

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

KATEDRA TECHNOLOGIÍ A MĚŘENÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Analyzujte spotřebu energie pro residenční oblast a navrhněte možnost snížení spotřeby energie

Plzeň 2013

Bc. Jiří Kužel

Analyzujte spotřebu energie pro residenční oblast
a navrhněte možnost snížení spotřeby

Bc. Kužel Jiří, 2013

Analyzujte spotřebu energie pro residenční oblast
a navrhněte možnost snížení spotřeby

Bc. Kužel Jiří, 2013

Anotace

Tato diplomová práce se zabývá možnými způsoby, jak vytápět konkrétní rodinný domek a energeticky náročnými spotřebiči. V další části je popsána aktivní a pasivní rekuperace vzduchu včetně rekuperace teplé odpadní vody. Součástí je též návrh tepelného výměníku odpadní vody. Poté je proveden výpočet tepelných ztrát před a po zaizolování rodinného domku a následuje návrh tepelného čerpadla a elektrického kotle. Poslední částí specifikuje tepelné ztráty jednotlivých místností.

Klíčová slova

Spotřeba energie, elektrický kotel, tepelné čerpadlo, kotel na tuhá paliva, rekuperace odpadní vody, tepelná ztráta, termostat.

69 stran

18 obrázků

13 tabulek

přílohy: 17 stran

Abstract

This thesis deals with possible ways to heat a specific family house and with energy consuming appliances. The next section describes the active and passive air recovery, including waste water heat recovery. It also includes a proposal of a heat recovery unit. The next section brings a calculation of heat losses prior and after the insulation of the family house, followed by a proposal of a heat pump and an electric boiler. The final part specifies heat losses of the individual rooms of the house.

Key words

Energy consumption, electric boiler, heat pump, solid fuel boiler, waste water recuperation, thermal loss, thermostat.

69 pages

18 figures

13 tables

appendice: 17 pages

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.

V Plzni dne: 5. 5. 2013

.....
podpis studenta

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce Prof. Ing. Zdeňkovi Vostrackému, DrSc., dr.h.c. a konzultantce Ing. Janě Lidákové za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce. Dále bych rád poděkoval rodině za podporu při mém studiu.

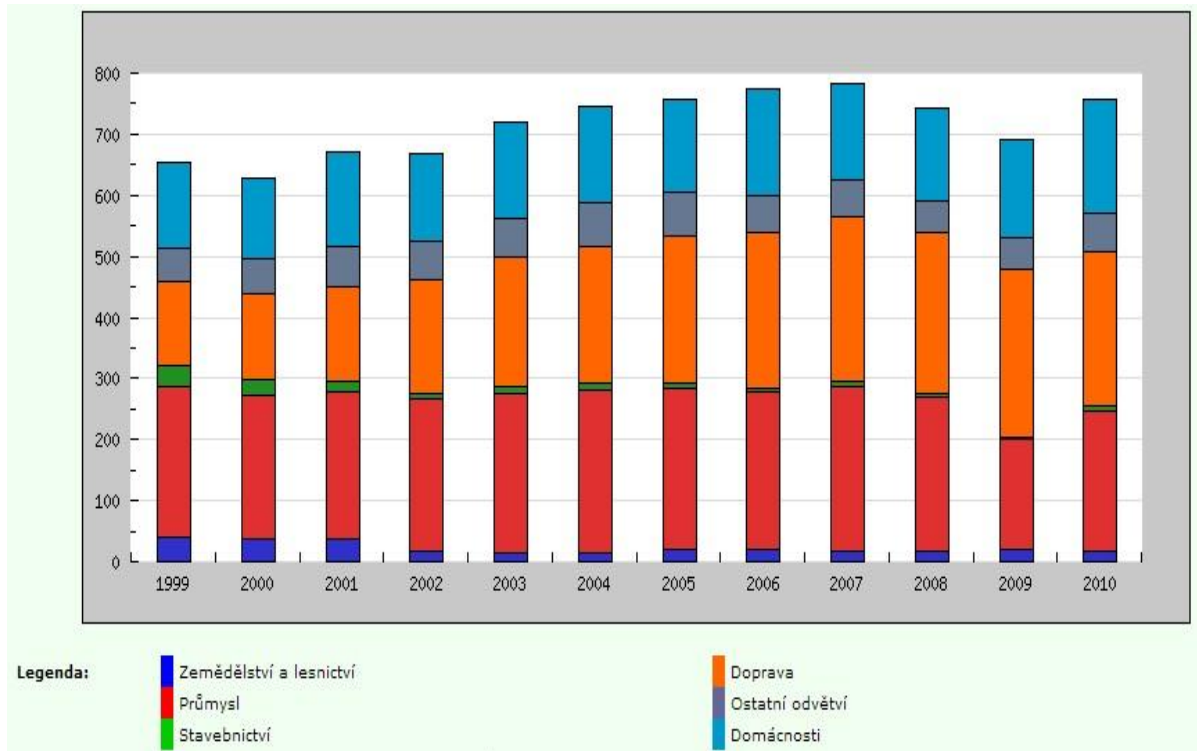
Obsah

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Úvod | 10 |
| 2 | Popis rodinného domu..... | 11 |
| 3 | Spotřeba energie v domácnosti | 12 |
| 3.1 | Vytápění | 13 |
| 3.1.1 | Vytápění pomocí elektřiny | 15 |
| 3.1.2 | Vytápění pomocí biomasy | 16 |
| 3.1.3 | Tepelné čerpadlo..... | 18 |
| 3.1.4 | Srovnání nákladů na vytápění | 21 |
| 3.2 | Ohřev teplé užitkové vody | 22 |
| 3.3 | Ostatní elektrické spotřebiče | 23 |
| 3.3.1 | Chladničky, mrazničky | 24 |
| 3.3.2 | Vaření | 26 |
| 3.3.3 | Osvětlení | 26 |
| 3.3.4 | Stand-by režim | 27 |
| 3.4 | Spotřeba energie v RD..... | 28 |
| 4 | Rekuperace tepelné energie | 29 |
| 4.1 | Aktivní rekuperace | 30 |
| 4.2 | Pasivní rekuperace | 31 |
| 4.3 | Rekuperace teplé odpadní vody | 31 |
| 4.4 | Návrh rekuperační jednotky..... | 32 |
| 5 | Výpočet tepelné ztráty RD | 35 |
| 5.1 | Výpočet součinitele prostupu tepla | 35 |
| 5.2 | Tepelná ztráta prostupem tepla | 37 |
| 5.3 | Tepelná ztráta větráním..... | 37 |
| 5.4 | Celková tepelná ztráta RD..... | 37 |
| 5.5 | Roční potřeba tepla na vytápění..... | 38 |
| 5.6 | Výpočet součinitele prostupu tepla s izolací..... | 39 |
| 6 | Návrh tepelných zdrojů..... | 40 |
| 6.1 | Využití kotle na pevná paliva..... | 40 |
| 6.2 | Návrh tepelného čerpadla | 41 |
| 6.3 | Návrh elektrokotle | 42 |
| 6.4 | Ekonomické hodnocení tepelných zdrojů..... | 43 |
| 6.5 | Pro nezateplený objekt | 43 |

| | | |
|-----|--|----|
| 6.6 | Pro zateplený objekt | 44 |
| 7 | Návrh instalace s prostorovým a časovým řízením..... | 45 |
| 7.1 | Prostorový termostat..... | 46 |
| 7.2 | Individuální vytápění jednotlivých místností | 46 |
| 7.3 | Bezdrátová elektroinstalace..... | 47 |
| 8 | Závěr..... | 50 |
| 9 | Seznam použité literatury | 51 |
| 10 | Seznam příloh..... | 54 |

1 Úvod

V dnešní době si člověk nedovede představit svůj život bez elektrické energie. S neustále zvyšujícím se pohodlím roste i spotřeba energie, a jelikož jsou ceny energií stále vyšší a vyšší, snaží se každá domácnost uspořit, kde se jen může. Celkový podíl spotřebované energie domácnostmi je přibližně 25%. Z grafu vyplývá, že největší odběratel energie je průmysl a následuje doprava a domácnosti.



Obr. 1. Konečná spotřeba energie v ČR dle sektorů, převzato z [1]

První část je věnována popisu rodinného domku s příloženou fotografií.

V druhé části této práce se zabývám spotřebou energie, a to především spotřebou energie na vytápění, kde bude popsáno vytápění pomocí biomasy a elektrické energie. Dále zde budou popsány druhy tepelných čerpadel. Kapitola o vytápění bude ukončena srovnáním všech možných druhů vytápění. Další částí této kapitoly je ohřev teplé užitkové vody. Opět jsou zde uvedeny příklady ohřevu, jako je solární kolektor, bojler, průtokový ohřivač a poslední bod je ohřev teplé užitkové vody za pomoci kotle na pevná paliva. V poslední části této kapitoly jsou popsány spotřebiče, které spotřebují nejvíce elektrické energie. Jako první jsou zde uvedeny chladničky, včetně mrazniček, dále osvětlení a za třetí energie spotřebovaná na vaření. Vše je zakončeno tzv. stand-by režimem.

Třetí část obsahuje teorii o tepelných výměnících a to nejprve o aktivní rekuperaci, pasivní rekuperaci a o rekuperaci teplé odpadní vody. Dále je nastíněn výpočet tepelného výměníku teplé odpadní vody pro rodinný dům.

Předposlední část této práce je zaměřena na výpočet tepelné ztráty rodinného domku a potřeby tepla. Také je v této části vypočítán návrh na zateplení celého rodinného domu. Vše je zakončena návrhem možných tepelných zdrojů, jako jsou elektrický kotel, tepelné čerpadlo a kotel na tuhá paliva.

V poslední části je popsána regulace otopné soustavy, kdy v první podkapitole je uveden prostorový termostat poté následuje individuální vytápění jednotlivých místností dle tepelných požadavků. Hlavní částí této kapitoly je výpočet tepelné ztráty jednotlivých místností a poté celého objektu, kde je počítáno s časovým řízením vytápění místností a zajištění, k těmto účelům, potřebných termohlavic.

2 Popis rodinného domu

Rodinný dům se nachází v jižních Čechách ve vesnici Žďár u Protivína. Ve vesnici není zaveden plynovod. Jedná se třípodlažní stavbu, která byla vystavěna v roce 1989 a svou polohou spadá do klimatické třídy 3. Celková vytápěná plocha je 750 metrů krychlových. Zdivo je navrženo z pěnasilikátových tvárnic o tloušťce 40 cm. Vnitřní nosná zeď je tvořena opět z pěnasilikátových tvárnic, ostatní stěny jsou z tzv. příčkovek. Strop v druhém patře je složen z prken, mezi kterými je skelná vata. Podlaha v prvním a druhém patře se skládá z betonu, skelné vaty a hurdisek. Střecha je tvořena prkny, skelnou vatou, lepenkou a je pokryta alukrytem. Vodovod v rodinném domku je řešen jak obecním připojením, tak vodovodem z Římovské přehrady. Voda je rozdělena na užitkovou a na spotřební (praní, sprcha, WC). K rodinnému domku je přistavěna stavba pro hospodářské účely, která není vytápěna a rozvod vody je řešen oddílným vodovodem než v rodinném domku. Vytápění je realizované pomocí litinových článkových radiátorů spolu s deskovými tělesy z ocelového plechu. V rodinném domku se vytápí pomocí kotle na pevná paliva. V našem případě se jedná o dřevo. Ohřev teplé užitkové vody je realizován bojlerem o kapacitě 160 l. V případě, že je kotel na pevná paliva v aktivním režimu ohřívá se voda pomocí kotle. Osvětlení je kombinované a převažují spíše klasické žárovky. Na spotřebě elektrické energie se největší měrou podílí chladnička a tři mrazničky. V domku jsou vyvedeny dvě zásuvky (pračka, myčka) pouze na levný tarif (HDO). Dále se na spotřebě podílí osvětlení a elektronika. Co se týče vaření, žehlení a přístrojů na domácí práce je těžké identifikovat jejich spotřebu, protože

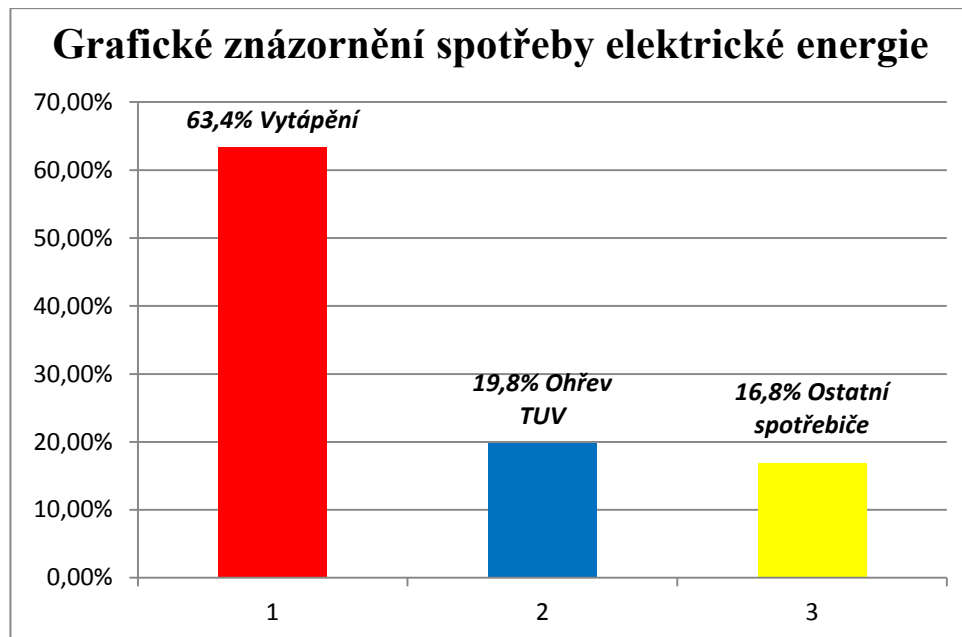
je velmi proměnlivá. Z elektroměrné skříně vedou do domovního rozvaděče kabely AYKY 4 x 25 a CYKY 4 x 1,5.



Obr. 2. Rodinný dům

3 Spotřeba energie v domácnosti

Na celkové spotřebě domácnosti se nejvíce podílí vytápění, které je zde zastoupeno přibližně 64 %. Další nedílnou součástí je ohřev teplé užitkové vody (dále jen TUV), který je zastoupen 20 % a poslední část se skládá z elektrických spotřebičů, ta tvoří necelou pětinu spotřeby. Tento příklad platí pro tříčlennou rodinu, bydlící ve městě, v jedné domácnosti s podlahovou rozlohou 80 m².



Obr. 3. Grafické znázornění spotřeby elektrické energie v domácnosti [2]

3.1 Vytápění

Jak již bylo řečeno, největší podíl na spotřebě má vytápění. Pokud člověk, uvažuje v současné době o stavbě rodinného domku, rozhodně počítá s tím, že jeho rodinný domek se bude pohybovat nejhůře v energetické třídě B, ideálně v A. Zde je třeba si ujasnit rozdíl mezi energetickým štítkem a průkazem energetické náročnosti budov. Jak uvádí [3] energetický štítek s protokolem je dokument, který zavedla ČSN 730540-2/2002. Jedná se obdobný dokument jako energetický průkaz budovy (průkaz energetické náročnosti budov). Zásadní rozdíl v obou dokumentech je však v tom, že energetický průkaz hodnotí budovu s ohledem na spotřebu energie, kdežto energetický štítek hodnotí budovu pouze z jednoho hlediska a to tepelně technické vlastnosti, které jsou definovány pomocí průměrného součinitele prostupu tepla. Nynější novostavby se musí pohybovat v rozmezí A, B, C a rozmezí je 100 kWh/m².

Tab. 1 : Rozdělení dle energetické náročnosti, převzato z [4]

| domy běžné ve 70.-80. letech | současná novostavba | nízkoenergetický dům | pasivní dům | nulový dům, dům s přebytkem tepla |
|--|---|---|--|--|
| charakteristika | | | | |
| zastaralá otopná soustava, zdroj tepla je velkým zdrojem emisí; větrá se pouhým otevřením oken, nezateplené, špatně izolující konstrukce, přetápí se | klasické vytápění pomocí plynového kotle o vysokém výkonu, větrání otevřením okna, konstrukce na úrovni požadavků normy | otopná soustava o nižším výkonu, využití obnovitelných zdrojů, dobře zateplené konstrukce, řízené větrání | pouze teplovzdušné vytápění s rekuperací tepla, vynikající parametry tepelné izolace, velmi těsné konstrukce | parametry min. na úrovni pasivního domu, velká plocha fotovoltaických panelů |
| potřeba tepla na vytápění [kWh/(m²a)] | | | | |
| většinou nad 200 kWh/m ² | 80 – 140 kWh/m ² | méně než 50 kWh/m ² | méně než 15 kWh/m ² | méně než 5 kWh/m ² |

Dále je nutné se zamyslet nad tím, jaký zdroj využijeme pro vytápění [5]

- Elektřinou
- Zemním plynem
- Propanem
- Topným olejem
- Uhlím
- Koksem
- Dálkovým teplem (Centrální zabezpečení teplem = CZT)
- Polenovým dřevem nebo briketami
- Dřevěnými peletkami
- Jinou biomasou
- Tepelným čerpadlem
- Kogenerační jednotkou

Tato práce se zaměřuje na náš rodinný dům, a proto se zde budu věnovat především vytápění pomocí elektřiny, biomasy (polenové dřevo) a tepelného čerpadla. Vytápění pomocí zemního plynu nelze, neboť zde nemáme plynovod a centrální dodávka tepla také nepřipadá v úvahu.

3.1.1 Vytápění pomocí elektřiny

Hlavní výhodou tohoto vytápění je, že elektrická energie je dostupná prakticky všude na rozdíl od již zmíněného zemního plynu (plynovodu). Další možný klad, díky kterému si elektrické vytápění pořizuje mnoho lidí je jisté pohodlí. Základní nevýhodou tohoto systému je vysoká cena elektrické energie.

Vytápět lze těmito způsoby:

- Lokální topidla přímotopná
- Topidla akumulární
- Elektrický kotel

Lokální topidla přímotopná – u těchto topidel nebo soustav lze vytápět a regulovat teplotu v každé místnosti zvlášť a dále je zde možnost časové teplotní regulace. Tato metoda nám nabízí vytápění každé místnosti na požadovanou teplotu, čímž se nám sníží spotřeba energie oproti ústředním soustavám.

Tab. 2 : Doporučená teplota v jednotlivých místnostech [7]

| Doporučené teploty v místnostech | °C |
|----------------------------------|---------|
| Obývací pokoj | 20 -22 |
| Dětský pokoj | 20 |
| Ložnice | 16 - 18 |
| Koupelna | 24 |
| WC | 15 |
| Chodby | 15 |

Nevýhodou může být při přechodu z ústředního vytápění na tento systém, absence rozvodu elektřiny ve všech vytápěných místnostech. Další zápor, který zde vzniká je ohřev TUV neboť se musí řešit zcela odděleně od topné soustavy. Druhy přímotopných topidel jsou konvektory, sálavé panely, topné kabely, topné fólie, infrazářiče, teplovzdušná topidla. Dle [6] u místních topidel se velmi často projevují nedostatky v umístění regulátorů teploty. Pro správnou funkci má být např. prostorový termostat v místnosti pouze jeden, umístěný mimo dosah jakýchkoliv zdrojů tepla na vnitřní stěně vytápěné místnosti ve výšce 1,5 až 1,7 m. V prostorách s nebezpečím svévolné manipulace s regulačními prvky (školy, internáty, restaurační podniky apod.) se doporučuje aretace nastavení požadované nebo horní hranice teploty v místnosti.

Lokální topidla akumulční – zde se může jednat o elektrická akumulční kamna, kde se během nízkého tarifu ohřívá náplň z magnetizovaných cihel. Většinou se kamna nahřívají po dobu 8 hodin a po zbytek z nich můžeme čerpat teplo. Pokud bychom chtěli zvýšit výkon lze mít v kamnech vestavěný ventilátor, který nám vhání teplo do vytápěného prostoru. Nevýhodou tohoto systému je rozměrová velikost a i hmotnost.

Elektrický kotel – jedná se o elektrickou topnou vložku, která je společně s termostatem a oběhovým čerpadlem vtěsnána v malé kompaktní jednotce a zapojena do rozvodu ústředního vytápění. Výhody využití jsou spolehlivost, účinnost, která se blíží 100%, neprodukuje žádné emise, pokud pomineme samotnou výrobu elektrické energie. Další výhodou je nízká pořizovací částka. Mezi nevýhody patří vyšší náklady na vytápění a jako u celé této kapitoly, pokud se přeruší dodávka elektrické energie, nevytápí. Elektrokotel se využívá v sazbě D45. Tato sazba je dvoutarifní a nízký tarif (NT) je v platnosti 20 hodin denně. Během této doby je elektrokotel připojen.

3.1.2 Vytápění pomocí biomasy

Definice biomasy dle evropské směrnice: [8] "Biomasou" se rozumí biologicky rozložitelná část produktů, odpadů a zbytků biologického původu ze zemědělství (včetně rostlinných a živočišných látek), z lesnictví a souvisejících průmyslových odvětví včetně rybolovu a akvakultury, jakož i biologicky rozložitelná část průmyslových a komunálních odpadů; zahrnuje biokapaliny a biopaliva.

Tab. 3 : Výhřevnost biomasy, převzato z [5]

| Druh paliva | Obsah vody | Výhřevnost | Měrné hmotnosti | | |
|------------------|------------|------------|-----------------|-------------------------------|----------|
| | [%] | | [MJ/kg] | [kg/m ³]=[kg/plm] | [kg/prm] |
| Listnaté dřevo | 15 | 14,605 | 678 | 475 | 278 |
| Jehličnaté dřevo | 15 | 15,584 | 486 | 340 | 199 |
| borovice | 20 | 18,4 | 517 | 362 | 212 |
| vrba | 20 | 16,9 | | | |
| olše | 20 | 16,7 | | | |
| habr | 20 | 16,7 | | | |
| akát | 20 | 16,3 | | | |
| dub | 20 | 15,9 | 685 | 480 | 281 |
| jedle | 20 | 15,9 | | | |
| jasan | 20 | 15,7 | | | |
| buk | 20 | 15,5 | 670 | 469 | 275 |
| smrk | 20 | 15,3 | 455 | 319 | 187 |
| bříza | 20 | 15 | | | |
| modřín | 20 | 15 | | | |
| topol | 20 | 12,9 | | | |
| Dřevní štěpka | 30 | 12,18 | | | 210 |
| Sláma obilovin | 10 | 15,49 | | 120 | (balíky) |
| Sláma kukuřice | 10 | 14,4 | | 100 | (balíky) |
| Lněné stonky | 10 | 16,9 | | 140 | (balíky) |
| Sláma řepky | 10 | 16 | | 100 | (balíky) |

Kotle dělíme:

- Lokální topidla na dřevo
- Kotle na dřevo pro systémy ústředního vytápění
- Teplovodní kotle na peletky

Lokální topidla na dřevo – jedná se o kachlová kamna, anebo krbová kamna, která nám vytápějí dané místnosti. V dnešní době se tento způsob vytápění příliš nepoužívá, ale je hodně rozšířen v chatařských oblastech a dále se také používá pro dotopení v rodinných domech. Ve většině těchto kamen se dá použít jako topný materiál dřevo, uhlí, ale i peletky.

Kotle na dřevo pro systémy ústředního vytápění

- Teplovodní
- Teplovzdušné

Teplovodní kotle na dřevo – tyto kotle se vyrábějí již řadu let v mnoha provedeních a o různých výkonech. Kotel by se neměl pořizovat ve větším výkonu, než jsou tepelné ztráty vytápěného domu. V dnešní době se stále používají, protože jde o jedno z nejlevnějších vytápění, ale i ekologicky jsou na tom kotle na dřevo velmi dobře na rozdíl od kotlů na uhlí a koks. Průměrná cena se pohybuje okolo 500 Kč/prm (prostorový metr) a to záleží na druhu dřeva. Smrk je levnější oproti dubu či buku neboť má menší měrnou hmotnost. Mezi hlavní nevýhody patří potřebný prostor pro skladování dřeva, pravidelné rozdělování a nemožnost nastavení časového sepnutí. Pro náš rodinný dům vychází spotřeba dřeva okolo 40 prn na topnou sezónu. Životnost kotle ovlivňuje nejen druh paliva, ale i správné zapojení a také jeho naddimenzování.

3.1.3 Tepelné čerpadlo

Jedná se o alternativní zdroj energie, který získává teplo z okolního prostředí, tím že danou látku ochladí a tím se získá teplo k vytápění anebo teplo k ohřevu TUV. Tepelné čerpadlo funguje na stejném principu jako lednička, chladnička či klimatizace a to na Carnatově cyklu. Dle [24] základními částmi je kompresor, který nám zajišťuje oběh teplotnosné látky ve vnitřním okruhu tepelného čerpadla. Expanzní ventil zajišťuje, aby se zkapalněné chladivo o vyšším tlaku převedlo do výparníku a při nižším tlaku vypařilo. Výparník je výměník tepla, kde se předává získané teplo a kondenzátor, kde se přijímá získané teplo. Nejdůležitějším parametrem, který nás zajímá při výběru je takzvaný topný faktor COP (Coefficient of performance), je to poměr mezi vyrobenou tepelnou energií tepelným čerpadlem a energií potřebnou k chodu tepelného čerpadla. Topný faktor je závislý na teplotě obnovitelného či druhotného zdroje tepla, z něhož je teplo odebíráno a na teplotě odběru tepla, kam je teplo odevzdáváno. Do provozní hodnoty topného faktoru je nutné zahrnout veškeré potřebné

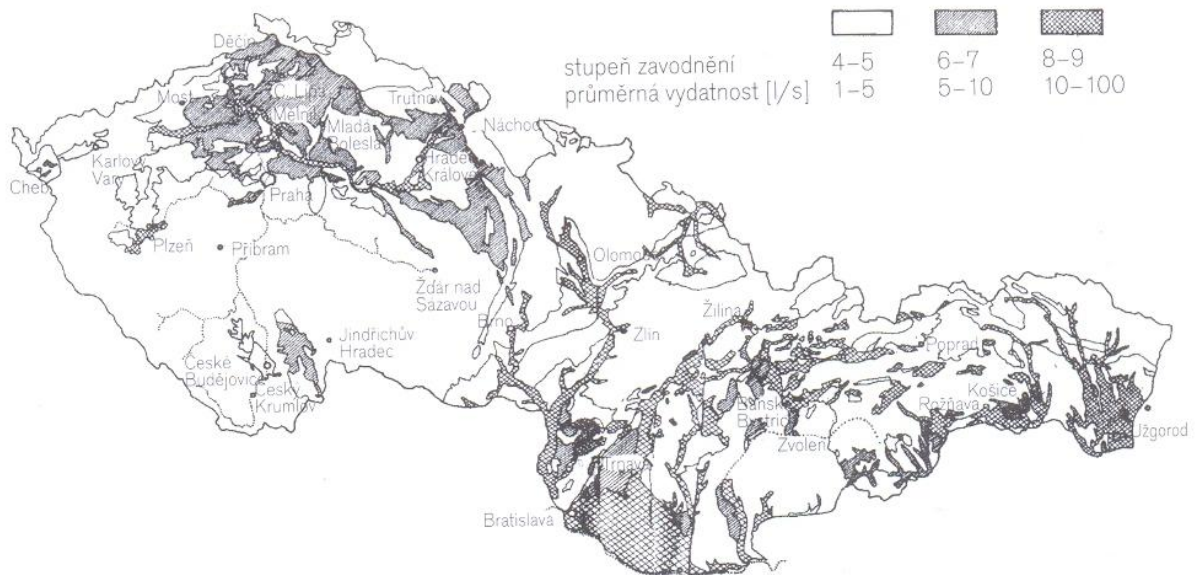
energie (čerpadla, odmrazování, regulace, ventilátory) Podle toho, z kterého okolního prostředí získáváme teplo, dělíme tepelná čerpadla[19]:

- Země (půdní kolektor) – voda
- Země (hlubinný vrt) – voda
- Voda – voda
- Vzduch – voda

Země (půdní kolektor) – voda: u těchto typů tepelných čerpadel je největší problém, aby rodinný domek měl dostatečnou plochu na uložení kolektoru, které se pokládají do hloubky 1,5 až 2 metry a tudíž zde nehrozí nebezpečí deformace a vzdálenost mezi trubkami by měla být minimálně 0,6 m. Tato plocha již nesmí být nikdy zastavena. Polyetylenové trubky jsou plné nemrznoucí směsí. Druhou možností uložení kolektoru je tzv. kolektor slinky. Je tvořen smyčkami potrubí, která vzniknou roztažením svinutého kola. Oproti hlubinným vrtům má půdní kolektor nižší pořizovací náklady, ale má nepatrně nižší topný faktor i tak mezi jeho výhody patří velký topný faktor, který se pohybuje v rozmezí 3,3 až 3,8. [18]

Země (hlubinný vrt) – voda: již není nárok na tak značně velkou plochu jako u půdního kolektoru. Důležitým parametrem je tepelná vodivost hornin. Teplo se z podloží čerpá pomocí jednoho či více vrtů. Hloubka vrtů závisí na potřebném výkonu tepelného čerpadla. Uvádí se, že na 1 kW výkonu tepelného čerpadla je zapotřebí vrt o hloubce 12 až 18 m. Může zde nastat problém s pohybem desek, což může zcela přiškrtit trubky a ohrozí funkci celého systému. Další nevýhodou je velká cena za každý metr. Cena se pohybuje přes 1000 Kč za metr a záleží na podlaží čím tvrdší tím, je vrt dražší. Nespornou výhodou tohoto typu tepelného čerpadla je téměř neměnný topný faktor, který se pohybuje v rozmezí 4-5. [18]

Voda – voda: zde je možnost využít podzemní vodu anebo povrchovou vodu. S povrchovou vodou se u tepelných čerpadel příliš nesetkáme, protože má nízkou teplotu. Dalším důvodem proč se příliš nevyužívá, je že málo kdo má u svého domu řeku či rybník, proto se většinou využívají pro rozvod studny (podzemní voda). Vodu odebíráme ze zdrojové studny a po ochlazení se vypouští do takzvané vsakovací studny. U studen je nutné, aby měli velký přísun vody, a dále je nutné, aby vsakovací studna byla schopna vracet ochlazenou vodu. Výhodou utohoto systému je nejvyšší průměrná roční topný faktor při nejnižších nákladech. Průměrný topný faktor je dán teplotou vody, která je v hloubce větší než 10 m stálá během celého roku a její teplota se pohybuje okolo 10-12 °C. Nevýhoda těchto čerpadel je poměrně častá údržba ve formě výměny filtrů a výměníků. [18]



Obr. 4. Hydrologická mapa ČR a SR, převzato z [18]

Vzduch – voda: jedná se o nejrozšířenější typ tepelných čerpadel. Mezi hlavní výhody patří nejnižší pořizovací cena, možnost instalace téměř kdekoli. I samotná instalace je o dost jednodušší. S tímto jsou spojené jisté nevýhody. Nižší topný faktor, který se pohybuje okolo 2,5, proměnlivé teploty a hluk. V období, kdy chceme vytápět je venku nižší teplota a tím se nám snižuje účinnost. Současná vzduchová tepelná čerpadla jsou schopna pracovat až do teplot -12 až -15 °C. Pokud je venkovní teplota nižší než je tepelné čerpadlo schopno zpracovat, je nutné vybavit vytápěný objekt přídatným zdrojem, například elektrickým kotlem.

3.1.4 Srovnání nákladů na vytápění

Při pořizování nového rodinného domku, či při rekonstrukci je velmi nutné zvážit, jaký druh vytápění zvolíme. Vytápění se podílí na celkové spotřebě energie 63%, což je tři pětiny. Následující obrázek zobrazuje náklady na vytápění (80 GJ ročně).



Obr. 5. Náklady na vytápění [9]

Pokud budeme předpokládat velký nárůst cen, který můžeme vysledovat ze zdroje [13]. Navýšení ceny za dřevěné pelety během roku 2010 a 2011 vzrostlo o necelých 17%. Průměrná cena dřeva se nijak nenavýšila. Cena hnědého uhlí vzrostla oproti roku 2010 o 2,7%. Černé uhlí se vyšplhalo pouze o jedno procento. Jak uvádí zdroj [14] tak cena zemního plynu oproti roku 2011 klesla o 6%. Následující obrázek nám předkládá prognózu nákladů na vytápění v následujícím roce.



Obr. 6. Předpokládané náklady na vytápění

3.2 Ohřev teplé užitkové vody

Ohřev TUV se podílí se na celkové spotřebě necelými 20 %, což představuje jednu pětinu. Možnosti, které se nám nabízejí, při výběru ohřevu TUV jsou:

- Solární kolektory
- Tepelné čerpadla
- Elektrický, plynový bojler
- Průtokové ohříváče elektrické a plynové
- Kotle na pevná paliva

Solární kolektory – vytváří nám teplo, které je možné využít na ohřev TUV a přitápění. Pokud se rozhodneme si pořídit solární kolektor tak nás nejvíce zajímá jeho návratnost. [10] Je-li možno získat dotaci „Zelená úsporám“, návratnost se pohybuje rozmezí 1 –3 let. Dotace se dala získat ve výši 55 000 Kč. Bez dotací se návratnost pohybuje v rozmezí 5 – 15 let. Při výběru je velmi důležitá účinnost, která se pohybuje v mezích 75% - 85%. To vše je, ale za ideálních podmínek (ideální teplota, intenzita slunečního záření, znečištění panelu). Je uváděno, že na jednu osobu se přibližně spotřebuje 50l TUV za den. Obecně se využívá na

jednu osobu 1 m² solárních panelů. Úspora energie je 60%, kdy v létě jsou nám schopny pokrýt celých 100%, avšak v zimě se udává 10%. Vždy musí být ve spojení s dalším typem ohřevu TUV.

Elektrický bojler – Jedná se o nejnámější zásobníkový prvek. Zde máme na výběr ze dvou možností uložení. Jedná se o vertikální a horizontální typ. U horizontálního typu dochází více k mísení teplé a studené vody a tím i menší účinnost. Další nevýhoda je umístění neboť zabírá více místa. Vertikální typ je více vyvážený z hlediska mísení teplé a studené vody. Další kritérium, které je nutné při výběru elektrického bojleru zvážit, je jeho velikost. Jak již bylo psáno, na jednu osobu se spotřebuje přibližně 50l teplé vody za den a tudíž pro čtyř člennou rodinu by se měl pohybovat objem bojleru od 150 do 200 l. Další kritérium je umístění bojleru. Vedení od bojleru by mělo být co nejkratší, aby nedocházelo k velkým tepelným ztrátám a vedení by mělo být řádně izolováno.

Průtokové ohřivače elektrické - dělíme na dvě základní skupiny a to podle toho z kolika míst chceme odebírat teplou vodu. Pokud ji budeme odebírat z více než jednoho místa, potřebujeme tlakový a druhý typ je beztlakový, který nám slouží k odběru teplé vody z jednoho místa. Výhodou průtokových ohřivačů je, že vždy máme teplou vodu k dispozici. Mají velkou účinnost a malé rozměry a proto se využijí především tam, kde je nedostatek místa. Oproti bojlerům, zde odpadají tepelné ztráty vedením, neboť samotné zařízení je umístěno přímo v daném místě spotřeby. Klasický bojler o objemu 160 l má spotřebu 2 kW a je schopen pokrýt potřebu celého domu. U průtokových ohřivačů, které by měly sloužit jak pro ohřev lokální například nad umývadlo, tak i pro celkový ohřev (kuchyně, technické místnosti, vana, sprcha) se odběr pohybuje okolo 15 kW, avšak jde jen o chvilkový odběr.

Kotle na pevná paliva – musí se jednat o teplovodní kotle. V topném období, které u nás trvá přibližně 8 měsíců, lze právě využít tento systém ohřevu vody, tudíž lze ohřívat teplou vodu téměř bez použití elektrické energie (oběhové čerpadlo). Kotel by měl být umístěn co nejbližší bojleru, aby se zkrátilo vedení a tím případné ztráty. Mezi nevýhody patří prostorová náročnost celé soustavy.

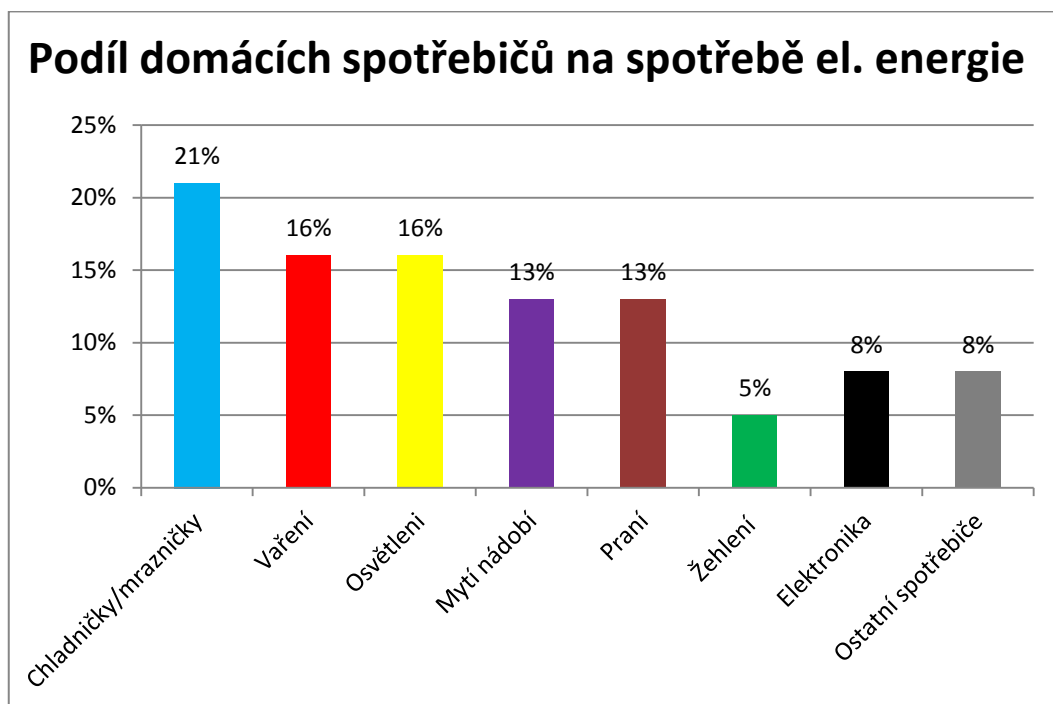
3.3 Ostatní elektrické spotřebiče

Spotřeba ostatních spotřebičů je zastoupena necelými 17%. Při pořizování nového spotřebiče se musí dbát nejen na potřebné rozměry a pořizovací cenu ale také právě na spotřebu elektrické energie. Při koupi většiny spotřebičů nám poradí energetický štítek, který nám

udává spotřebu elektrické energie, hluk. Jak udává zdroj [11] musejí být povinně označeny tyto spotřebiče

- Automatické pračky, bubnové sušičky prádla, pračky kombinované se sušičkou
- Chladničky, mrazničky a jejich kombinace
- Myčky nádobí
- Elektrické trouby a elektrické ohřívače
- Zdroje světla
- Klimatizační jednotky
- Televizní přijímače

Zde je přehled spotřeby domácích spotřebičů, jak se podílejí na spotřebě elektrické energie.

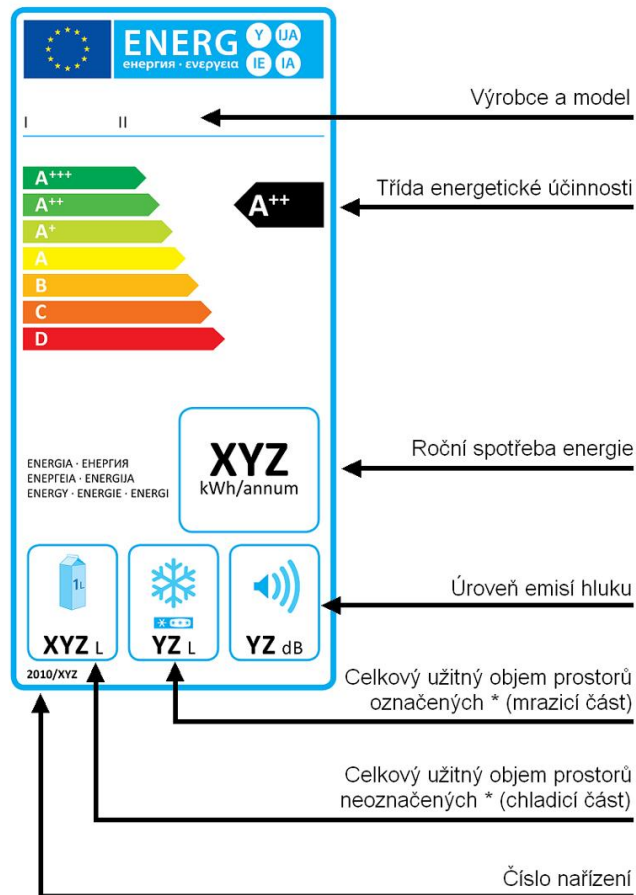


Obr. 7. Podíl domácích spotřebičů na spotřebě elektrické energie v domácnostech[2]

V této části se zaměříme na první tři největší konzumenty elektrické energie, což jsou mrazničky včetně chladniček, vaření a osvětlení.

3.3.1 Chladničky, mrazničky

Největší podíl na spotřebě elektrické energie z domácích spotřebičů mají právě chladničky a mrazničky. Jsou připojeny 24 hodin denně. Chladničky se dělí podle úspornosti elektrické energie do 7 tříd, dříve to byly třídy A až G a nově jsou to třídy A*** až D.



Obr. 8. Nový energetický štítek, převzato z [2]

Roční spotřeba, která je udávána na energetickém štítku vychází z laboratorního měření, které je prováděno po dobu 24 hodin, kdy chladnička obsahuje daný objem potravin a dveře spotřebiče jsou neustále zavřené, tudíž se od konečné spotřeby může lišit. Při výběru bychom si měli uvědomit, že je důležité, aby objem chladničky nebo mrazničky byl využit co nejvíce, protože při otevření dveří se vymění menší objem vzduchu a tím se i méně změní vnitřní teplota. Další doporučení jak snížit spotřebu elektřiny je nastavení vnitřní teploty v chladničce na doporučenou teplotu $+5^{\circ}\text{C}$, protože snížením vnitřní teploty se nám spotřeba elektrické energie zvýší až o 7%. Samotné umístění spotřebiče by nemělo být v těsné blízkosti stěny, zde dochází k nedostatečnému odvětrávání a tím i zvýšenému odběru elektrické energie či nějakého dalšího spotřebiče, který vydává teplo. Pokud máme starší spotřebič, který není opatřen režimem no-frost (beznámrazová technologie), je nutné odstraňovat námrazy, protože jsou schopny nám zvýšit spotřebu až o 20%.

3.3.2 Vaření

Do této kategorie lze zařadit varné desky, sporáky, trouby a mikrovlnné trouby.

Sporák – zda přemýšlíme o koupi nového sporáku, máme na výběr z mnoha možností a kombinací. Hlavní rozdělení je, zda máme sporák na plyn či elektrickou energii. Dále máme na výběr buď klasické litinové plotýnky, kde se pohybuje účinnost od 50% do 60%, sklokeramickou desku s účinností okolo 70% či deska s indukčním ohřevem s nejvyšší účinností až 90%. Na druhou stranu pořizovací ceny jsou naprosto opačné. Litinové plotýnky se dají pořídit od 2 000 Kč a nepotřebujeme žádné speciální nádobí. Cena sklokeramické desky se pohybuje okolo 6 000 Kč a také nepotřebujeme žádné speciální nádobí a konečně indukční ohřev, kde cena převyšuje 10 000 Kč a dále potřebuje speciální nádobí, které musí obsahovat železo. Cena nádobí se opět pohybuje v tisících korunách. Tudíž asi nejlepším řešením je sklokeramická deska, pokud již nemáme doma „speciální“ nádobí.

Tab. 4 : Ohřev 1 litru vody [2]

| | Doba ohřevu [min] | Spotřeba [kWh] | Cena [Kč] v tarifu D25d |
|---------------------|-------------------|----------------|-------------------------|
| Rychlovarná konvice | 3:10 | 0,1 | 0,4 |
| Ponorný vaříč | 12:39 | 0,115 | 0,46 |
| Mikrovlnná trouba | 13:14 | 0,257 | 1,02 |
| Litinová plotýnka | 12:31 | 0,201 | 0,8 |
| Sklokeramická deska | 9:09 | 0,199 | 0,79 |
| Indukční deska | 2:30 | 0,105 | 0,42 |

3.3.3 Osvětlení

Využití osvětlení v každé místnosti je dnes naprostá samozřejmost. Podílí se na celkové spotřebě v domácnosti 16%. Umělé osvětlení by mělo splňovat požadavky nejen ekonomické, ale i požadavky zrakové pohody. Hlavní parametr, který by nás měl zajímat je měrný výkon, což je účinnost, s jakou se elektrická energie přemění na světlo a udává se v lm/W. Druhy osvětlení můžeme rozdělit:

- Klasické žárovky
- Halogenové žárovky
- Zářivky
- Kompaktní zářivky
- LED žárovky

- Výbojky

Klasické žárovky – jedná se o nejrozšířenější a nejznámější zdroj světla. Deseti procentní účinností patří k nejnižším z těchto druhů a zbytek energie 90% se přemění v teplo. V dnešní době je již výroba standardních žárovek ukončena. Mezi hlavní výhody patřila nízká pořizovací cena a rychlý start a mezi nevýhody již zmíněná malá účinnost a životnost, která se udává 1000 hodin.

Kompaktní zářivky – do podvědomí občanů se vžil spíše název “úsporná žárovka“. Měrný výkon se pohybuje od 50 lm/W do 100 lm/W. Oproti standardním žárovkám na vyšší životnost a to až patnáctkrát a další výhodou je úspora energie, která je až 75%. Pořizovací cena a pomalejší náběh patří mezi základní nevýhody. Částku jakou je nám schopna kompaktní zářivka uspořit oproti klasické žárovce během své životnosti přesahuje 1000 Kč a je počítáno s dobou životnosti 6000 hodin.

LED žárovky - fungují na principu polovodičových destiček, které přetvářejí elektrický proud přímo na světlo. Hlavní výhodou je extrémně dlouhá životnost a to až 100 000 hodin. Dalšími výhodami jsou rychlý náběh, odolnost k častému vypínání a zapínání a odolnost vůči nešetrnému zacházení. Hlavní nevýhodou je vyšší pořizovací cena.

3.3.4 Stand-by režim

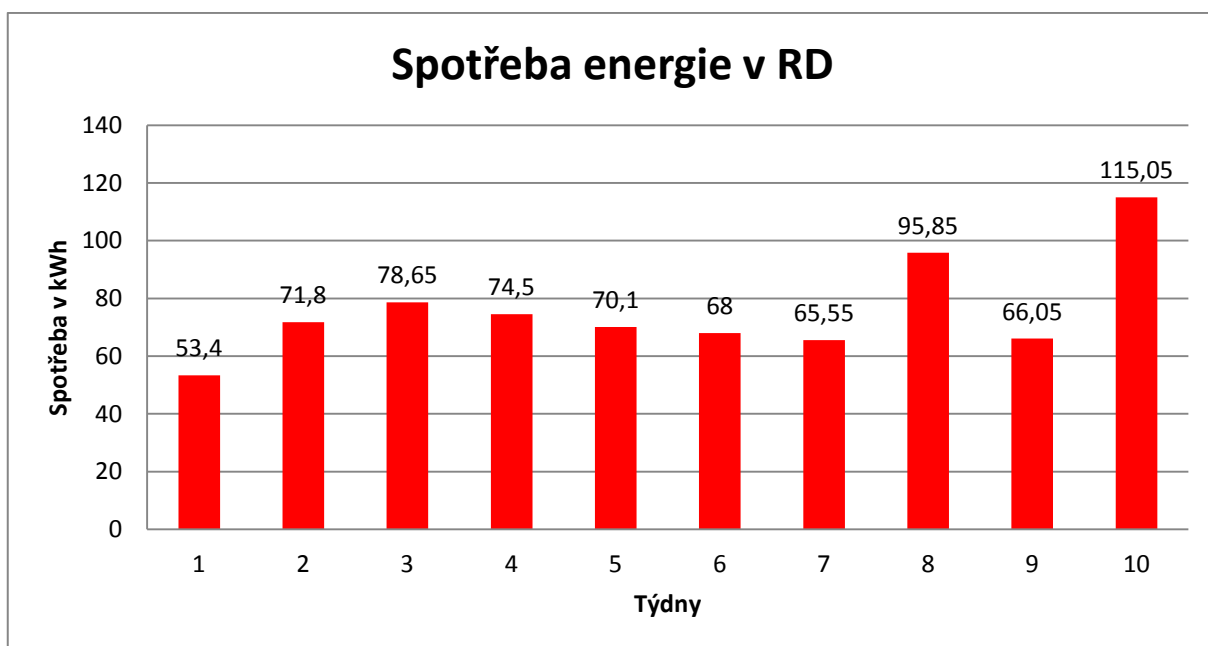
Jedná se o pohotovostní režim elektrospotřebiče. Je to stav elektrospotřebiče, kdy je připojen k elektrickému napětí a k úplnému spuštění nám slouží například dálkový ovladač. Vstupní elektrické obvody přístroje jsou v režimu stand-by neustále „pod proudem“, což nám sice umožňuje rychlý náběh do plného provozního stavu, avšak za relativně velkou cenu. Jedná se v podstatě o naše pohodlí. Vstupní obvody stále vykazují ztrátovou spotřebu, která se projevuje například zahříváním vnitřních obvodů (transformátorků), dále časové displeje či vestavěné kontrolky. Nejčastěji se s tímto režimem setkáme u TV, videí, počítačů, DVD, mikrovlnné trouby.[2] Možnosti jak omezit tento režim jsou v podstatě dvě. První, vyvarovat se nákupu daného elektrospotřebiče s velkým pohotovostním režimem. Druhý, zcela vypínat elektrospotřebiče z elektrické sítě. Podle nařízení, které stanovila EU, byla od roku 2010 maximální spotřeba v pohotovostním režimu na 1 W a od roku 2013 se snížila na 0,5 W. [12]

Tab. 5 : Spotřeba v pohotovostním režimu [2]

| Spotřebič | Orientační spotřeba (kWh) | Roční náklady (Kč) |
|-------------------|---------------------------|--------------------|
| mikrovlnná trouba | 0,003 | 120 |
| DVD | 0,006 | 240 |
| Video | 0,014 | 550 |
| Rádio | 0,005 | 150 |
| Satelitní set | 0,006 | 180 |
| TV LED 42" | 0,0001 | 3 |
| TV LCD 42" | 0,0003 | 10 |
| TV plazma 42" | 0,0003 | 10 |
| Notebook | 0,005 | 150 |
| Tiskárna | 0,005 | 200 |
| Reproduktory | 0,002 | 60 |
| Pračka | 0,005 | 170 |

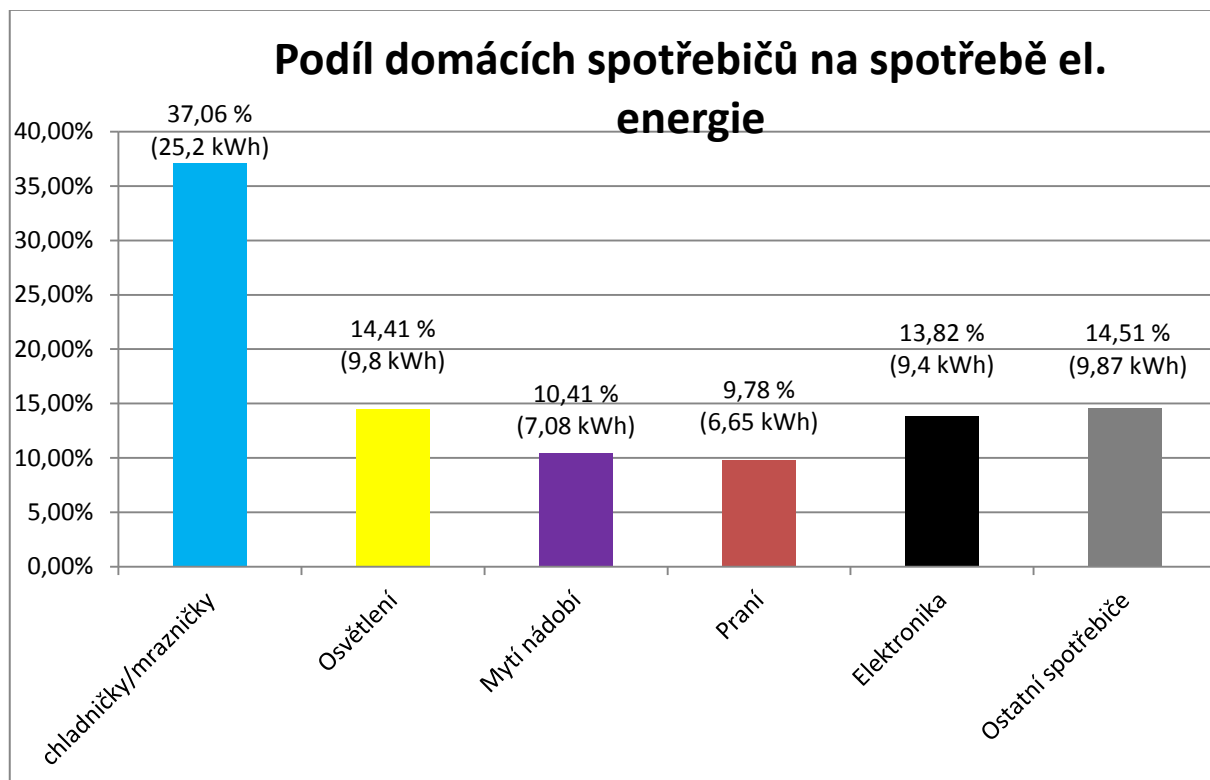
3.4 Spotřeba energie v RD

Spotřebu energie v našem rodinném domě jsem měřil pomocí měřiče spotřeby EKM 265. Jedná se o digitální wattmetr, který mi byl zapůjčen v Energy Centre České Budějovice. Maximální výkon je 2650 W při toleranci +/- 1%. Teplota okolí by se měla pohybovat v rozmezí 10 °C – 40 °C. Měření jsem prováděl na každém spotřebiči v délce 1 týdne, aby bylo co nejpřesnější. Dále jsem odečítal každý týden hodnoty z elektroměru, abych mohl sestavit graf podílu domácích spotřebičů na spotřebě elektrické energie v naší domácnosti.



Obr. 9. Spotřeba energie v RD

Na výše uvedeném obrázku je patrné, že průměrná týdenní spotřeba se pohybuje na hodnotě 70 kWh. Výjimkou je 1. týden, kdy byla odpojena mraznička s denní spotřebou 1,45 kWh. Dále je vyšší spotřeba v 8. týdnu a 10. týdnu, kdy byla využívána elektrická motorová pila, elektrická kotoučová pila a svářečka. Na následujícím obrázku je zobrazen podíl domácích spotřebičů na spotřebě elektrické energie, který je situován pro 6. týden.



Obr. 10. Podíl domácích spotřebičů na spotřebě elektrické energie pro 6. Týden

4 Rekuperace tepelné energie

Nejprve k samotné výměně vzduchu. Čerstvý vzduch je pro náš život nepostradatelný, ať už jsme v práci či doma. Zajistit správnou výměnu vzduchu v pravidelných intervalech je ale velmi složité. Správně bychom měli větrat každé 2 hodiny a to po dobu 3 až 5 minut a to i v noci. Větrání tohoto typu je nejen časově ale i finančně velmi náročné, proto se větrá méně než by se mělo. S tím roste i nebezpečné zvyšování škodlivin, relativní vlhkost a tím i možnost výskytu plísní. [19]

Rekuperace tepla neboli zpětné získávání tepelné energie, je proces, kdy je teplý vzduch z místnosti, označován jako odpadní, predehřívá studený čerstvý venkovní vzduch. Často se používá pojem rekuperace vzduchu. Během tohoto děje se čerstvý studený vzduch a teplý

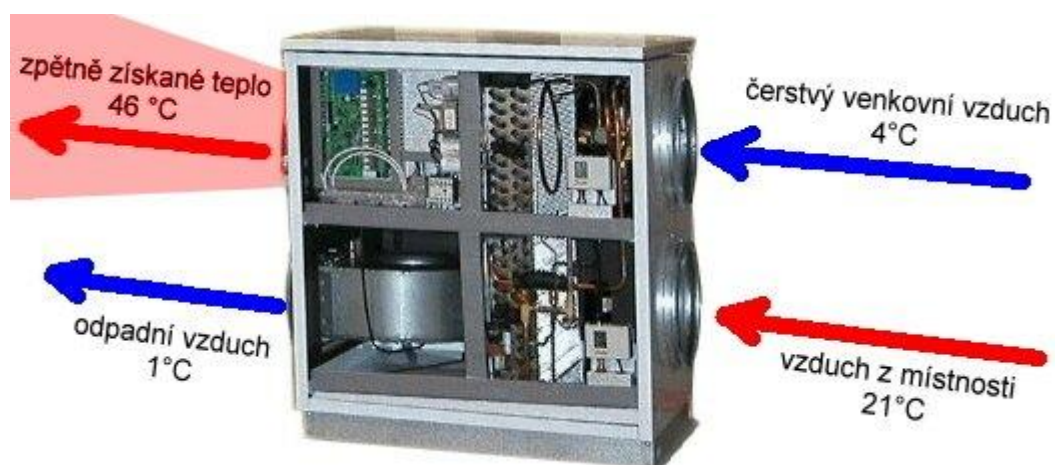
odpadní nijak nesmísí, protože děj probíhá v rekuperačním výměníku, který je nejdůležitější částí celého systému a je součástí rekuperační jednotky. Na rekuperační jednotku je napojeno potrubí pro přívod a odvod vzduchu. Proudění vzduchu zajišťují ventilátory, které jsou umístěny na odtahu odpadního a přívodu čerstvého vzduchu. Rekuperační jednotka nám pomáhá omezovat tepelné úniky, které vznikají při větrání. Tudiž rekuperace nám výrazně snižuje náklady na vytápění. Sama o sobě rekuperační jednotka nevytápí, pouze slouží ke správné a velmi důležité výměně vzduchu. U rekuperačních jednotek nás zajímá účinnost zpětného získávání tepla. Označujeme ho jako účinnost rekuperace. Stupeň, v jakém je výměník schopen využít teplo z odpadního vzduchu pro ohřev čerstvého chladného vzduchu. Pokud větrání provádíme pomocí oken, dochází k nulové účinnosti, takže teplý vzduch je bez užitku odváděn. Reálná účinnost rekuperace se dle typu rekuperační jednotky pohybuje většinou v rozmezí 30 až 90 % (rekuperační jednotky s dobrou účinností - nad 60 %, rekuperační jednotky se špičkovou účinností - nad 80 %). [20]

Základním rozdělením dle způsobu výměny tepla:

- Aktivní rekuperace
- Pasivní rekuperace

4.1 Aktivní rekuperace

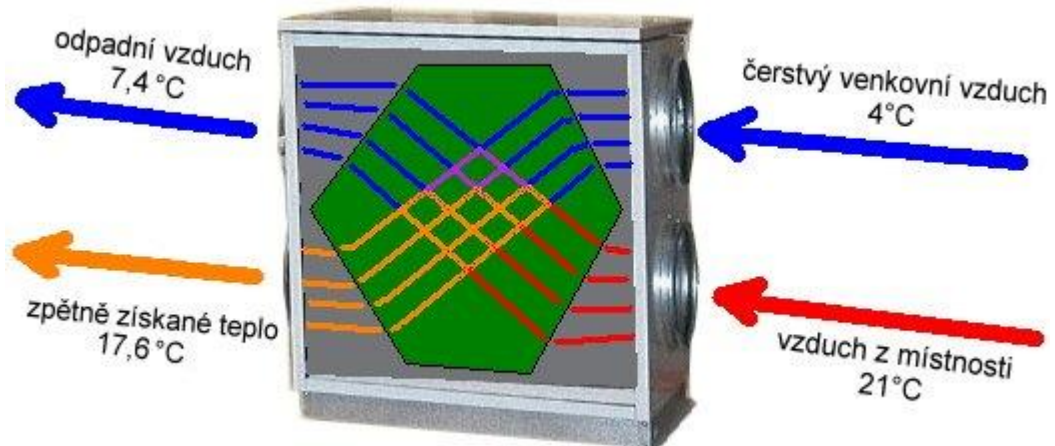
Tato rekuperační jednotka v sobě využívá princip tepelného čerpadla. Je schopna nám vracet do místnosti vzduch o vyšší teplotě než byl odebrán. Tyto jednotky jsou cenově o polovinu dražší než pasivní rekuperační jednotky, ale oproti tomu mají vyšší účinnost. [21]



Obr. 11. Digitální prostorový termostat, převzato z [21]

4.2 Pasivní rekuperace

Jedná se o výměník, kde jednou částí systému kanálků proudí vzduch ven a druhou dovnitř. Nepromíchají se, jen si předají energii. Nesmí se zapomínat, že rekuperace znamená zpětné získávání tepla. Proto potřebujeme primární zdroj tepla a k němu možné pasivní zdroje (sluneční svit, teplo uvolněné při vaření, osoby), jinak k rekuperaci nemůže dojít. [21]



Obr. 12. Digitální prostorový termostat, převzato z [21]

4.3 Rekuperace teplé odpadní vody

Ve většině průmyslových provozů, jako například v prádelnách, lihovarech, textilních barevnách, plaveckých bazénech, vývažovných apod. dochází ke ztrátám tepelné energie, mimo jiné i tím, že se vypouští znečištěná odpadová voda, která je ještě teplá. Ta se vypouští buď přímo do kanalizace, nebo se ještě před vypuštěním musí dochlazovat. V každém případě se pro technologický proces voda musela ohřát a vložený energetický potenciál skončí v kanálu. Speciální výměníky typu SUP nabízejí jedinečnou možnost tuto energii alespoň částečně získat zpět a vrátit ji do technologie. Jedinečnost konstrukce SUP spočívá v tom, že odpadová voda nevyžaduje před vstupem do výměníku žádné čištění, filtraci, nebo jakoukoliv další úpravu, což celý proces rekuperace značně zlevňuje. Zároveň dojde k žádoucímu vychlazení odpadu, který je poté možno bez problémů vypustit do kanalizace. Tímto způsobem lze získat zpět 20 – 50% nákladů vynaložených původně na ohřev vody. Úspora se samozřejmě liší a je logicky ovlivněna množstvím a teplotou zpracovávaného odpadu. Výměníky jsou vyráběny z nerezového ocelového plechu síly 2–3 mm.

První realizované výměníky již slouží 15 let a životnost se odhaduje na 30 – 35 let. [23]

Odpadní vodu můžeme rozdělit na dvě hlavní skupiny a to na šedou vodu a černou vodu. Pod pojmem černá voda se rozumí voda, která je vedena ze záchodů či z kuchyně a obsahuje velké množství nečistot a bakterií. Pro využití rekuperace je tato voda nevhodná. Druhá skupina je šedá voda. Šedou vodou se rozumí, odpadní voda z van, sprch, praček, myček, umyvadel. Může zde být vyústěn i odpad z kuchyně, ale příliš se nedoporučuje.

4.4 Návrh rekuperační jednotky

Nyní se zde zaměřím na návrh rekuperační jednotky, která bude využívat teplo z odpadní vody. Teplou odpadní vodu v našem případě budeme využívat ze sprchy, vany, myčky, pračky, vody potřebné na hygienu a vody, která je využita při úklidu. Nejprve si stanovíme hodnoty potřebné k výpočtu.

Tab. 6 : Množství odpadní vody

| | Jednotná potřeba [l] | Teplota odpadní vody [°C] | Denní spotřeba pro 4členou rodinu [l] |
|---------|----------------------|---------------------------|---------------------------------------|
| Sprcha | 35 | 35 | 105 |
| Vana | 80 | 35 | 80 |
| Myčka | 20 | 50 | 20 |
| Pračka | 30 | 40 | 15 |
| Úklid | 16 | 30 | 2 |
| Hygienu | 5 | 25 | 20 |
| celkem | 186 | 35,68 | 242 |

Z výše uvedené tabulky je patrné, že se denně spotřebuje 242 litrů teplé vody.

$$V_{ov} = 0,242m^3$$

$$t_{ov} = 35,68^{\circ}C$$

V_{ov} – denní množství využitelné teplé odpadní vody

t_{ov} – teplota odpadní vody

Dále je nutné uvést, že se jedná o větší rodinný domek a rekuperační jednotka bude umístěna v kotelně, tudíž zde budou vznikat ztráty ve vedení. Při využití výpočtu ze zdroje [22] se jedná o ztrátu přibližně 5%.

Vše vychází ze vztahů

Analyzujte spotřebu energie pro residenční oblast
a navrhnete možnost snížení spotřeby

Bc. Kužel Jiří, 2013

$$t_{ovr} = \frac{t_{ov} \times (A - 1) \times 2 \times t_{vzd}}{A + 1} = 33,82^{\circ}C$$

$$A = \frac{2 \times c \times \delta \times Q}{k \times L} = 22,33$$

c – měrná tepelná kapacita vody, $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$,

δ – hustota vody, $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$,

Q – výpočtový průtok vody, $\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$,

k – součinitel prostupu tepla, $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$,

L – délka úseku vedení, m ,

t_{vzd} – teplota vzduchu v okolí potrubí $^{\circ}\text{C}$,

t_{ovr} – teplota odpadní vody přiváděná do rekuperační jednotky $^{\circ}\text{C}$,

Výměník tepla, který jsem navrhl, se skládá z izolované nádoby o objemu 54 litrů. Výška nádoby včetně izolace je 70 cm a poloměr včetně izolace je 20 cm. Izolace má tloušťku 5 cm. Uvnitř této nádoby je spirálově stočená měděná trubice o vnitřním poloměru 1,9 cm a vnějším poloměru 2,1 cm. V nádobě bude voda o objemu 40 litru a v trubici 13,6 litru. Odpadní voda vystupující z měděné trubice je zakončena tlakovým ventilem, přizpůsobený hmotnosti vody a danému průřezu. Tlakový ventil slouží k udržení 10 litrů vody. V příloze je přiložen náčrt výměníku.

$$t_{kal} = \frac{m_1 * t_{ovr} + m_2 * t_{vst}}{m_1 + m_2} = \frac{13,6 * 33,82 + 40 * 10}{13,6 + 40} = 15,84^{\circ}C$$

Pokud jsem neuvažoval prostup tepla a časový vývoj teploty je hodnota $15,84^{\circ}\text{C}$. Proto teplotu snížím na 14°C .

Nyní můžeme určit spotřebu energie, nejprve bez výměníku a následně s výměníkem.

$$c_{Wh} = \frac{4186}{3600} = 1,163 \left[\frac{\text{W} \times \text{h}}{\text{kg} \times \text{K}} \right]$$

c_{Wh} – měrná tepelná kapacita

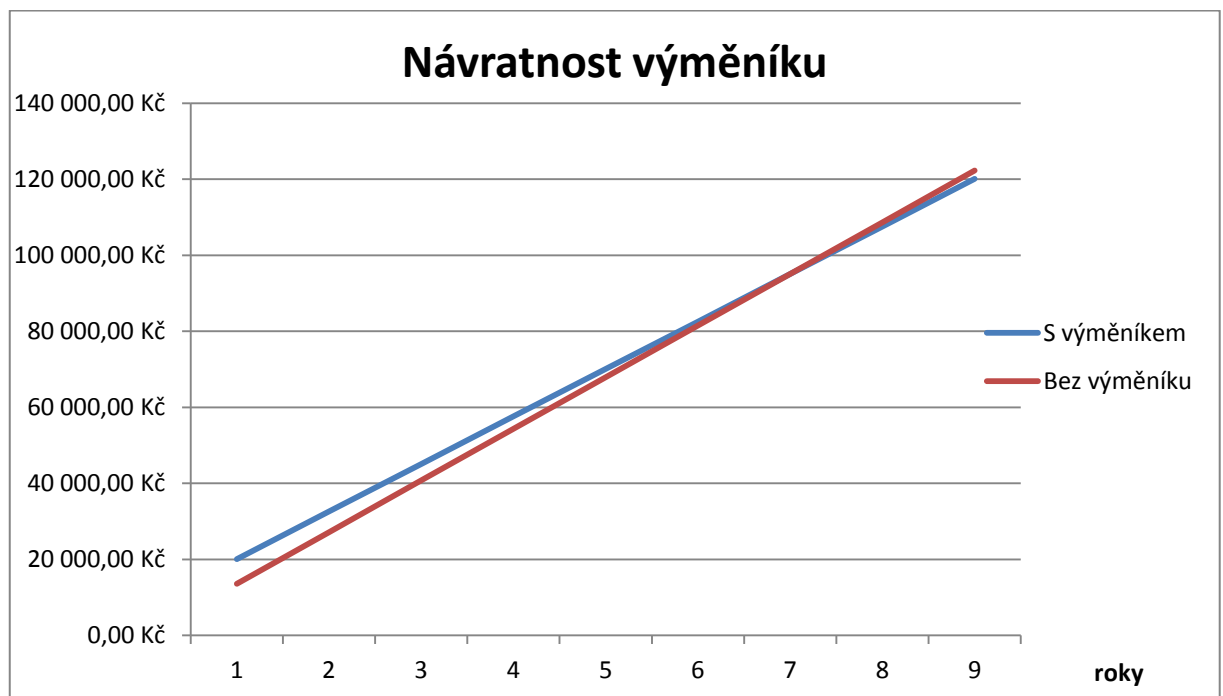
$$E_{br} = m \times c_{Wh} \times (t_{výst} - t_{vst}) = 160 \times 1,163 \times (60 - 10) = 9304 [W \times h]$$

E_{br} – potřeba energie bez rekuperační jednotky

$$E_{sr} = m \times c_{Wh} \times (t_{výst} - t_{vst}) = 160 \times 1,163 \times (60 - 14) = 8559 [W \times h]$$

E_{sr} – potřeba energie při použití rekuperační jednotky

Denní úspora by tedy činila 745 Wh. V ceně tepelného výměníku je izolace, 12 metrů měděných trubice, tlakový ventil a nádoba, v níž je vše uloženo. Cena 1 metru mědi se pohybuje okolo 150 Kč. Tlakový ventil lze pořídit do 1 000 Kč. Izolace je volena skelná vata, z důvodu dobré tvarovatelnosti, cena za 1 m² je 100 Kč. Náklady na nádobu jsou v rozmezí 2 000 až 3 000 tisíc Kč. Dále je nutné započítat práci, kde jsem započítal 2 000 Kč. Celkové náklady tedy činí 7 600 Kč. Náš rodinný domek využívá sazbu D25d, která je určena přímo pro ohřev TUV. Cena 1 kWh je přibližně 4 Kč. Roční úspora je tedy 1087 Kč. Návratnost tohoto výměníku je propočítána na 7.



Obr. 13. Náklady na ohřev TUV

5 Výpočet tepelné ztráty RD

Pro výpočet tepelné ztráty rodinného domku si nejprve stanovím hodnoty, které vycházejí z normy ČSN EN 12831.

- Průměrná roční venkovní teplota
- Stanovení vnitřní teploty
- Počet dnů otopného období
- Výměna vzduchu ve vytápěných prostorech

Dále si stanovím dle normy ČSN 73 0540 3 součinitele tepelné vodivosti stavebních materiálů.

Obvodové stěny jsou tvořeny pěnasilikátovými tvárnicemi o tloušťce 40 cm bez izolace. Podlaha je 35 cm betonu, který je usazen na 0,75 m kamene. Průřez střechy od vnějšku alukryt, IPA, dřevěná prkna smrková, skelná vata, dřevěná prkna dubová.

5.1 Výpočet součinitele prostupu tepla

Z hodnot, které jsem stanovil, si vypočteme součinitel prostupu tepla.

Součinitel prostupu tepla zdí

$$U_{zdi} = \frac{1}{Ri + \sum \frac{s}{\lambda} + Re} = \frac{1}{0,13 + 0,01 + 0,02 + 2,66 + 0,02 + 0,04}$$

$$U_{zdi} = 0,347 \left[\frac{W}{m^2 * K} \right]$$

Součinitel prostupu tepla u oken a vstupních dveří je odečten z normy.

Součinitel prostupu tepla dřevěnými okny

$$U_{dr} = 2,4 \left[\frac{W}{m^2 * K} \right]$$

Součinitel prostupu tepla plastovými okny

Analyzujte spotřebu energie pro residenční oblast
a navrhněte možnost snížení spotřeby

Bc. Kužel Jiří, 2013

$$U_{plast} = 1 \left[\frac{W}{m^2 * K} \right]$$

Součinitel prostupu tepla kovovými dveřmi se sklem

$$U_{kd} = 6,5 \left[\frac{W}{m^2 * K} \right]$$

Součinitel prostupu tepla garážovými dveřmi

$$U_{garáž} = \frac{1}{0,13 + 0,024 + 0,8 + 0,04} = 1 \left[\frac{W}{m^2 * K} \right]$$

Součinitel prostupu tepla skrze luxfery odečteno z [25]

$$U_{lux} = 2,27 \left[\frac{W}{m^2 * K} \right]$$

Součinitel prostupu tepla střechou

$$U_{stř} = \frac{1}{0,13 + 0,001 + 0,5 + 0,35 + 1 + 0,4 + 0,04} = 0,41 \left[\frac{W}{m^2 * K} \right]$$

Součinitel prostupu tepla podlahou

$$U_{podl} = \frac{1}{0,13 + 0,39 + 0,5 + 0,04} = 0,944 \left[\frac{W}{m^2 * K} \right]$$

Z vypočtených hodnot nyní stanovíme obvodový součinitel prostupu tepla rodinného domku.

$$U_{obvod} = U_{zdi} + U_{dř} + U_{plast} + U_{kd} + U_{garáž} + U_{lux} + U_{stř} = 13,93 \left[\frac{W}{m^2 * K} \right]$$

5.2 Tepelná ztráta prostupem tepla

Nyní určím tepelnou ztrátu rodinného domku dle vztahu

$$Q = U * S * (t_i - t_e) = [W]$$

Tab. 7 : Tepelné ztráty prostupem tepla

| | u[W/m ² *K] | S [m ²] | ti [°C] | te [°C] | Q [W] |
|--------------------|------------------------|---------------------|---------|---------|------------|
| Q _{zdi} | 0,347 | 274,448 | 20 | -15 | 3333,17096 |
| Q _{plast} | 1 | 21,6 | 20 | -15 | 756 |
| Q _{ďř} | 2,4 | 18 | 20 | -15 | 1512 |
| Q _{kd} | 6,5 | 4,467 | 20 | -15 | 1016,2425 |
| Q _{garáž} | 1 | 5 | 20 | -15 | 175 |
| Q _{lux} | 2,27 | 3,915 | 20 | -15 | 311,04675 |
| Q _{stř} | 0,41 | 189 | 20 | -15 | 2712,15 |
| Q _{podl} | 0,944 | 112,27 | 20 | 0 | 2119,6576 |
| Q _p | | | | | 11935,2678 |

Celková ztráta prostupem je tedy:

$$Q_p = \sum Q = 11935[W]$$

5.3 Tepelná ztráta větráním

Abychom mohli určit celkovou tepelnou ztrátu rodinného domu, je nutné započítat tepelnou ztrátu větráním. Koeficient výměny vzduchu je určen v rozmezí 0,3 – 0,8. Zvolil jsem koeficient 0,35.

$$Q_v = 1300 * V * \Delta t = 1300 * 0,071 * 35 = 3223[W]$$

$$V = n * V_m / 3600 = 0,35 * 750 / 3600 = 0,071[m^3 * s^{-1}]$$

5.4 Celková tepelná ztráta RD

Celková ztráta vytápěného prostoru zahrnuje tepelnou ztrátu prostupem tepla a tepelnou ztrátu větráním vytápěného prostoru.

$$Q_{celk} = Q_p + Q_v = 15182[W]$$

5.5 Roční potřeba tepla na vytápění

Výpočet potřeby tepla přes denostupně vychází z dlouhodobých sledování délky otopných období v ČR. Potřeba tepla není to samé jako spotřeba. Potřebu lze popsat jako nutné dodání tepla, aby se rodinný domek vytopil na námi vyžadovanou teplotu. Spotřeba je reálná využití tepla, to co opravdu spotřebujeme. Pro můj výpočet jsem vycházel z hodnot okresního města Písek. Průměrná venkovní teplota dosahuje 3,7°C. Počet dnů pro otopné období je 247, což tvoří necelých 70% roku.

$$E_V = 24 * \frac{Q_{celk}}{1000} * \frac{d * (t_{in} - t_{en})}{t_i - t_e} * \varepsilon = 24 * \frac{15182}{1000} * \frac{247 * (19 - 3,8)}{20 - (-15)} * 0,71$$

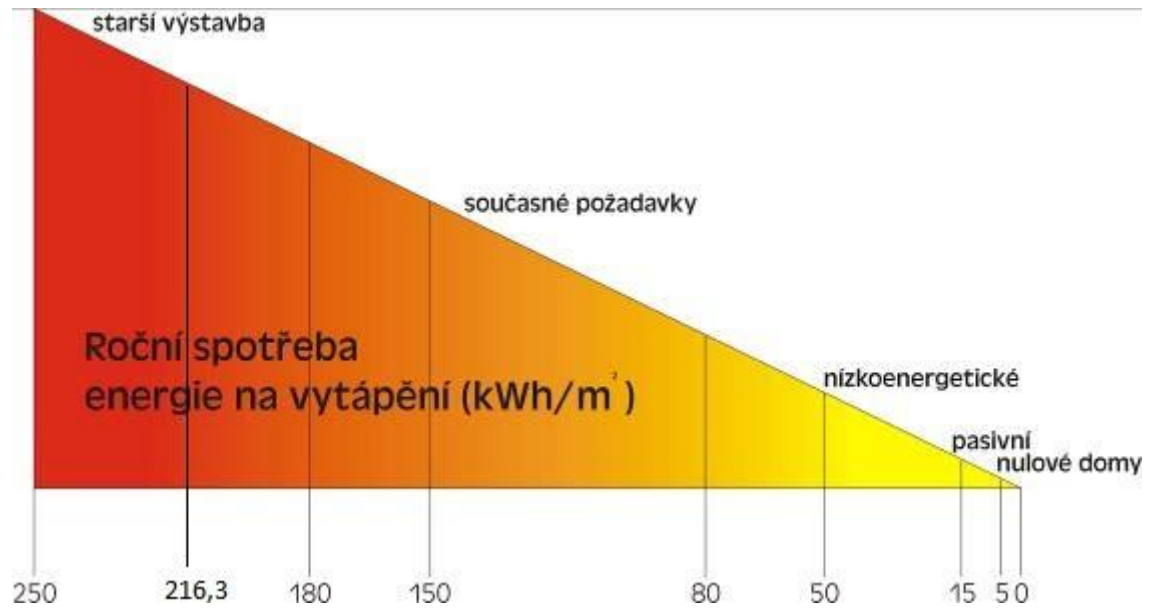
$$E_V = 28091[kWh]$$

Určení součinitele ε . Je složen z 5 dílčích součinitelů a to součinitel nesoučasnosti, součinitel regulace, součinitel útlumů teplot, součinitel vlivu otopného systému a součinitel zvýšení teploty.

Dále jsem určil potřebu tepla na 1m² zastavěné plochy.

$$E_{Vm} = \frac{E_V}{S_z} = \frac{28091}{129,87} = 216,3[kWh/m^2]$$

Dle obrázku je patrné, že se opravdu jedná o starší rodinný domek.



Obr. 14. Třídění domů dle potřeby tepla na vytápění, převzato z [26]

5.6 Výpočet součinitele prostupu tepla s izolací

Jako řešení jsem zvolil zateplení obvodových zdí. Izolátor jsem zvolil polystyren EPS 70F a to v různých tloušťkách. Všechny varianty budou řešeny početně a následně bude vnesena doba návratnosti do grafu. Nejprve k samotnému izolátoru. Polystyren EPS 70F patří k nejlevnějším izolacím na trhu což je jedna z výhod. Další výhodou je malá hmotnost, dobrá opracovatelnost a velmi nízká nasákavost. Mezi nevýhody patří například horší pohltivost zvuku a především malá odolnost proti požáru. Je v dostání buď to v deskách o rozměru 1 m² nebo 0,5 m². Součinitel tepelné vodivosti je 0,039 [W/m*K].

Příklad pro výpočet součinitele prostupu tepla s použitím EPS 70 F 20 cm.

$$U_{zdi20} = \frac{1}{Ri + \sum \frac{s}{\lambda} + Re} = \frac{1}{0,13 + 2,05 + 0,01 + 0,02 + 5,13 + 0,02 + 0,04}$$

$$U_{zdi20} = 0,125 \frac{W}{m^2 * K}$$

Celková tepelná ztráta

$$Q_{celk} = Q_p + Q_v = 13046[W]$$

Tab. 8 : Izolace

| Izolátor | Cena [Kč/m ²] | Náklady [Kč] | Roční spotřeba [kWh] | Roční úspora [kWh] | Cena provedení zateplení [Kč] | Návratnost [let] | Úspora po 15 letech [Kč] | Úspora po 20 letech [Kč] |
|---------------|---------------------------|--------------|----------------------|--------------------|-------------------------------|------------------|--------------------------|--------------------------|
| EPS 70 F 8cm | 80 | 36 000 | 25 525 | 2566 | 30 000 | 10,01 | 32 919 Kč | 65 892 Kč |
| EPS 70 F 10cm | 108 | 48 600 | 25 188 | 2903 | 30 000 | 10,54 | 33 311 Kč | 70 614 Kč |
| EPS 70 F 16cm | 170 | 76 500 | 24 466 | 3625 | 30 000 | 11,43 | 33 244 Kč | 79 825 Kč |
| EPS 70 F 20cm | 205 | 92 250 | 24 142 | 3949 | 30 000 | 12,05 | 29 984 Kč | 80 729 Kč |

Sazba, s kterou je počítáno, je D55d. Jedná se o sazbu, která je určena pro tepelná čerpadla. Co se týče návratnosti, je nejkratší u EPS 70 F 8 cm a to za 10 let. Je však počítáno, že by se jednalo o dlouhodobou investici a tudíž by se využila izolace EPS 70 F 20 cm s dobou návratností 12 let. Doba návratnosti se může měnit v závislosti na změně ceny elektrické energie.

6 Návrh tepelných zdrojů

Tepelné zdroje pro náš rodinný dům jsem zvolil tři a to kotel na pevná paliva, elektrický kotel a tepelné čerpadlo.

6.1 Využití kotle na pevná paliva

Jak již bylo zmíněno, náš rodinný dům využívá k vytápění kotel na pevná paliva. Jedná se o kotel značky Dakon FB 36 D. Jmenovitý výkon při spalování dřeva je 30 kW. Roční spotřeba se pohybuje okolo 40 prn. Nyní si spočteme, jaká by byla minimální potřeba dřeva. Roční potřeba tepla na vytápění je 28 091 kWh. Abychom mohli určit potřebné množství prn dřeva musíme převést kWh na GJ.

$$E_{VJ} = \frac{28091 * 3,6}{1000} = 101,13[GJ]$$

Nyní jsme tedy zjistili roční potřebu tepla v GJ. Z tabulky č. 3 odečteme výhřevnost a měrnou kapacitu. Budu uvažovat pouze jehličnaté dřevo, kterým topíme přibližně v 95%. Výhřevnost jehličnatého dřeva je 15,584 [MJ/kg] a měrná kapacita je 340 kg. Jeden prn vydá 5,3 GJ.

Pokud uvažuji roční spotřebu 40 prm, je celková roční spotřeba 211 GJ. Když porovnáme roční potřebu tepla na vytápění a roční spotřebu tepla na vytápění zjistíme, že se dostaneme na 200%. Tato hodnota je ovlivněna účinností kotle, která je uváděna až 78%-82%. Pokud budu uvažovat 78% účinnost kotle, tak se hodnota zvýší z 101,13 GJ na 129,6 GJ, dále je hodnota ovlivněna přetápěním celého objektu. Při úvaze 770 Kč za 1 prms (prostorový metr sypaný) vychází jeden prm na 1 347 Kč. Celkové roční náklady spojené s koupí jehličnatého dřeva tedy vychází 53 880 Kč.

6.2 Návrh tepelného čerpadla

Nejprve je nutné zvolit typ tepelného čerpadla. Tepelné čerpadlo voda-voda bohužel nepřipadá v úvahu, neboť zde není dostatečné množství podzemní vody. Typ země-voda opět nelze realizovat, přestože je dostatečná plocha na uložení kolektorů. Do budoucna se počítá s výstavbou bazénu, takže by zde nebyl potřebný prostor. Další typ tepelného čerpadla je spojen s hlubinným vrtem. Na pořízení tohoto tepelného čerpadla je třeba velký vstupní kapitál a proto využiji poslední typ a to vzduch-vzduch. Další otázkou je samotný pracovní provoz tepelného čerpadla.

- Monovalentní
- Bivalentní

Monovalentní – ve vytápěném objektu se využívá pouze tepelné čerpadlo. Dimenzování je nutné na 100% tepelných ztrát objektu. Pokud ovšem zahrneme nejhorší možné teplotní podmínky, které se vyskytují pouze několikrát za otopnou sezónu, je po zbytek otopné sezóny tepelné čerpadlo příliš naddimenzované. Tudíž tepelné čerpadlo často spíná a to snižuje životnost.

Bivalentní – využití monovalentního provozu s sebou přináší větší náklady na pořízení tepelného čerpadla oproti bivalentnímu. Ve většině případů se využívá právě bivalentní provoz, kde je tepelné čerpadlo v kombinaci se záložním/bivalentním zdrojem. Hlavní nevýhodou tohoto provozu je, že se musí započítat i provoz bivalentního zdroje.

Zvolil jsem bivalentní provoz a to v kombinaci se stávajícím tepelným zdrojem. Po prostudování několika katalogů tepelných čerpadel jsem zvolil tepelné čerpadlo od firmy HOTJET v provedení ASK. Tepelná ztráta rodinného domu je přibližně 13 kW, proto volím HOTJET 15ASK. Tepelný výkon čerpadla při venkovní teplotě vzduchu 7 °C a při teplotě vody 35 °C je 13,2 kWh a topný faktor je udáván 4,4. Avšak tepelný výkon čerpadla při

venkovní teplotě vzduchu 2 °C a při teplotě vody 45 °C je 11,4 kWh a topný faktor je udáván 3,5. V příloze jsou uvedeny technické údaje a výkonový diagram pro topnou vodu 35 °C a 45 °C.

Tab. 9 : Technické údaje HOTJET 15ASK

| | |
|-------------------------------|------------|
| Model | 15ASK |
| Maximální teplota topné vody | 55 °C |
| Hmotnost základního přístroje | 150 kg |
| Chladivo | R404A |
| COP A7/W35 | 4,4 |
| COP A2/W35 | 3,8 |
| COP A7/W45 | 3,5 |
| COP A2/W45 | 3,1 |
| Cena | 139 900 Kč |
| Cena po dotaci | 89 900 Kč |
| Cena včetně instalace | 104 900 Kč |

V tabulce č. 8 jsou uvedeny základní technické údaje. Cena instalace tepelného čerpadla je přibližně 15 000 Kč. Firmy jsou schopny kompletní instalaci provést za 2 dny.

6.3 Návrh elektrokotle

Další možnou variantou jak vytápět rodinný dům je využití elektrokotle. Opět zde bude uvažováno již se zatepleným objektem. Jedná se o variantu provozně nákladnější, ale pořizovací částka a instalace je snadnější a méně nákladná než u tepelného čerpadla. Celková tepelná ztráta je přibližně 13 kWh. Zvolil jsem elektrokotel od České firmy Protherm. Jedná se o model RAY14K. Výkon kotle je 14 kW. Postupné spínání výkonu je možné od 2,3 kW do 14 kW. Jedná se o závěsné provedení. V příloze jsou uvedeny technické údaje.

Tab. 10 : Technické údaje Protherm RAY14K

| | |
|-----------------------------|--------|
| Model | RAY14K |
| Výkon kotle [kW] | 14 |
| Počet a výkon topných těles | 2x7 kW |
| Účinnost [%] | 99,50% |
| Max. výstupní teplota [°C] | 85 |
| Hmotnost | 34 |
| Cena [Kč] | 15 900 |
| Cena včetně instalace [Kč] | 20 00 |

6.4 Ekonomické hodnocení tepelných zdrojů

V této části porovnám z ekonomického hlediska tři výše uvedené tepelné zdroje. Jedná se o kotel na tuhá paliva, tepelné čerpadlo a elektrokotel. V první řadě je nutné uvést, že kotel na tuhá paliva je již jistou dobu v provozu, ale bude zde počítáno s plnou dobou životností, která se pohybuje v rozmezí 20 let a nikoli s dosluhující životností. Životnost tepelného čerpadla je odhadována na 25 let a životnost elektrokotle na 20 let. Cena kotle na tuhá paliva byla v době pořízení 35 000 Kč. U elektrokotle bude nutné započítat i měsíční poplatek za jistič, o který se navýšil oproti normálu. Nynější jistič má hodnotu 3*25 A a při využití elektrokotle je nutné navýšení na 3*32 A a měsíční poplatek se tedy zvýší o 100 Kč. Pro elektrokotel je uvažována sazba D45d, kde vychází cena 1 kWh na 2,7 Kč. U tepelného čerpadla bude započítán jako bivalentní zdroj kotel na pevná paliva. Sazba pro tepelné čerpadlo je zvolena D55d a 1 kWh vychází na 2,57 Kč.

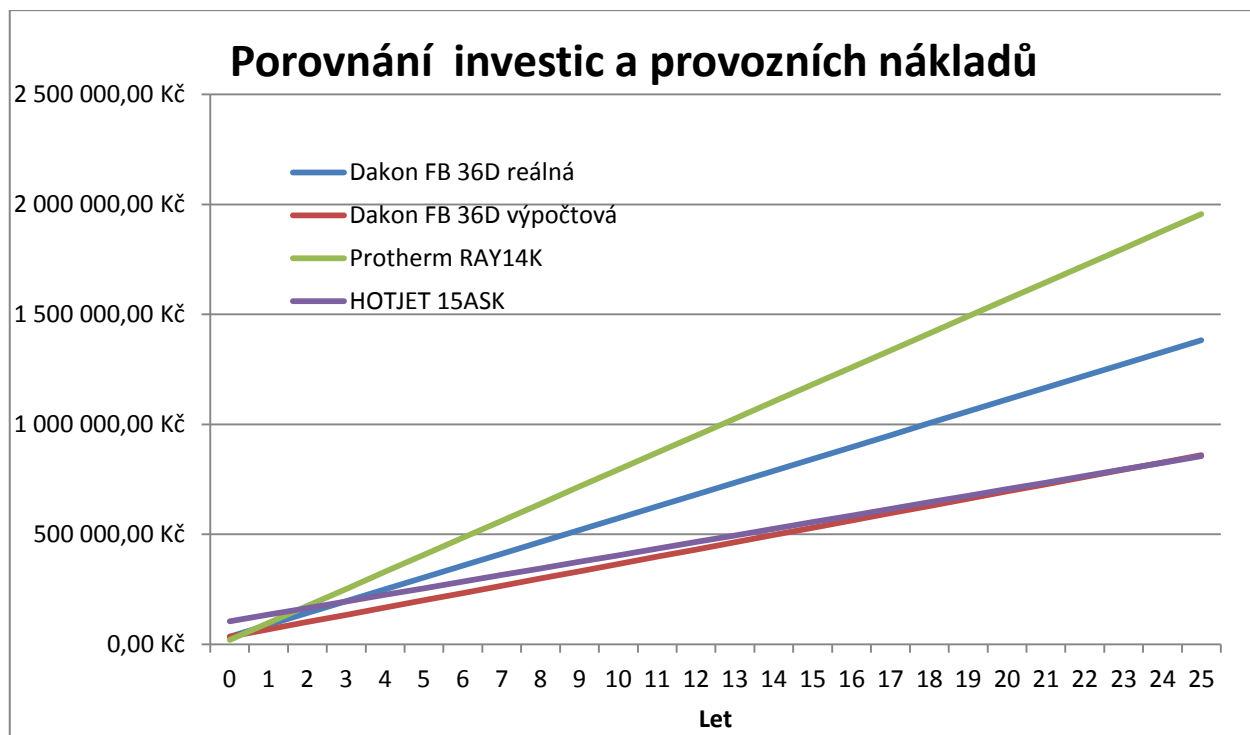
6.5 Pro nezateplený objekt

Nejprve porovnání tepelných zdrojů z hlediska investice a provozu pro nezateplený objekt.

Tab. 11 : Investiční a provozní náklady pro nezateplený objekt

| Druh zdroje | Tepelná ztráta | Účinnost | Spotřeba paliva | Roční náklady | Celkové roční náklady | Investice |
|------------------------|----------------|----------|-----------------|---------------|-----------------------|---------------|
| Dakon FB 36D reálná | 28091 kWh | 78% | 40 prn | 53 880 Kč | 53 880,00 Kč | 35 000,00 Kč |
| Dakon FB 36D výpočtová | 28091 kWh | 78% | 24,5 prn | 33 002 Kč | 33 001,50 Kč | 35 000,00 Kč |
| Protherm RAY14K | 28091 kWh | 99,50% | 28232 kWh | 76 226 Kč | 77 426,40 Kč | 20 000,00 Kč |
| HOTJET 15ASK | 28091 kWh | COP 3,1 | 9061 kWh | 23 287 Kč | 30 021,77 Kč | 104 900,00 Kč |

Následující graf zobrazuje investiční a provozní náklady.



Obr. 15. Porovnání investic a provozních nákladů pro nezateplený objekt

Z následujícího obrázku je patrné, že tepelné čerpadlo se nám vyplatí po 23 letech využívání. V bivalentním chodu je uvažována spotřeba 5 prn dřeva. Je však nutné doplnit životnosti daných tepelných zdrojů a tudíž by se návratnost snížila na 20 let.

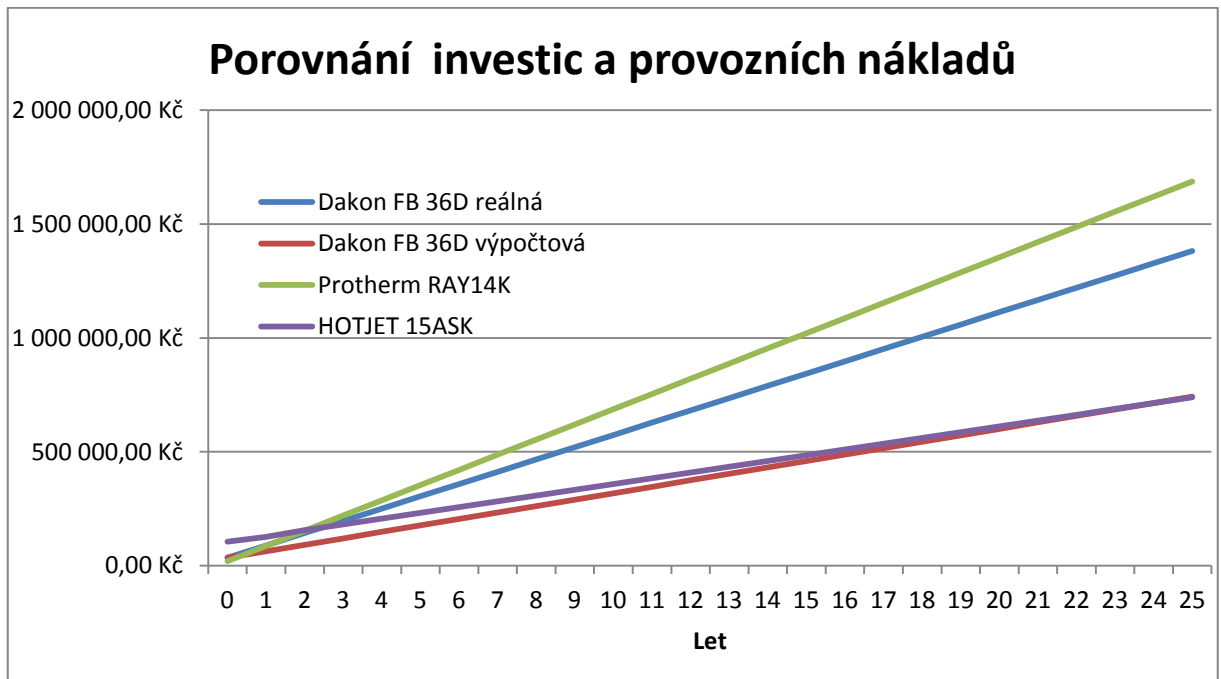
6.6 Pro zateplený objekt

V následující tabulce jsou uvedeny investiční a provozní náklady uvažovaných tepelných zdrojů pro případ kdy objekt je již zateplen.

Tab. 12 : Investiční a provozní náklady pro zateplený objekt

| Druh zdroje | Tepelná ztráta | Účinnost | Spotřeba paliva | Roční náklady | Celkové roční náklady | Investice |
|------------------------|----------------|----------|-----------------|---------------|-----------------------|---------------|
| Dakon FB 36D reálná | 28091 kWh | 78% | 40 prn | 53 880 Kč | 53 880,00 Kč | 35 000,00 Kč |
| Dakon FB 36D výpočtová | 24139 kWh | 78% | 21 prn | 28 287 Kč | 28 287,00 Kč | 35 000,00 Kč |
| Protherm RAY14K | 24139 kWh | 99,50% | 24260 kWh | 65 502 Kč | 66 702,00 Kč | 20 000,00 Kč |
| HOTJET 15ASK | 24139 kWh | COP 3,1 | 7786 kWh | 20 010 Kč | 25 350,02 Kč | 104 900,00 Kč |

V následujícím obrázku lze porovnat tepelné zdroje podle investičních a provozních nákladů. Nejnižší investiční a provozní náklady má tepelné čerpadlo, kde je uvažováno v bivalentním chodu se spotřebou 4 prn dřeva.



Obr. 16. Porovnání investic a provozních nákladů pro zateplený objekt

Z následujícího obrázku lze vyvodit, že investice do tepelného čerpadla se vyplatí mezi 23 a 24 rokem využívání. Je však nutné doplnit životnosti daných tepelných zdrojů a tudíž by se návratnost snížila na 20 let.

7 Návrh instalace s prostorovým a časovým řízením

Pokud máme navržené vytápění daného objektu v našem případě rodinného domku a je propočteno, aby co nejlépe vyhovovalo nejen našemu pohodlí, ale i naší peněženke, určitě se neobejde bez správné regulace. Samotná regulace nám tedy přináší nejen pohodlí a úsporu našich financí, ale také úsporu celkové energie a zajisté úsporu času. Regulace je řízení množství energie a to jak v čase, tak i v prostoru. Jak uvádí zdroj [15] nesoučasným vytápěním se dosahuje provozních úspor otopných těles v jednotlivých místnostech ve výši 15 až 20% i více. Přetápíme-li místnost jen o 3 °C, zvyšujeme spotřebu paliva i provozní náklady o 25% a nelze též přehlédnout, že střední denní venkovní teplota není během dne stálá. Nejrozšířenějším způsobem regulace je využití termostatických hlavice a termostatických ventilů, které umožňují automatickou regulaci vytápění a umožňují udržení dané teploty vzduchu bez přítomnosti člověka. Hlavní rozdělení termostatů

- Prostorový
- Individuální

7.1 Prostorový termostat

Jedná se regulaci, kdy máme předem zvolenou referenční místnost. Nejčastěji je za referenční místnost zvolen obývací pokoj nebo místnost, kde se nejvíce zdržujeme během dne. V referenční místnosti se měří prostorová teplota a přístroj ji porovnává s uživatelsky nastavenou teplotou. Jedná se o dvoustavovou kvantitativní regulaci (zapnuto x vypnuto). Prostorový termostat je vhodný pro čerpadlový topný okruh. Může ovládat kotel s automatickým vypnutím čerpadla, nebo ovládá čerpadlo a kotel se vlivem žádného odběru sám vypne. Pokud se topná soustava skládá z více okruhů, pak termostat ovládá vždy příslušné oběhové čerpadlo. Princip regulace prostorovým termostatem je v celku jednoduchý. Pokud teplota v referenční místnosti klesne pod požadovanou hodnotu, termostat sepne a naopak pokud teplota vzduchu překročí požadovanou hodnotu, termostat vypne. [16] Důležité kritérium, které je nutné respektovat, je správné umístění termostatu v referenční místnosti. Termostat bychom měli umístit minimálně do výšky 1,5 metru. Dále bychom ho neměli umisťovat poblíž jakéhokoli zdroje tepla, popřípadě by neměl být vystaven slunečnímu svitu a také by se neměl umisťovat poblíž oken či dveří.



Obr. 17. Digitální prostorový termostat, převzato z [17]

7.2 Individuální vytápění jednotlivých místností

V každém rodinném domku nebo bytu jsou místnosti, které by měli mít svou vlastní teplotu. Teploty bychom neměli regulovat jen podle místností ale také časově. Během dne využíváme místnosti zcela odlišně a podle toho bychom je měli vytápět. Například ranní pracovní den, nepotřebujeme vytápět obývací pokoj na 22 °C, ale chtěli bychom mít teplotní pohodu

v koupelně a poté v místnosti kde budeme snídat. Pokud v domě během dne nikdo není, je opět nadbytečné vytápět celý rodinný domek nebo byt na požadovanou teplotu. Odpoledne se začne vytápět opět na požadované teploty jen v místnostech, které budeme využívat. Právě toto za nás řeší individuální vytápění místností. Můžeme nastavovat jednotlivé místnosti samostatně a ještě časově. Právě na individuální vytápění jednotlivých místností se zde zaměříme. Máme možnost volit mezi klasickou “drátovou“ a bezdrátovou elektroinstalací. Každá možnost má své výhody i nevýhody. Například u klasické je složitější instalace, uložení kabelů, naopak mezi výhody patří spolehlivost a nižší cena na údržbu a i pořizovací cena. My zvolíme bezdrátovou možnost, protože se jedná již o vystavěný rodinný domek a bylo by složité ukládat kabeláž.

7.3 Bezdrátová elektroinstalace

V této části se budu věnovat výpočtu tepelných ztrát v každé místnosti. Místnosti jsem rozdělil na dvě skupiny. První skupina obsahuje chodby, WC, technické místnosti, ložnice a ostatní. Tato skupina místností bude stále vytápěna na 16 °C popřípadě ložnice na 17 °C. V druhé skupině je obývací pokoj, jídelna, koupelna a další dva obytné pokoje. V těchto pokojích jsou nastaveny dvě teploty, které jsou spínány časově, aby se omezili ztráty. Příklad výpočtu obývacího pokoje (1.1) pro teplotu 22 °C:

$$Q_{ven} = U * S * (t_i - t_e) = 0,347 * 23,83 * (22 - (-15)) = 306[W]$$

$$Q_{okpl} = U * S * (t_i - t_e) = 1 * 3,6 * (22 - (-15)) = 133,2[W]$$

$$Q_{1.2} = U * S * (t_i - t_e) = 0,45 * 8,45 * (22 - 17) = 19,03[W]$$

$$Q_{dvl.8} = U * S * (t_i - t_e) = 3 * 1,6 * (22 - 16) = 28,8[W]$$

$$Q_{1.8} = U * S * (t_i - t_e) = 2,63 * 13,74 * (22 - 16) = 216,9[W]$$

$$Q_{podl} = U * S * (t_i - t_e) = 1,12 * 24,485 * (22 - 16) = 164,2[W]$$

$$Q_{strop} = U * S * (t_i - t_e) = 1,12 * 8,45 * (22 - 16) = 164,2[W]$$

$$Q_{celkem} = 1032[W]$$

Tepelné ztráty všech místností a to jak s izolovanou stěnou tak bez izolované jsou uvedeny v příloze. Další částí je výpočet roční potřeby tepla na vytápění. Ve výpočtu je uvažována teplota v obývacím pokoji 22 °C po dobu 6 hodin a zbytek dne bude vytápěna na 18 °C. Teplota v jídelně je po dobu 8 hodin na 21 °C a zbývajících 16 hodin je teplota 18 °C.

V koupelně se bude vytápět 5 hodin na 24 °C a 19 hodin na 20 °C. Zbývající dva obytné pokoje budou vytápěny na teplotu 20 °C po dobu 5 hodin a dále na 18 °C.

Příklad výpočtu obývacího pokoje (1.1):

$$E_{1.1_{22}} = 6 * \frac{Q_{1.1_{22}}}{1000} * \frac{d * (t_{in} - t_{en})}{t_i - t_e} * \varepsilon = 6 * \frac{573,7}{1000} * \frac{247 * (22 - 3,7)}{(20 - (-15))}$$

$$E_{1.1_{22}} = 232,8[kWh]$$

$$E_{1.1_{18}} = 18 * \frac{Q_{1.1_{18}}}{1000} * \frac{d * (t_{in} - t_{en})}{t_i - t_e} * \varepsilon = 18 * \frac{541}{1000} * \frac{247 * (18 - 3,7)}{(20 - (-15))}$$

$$E_{1.1_{18}} = 731,4[kWh]$$

$$E_{1.1_{celkem}} = 964,2[kWh]$$

Roční potřeba tepla bez větrání tedy činí.

$$E_{bezvetr} = 16903,98[kWh]$$

Roční potřeba tepla včetně větrání.

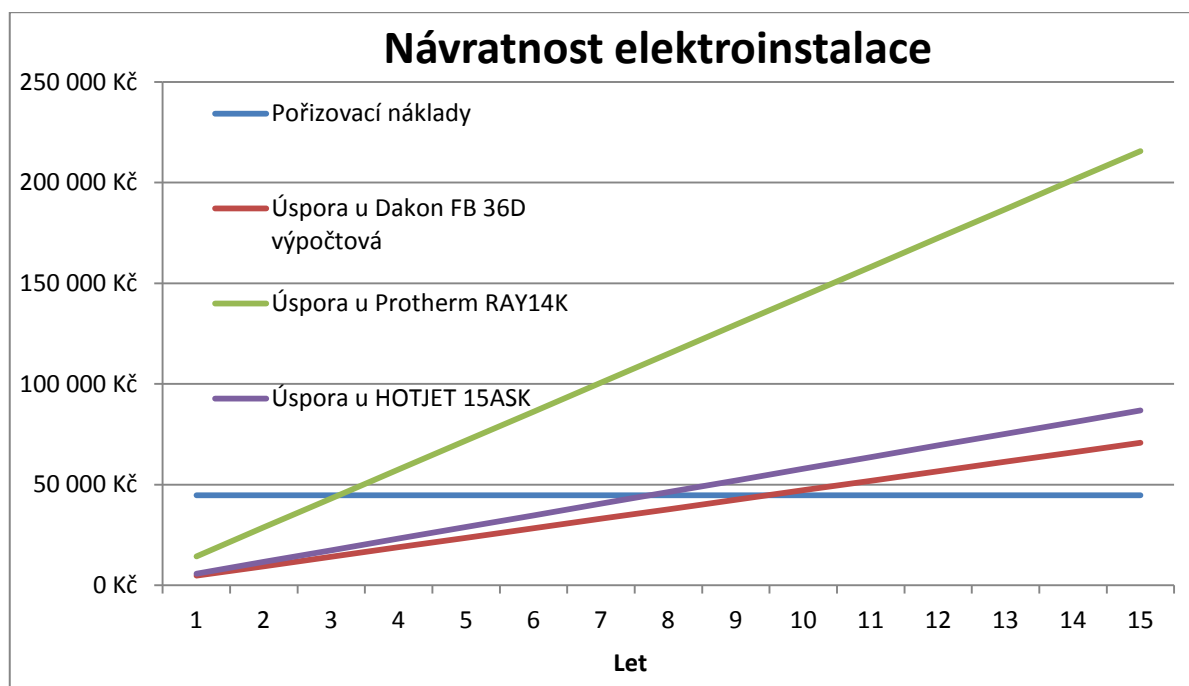
$$E_{celk} = 22795,16[kWh]$$

Roční potřeba tepla bez využití termohlavice je 28 091 kWh. Roční úspora je tedy 5296 kWh, v případě nezatepleného objektu. K řízení teploty vzduchu jsem zvolil bezdrátovou elektroinstalaci od firmy EATON. Jedná se o RF hlavice CHVZ-01/03, mohou být propojeny s tzv. room managerem, který dále slouží k ovládání rolet, žaluzií, ventilátorů, pro spínání spotřebičů. Pro rodinný dům se využije celkem 16 termohlavice a 2 room manager. Cena 1 termohlavice je 1 840 Kč a cena 1 room manageru je 7 628 Kč, tudíž celková pořizovací cena je 44 696 Kč. Cena instalace není započítána. Následující tabulka zobrazuje roční náklady a návratnost.

Tab. 13 : Roční náklady a návratnost

| Druh zdroje | Tepelná ztráta | Účinnost | Spotřeba paliva | Roční náklady | Celkové roční náklady | Investice | Úspora | návratnost |
|------------------------|----------------|----------|-----------------|---------------|-----------------------|------------|-----------|------------|
| Dakon FB 36D reálná | 28091 kWh | 78% | 40 prm | 53 880 Kč | 53 880 Kč | 35 000 Kč | 0 Kč | 0,00 |
| Dakon FB 36D výpočtová | 22795 kWh | 78% | 19,9 prm | 26 805 Kč | 28 287 Kč | 35 000 Kč | 4 715 Kč | 9,48 |
| Protherm RAY14K | 22795 kWh | 99,50% | 22909 kWh | 61 854 Kč | 63 054 Kč | 20 000 Kč | 14 372 Kč | 3,11 |
| HOTJET 15ASK | 22795 kWh | COP 3,1 | 7353 kWh | 18 897 Kč | 24 237 Kč | 104 900 Kč | 5 785 Kč | 7,73 |

Na následujícím obrázku je zobrazena návratnost bezdrátové elektroinstalace. U návratnosti je počítáno se všemi tepelnými zdroji.



Obr. 18. Návratnost elektroinstalace

Z grafu je patrná nejkratší návratnost u elektrického kotle a to již po 3,11 letech, kvůli vysokým ročním nákladům. Investice do bezdrátové elektroinstalace při využití tepelného čerpadla se navrátí za necelých 8 let.

8 Závěr

Ve své diplomové práci jsem se věnoval problematice energetické úspornosti domácnosti. Práce je zaměřena na rodinný dům ve Žďáře u Protivína. Analýza obsahovala spotřebiče s největší energetickou spotřebou, ohřev teplé užitkové vody a vytápění.

Nejprve k samotným spotřebičům. Nejvíce energie spotřebují v našem domě mrazničky, na které nebyl brán až do změření spotřeby velký zřetel. Během vypracování této diplomové práce, byla zakoupena nová mraznička, která se svým objemem vyrovná dvěma předešlým a její návratnost byla spočítána na 4 roky a 7 měsíců. Dále již byly vyměněny některé z klasických žárovek za kompaktní zářivky.

Druhá část se věnuje tepelnému výměníku odpadní vody. Je zde navržen tepelný výměník, který nám slouží k předehřátí studené vody do bojleru. Návratnost tohoto zařízení se pohybuje okolo 7 let. Zde záleží na spotřebě teplé užitkové vody a vývoje ceny elektrické energie

Další část se soustředí na výpočet tepelných ztrát rodinného domku a to nejprve ve stávajícím stavu a poté s izolací. Úspora energie po zaizolování je přibližně 4 000 kWh, což činí při využití tepelného čerpadla roční úsporu 4 671 Kč, s tím že se roční úspora může lišit v závislosti na ceně za 1 kWh a na tom jak chladný bude rok. Poté jsou zde navrženy tepelné zdroje, které jsou porovnány z hlediska investice a provozu. Nejnižší provozní náklady připadají na tepelné čerpadlo HOTJET 15ASK, protože se jedná o velký rodinný dům s velkými ztrátami. Například oproti dřevěným chatám kde se investice do tepelného čerpadla nemusí nikdy vrátit. Návratnost tohoto zařízení je 20 let pokud budeme respektovat provozní životnost daných zdrojů.

Poslední kapitola je určena prostorovému a časovému řízení teplot. Nejprve je zde nastíněn výpočet tepelné ztráty v obývacím pokoji a poté i roční potřeba tepla. Poté je navržena bezdrátová elektroinstalace od firmy EATON v ceně 44 696 Kč, která nám je schopna uspořit ročně 5 300 kWh. Návratnost při použití tepelného čerpadla je počítána na 7,73 let.

9 Seznam použité literatury

- [1] Informační systém statistiky a reportingu [online]. 2012 [cit. 5.12.2012]. Dostupný z WWW <http://issar.cenia.cz/issar/page.php?id=1557>
- [2] Energetický poradce PRE [online]. 2010 [cit. 8.12.2012]. Dostupný z WWW <http://www.energetickyporadce.cz/audit-spotreby/skladba-spotrebydomacnosti.html>
- [3] Energieplan s.r.o [online]. 2012 [cit. 9.12.2012]. Dostupný z WWW <http://www.energoplan.cz/stranky/co-je-dobre-vedet/co-je-to-energeticky-stitek-budovy.htm>
- [4] Centrum pasivního domu [online]. 2012 [cit. 11.12.2012]. Dostupný z WWW <http://www.pasivnidomy.cz/pasivni-dum/co-je-pasivni-dum.html?chapter=definice-rozdeleni-podle-energeticke-narocnosti>
- [5] Ekowatt [online]. 2012 [cit. 9.1.2013]. Dostupný z WWW <http://hestia.energetika.cz/encyklopedie/6.htm>
- [6] tzbinfo (technická zařízení budov) [online]. 2012 [cit.10.1.2013]. Dostupný z WWW <http://www.tzb-info.cz/1621-vyuziti-ruznych-systemu-elektrickeho-vytapeni>
- [7] Energy centre České Budějovice [online]. 2012 [cit.10.1.2013]. Dostupný z WWW <http://www.fachmani.cz/clanky/zabrante-plytvani-elektrinou-a-zbytecnym-unikum-tepla>
- [8] Eurlex [online]. 2012 [cit.15.1.2013]. Dostupný z WWW <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:181:0030:01:CS:HTML>
- [9] tzbinfo (technická zařízení budov) [online]. 2012 [cit.15.1.2013]. Dostupný z WWW <http://www.nazeleno.cz/vytapeni/biomasa/biomasa-zdrazuje-ceny-pelet-a-briket-zvysi-o-tisice-naklady-na-topeni.aspx>
- [10] nalezeno, chytrá řešení pro každého [online]. 2012 [cit.20.1.2013]. Dostupný z WWW <http://www.nazeleno.cz/energie/solarni-energie/vybirame-solarni-kolektory-pro-ohrev-vody-a-pritapeni.aspx>
- [11] Informační portal, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví [online]. 2012 [cit.23.1.2013]. Dostupný z WWW http://www.sgpstandard.cz/editor/files/tech_poz/energ.htm
- [12] Fairchild semiconductor [online]. 2012 [cit.12.2.2013]. Dostupný z WWW http://www.fairchildsemi.com/news/2011/1110/100311_FSB127H.html
- [13] tzbinfo (technická zařízení budov) [online]. 2012 [cit.15.2.2013]. Dostupný z WWW <http://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energii/7409-vyvoj-cen-paliv-za-posledni-dva-roky-nejvice-zdrazily-pelety>
- [14] ŠAFARŮK, Dalibor: Současná situace trhu s lesní energetickou štěpkou a prognóza vývoje v kontextu návrhu nové státní energetické koncepce České

republiky. *Biom.cz* [online]. 2012 [cit. 12.3.2013]. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/soucasna-situace-trhu-s-lesni-energetickou-stepkou-a-prognoza-vyvoje-v-kontextu-navrhu-nove-statni-energeticke-koncepce>

[15] Miroslav Lázňovský, Vladimír Billián, Milan Pacák: 1970. Vytápění rodinných domků, nakladatelství technické literatury SNTL

[16] Siemens s.r.o. technologie budov [online]. 2012 [cit.14.3.2013]. Dostupný z WWW <http://www.pruvodcestavbou.cz/regulace-vytapeni/regulace-vytapeni.pdf>

[17] tzbinfo (technická zařízení budov) [online]. 2012 [cit.15.3.2013]. Dostupný z WWW <http://vytapani.tzb-info.cz/mereni-a-regulace/6092-mechanicke-a-digitalni-prostorove-termostaty-moznosti-uspor-pri-vytapani-domu>

[18] Karel Srdečný, Jan Truxa: 2007. Tepelná čerpadla, 2.aktualizované vydání, nakladatelství ERA

[18] Jan Tywoniak a kolektiv: 2012. Nízkoenergetické domy 3, nakladatelství Grada Publishing , a.s.

[19] Dýchám zdravě [online]. 2013 [cit.20.3.2013]. Dostupný z WWW

<http://www.pasivnidomy.cz/pasivni-dum/vnitri-prostredi-domu/vetrani-a-vytapani.html>

[20] Centrum pasivního domu [online]. 2013 [cit.21.3.2013]. Dostupný z WWW

<http://www.dycham-zdrave.cz/rekuperace/>

[21] Nilan větrání s rekuperací [online]. 2013 [cit.25.3.2013]. Dostupný z WWW

http://www.nilan.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=6&Itemid=6

[22] ČEA modernizace zdravotně technických instalací [online]. 2013 [cit.28.3.2013]. Dostupný z WWW

<http://www.mpo-efekt.cz/dokument/008182.pdf>

[23] technologie pro úspory energií (Ivan Sakal) [online]. 2013 [cit.1.4.2013]. Dostupný z WWW <http://www.sakal-ovt.cz/princip.htm>

[24] Tepelná čerpadla OVA s.r.o. (Ing. Tomáš Fránek) [online]. 2013 [cit.5.4.2013]. Dostupný z WWW

<http://www.ivtostrava.cz/cs/zakladni-casti.html>

[25] Společnost NSN s.r.o. [online]. 2013 [cit.10.4.2013]. Dostupný z WWW

<http://www.nsn.cz/files/technicke-vlastnosti-luxfer.pdf>

[26] Ekowatt [online]. 2013 [cit.14.4.2013]. Dostupný z WWW

Analyzujte spotřebu energie pro residenční oblast
a navrhněte možnost snížení spotřeby

Bc. Kužel Jiří, 2013

<http://hestia.energetika.cz/encyklopedie/2.htm>

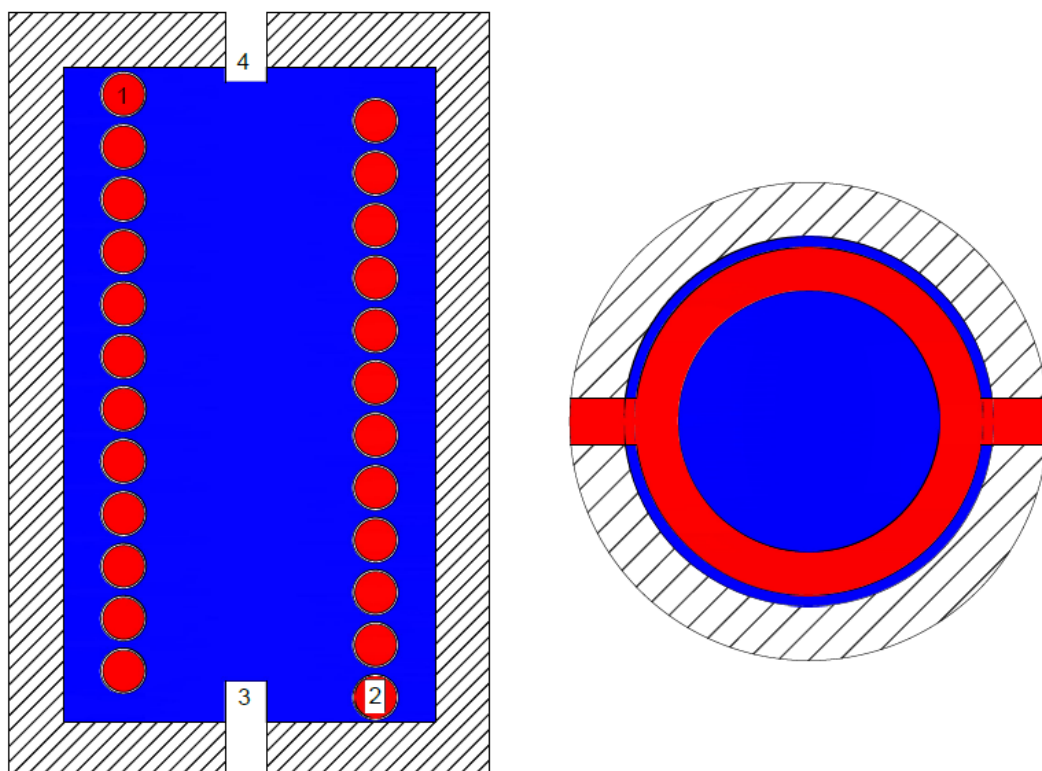
[26] tzbinfo (technická zařízení budov) [online]. 2013 [cit.16.4.2013]. Dostupný z WWW

<http://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/7995-dimenzovani-tepelneho-cerpadla-vzduch-voda-bivalentni-zalozni-zdroj>

10 Seznam příloh

| | |
|---|-------|
| Příloha A: Tepelný výměník náčrt..... | 53 |
| Příloha B: Technické údaje HOTJET 11ASK..... | 54 |
| Příloha C: Výkonový diagram pro HOTJET 11ASK | 55 |
| Příloha D: Technické údaje Protherm RAY14K..... | 56 |
| Příloha E: Tepelná ztráta jednotlivých místností..... | 57-65 |
| Příloha F: Půdorysy a řez rodinného domu..... | 66-69 |

Příloha A



- 1 Vstup teplé odpadní vody
- 2 Výstup ochlazené odpadní vody
- 3 Vstup čisté studené vody
- 4 Výstup čisté přehřáté vody

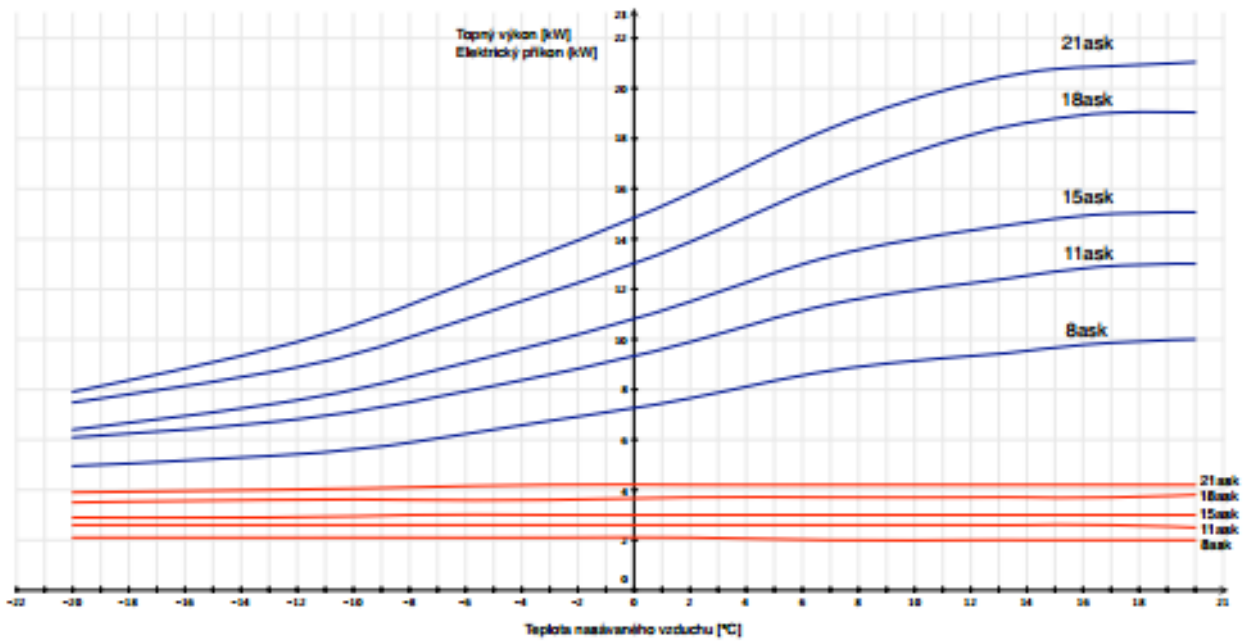
Příloha B

| MODEL | 8aek | 11aek | 15aek | 19aek | 21aek |
|---|---|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Výkonová data | | | | | |
| Teplný výkon / Příkon / Topný faktor | | | | | |
| A7W35 | 8,8 / 2,0 / 4,4 | 11,4 / 2,6 / 4,4 | 13,2 / 3,0 / 4,4 | 16,2 / 3,7 / 4,4 | 18,4 / 4,2 / 4,4 |
| A2W35 | 7,6 / 2,0 / 3,8 | 9,9 / 2,6 / 3,8 | 11,5 / 3,0 / 3,8 | 14,1 / 3,7 / 3,8 | 16,0 / 4,2 / 3,8 |
| A7W45 | 8,4 / 2,4 / 3,5 | 11,3 / 3,2 / 3,5 | 13,0 / 3,7 / 3,5 | 15,8 / 4,5 / 3,5 | 18,3 / 5,2 / 3,5 |
| A2W45 | 7,4 / 2,4 / 3,1 | 9,9 / 3,2 / 3,1 | 11,4 / 3,7 / 3,1 | 13,9 / 4,5 / 3,1 | 16,0 / 5,2 / 3,1 |
| Technická data | | | | | |
| Teplotní rozsah nasávaného vzduchu | -20 °C to 35 °C | | | | |
| Teplotní rozsah topného systému | +15 až +55°C (pod venkovní teplotou -10°C max. výstupní teplota 50°C) | | | | |
| Připojky topné a vratné vody | 1" | | | | |
| Objemový průtok topné strana | 1,3 m3/h | 1,5 m3/h | 1,8 m3/h | 2,6 m3/h | 3 m3/h |
| Tlaková ztráta topné strana | <20kPa | | | | |
| Ochrana topné vody proti zamrznutí | ano | | | | |
| Průtok vzduchu přímými stranou | 3 000 m3/h | | | 4 500 m3/h | |
| Chladicí okruh | | | | | |
| Chladivo | R404A | | | | |
| Množství chladiva | 2,6 | 2,8 | 2,8 | 2,9 | 2,9 |
| Odtávání | Automatické, dle potřeby. Na vyžádání (manuální) | | | | |
| Způsob odtávání | Horkým chladivem (reverzací) | | | | |
| Otřev sblémé vany kondenzátu | Ano | | | | |
| Odvod kondenzátu | hadici | | | | |
| Vypínací tlak nízkotlakého presostatu | 0.08 MPa | | | | |
| Vypínací tlak vysokotlakého presostatu | 2.8 MPa | | | | |
| Mechanické informace, hmotnost | | | | | |
| Šířka x Hloubka x výška [mm] | 1296x503x1137 | | | | |
| hmotnost | 145 | 145 | 150 | 155 | 160 |
| umístění | venkovní | | | | |
| Antikorozi ochrana | nerez | | | | |
| Krytí (EN 60 529) | model i: IP40, model e: IP43 | | | | |
| Elektrické údaje | | | | | |
| Napájení | 400V / 3 / 50Hz | | | | |
| Kompresor | Copeland scroll | | | | |
| Provozní proud [A] | 4.5 | 5 | 5.8 | 9 | 9.1 |
| Startovací proud [A] | 18 | 20 | 23 | 35 | 36.4 |
| Maximální provozní proud [A] | 6.5 | 7 | 8.8 | 12.8 | 13.1 |
| Jběhání kompresoru [A] | 16B | 16B | 16B | 20B | 20B |
| Přívodní vedení kompresoru (n x mm2) | 5x1.5 | | | 5x2.5 | |
| Hlučnost | | | | | |
| Akustický výkon Lw | 61 | | | | |
| Akustický tlak Lp v 1m | 57 | | | | |
| Vybavení | | | | | |
| Řídící elektronika Siemens RVS41 | ano (volitelně RVS61) | | | | |
| ovládací panel AVS37 na zařízení | ano | | | | |
| Bezdrátový přístroj QAA78 | volitelně | | | | |
| Externí rozvaděč s elektronikou | volitelně (veškerá elektroinstalace je v externím rozvaděči) | | | | |
| Jednotka měkkého startu | volitelně Danfoss | | | | |
| Čerpadlo kondenzátu | volitelně | | | | |
| Zapojení do kaskády | podporováno až 16 tepelných čerpadel nebo mixovaných zdrojů | | | | |
| Bivalence (záložní zdroj) | | | | | |
| Externí trubkový elektrokotel | volitelně (třístupňový 2.5 5 7.5kW) | | | | |
| Elektrické patrony v aku nádrži | podporováno | | | | |
| Externí plynový nebo elektrický kotel | podporováno | | | | |
| Elektrický dohřev bojleru | podporováno | | | | |

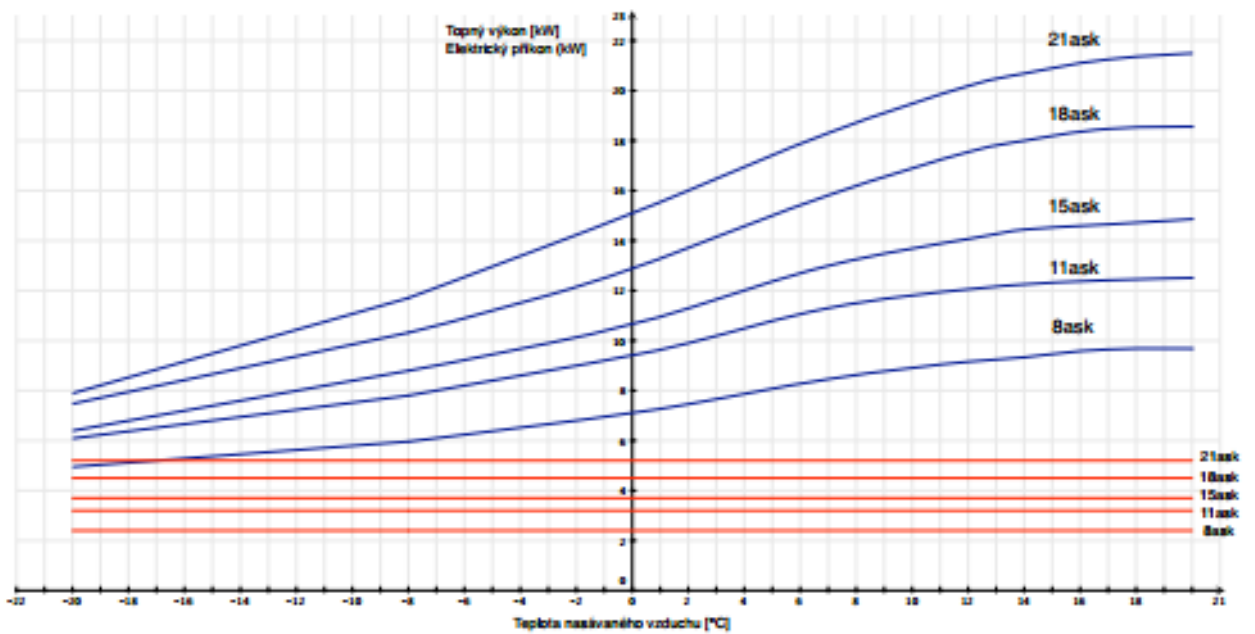
Příloha C

| MODEL | 8ask | 11ask | 15ask | 18ask | 21ask |
|-----------------------|--|-------|-------|-------|-------|
| Kotel na pevná paliva | podporováno vybíjení aku nádrže při přehřátí | | | | |

Výkonové diagramy tepelných čerpadel řady ASK pro topnou vodu 35°C



Výkonové diagramy tepelných čerpadel řady ASK pro topnou vodu 45°C



Příloha D

Typy kotlů a jejich výkonové rozsahy

| Typ kotle | výkon kotle | počet a výkon topných těles | jednotlivé výkonové stupně (kW) | | | | | | | | | | | | jmenovitý proud jističe (A) | | |
|-----------|-------------|-----------------------------|---------------------------------|-----|---|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------------------------|--|----------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | | | |
| RAY6K | 6 kW | 2 x 3 kW | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | | | | | | | | 10 (32*) |
| RAY9K | 9 kW | 3kW + 6kW | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | | | | | | 16 (50*) |
| RAY12K | 12 kW | 2 x 6kW | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | | | | | | | | | 20 |
| RAY14K | 14 kW | 2 x 7kW | 2,3 | 4,7 | 7 | 9,3 | 12 | 14 | | | | | | | | | 25 |
| RAY18K | 18 kW | 3 x 6kW | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | | | | | | 32 |
| RAY21K | 21 kW | 3 x 7kW | 2,3 | 4,7 | 7 | 9,3 | 12 | 14 | 16 | 19 | 21 | | | | | | 40 |
| RAY24K | 24 kW | 4 x 6kW | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | | | 40 |
| RAY28K | 28 kW | 4 x 7 kW | 2,3 | 4,7 | 7 | 9,3 | 12 | 14 | 16 | 19 | 21 | 23 | 26 | 28 | | | 50 |

*Platí při zapojení na jednu fázi

- protimrazová ochrana kotle
- rovnoměrné zatěžování topných těles
- autodiagnostika se zobrazením na displeji kotle
- kaskádové zapojení pro zvýšení výkonu

| | MJ | RAY6K – 28K |
|---------------------------------|-----|------------------------------|
| Výkon | kW | 6, 9, 12, 14, 18, 21, 24, 28 |
| Elektr. napětí / Frekvence | | 3 x 230 V/400 V, 50 Hz |
| Účinnost | % | 99,5 |
| Min. - Max. provozní teplota OV | °C | 25 - 85 |
| Max. výkon oběhového čerpadla | kPa | 50 |
| Objem expanzní nádoby | l | 7 |
| Min. - Max. provozní tlak OV | bar | 0,8 - 3 |
| Doporučený provozní tlak OV | bar | 1 - 2 |
| Elektrické krytí | | IP40 |
| Připojení OV | | G 3/4" |
| Rozměry (v,š,h) | mm | 740x410x310 |

Příloha E

Přízemí

| Přízemí (16 °C) | tepelná ztráta bez termostatu [W] | teplota vnější (°C) | tepelná ztráta s termostatem [W] | teplota vnější (°C) | tepelná ztráta s termostatem [W] |
|-----------------------|-----------------------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------------|
| stěna ven bez izolace | 1170,8 | -15 | 1036 | -15 | 1036 |
| okna dřevěná | 1066 | -15 | 944 | -15 | 944 |
| vrata | 175 | -15 | 155 | -15 | 155 |
| dveře ven | 1016,2 | -15 | 900,1 | -15 | 900,1 |
| podlaha | 2303 | 0 | 1842,4 | 0 | 1842,4 |
| strop 1.2 | 0 | 17 | -40,8 | 17 | -40,8 |
| strop 1.1 | 0 | 22 | -164,2 | 18 | -54,7 |
| strop 1.3 | 0 | 21 | -102,3 | 18 | -40,9 |
| strop 1.5 | 0 | 24 | -59,9 | 20 | -29,9 |
| strop ostatní | 0 | 16 | 0 | 16 | 0 |
| stěna ven s izolací | 421,4 | -15 | 373,3 | -15 | 373,3 |
| celkem bez izolace | 5731 | | 4510,3 | | 4711,2 |
| celkem s izolací | 4981,6 | | 3847,6 | | 4048,5 |

Obývací pokoj (1.1) teplota 22 °C

| Obývací pokoj 1.1 (22 °C) | tepelná ztráta bez termostatu [W] | teplota vnější (°C) | tepelná ztráta s termostatem [W] |
|---------------------------|-----------------------------------|---------------------|----------------------------------|
| stěna ven bez izolace | 289,4 | -15 | 306 |
| okno plastové | 126 | -15 | 133,2 |
| stěna 1.2 | 0 | 17 | 19,03 |
| dveře 1.8 | 0 | 16 | 28,8 |
| stěna 1.8 | 0 | 16 | 216,9 |
| podlaha 0.7,0.8,0.9 | 0 | 16 | 164,2 |
| strop 2.3 | 0 | 16 | 164,2 |
| stěna ven s izolací | 104,2 | -15 | 110,1 |
| celkem bez izolace | 415,4 | | 1032,33 |
| celkem s izolací | 230,2 | | 836,43 |

Analyzujte spotřebu energie pro residenční oblast
a navrhněte možnost snížení spotřeby

Bc. Kužel Jiří, 2013

Obývací pokoj (1.1) teplota 18 °C

| Obývací pokoj 1.1 (18 °C) | tepelná ztráta bez termostatu [W] | teplota vnější (°C) | tepelná ztráta s termostatem [W] |
|---------------------------|-----------------------------------|---------------------|----------------------------------|
| stěna ven bez izolace | 289,4 | -15 | 272,9 |
| okno plastové | 126 | -15 | 118,8 |
| stěna 1.2 | 0 | 17 | 3,8 |
| dveře 1.9 | 0 | 16 | 9,6 |
| stěna 1.9 | 0 | 16 | 72,3 |
| podlaha 0.7,0.8,0.9 | 0 | 16 | 54,7 |
| strop 2.3 | 0 | 16 | 54,7 |
| stěna ven s izolací | 104,2 | -15 | 98,2 |
| celkem bez izolace | 415,4 | | 586,8 |
| celkem s izolací | 230,2 | | 412,1 |

Ložnice (1.2)

| Ložnice 1.2 (17 °C) | tepelná ztráta bez termostatu [W] | teplota vnější (°C) | tepelná ztráta s termostatem [W] | teplota vnější (°C) | tepelná ztráta s termostatem [W] |
|-----------------------|-----------------------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------------|
| stěna 1.3 | 0 | 21 | -112,211 | 18 | -28,1 |
| stěna ven bez izolace | 193,5 | -15 | 176,9 | -15 | 176,9 |
| podlaha 0.1 | 0 | 16 | 40,8 | 16 | 40,8 |
| okno dřevěné | 420 | -15 | 384 | -15 | 384 |
| stěna 1.1 | 0 | 22 | -19,03 | 18 | -3,8 |
| dveře 1.8 | 0 | 16 | 4,8 | 16 | 4,8 |
| stěna 1.8 | 0 | 16 | 4,52 | 16 | 4,52 |
| strop 2.1 | 0 | 20 | -61,2 | 18 | -20,4 |
| stěna ven izolovaná | 69,6 | -15 | 63,7 | -15 | 63,7 |
| celkem bez izolace | 613,5 | | 418,579 | | 558,72 |
| celkem s izolací | 489,6 | | 305,379 | | 445,52 |

Analyzujte spotřebu energie pro residenční oblast
a navrhnete možnost snížení spotřeby

Bc. Kužel Jiří, 2013

Jídelna (1.3) teplota 21 °C

| Jídelna 1.3 (21 °C) | tepelná ztráta bez termostatu [W] | teplota vnější (°C) | tepelná ztráta s termostatem [W] |
|-----------------------|---|------------------------|--|
| stěna ven bez izolace | 131,4 | -15 | 135,2 |
| stěna 1.2 | 0 | 17 | 112,2 |
| dveře 1.8 | 0 | 16 | 24 |
| stěna 1.8 | 0 | 16 | 9,6 |
| dveře 1.4 | 0 | 16 | 24 |
| stěna 1.4 | 0 | 16 | 88,4 |
| okno plastové | 110,2 | -15 | 113,4 |
| okno dřevěné | 90,7 | -15 | 93,3 |
| stěna 1.5 | 0 | 24 | -9,8 |
| strop 2.2 | 0 | 20 | 20,5 |
| podlaha 0.2 | 0 | 16 | 102,3 |
| stěna ven s izolací | 47,3 | -15 | 48,7 |
| celkem bez izolace | 332,3 | | 713,1 |
| celkem s izolací | 248,2 | | 626,6 |

Jídelna (1.3) teplota 18 °C

| Jídelna 1.3 (18 °C) | tepelná ztráta bez termostatu [W] | teplota vnější (°C) | tepelná ztráta s termostatem [W] |
|-----------------------|---|------------------------|--|
| stěna ven bez izolace | 131,4 | -15 | 123,9 |
| stěna 1.2 | 0 | 17 | 28,1 |
| dveře 1.8 | 0 | 16 | 9,6 |
| stěna 1.8 | 0 | 16 | 3,8 |
| dveře 1.4 | 0 | 16 | 9,6 |
| stěna 1.4 | 0 | 16 | 35,4 |
| okno plastové | 110,2 | -15 | 104 |
| okno dřevěné | 90,7 | -15 | 85,5 |
| stěna 1.5 | 0 | 20 | -6,6 |
| strop 2.2 | 0 | 18 | 0 |
| podlaha 0.2 | 0 | 16 | 40,9 |
| stěna ven s izolací | 47,3 | -15 | 44,6 |
| celkem bez izolace | 332,3 | | 434,2 |
| celkem s izolací | 248,2 | | 354,9 |

Špajz (1.4)

| Špajz 1.4 (17 °C) | tepelná ztráta bez termostatu [W] | teplota vnější (°C) | tepelná ztráta s termostatem [W] | teplota vnější (°C) | tepelná ztráta s termostatem [W] |
|-----------------------|-----------------------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------------|
| stěna ven bez izolace | 95 | -15 | 84,1 | -15 | 84,1 |
| stěna 1.3 | 0 | 21 | -88,4 | 18 | -35,4 |
| okno dřevěné | 30,24 | -15 | 26,8 | -15 | 26,8 |
| dveře 1.3 | 0 | 21 | -24 | 18 | -9,6 |
| podlaha 0.2 | 0 | 16 | 0 | 16 | 0 |
| strop 2.2 | 0 | 20 | -10,5 | 18 | -4,9 |
| stěna ven s izolací | 34,2 | -15 | 30,3 | -15 | 30,3 |
| celkem bez izolace | 125,24 | | -12 | | 61 |
| celkem s izolací | 64,44 | | -65,8 | | 7,2 |

Koupelna (1.5) teplota 24 °C

| Koupelna 1.5 (24 °C) | tepelná ztráta bez termostatu [W] | teplota vnější (°C) | tepelná ztráta s termostatem [W] |
|-----------------------|-----------------------------------|---------------------|----------------------------------|
| stěna ven bez izolace | 51,3 | -15 | 57,1 |
| dveře 1.8 | 0 | 16 | 38,4 |
| stěna 1.8 | 0 | 16 | 94,9 |
| stěna 1.7 | 0 | 16 | 84,8 |
| dveře 1.6 | 0 | 16 | 38,4 |
| stěna 1.6 | 0 | 16 | 92,2 |
| okno dřevěné | 60,5 | -15 | 67,4 |
| stěna 1.3 | 0 | 21 | 9,8 |
| strop 2.3 | 0 | 16 | 59,9 |
| podlaha 0.4 | 0 | 16 | 59,9 |
| stěna ve s izolací | 18,4 | -15 | 20,6 |
| celkem bez izolace | 111,8 | | 602,8 |
| celkem s izolací | 78,9 | | 566,3 |

Analyzujte spotřebu energie pro residenční oblast
a navrhnete možnost snížení spotřeby

Bc. Kužel Jiří, 2013

Koupelna (1.5) teplota 20 °C

| Koupelna 1.5 (20 °C) | tepelná ztráta bez termostatu [W] | teplota vnější (°C) | tepelná ztráta s termostatem [W] |
|-----------------------|-----------------------------------|---------------------|----------------------------------|
| stěna ven bez izolace | 51,3 | -15 | 51,3 |
| dveře 1.8 | 0 | 16 | 19,2 |
| stěna 1.8 | 0 | 16 | 47,5 |
| stěna 1.7 | 0 | 16 | 42,4 |
| dveře 1.6 | 0 | 16 | 19,2 |
| stěna 1.6 | 0 | 16 | 46,1 |
| okno dřevěné | 60,5 | -15 | 60,5 |
| stěna 1.3 | 0 | 18 | 6,6 |
| strop 2.3 | 0 | 16 | 29,9 |
| podlaha 0.4 | 0 | 16 | 29,9 |
| stěna ve s izolací | 18,4 | -15 | 18,4 |
| celkem bez izolace | 111,8 | | 352,6 |
| celkem s izolací | 78,9 | | 319,7 |

WC (1.6)

| WC 1.6 (16 °C) | tepelná ztráta bez termostatu [W] | teplota vnější (°C) | tepelná ztráta s termostatem [W] | teplota vnější (°C) | tepelná ztráta s termostatem [W] |
|-----------------------|-----------------------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------------|
| stěna veb bez izolace | 22,5 | -15 | 19,9 | -15 | 19,9 |
| okno dřevěné | 30,24 | -15 | 26,8 | -15 | 26,8 |
| stěna 1.7 | 0 | 16 | 0 | 16 | 0 |
| stěna 1.5 | 0 | 24 | -92,2 | 20 | -46,1 |
| podlaha 0.4 | 0 | 16 | 0 | 16 | 0 |
| strop 2.3 | 0 | 16 | 0 | 16 | 0 |
| dveře 1.5 | 0 | 24 | -38,4 | 20 | -19,2 |
| obvod s izolací | 8,1 | -15 | 7,2 | -15 | 7,2 |
| celkem bez izolace | 52,74 | | -83,9 | | -18,6 |
| celkem s izolací | 38,34 | | -96,6 | | -31,3 |

Pokojík (1.7)

| Pokojík 1.7 (16 °C) | tepelná ztráta bez termostatu [W] | teplota vnější (°C) | tepelná ztráta s termostatem [W] | teplota vnější (°C) | tepelná ztráta s termostatem [W] |
|-----------------------|-----------------------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------------|
| stěna ven bez izolace | 203,3 | -15 | 180,1 | -15 | 180,1 |
| dveře 1.8 | 0 | 16 | 0 | 16 | 0 |
| stěna 1.8 | 0 | 16 | 0 | 16 | 0 |
| stěna 1.6 | 0 | 16 | 0 | 16 | 0 |
| stěna 1.5 | 0 | 24 | -84,8 | 20 | -42,4 |
| okno dřevěné | 264,6 | -15 | 234,4 | -15 | 234,4 |
| podlaha 0.6,0.5 | 0 | 16 | 0 | 16 | 0 |
| strop 2.3 | 0 | 16 | 0 | 16 | 0 |
| stěna ven s izolací | 73,2 | -15 | 64,8 | -15 | 64,8 |
| celkem bez izolace | 467,9 | | 329,7 | | 372,1 |
| celkem s izolací | 337,8 | | 214,4 | | 256,8 |

Chodba 1. Patro (1.8)

| Chodba 1.8 (16 °C) | tepelná ztráta bez termostatu [W] | teplota vnější (°C) | tepelná ztráta s termostatem [W] | teplota vnější (°C) | tepelná ztráta s termostatem [W] |
|-----------------------|-----------------------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------------|
| stěna ven bez izolace | 35,5 | -15 | 31,4 | -15 | 31,4 |
| dveře 1.2 | 0 | 17 | -4,8 | 17 | -4,8 |
| dveře 1.3 | 0 | 21 | -24 | 18 | -9,6 |
| dveře 1.1 | 0 | 22 | -28,8 | 18 | -28,8 |
| dveře 1.5 | 0 | 24 | -38,4 | 20 | -9,6 |
| dveře 1.7 | 0 | 16 | 0 | 16 | 0 |
| stěna 1.2 | 0 | 17 | -4,5 | 17 | -4,5 |
| stěna 1.1 | 0 | 22 | -216,9 | 18 | -72,3 |
| stěna 1.7 | 0 | 16 | 0 | 16 | 0 |
| stěna 1.5 | 0 | 24 | -94,9 | 20 | -47,5 |
| stěna 1.3 | 0 | 21 | -9,6 | 18 | -3,8 |
| luxfery | 185,9 | -15 | 164,7 | -15 | 164,7 |
| podlaha 0.3,0.7 | 0 | 16 | 0 | 16 | 0 |
| strop 2.3,2.4 | 0 | 16 | 0 | 16 | 0 |
| stěna ven s izolací | 14,8 | -15 | 13,1 | -15 | 13,1 |
| celkem bez izolace | 221,4 | | -225,8 | | 15,2 |
| celkem s izolací | 200,7 | | -244,1 | | -3,1 |

Analyzujte spotřebu energie pro residenční oblast
a navrhněte možnost snížení spotřeby

Bc. Kužel Jiří, 2013

První obytný pokoj (2.1) teplota 20 °C

| Pokoj 2.1 (20 °C) | tepelná ztráta bez termostatu [W] | teplota vnější (°C) | tepelná ztráta s termostatem [W] |
|-----------------------|-----------------------------------|---------------------|----------------------------------|
| stěna ven bez izolace | 183,8 | -15 | 183,8 |
| střecha | 95,7 | -15 | 95,7 |
| strop podkroví | 0 | 16 | 32 |
| stěna 2.2 | 0 | 20 | 0 |
| stěna 2.4 | 0 | 16 | 4,7 |
| stěna 2.3 | 0 | 16 | 17,5 |
| dveře 2.4 | 0 | 16 | 19,2 |
| podlaha 1.2 | 0 | 17 | 61,2 |
| podlaha ven | 183,9 | -15 | 183,9 |
| okno plastové | 110,3 | -15 | 110,3 |
| stěna ven s izolací | 66,1 | -15 | 66,1 |
| celkem bez izolace | 573,7 | | 708,3 |
| celkem s izolací | 456 | | 590,6 |

První obytný pokoj (2.1) teplota 18 °C

| Pokoj 2.1 (18 °C) | tepelná ztráta bez termostatu [W] | teplota vnější (°C) | tepelná ztráta s termostatem [W] |
|-----------------------|-----------------------------------|---------------------|----------------------------------|
| stěna ven bez izolace | 183,8 | -15 | 173,3 |
| střecha | 95,7 | -15 | 90,3 |
| strop podkroví | 0 | 16 | 16 |
| stěna 2.2 | 0 | 18 | 0 |
| stěna 2.4 | 0 | 16 | 2,4 |
| stěna 2.3 | 0 | 16 | 8,7 |
| dveře 2.4 | 0 | 16 | 9,6 |
| podlaha 1.2 | 0 | 17 | 20,4 |
| podlaha ven | 183,9 | -15 | 173,4 |
| okno plastové | 110,3 | -15 | 104 |
| stěna ven s izolací | 66,1 | -15 | 62,36 |
| celkem bez izolace | 573,7 | | 598,1 |
| celkem s izolací | 456 | | 487,16 |

Analyzujte spotřebu energie pro residenční oblast
a navrhněte možnost snížení spotřeby

Bc. Kužel Jiří, 2013

Druhý obytný pokoj (2.2) teplota 20 °C

| Pokoj 2.2 (20 °C) | tepelná ztráta bez termostatu [W] | teplota vnější (°C) | tepelná ztráta s termostatem [W] |
|-----------------------|-----------------------------------|---------------------|----------------------------------|
| stěna ven bez izolace | 183,8 | -15 | 183,8 |
| střecha | 95,7 | -15 | 95,7 |
| strop podkroví | 0 | 16 | 30,9 |
| stěna 2.1 | 0 | 20 | 0 |
| stěna 2.4 | 0 | 16 | 3,1 |
| stěna 2.3 | 0 | 16 | 19,1 |
| dveře 2.4 | 0 | 16 | 19,2 |
| podlaha 1.4 | 0 | 16 | 10,5 |
| podlaha 1.3 | 0 | 21 | -20,5 |
| okno plastové | 110,3 | -15 | 110,3 |
| stěna ven s izolací | 66,1 | -15 | 66,1 |
| celkem bez izolace | 389,8 | | 452,1 |
| celkem s izolací | 272,1 | | 334,4 |

Druhý obytný pokoj (2.2) teplota 18 °C

| Pokoj 2.2 (18 °C) | tepelná ztráta bez termostatu [W] | teplota vnější (°C) | tepelná ztráta s termostatem [W] |
|-----------------------|-----------------------------------|---------------------|----------------------------------|
| stěna ven bez izolace | 183,8 | -15 | 173,3 |
| střecha | 95,7 | -15 | 90,3 |
| strop podkroví | 0 | 16 | 15,4 |
| stěna 2.1 | 0 | 18 | 0 |
| stěna 2.4 | 0 | 16 | 1,6 |
| stěna 2.3 | 0 | 16 | 9,5 |
| dveře 2.4 | 0 | 16 | 9,6 |
| podlaha 1.4 | 0 | 16 | 4,9 |
| podlaha 1.3 | 0 | 18 | 0 |
| okno plastové | 110,3 | -15 | 104 |
| stěna ven s izolací | 66,1 | -15 | 62,4 |
| celkem bez izolace | 389,8 | | 408,6 |
| celkem s izolací | 272,1 | | 297,7 |

Posilovna (2.3)

| Posilovna 2.3 (16 °C) | tepelná ztráta bez termostatu [W] | teplota vnější (°C) | tepelná ztráta s termostatem [W] | teplota vnější (°C) | tepelná ztráta s termostatem [W] |
|-----------------------|-----------------------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------------|
| stěna ven bez izolace | 529,6 | -15 | 469,1 | -15 | 469,1 |
| střecha | 318,3 | -15 | 281,9 | -15 | 281,9 |
| strop podkroví | 0 | 16 | 0 | 16 | 0 |
| stěna 2.2 | 0 | 20 | -19,1 | 18 | -9,5 |
| stěna 2.1 | 0 | 20 | -17,5 | 18 | -8,7 |
| stěna 2.4 | 0 | 16 | 0 | 16 | 0 |
| dveře 2.4 | 0 | 16 | 0 | 16 | 0 |
| podlaha 1.5 | 0 | 24 | -59,9 | 20 | -29,9 |
| podlaha 1.1 | 0 | 22 | -164,2 | 18 | -54,7 |
| okno dřevěné | 264,6 | -15 | 234,4 | -15 | 234,4 |
| podlaha | 0 | 16 | 0 | 16 | 0 |
| stěna ven s izolací | 190,6 | -15 | 168,9 | -15 | 168,9 |
| celkem bez izolace | 1112,5 | | 724,7 | | 882,6 |
| celkem s izolací | 773,5 | | 424,5 | | 582,4 |

Chodba 2. Patro (2.4)

| Chodba 2 patro (16 °C) | tepelná ztráta bez termostatu [W] | teplota vnější (°C) | tepelná ztráta s termostatem [W] | teplota vnější (°C) | tepelná ztráta s termostatem [W] |
|------------------------|-----------------------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------------|
| dveře 2.1,2.2 | 0 | 20 | -38,4 | 18 | -19,2 |
| stěna 2.1 | 0 | 20 | -3,1 | 18 | -1,6 |
| stěna 2.2 | 0 | 20 | -4,7 | 18 | -2,4 |
| stěna 2.3 | 0 | 16 | 0 | 16 | 0 |
| celkem | 0 | | -46,2 | | -23,2 |

Podkroví

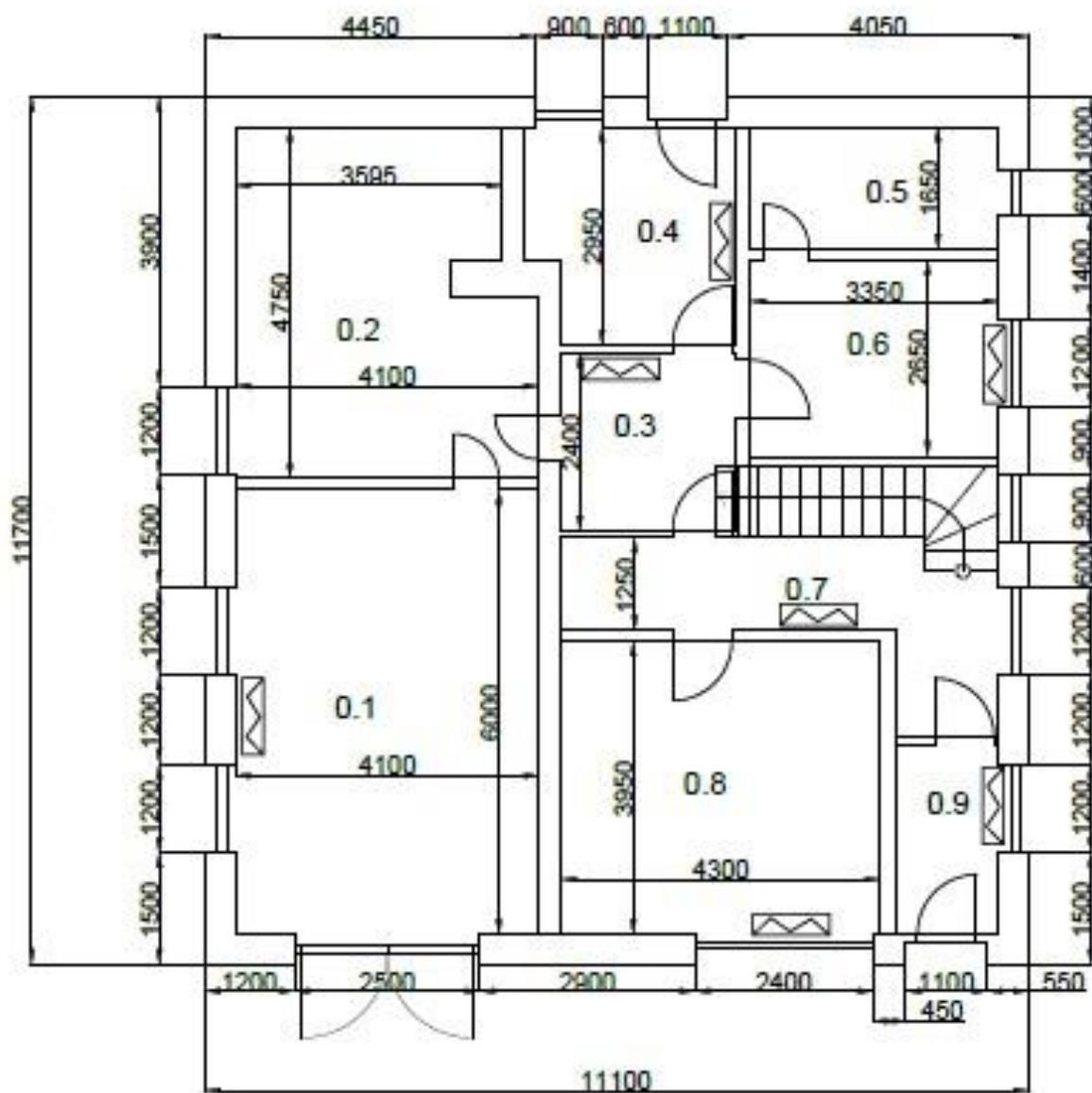
| Podkroví (16 °C) | tepelná ztráta bez termostatu [W] | teplota vnější (°C) | tepelná ztráta s termostatem [W] | teplota vnější (°C) | tepelná ztráta s termostatem [W] |
|------------------|-----------------------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------------|
| střecha | 1734,6 | -15 | 1536,4 | -15 | 1536,4 |
| podlaha 2.2 | 0 | 20 | -30,9 | 18 | -15,4 |
| podlaha 2.1 | 0 | 20 | -32 | 18 | -16 |
| podlaha | 0 | 16 | 0 | 16 | 0 |
| celkem | 1734,6 | | 1473,5 | | 1505 |

Analyzujte spotřebu energie pro residenční oblast
a navrhňte možnost snížení spotřeby

Bc. Kužel Jiří, 2013

Příloha F

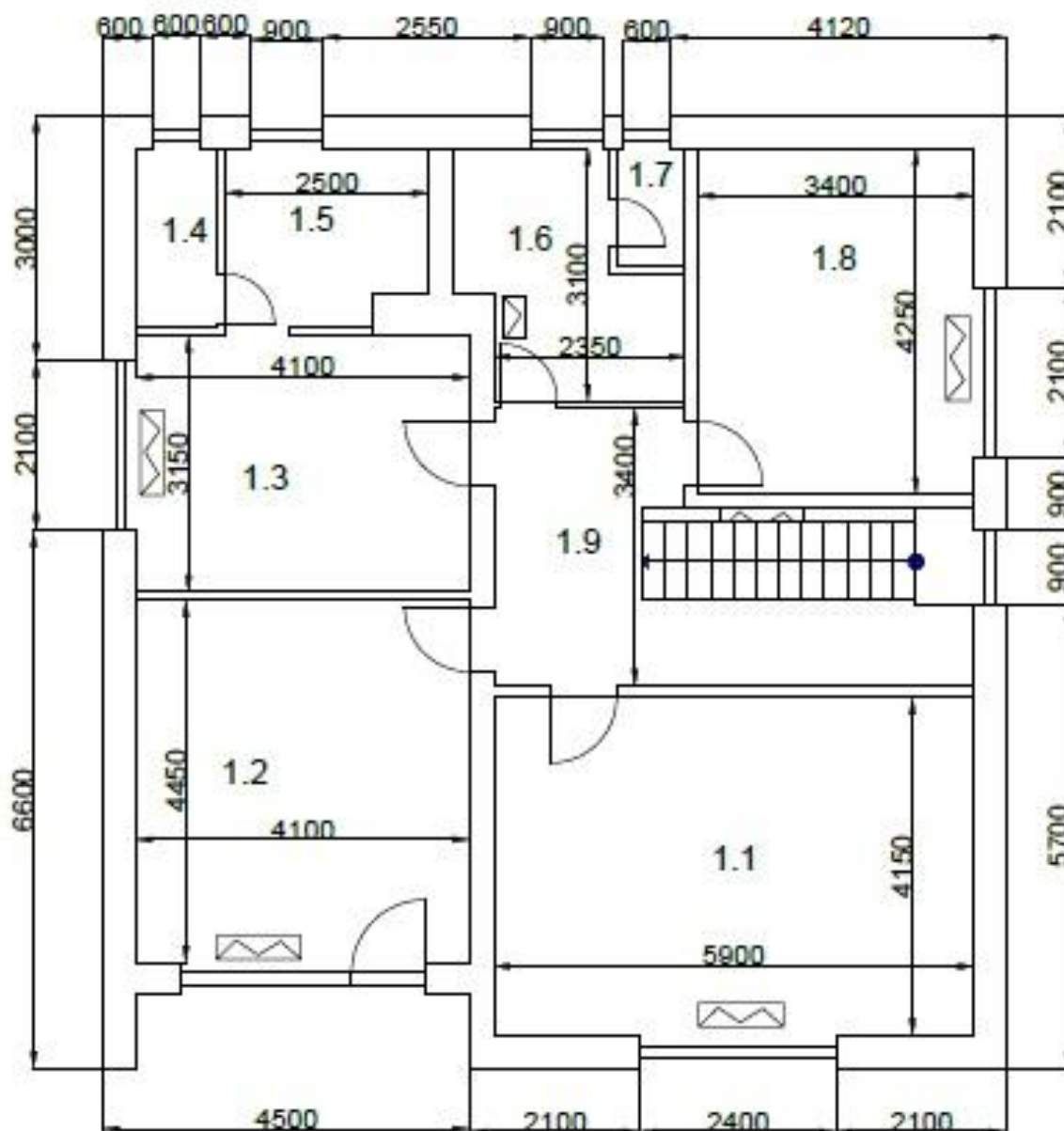
Přízemí



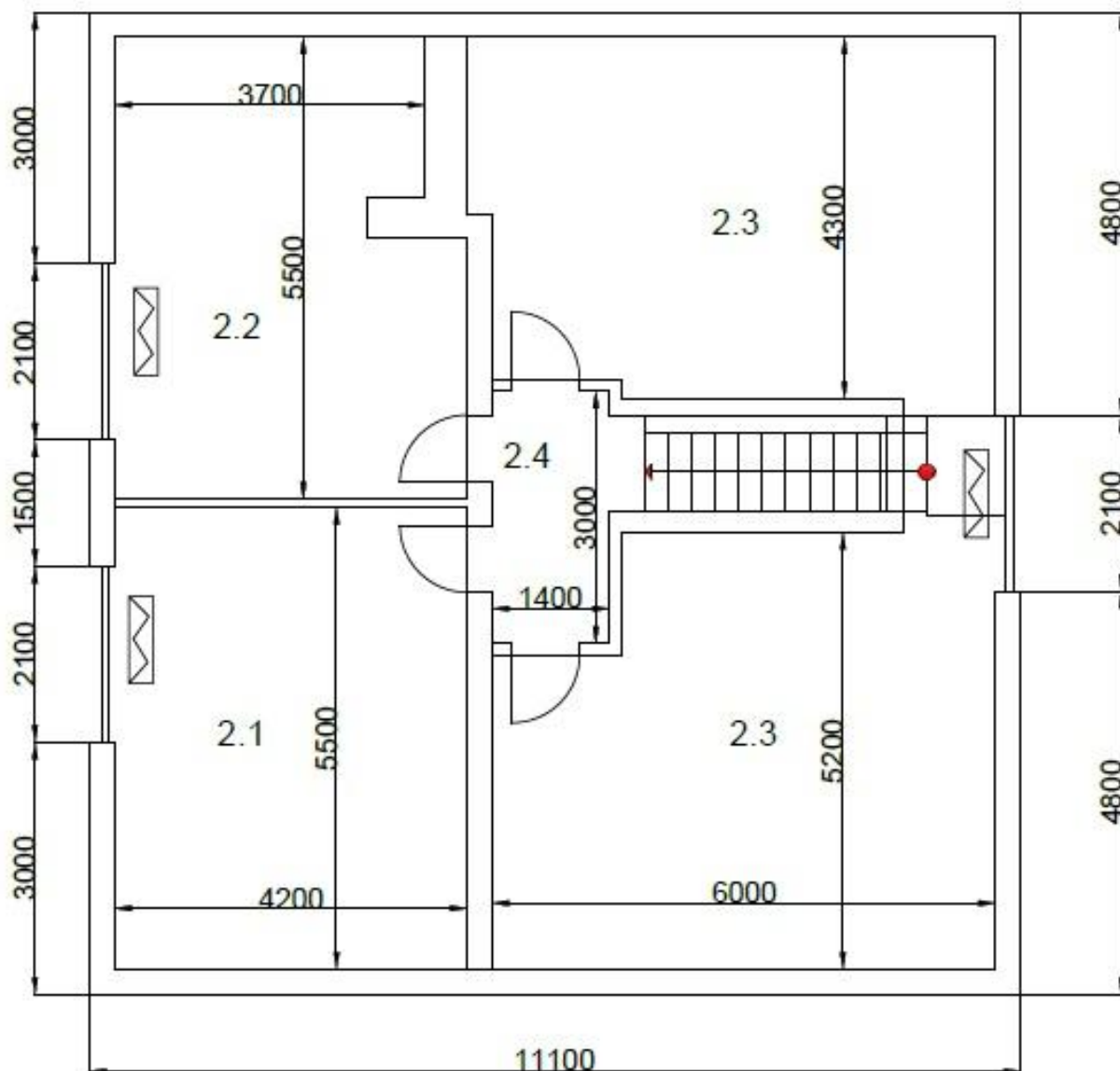
Analyzujte spotřebu energie pro residenční oblast
a navrhňte možnost snížení spotřeby

Bc. Kužel Jiří, 2013

1. Patro:



2. Patro



Analyzujte spotřebu energie pro residenční oblast
a navrhňte možnost snížení spotřeby

Bc. Kužel Jiří, 2013

Řez:

