

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

KATEDRA TECHNOLOGIÍ A MĚŘENÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Návrh optimálního způsobu vytápění
z pohledu PENB**

vedoucí práce: Prof. Ing. Jiří Kožený CSc.

2012

autor: Bc. Josef Rajtmajer

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Josef RAJTMAJER**
Osobní číslo: **E10N0049P**
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Komerční elektrotechnika**
Název tématu: **Návrh optimálního způsobu vytápění z pohledu PENB**
Zadávající katedra: **Katedra technologií a měření**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :


1. Objasněte obsah "energetické náročnosti budov".
2. Uveďte metody k určení energetické náročnosti a možnosti k jejímu snížení.
3. Stanovte energetickou náročnost zvoleného objektu pro stávající stav a stav po zateplení.
4. Navrhněte nejvýhodnější způsob vytápění s ohledem na hodnocení kritériem 3E.
5. Uveďte závěry pro praxi.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího
Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40 stran
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:


Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.

Vedoucí diplomové práce: **Prof. Ing. Jiří Kožený, CSc.**
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání diplomové práce: **17. října 2011**
Termín odevzdání diplomové práce: **11. května 2012**


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Vlastimil Škočil, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 17. října 2011

Anotace

Předkládaná diplomová práce se věnuje tématu vytápění obytných budov s ohledem na jejich energetickou náročnost. V úvodu objasním pojem energetická náročnost, symbolizovanou průkazem energetické náročnosti budov (PENB). Podle metodiky, popsané v další kapitole, stanovíme pomocí Národního kalkulačního nástroje energetickou náročnost konkrétního rodinného domu, kterou porovnáme s výsledky jiného výpočtového programu a skutečně naměřené spotřeby energie. Též se zamyslíme nad opatřeními ke snížení energetické náročnosti tohoto domu, zejména s ohledem na vytápění. V poslední části navrheme ideální způsob jeho vytápění. Všechny uvažované varianty zhodnotíme kritériem 3E, které nám poskytne objektivní pohled na vhodnost jednotlivých řešení. Rozhodnutí je však vždy subjektivní pohled investora, který nastíním v kapitole závěry pro praxi.

Klíčová slova

Energetická náročnost budov, průkaz energetické náročnosti budov, tepelné ztráty, energie, ekonomie, ekologie, úspora, izolace, vytápění.

Annotation

This diploma thesis focuses on the topic of heating homes in relation to energy performance of buildings. In my introduction, I will clarify the term “energy consumption”, as used in the “*Energy Performance Certificates (EPCs)*“. According to the method described in the next chapter, one can determine the exact energy consumption of any given home by using the National Calculation Tool. I then contrast these results with the results of a different calculation program and the actual measurement of energy consumption in this building. I will examine the means by which energy consumption may be reduced, particularly in the area of heating. In my final section, I propose an ideal means of heating this particular house following the installation of insulation. All of the weighed options are assessed by means of the 3E criteria, which provide an objective view regarding the suitability of each individual solution. However, the final decision is based on the investor’s subjective point of view, which I outline in the final chapter regarding practical application.

Key words

Home energy consumption, “*Energy Performance Certificates (EPCs)*“, heat loss, energy, economy, ecology, conservation, insulation, heating.

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této diplomové práce, je legální.

V Plzni dne 1. 5. 2012

Josef Rajtmajer

Poděkování

Děkuji všem svým akademickým a odborným poradcům, zejména vedoucímu práce Prof. Ing. Jiřímu Koženému CSc. Dále děkuji všem, kdo přispěli k širšímu pohledu poskytnutím velkého množství materiálů, podkladů a praktických rad, především svému otci. Rodičům a prarodičům též děkuji za celoživotní rozličnou a významnou podporu a předávání životních zkušeností a moudr.

Obsah

Obsah	7
Seznam symbolů	9
Seznam zkratek	9
1. Úvod	10
2. Energetická náročnost budov.....	11
2.1. Průkaz energetické náročnosti budov	12
2.2. Energetický štítek obálky budovy	15
2.3. Energetický audit	16
2.3.1. Náležitosti energetického auditu.....	16
2.3.1.1. Popis a zhodnocení výchozího stavu.....	16
2.3.1.2. Energetická bilance	16
2.3.1.3. Návrh opatření ke snížení spotřeby energie.....	17
2.3.1.4. Ekonomické zhodnocení.....	17
2.3.1.5. Souhrnné stanovisko a doporučení auditora	18
2.3.2. Výstupy energetického auditu	18
2.3.3. Povinnost vypracování energetického auditu.....	18
3. Možnosti snížení ENB.....	20
3.1. Hlavní faktory ovlivňující ENB	20
3.2. Projektová fáze	21
3.2.1. Vliv terénu	21
3.2.2. Tvarové řešení objektu.....	22
3.2.3. Funkce prosklených ploch.....	22
3.3. Tepelně-technické vlastnosti obálky budovy	22
3.4. Provoz budovy.....	23
3.4.1. Tepelné zisky	24
3.4.2. Regulace	24
3.4.3. Chování uživatelů	25
4. Stanovení ENB.....	26
4.1. Normy a předpisy	26
4.1.1. ČSN EN ISO 13790	26
4.1.2. ČSN EN 12831	27
4.1.3. ČSN 73 0540	27

4.2. Výpočetní metodika stanovení ENB	28
4.2.1. Tepelně-technické vlastnosti stavebních konstrukcí a vnějších výplní otvorů	30
4.2.2. Zónování budovy a stanovení systémové hranice	31
4.2.3. Zjednodušený postup výpočtu ENB	33
4.3. Stanovení energetické náročnosti vytápění rodinného domu.....	36
4.3.1. Obecný popis objektu.....	36
4.3.2. Identifikační údaje budovy.....	36
4.3.3. Technické údaje o plochách	37
4.3.4. Posouzení tepelně technických vlastností objektu.....	37
4.3.5. Výpočet energetické náročnosti vytápění	39
4.3.5.1. Okrajové podmínky dle TNI 73 0329	40
4.3.5.2. Okrajové podmínky dle NKN	40
4.3.5.3. Skutečná naměřená spotřeba energie na vytápění.....	41
5. Návrh optimálního vytápění rodinného domu	44
5.1. Porovnání otopných systémů	45
5.1.1. Plynový kotel.....	45
5.1.2. Tepelné čerpadlo	46
5.1.3. Sálavé panely	47
5.1.4. Elektrické podlahové vytápění	48
5.1.5. Centrální zásobování teplem (CZT).....	49
5.2. Porovnání nákladů a návratnosti investice.....	50
5.3. Hodnocení kritériem 3E	52
5.4. Závěry pro praxi	55
6. Závěr	57
Zdroje informací	59
Seznamy	62
Přílohy.....	64

Seznam symbolů

R	[m ² K / W]	tepelný odpor
R _T	[m ² K / W]	tepelný odpor při prostupu tepla
U	[W / (m ² K)]	součinitel prostupu tepla
Q	[J]	energie
H	[W / K]	měrný tepelný tok
A	[m ²]	plocha
λ	[W / m K]	tepelná vodivost

Seznam zkratk

ENB	energetická náročnost budov
EN	energetická náročnost
EPBD	The Energy Performance of Buildings Directive
PENB	průkaz energetické náročnosti budov
TUV	teplá užitková voda
NERD	nízko-energetický rodinný dům
NKN	národní kalkulační nástroj
EA	energetický audit
MPO	ministerstvo průmyslu a obchodu
CZT	centrální zásobování teplem
TČ	tepelné čerpadlo

1. Úvod

Energie a její spotřeba je fenomén, který významně ovlivňuje životy všech lidí na Zemi. Doby, kdy jsme bezprostředně využívali tzv. přírodní energii, jako například oheň, nebo si stavěli obydlí v symbióze s místními podmínkami, s průmyslovou a technickou revolucí pominuly a též naše spotřeba energie raketově narostla. Společně s tím se mění zvyky a životní standard a nastává též velký demografický rozvoj, čímž spotřeba energie opět roste. Zvykli jsme si ve velké míře využívat různé formy energie, do kterých jsme nuceni její přírodní formy převádět. Dnes nejvíce využívané primární zdroje však nejsou nevyčerpatelné. Omezená účinnost přeměny přináší dodatečné ztráty v podobě například nízko-potenciální energie, kterou často nejsme schopni dále využít. Naše snahy se tak soustředí právě na zvýšení účinnosti přeměny energie a na využití těchto ztrát, stejně jako hledání možností využití nových primárních zdrojů.

Velkou část celkové spotřeby energie tvoří spotřeba domácností a z této oblasti velmi významná část připadá na vytápění. Tím vzniká velký prostor pro snižování spotřeby energie domácností, zejména tedy v oblasti vytápění. Naší snahou je tento prostor, poslední dobou často i s podporou legislativních změn, zaplnit. Snižováním energetické náročnosti budovy omezíme též emise CO₂, a tím zpomalíme zhoršování stavu našeho životního prostředí.

Snížení energetické náročnosti budov docílíme jen systematickou a koncepční prací v rovinách jak technologického vývoje, tak i legislativních pobídek. Nejúčinnější je řešení této problematiky již během návrhu nové budovy. Značný potenciál pro zlepšení však dřímá i ve stávajících objektech, při jejichž stavbě se oblast energetické náročnosti tolik neuvažovala. V této práci si objasníme, co téma energetické náročnosti budov obnáší a jak se týká oblasti vytápění.

2. Energetická náročnost budov

Zákon 406 / 2000 Sb. §2 rozumí *energetickou náročností budovy u existujících staveb množství energie skutečně spotřebované, u projektů nových staveb nebo projektů změn staveb, na něž je vydáno stavební povolení, vypočtené množství energie pro splnění požadavků na standardizované užívání budovy, zejména na vytápění, přípravu teplé vody, chlazení, úpravu vzduchu větráním a úpravu parametrů vnitřního prostředí klimatizačním systémem a osvětlení.*

Energetická náročnost budov (dále jen ENB) je **množství spotřebované energie** na provoz budovy. Do ENB se započítává veškerá energie, vstupující do budovy, potřebná k jejímu účelnému provozu. To je energie na vytápění – krytí tepelných ztrát prostupem obálkou budovy a větráním, chlazení - snížení tepelných zisků, přípravu teplé užitkové vody, větrání, osvětlení a energie potřebná k provozu ostatních, nejčastěji elektrických spotřebičů, potřebných ke správnému fungování budovy.

ENB lze vnímat ve dvou rovinách. **Investiční energetická náročnost** je obtížně stanovitelná a zahrnuje energii spotřebovanou k výrobě materiálů, ke stavbě domu a jeho likvidaci. Oproti tomu **provozní energetická náročnost** (viz výše) se stává hlavním ukazatelem hospodárnosti provozu budovy. Pod pojmem Energetická náročnost budovy vidíme právě spotřebu energie na její provoz.

Energetické vlastnosti provozu budovy lze nejlépe ovlivnit již v projektové fázi, kdy lze upravovat faktory, které u stávající budovy měnit nelze, jako je její umístění v terénu, tvar, způsob rozmístění prosklených ploch apod. Dalšími důležitými faktory, které lze již upravovat i u stávajících budov jsou do jisté míry vlastnosti obalových konstrukcí a vnitřní systémy vytápění (nebo dodatečné krytí potřeby tepla u NERD), přípravu teplé užitkové vody (dále TUV), úpravy vzduchu větráním a klimatizací nebo míra využití tepelných zisků.

U budov v projektové fázi se velikost spotřeby stanoví výpočtem, podle standardizovaného užívání budovy. Správné stanovení ENB je však natolik obsáhlé a obtížné, zejména díky velkému až nepřehlednému množství souvisejících zákonů, nařízeních vlády, vyhlášek a norem, že bez vhodných softwarových nástrojů se tento úkol stává jen velmi těžko řešitelným.

V roce 2006 vznikl na podporu dosahování úspor ve spotřebě energie na vytápění Národní kalkulační nástroj (dále NKN). K posouzení ENB není povinný, pouze doplňuje nebo zjednodušuje jiné softwarové nástroje jako například programy firmy PROTECH nebo

Energie, které se též neustále vyvíjejí. Nejedná se přitom pouze o reakci na neustále se měnící zákony a normy, nýbrž se řešitelé snaží vhodně obsáhnout celou širší této problematiku. NKN vznikl na Katedře technických zařízení budov Fakulty stavební na ČVUT v Praze v reakci na rozsáhlost a složitost celého postupu stanovení ENB. NKN slouží kromě hodnocení ENB též pro zpracování Průkazu energetické náročnosti budov ve formě protokolu a jeho grafického znázornění podle požadavků vyhlášky 148/2007 Sb., o energetické náročnosti budov. Výpočetní nástroj je vytvořen v programu Microsoft Excel s využitím programovatelných funkcí pro ošetření některých okrajových vlastností výpočtu.

Jak uvidíme dále, oblast ENB je velmi dynamická. Zejména v posledních letech dochází k různým změnám a úpravám úhlů pohledu na danou problematiku, neustálému rozšiřování a přehodnocování cílů a zdokonalování metodik výpočtů, čímž se orientace v této oblasti stává stále složitější. Tomu napomáhá i množství nutně vznikajících a stále se měnících zákonů, novel zákonů, vyhlášek, nařízení vlády a norem. Velký vliv na vývoj v této oblasti má též Evropská unie, která 16.12.2002 vydala **směrnici 2002/91/EC o Energetické náročnosti budov (EPBD)**, kterou 19.5.2010 novelizovala **2010/31/EU**.

Základním souvisejícím zákonem v ČR je **zákon 406/2000 Sb.**, O hospodaření energií, platný od 25. 10. 2000. S platností od 1. 1. 2009 byl novelizován **zákonem 177/2006 Sb.** Prováděcím předpisem je **vyhláška 148/2007 Sb.**, O energetické náročnosti budov, která stanovuje požadavky na ENB, porovnávací ukazatele, výpočtovou metodu a dále požadavky na průkaz energetické náročnosti budov (dále PENB), viz kapitola 2.1. Kromě zákonů a vyhlášek se k problematice ENB vztahuje množství předpisů a norem. [1]

2.1. Průkaz energetické náročnosti budov

Průkaz energetické náročnosti budov (dále jen PENB) slouží k přehlednému a jasnému vyhodnocení a vizualizaci energetické náročnosti budov. Jedná se v podstatě o obdobu energetických štítků elektrických spotřebičů. Rozděluje budovy podle jejich celkové spotřeby energie do sedmi kategorií označených písmeny od A do G. Cílem zavedení PENB je ovlivnění trhu s nemovitostmi, které má vést ke snižování spotřeb energie budov, neboť jednoznačným stanovením a srovnáním energetické náročnosti budov lze lépe porovnat efektivitu vynaložených investičních prostředků. O provozních nákladech však PENB vypovídá pouze nepřímo, nezohledňuje totiž druhy spotřebovávané energie, které se liší cenou. Dva domy se stejným energetickým hodnocením, ale například jiným zdrojem tepla, budou mít rozdílné provozní náklady. [2]

Průkaz energetické náročnosti budov zavádí evropská směrnice 2002/91/EC, kterou do české legislativy zapracovává zákon 177/2006 Sb. s platností od 1. 1. 2009, kterým se mění zákon 406/2000 Sb., O hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů. Směrnice 2002/91/EC si klade za cíl snížit spotřebu energie budov a tím i emise CO₂. Podíl spotřeby energie domácností vzhledem k celkové spotřebě energie udává v Evropské unii směrnice 2010/31/EU. Jeho výši stanoví na 40%, což je podstatná část celkové spotřeby energie, jejíž snížení by přineslo též významné omezení emisí CO₂.

Způsob vypracování PENB definuje vyhláška 148/2007 Sb. Povinnost zpracovat PENB nastává podle novely zákona 177/2006, §6a, odstavec (2) při:

- *výstavbě nových budov*
- *větších změnách dokončených budov s podlahovou plochou nad 1000 m². Za větší změny jsou považovány rekonstrukce, mající vliv na energetickou náročnost budovy, jako je například zateplení, výměna oken či rekonstrukce zdroje tepla*
- *prodeji nebo nájmu těchto budov nebo jejich částí*

Od povinnosti zpracovat PENB jsou osvobozeny pouze stavby s podlahovou plochou do 50m², občasné využívané stavby a nevytápěné zemědělské a průmyslové objekty.

Od roku 2015 se počítá se zavedením povinnosti zpracovat PENB pro všechny tyto budovy s podlahovou plochou již od 250 m².

Spotřeba energie stanovená PENB se může od skutečné spotřeby lišit, protože se počítá se standardizovaným užíváním budovy a smluvními vnějšími podmínkami. PENB má za úkol pouze ohodnotit z energetického pohledu kvalitu budovy, ne udělat rozsáhlý energetický audit a odrážet konkrétní podmínky. Část několikastránkového dokumentu PENB též navrhuje zlepšení současného stavu. Podrobnosti stanoví zákon 177/2006 sb. §6a odstavec (4). U nových budov s podlahovou plochou nad 1000m² se podle tohoto zákona uvažují možnosti využití centrálního zásobování teplem, tepelných čerpadel, kogenerace a obnovitelných zdrojů energie. PENB nesmí být starší deseti let. U nových nebo rekonstruovaných budov využívaných pro poskytování služeb veřejnosti s podlahovou plochou nad 1000 m² platí povinnost vyvěsit PENB na veřejně přístupném místě. [3]

Zpracovat PENB je oprávněn pouze odborník uvedený v seznamu Ministerstva průmyslu a obchodu dostupný na stránkách ministerstva www.mpo-efekt.cz [4] Ceny PENB se pohybují od 4 000 Kč pro jednopodlažní rodinné domy například do 40 000 Kč pro nemocnice. [5]

PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY				
Typ budovy, místní označení		Hodnocení budovy		
Adresa budovy		stávající stav	po realizaci doporučení	
Celková podlahová plocha:				
Měrná vypočtená roční spotřeba energie v kWh/m ² rok		XY	XY	
Celková vypočtená roční dodaná energie v GJ		XY	XY	
Podíl dodané energie připadající na:				
Vytápění	Chlazení	Větrání	Teplá voda	Osvětlení
%	%	%	%	%
Doba platnosti průkazu		DD.MM.RRRR		
Průkaz vypracoval		Jméno a příjmení Osvědčení č. XY		

Obrázek 1: Průkaz energetické náročnosti budov dle vyhlášky 148/2007 Sb.

Třída	Slovní vyjádření ENB	Měrná spotřeba energie rodinného domu [kWh / (m ² rok)]	Měrná spotřeba energie bytového domu [kWh / (m ² rok)]
A	Mimořádně úsporná	< 51	< 43
B	Úsporná	51 – 97	43 – 82
C	Vyhovující	98 – 142	83 – 120
D	Nevyhovující	143 - 191	121 – 162
E	Nehospodárná	192 – 240	163 – 205
F	Velmi nehospodárná	241 – 286	206 – 245
G	Mimořádně nehospodárná	> 286	> 245

Tabulka 1: Třídy ENB pro měrnou spotřebu energie dle vyhlášky 148/2007 Sb.

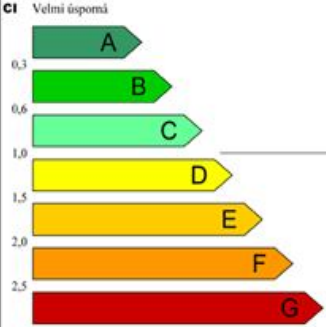
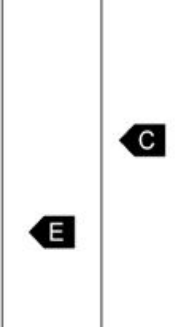
2.2. Energetický štítek obálky budovy

Energetický štítek obálky budovy (dále jen EŠOB) slouží na rozdíl od Průkazu energetické náročnosti budovy pouze k určení kvality obalového pláště budovy, jeho stavebně-energetických vlastností. Energetický štítek obálky budovy se zpracovává podle technické normy 70 0540-2, platné od 1. 5. 2007 a hodnotí průměrnou hodnotu součinitele prostupu tepla U_{em} obálkou budovy, protože na každý typ konstrukce (okna, stěna, atp.) jsou kladeny jiné požadavky. Na rozdíl od PENB tedy posuzuje jen to, jak dobře je dům izolován. EŠOB bývá požadován jako součást stavební dokumentace.

Průměrná hodnota, stanovená ze součinitelů prostupu tepla výplní, stěn, podlah a střechy je znázorněna ve štítku podobném PENB v jedné ze sedmi kategorií od A do G. Za vyhovující stav se považují kategorie A až C, kde třída A odpovídá pasivním a třída B nízkoenergetickým domům. Každá nově projektovaná nebo rekonstruovaná budova musí splnit požadavek nejméně kategorie C, která se dále dělí na dvě podtřídy C1 pro doporučenou úroveň a C2 pro požadovanou úroveň. Třídy D a E odpovídají průměrnému stavu budov v ČR do roku 2006. [2, 6]

Energetický štítek obálky budovy
030774 - Československý úřad - Praha 7
Zákázka:

TV v.2.2.4 © 2009 PROTECH, s.r.o. Nový Bor
Datum tisku: 20.8.2010

ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY		Hodnocení obálky budovy					
Typ budovy, místní označení: polyfunkční budova		stávající					
Adresa budovy:		doporučení					
Celková podlahová plocha $A_e = 458,2 \text{ m}^2$							
CI Velmi úsporná 							
Mimořádně nevhodná							
Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy U_{em} ve $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$		1,25	-----				
Klasifikační ukazatel CI		1,92	0,90				
Klasifikační třída prostupu tepla obálkou budovy		E	C				
Hodnoty U_{em} na hranicích klasifikačních tříd KT pro $A/V = 0,38 \text{ m}^2/\text{m}^3$							
Hranice KT	A-B	B-C	C1-C2	C-D	D-E	E-F	F-G
U_{em}	0,21	0,42	0,52	0,70	1,00	1,30	1,95
Platnost štítku do	Datum: 20.08.2020						
Štítek vypracoval	Jméno a příjmení:						
	Osvědčení číslo:						
	Datum vypracování: 20.08.2010						

Hraniční klasifikační ukazatel CI se vypočte jako podíl průměrného součinitele prostupu tepla U_{em} a požadovaného průměrného součinitele prostupu tepla $U_{em,N,rg}$ daného normou 73 0540-2.

$$CI = \frac{U_{em}}{U_{em,N,rg}}$$

Průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} obálkou budovy se stanoví podle vztahu:

$$U_{em} = \frac{H_T}{A} \left[\frac{W}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \right]$$

kde:

H_T - měrná ztráta prostupem tepla všech konstrukcí obálky budovy

A - plocha obálky budovy [7]

Obrázek 2: Energetický štítek obálky budovy [6]

2.3. Energetický audit

Energetický audit (dále jen EA) je **nástroj k hledání úspor energie** a jejich ekonomické efektivity. Je to soubor činností od stanovení energetické náročnosti budovy po návrhy opatření, jak spotřebu energie snížit a jejich vyhodnocení. Navržené varianty se hodnotí z hlediska spotřeby energie, vlivu na životní prostředí a ekonomické efektivity. Na základě těchto měřítek je některá z možností doporučena k realizaci. Důvodem EA je snaha o úsporu energie, tím omezení emisí CO₂ a snížení škodlivého vlivu na životní prostředí.

Energetický audit provádí energetický auditor a je zakotven již zákoně **406/2000 Sb., O hospodaření energií**, konkrétně v §9 a §10. Prováděcím předpisem ke zpracování energetického auditu je s účinností od 29. 6. 2001 vyhláška **213/2001 Sb., O náležitostech energetického auditu**, která byla změněna vyhláškou 425/2004 Sb. [1]

2.3.1. Náležitosti energetického auditu

Každý energetický audit se musí věnovat určitým oblastem, pomocí kterých může správně vyhodnotit současný stav a doporučit zlepšení. Těmito oblastmi jsou:

2.3.1.1. Popis a zhodnocení výchozího stavu

Kromě základních identifikačních údajů budovy, jako je její umístění, velikost, tvar, stáří, atp. je třeba také pojmenovat způsob užívání a zásobení energií. Dále je třeba popsat stavebně-fyzikální stav objektu, což se týká charakteristiky skladby a stavu obalových konstrukcí, střechy a podlahy a výplní otvorů. Další oblastí je technický stav objektu, ve které se věnujeme systémům zásobení energií, způsobům s jejím nakládáním a jejím parametrům. Uvažujeme technický stav otopné soustavy a její parametry, zásobení TUV, způsob osvětlení, případně provoz dalších motorů nebo čerpadel.

2.3.1.2. Energetická bilance

Energetický audit jasně stanoví druhy, množství a účel spotřeby energie včetně ztrát ve zdroji vlivem účinnosti a v rozvodech. Vycházíme přitom z naměřených hodnot a z výpisů z faktur za dodávky energie pro různé účely. Tyto hodnoty porovnáme s referenčními vypočtenými hodnotami za poslední tři roky provozu budovy a výsledek zhodnotíme a porovnáme s normovanými podmínkami a hodnotami, uvedených ve vyhlášce MPO 291/2001 Sb., kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při spotřebě tepla v budovách.

2.3.1.3. Návrh opatření ke snížení spotřeby energie

Návrhy energeticky úsporných opatření představují podstatnou část energetického auditu. Musíme zvážit možnosti **snížení energetických ztrát** budovy výměnou oken nebo dodatečným zateplením obálky budovy. To je většinou možno realizovat v různém rozsahu (střecha, stěny, atp.) a různým způsobem. Energetický audit by měl zvážit vhodně zvolené varianty a jejich kombinace tak, aby mohl auditor posléze doporučit optimální možnost snížení energetické náročnosti budovy. Dalšími oblastmi, které je třeba zvážit, jsou **možnosti technologických úsporných opatření**, které zahrnují možnost rekonstrukce otopné soustavy, způsobu přípravy TUV, tepelnou izolaci rozvodů nebo druhu a způsobu osvětlení. Energetický audit v této fázi též uvažuje možnosti využití obnovitelných zdrojů energie. Nesmíme zapomenout na **organizační opatření**, neboli energetické manažerství, které stanoví, jak se mají uživatelé budovy chovat, aby dodržovali zásady úsporného nakládání s energií. Patří sem například důsledné využívání termostatických ventilů, regulace osvětlení v závislosti na intenzitě denního světla a pohybu osob, pravidelné vyhodnocování velikosti a místa spotřeby energie, ale také dodržování pravidelných intervalů údržby a revizí systémů.

Na základě uvážení, porovnání a zhodnocení všech těchto oblastí a konkrétních podmínek a reálných možností budovy, vybere auditor **optimální variantu**, kterou doporučí k realizaci. Výsledek je třeba obhájit stanovením rozdílu spotřeby energie realizací těchto konkrétních opatření.

2.3.1.4. Ekonomické zhodnocení

Všechny uvažované varianty zhodnotíme z hlediska ekonomické efektivity vynaložených investičních prostředků a dosaženého efektu úspor. Vycházíme při tom z hodnoty objektu před a po realizaci úsporných opatření a určíme vnitřní výnosové procento, což je poměr přírůstku hodnoty budovy ku vynaloženým prostředkům, a dobu návratnosti investic. Je zřejmé, že optimální varianta je ta, která přinese nejvyšší vnitřní výnosové procento a nejkratší dobu návratnosti.

Obecně můžeme opatření rozdělit na nákladová a beznákladová. **Nákladová opatření** jsou všechny investiční akce, vedoucí ke snížení spotřeby energie, jako různé rekonstrukce a výměny, ale i opravy nebo údržba. Ekonomickou efektivitu a dobu návratnosti výsledného stavu tedy určuje množství vynaložených prostředků. Oproti tomu **beznákladová opatření** jsou vždy ekonomicky efektivní. Představují je především organizační opatření, jako je úsporné chování uživatelů objektu, zlepšení obchodních smluv atp.

2.3.1.5. Souhrnné stanovisko a doporučení auditora

Na závěr EA shrnuje a hodnotí auditor komplexně optimální variantu nejen z hlediska energetické a ekonomické efektivity, ale i z pohledu vlivu realizace doporučené varianty na životní prostředí. Vyhodnocení vlivu na životní prostředí se řídí vyhláškou MŽP 356/2002 Sb., kterou se mj. stanoví seznam znečišťujících látek a obecné emisní limity, doplněnou nařízením vlády 352/2002 Sb., kterým se stanoví emisní limity a další podmínky provozování spalovacích stacionárních zdrojů znečišťování ovzduší. [9]

2.3.2. Výstupy energetického auditu

Energetický audit vypracovaný v rozsahu stanoveném prováděcí předpisem je zakončen písemnou zprávou, která musí podle zákona 406/2000, §9 odstavec (1) obsahovat:

- a) *hodnocení současné úrovně posuzovaného energetického hospodářství a budov,*
- b) *celkovou výši dosažitelných energetických úspor včetně použitých vstupních a výstupních údajů a metod výpočtu,*
- c) *návrh vybrané varianty doporučené k realizaci energetických úspor včetně ekonomického zdůvodnění*

2.3.3. Povinnost vypracování energetického auditu

Povinnost vypracovat energetický audit nastává podle zákona 406/2000 Sb. §9, odstavec (3), podrobnosti stanoví prováděcí předpis, kterým je vyhláška 213/2001 Sb. v §10, pro:

- a) *každou fyzickou nebo právnickou osobu, která žádá o státní dotaci v rámci Programu, pokud instalovaný výkon energetického zdroje přesahuje 200 kW,*
- b) *organizační složky státu, organizační složky krajů a obcí, hlavního města Prahy a příspěvkové organizace s celkovou roční spotřebou energie vyšší, než je prováděcím právním předpisem stanovená hodnota, která je vyhláškou 213/2001 Sb. stanovena na 1500 GJ celkové roční spotřeby energie,*
- c) *fyzické nebo právnické osoby, s výjimkou příspěvkových organizací, s celkovou roční spotřebou energie vyšší, než je prováděcím právním předpisem stanovená hodnota, která je vyhláškou 213/2001 Sb. stanovena na 35 000 GJ celkové roční spotřeby energie.*

Vyhláška 213/2001 Sb., kterou se vydávají podrobnosti náležitostí energetického auditu v §10, dále stanoví:

Odstavec (3): U budov, které splňují hodnoty písmen b), tj. od spotřeby energie 1500 GJ/rok a c), tj. 35 000 GJ/rok, *povinnost zajistit vypracování energetického auditu, se u budov a areálů samostatně zásobovaných energií stanoví ve výši 700 GJ celkové roční spotřeby energie.*

Odstavec (4): *Celkovou roční spotřebou energie se rozumí součet všech forem energie ve všech odběrných místech evidovaných pod jedním identifikačním číslem. Tuhá či kapalná paliva se přepočítávají údajem výhřevnosti, udávaným dodavatelem.*

3. Možnosti snížení ENB

V této kapitole se zamyslíme nad možnostmi, které vedou ke snížení spotřeby energie provozem budovy. Budeme uvažovat zejména spotřebu energie na vytápění, neboť právě ta stále zaujímá největší část celkové spotřeby energie budovy. Dalšími důležitými oblastmi spotřeby energie domácností je příprava teplé užitkové vody, provoz umělého osvětlení a ostatních nejen elektrických spotřebičů.

Efektivní jsou taková opatření, kterými dosáhneme **co největšího snížení provozních nákladů za současné potřeby co nejnižších investičních nákladů a minimálního negativního vlivu realizace opatření na životní prostředí**. Sem patří jak škodlivé vlivy vznikající při výrobě materiálů, jejich užívání i likvidaci, tak i škodlivé látky a vlivy vznikající aplikací opatření.

3.1. Hlavní faktory ovlivňující ENB

- volba pozemku a umístění budovy
- orientace budovy ke světovým stranám s ohledem na dopad přímého slunečního záření během roku, současné i v budoucnu předpokládané zastínění budovy okolní zástavbou, terénem a zelení
- převládající směr a intenzita větru
- velikost budovy: přiměřenost danému účelu
- tvarové řešení (celková kompaktnost tvaru i členitost vnějších povrchů)
- vnitřní uspořádání s ohledem na soulad vytápěcích režimů a orientaci prostorů ke světovým stranám
- tepelně-technické vlastnosti obalových konstrukcí
- velikost prosklených ploch na jednotlivých fasádách
- řešení potřebné výměny vzduchu
- vnitřní tepelné zisky podle charakteru provozu v budově
- otopná soustava: volba primárního zdroje energie, účinnost přeměny energie a způsob šíření tepla do okolí, vhodně dimenzovaný výkon soustavy, přesná regulace
- způsob, jakým je zajištěna pohoda prostředí v teplé části roku
- efektivnost ohřevu užitkové vody a energetická účinnost elektrických spotřebičů
- skutečně dosažené energetické vlastnosti budovy po realizaci opatření
- skutečný způsob užívání budovy. [9]

Reakcí na tyto základní oblasti spotřeby energie v domě můžeme zásadním způsobem ovlivnit jeho energetickou náročnost. Jak si ukážeme v kapitolách 3.2, 3.3 a 3.4, úvahy lze rozdělit do tří kategorií.

3.2. Projektová fáze

Nad energetickou náročností provozu budovy je potřeba se zamýšlet již ve fázi **projektu**. Jedině tak můžeme účelně využít všechny možnosti, vedoucí k hospodárnému provozu budovy. Existují jisté obecné metody a parametry, vedoucí k úspornému provozu budovy a hospodárnému využití energetických zdrojů a jejich přeměně. Vzhledem k obsáhlosti a variabilitě této oblasti je však každý návrh jiný a je tedy potřeba každý jednotlivý projekt posuzovat individuálně, vzhledem ke konkrétním podmínkám daných prostředím a požadavky investora.

3.2.1. Vliv terénu

Nezanedbatelný vliv na ENB má pozemek, na kterém se objekt nachází. V různých lokalitách panují rozdílné **klimatické podmínky**. Průměrná roční venkovní teplota vzduchu nebo rychlost větru představují důležité parametry, které jsou ovlivňovány faktory, jako je například nadmořská výška, členitost terénu nebo hustota okolní zástavby. Udává se, že při zvýšení nadmořské výšky o 100 metrů, klesá průměrná roční venkovní teplota vzduchu o 0,5 – 0,8 °C. Venkovní teplota i rychlost větru bude ve stejné nadmořské výšce různá podle toho, jestli se objekt nachází na kopci, nebo v údolí, jestli stojí osaměle, nebo v husté městské zástavbě, jestli jsou v blízkosti větrolamy, které může představovat les, kopcovitý terén nebo okolní zástavba či stojí na rovině nebo poblíž vodních ploch, které sice mohou fungovat jako akumulační zásobník ke zmírnění výkyvů teplot, nikoliv však jako větrolamy. Dalším faktorem z balíčku klimatických podmínek může být častý výskyt mlhy, která ovlivňuje prostup slunečního záření a zabraňuje tak využití pasivních tepelných zisků prohříváním konstrukcí nebo prostupem prosklenými plochami. Též může snižovat celkovou účinnost solárních i fotovoltaických panelů. [7]

Na všechny tyto vlivy musí projekt reagovat aplikací vhodných opatření, například orientací budovy vzhledem k okolnímu terénu, použitými materiály, tvorbou nových větrolamů nebo aerodynamickým tvarem objektu podle převládajícího směru větru. Přestože existují určité stereotypy a vzorce chování, je každá lokalita jedinečná. Čím přesněji dokáže projektant reagovat na místní podmínky, tím větších úspěchů může dosáhnout.

3.2.2. Tvarové řešení objektu

Základním předpokladem úspor energie, které ovlivňuje i tvarové řešení objektu je co nejmenší plocha ochlazovaných konstrukcí vzhledem k vytápěnému objemu. Vhodnost tvarového řešení ukazuje charakteristika A / V , která vyjadřuje **poměr mezi ochlazovanou vnější plochou A a vytápěným objemem V**. Čím menší je tento poměr, tím nižší bude spotřeba energie na vytápění objektu. Z použitelných tvarů se tak jeví jako nejvhodnější řešení krychle nebo kvádr. Všechny anomálie jako jsou arkýře, zasklené balkony a jiné výstupky zvětšují ochlazovanou plochu a tím tepelné ztráty. Kromě toho přináší zvýšené riziko tepelných mostů, tepelně-vodivých spojení různých konstrukcí, které též způsobují nežádoucí přenos tepla z vnitřních na vnější konstrukce. [7]

3.2.3. Funkce prosklených ploch

Snažíme se co nejvíce **využít pasivních tepelných zisků**, vzniklých slunečním zářením, ohřívajícím obálku budovy nebo prostupujícím prosklenými plochami. Proto je u nízkoenergetických staveb snaha používat tmavší odstíny barvy fasády, neboť tmavá barva lépe absorbuje tepelné záření.

Prosklené plochy umísťujeme ve větší míře na jižní stranu objektu, protože tam dopadá o 10 – 20 % více slunečního záření, než je tomu u ostatních světových stran. Rozmístění prosklených ploch do značené míry definuje dispoziční řešení objektu. U každé místnosti jsou podle typu jejího užití vyžadovány jiné parametry osvětlení. Například u rodinných domů volíme na jižní stranu obývací místnosti, s největší potřebou osvětlení během dne, na severní stranu se hodí koupelna, nebo technická místnost, které jsou méně náročné na denní osvětlení a je zde tedy možnost použít menší okna s menšími tepelnými ztrátami. U zimních zahrad je třeba dávat si pozor na přehřívání v horkých letních dnech a vyřešit systém větrání nebo jiného chlazení zahrady. [7]

3.3. Tepelně-technické vlastnosti obálky budovy

Vhodným a hojně využívaným způsobem snížení ENB spotřebou energie na vytápění je snížení tepelných ztrát budovy. Tepelné ztráty dělíme na ztráty prostupem obálkou budovy a větráním. Tepelné ztráty větráním lze dále rozdělit na ztráty nucenou a přirozenou výměnou vzduchu - infiltrací. Redukce těchto ztrát lze docílit instalací vhodné izolace stěn, střechy, podlahy a použitím výplní vnějších otvorů s malým součinitelem prostupu tepla U [$W/m^2 K$]. Důležité oproti plánovaným a katalogovým hodnotám je samozřejmě i praktické technické

provedení. Materiálů, způsobů a technologií používaných ke snížení tepelných ztrát známe dnes nepřeberné množství.

Zateplovací systémy lze rozdělit na kontaktní a odvětrávané. U odvětrávaných zateplovacích systémů je izolace oddělena od stěny vzduchovou mezerou. Kontaktní zateplovací systém lze realizovat na exteriérové nebo interiérové straně. Každý způsob má své uplatnění, více využívaná je exteriérová izolace, ale i interiérové zateplení má své místo zejména u historických staveb. Jeho použití však není z hlediska tepelně – technických vlastností tak výhodné jako použití exteriérového kontaktního systému. Kromě zmenšení interiéru o tloušťku izolačního materiálu může docházet k promrzání vnější obálky budovy, k omezení akumulacních schopností zdi a nevhodnému rozložení vlhkosti ve zdi, čímž může docházet k narušování struktury a snižování životnosti zdiva. Materiály používané k realizaci kontaktního zateplovacího systému dělíme na přírodní a syntetické. Mezi přírodní materiály, které vynikají vyšší ekologičností i cenou řadíme ovčí vlnu, slámu, rákos, len atp. Syntetické materiály se nejčastěji vyrábí z ropy a jejich výroba i likvidace přináší zvýšenou zátěž na životní prostředí. Nejpoužívanější jsou desky z pěnového nebo extrudovaného polystyrenu. I zde je třeba brát ohled na změnu rozložení teplot a vlhkosti ve stěně.

3.4. Provoz budovy

Kromě konstrukčních vlastností, ať už uvažovaných od projektové fáze objektu, nebo dodatečně implementovaných, mají zásadní vliv na spotřebu energie budovy i principy jejího provozu a chování uživatelů. Sebedokonaleji izolovaná budova může mít obrovskou spotřebu energie, pokud její uživatelé nebudou dodržovat **zásady hospodárného provozu**. Tato oblast zahrnuje regulaci teploty v místnosti, způsob větrání, způsoby přípravy a nakládání s teplou užitkovou vodou nebo používání osvětlení.

Udává se, že při snížení vnitřní teploty vzduchu o 1°C dochází k úspoře primárního zdroje energie až o 5%. Tento údaj je samozřejmě jen teoreticky zobecněné číslo, v praxi je vazba mezi teplotou vnitřního vzduchu a úsporou energie značně individuální a závisí jak na druhu použitého paliva, tak na způsobu jeho přeměny v teplo, na charakteru otopných ploch, které definují způsob předávání tepla do okolí, nebo celkové tepelné ztrátě objektu, nicméně výstižně naznačuje jistou korelaci. Snižovat teplotu vzduchu v místnosti samozřejmě nejde do nekonečna, existují i mnohá jiná pravidla hospodárného provozu budovy, na která se podíváme dále.

3.4.1. Tepelné zisky

Samotným provozem budovy, lidskou činností, osvětlením nebo provozem elektrických a jiných spotřebičů vznikají tzv. **aktivní tepelné zisky**. Solárním zářením, kterým je ohřívána obálka budovy a které prostupuje vnějšími výplněmi otvorů, vznikají tzv. **pasivní tepelné zisky**. Mezi aktivní tepelné zisky patří tzv. metabolické teplo, produkované každým člověkem. Tyto tepelné zisky jsou tedy závislé na počtu osob v budově. Udává se 100 W na osobu plus dalších 100 W na každý byt. Při uvažované 70% době přítomnosti osob v budově činí u čtyř členné domácnosti aktivní tepelné zisky z metabolického tepla $100\text{W} \times 4 \times 0,7 + 100\text{W} = 380\text{ W}$. V bytě o rozloze 100 m^2 je to tedy $3,8\text{ W} / \text{m}^2$. [13]

Oba druhy tepelných zisků se snažíme využívat, neboť se jedná o „levné odpadní“ teplo, které by vzniklo v každém případě. Problém je, že má charakter tzv. nízko-potenciálního tepla, tedy ho není možné v první fázi účelně využít ke zvýšení teploty v místnosti. Též vzduch, nesoucí toto teplo, bývá často znečištěn. Pomocí filtrů rekuperátorů a tepelných čerpadel se takový vzduch čistí, případně různými způsoby přihřívá na vyšší teplotu, aby mohl být dále využit k vytápění. Další nevýhodou je, že tyto tepelné zisky nejsou trvalého charakteru, není tedy možné s nimi počítat pro návrh výkonu otopné soustavy, jejíž regulace však musí na tyto zisky briskně reagovat, aby mohly být správně využívány.

3.4.2. Regulace

Regulace je **řízení toku a množství energie v čase a místě**. Regulační systémy rozhodují o tom, v jakém čase na kterém místě je nejen potřebné, ale hlavně účelné, jak velké množství v našem případě tepelné energie. Základním stavebním prvkem jsou různé senzory a čidla, v našem případě teploměry, které snímají okamžitou hodnotu teploty na různých místech - nejčastěji teplotu vzduchu a topného média. Naměřené údaje posílají centrální jednotce, která je vyhodnocuje a podle kritérií zadaných uživatelem rozhoduje o následných akcích. Poté vydává povely dalším prvkům systému, jako jsou například různé ventily a čerpadla, k jejich vykonání. Čím více aktuálních vstupních údajů máme k dispozici, tím lépe může regulační systém rozhodnout. Je však potřeba zajistit integritu, případně priority celého procesu.

Regulaci je možné aplikovat na různých úrovních, od řízení výkonu zdroje tepla, přes teplotu média v akumulační nádrži po individuální regulaci jednotlivých otopných ploch. Regulace musí především **rychle** reagovat na změnu podmínek. Je výhodné, pokud je výkon zdroje měněn **plynule**. K největší spotřebě energie dochází při výrazných výkyvech a

špičkách, nehledě na absolutní parametry. Též je výhodné, pokud je možné regulovat jednotlivé sekce **samostatně**. Každá oblast nebo místnost může mít jiné parametry a jedině na sobě nezávislou regulací zajistíme vytopení na optimální teplotu a zabráníme vazbě na ostatní místnosti, kterým by tak mohla hrozit nedostatečná teplota nebo naopak zbytečné plýtvání energií přetápěním. To u klasických radiátorů zajišťují termohlavice.

3.4.3. Chování uživatelů

I uživatelé mohou pouhým svým chováním velmi ovlivnit výslednou spotřebu energie. V první řadě samozřejmě **aplikací a účelným využíváním technologických výhod** moderních systémů vytápění, regulace, přípravy teplé vody, použitím energeticky úsporného osvětlení apod.

Životní standard a naše nároky rostou. Za tímto účelem spotřebováváme velké množství energie, kterou nepotřebujeme, jen pro pocit blahobytu. Tento trend diktuje nekonečná touha po něčem lepším, která z jedné strany žene lidstvo kupředu, z druhé strany však k ukojení těchto nároků spotřebováváme neudržitelně velké množství energie, čímž neúměrně zatěžujeme životní prostředí a žijeme tak na úkor nejen zbytku světa, ale i příštích generací. Řešení spatřuji spíše ve **skromném a úsporném životě**, než v hledání nových energetických zdrojů. Jak jsem nastínil v úvodu, spotřeba energie domácností tvoří podstatnou část celkové spotřeby energie a je tedy na místě věnovat této oblasti zaslouženou pozornost. Prakticky to znamená například nevytápět místnosti na vyšší než nutné teploty, používat pouze potřebné množství (nejen) teplé vody, nenechávat zbytečně rozsvícená světla apod. K takovému přístupu nás dnes vede jen stálé zvyšování cen energií.

4. Stanovení ENB

V této kapitole se zamyslíme nad postupy stanovení energetické náročnosti budov. V další části stanovíme energetickou náročnost vytápění konkrétního rodinného domu a navrhneme opatření ke snížení spotřeby energie na vytápění.

Jak jsem již uvedl výše, stanovení energetické náročnosti budovy za účelem zpracování průkazu ENB nebo celého energetického auditu je úkol velmi nesnadný. Je k tomu potřeba orientovat se nejen ve všech souvisejících normách, na některé se podíváme v dalších kapitolách blíže, ale i v množství neustále novelizovaných zákonů, vyhlášek a nařízení vlády, které postupně implementují Evropské směrnice. Ruční počítání je vzhledem k rozsahu nemyslitelné, ale i programy k tomuto účelu vytvořené většinou předpokládají základní znalosti a orientaci v problematice. Kromě popisu souvisejících norem se v této kapitole zaměříme právě na princip stanovení ENB, který budeme demonstrovat výstupy z výpočtového programu TOB firmy Protech.

4.1. Normy a předpisy

V této kapitole si popíšeme několik základních norem souvisejících s problematikou ENB a jejich stručnou charakteristiku.

4.1.1. ČSN EN ISO 13790

Původní norma platná od 1. 12. 2000 *ČSN EN 832 - Tepelné chování budov - Výpočet potřeby energie na vytápění - Obytné budovy* byla s platností od 1. 11. 2009 nahrazena normou *ČSN EN ISO 13790 - Energetická náročnost budov - Výpočet spotřeby energie na vytápění a chlazení*. Norma udává výpočet přenosu tepla prostupem a větráním, k čemuž zohledňuje vnitřní a vnější tepelné zisky. Obsahuje výpočet roční potřeby energie na vytápění a chlazení pro zajištění požadované teploty. Budovu je možné rozdělit na více zón s odlišnými parametry, jako je požadovaná teplota nebo časový harmonogram vytápění. [10]

Výpočet podle normy ČSN EN ISO 13 790 nezahrnuje účinnost zdroje tepla otopné soustavy, charakterizuje tedy pouze tepelně-technické vlastnosti budovy. Okrajové podmínky se stanoví podle TNI 73 0329 pro rodinné domy a TNI 73 0330 pro bytové domy. Tyto dokumenty definují vymezení vytápěného prostoru určením systémové hranice a způsoby započtení podlahové plochy.

Oproti předchozí verzi obsahuje norma ČSN EN ISO 13 790 upravené metody a výpočty tak, aby respektovaly nejen oblast vytápění, ale i chlazení. Též doplňuje metodu

měsíčního výpočtu o hodinový a sezónní pohled. Hodinová metoda lépe respektuje uživatelské chování s ohledem na regulaci během dne nebo týdne, sezónní pohled potom celkový přehled. Národní předmluva k normě však stanoví přednostní použití výpočtu s měsíčním krokem, podle článku 7.2 normy. [11]

4.1.2. ČSN EN 12831

Tepelný výkon potřebný k dosažení vnitřní výpočtové teploty se stanoví podle normy ČSN EN 12831 - *Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu*. Norma byla schválena 1. 3. 2005. Od 1. 6. 1994 se ke stanovení tepelného výkonu používala norma ČSN 06 0210 – *Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění*, která byla k 1. 9. 2008 zrušena bez přímé náhrady. Prakticky, co se týče oblasti použití, ji však již s předstihem nahradila právě norma ČSN EN 12831, která lépe vystihuje dynamický stav šíření tepla (ČSN 06 0210 byla použitelná pouze pro stacionární stav), tepelné mosty, ztrátu tepla u konstrukce přilehlé k zemině nebo ztrátu větráním. [7]

Otopná soustava musí reagovat na změnu aktuálních podmínek, například náhlou změnu tepelných zisků. Při návrhu výkonu se však uvažují nejnepříznivější podmínky podle vnější výpočtové teploty dané klimatické oblasti. Vnější výpočtová teplota je vypočtena z průměru pěti po sobě jdoucích nejchladnějších dnů v roce pro danou klimatickou oblast za několikaleté sledování a normována, stejně jako délka topného období. [12]

4.1.3. ČSN 73 0540

Norma ČSN 73 0540 – *Tepelná ochrana budov* má čtyři části:

ČSN 73 0540 – 1: Terminologie, 1. 7. 2005

ČSN 73 0540 – 2: Požadavky, 1. 11. 2011

ČSN 73 0540 – 3: Návrhové hodnoty veličin, 1. 11. 2005

ČSN 73 0540 – 4: Výpočtové metody, 1. 7. 2005

První část normy vymezuje termíny použité v dalších částech. Definuje veličiny popisující šíření tepla, vlhkosti a vzduchu stavebními konstrukcemi, jejich značky a jednotky. Popisuje též ustálené i neustálené stavy vnitřního a vnějšího prostředí.

Druhá část stanovuje tepelně technické požadavky na vytápěné i nevytápěné budovy, u kterých existují jisté nároky na vlastnosti vnitřního prostředí, zejména z hlediska vnitřní teploty, ochrany zdraví a životního prostředí. Definuje vlastnosti, jako jsou tepelný odpor nebo součinitel prostupu tepla zejména s ohledem na kondenzaci vodní páry uvnitř stavebních konstrukcí nebo na jejich vnitřním povrchu. U vnějších výplní otvorů definuje požadavky na

minimální průvzdušnost. Pro místnosti potom požaduje definovanou tepelnou stabilitu v zimním a letním období. Norma platí pro nové budovy a pro stavební úpravy, udržovací práce, změny v užívání budov a jiné změny dokončených budov.

Třetí část normy stanoví národní normové, charakteristické a návrhové hodnoty fyzikálních veličin stavebních materiálů a výrobků, výplní otvorů, zdících prvků a zdiva, používané právě například pro výpočty podle ČSN EN ISO 13 790. Norma však nestanoví charakteristické hodnoty fyzikálních veličin tepelných izolací pro průmyslové užití. Dále norma stanoví návrhové hodnoty veličin vnějšího prostředí, vnitřního prostředí a vzduchu pro navrhování a ověřování stavebních konstrukcí a budov z hlediska šíření vlhkosti a jejich tepelné ochrany.

Poslední část normy se věnuje výpočtovým metodám tepelně-technických vlastností konstrukčních materiálů a prvků. Vychází z předchozích částí normy a reaguje na již zmiňovanou evropskou směrnici 2002/91/EC, čímž vytváří podmínky pro hodnocení energetické náročnosti budov. Text normy je členěn podle veličin hodnocených v ČSN 73 0540 - 2. Pro každou veličinu je uvedeno, co se výpočtem hodnotí, za jakých okrajových podmínek se provádí výpočtové hodnocení, jaké normy pro tato hodnocení zejména platí, co musí výpočtové hodnocení zahrnovat a jaké je zásadní členění výpočtových metod. Hlavním výstupem pro stanovení ENB je součinitel prostupu tepla U . [10]

4.2. Výpočetní metodika stanovení ENB

Směrnice 2002/91/EC připouští dvě možnosti stanovení ENB, a sice operativním a bilančním způsobem hodnocení. Ve většině zemí Evropské unie je k hodnocení stávajících budov používáno **operativní hodnocení**, které pracuje se skutečně naměřenou spotřebou energie daného objektu. Metodika používající operativní hodnocení je i u nás uvedena v zákoně 406/2000 Sb., ve vyhlášce 148/2007 Sb. je však nevyužita. Vyhláška neuvádí závaznou metodiku k hodnocení ENB, počítá však s bilančním hodnocením a nejlépe měsíčním intervalovým hodnocením. Pro budovy s nízkou tepelnou setrvačností je možné použít hodinovou výpočtovou metodu.

Bilanční hodnocení vychází ze standardizovaného užívání budovy. Pokud se skutečný způsob užívání odlišuje od standardizovaného, výsledky hodnocení jsou nepřesné. Rozpory mohou vznikat v započtení vnitřních i vnějších tepelných zisků, charakteristických klimatických podmínek nebo v odlišném uvážení vlivu tepelných mostů.

K porovnání ENB různých budov, je nutné použít stejné okrajové podmínky, které si zpracovatel volí. Tabulka č. 2 ukazuje průměrné měsíční vnější výpočtové teploty, používané různými výpočetními nástroji.

Měsíc	NKN – I. Klimatická oblast [°C]	TNI 73 0329 [°C]	Energie 2009 [°C]
Září	13,0	13,8	13,8
Říjen	8,4	9,4	8,9
Listopad	3,0	4,0	3,5
Prosinec	-0,1	-0,5	-0,2
Leden	-2,1	-1	-2,2
Únor	-0,9	1	-0,4
Březen	3,1	4,0	3,6
Duben	7,1	9,0	9,1
Květen	12,6	14,6	13,4
Průměr	4,9	6,0	5,5

Tabulka 2: Průměrné měsíční venkovní teploty [13]

Energetická náročnost budovy je vyjádřena pomocí globálního indikátoru. Každý členský stát EU si může zvolit globální indikátor z následujících čtyř možností:

- emise CO₂
- dodaná energie
- primární energie
- celkové náklady na energii

Pro Českou republiku byla jako globální indikátor zvolena **dodaná energie**. Rozdíl mezi dodanou a primární energií vyjadřuje tzv. konverzní faktor. Udává, kolikrát více primární energie je nutné spotřebovat na 1 kWh energie dodané na systémovou hranici budovy. [13]

V oblasti energetické náročnosti vytápění je jako referenční používaná hodnota **měrná potřeba tepla na vytápění** EP_A v kWh / (m² rok), vypočtená podle normy ČSN EN ISO 13790. Tato hodnota je znázorněna v PENB. **Celková roční dodaná energie na vytápění** EP v GJ / rok vyjadřuje celkovou energii dodanou na systémovou hranici budovy. Lze ji vypočítat z měrné potřeby tepla na vytápění podle vzorce:

$$EP = \frac{EP_A \left[\frac{kWh}{m^2 \times rok} \right] \times A [m^2]}{277,778} \left[\frac{GJ}{rok} \right]$$

Kde A je celková podlahová plocha.

Do celkového hodnocení ENB je potřeba zahrnout veškerou energii dopravenou na systémovou hranici budovy, potřebnou k provozu budovy.

Stanovená **potřeba energie** vychází z tepelně-technických vlastností konstrukcí budovy, zahrnuje aktivní i pasivní tepelné zisky a charakteristické okrajové podmínky.

Spotřeba energie představuje adekvátní množství energie, potřebné ke krytí potřeby energie. Zahrnuje navíc účinnost zdroje při přeměně energie přivedené na systémovou hranici budovy do formy využívané v budově, například tepla, ztráty energie při rozvodu a účinnosti sdílení tepla nebo vliv rekuperace. [14]

4.2.1. Tepelně-technické vlastnosti stavebních konstrukcí a vnějších výplňových otvorů

Nejprve je třeba určit součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí a vnějších výplňových otvorů, k čemuž slouží výše zmíněná norma ČSN 73 0540. Často je udáván již výrobcem. Musíme znát přesnou skladbu jednotlivých konstrukcí a použitých materiálů. Součtem výsledků jednotlivých vrstev u dále uvedených charakteristických veličin dostaneme hodnoty pro celou konstrukci.

Tepelný odpor vyjadřuje tepelně izolační vlastnosti konstrukce. Vypočte se jako podíl tloušťky vrstvy materiálu “ d “ a návrhového součinitele tepelné vodivosti “ λ “:

$$R = \frac{d}{\lambda} \left[\frac{m^2 \times K}{W} \right].$$

Součinitele tepelné vodivosti λ lze nalézt pro různé materiály v normě ČSN 73 0540 – 3.

Tepelný odpor při prostupu tepla se vypočte jako součet:

$$R_T = R_{Si} + R + R_{Se} \left[\frac{m^2 \times K}{W} \right]$$

kde:

R je tepelný odpor

R_{Si} je tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce

R_{Se} je tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce

Odpory při přestupu tepla na vnitřní a vnější straně konstrukce se neuvažují, pokud konstrukce přiléhá k zemině. Jejich hodnoty najdeme opět v normě ČSN 73 0540. Tepelný tok na vnitřní straně konstrukce R_{Si} se liší pro svislé a vodorovné konstrukce, u vnější strany konstrukce R_{Se} rozlišujeme hodnoty pro zimní a letní období.

Součinitel prostupu tepla vyjadřuje celkovou výměnu tepla mezi prostory oddělenými od sebe danou stavební konstrukcí a vypočte se jako obrácená hodnota tepelného odporu při prostupu tepla:

$$U = \frac{1}{R_T} \left[\frac{W}{m^2 \times K} \right] \quad [15]$$

Součinitel prostupu tepla U musí splňovat požadavky normy ČSN 73 0540 – 2:

Budova-běžná s převažující návrhovou vnitřní teplotou 18°C – 22°C	Požadované $U_{N,20}$	Doporučené $U_{N,20}$	Doporučené $U_{N,20}$ pro pasivní budovy
Typ konstrukce			
Střecha plochá a šikmá do 45° vč. Strop nad venkovním prostorem	0,24	0,16	0,15 – 0,10
Strop pod nevytápěnou půdou	0,30	0,20	0,15 – 0,10
Vnější stěna – vnější vrstvy od vytáp. Střecha strmá se sklonem 45° Stěna k nevytápěné půdě	0,30	0,20	0,18 – 0,12
Podlaha a stěna vytápěného prostoru k zemině (bez vlivu zeminy)	0,45	0,30	0,22 – 0,15
Strop a stěna vnitřní z vytápěného prostoru k nevytápěnému prostoru	0,60	0,40	0,30 – 0,20
Stěna mezi sousedními budovami Strop mezi prostory s rozdílem teplot do 10° vč.	1,05	0,70	0,50
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytáp. prostoru do venkovního, kromě dveří	1,50	1,20	0,80 – 0,60
Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (vč. rámu)	1,70	1,20	0,90

Tabulka 3: Hodnoty součinitele prostupu tepla $U_N [W/m^2K]$ dle normy ČSN 73 0540 – 2

4.2.2. Zónování budovy a stanovení systémové hranice

Základním předpokladem pro výpočet ENB je správné zónování budovy. Jedná se o logické rozdělení jednotlivých částí budovy do zón, podle jejich charakteristických funkcí, vlastností prostředí a provozních podmínek. Jednotlivé zóny se právě díky odlišným vlastnostem musí hodnotit zvlášť. Výsledná energetická náročnost budovy je součtem energetických náročností jednotlivých zón. Hranice jednotlivých zón určují okrajové podmínky, důležitými parametry jsou podlahová plocha a objem zóny. Celkovou podlahovou plochou se potom rozumí plocha vymezená vnějším povrchem obálky budovy, to znamená, že do celkové podlahové plochy je započtena i plocha zastavěná dělicími konstrukcemi, které oddělují prostory v rámci jedné zóny.

Uvažované podmínky při **vícezónovém hodnocení** na rozdělení budovy do zón jsou tyto:

Vnitřní podmínky provozu budov:

- rozsah vnitřních provozních teplot
- relativní vlhkost
- požadavek na výměnu vzduchu na základě měrné jednotky (osoby, m², ...)
- typické vnitřní tepelné zisky

Provozní podmínky budovy a jednotlivých energetických systémů budovy:

- doba využití objektu během dne, týdne a případně delší odstávky v době provozu
- útlumové provozu
- počet osob v zóně budovy

U budovy se shodnými vlastnostmi uvedenými výše u všech jejích částí je možné použít **jednozónové hodnocení**. Jedná se o obdobu obálkové metody, pomocí které se stanoví tepelné ztráty objektu. Pokud nahlížíme na celou budovu jako na jednu zónu, vnitřní dělicí zdi ani stropní konstrukce v této zóně neuvažujeme.

Softwarové výpočetní nástroje nabízejí množství předdefinovaných zón podle způsobu užívání a typu budovy. Například NKN rozlišuje, v jakém typu budovy se vytápěná nebo nevytápěná zóna nachází (rodinný dům, bytový dům, administrativní budova, vzdělávací budova, sportovní zařízení, zdravotnická zařízení, hotely, kina, atp.). Pro každý typ budovy jsou stanoveny **normované podmínky užívání** a vlastnosti vnitřního a venkovního prostředí respektující platné národní normy, související legislativní předpisy a hygienické standardy, jako jsou například provozní doba užívání a časový podíl přítomnosti osob v zóně, teplota, osvětlení, vlhkost, větrání, atp. Dále je důležité určit budovu vzhledem k **vnějším klimatickým podmínkám**, jako je vnější výpočtová teplota podle jedné ze čtyř klimatických oblastí, do kterých je Česká republika podle ČSN 73 0540 - 3 rozdělena, její orientaci vůči světovým stranám nebo okolní zástavbě. Vnější klimatické podmínky jsou též standardizovány.

Za **systémovou hranici budovy** se považuje hranice, která odděluje posuzovanou soustavu budovy a energetických systémů budovy (pro přeměnu, úpravu, přenos či spotřebu energie) od vnějšího okolí. Do systémové hranice budovy patří všechny vnitřní i vnější prostory spojené s budovou, kde se energie spotřebovává nebo vyrábí. Je tvořena vnějším

povrchem obvodových konstrukcí. Pokud se některá část či samotný energetický systém budovy nachází mimo obálku budovy (například kotel, výměňková stanice, tepelné čerpadlo atp.) uvažuje se, že je uvnitř systémové hranice budovy. Jedná-li se však o systém centralizovaného zásobování teplem, výměňková stanice pro více objektů se do systémové hranice nezahrnuje.

4.2.3. Zjednodušený postup výpočtu ENB

Celková roční dodaná energie se stanoví jako součet spotřeb všech druhů energie jednotlivých zón budovy, nejčastěji s měsíční intervalovou výpočtovou metodou, vyjíměčně se použije celosezónní pohled. Velikost spotřeby energie v zóně se stanoví jako součet dodané energie pro pokrytí dílčích potřeb energie na:

- vytápění a chlazení
- přípravu teplé vody
- větrání (včetně zvlhčování)
- osvětlení
- pomocná energie pro provoz energetických systémů

Vlastní výpočet probíhá ve dvou krocích. Nejprve se vypočte potřeba energie, na jejímž základě stanovíme skutečnou spotřebu energie.

$$Q_{spotřeba} = \eta_{zdroje} \times \eta_{rozvodu} \times \eta_{sdílení} \times Q_{potřeba}$$

V dalším postupu budeme uvažovat pouze stanovení celkové roční dodané energie na vytápění.

Potřeba energie na vytápění $Q_{potřeba} = Q_L - \eta_G \times Q_G$ [MJ]

Q_L [MJ] celkový tepelný tok

η_G [MJ] stupeň využití tepelných zisků

Q_G [MJ] celkové tepelné zisky

Celkový tepelný tok $Q_L = Q_T + Q_V$ [MJ]

Q_T [MJ] celkový tepelný tok prostupem tepla

Q_V [MJ] celkový tepelný tok větráním

Celkový tepelný tok prostupem tepla $Q_T = H_T \times (\theta_1 - \theta_2) \times t$ [MJ]

H_T $\left[\frac{W}{K}\right]$ měrný tepelný tok prostupem tepla konstrukcí

θ_1 [$^{\circ}C$] vnitřní výpočtová teplota v budově, nebo v zóně budovy

θ_2 [$^{\circ}C$] teplota přilehlého prostoru, zóny nebo prostředí ke konstrukci

t [Ms] trvání výpočtového období

Přepočet měsíců na megasekundy			
Měsíc	Počet dní	hodiny	Megasekundy – Ms
Leden	31	744	2,6784
Únor	28	672	2,4192
Březen	31	744	2,6784
Duben	30	720	2,592
Květen	31	744	2,6784
Červen	30	720	2,592
Červenec	31	744	2,6784
Srpen	31	744	2,6784
Září	30	720	2,592
Říjen	31	744	2,6784
Listopad	30	720	2,592
Prosinec	31	744	2,6784

Tabulka 4: Přepočet měsíců na megasekundy

Měrný tepelný tok prostupem tepla H_T je jednotkový tepelný tok ve směru klesajícího teplotního gradientu. Obecně se vypočte jako součin plochy konstrukce A [m^2] a součinitele prostupu tepla konstrukcí U $\left[\frac{W}{m^2 \times K}\right]$: $H = A \times U \times b$ $\left[\frac{W}{K}\right]$

kde $b = \frac{t_{interiéru} - t_{výpočtová}}{t_{interiéru} - t_{exteriéru}}$ $[-]$ je redukční činitel pro nevytápěné prostory

Měrný tepelný tok prostupem tepla představuje součet tří dílčích druhů toků:

- Přímý měrný tepelný tok prostupem tepla obálkou budovy mezi vytápěným prostorem a vnějším prostředím.
- Měrný tepelný tok prostupem tepla do přilehlé zeminy při ustáleném stavu
- měrný tepelný tok prostupem tepla mezi vytápěným prostorem a vnějším prostředím přes nevytápěné prostory

Celkový tepelný tok větráním $Q_V = H_V \times (\theta_1 - \theta_2) \times t$ [MJ]

H_V $\left[\frac{W}{K}\right]$ měrný tepelný tok větráním

θ_1 [°C] vnitřní výpočtová teplota v budově, nebo v zóně budovy

θ_2 [°C] teplota přilehlého prostoru, zóny nebo prostředí ke konstrukci

t [Ms] trvání výpočtového období, viz tabulka 3

Měrný tepelný tok větráním $H_V = b \times f_{vent} \times \rho_a \times c_a \times V$ $\left[\frac{W}{K}\right]$

b [-] redukční činitel pro nevytápěné prostory

f_{vent} [-] opravný součinitel pro případ, že výměna vzduchu konstrukcí probíhá, jen pokud je budova užívána

ρ_a $\left[\frac{kg}{m^3}\right]$ hustota vzduchu

c_a $\left[\frac{Wh}{kg \times K}\right]$ měrná tepelná kapacita vzduchu

V $\left[\frac{m^3}{s}\right]$ objemový tok vzduchu [14]

Výše uvedený postup je pouze principiální naznačení celého výpočtu stanovení ENB. Nezahrnuje a zanedbává celou řadu dalších faktorů, vlivů a hloubek problematiky. Má přehlednou formou sloužit k logickému pochopení principu výpočtu, ne ke stanovení ENB, za kterýmžto účelem existují mnohé softwarové nástroje, včetně NKN.

4.3. Stanovení energetické náročnosti vytápění rodinného domu

V této kapitole stanovíme pomocí NKN energetickou náročnost vytápění konkrétního rodinného domu před a po realizaci navrženého zateplení obvodového pláště a výměny oken. Též uvedu hodnoty stanovené projektem zpracovaným pomocí výpočetního softwaru od formy Protech a oba výsledky porovnáme se skutečnou spotřebou, získanou z naměřených hodnot.

K posouzení tepelně-technických vlastností konstrukcí použijeme normu ČSN 73 0540. Výpočet měrné roční potřeby tepla probíhá podle normy ČSN EN ISO 13790, okrajové podmínky definuje TNI 73 0329.

4.3.1. Obecný popis objektu

Jedná se o rodinný dům postavený roku 1925 stojící samostatně v městské zástavbě vilové čtvrti v Plzni. Celý objekt se skládá ze dvou identických podlaží, sklepa a půdy o shodných půdorysech.

Každý byt je vytápěn vlastním plynovým kotlem o jmenovitém výkonu 24 kW. Otopný systém je dvoutrubkový s nuceným oběhem, otopné plochy představují litinové radiátory. Regulace každého z kotlů je realizována digitálním prostorovým termostatem s plynulou změnou výkonu. Teplota vnitřního vzduchu je nastavena na 20°C. Větrání probíhá pouze nenuceně otevřením oken.

Pro dům je navrženo zateplení vnějším kontaktním zateplovacím systémem realizovaným polystyrenovými deskami EPS 100 NEO o tloušťce 120 mm a výměna oken.

4.3.2. Identifikační údaje budovy

Klimatická oblast: I [16]

Lokalita / místo měření	Nadmořská výška	Venkovní výpočtová teplota	Otopné období pro					
			$t_{em} = 12^{\circ}\text{C}$		$t_{em} = 13^{\circ}\text{C}$		$t_{em} = 15^{\circ}\text{C}$	
			t_{es}	d	t_{es}	d	t_{es}	d
	h	t_e	t_{es}	d	t_{es}	d	t_{es}	d
	[m]	[°C]	[°C]	[dny]	[°C]	[dny]	[°C]	[dny]
Plzeň	311	-12	3,3	233	3,6	242	4,8	272

Tabulka 5: Venkovní výpočtové teploty a otopná období pro Plzeň

t_{em} [°C] - střední denní venkovní teplota pro začátek a konec otopného období

t_{es} [°C] - střední venkovní teplota za otopné období

d [dny] - počet dnů otopného období [17]

4.3.3. Technické údaje o plochách

Zastavěná plocha:	130,8 m ²
Vytápěná podlahová plocha:	221,5 m ²
Plocha systémové hranice:	584,3 m ²
Vnější objem zóny:	834,2 m ³

4.3.4. Posouzení tepelně technických vlastností objektu

Stanovení součinitele prostupu tepla probíhá podle ČSN 73 0540. K jeho výpočtu je možné použít různé výpočetní nástroje od komerčních firem, nebo internetové kalkulačky [15]. Součinitel prostupu tepla stanovíme pro stávající stav a pro stav po realizaci navrženého zateplení polystyrenovými deskami EPS 100 NEO o tloušťce 120 mm. [18]

SO1 – obvodová stěna

Stávající stav

Materiál	d [mm]	λ [W / m K]	R [m ² K / W]
Omítka vápenná	20,00	0,880	0,023
CP 290/140/65 (1800)	450,00	0,840	0,536
Omítka vápnocement.	25,00	0,990	0,025

Tepelný odpor $R = 0,584$ [m² K / W]

Tepelný odpor při prostupu tepla $R_T = 0,754$ [m² K / W]

Součinitel prostupu tepla $U_1 = 1,327$ [W / m² K]

Nový stav

Materiál	d [mm]	λ [W / m K]	R [m ² K / W]
Omítka vápenná	20,00	0,880	0,023
CP 290/140/65 (1800)	450,00	0,840	0,536
Omítka vápnocement.	25,00	0,990	0,025
EPS 100 NEO	120,00	0,031	3,871
Multiputz ZA 2,5	2,50	0,700	0,004

Tepelný odpor $R = 4,458$ [m² K / W]

Tepelný odpor při prostupu tepla $R_T = 4,628$ [m² K / W]

Součinitel prostupu tepla $U_2 = 0,216$ [W / m² K]

SO2 – obvodová stěna

Stávající stav

Materiál	d [mm]	λ [W / m K]	R [m ² K / W]
Omítka vápenná	20,00	0,880	0,023
CP 290/140/65 (1800)	150,00	0,840	0,179
Vz. – svislá	80,00	x	0,180
CP 290/140/65 (1800)	150,00	0,840	0,179
Omítka vápnocement.	25,00	0,990	0,025

Tepelný odpor $R = 0,585$ [m² K / W]Tepelný odpor při prostupu tepla $R_T = 0,755$ [m² K / W]Součinitel prostupu tepla $U_1 = 1,324$ [W / m² K]

Nový stav

Materiál	d [mm]	λ [W / m K]	R [m ² K / W]
Omítka vápenná	20,00	0,880	0,023
CP 290/140/65 (1800)	150,00	0,840	0,179
Vz. – svislá	80,00	x	0,180
CP 290/140/65 (1800)	150,00	0,840	0,179
Omítka vápnocement.	25,00	0,990	0,025
EPS 100 NEO	120,00	0,031	3,871
Multiputz ZA 2,5	2,50	0,700	0,004

Tepelný odpor $R = 4,446$ [m² K / W]Tepelný odpor při prostupu tepla $R_T = 4,630$ [m² K / W]Součinitel prostupu tepla $U_2 = 0,216$ [W / m² K]**Výplně otvorů**Původní okna zdvojená dřevěná $U_1 = 1,8$ [W / m² K]Plastová okna s izolačním dvojsklem $U_2 = 1,1$ [W / m² K]

Stropní konstrukce mezi vytápěnou a nevytápěnou zónou – beze změny

Materiál	d [mm]	λ [W / m K]	R [m ² K / W]
Omítka vápenná	20,00	0,845	0,024
Dřevo měkké	25,00	0,390	0,064
Vz. – tok zdola nahoru	200,00	x	0,160
Dřevo měkké	25,00	0,390	0,064
Škvára uhelná	100,00	0,270	0,370
Malta vápenná	40,00	0,877	0,046
CP 290/140/65 (1700)	40,00	0,796	0,050

Tepelný odpor $R = 0,777$ [m² K / W]

Tepelný odpor při prostupu tepla $R_T = 0,917$ [m² K / W]

Součinitel prostupu tepla $U_1 = 1,090$ [W / m² K]

[18]

Porovnání součinitelů prostupu tepla s požadovanými hodnotami normou ČSN 73 0540-2, viz tabulka 3.

Název konstrukce	Součinitel prostupu tepla konstrukce U_1 [W/m ² K]	Součinitel prostupu tepla konstrukce U_2 [W/m ² K]	Požadované hodnoty U [W/m ² K] dle normy ČSN 73 0540-2
SO1 – obvodová stěna	1,327	0,216	0,3
SO2 – obvodová stěna	1,324	0,216	0,3
Okno	1,800	1,100	1,5
Strop	1,090	1,090	0,6

Tabulka 6: Porovnání součinitelů prostupu tepla s normovanými hodnotami.

Z tabulky 6 vidíme, že stávající hodnoty součinitelů prostupu tepla U_1 jsou u všech konstrukčních prvků budovy nevyhovující. Součinitele prostupu tepla po realizaci navržených opatření ke snížení ENB již splňují hodnoty požadované normou ČSN 73 0540-2.

4.3.5. Výpočet energetické náročnosti vytápění

Pro potřeby výpočtu měrné roční spotřeby energie na vytápění uvažují rozdělení budovy na dvě zóny: Do první, vytápěné zóny spadají obě obytná podlaží a druhá zóna zahrnuje nevytápěné prostory sklepa a půdy. Protože chodba je vytápěná, spadá do první zóny. Obě zóny mají tak stejný půdorys a tedy i stejnou podlahovou plochu, která je vymezena vnějšími obalovými konstrukcemi.

4.3.5.1. Okrajové podmínky dle TNI 73 0329**Stávající stav**Měrná potřeba tepla na vytápění $EP_A = 240,03 \text{ kWh} / (\text{m}^2 \text{ rok})$ Celková dodaná energie na vytápění $EP = 225,88 \text{ GJ} / \text{rok}$ **Nový stav**Měrná potřeba tepla na vytápění $EP_A = 122,49 \text{ kWh} / (\text{m}^2 \text{ rok})$ Celková dodaná energie na vytápění $EP = 115,26 \text{ GJ} / \text{rok}$ [18]

Úspora energie na vytápění 49 %

4.3.5.2. Okrajové podmínky dle NKN

Pomocí výpočtového nástroje NKN jsem stanovil ENB uvažovaného rodinného domu. Abych dosáhl stejných výchozích podmínek k posouzení tepelně-technických vlastností obálky budovy a výplní vnějších otvorů jsem použil hodnoty stanovené projektem na snížení energetické náročnosti RD [18].

Stávající stavMěrná potřeba tepla na vytápění $EP_A = 223,50 \text{ kWh} / (\text{m}^2 \text{ rok})$ Celková dodaná energie na vytápění $EP = 210,32 \text{ GJ} / \text{rok}$

Orientační tepelná ztráta 26 kW

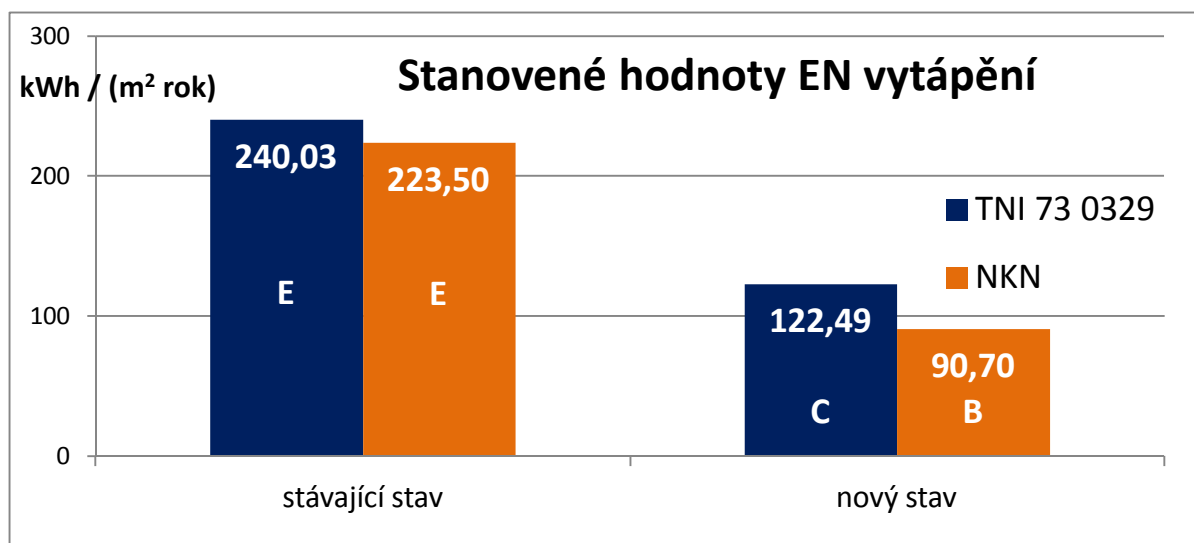
Nový stavMěrná potřeba tepla na vytápění $EP_A = 90,70 \text{ kWh} / (\text{m}^2 \text{ rok})$ Celková dodaná energie na vytápění $EP = 85,35 \text{ GJ} / \text{rok}$

Úspora energie na vytápění 59 %

Orientační tepelná ztráta 15 kW

Snížení tepelné ztráty o 42 %

Podle obou variant výpočtu ENB spadá uvažovaný rodinný dům v současném stavu do kategorie E – nevhodná. Realizací navržených opatření ke snížení energetické náročnosti se docílí poklesu spotřeby energie na vytápění na kategorii C – vyhovující, podle výpočtu pomocí programu od firmy Protech, pracující s okrajovými podmínkami TNI 73 0329 a dokonce na kategorii B – úsporná podle výpočtu pomocí NKN. Hodnota orientační tepelné ztráty je stanovena pro vnější výpočtovou teplotu -12°C . Tak nízké teploty nastanou však jen na krátké období v roce, při vyšších venkovních teplotách je hodnota tepelné ztráty nižší.



Graf 1: Srovnání hodnot ENB pro stávající a nový stav získaných pomocí různých výpočetních nástrojů.

V grafu 1 vidíme vypočtené hodnoty spotřeby energie na vytápění. Písmeno v každém sloupci ukazuje zařazení budovy do jedné z kategorií EN dle PENB.

Z výsledků je patrné, že použijeme-li k výpočtu ENB různé okrajové podmínky, můžeme vypočtené hodnoty ENB porovnat jen velmi orientačně, neboť okrajové podmínky mají zásadní vliv na výsledné řešení. K porovnání výsledků je tedy nutné počítat v režimu tzv. standardizovaného užívání budovy. Jednotlivé zóny mají v NKN přednastaveny podmínky, jako jsou výpočtové teploty, doba užívání, intenzita větrání apod., které nelze dále měnit.

Odborníky je dnes NKN považovaný za nástroj vhodný použít pouze k orientačním výpočtům. Při hodnocení složitějších a komplexnějších zadání vykazuje značné nepřesnosti. Již během svého výpočtu jsem se musel potýkat s nejasným zahrnutím vytápěné plochy a započtením podlahových ploch vytápěné a nevytápěné zóny do celkové spotřeby energie.

4.3.5.3. Skutečná naměřená spotřeba energie na vytápění

Jedinými zdroji tepla v budově jsou dva plynové kotle o jmenovitém výkonu 24 kW, po jednom pro každý byt. Během roku se mění teplota topné a tedy i vratné vody. Obecně lze však říci, že během zimy pracuje otopný systém s průměrným teplotním spádem 55/45 °C. Oba kotle používají plynulou regulaci výkonu.

Od roku 2000 probíhá v budově pravidelný měsíční odečet stavu obou plynoměrů. Rozdílem po sobě jdoucích hodnot stavu plynoměrů vždy k 1. dni v měsíci získáme hodnoty měsíční spotřeby plynu v m³, které jsem v součtu pro oba kotle zanesl do tabulky č.7.

Naměřené hodnoty spotřeby plynu						
	2000	2001	2002	2003	2004	2005
měsíc	[m3]	[m3]	[m3]	[m3]	[m3]	[m3]
leden	809	750	610	657	791	600
únor	617	530	428	660	552	635
březen	550	475	408	440	505	465
duben	234	305	277	270	233	185
květen	90	55	42	108	120	106
červen	55	25	28	28	45	42
červenec	52	24	24	31	39	45
srpen	40	18	20	30	37	43
září	118	103	53	29	57	42
říjen	277	150	226	349	137	152
listopad	405	458	402	420	454	570
prosinec	645	654	613	690	619	747
suma	3892	3547	3131	3712	3589	3632
průměr	324,3	295,6	260,9	309,3	299,1	302,7
	2006	2007	2008	2009	2010	2011
měsíc	[m3]	[m3]	[m3]	[m3]	[m3]	[m3]
leden	932	640	815	833	825	819
únor	731	495	658	595	672	672
březen	665	409	692	460	535	473
duben	280	136	375	75	280	150
květen	51	75	105	87	117	78
červen	49	55	41	45,3	48	40
červenec	46	40	41	28,1	40	35
srpen	47	37	40	24,3	36	18
září	41	73	114	29	51	17
říjen	132	397	216	301	406	263
listopad	486	715	411	490	505	562
prosinec	668	853	609	738	904	636
suma	4128	3925	4117	3705,7	4419	3763
průměr	344,0	327,1	343,1	308,8	368,3	313,6

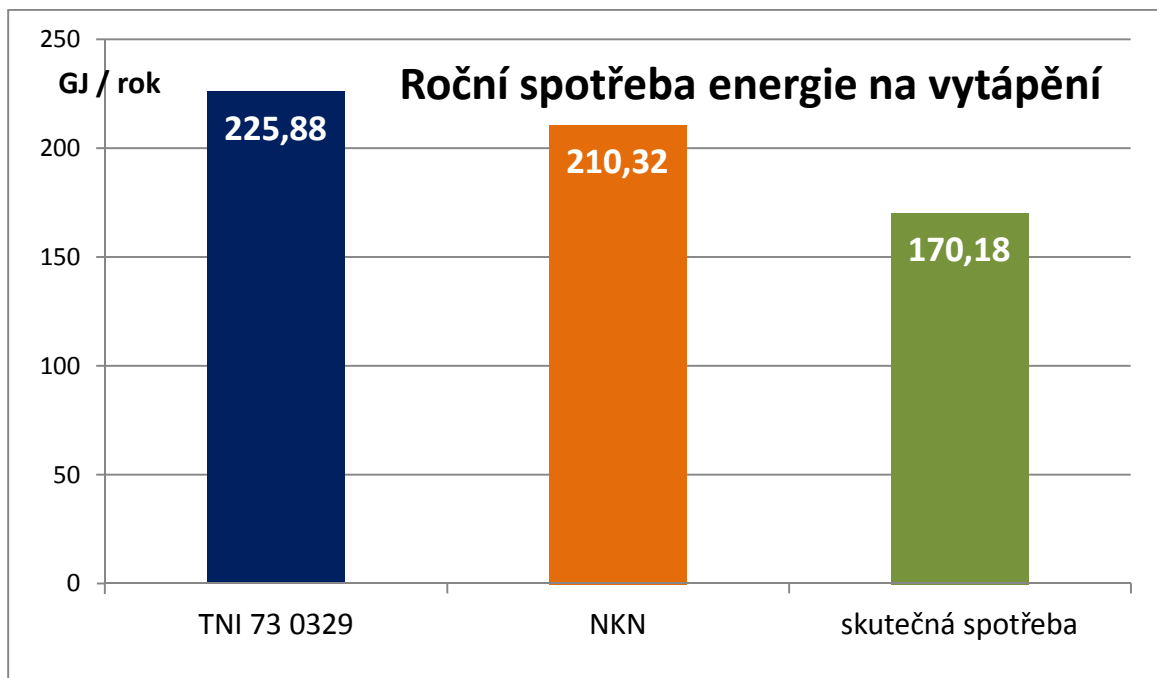
Tabulka 7: Naměřené hodnoty měsíční spotřeby plynu v RD

Celková suma $Q_{\text{celk}} = 45\,560,70 \text{ m}^3$

Celkový průměr $Q_{\text{prům}} = 3\,796,73 \text{ m}^3 \times 10,55 = 40\,055,45 \text{ kWh / rok}$

$$EP_A = \frac{40\,055,45 \frac{\text{kWh}}{\text{rok}}}{221,50 \text{ m}^2} = 180,84 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \times \text{rok}}$$

$$EP = \frac{180,84 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \times \text{rok}} \times 261,40 \text{ m}^2}{277,778} = 170,18 \frac{\text{GJ}}{\text{rok}}$$



Graf 2: Srovnání roční spotřeby energie na vytápění – stávající stav

Z grafu č. 2 jasně vidíme, že zatímco spotřeba energie na vytápění stanovená pomocí dvou výpočetních programů při standardizovaném užívání budovy se od sebe sice liší (viz též graf č. 1), skutečně naměřená hodnota spotřeby energie v domě vykazuje ještě mnohem větší odstup. Rozdíl v užívání budovy ve standardizovaném a skutečném režimu je tedy v našem případě poměrně markantní. Prakticky to znamená, že ne všechny místnosti v obou bytech jsou po celou dobu topné sezóny vytápěny na výpočetní teplotu 20°C, též teplota na chodbě, zahrnuté při výpočtech do obytné zóny je v praxi zpravidla nižší. Vzhledem k malému poměru objemu chodby k objemu obytných místností jsem tuto skutečnost nerozlišil, jistou odchylku ve výsledku však toto zjednodušení způsobí.

5. Návrh optimálního vytápění rodinného domu

V poslední kapitole své diplomové práce porovnám několik vybraných způsobů vytápění uvažovaného rodinného domu pro hodnotu spotřeby energie stanovené v kapitole 4 a to po realizaci navrženého zateplení. Se současným zdrojem tepla, který představuje plynový kotel, srovnáme další způsoby vytápění pomocí tepelného čerpadla, s napojením na litinové radiátory a na teplovodní podlahové rozvody, a elektrických sálavých panelů. Podlahové vytápění pomocí topných kabelů a napojení domu na systém CZT není z technických nebo ekonomických důvodů reálné, proto nebudou tyto varianty zahrnuty do závěrečného hodnocení, nicméně si pro lepší pochopení celé šíře problematiky přiblížíme některé důvody, které v tomto konkrétním případě hrají rozhodující roli.

Hodnotícími kritérii bude **množství** a druh spotřebovávané energie, její **cena** a **ekologičnost** celého procesu vytápění. Tento přístup k hodnocení otopných systémů je nazýván **kritérium 3E**, které zahrnuje právě tři oblasti: energie, ekonomie a ekologie.

Zákon 406/2000 Sb. O hospodaření energií v §2 rozumí:

- i) vytápěním proces sdílení tepla do vytápěného prostoru zajišťovaný příslušným technickým zařízením za účelem vytváření tepelné pohody či požadovaných standardů vnitřního prostředí, který se člení na ústřední vytápění, bytové individuální vytápění a lokální vytápění,*
- j) ústředním vytápěním vytápění, kde zdroj tepla je umístěn mimo vytápěné prostory a slouží pro vytápění více bytových či nebytových prostor,*
- k) jmenovitým výkonem kotle množství tepelné energie udané výrobcem, které kotel předává trvale v teponosné látce při stanovených podmínkách v ustáleném stavu.*

V návrhu otopného systému budu uvažovat průměrnou roční potřebu tepla na vytápění **26 600 kWh**. Z výše uvedených výpočtů a srovnání výpočtové potřeby tepla na vytápění se skutečnou je zřejmé, že se jedná o teoretickou hodnotu, o které je však pro porovnání různých systémů nutné jednoznačně rozhodnout. Výkony různých zdrojů k dosažení takovéto produkce tepla se mohou v závislosti na druhu použité **primární energie, způsobu přeměny** v teplo a způsobu **sdílení tepla** do okolí lišit. K cenovým výpočtům jsou použity aktuální ceníky společností ČEZ a RWE a Plzeňské teplárenské platné od 1. 1. 2012.

5.1. Porovnání otopných systémů

5.1.1. Plynový kotel

V současné době je každý byt v uvažovaném domě vytápěn vlastní etážovou soustavou s plynovým kotlem Vaillant VUW 240/3-3 atmoTEC pro s odtahem do komína, dvou-otáčkovým čerpadlem a plynulou regulací výkonu v rozsahu 9,6 kW – 24 kW, realizovanou prostorovými termostaty Calormatic 392. Výkon každého kotle je 24 kW, výrobcem udávaná účinnost činí 92%. K výměně kotlů došlo v roce 2010, kalkulované investiční náklady představují tedy vynaložené prostředky v tomto roce. Otopná tělesa zůstala zachována, tvoří je litinové radiátory.

Parametry:

Zdroj tepla:	Vaillant VUW 240/3-3 atmoTEC pro
Výkon zdroje tepla:	24 kW
Min. teplota vody:	35 °C
Max. teplota vody:	85 °C
Spotřeba zemního plynu (P = 24 kW)	2,9 m ³ / h

Investiční náklady:

Vaillant VUW 240/3-3 atmoTEC pro	2 x 27 018 Kč =	54 036 Kč
Termostat Calormatic 392	2 x 3 603 Kč =	7 206 Kč
Montáž kotelný	2 x 2 000 Kč =	4 000 Kč
Zapojení, uvedení do provozu	2 x 1 000 Kč =	2 000 Kč
Vložkování komína (14 m + 10 m nerez)		31 200 Kč
CELKEM		98 442 Kč

Roční provozní náklady:

Sazba	Medium	Spotřeba	Cena/kWh	Stálý plat	Celkem
25-30 MWh/rok	zemní plyn	28 913 kWh	1,53346 Kč	3 852 Kč	48 189 Kč

$$P = \frac{Q}{\eta} = \frac{26\,600}{0,92} = 28\,913 \text{ kWh}$$

5.1.2. Tepelné čerpadlo

Ze široké nabídky tepelných čerpadel na trhu jsem vybral japonské Mitsubishi Electric ZUBADAN typu vzduch-voda, které je vybaveno Scroll kompresorem s frekvenčním měničem, zajišťujícím pomocí ekvitermní regulace plynulou regulaci výkonu. [19].

Provozní náklady vytápění pomocí tepelného čerpadla jsou stanoveny pro dvě varianty. V případě napojení na stávající litinové radiátory by čerpadlo díky menšímu množství vody v oběhu a menšímu obsahu ploch sdílení tepla muselo pracovat s vyšší teplotou topné vody a tedy nižším průměrným topným faktorem během topné sezóny a to 2,52. Další variantou je použití teplovodního podlahového rozvodu, kdy by čerpadlo pracovalo s vyšším průměrným topným faktorem a to rovných 3.

Pokud bychom chtěli použít tepelné čerpadlo typu země-voda, byli bychom nuceni, kvůli malé rozloze zahrady (potřeba je cca 30m² na 1kW výkonu), použít zemní vrt, který by ale značně zvýšil investiční náklady. Na 1kW výkonu tepelného čerpadla se udává cca 12m hloubky vrtu, přičemž 1m stojí okolo 1000 Kč. [20] V našem případě by to tedy znamenalo:

$$\text{Cena vrtu} = 14 \text{ kW} \times 12 \frac{\text{m}}{\text{kW}} \times 1000 \text{ Kč} = 168\,000 \text{ Kč}$$

Pro výpočet provozních nákladů tepelného čerpadla je nutné použít sazbu Tepelné čerpadlo D56d. Na rozdíl od sazby D55d, která má nižší měsíční plat za rezervovaný příkon, nemusí totiž tepelné čerpadlo pokrýt celou tepelnou ztrátu domu, ale minimálně 60%. Stálý plat je počítán pro jistič do 3 x 20 A. [21]

Parametry:

Zdroj tepla:	Mitsubishi Electric ZUBADAN 14
Výkon zdroje tepla:	14 kW
Topný faktor (7/35):	3,2
Topný faktor (-7/35):	2,32
Max. teplota vody:	55°C

Investiční náklady:

Tepelné čerpadlo ZUBADAN 14	220 020 Kč
Konzole pro venkovní jednotku	4 500 Kč
Montáž kotelny	43 400 Kč
Uvedení do provozu	6 000 Kč
Montáž – úpravy podlah	150 000 Kč
CELKEM	273 920 Kč (resp. 423 920 Kč - podlahové rozvody)

Roční provozní náklady:

Sazba	Medium	Spotřeba	Cena/MJ	Stálý plat	Celkem
Otopná tělesa: Litinové radiátory, $\varepsilon = 2,52$					
Sazba D56d	Elektřina	10 556 kWh	2,60779 Kč	3 516 Kč	31 044 Kč
Otopná tělesa: Teplovodní podlahové rozvody, $\varepsilon = 3,0$					
Sazba D56d	Elektřina	8 867 kWh	2,60779 Kč	3 516 Kč	26 639 Kč

$$P_1 = \frac{Q}{\varepsilon_1} = \frac{26\,600}{2,52} = 10\,556 \text{ kWh}$$

$$P_2 = \frac{Q}{\varepsilon_2} = \frac{26\,600}{3} = 8\,867 \text{ kWh}$$

[19]

5.1.3. Sálavé panely

Tento způsob vytápění se vyznačuje jistými specifiky a odlišnostmi, které jsem nastínil již v úvodu této kapitoly. Důležitý je způsob přeměny energie a sdílení tepla sáláním, který je realizován pomocí záření o vlnových délkách od 0,78 μm do 10 μm . Toto záření se mění na teplo až po dopadu na osoby a předměty, které tak přímo ohřívá a nikoliv tedy vzduch, jako je tomu u konvekčního způsobu sdílení tepla. To nám umožňuje udržovat nižší teplotu vzduchu v místnosti, čímž současně dosáhneme nižších tepelných ztrát a tedy nižšího potřebného výkonu na vytápění. Sálavé panely určené k vytápění obytných místností pracují s frekvencí od 3 μm do 10 μm a dosahují povrchových teplot okolo 100°C. [22] Jako u všech nízkoteplotních nebo lokálních způsobů vytápění, vzdálených od vnějších výplň otvorů, hrozí zvýšené riziko orosování skel na jejich vnitřním povrchu.

Ke srovnání jsem vybral sálavé panely firmy Eurotop in s.r.o., které jsou částečně akumulární, neboť topné kabely jsou zafrézovány přímo do přírodního kamene. Tyto sálavé panely jsou ve srovnání se svými plechovými nebo skleněnými soukmenovci nejen estetické, ale vykazují též delší životnost a to až 100 let. Pro vytápění panely z přírodního kamene se během otopné sezóny uvažuje jejich provoz po dobu 5 hodin denně na plný výkon. Povrchová provozní teplota těchto panelů se pohybuje mezi 50°C a 70°C, maximální je 90°C. [23]

Parametry:

Zdroj tepla: Sálavé panely z přírodního kamene VARIOS ET6, ET11, ET14, ET16

Výkon zdrojů tepla: 12,1 kW

Pracovní povrchová teplota: 50°C – 70°C

Max. povrchová teplota: 90°C

Investiční náklady:

Sálavý panel ET6 4 x 13 669 Kč

Sálavý panel ET11 6 x 18 229 Kč

Sálavý panel ET14 1 x 20 509 Kč

Sálavý panel ET16 1 x 22 789 Kč

CELKEM 207 348 Kč

Roční provozní náklady:

Sazba	Medium	Spotřeba	Cena/kWh	Stálý plat	Celkem
D45d	Elektřina	14 641 kWh	2,60659 Kč	3 456 Kč	41 619 Kč

$$P = 12,1 \text{ kW} \times 5 \text{ hod} \times 242 \text{ dní} = 14\,641 \text{ kWh} \quad [24]$$

5.1.4. Elektrické podlahové vytápění

Jako další z možných otopných systémů se nabízí elektrické podlahové vytápění pomocí topných kabelů nebo folií. Topné kabely se instalují do podlahy, folie je možné umístit jak do podlahy, stěn nebo stropu. Maximální tepelný výkon je dán fyziologickými aspekty a vychází z nejvyšší přípustné povrchové teploty nášlapné vrstvy, která se udává 29°C. Dovolенý tepelný výkon potom činí 100W/m².

Investiční náklady:

Topné podlahové rohože 111 164 Kč

Montáž - úpravy podlah 150 000 Kč

CELKEM 261 164 Kč

Roční provozní náklady:

Sazba	Medium	Spotřeba	Cena/kWh	Stálý plat	Celkem
D45d	Elektřina	26 869 kWh	2,60659 Kč	3 456 Kč	73 492 Kč

$$P = \frac{Q}{\eta} = \frac{26\,600}{0,99} = 26\,869 \text{ kWh}$$

5.1.5. Centrální zásobování teplem (CZT)

Jen pro úplnost možných řešení vytápění věnuji několik řádek dálkovému způsobu vytápění od společnosti Plzeňská teplárenská a.s. Tuto variantu však nebudeme z důvodu nesrovnatelně vyšších investičních nákladů, uvažovat do konečného hodnocení.

Jak bylo již řečeno, uvažovaný objekt je samostatně stojící rodinný dům, nacházející se ve vilové čtvrti. Nejbližší přípojka dálkového vytápění se nachází 320m od budovy. Vzhledem k malé hustotě vytápěných bytů v oblasti a vzdálenosti přípojky, je pro Plzeňskou teplárenskou a.s. nelukrativní investovat do připojení uvažovaného rodinného domu k systému CZT. Po konzultaci se zástupcem společnosti Plzeňská teplárenská a.s. by tyto investiční náklady musel hradit zákazník. Rozdíl v ceně za odebraný GJ a tedy provozních nákladech by vznikl v případě, že by výměňkovou stanicí vybudovala na své náklady Plzeňská teplárenská a.s. (sazba 413), kdy by cena za odebraný GJ činila 355,50 Kč. V druhém případě, kdy cenu výměňkové stanice hradí zákazník (sazba 412) činí cena za odebraný GJ tepla 265,30 Kč.

Parametry:

Potřeba tepla na vytápění: $26\,600 \text{ kWh} \times 0,0036 = 95,76 \text{ GJ}$

Investiční náklady:

Výkopové práce 320 m $320\text{m} \times 22\,500 \text{ Kč/m} = 7\,200\,000 \text{ Kč}$

Výměňková stanice $500\,000 \text{ Kč}$

CELKEM (v případě sazby 412) $7\,700\,000 \text{ Kč}$

Roční provozní náklady:

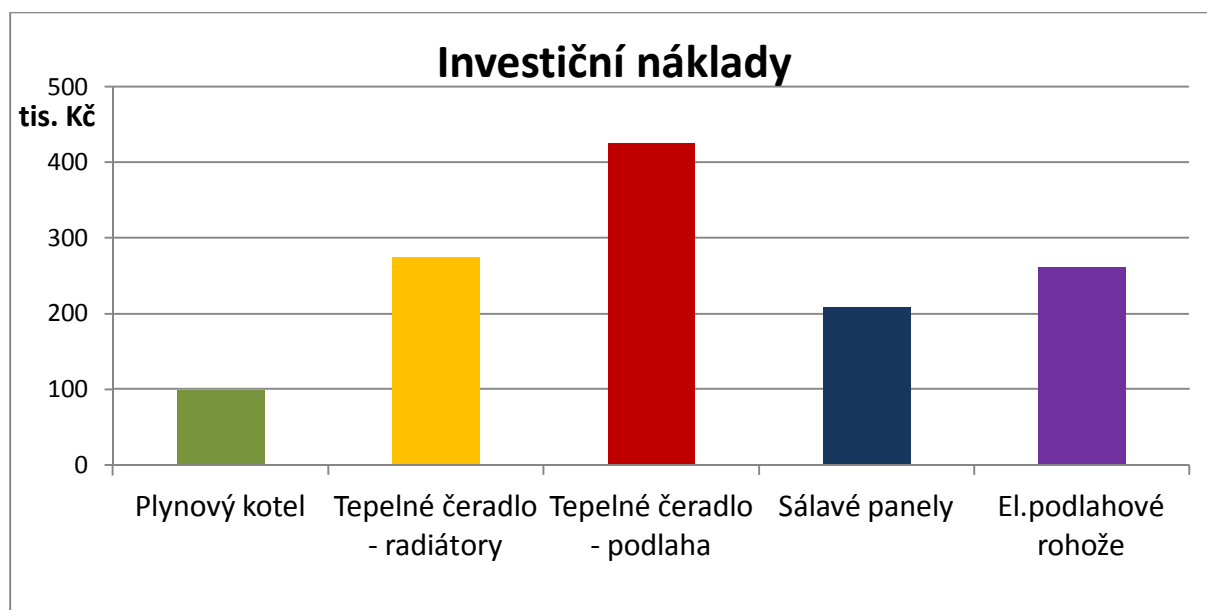
Sazba	Medium	Spotřeba	Cena/GJ	Stálý plat	Celkem
412	teplá voda	95,76 GJ	265,30 Kč		25 405 Kč
413	teplá voda	95,76 GJ	355,50 Kč		34 043 Kč

5.2. Porovnání nákladů a návratnosti investice

V této kapitole shrneme a porovnáme údaje vypočtené pro jednotlivé způsoby vytápění a na základě stanovených investičních a provozních nákladů a zjistíme návratnost investice jednotlivých řešení.

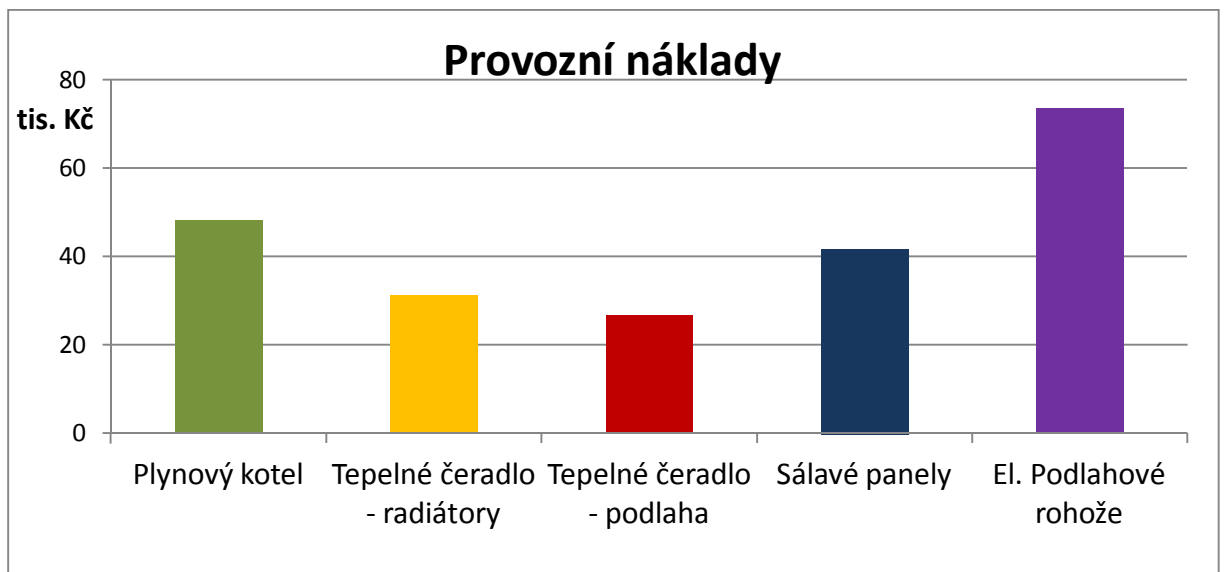
Zdroj tepla	Investiční náklady [Kč]	Provozní náklady [Kč]
Plynový kotel	98 442	48 189
Tepelné čerpadlo – radiátory	273 920	31 404
Tepelné čerpadlo – podlaha	423 920	26 639
Sálavé panely	207 348	41 619
Elektrické podlahové vyt.	261 164	73 492
CZT – sazba 412	7 700 000	25 405
CZT – sazba 413	7 200 000	34 043

Tabulka 8: Srovnání investičních a provozních nákladů uvažovaných způsobů vytápění



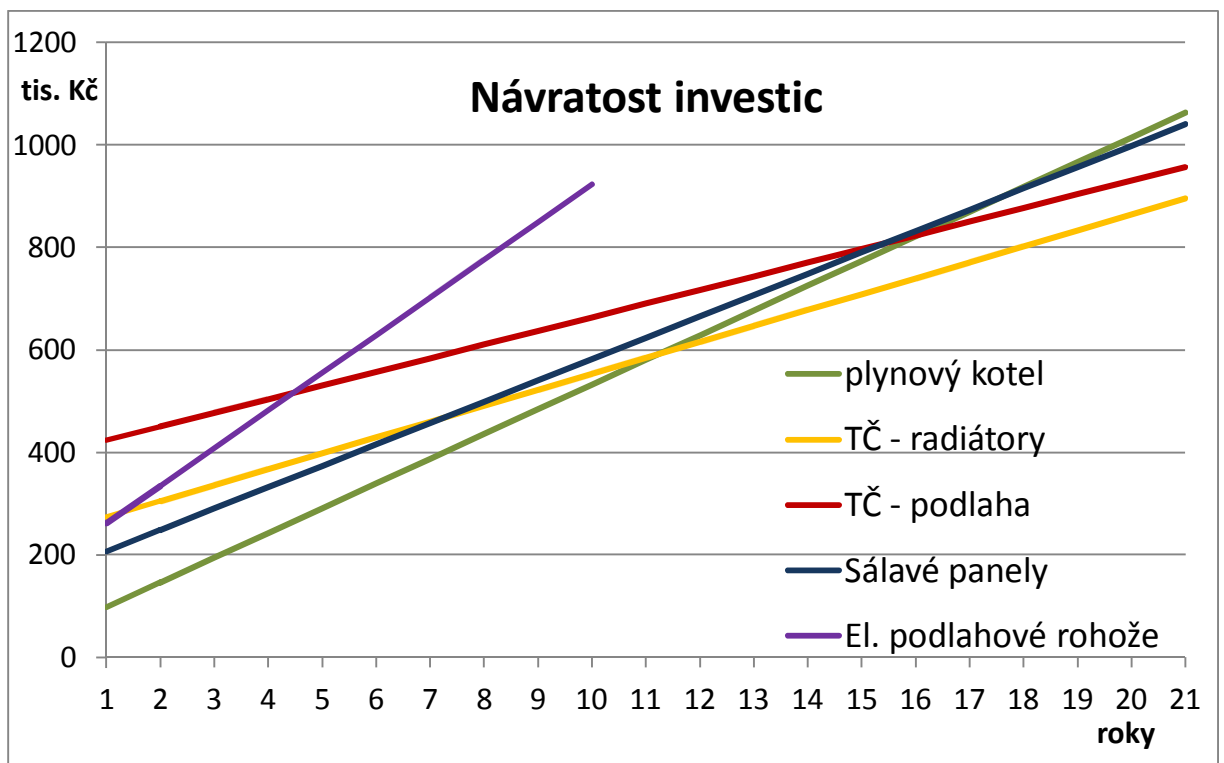
Graf 3: Srovnání investičních nákladů

Nejnižší investiční náklady vyžaduje konvenční plynový kotel, nejvyšší naopak tepelné čerpadlo s podlahovými teplovodními rozvody, kde významnou část tvoří instalace potrubí a úpravy podlah.



Graf 4: Srovnání ročních provozních nákladů

Nejnižší investiční, ale současně druhé nejvyšší provozní náklady, vykazuje konvenční plynový kotel. Tepelné čerpadlo má v obou variantách nejvyšší investiční, současně ale, zejména při podlahových teplovodních rozvodech, nejnižší provozní náklady. Nejvyšší provozní náklady vyžaduje elektrické podlahové vytápění.



Graf 5: Relativní návratnost investic vybraných řešení

Jak můžeme vidět z grafu 5 nebo přesněji z tabulky v příloze 2, do deseti let provozu je nejvýhodnější realizovat vytápění pomocí konvenčního plynového kotle. Po této době by se začalo vyplácet vytápění tepelným čerpadlem napojeným na stávající litinové radiátory. Teprve v daleké budoucnosti, prakticky za hranicí životnosti tepelného čerpadla, by se vrátila investice do podlahových rozvodů. Investice do podlahového vytápění pomocí tepelného čerpadla by se oproti elektrickým podlahovým topným kabelům začala vyplácet již po třech letech provozu. Ve srovnání s instalací a provozem plynového kotle se však investice do elektrických podlahových rohoží nevrátí nikdy. To je dáno jak dražší instalací, tak výrazně vyššími provozními náklady elektrického přímotopného vytápění. Přes nejnižší investiční náklady se plynový kotel stane po sedmnácti letech druhým nejméně výhodným způsobem vytápění, kdy ho co do ekonomické výhodnosti předstihne i provoz sálavých panelů.

5.3. Hodnocení kritériem 3E

Kritérium 3E zahrnuje tři základní roviny, které nám mohou pomoci správně vybrat optimální variantu. Nad každým návrhem se zamyslíme z pohledu **energie, ekonomie a ekologie**.

Energetické hledisko vypovídá o množství spotřebované a uvolněné energie. Jedná se tedy o efektivitu celého procesu. Ekonomická rovina bere v úvahu i cenu používané energie a investiční náklady, což nás přivede k investiční návratnosti rekonstrukce nebo pořízení soustavy, která je důležitým faktorem při rozhodování. Ekologické hledisko se zabývá dopady procesů jednotlivých systémů na životní prostředí a zdraví člověka. Je třeba brát v úvahu všechny fáze procesu, od výroby energie, přes její přeměnu v teplo až po způsob šíření tepla v místnosti. V každé fázi mohou vznikat přímé či nepřímé nežádoucí vlivy na člověka.

Pro konečné rozhodnutí mohou být důležité i další faktory, jako je pohodlnost obsluhy, snadná dostupnost paliva/energie, konstrukční dispozice objektu atp., které záleží výhradně na subjektivním posouzení investora.

V tabulce 9 jsou uvažované návrhy otopného systému bodovány podle každého z kritérií počtem bodů, odpovídajícímu pořadí vhodnosti daného systému. Tedy čím nižší známka, tím lepší. Hodnocení vychází z hodnot vypočtených nebo zjištěných v kapitole 5.1. Ekologické kritérium stanoví pořadí od nejmenšího množství emisí na 1GJ dodaného tepla.

	Energie	Ekonomie			Ekologie	Hodnocení	Pořadí
		Investice	Provoz	Návratnost			
Plynový kotel	5	1	4	1	1	12	2
TČ - radiátory	2	5	2	3	2	14	3
TČ - podlaha	1	3	1	2	2	9	1
Sálavé panely	3	2	3	4	3	15	4
El. podlahové rohože	4	4	5	5	4	22	5

Tabulka 9: Hodnocení kritériem 3E bodově podle pořadí

V tabulce 10 a tabulce 11 je provedeno hodnocení návrhů procentuálně z Energetického a ekonomického hlediska. Varianta nejlépe vyhovující danému kritériu je ohodnocena 100%. Tento způsob hodnocení počítá i s velikostí rozdílů mezi jednotlivými návrhy, které jsou přepočteny a vyjádřeny v intervalu od 0 do 100%, podle vhodnosti daného systému.

	Energie	
	[kWh]	%
Plynový kotel	28 913	31
TČ - radiátory	10 556	84
TČ - podlaha	8 867	100
Sálavé panely	14 641	61
El. podlahové rohože	26 969	33

Tabulka 10: Hodnocení dle energie v procentech

	Ekonomie					
	Investice		Provoz		Návratnost	
	[Kč]	%	[Kč]	%	[roky]	%
Plynový kotel	98 442	100	48 189	55	0	100
TČ - radiátory	273 920	36	31 404	85	10	50
TČ - podlaha	423 920	23	26 639	100	16	20
Sálavé panely	207 348	47	41 619	64	17	15
El. podlahové rohože	261 164	38	73 492	36	x	0

Tabulka 11: Hodnocení dle ekonomie v procentech

Tabulka 12 shrnuje tabulky 10 a 11 a rozšiřuje pohled o ekologickou rovinu. Ve sloupci hodnocení vidíme procentuálně vyjádřenou vhodnost každého systému k použití pro vytápění uvažovaného rodinného domu.

	Energie	Ekonomie			Ekologie	Hodnocení	Pořadí
		Investice	Provoz	Návratnost			
Plynový kotel	31	100	55	100	100	77	1
TČ - radiátory	84	36	85	50	80	67	2
TČ - podlaha	100	23	100	20	85	66	3
Sálavé panely	61	47	64	15	40	45	4
El. podlahové rohože	33	38	36	0	10	23	5

Tabulka 12: Hodnocení kritériem 3E procentuálně podle pořadí

Výsledné pořadí vyšlo u každého způsobu hodnocení jinak. To je možné díky různě velkým rozdílům mezi jednotlivými variantami. Pro lepší přehlednost a závěrečné hodnocení obě pořadí zprůměrujeme.

Pořadí	Topný systém	Výsledné hodnocení
1.	Plynový kotel	1,5
2.	TČ - podlaha	2
3.	TČ - radiátory	2,5
4.	Sálavé panely	4
5.	El. podlahové rohože	5

Z výsledného hodnocení je jasně vidět, že na prvním místě se umístil plynový kotel. Tepelné čerpadlo ohřívající vodu do podlahových rozvodů je druhou nejvýhodnější variantou vytápění. V těsném závěsu se umístilo tepelné čerpadlo pracující do stávajících litinových radiátorů. Přes nižší investiční náklady varianty s radiátory celkově převážila výhoda vyššího topného faktoru, se kterým je čerpadlo schopné pracovat při větším objemu vody u podlahového vytápění. S větším odstupem od prvních třech možností se na čtvrtém místě nachází elektrické sálavé panely. Nejméně výhodným způsobem vytápění je v našem případě elektrické podlahové vytápění, což zapříčiňuje zejména vysoká cena stavebních úprav i provozních nákladů.

Zásadní vliv na celkové hodnocení má především okamžitá investiční návratnost plynového kotle, daná nejnižšími pořizovacími náklady a vyšší topný faktor tepelného čerpadla u podlahových teplovodních rozvodů na rozdíl od radiátorů.

5.4. Závěry pro praxi

V této kapitole nastíním některé další okolnosti, které je nutné vzít v úvahu při rozhodování o způsobu vytápění obecně, zde ovšem s ohledem na námi uvažovaný dům. Kritérium 3E poskytlo objektivní hodnocení možných způsobů vytápění, roli však hrají mnohé další faktory a jejich různá důležitost pro konkrétního investora.

Do úvah o investiční návratnosti je potřeba zahrnout i životnost jednotlivých zařízení a soustav a náklady na jejich údržbu a opravy, které mohou zásadním způsobem ovlivnit provozní náklady a tedy i návratnost počáteční investice. Tyto náklady jsou těžko odhadnutelné a závisí nejen na použitém otopném systému, ale i konkrétních podmínkách, prostředí a způsobu jeho provozu.

Ceny různých druhů energie se od sebe liší a jejich pohyb se též odehrává do jisté míry individuálně. Do rozhodování je tedy též potřeba zahrnout i předpokládaný vývoj cen různých druhů primární energie.

V současné době je v budově realizováno vytápění pomocí dvou plynových kotlů. Protože se ve výsledném hodnocení umístila varianta s plynovým kotlem těsně před tepelným čerpadlem s podlahovými rozvody na prvním místě, není důvod k jejich výměně. Finančně by se investice do tepelného čerpadla navrátila za 10 let. Právě díky hodnocení kritériem 3E jsme si však uvědomili, že ekonomická stránka není jediný rozhodující faktor, ale je potřeba zohlednit více ukazatelů. Investice do sálavých panelů by se finančně vrátila za 18 let. Životnost těchto panelů je vysoká, výrobce udává až 100 let, přesto se v celkovém hodnocení umístily na předposledním místě.

Všechny z uvažovaných možností vytápění disponují srovnatelně komfortní a jednoduchou obsluhou, kterou je možné realizovat pomocí moderních regulačních prvků, zajišťujících hospodárnost celého provozu. U plynového kotle je možné regulovat teplotu topné vody a pomocí termostatických hlavic na každém radiátoru též teplotu v jednotlivých místnostech. Sálavé panely je možné regulovat separovaně, což reálně zajistí větší hospodárnost celého procesu vytápění. Tepelné čerpadlo potřebuje pro dosažení co největší hospodárnosti provozu měnit svůj výkon plynule, k čemuž vyžaduje delší čas na změnu. Proto se regulace výkonu, tedy teplota topné vody, řídí ekvitermní křivkou, kterou definuje ekvitermní regulace. Velmi přesné a individuální nastavení teploty a tím zabránění plýtvání energií lze též dosáhnout s elektrickými podlahovými rohožemi. Materiálovou skladbou podlahy definujeme akumulaci schopnosti a rychlost reakce na změnu teploty.

Jak ukazuje tabulka 13, vzhledem k odhadovaným tepelným ztrátám jednotlivých místností u uvažovaného domu a vzhledem k použitelné nezastavěné ploše místností, není pro námi uvažované množství potřeby energie na vytápění prakticky možné pomocí žádné varianty podlahového otopného systému plně pokrýt tepelné ztráty ani jedné místnosti. K tomu bychom potřebovali zajistit nižší tepelné ztráty každé z místností, větší použitelnou plochu k instalaci topných prvků, případně vyšší přípustný tepelný výkon na metr čtvereční, který však zásadně ovlivňuje tepelnou pohodu člověka v místnosti. Další možností by byla dodatečná instalace pomocného otopného systému, například sálavých panelů apod. Jak jsme však viděli, výpočtová a reálná potřeba energie na vytápění se od sebe značně liší, tento závěr tedy v reálném provozu nemusí platit a vytápění pomocí elektrických podlahových rohoží může s klesající potřebou tepla na vytápění získávat na smyslu.

Místnost	Vytápěná plocha [m ²]	Tepelná ztráta [kW]	Použitelná plocha [m ²]	Dosažitelný výkon [kW]
Obývací pokoj	23	2,9	17	1,7
Ložnice	22	2,7	15	1,5
Dětský pokoj	22	2,7	15	1,5
Kuchyně	15	1,7	10	1,0
Koupelna	9	1,4	5	0,5
Chodba	5	0,7	4	0,4

Tabulka 13: Srovnání potřebného a dosažitelného tepelného výkonu v místnosti

Díky vysokým provozním nárokům má elektrické vytápění význam až u moderních nízkoenergetických staveb, kde se již nepoužívá termín „vytápění“, nýbrž „dodatečné krytí potřeby tepla“, čímž se chce naznačit malý potřebný výkon topných prvků. Vzhledem k nízkým investičním nákladům elektrických přímotopů, zejména u novostaveb, a malé potřebě tepla by se u nízkoenergetických staveb investice například do tepelného čerpadla během doby jeho života nikdy nevrátila. Jak jsme si již mnohokrát dokázali, námi uvažovaný objekt, zejména vzhledem k tepelně-technickým vlastnostem svých obalových konstrukcí a vnějších výplní otvorů a tím vysoké potřebě tepla na vytápění, k nízkoenergetickým stavbám rozhodně nepatří.

6. Závěr

Spotřeba energie domácností tvoří významnou část celkové spotřeby energie. Díky zastaralému bytovému fondu v České republice, a s jistými odlišnostmi v Evropské unii obecně, je převážná část této energie spotřebovávána na vytápění domů a bytů. Evropská směrnice 2002/91/EC o Energetické náročnosti budov (The Energy Performance of Buildings Directive), která byla novelizována směrnicí 2010/31/EU, předpokládá podíl spotřeby energie domácností na celkové spotřebě energie ve výši 40%. Postupným zaváděním povinnosti vypracování průkazu energetické náročnosti budov (PENB) se snaží ovlivnit trh s nemovitostmi tak, aby se tento významný podíl snížil, což přinese též snížení emisí CO₂.

Popisem metodiky stanovení energetické náročnosti budov (ENB) a jejím výpočtem pomocí Národního kalkulačního nástroje (NKN) jsme si ukázali, jak je tato problematika široká a složitá. Bez vhodného výpočetního software je takřka nemožné ENB adekvátně stanovit. NKN, který slouží k tomuto účelu a je k dispozici zdarma, má však velmi omezené použití a v očích odborníků a úřadů nevalnou vypovídací hodnotu. Pro srovnání ENB dvou budov je naprosto nezbytné dodržet stejné okrajové podmínky (viz Graf 1). Změnou některých koeficientů, přestože může být motivována rozumnými a obhajitelnými argumenty, můžeme totiž získat naprosto odlišné výsledky. To poskytuje auditorům značný prostor k úpravě výsledků, ve kterém dříve potenciál ohrozit jejich vypovídající hodnotu. Šlechtný důvod k zavádění PENB se tak může do značné míry minout účinkem.

Jak jsme si dokázali srovnáním vypočtené a naměřené hodnoty ENB v Grafu 2, hodnota ENB, stanovená výpočtem za standardizovaných podmínek, je pouhé teoretické číslo. V praxi záleží na konkrétních vnějších i vnitřních provozních podmínkách, které se od teoretických předpokladů zpravidla liší.

Nad ENB je nejvhodnější se zamýšlet již ve fázi projektu a výběru lokality. Klimatické vlivy v oblasti, členitost terénu, okolní zástavba i orientace budovy, zejména prosklených ploch, ke světovým stranám, hrají důležitou roli. Jistým ukazatelem může též být poměr obsahu ochlazovaného pláště k vytápěnému objemu, který by měl být co nejmenší. Podstatné jsou samozřejmě tepelně-technické vlastnosti obalových konstrukcí a výplní vnějších otvorů. Použitím stavebních prvků a materiálů s nízkým součinitelem prostupu tepla a jejich vhodné skladby zabráníme únikům tepla prostupem a ztrátám tepelnými mosty.

Velký vliv na spotřebu energie budovy má výběr otopného systému, tedy primárního zdroje energie a způsobu přeměny v teplo, stejně jako jeho rozvod a způsob předávání do

okolí. V každé fázi procesu dochází ke ztrátám, které snižují účinnost celého systému. Tok energie je potřeba vhodně regulovat, tedy řídit její množství v čase a místě. Aby nedocházelo k nedotápění nebo přetápění jednotlivých zón nebo místností, regulace by měla být individuální a rychle reagovat na změnu podmínek. U většiny moderních zdrojů tepla je pro dosažení co nejnižší spotřeby primárního zdroje energie též výhodné, je-li regulace plynulá.

Nic z výše zmíněných faktorů, jakkoliv jsou klíčové, však nemůže kompenzovat zásadní vliv a význam chování uživatelů budovy na její energetickou náročnost, a to nejen v oblasti vytápění. Jedině skromným a úsporným způsobem života a optimálním využíváním dostupných moderních technologií můžeme dosáhnout snížení spotřeby energie a škodlivého vlivu její přeměny v jiné formy, včetně tepla, na naše životní prostředí, o které zde jde především.

Zdroje informací

- [1] Hudcová, L. a kol. Energetická náročnost budov. Praha: EkoWATT. 2009. ISBN: 978-80-87333-03-7
- [2] EkoWATT, Macholda, F., Srdečný, K., *Průkaz energetické náročnosti budovy*, online, 2008, cit. 10. 1. 2012, dostupný z: <http://www.ekowatt.cz/cz/informace/uspory-energie/prukaz-energeticke-narocnosti-budovy>
- [3] *Zákon 406/2000 Sb., O hospodaření energií*, schváleno 25.10.2000, účinnost 1.1.2001 novelizovaný zákonem 177/2006 Sb., schváleno 29.3.2006
- [4] MPO, *Seznam energetických expertů*, cit. 10. 1. 2012, dostupný z: <http://www.mpo-efekt.cz/cz/energeticke-expertizy/seznam-energeticky-expertu>
- [5] EkoWATT, *Průkaz energetické náročnosti budov*, cit. 13. 1. 2012, dostupný z: <http://www.prukazybudov.cz/>
- [6] Comfor Space, a.s., *Energetický štítek obálky budovy*, cit 13. 1. 2012, dostupný z: <http://www.energeticky-prukaz.com/energeticky-stitek.aspx>
- [7] Počinková, M. Čuprová, D. *Úsporný dům*. Mudráková, A. Smola, J. 2. vyd. Brno: Era. 2008. 282 s. Edice 21. století. ISBN 978-80-7366-131-1
- [8] Novák, P. – energetický auditor ev.č. 096. *Energetický audit*. Máslo, J. EKis ČEA, 2006
- [9] Tywoniak, J., *Navrhování energeticky úsporných budov v širších souvislostech*, 9. 1. 2007, cit. 19. 1. 2012, dostupný z: <http://www.tzb-info.cz/3809-navrhovani-energeticky-uspornych-budov-v-sirsich-souvislostech>
- [10] Online seznam ČSN norem: www.unmz.cz
- [11] Tywoniak, J., *ČSN EN ISO 13790 Energetická náročnost budov - Výpočet potřeby energie na vytápění a chlazení, v češtině*, 1. 9. 2009, cit. 1.2. 2012, dostupný z: <http://www.tzb-info.cz/hodnoceni-energeticke-narocnosti-budov/5880-csn-en-iso-13790-energeticka-narocnost-budov-vypocet-potreby-energie-na-vytapeni-a-chlazeniv-cestine>
- [12] *Venkovní výpočtové teploty a otopná období dle lokalit*, cit. 2. 2. 2012. dostupný z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/25-venkovni-vypoctove-teploty-a-otopna-obdobi-dle-lokalit>
- [13] Šafránek, J. *Jak korektně hodnotit energetickou náročnost budov*. Konference Asociace energetických auditorů. Praha 2009

- [14] MPO, *Energetická náročnost budov – podrobnosti výpočtové metody – metodická příručka*, Praha, 2007, dostupný z:
download.mpo.cz/get/33171/37558/426775/priloha001.doc
- [15] *Prostup tepla vícevrstvou konstrukcí a průběh teplot v konstrukci*, cit 9.2.2012, dostupný z: <http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/68-prostup-tepla-vicevrstvou-konstrukci-a-prubeh-teplot-v-konstrukci>
- [16] Klimatické oblasti v ČR, cit. 10.2.2012, dostupný z:
http://www.cembrit.cz/index_form.asp?menu=667&doIt=search&obec=Plze%F2&psc=30100&dosearch=vyhledat
- [17] Venkovní výpočtové teploty a otopná období dle lokalit, cit. 14.2.2012, dostupný z:
<http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/25-venkovni-vypoctove-teploty-a-otopna-obdobi-dle-lokalit>
- [18] Kostohryz, T. aut. Ing. ČKAIT – 0201228. *Odborný posudek: Snížení energetické náročnosti RD*. 2009
- [19] Šůs, J. Bláha, M. IVT CENTRUM Tepelná čerpadla. *Cenová nabídka Mitsubishi Electric ZUBADAN*. č. 29/2012. 7.3.2012
- [20] Tepelná čerpadla země-voda, cit. 24.3.2012, dostupný z:
<http://www.mastertherm.cz/tepelna-cerpadla-zeme-voda>
- [21] ČEZ. *Podmínky distribučních sazeb*. 1.1.2012, dostupný z:
http://www.cez.cz/edee/content/file/produkty-a-sluzby/obcane-a-domacnosti/cez_cz_ele_pds-moo_2012-web.pdf
- [22] Infračervené záření. 20. 9. 2011, cit. 24. 3. 2012. dostupný z:
<http://www.tepelnezarice.cz/infracervene-zareni/t-299/>
- [23] Eurotop in s.r.o. Elektrické topení / Technické údaje, cit. 25.3.2012, dostupný z:
http://www.eurotopin.cz/cs/produkty_techickeudaje/
- [24] Smolík, D. Janoušek, J. Eurotop in s.r.o. *Výpočet tepelné potřeby, investiční a provozní náklady*. 27. 1. 2012
- [25] Schwarzer, J. Bruncko, D. Odborný seminář *Systémy vytápění a využití obnovitelných zdrojů energie*. 6.-7.3.2012. registrační číslo: 233/12/AKD/EMS/O. Jihočeská hospodářská komora, České Budějovice, TÜV SÜD Czech s.r.o.
- [26] Dahlsveen, T. Petráš, D. Hirš, J. *Energetický audit budov*, Bratislava: Jaga group. 2003. 295 s. ISBN 80-88905-86-9

- [27] Hodnocení Energetické náročnosti budov, Národní kalkulační nástroj, dostupný z:
<http://tzb.fsv.cvut.cz/projects/nkn/>
- [28] Zákon 177/2006 Sb., 29.3.2006, kterým se mění zákon 406/2000 Sb., o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů
- [29] <http://www.i-ekis.cz/>
- [30] <http://www.epbd-ca.eu/>
- [31] Urban, M. Kabele, K. a kol. *Popis metodiky výpočtu hodnocení energetické náročnosti budov podle vyhlášky 148/2007 Sb.* Praha: ČVUT stavební fakulta, katedra TZB. 6. 8. 2007. dostupný z: <http://www.tzb-info.cz/4274-popis-metodiky-vypoctu-hodnoceni-energeticke-narocnosti-budov-podle-vyhlasky-148-2007-sb>
- [32] Urban, M. Kabele, K. a kol. *Praktická aplikace metodiky hodnocení energetické náročnosti budov (II).* Praha: ČVUT stavební fakulta, katedra TZB. 3. 12. 2007. Dostupný z: <http://www.tzb-info.cz/4517-prakticka-aplikace-metodiky-hodnoceni-energeticke-narocnosti-budov-ii>

Seznamy

Seznam grafů

Graf 1: Srovnání hodnot ENB pro stávající a nový stav získaných pomocí různých výpočetních nástrojů.

Graf 2: Srovnání roční spotřeby energie na vytápění – stávající stav

Graf 3: Srovnání investičních nákladů

Graf 4: Srovnání ročních provozních nákladů

Graf 5: Relativní návratnost investic vybraných řešení

Seznam tabulek

Tabulka 1: Třídy ENB pro měrnou spotřebu energie dle vyhlášky 148/2007 Sb.

Tabulka 2: Průměrné měsíční venkovní teploty

Tabulka 3: Hodnoty součinitele prostupu tepla UN [W/m^2K] dle normy ČSN 73 0540 – 2

Tabulka 4: Přepočítání měsíců na megasekundy

Tabulka 5: Venkovní výpočtové teploty a otopná období pro Plzeň

Tabulka 6: Porovnání součinitelů prostupu tepla s normovanými hodnotami.

Tabulka 7: Naměřené hodnoty měsíční spotřeby plynu v RD

Tabulka 8: Srovnání investičních a provozních nákladů uvažovaných způsobů vytápění

Tabulka 9: Hodnocení kritériem 3E bodově podle pořadí

Tabulka 10: Hodnocení dle energie v procentech

Tabulka 11: Hodnocení dle ekonomie v procentech

Tabulka 12: Hodnocení kritériem 3E procentuálně podle pořadí

Tabulka 13: Srovnání potřebného a dosažitelného tepelného výkonu v místnosti

Seznam obrázků

Obrázek 1: Průkaz energetické náročnosti budov dle vyhlášky 148/2007 Sb.

Obrázek 2: Energetický štítek obálky budovy

Seznam příloh

Příloha č. 1: PENB uvažovaného rodinného domu

Příloha č. 2: Tabulka návratnosti investic

Příloha č. 3: Půdorys uvažovaného rodinného domu

Příloha č. 4: Pohledy uvažovaného rodinného domu

Příloha č. 5: Ceník ČEZ od 1. 1. 2012

Příloha č. 6: Ceník RWE od 1. 1. 2012

Příloha č. 7: Ceník Plzeňské teplárenské a.s. od 1. 1. 2012

Přílohy

Příloha č. 1: PENB uvažovaného rodinného domu

PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY					
Rodinný dům			Hodnocení budovy		
-			stávající stav	po realizaci doporučení	
Celková podlahová plocha:		261,4 m ²			
			Wde EN kWh/m ²	Wde EN kWh/m ²	
				90,7	B
			223,5		E
Měrná vypočtená roční spotřeba energie v kWh/m ² rok			223,5	90,69	
Celková vypočtená roční dodaná energie v GJ			210,32	85,35	
Podíl dodané energie připadající na:					
Vytápění	Chlazení	Mechanické větrání	Teplá voda	Osvětlení a el. spotřebiče	Celkem
96,0%	0,0%	0,0%	0,0%	4,0%	100%
Doba platnosti průkazu		Není uvedena			
Průkaz vypracoval		Bc. Josef Rajtmajer			
		Osvědčení č.:			Není uvedeno

Průkaz energetické náročnosti budovy je zpracován pomocí výpočetního nástroje NNN verze 2.000

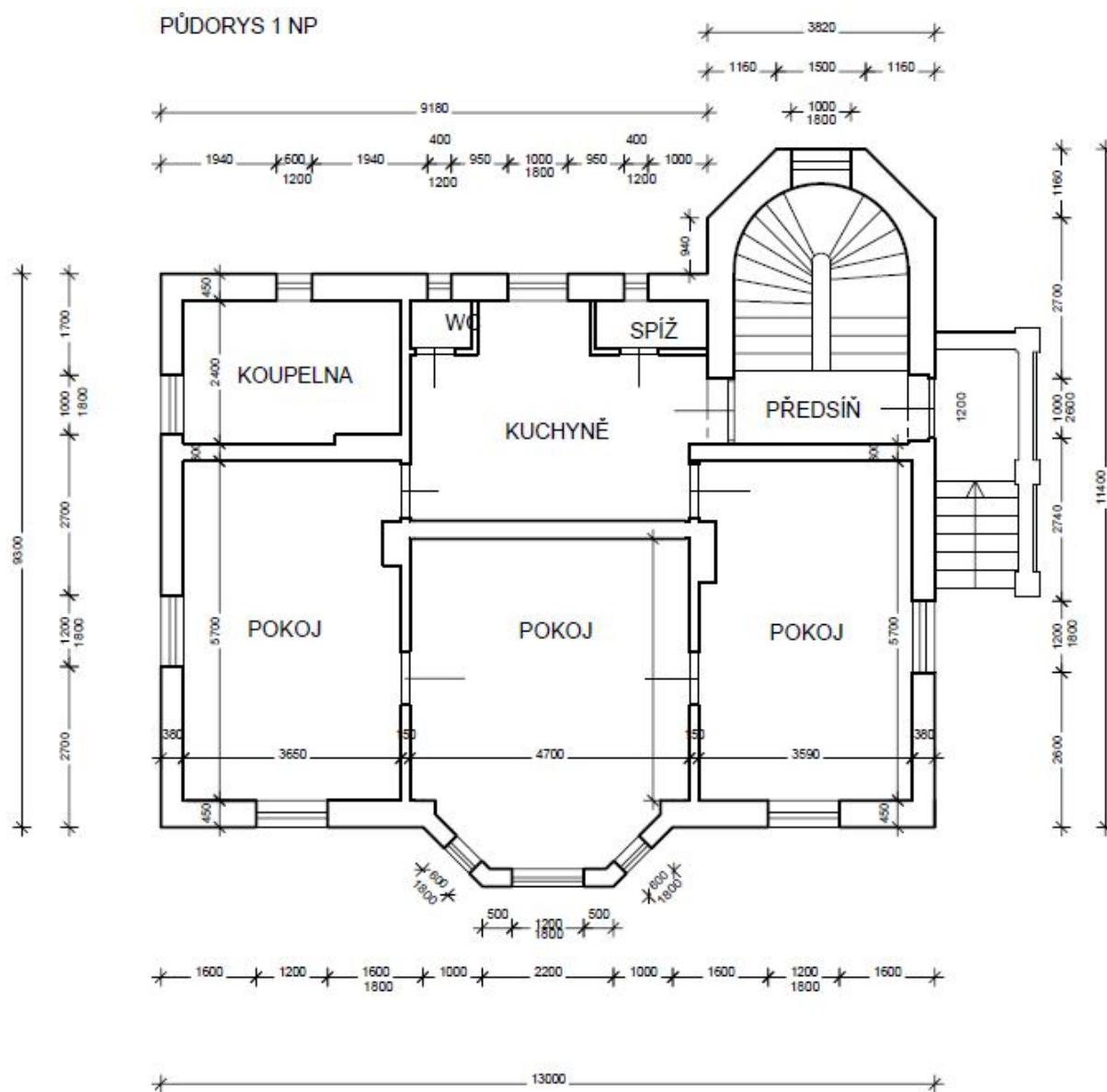
Průkaz ENB splňuje požadavky článek 6.405/2002 Sb., ve znění pozdějších předpisů a vyhlášky č. 146/2007 Sb.

Příloha č. 2: Tabulka návratnosti investic

Uvedené ceny jsou v Kč.

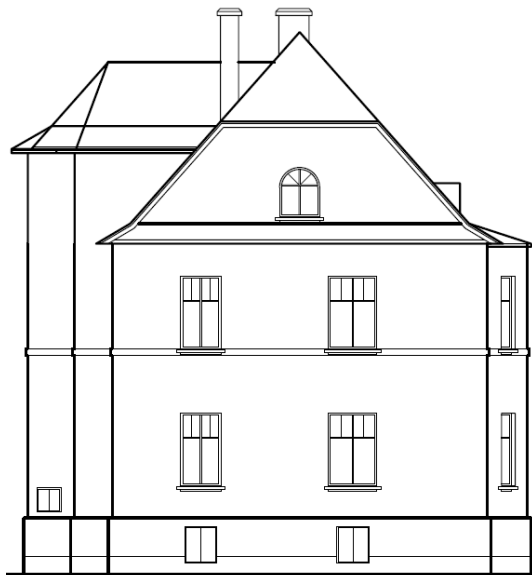
roky	plynový kotel	TČ - radiátory	TČ - podlaha	Sálavé panely	El. podlahové rohože
inv.	98442	273920	423920	207348	261164
1	146631	304964	450559	248967	334656
2	194820	336008	477198	290586	408148
3	243009	367052	503837	332205	481640
4	291198	398096	530476	373824	555132
5	339387	429140	557115	415443	628624
6	387576	460184	583754	457062	702116
7	435765	491228	610393	498681	775608
8	483954	522272	637032	540300	849100
9	532143	553316	663671	581919	922592
10	580332	584360	690310	623538	996084
11	628521	615404	716949	665157	1069576
12	676710	646448	743588	706776	1143068
13	724899	677492	770227	748395	1216560
14	773088	708536	796866	790014	1290052
15	821277	739580	823505	831633	1363544
16	869466	770624	850144	873252	1437036
17	917655	801668	876783	914871	1510528
18	965844	832712	903422	956490	1584020
19	1014033	863756	930061	998109	1657512
20	1062222	894800	956700	1039728	1731004

Příloha č. 3: Půdorys uvažovaného rodinného domu



Příloha č. 4: Pohledy uvažovaného rodinného domu

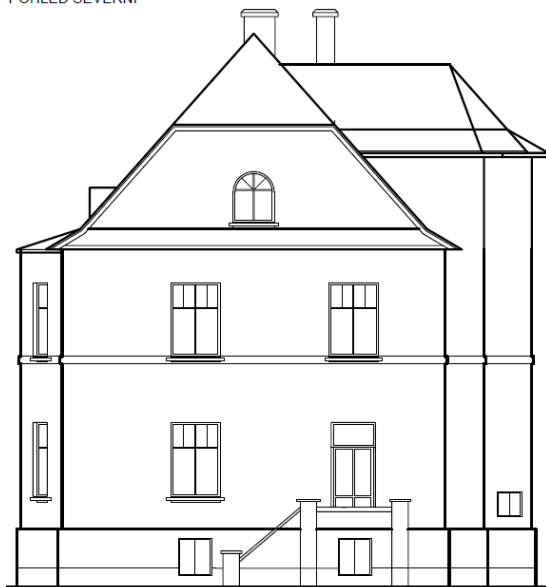
POHLED JIŽNÍ



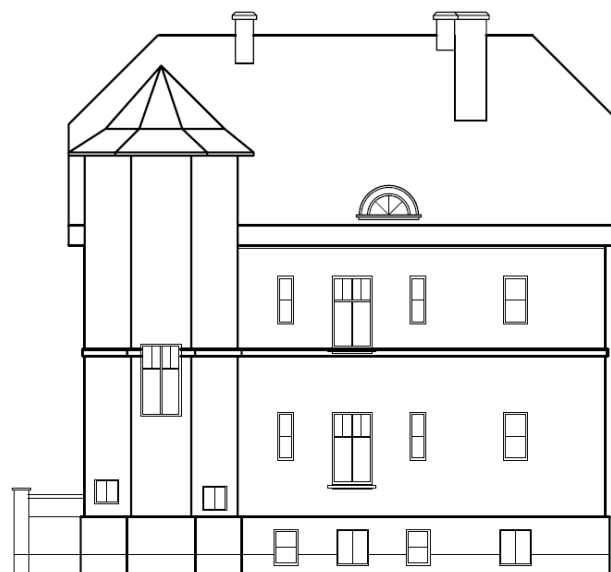
POHLED VÝCHODNÍ



POHLED SEVERNÍ



POHLED ZÁPADNÍ



Příloha č. 5: Ceník ČEZ od 1. 1. 2012

ceny produktů Skupiny ČEZ včetně regulovaných cen za dopravu elektřiny | domácnosti | produktová řada Comfort




účinné od 1. 1. 2012 | uváděny v Kč bez daně z elektřiny a DPH (v závorce orientační ceny s DPH) | *jednotková cena sílové elektřiny je před započtením DPH navýšena o daň z elektřiny

PRODUKTY ROKU 2012	REGULOVANÉ PLATBY ZA DOPRAVU ELEKTŘINY										CISTATNÍ SLUŽBY				SÍLOVÁ ELEKTŘINA		CELKEM			
	DISTRIBUCE										CENY ZA 1 MWh				CENY ZA 1 MWh*		CENY ZA 1 MWh*			
	měsíční plat za rezervovaný výkon podle jmenovité proudové hodnoty hlavního jističe před elektrárnou										systémové podpory výkonu				poměrná cena za měsíc		DOPRAVA + ODBĚHOD			
	do 3×10 A nad 3×16 A nad 3×20 A nad 3×25 A nad 3×32 A nad 3×40 A nad 3×50 A nad 3×63 A nad 1×15 A do 1×25 A do 3×16 A do 3×20 A do 3×25 A do 3×32 A do 3×40 A do 3×50 A do 3×63 A za každý za každý za každý za každý včetně včetně včetně včetně včetně včetně včetně včetně včetně včetně včetně										cena za 1 MWh VT NT VT NT VT NT VT NT				cena za 1 MWh* VT NT VT NT		cena za 1 MWh* VT NT			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Standard	6,00 (7,20)	10,00 (12,00)	12,00 (14,40)	15,00 (18,00)	19,00 (22,80)	24,00 (28,80)	30,00 (36,00)	38,00 (45,60)	0,60 (0,72)	0,20 (0,24)	2 529,04 (3 034,85)	144,00 (172,80)	419,22 (503,06)	6,75 (8,10)	50,00 (60,00)	1 535,00 (1 875,96)	1 891,86 (2 270,00)	4 834,01 (5 804,77)		
D02d	30,00 (36,00)	48,00 (57,60)	60,00 (72,00)	75,00 (90,00)	90,00 (108,00)	120,00 (144,00)	150,00 (180,00)	189,00 (226,80)	3,00 (3,60)	1,00 (1,20)	1 891,74 (2 270,00)	144,00 (172,80)	419,22 (503,06)	6,75 (8,10)	50,00 (60,00)	1 535,00 (1 875,96)	1 891,86 (2 270,00)	3 996,71 (4 830,01)		
D25d	48,00 (57,60)	77,00 (92,40)	98,00 (117,60)	120,00 (144,00)	154,00 (184,80)	192,00 (230,40)	240,00 (288,00)	302,00 (362,40)	4,80 (5,76)	1,60 (1,92)	1 972,84 (2 367,41)	144,00 (172,80)	419,22 (503,06)	6,75 (8,10)	50,00 (60,00)	1 535,00 (1 875,96)	1 891,86 (2 270,00)	4 473,81 (5 402,53)		
D26d	99,00 (118,80)	149,00 (178,80)	188,00 (223,20)	233,00 (279,60)	298,00 (357,60)	372,00 (446,40)	465,00 (558,00)	586,00 (703,20)	9,30 (11,16)	3,10 (3,72)	658,44 (790,13)	144,00 (172,80)	419,22 (503,06)	6,75 (8,10)	50,00 (60,00)	1 535,00 (1 875,96)	1 891,86 (2 270,00)	3 159,41 (3 823,26)		
D35d	102,00 (122,40)	163,00 (195,60)	204,00 (244,80)	255,00 (306,00)	326,00 (391,20)	408,00 (489,60)	510,00 (612,00)	643,00 (771,60)	10,20 (12,24)	3,40 (4,08)	244,94 (293,93)	144,00 (172,80)	419,22 (503,06)	6,75 (8,10)	50,00 (60,00)	1 535,00 (1 875,96)	1 891,86 (2 270,00)	2 828,91 (3 428,85)		
D45d	120,00 (144,00)	192,00 (230,40)	240,00 (288,00)	300,00 (360,00)	384,00 (460,80)	480,00 (576,00)	600,00 (720,00)	756,00 (907,20)	12,00 (14,40)	4,00 (4,80)	244,94 (293,93)	144,00 (172,80)	419,22 (503,06)	6,75 (8,10)	50,00 (60,00)	1 535,00 (1 875,96)	1 891,86 (2 270,00)	2 629,91 (3 182,65)		
D55d	40,00 (48,00)	63,00 (75,60)	79,00 (94,80)	99,00 (118,80)	127,00 (152,40)	158,00 (189,60)	198,00 (237,60)	249,00 (298,80)	3,90 (4,68)	1,30 (1,56)	244,94 (293,93)	144,00 (172,80)	419,22 (503,06)	6,75 (8,10)	50,00 (60,00)	1 535,00 (1 875,96)	1 891,86 (2 270,00)	2 427,91 (2 947,45)		
D66d	120,00 (144,00)	192,00 (230,40)	240,00 (288,00)	300,00 (360,00)	384,00 (460,80)	480,00 (576,00)	600,00 (720,00)	756,00 (907,20)	12,00 (14,40)	4,00 (4,80)	244,94 (293,93)	144,00 (172,80)	419,22 (503,06)	6,75 (8,10)	50,00 (60,00)	1 535,00 (1 875,96)	1 891,86 (2 270,00)	2 427,91 (2 947,45)		
D61d	12,00 (14,40)	19,00 (22,80)	24,00 (28,80)	30,00 (36,00)	38,00 (45,60)	48,00 (57,60)	60,00 (72,00)	76,00 (91,20)	1,20 (1,44)	0,40 (0,48)	3 418,54 (4 102,25)	144,00 (172,80)	419,22 (503,06)	6,75 (8,10)	50,00 (60,00)	1 535,00 (1 875,96)	1 891,86 (2 270,00)	5 712,51 (6 883,97)		

Příloha č. 6: Ceník RWE od 1. 1. 2012


I. PRODEJNÍ CENY ZEMNÍHO PLYNU KONEČNÝM ZÁKAZNÍKŮM (DOMÁCNOST/MALOodbĚRATEL)
platné od 1. ledna 2012

– Pro konečné zákazníky s ročním odběrem do 63 000 kWh v Domácí zóně RWE Energie, jejichž zařízení je připojeno k distribuční soustavě RWE GasNet, s.r.o., platí tyto ceny:

Roční odběr v místě spotřeby kWh/rok	cena distribuce bez DPH		cena za odebraný zemní plyn a ostatní služby dodávky bez DPH		celková konečná cena bez DPH		celková konečná cena s DPH*	
	pevná cena za odebraný zemní plyn Kč/kWh	stálý měsíční plat za kapacitu Kč/měsíc	cena za odebraný zemní plyn Kč/kWh	stálý měsíční plat Kč/měsíc	součet cen za odebraný zemní plyn Kč/kWh	součet stálých měs. platů Kč/měsíc	součet cen za odebraný zemní plyn Kč/kWh	součet stálých měs. platů Kč/měsíc
 vařím do 1 890	0,42723	57,26	1,40985	6,30	1,83708	63,56	2,20450	76,27
 ohřívám vodu nad 1 890 do 7 560	0,22222	101,55	1,14464	24,70	1,36686	126,25	1,64023	151,50
 topím nad 7 560 do 15 000	0,18233	103,46	1,11221	106,20	1,29454	209,66	1,55345	251,59
nad 15 000 do 20 000	0,17685	116,96	1,11221	106,20	1,28906	223,16	1,54687	267,79
nad 20 000 do 25 000	0,17104	137,60	1,11221	106,20	1,28325	243,80	1,53990	292,56
nad 25 000 do 30 000	0,16567	161,24	1,11221	106,20	1,27788	267,44	1,53346	320,93
nad 30 000 do 35 000	0,16418	168,10	1,11221	106,20	1,27639	274,30	1,53167	329,16
nad 35 000 do 40 000	0,16307	188,14	1,11221	106,20	1,27528	294,34	1,53034	353,21
nad 40 000 do 45 000	0,15800	211,37	1,11221	106,20	1,27021	317,57	1,52425	381,08
nad 45 000 do 50 000	0,15757	223,46	1,11221	106,20	1,26978	329,66	1,52374	395,59
nad 50 000 do 55 000	0,15620	239,36	1,11221	106,20	1,26841	345,56	1,52209	414,67
nad 55 000 do 63 000	0,15438	256,22	1,11221	106,20	1,26659	362,42	1,51991	434,90

Ceny jsou uvedeny bez daně ze zemního plynu (ekologické daně). *Uvedená cena s DPH je pouze orientační.

– Pro konečné zákazníky s ročním odběrem nad 63 000 kWh v Domácí zóně RWE Energie, jejichž zařízení je připojeno k distribuční soustavě RWE GasNet, s.r.o., platí tyto ceny:

Roční odběr v místě spotřeby kWh/rok	cena distribuce bez DPH		cena za odebraný zemní plyn a ostatní služby dodávky bez DPH		celková konečná cena bez DPH		celková konečná cena s DPH*	
	pevná cena za odebraný zemní plyn Kč/kWh	pevná roční cena za kapacitu Kč/m ³	cena za odebraný zemní plyn Kč/kWh	pevná roční cena za kapacitu Kč/m ³	součet cen za odebraný zemní plyn Kč/kWh	součet cen za kapacitu Kč/m ³	součet cen za odebraný zemní plyn Kč/kWh	součet cen za kapacitu Kč/m ³
 topím nad 63 000 do 630 000**	0,13487	89,26249	1,06674	83,18532	1,20161	172,44781	1,44193	206,93737

Ceny jsou uvedeny bez daně ze zemního plynu (ekologické daně). *Uvedená cena s DPH je pouze orientační.

**Pro kategorii Domácnost je horní hranice tohoto pásma bez omezení.

Měsíční platbu za kapacitní složky ceny je nutno vypočítat dle postupu uvedeného v části III.

Komoditní část ceny za distribuci (Kč/kWh) obsahuje pevnou cenu za službu operátora trhu ve výši 2,10 Kč/MWh. Uvedené termíny „Vařím“, „Ohřívám vodu“, „Topím“ slouží pouze pro snadnější orientaci zákazníka a představují převládající způsob užití zemního plynu v daném odběrném pásmu. Pro přiřazení jednotkových cen ve vyúčtování spotřeby zemního plynu je rozhodující měrná spotřeba zemního plynu v kWh/rok.

Příloha č. 7: Ceník Plzeňské teplárenské a.s. od 1. 1. 2012

Ceny uvedené v Ceníku byly odsouhlaseny statutárním orgánem dodavatele na jednání dne 2. 12. 2011.

1. Ceny tepelné energie

Za dodávky Tepelné energie účtuje Dodavatel v uvedeném období tyto ceny:

Popis	Kód sazby	Cena v Kč / GJ
Cena z primárního rozvodu		
cena tepelné energie odebírané z primárního tepelného rozvodu Dodavatele (na vstupu do výměňkové stanice) - nebytové odběry	220	265,30
cena tepelné energie odebírané z primárního tepelného rozvodu Dodavatele (na vstupu do výměňkové stanice) - bytové odběry	412	265,30
Cena na výstupu z předávací stanice ÚT a TV		
cena tepelné energie odebírané z předávací stanice Dodavatele (na vstupu do rozdělovače) - nebytové odběry	230	355,50
cena tepelné energie odebírané z předávací stanice Dodavatele (na vstupu do rozdělovače) - bytové odběry	413	355,50
Cena ze sekundárního rozvodu		
cena tepelné energie odebírané ze sekundárního tepelného rozvodu Dodavatele (na patě objektu) - nebytové odběry	236	370,80
cena tepelné energie odebírané ze sekundárního tepelného rozvodu Dodavatele (na patě objektu) - bytové odběry	416	370,80

2. Cena teplotního média

Za dodávky teplotního média účtuje Dodavatel v uvedeném období tuto cenu:

Popis	Cena v Kč / m ³
Cena za odběr doplňovací vody (při dodávkách tepelné energie v horké vodě)	64,70

3. DPH

Ceny uvedené v tomto Ceníku neobsahují daň z přidané hodnoty. Dodavatel k uvedeným cenám vyúčtuje příslušnou sazbu DPH platnou k termínu zdanitelného plnění.

4. Platnost ceníku

Ceník Dodavatele je platný od 1. ledna 2012 do doby nabytí účinnosti nového Ceníku.

5. Ceny uvedené v tomto Ceníku jsou závazné pro všechna Odběrná místa Odběratele, do kterých Dodávku Tepelné energie vyrobené vlastním centrálním zdrojem a teplotního média zajišťuje Dodavatel.