/GJ]	[Kč/MWh]	
Cena elektřiny	600	2 160	
	[MWh]	[GJ]	[Kč]
Původní spotřeba panelového domu	368,6	1 326,96	796 176

Tab. 1 Celková spotřeba energie na vytápění panelového domu

Z této tabulky je vidět, že aktuální spotřeba energie je **1 326,96 GJ** [24]. Z důvodu, že jsem neměla možnost získat aktuální fakturu aspoň za tři roky, tato hodnota spotřeby byla vypočtena pomocí celkových tepelných ztrát budovy. Při vypočtu celkových nákladů na spotřebu jsem přibližně odhadla, kolik platí vlastníci bytů. Při nalezení aktuální ceny za 1 GJ [24] energie na stránkách Pražské teplárenské, která je zhruba **600 Kč** [63] za **GJ** [24] včetně DPH, jsem dozvěděla celkové náklady na spotřebu energie. Měrná ztráta prostupem tepla byla určena z poskytnuté tabulky, a další hodnoty byly vypočteny podle určitých vzorců. Celkové tepelné ztráty jsem určila tak, že vynásobila přibližným rozdílem teplot venkovní a vnitřní, což bylo 32 stupňů, a roční potřeba tepla na vytápění byla získána vynásobením celkových tepelných ztrát rozdílem teplot a délkou otopného období, ale lze říct, že skutečná spotřeba energie panelového domu závisí na dalších různých vstupních faktorech a v našem případě můžeme jenom odhadnout [74]:

$$Q_v = Q \cdot \frac{d}{20 - (-12)} \cdot (20 - t_{es}) \cdot 24$$

kde **d** je délka otopného období (245 dnů), t_{es} je střední denní venkovní teplota pro začátek a konec otopného období (3,9 stupňů) a **Q** znamená celkové tepelné ztráty.

Úkolem této práce je najít další způsoby zateplení panelového domu na Jižním městě a vypočítat související parametry pro daný typ bytového domu pro další návrh opatření a snížení spotřeby energie, pokud je to možné.

Nejprve identifikujeme možná opatření a z nich následně uvedeme možné varianty rekonstrukce s návrhem kombinace možných opatření.

6.1 Navrhovaná opatření a řešení pro daný panelový dům

Po vyhodnocení poskytnutého hotového energetického průkazu, který byl prováděn na základě požadavků o zmenšení spotřeby energie bytového domu, podle uvedené tabulky bylo navrženo několik variant na úsporu energie z technického a ekonomického hlediska.

Konstrukce obálky budovy	Plocha	Součinitel prostupu tepla			Činitel tepl. redukce b_j	Měrná ztráta prostupem tepla $H_{T,j}$
		Vypočtená hodnota U_i	Referenční hodnota $U_{N,rc,j}$	Splněno		
	[m ²]	[W/(m ² .K)]	[W/(m ² .K)]	[ano/ne]	[-]	[W/K]
Okno 1	854,00	1,30	-	-	1,00	1110,20
Okno 2	79,00	2,40	-	-	1,00	189,60
Dveře	18,60	1,50	-	-	1,00	27,90
Strop nad nevyt. pr.	675,00	0,95	-	-	0,25	160,30
Střecha plocha	675,00	0,76	-	-	1,00	513,00
Obvodová stěna 1	1829,00	0,80	-	-	1,00	1463,20
Obvodová stěna 2	635,00	0,30	-	-	1,00	190,50
Tepelné vazby						238,30
Celkem	4765,60	x	x	x	x	3893,00

Tab. 2 Požadavky na součinitel prostupu tepla

Tabulka 2, která je vzata z energetického průkazu panelového domu, ukazuje důležité hodnoty pro hodnocení spotřeby energie. Tady jsou uvedeny tři sloupce: celková plocha místnosti, součinitel tepelné vodivosti a měrné ztráty. Při násobení plochy a součinitele tepelné vodivosti dostaneme **celkové měrné ztráty energií**, pomocí kterých je možné dozvědět **o kolik procent se nám sníží spotřeba** energie při snížení tepelných ztrát. Z této tabulky je vidět, že po provádění rekonstrukce daného bytového domu bylo prováděno opatření na zateplení fasády domu a přesně obvodové

stěny číslo 2, což ukazuje velmi dobrou hodnotu součinitele prostupu tepla, který je podle normy. Z toho vychází navrhované opatření na zateplení druhé obvodové stěny, jinak součinitel prostupu tepla je velice převyšuje hodnotu požadovanou podle příslušné normy o tepelné ochraně budov. Kromě možného zateplení obvodové stěny, střechy a stropu je možná další opatření na výměnu dveře a oken s lepší izolační schopnosti a více úsporné.

6.2 Opatření

Podle následujících dat můžeme navrhovat následující opatření na úsporu energie:

1. Výměna oken 1 a 2
2. Výměna dveře
3. Zateplení obvodové stěny 2
4. Zateplení střechy
5. Zateplení stropu nad nevytápěným prostorem

Po provedení následujících opatření budou značně snížené tepelné ztráty. Po výpočtu různých opatření modernizace budovy dostaneme následující výsledky:

6.2.1. Výměna oken

Po zkoumání celkových ploch oken podle tabulky vychází, že nejmenší plocha oken je plocha oken umístěných na chodbě a schodištích, a proto s ohledem na tento fakt, tady je lepší použít dvojsklo, které také je levnější, což uspoří nějaké peníze a zmenší tepelné ztráty budovy. Pro větší plochu oken lze využít trojsklo, ale v této variantě budou velké náklady se skoro stejnými tepelnými ztrátami. Navíc dveře také můžeme vyměnit za více úsporné, které stejně uspoří energie a zmenší tepelné ztráty oproti těm, které jsou v současné době před dalším zateplováním. Střední cena **dvojskla** s součinitelem prostupu tepla $U=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ [51] je **950 Kč/m²** [64] bez instalace. Dvojsklo s lepšími izolačními vlastnostmi a $U=1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ [51] je dražší oproti první variantě, ale úspora energie bude větší. Cena takového dvojskla vychází kolem 1 120 Kč/m² [64] bez zahrnutí ceny za instalaci.

Pro trojsklo platí, že nejlevnější trojskla se skoro nejmenším součinitelem prostupu tepla $U=0,6$ stojí **1 700 Kč/m²** [64] a také bez instalace.

Při porovnání ceny a příslušných ploch je **výhodnější vyměnit okna na chodbách a schodištních** za více úsporné. Jinak úspora energie bude skoro stejná, ale náklady budou mnohem rozdílnější.

	Před výměnou (chodba a schodiště)	Po výměně (dvojsklo $U=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$)	Po výměně (trojsklo $U=0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$)
Měrná ztráta prostupem tepla [W/K]	189,6	86,9	47,4
Tepelné ztráty [kW]	6,1	2,8	1,5
Tepelné ztráty [MWh/rok]	18	8,3	4,4
Roční náklady na teplo [Kč]	38 880	17 928	9 504
Náklady na izolaci [Kč]	-	75 050	134 300
Roční úspora [Kč]	-	20 952	29 376

Tab. 3 Roční úspora při výměně oken za lepší na chodbě a schodištích

	Před výměnou (ubytovací prostory)	Po výměně (dvojsklo $U=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$)	Po výměně (trojsklo $U=0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$)
Měrná ztráta prostupem tepla [W/K]	1 110,2	939,4	512,4
Tepelné ztráty [kW]	35,5	30	16,4
Tepelné ztráty [MWh/rok]	105	88,8	48,5
Roční náklady na teplo [Kč]	226 800	191 808	104 760
Náklady na izolaci [Kč]	-	811 300	1 451 800
Roční úspora [Kč]	-	34 992	122 040

Tab. 4 Roční úspora při výměně oken za lepší v bytovacích prostorech

Výměna dveří

Pro další úsporu kromě výměny oken lze vyměnit dveře za úsporné a s lepšími izolačními vlastnostmi, ale v našem případě to nemá smysl, jinak úspora bude minimální a náklady poměrně vysoké. Podle normy dveře splňují požadovanou hodnotu součinitele prostupu tepla, což v tomto případě nemá smysl vyměňovat.

Zateplení obvodové stěny

Podle tabulky je vidět, že po revitalizaci byla zateplena fasáda jenom z obou stran budovy, ale obvodová stěna s největší plochou nebyla zateplena, z čeho vyplývá, že největší ztráty vznikají právě tady. Při použití tzbinfo.cz [66] pro výpočet součinitele tepla dostaneme následující hodnotu podle přibližné skladby obvodové stěny daného panelového domu:

Orientační skladba obvodové stěny **před** použitím izolace s příslušným součinitelem prostupu tepla [67]:

TYP KONSTRUKCE



stěna obvodová jednoplášťová konstrukce

Tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce R_{si}						0.13 m ² K/W	$\theta_0 = 17.09$ °C	?
j	Materiál	d [m]	λ_u [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	R_j [m ² K/W]	θ_j [°C]			
1	Omítka vápenná	0,005	0,88	0.006	16.94	↓	⊙	
2	Železobeton	0,1	1,58	0.063	15.23	↑ ↓	⊙	
3	Pěnový polystyren	0,05	0,052	0.962	-10.74	↑ ↓	⊙	
4	Železobeton	0,06	1,58	0.038	-11.77	↑ ↓	⊙	
5	Omítka vápenná	0,005	0,88	0.006	-11.92	↑	⊙	
Tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce R_{se}						0.04 m ² K/W	$\theta_e = -13$ °C	

interiér
↙
exteriér

Obr. 10 Konstrukce obvodové stěny panelového domu

VYHODNOCENÍ KONSTRUKCE



<p>Součinitel prostupu tepla konstrukce</p> <p>$U = 0.8 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$</p>	<p>Odpor při prostupu tepla konstrukce</p> <p>$R_T = 1.24 \text{ m}^2.\text{K/W}$</p>
<p>dle ČSN 73 0540-4 a ČSN EN ISO 6946</p>	

Obr. 11 Součinitel prostupu tepla

Orientační skladba obvodové stěny **po** použití izolace s příslušným součinitelem prostupu tepla:

TYP KONSTRUKCE

stěna obvodová jednoplášťová konstrukce

Tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce R_{si}						0.13 m ² K/W	$\theta_0 = 19.75 \text{ °C}$?
j	Materiál	d [m]	λ_u [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	R_j [m ² K/W]	θ_j [°C]			
1	<input checked="" type="checkbox"/> Omítka vápenná	0,005	0,88	0.006	19.71	↓	⊙	
2	<input checked="" type="checkbox"/> Železobeton	0,1	1,58	0.063	19.3	↑ ↓	⊙	
3	<input checked="" type="checkbox"/> Pěnový polystyren	0,05	0,052	0.962	13	↑ ↓	⊙	
4	<input checked="" type="checkbox"/> Železobeton	0,06	1,58	0.038	12.75	↑ ↓	⊙	
5	<input checked="" type="checkbox"/> Malta vápenná	0,01	0,8	0.012	12.66	↑ ↓	⊙	
6	<input checked="" type="checkbox"/> Isover EPS Grey 100	0,12	0,031	3.871	-12.7	↑ ↓	⊙	
7	<input checked="" type="checkbox"/> Omítka vápenná	0,005	0,88	0.006	-12.74	↑	⊙	
Tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce R_{se}						0.04 m ² K/W	$\theta_c = -13 \text{ °C}$	

interiér
↓
exteriér

Obr. 12 Konstrukce obvodové stěny panelového domu

VYHODNOCENÍ KONSTRUKCE

<p>Součinitel prostupu tepla konstrukce</p> <p>$U = 0.2 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$</p>	<p>Odpor při prostupu tepla konstrukce</p> <p>$R_T = 5.13 \text{ m}^2.\text{K/W}$</p>
<p>dle ČSN 73 0540-4 a ČSN EN ISO 6946</p>	

Obr. 13 Součinitel prostupu tepla

Na následujících obrázcích je vidět, že při použití izolace Isover EPS Grey 100 součinitel prostupu tepla je značně nižší než do navrhovaného opatření, což sníží tepelné ztráty budovy. V následující tabulce je patrné, že je velice velký rozdíl mezi tepelnými ztrátami a to má smysl zateplovat.

	Před zateplením	Po zateplení
Měrná ztráta prostupem tepla [W/K]	1 463,2	365,8
Tepelné ztráty [kW]	46,8	11,4
Tepelné ztráty [MWh/rok]	138,5	33,7
Roční náklady na teplo [Kč]	299 160	72 792
Náklady na izolaci [Kč]	-	4 846 850
Roční úspora [Kč]	226 368	

Tab. 5 Roční úspora při zateplení obvodové stěny

Zateplení střechy

Další opatření, které je možné provést, je zateplení střechy:

Orientační skladba střechy **před** použitím izolace s poslušným součinitelem prostupu tepla [68][69]:

TYP KONSTRUKCE



střecha		dvouplášťová konstrukce		Tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce R_{si}		0.1 m ² K/W	$\theta_0 = 18.01$ °C	?
j	Materiál	d [m]	λ_u [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	R_j [m ² K/W]	θ_j [°C]			
1	Asfaltové pásy a lepenky	0,15	0,21	0.714	-0.52	↓		
2	Železobeton	0,150	1,43	0.105	-3.24	↑ ↓		
3	Vzduchová vrstva tl. 100 mm	0,150	0,588	0.255	-9.86	↑ ↓		
4	Železobeton	0,03	1,43	0.021	-10.41	↑		
		Tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce R_{se}		0.1 m ² K/W	$\theta_e = -13$ °C			

Obr. 14 Konstrukce střechy panelového domu

VYHODNOCENÍ KONSTRUKCE

**Součinitel prostupu tepla
konstrukce**

$U = 0.77 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$

**Odpor při prostupu tepla
konstrukce**

$R_T = 1.3 \text{ m}^2.\text{K/W}$

dle ČSN 73 0540-4 a ČSN EN ISO 6946

Obr. 15 Součinitel prostupu tepla

Orientační skladba střechy **po** použitím izolace s poslušným součinitelem prostupu tepla:

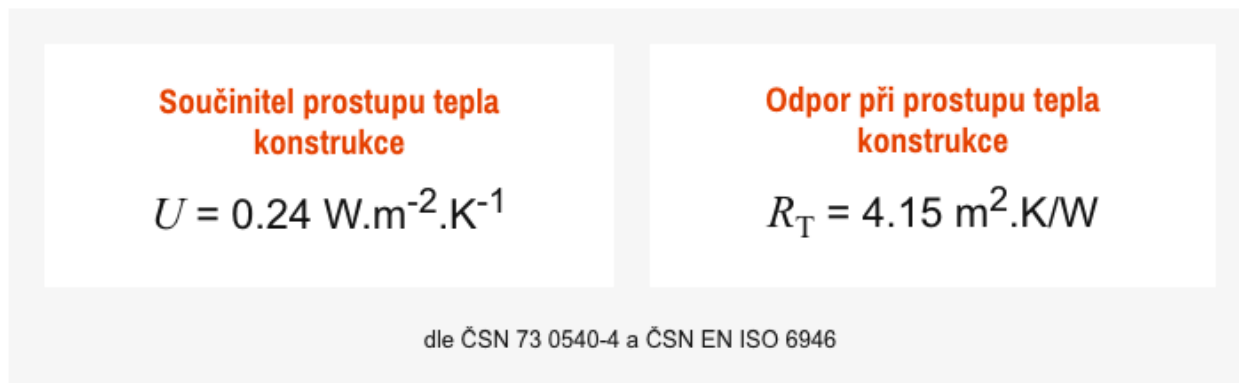
TYP KONSTRUKCE

střecha dvouplášťová konstrukce

Tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce R_{si}							0.1 m ² K/W	$\theta_0 = 19.79 \text{ °C}$?
j	Materiál	d [m]	λ_u [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	R_j [m ² K/W]	θ_j [°C]				
1	<input checked="" type="checkbox"/> Asfaltové pásy a lepenky	0,15	0,21	0.714	14.01				
2	<input checked="" type="checkbox"/> Železobeton	0,150	1,43	0.105	13.16				
3	<input checked="" type="checkbox"/> Vzduchová vrstva tl. 100 mm	0,150	0,588	0.255	11.1				
4	<input checked="" type="checkbox"/> Výrobky z minerální vlny (MW) ČSN	0,14	0,049	2.857	-12.02				
5	<input checked="" type="checkbox"/> Železobeton	0,03	1,43	0.021	-12.19				
Tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce R_{se}							0.1 m ² K/W	$\theta_e = -13 \text{ °C}$	

interiér
↓
exteriér

Obr. 16 Konstrukce střechy panelového domu



Obr. 17 Součinitel prostupu tepla

Po použití izolace z minerální vlny nám se značně zmenšil součinitel prostupu tepla do hodnoty, která je splňuje normu. Úsporu je vidět tady:

	Před zateplením	Po zateplení
Měrná ztráta prostupem tepla [W/K]	513	162
Tepelné ztráty [kW]	16,4	5,2
Tepelné ztráty [MWh/rok]	48,5	15,4
Roční náklady na tepelné ztráty [Kč]	104 760	33 264
Náklady na izolaci [Kč]	-	1 552 500
Roční úspora [Kč]	71 496	

Tab. 6 Roční úspora při zateplení střechy

Zateplení stropu

Poslední opatření, které je možné provést v daném panelovém domě, je zateplení stropu nad nevytápěným prostorem. Jak už bylo uvedeno výše, nejběžnějším izolačním materiálem je minerální vlna, kterou lze použít také v tomto případě.

Orientační skladba stropu nad nevytápěným prostorem **před** použitím izolace s příslušným součinitelem prostupu tepla [68] [70]:

TYP KONSTRUKCE

strop pod nevytápěným prostorem | jednoplášťová konstrukce

Tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce R_{si}							0.1	m ² K/W	$\theta_0 = 17.41$ °C	?
j	Materiál	d [m]	λ_u [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	R_j [m ² K/W]	θ_j [°C]					
1	<input checked="" type="checkbox"/> Keramika	0,015	1,3	0.012	17.04					↓
2	<input checked="" type="checkbox"/> Štěrka	0,04	 	-	17.04					↑ ↓
3	<input checked="" type="checkbox"/> Asfaltové pásy a lepenky	0,15	0,21	0.714	-5.77					↑ ↓
4	<input checked="" type="checkbox"/> Železobeton	0,2	1,58	0.127	-9.81					↑
Tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce R_{se}							0.1	m ² K/W	$\theta_e = -13$ °C	

interiér
↓
exteriér

Obr. 18 Konstrukce stropu nad nevytápěným prostorem panelového domu

VYHODNOCENÍ KONSTRUKCE

<p>Součinitel prostupu tepla konstrukce</p> <p>$U = 0.95 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$</p>	<p>Odpor při prostupu tepla konstrukce</p> <p>$R_T = 1.05 \text{ m}^2.\text{K/W}$</p>
<p>dle ČSN 73 0540-4 a ČSN EN ISO 6946</p>	

Obr. 19 Součinitel prostupu tepla

Orientační skladba stropu nad nevytápěným prostorem **po** použití izolace s poslušným součinitelem prostupu tepla:

TYP KONSTRUKCE

strop pod nevytápěným prostorem jednoplášťová konstrukce

Tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce R_{si}							0.1	m ² K/W	$\theta_0 = 19.64$ °C	?
j	Materiál	d [m]	λ_u [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	R_j [m ² K/W]	θ_j [°C]					
interiér ↓ exteriér	<input checked="" type="checkbox"/> Keramika	0,015	1,3	0.012	19.53					↓
	<input checked="" type="checkbox"/> Štěrka	0,04	 	-	19.53					↑ ↓
	<input checked="" type="checkbox"/> Asfaltové pásy a lepenky	0,15	0,21	0.714	12.68					↑ ↓
	<input checked="" type="checkbox"/> Výrobky z minerální vlny (MW) ČSN	0,12	0,049	2.449	-10.83					↑ ↓
	<input checked="" type="checkbox"/> Železobeton	0,2	1,58	0.127	-12.04					↑
Tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce R_{se}							0.1	m ² K/W	$\theta_c = -13$ °C	

Obr. 20 Konstrukce stropu nad nevytápěným prostorem panelového domu

VYHODNOCENÍ KONSTRUKCE

<p>Součinitel prostupu tepla konstrukce</p> <p>$U = 0.29 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$</p>	<p>Odpor při prostupu tepla konstrukce</p> <p>$R_T = 3.5 \text{ m}^2.\text{K/W}$</p>
<p>dle ČSN 73 0540-4 a ČSN EN ISO 6946</p>	

Obr. 21 Součinitel prostupu tepla

Na uvedených obrázcích je vidět, že při použití minerální vaty jako izolační materiál hodnota součinitele prostupu tepla se stala vyhovovat normě, což splňuje všechny požadavky a zmenšuje tepelné ztráty. Stejně jako v předchozích příkladech nám vychází:

	Před zateplením	Po zateplení
Měrná ztráta prostupem tepla [W/K]	160,3	48,94
Tepelné ztráty [kW]	5	1,6
Tepelné ztráty [MWh/rok]	14,8	4,4
Roční náklady na teplo [Kč]	31 968	9 504
Náklady na izolaci [Kč]	-	1 552 500
Roční úspora [Kč]	22 464	

Tab. 7 Roční úspora při zateplení stropu nad nevytápěným prostorem

Při zkoumání všech nákladů a možných opatření, nejlepšími variantami jsou **zateplení jenom obvodové stěny a výměny oken na schodech**, jinak při výměně oken v ubytovacích prostorech nemá velký rozdíl v tepelných ztrátách, ale náklady budou velké, nebo zateplení střechy, stropu, obvodové stěny a výměna oken na schodech a chodbách. V následující tabulce, která je daná v průkazu energetické náročnosti budovy poskytnuté jednou firmou, jsou vidět nové hodnoty součinitele prostupu tepla a měrné tepelné ztráty (v závorkách jsou uvedeny hodnoty parametrů před provedením opatření):

Konstrukce obálky budovy	Plocha [m ²]	Součinitel prostupu tepla			Činitel tepl. redukce b_j [-]	Měrná ztráta prostupem tepla $H_{T,j}$ [W/K]
		Vypočtená hodnota U_i [W/(m ² .K)]	Referenční hodnota $U_{N,rc,j}$ [W/(m ² .K)]	Splněno [ano/ne]		
Okno 1 (dvojsklo $U=1,1$)	854,00	1,10	-	-	1,00	939,40 (1110,20)
Okno 2 (dvojsklo $U=1,1$)	79,00	1,10	-	-	1,00	86,90 (189,60)
Dveře	18,60	1,50	-	-	1,00	27,90
Strop nad nevyt. pr.	675,00	0,29	-	-	0,25	48,94 (160,30)
Střecha plocha	675,00	0,24	-	-	1,00	162,00 (513,0)
Obvodová stěna 1	1829,00	0,20	-	-	1,00	365,80 (1463,2)
Obvodová stěna 2	635,00	0,30	-	-	1,00	190,50
Tepelné vazby						238,30
Celkem	4765,60	x	x	x	x	-

Tab. 8 Měrná ztráta prostupem tepla

6.3 Navržené varianty

První varianta – zateplení obvodové stěny a výměna oken na chodbě a schodištích:

	Před zateplením	Po zateplení
Měrná ztráta prostupem tepla [W/K]	3 893	2 795,6
Tepelné ztráty [kW]	124,6	89,5
Tepelné ztráty [MWh/rok]	368,6	264,8
Roční náklady na teplo [Kč]	1 105 800	794 400
Náklady na izolaci + práce [Kč]	-	7 021 000
Roční úspora [MWh/rok]	103,8	
Roční úspora [Kč]	311 400	

Tab. 10 Roční úspora první varianty pomocí tepelných ztrát

V této variantě provedení opatření bylo uvažováno to, že pokud měrné tepelné ztráty před opatřením a po opatření se sníží o určitou hodnotu, kde je bez problému možné vypočítat procento, sníží se nám i celkové náklady na vytápění. Tady je vidět, že po výpočtů se celkové měrné tepelné ztráty se snížily o **28 %** [1]. Tato varianta tedy ušetří **103,8 MWh/rok** [65] při spotřebě **368,6 MWh/rok** [65] před opatřením. Jak už bylo řečeno, tyto vypočtené úspory vycházejí z tepelných ztrát, kde byl použit příslušný vzorek uvedeny dříve pro výpočet potřeby tepla pro vytápění.

Druhá varianta – zateplení obvodové stěny a výměna oken v bytovacích prostorech:

	Před zateplením	Po zateplení
Měrná ztráta prostupem tepla [W/K]	3 893	2 624,8
Tepelné ztráty [kW]	124,6	84
Tepelné ztráty [MWh/rok]	368,6	248,5
Roční náklady na teplo [Kč]	1 105 800	745 510
Náklady na izolaci + práce [Kč]	-	7 876 590
Roční úspora [MWh/rok]	120,1	
Roční úspora [Kč]	360 290	

Tab. 11 Roční úspora první varianty pomocí tepelných ztrát

Zde snížení celkových ztrát způsobuje snížení celkových nákladů na vytápění o **33 %** [1], což je dobrým výsledkem, ale z většími náklady na zateplení. Výpočet je takový, že **úspora energie je 120,1 MWh/rok** [65].

Třetí varianta – zateplení obvodové stěny, střechy, stropu nad nevytápěným prostorem a výměna oken na chodbách a schodištích:

	Před zateplením	Po zateplení
Měrná ztráta prostupem tepla [W/K]	3 893	2 230,54
Tepelné ztráty [kW]	124,6	71,4
Tepelné ztráty [MWh/rok]	368,6	211,2
Roční náklady na teplo [Kč]	1 105 800	633 684
Náklady na izolaci + práce [Kč]	-	11 665 000
Roční úspora [MWh/rok]		157,4
Roční úspora [Kč]		472 116

Tab. 12 Roční úspora první varianty pomocí tepelných ztrát

V třetí variantě ta úspora je trochu víc, ale náklady na izolační materiál a výměnu všech oken jsou obrovské. Tady se navrhuje skoro úplné zateplení, ale z ohledem na různé aspekty rozdíl není moc velký. **Úspora energie** podle přibližného výpočtů vychází **157,4 MWh/rok** [65], což je snížení nákladů na teplo zhruba o **43 %** [1].

Jak je vidět z následujících výpočtů nejúspornější variantou je poslední, kde je zatepleno skoro všechno, a pomocí procent je to vidět přesněji. Rozdílem mezi všemi opatření jsou jenom náklady na výměnu určitých součástí budovy a na izolační materiál, který byl použit. Podle příslušných nákladů nejlevnější variantou je první, kde je zateplena jenom obvodová stěna a byly vyměněny okna na chodbách a schodištích. Proto je **nejlepším** opatřením je **první** navrhované řešení.

Pro snížení nákladů na zateplování existují různé dotační programy, jako například **Nová Zelená Úsporám**. Tento program je program Ministerstva životního prostředí, který je administrován Statním fondem životního prostředí a umožňuje snížit náklady až 50 % [1], což je velkou výhodou při rekonstrukcích a zateplování rodinných a bytových domů. Nová Zelená Úsporám podporuje různé druhy opatření, jako výměna střech, oken, dveře, zdrojů tepla, zateplení fasády, využití tepla z odpadní vody a instalace solárních termických a fotovoltaických systému. Ale velikost dotace závisí na opatřeních, které budou provedeny a dotace může být jak 10 % [1] tak i 30 % [1]

v závislosti na druhu zateplení. Požádat o podporu může jak právnická osoba, tak i fyzická osoba. S ohledem na dotaci dost velká úspora nebude stát dost velkých peněz, což je dobrým návrhem.

V následující tabulce jsou uvedeny přibližné náklady panelového domu na energie a příslušná úspora peněz různých druhů opatření s vypočítanou **prostou dobou návratností, NPV a RCF**:

Současné náklady na vytápění <i>368,6 MWh/rok</i> <i>796 176 Kč/rok</i>	První opatření	Druhé opatření	Třetí opatření
Celkové investice [Kč/rok]	7 021 000	7 876 590	11 665 000
Nová platba (bez dotace) [Kč/rok]	981 358	992 917	1 149 248
Nová platba (s dotací) [Kč/rok]	856 819	853 201	859 567
Úspora [Kč/rok]	224 208	259 416	339 984
Prosta doba návratností investic (bez dotace) (investice / úspora) [let]	32	31	35
Prosta doba návratností investic (s dotací) [let]	25	23	23
NPV bez dotace [Kč]	-2 609 947	-2 772 857	-4 976 177
RCF bez dotace [Kč]	-185 182	-196 741	-353 072
NPV s dotací [Kč]	-854 697	-803 709	-893 427
RCF s dotací [Kč]	-60 643	-57 025	-63 391

Tab. 13 Náklady na vytápění

Při výpočtu následujících ukazatelů čistě současné hodnoty a ročního ekvivalentního peněžního toku byl použit diskont 5 % [1], který byl získán ze stránek ERÚ [13] [75], kde v roce 2008 cena za 1 GJ [24] činila 447 Kč [63] a v roce 2018 činila 593 Kč [63]. Z toho byl vypočten diskont, který posloužil pro získání NPV a RCF.

Z výše uvedené tabulky je vidět, že ve všech třech opatření je velice velké záporné NPV, což říká, že se to skoro nikdy nevyplatí bez dotaci. Při porovnání NPV ve všech variantách nám vychází lépe varianta číslo 1, ale při zvoleném diskontu, se to bez dotace nevyplatí. Pokud budeme uvažovat větší hodnotu diskontní sazby, ve srovnání s předchozími výsledky, tento výsledek vyjde

mnohem hůř. Uvazování dotace zlepšilo by tuto situaci, kde pokryla by nějakou část investic, ale, v jakémkoliv případě, to nic neuspoří a budeme platit víc o nějakou částku. Ani s dotací to je velice komplikované.

Ze všech prozkoumaných opatření, které je možné provést v daném panelovém domě, při hodnocení každého opatření, vychází, že žádná opatření ne přinese žádný výnos a navíc budeme platit mnohem víc než do provedení opatření.

Důležité je vědět celkové tepelné ztráty a náklady na vytápění, proto je třeba provést celkové zhodnocení budovy neboli **energetický audit** se kvalifikovanými specialisty, které pomohou vybrat tu nejlepší variantu na základě požadavků a z naměřených údajů.

Z toho vyplývá, že je možné také poradit s kvalifikovaným specialistou – stavebníkem z jakékoliv firmy, která nabídne nějaké vhodné opatření a poskytne přibližné ceny s celkovými náklady na související opatření na zateplení budovy. Jedna z takových firem, která se nazývá **KASTEN** spol. s.r.o. a je firmou z 2010 roku ve Středočeském kraji, s radostí poskytla opatření, které by tam bylo možné provést, a navíc celkové náklady na zateplení. Jak už bylo řečeno předtím, nejvhodnějším opatřením je zateplení fasády, střechy a stropu nad nevytápěným prostorem či suterénem. Kromě toho je možné provést revitalizaci starého zateplení fasády a doplňkové opatření, které také zmenší náklady na vytápění. Přibližný návrh doporučeného opatření:

- Demontáž a likvidace stávajícího zateplení štítů
- Sanace podlah lodžii
- Výměna zábradlí na lodžii za nová, provedení z FeZn s výplní z mléčného skla
- Zateplení střešního pláště
- Zateplení obálky budovy pomocí minerální vaty tloušťkou 140 mm [76]
- Zateplení vnitřních stěn lodžii pomocí desek z minerální vaty tloušťkou 80 mm [76]
- Zateplení podhledu v suterénu pomocí pohledových lamel z minerální vaty tloušťkou 160 mm [76]
- Rekonstrukce hromosvodu

Také lze brát v úvahu, jaký izolační materiál lze používat s ohledem na výšku budovy, která vychází z normy ČSN 73 0810 o požární bezpečnosti staveb. Tato norma říká, že pokud požární výška budovy je větší než 22,5 m [58], musí být zateplen celý objekt v minerální vlně.

Pro tuto variantu zateplení z minerální vaty, revitalizace střechy a podlah lodžii ukazuje tabulka orientačních propočtených navrhovaných úprav v příloze, ve které vychází celkové náklady s DPH 22 971 425 Kč [63], což pomocí dotaci vyjde o 50 % [1] a tepelné ztráty spolu s náklady na

vytápění se nám sníží přibližně o 70-80 % [1]. Tady jsou uvedeny z pohledu stavebnictví jak správné montážní procesy a zahrnuté ceny za práce, což udává reálný náhled, jak se provádí rekonstrukce.

Současné náklady na vytápění <i>368,6 MWh/rok</i> <i>796 176 Kč/rok</i>	Opatření firmy KASTEN s.r.o.
Celkové investice [Kč/rok]	22 971 425
Nová platba (bez dotace) [Kč/rok]	1 592 510
Nová platba (s dotací) [Kč/rok]	777 571
Úspora [Kč/rok]	597 132
Prosta doba návratnosti investic (bez dotace) (investice / úspora) [let]	39
Prosta doba návratnosti investic (s dotací) [let]	20
NPV bez dotace [Kč]	-11 223 489
RCF bez dotace [Kč]	-796 334
NPV s dotací [Kč]	262 224
RCF s dotací [Kč]	18 605

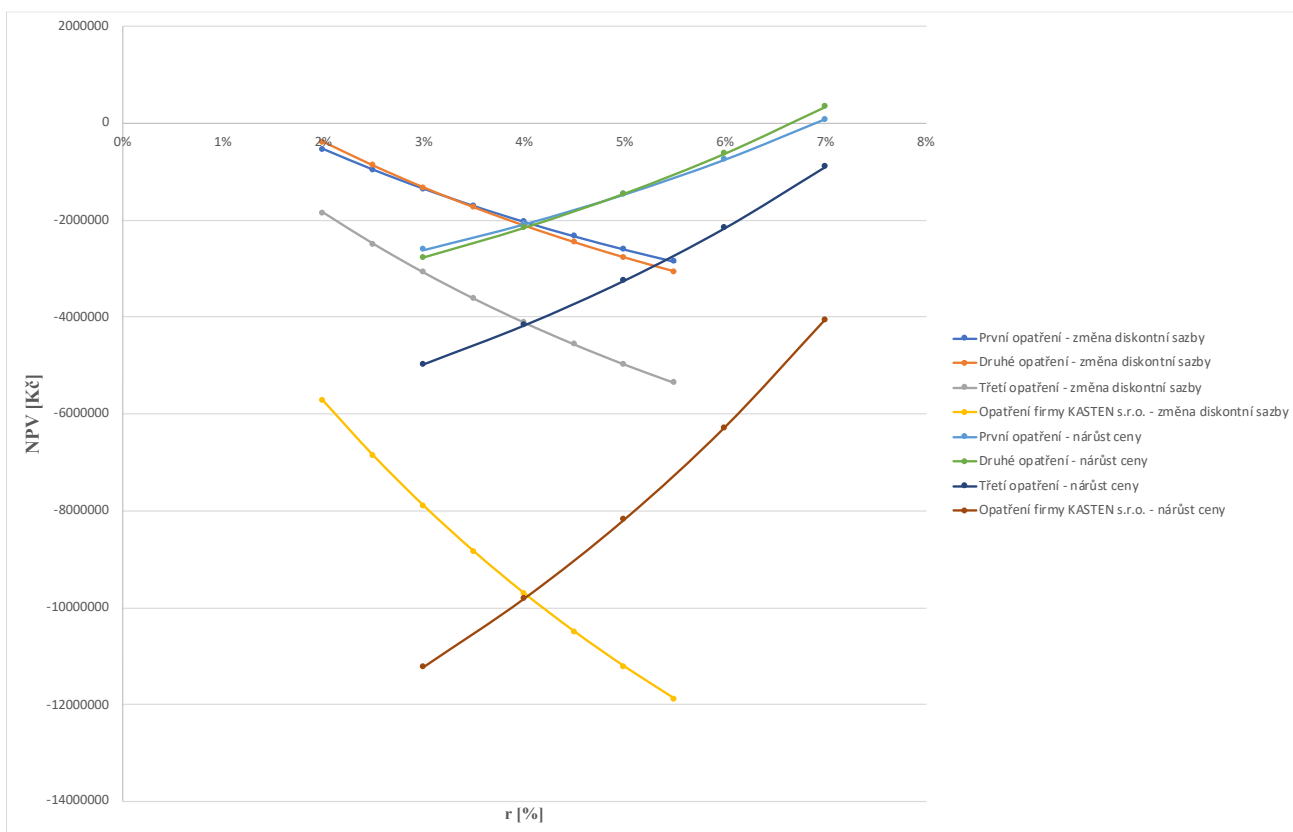
Tab. 14 Náklady na nevytápění

Z tohoto opatření je také patrné, že NPV bez dotace nám vychází záporné a to znamená, že toto opatření nám vyjde nákladové za periodu 25 let, ale pokud dostaneme dotaci, nám to vychází kladné, což znamená nějaký výnos, při kterém budeme platit jenom trochu málo.

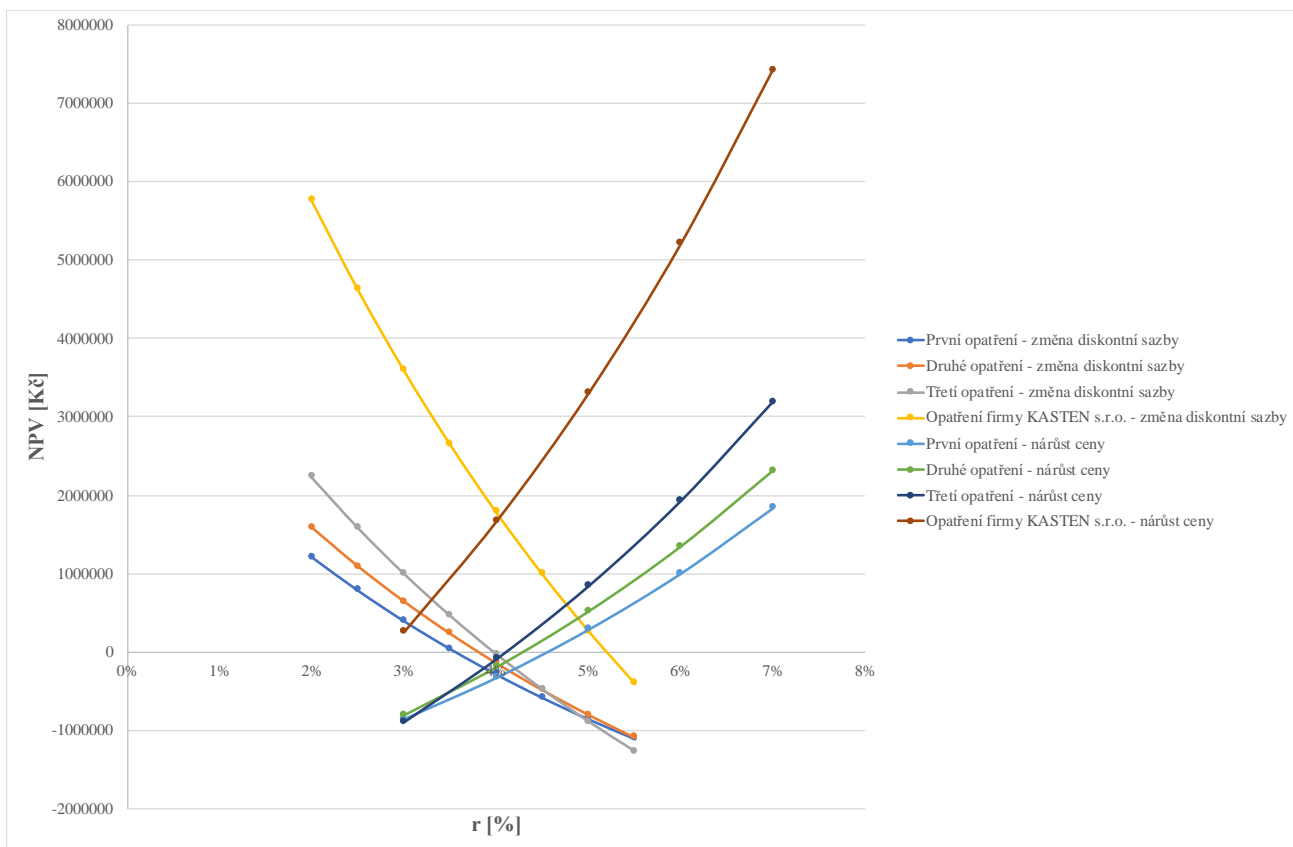
6.4 Citlivostní analýza výsledků

Citlivostní analýza se používá tam, kde je potřebné získat názor na ekonomickou efektivnost při různých změnách vstupních hodnot s grafickým znázorněním výsledků. To se velice často používá pro určení chování nějakého parametru, které stanoví budoucí rizika a hodnotí vliv možných faktorů.

Tady je uvedený jednotlivé NPV bez dotace a s dotací, které se mění při nárůstu ceny na určité procento.



Graf 1 NPV bez dotace v závislosti na diskontu a růstu cen



Graf 2 NPV s dotací v závislosti na diskontu a růstu cen

Tady vidíme takovou situaci, že při nárůstu ceny energie o nějaké procento, NPV vychází mnohem líp, a po překročení 6,5 % [1] nebo 7 % [1] to se začíná trochu vyplácet a máme výnosy z toho.

Při shrnutí celé této části o výběru nejlepší varianty na zateplení panelového domu, chtěla bych říct, že opatření je závislé na různých faktorech, a podle toho se vybírá ta nejlepší a úspornější, ale samozřejmě s ohledem na budoucí předpokládané výsledky.

7. Závěr

Cílem této bakalářské práce je analýza a význam energetického auditu. První část bakalářské práci pojednává o cílech Evropské Unie z pohledu úspor a snížení spotřeby energie v současné době. Hlavní částí této práce je definice a popis tvorby energetického auditu, jehož tvorba vyplývá z české legislativy, která je v první části textu také popsána.

Energetický audit byl zde podrobně popsán a rozepsán, včetně toho, kdo je povinen zpracovávat energetický audit, kdo je auditor a také celkový podrobný proces vytváření energetického auditu. Tady se provádí popis všech fází a celkový průběh energetického auditu a také příčiny vzniku samotné zprávy o účinnosti budov. Navíc se udávají parametry vstupující do průzkumu, které jsou potřebné pro provedení samotného energetického auditu a také hodnocení budov různých typů, a pojem energetického managementu, který je důležitou součástí energetické zprávy, vyhodnocování a navrhování potřebného opatření pomocí příslušných nástrojů.

Druhá část mé závěrečné práce je zkoumání poskytnutého průkazu energetické náročnosti daného panelového bytového domu na Jižním městě. Tato je jako praktická část pro vypočítání a rozhodování pro další možné zateplení a snížení spotřeby energie bytového domu.

V této části je uvedena analýza možných opatření, které můžeme provést v daném panelovém domě, který je byl vybudován v 70s letech, kde pak byl proveden energetický audit pro zlepšení izolačních vlastností. První takové opatření obsahovalo výměnu oken za nejvíc úsporné, zateplení části fasády s použitím izolačních materiálů, kde při výpočtu NPV výsledkem byla záporná hodnota říkající, že skoro takové opatření se nikdy nám nevyplatí, jenom při vzestupu ceny energie o zhruba 7 % [1] předpokládáme, že budeme mít nějaký vynos z toho. Proto se většinou používají různé dotační programy na zateplování budov.

Při zkoumání konstrukce panelového domu a poskytnutých údajů ohledně spotřeby energie a příslušného součinitele prostupu tepla je vidět, že někde je možné zlepšit izolační vlastností budovy a tím zmenšit náklady na vytápění o 30% [1] nebo více, ale samozřejmě v závislosti na všech nákladech, které jsou dost velké v našem případě to nemá smysl. V závislosti na použitých izolačních materiálech je možné použít nejlepší, a tím zmenšit spotřebu na 45% či 50% [1], což někde se vyplatí s ohledem na různé faktory. Existuje program Nova Zelená Úsporám, který poskytuje dotace na zateplení budov a podporuje snižování energetické náročností. V závislosti na úspoře je možné ušetřit až 50% [1]. Při zkoumání možných opatření byly uvedeny všechny aspekty.

Seznam použitých zdrojů

Internetové zdroje:

- [2] – Klimaticko-energetické cíle 2030 a pozice ČR. *EURACTIV* [online]. 18.03.2014 [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <https://euractiv.cz/section/energeticka-ucinnost/linksdossier/klimaticko-energeticke-cile-2030-a-pozice-cr-000104/>
- [3] – GOUARDÈRES, Frédéric a Francesca BELTRAME. Energetická účinnost. In: *Fakta a čísla o Evropské unii* [online]. Duben 2019 [cit. 2019-11-08]. Dostupné z: http://www.europarl.europa.eu/ftu/pdf/cs/FTU_2.4.8.pdf
- [4] – Druhy vytápění. *PLUTOInstal* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <https://www.plutoinstal.cz/2018/11/25/druhy-vytapeni/>
- [5] – OLBRICHOVÁ, Silvie. Vytápění bytových domů. *Ušetřeno* [online]. Ušetřeno.cz, 15.6.2014 [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <https://www.usetreno.cz/vytapeni-bytovych-domu/#gref>
- [6] – *Vytápění* [online]. In: . [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/176/02.html>
- [7] – Dálkové teplo. *Česká Energetika* [online]. 20.08.2008 [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: https://www.ceskaenergetika.cz/nezarazene_clanky/dalkove_teplo.html
- [8] – Energetický audit. *Ministerstvo průmyslu a obchodu* [online]. 25.3.2008 [cit. 2019-11-08]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/energetika/energeticka-ucinnost/odborne-cinnosti/energeticky-audit--41957/>
- [12] – Energetický audit. *Pre* [online]. Pražská energetika, c2014-2019 [cit. 2019-11-08]. Dostupné z: <https://www.pre.cz/cs/velkoodberatele/sluzby-zakaznikum/informace/energeticka-legislativa-a-dotacni-programy/energeticky-audit/>
- [14] – CIHLÁŘ, Ing. Jiří. Nové povinnosti podniků v oblasti energetických úspor a možnosti jejich financování. In: *Konference „Energie pro budoucnost XVI“* [online]. 15. září 2015 [cit. 2019-11-08]. Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/data-ftp-user/konference/2015/Energie_pro_budoucnost_XVI_57_MS/03-CIHLAR.pdf
- [15] – *Zákony pro lidi.cz* [online]. AION CS, c2010-2019 [cit. 2019-11-08]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/>
- [21] – Legislativa spojená s energetickým auditem. *Enerfis* [online]. Enerfis, c2017, 2017 [cit. 2019-11-08]. Dostupné z: <https://www.enerfis.cz/sluzby/energeticky-management/energeticky-audit/different-variants>
- [22] – Energetický audit. *Čez teplárenská* [online]. ČEZ, c2019, 2017 [cit. 2019-11-08]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/teplarenska/cs/poskytujeme-energeticke-sluzby/reseni-legislativnich-povinnosti/energeticky-audit.html>

- [23] – Vyhláška č. 480/2012 Sb. *Zákony pro lidi.cz* [online]. AION CS, c2010-2019 [cit. 2019-11-08]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-480>
- [33] – Этапы проведения энергоаудита. *Энергоаудит* [online]. Тамбов, 2013 [cit. 2019-11-08]. Dostupné z: http://energy-standart.ru/yetapy_yenergoaudita.html
- [35] – Энергоаудит жилого дома: основные этапы. Энергетическое обследование зданий и сооружений (энергоаудит): период проведения, оформление энергопаспорта. *Rostovkino* [online]. 2019 [cit. 2019-11-08]. Dostupné z: <https://rostovkino.ru/energoaudit-zhilogo-doma-osnovnye-etapy-energeticheskoe.html>
- [36] – АУДИТЭНЕРГОСЕРВИС.РФ. Методика энергоаудита многоквартирного дома. *АудитЭнергоСервис.рф* [online]. Московская обл.: ООО "АудитЭнергоСервис", 2011, 14 Январь 2014 [cit. 2019-11-08]. Dostupné z: <http://xn--80aecdfbse4bmudleen7o.xn--p1ai/blog/2014/01/14/%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%8D%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%BE%D0%B0%D1%83%D0%B4%D0%B8%D1%82%D0%B0%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0%BA%D0%B2%D0%B0%D1%80%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%BD/>
- [37] – Этапы проведения энергоаудита. *Энергоаудит* [online]. Тамбов, 2013 [cit. 2019-11-08]. Dostupné z: http://energy-standart.ru/yetapy_yenergoaudita.html
- [40] – ŠUBRT, Ing. Roman. Energetický průkaz a energetický štítek budovy. *Tzbinfo* [online]. 27.8.2004 [cit. 2019-12-21]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/2112-energeticky-prukaz-a-energeticky-stitek-budovy>
- [41] – POJAR, Petr. Co je energetický štítek a průkaz energetické náročnosti budovy. *Tzbinfo* [online]. 31. 7. 2014 [cit. 2019-12-21]. Dostupné z: <https://www.ceskestavby.cz/clanky/co-je-energeticky-stitek-a-prukaz-energeticke-narocnosti-budovy-23254.html>
- [43] – HRDINA, Lukáš. *Energetický štítek budovy – vše, co musíte vědět. Jinak hrozí vysoká sankce!* [online]. [cit. 2019-12-21]. Dostupné z: <https://realitnikonzultace.cz/energeticky-stitek-budovy/>
- [45] – *Jak číst v „energetickém štítku“ budovy* [online]. 11.07.2017 [cit. 2019-12-21]. Dostupné z: <https://www.bydlimesfilipem.cz/cs/uspor/jak-cist-v-energetickemu-stitku-budovy>
- [46] – Průkaz energetické náročnosti budov. *Ministerstvo průmyslu a obchodu* [online]. 19.11.2014 [cit. 2019-12-21]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/energetika/energeticka-ucinnost/prukaz-energeticke-narocnosti-budov/prukaz-energeticke-narocnosti-budov--119528/>
- [48] – Зачем утеплять фасад? *Добыча полезных ископаемых* [online]. ©2009-2015, 03.09.2015 [cit. 2020-03-07]. Dostupné z: <http://coroma.ru/stati/zachem-uteplyat-fasad.htm>

- [49] – *Зачем утеплять фасады* [online]. ©2003-2019 [cit. 2020-03-07]. Dostupné z: <http://www.texcolor-rus.ru/zachem-uteplyat.phtml>
- [50] – KASTEN SPOL. S R.O. Rekonstrukce a revitalizace panelového bytového domu. *Tzbinfo* [online]. ©2001-2020, 7.8.2014 [cit. 2020-03-07]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/11567-rekonstrukce-a-revitalizace-paneloveho-bytoveho-domu>
- [53] – REDAKCE. *Součinitel prostupu tepla – co to je a jak se vypočítá?* [online]. ©2016-2020, 5.4.2018 [cit. 2020-03-08]. Dostupné z: <https://stavimbydlim.cz/soucinitel-prostupu-tepla-co-to-je-a-jak-se-vypocita/>
- [56] – REDAKCE. Pasivní domy. *Tzbinfo* [online]. ©2001-2020 [cit. 2020-03-08]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/pasivni-domy>
- [60] – *Tepelné izolace* [online]. In: . [cit. 2020-03-08]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/92/04.html>
- [66] – Prostup tepla vícevrstvou konstrukcí a průběh teplot v konstrukci. *Tzbinfo* [online]. [cit. 2020-03-15]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/140-prostup-tepla-vicestruvou-konstrukci-a-prubeh-teplot-v-konstrukci>
- [67] – *Larsen Nielsen: Schéma typů sekcí* [online]. [cit. 2020-03-15]. Dostupné z: <http://panelovedomy.ekowatt.cz/larsen-nielsen.html>
- [68] – T 08B. *Panelové domy* [online]. [cit. 2020-03-15]. Dostupné z: <http://panelovedomy.ekowatt.cz/t-08b.html>
- [69] – BOHUSLÁVEK, Ing. Petr. Skladba ploché střechy jednoplášťové a dvouplášťové. *Panelové domy* [online]. [cit. 2020-03-15]. Dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/5745.skladba-ploche-strechy-jednoplavstove-a-dvouplavstove>
- [70] – Podlahy: Pozemní stavitelství II. *Esf* [online]. [cit. 2020-03-15]. Dostupné z: <http://fast10.vsb.cz/studijni-materialy/ps2/podlahy.html>
- [71] – Techniky hodnocení investic (investičních variant). *Management mania* [online]. 27.08.2017 [cit. 2020-05-18]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/techniky-hodnoceni-investic>
- [72] – Čistá současná hodnota (NPV - Net Present Value). *Management mania* [online]. 28.08.2017 [cit. 2020-05-18]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/cista-soucasna-hodnota>
- [73] – Hodnocení investic: Vnitřní výnosové procento (IRR). *BusinessVize* [online]. 09.11.2010 [cit. 2020-05-18]. Dostupné z: <http://www.businessvize.cz/rizeni-a-optimalizace/hodnoceni-investic-vnitri-vynosove-procento-irr>
- [74] – BERAN, Lukáš. *Vypočet tepelné ztráty budovy* [online]. 02.03.2019 [cit. 2020-05-21]. Dostupné z: <https://www.selfiehome.cz/2019/03/vypocet-tepelne-zraty-budovy/>

[75] – KOS, Jan. *Energetický regulační úřad: Vyhodnocení cen tepelné energie a jejich vývoj k 1. lednu 2018* [online]. In: . 09.01.2019 [cit. 2020-05-22]. Dostupné z: <http://www.eru.cz/documents/10540/462928/Vyhodnoceni+cen+tepelne+energie+k+1.+1.+2018.pdf/52e55ec8-0287-4409-a1eb-a2e21d02f65f>

Normy, zákony a vyhlášky:

[10] – Zákon č. 318/2012 Sb., kterým se mění zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů

[11] – ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon o hospodaření energií. In: 2000. 25. října 2000, 115/2000, číslo 406. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-406>

[16] – ČESKÁ REPUBLIKA. Vyhláška o energetické náročnosti budov. In: 2013. 22. březen 2013, 36/2013, číslo 78. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2013-78>

[17] – ČESKÁ REPUBLIKA. Vyhláška o kontrole klimatizačních systémů. In: 2013. 28 červenec 2013, 81/2013, číslo 193. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2013-193>

[19] – ČESKÁ REPUBLIKA. Vyhláška o kontrole kotlů a rozvodů tepelné energie. In: 2013. 28 červenec 2013, 81/2013, číslo 194. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2013-194>

[20] – ČESKÁ REPUBLIKA. Vyhláška o energetickém auditu a energetickém posudku. In: 2012. 20. prosinec 2012, 182/2012, číslo 480. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-480>

[26] – malým nebo středním podnikatelem je podnikatel s 250 zaměstnanců, nebo nad 50 mil. EUR ročního obratu, nebo nad 43 mil. EUR roční bilanční rozvahy. Stanovuje se s ohledem na Směrnici Evropského parlamentu a Evropské rady

[27] – ISO 50001. Systém managementu hospodaření s energií

[28] – ISO 14001. Systém environmentálního managementu, který zahrnuje energetický audit

Publikace a knihy:

[9] – strana 5,7; ПИЛИПЕНКО, Н.В. *Энергетическое обследование зданий и сооружений: Энергоаудит. Учебное пособие*. СПб: Университет ИТМО, 2016, 72 s.

[29] – strana 4, 9-13, 26; 48, 50, 54; *Методология проведения энергетического аудита. Пособие по курсу*. Москва: Энизан, 1997, 60 s.

[31] – strana 75, 78, 98, 100; PETRÁŠ, Dušan, Trond DAHLSVEEN a et al. *Energetický audit a certifikácia budov*. 1rd ed. Bratislava: JAGA GROUP, s.r.o, 2008, 161 s. Vykorovanie. ISBN 978-80-8076-063-2.

[32] – strana 20, 21; Průvodce SHE ve veřejných budovách krok za krokem: TOGETHER TOwards a Goal of Efficiency THrough Energy Reduction. In: *TOGETHER library* [online]. [cit. 2019-11-08]. Dostupné z: http://eav.cz/wp-content/uploads/2019/02/CE51-TOGETHER_-D.T2.1.5-Step-by-step-procedure-handbook-for-EnMs-in-Public-institution_FINAL-CZ.pdf

[38] – strana 74-89; STERNOVÁ, Zuzana a et al. *Energetická hospodárnosť a energetická certifikácia budov*. 1rd ed. Bratislava: JAGA GROUP, s.r.o, 2010, 350 s. ISBN 978-80-8076-060-1.

[57] – BERANOVSKÝ, PH.D, MBA, Ing. Jiří a Jan POKORNÝ. *Je úsporný dům opravdu úsporný?: Z čeho postavit úsporný dům?* [online]. In: . Praha: EkoWATT, Centrum pro obnovitelné zdroje a úspory energie, 2014 [cit. 2020-03-08]. ISBN 978-80-87333-10-5.

Obrázky:

[30] – Энэргаудит - часто задаваемые вопросы. In: *ООО «Энергоэффективность и энергоаудит»* [online]. c2011-2019 [cit. 2019-11-24]. Dostupné z: <https://energo-audit.com/voprosy-energoaudit>

[34] – Energetický audit. In: *DD Energo* [online]. Hradec Králový: DDENERGO.CZ, c2015 [cit. 2019-11-08]. Dostupné z: <https://www.ddenergo.cz/sluzby/energeticky-audit/>

[42] – TEMROVÁ, Pavla. Energetický štítek. In: *Realitni Kucharka* [online]. 25.5.2016 [cit. 2019-12-21]. Dostupné z: <http://www.realitnikucharka.cz/blog/energeticky-stitek-nas-nemusi-strasit-kdyz-vime-kdy-neni-treba/>

[47] – strana 98; PETRÁŠ, Dušan, Trond DAHLSVEEN a et al. *Energetický audit a certifikácia budov*. 1rd ed. Bratislava: JAGA GROUP, s.r.o, 2008, 161 s. Vykorovanie. ISBN 978-80-8076-063-2.

[54] – Tabulka se součiniteli prostupu tepla vybraných konstrukcí. In: *Inkapo: inženýrská kancelář a poradenství* [online]. 2011 [cit. 2020-03-08]. Dostupné z: http://www.inkapo.cz/csn-730540-2_2011

[58] – strana 11; BERANOVSKÝ, PH.D, MBA, Ing. Jiří a Jan POKORNÝ. *Je úsporný dům opravdu úsporný?: Z čeho postavit úsporný dům?* [online]. In: . Praha: EkoWATT, Centrum pro obnovitelné zdroje a úspory energie, 2014 [cit. 2020-03-08].

[61] – *Tepelné izolace* [online]. In: . [cit. 2020-03-08]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/92/04.html>

Seznam použitých zkratk a symbolů:

[1] – % procento

- [13] – ERÚ Energetický regulační úřad, který je ústředním orgánem státní správy pro výkon regulace v energetice
- [18] – kW kilowatt
- [24] – GJ gigajoule
- [25] – MWh megawatthodina
- [39] – W/K watt na kelvin
- [44] – m^2 metr čtverečný
- [62] – m^3 metr krychlový
- [51] – W/m^2K watt na metr čtverečný kelvin
- [52] – K kelvin
- [55] – kWh/m^2 kilowatthodina na metr čtverečný
- [58] – m metr
- [59] – W/mK watt na metrkelvin
- [63] – Kč koruny
- [64] – $Kč/m^2$ korun metr čtverečný
- [65] – MWh/rok
- [75] – mm milimetr

Příloha

Tabulka propočtených navrhovaných úprav KASTEN s.r.o.

Revitalizace PD Kunínova 1722/7 Praha 4			
Stavební práce			
Předběžný propočet nákladů: varianta zateplení z minerální vaty, revitalizace střechy a podlah lodžii			
Cena obsahuje zateplení, dle CZB			
Konstrukce	Množství	Cena za jednotku	CENA
Očištění stávajících ploch tlakovou vodou	4200,0	56 Kč	235 200 Kč
Statické sanace tl. do 30 mm a opravy stávajících ploch (odhad 5% plochy - bude upřesněno dle prohlídky z lešení) [m2]	210,0	1 950 Kč	409 500 Kč
Demontáž a likvidace stávajícího zateplení [m2]	450,0	195 Kč	87 750 Kč
Zateplení soklu (uvaž. výška soklu 1 m), XPS tl. 100 mm, hmoždinky, střednězrná mozaiková omítka [m2]	140,0	1 850 Kč	259 000 Kč
Zateplení plochy z minerální vaty, tloušťka 140 mm; včetně hmoždinek 10ks/m2, výtlačné vrstvy a silikonové omítky tl. 1,5 mm, nad soklem [m2]	4060,0	2 350 Kč	9 541 000 Kč
Zateplení lodžii z minerální vaty, tloušťka 80 mm; včetně hmoždinek 6ks/m2, výtlačné vrstvy a silikonové omítky tl. 1,5 mm [m2]	337,0	2 150 Kč	724 464 Kč
Lešení vč. ochran. síti - pronájem (3 měsíce), doprava, montáž a demontáž, [m2]	4200,0	219 Kč	919 800 Kč
Úprava pod parapety termomaltou [m]	800,0	215 Kč	172 000 Kč
Parapetní plech - demontáž, D+M Al parapetu tl. 0,8mm r.š. 380mm [m]	800,0	415 Kč	332 000 Kč
Hromosvod - demontáž, D+M nového vč. revize, předpoklad 4 svody [m]	120,0	275 Kč	33 000 Kč
Vybourání stávajících podlah balkonů, včetně likvidace [m2]	375,8	550 Kč	206 712 Kč
Podlahy balkonů, včetně bet. maz., hydroizolace a lepenou dlažbou Nordic [m2]	375,8	3 100 Kč	1 165 104 Kč
Demontáž současného zábradlí, včetně likvidace [ks]	54,0	1 500 Kč	81 000 Kč
Zábradlí balkonů hliníkové svépni z mléčného skla connex 4.2.1., tvar I, délka 5,8 m, výška 1,1 m [ks]	54,0	25 000 Kč	1 350 000 Kč
Zasklení balkonů, posuvně otočné, tvar I, délka 5,8, výška 1,5 m [ks]	54,0	27 000 Kč	1 458 000 Kč
Zateplení i podhledu v suterénu pomocí lamel z minerální vaty, tloušťka 160 mm; včetně hmoždinek 6ks/m2, výtlačné vrstvy a omítky [m2]	675,0	650 Kč	438 750 Kč
Zateplení ploché střechy, tepelná izolace EPS 100S tl. 180mm, hydroizolační systém z asfaltových pásů, včetně opracování atik [m2]	675,0	2 200 Kč	1 485 000 Kč
Odstranění stávajícího souvrství středního pláště (vrchní fólie, tepelná izolace EPS tl. 70 mm) [m2] - výměra bude upřesněna, dle provedení sond a výtlačných zkoušek	675,0	650 Kč	438 750 Kč
Úprava stávajících VZT jednotek a nástaveb na střechě - není součástí ceny, bude doplněno na základě požadavku na konkrétní způsob provedení			
Zábor veřejného prostoru po dobu výstavby - není součástí ceny, v případě zájmu bude doplněno			
VRN vč. zařízení staveniště, mimostaveništní doprava [%]	3,3	193 370 Kč	638 122 Kč
Cena bez DPH			19 975 152 Kč
DPH		15%	2 996 273 Kč
Cena celkem s DPH			22 971 425 Kč

