



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ENERGETICKÝ ÚSTAV

ENERGY INSTITUTE

**HODNOCENÍ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOV
NÁRODNÍM KALKULAČNÍM NÁSTROJEM NKN II A
POROVNÁNÍ S VÝSLEDKY ENERGETICKÉ SIMULACE**

EVALUATION OF ENERGY DEMANDS OF BUILDINGS USING NKN II AND COMPARISON WITH RESULTS
OF ENERGY SIMULATION

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Jakub Hlubinka

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Michal Jaroš, Dr.

BRNO 2016

Zadání diplomové práce

Ústav: Energetický ústav
Student: **Bc. Jakub Hlubinka**
Studijní program: Strojní inženýrství
Studijní obor: Technika prostředí
Vedoucí práce: **doc. Ing. Michal Jaroš, Dr.**
Akademický rok: 2015/16

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Hodnocení energetické náročnosti budov národním kalkulačním nástrojem NKN II a porovnání s výsledky energetické simulace

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Pro účely jednotného hodnocení energetické náročnosti budov a zpracování průkazu ENB byly v minulých letech vytvořeny specializované výpočetní nástroje NKN a NKN II, určené pro energetické specialisty, autorizované osoby, projektanty i širší odbornou veřejnost. Jinou alternativu pro detailnější posouzení energetických nároků budov představuje jejich energetická simulace s využitím vhodných softwarových nástrojů (např. TRNSYS). Nabízí se proto srovnání obou softwarových nástrojů jak z hlediska získaných výsledků, tak i jejich možností, uživatelského komfortu apod.

Cíle diplomové práce:

Zpracujte hodnocení energetické náročnosti vybrané budovy (budov) výpočetním nástrojem NKN II a porovnejte je s energetickou simulací programem TRNSYS. Porovnejte výsledky obou výpočtů, posuďte a zdůvodněte případné rozdíly. Zhodnoťte rovněž možnosti a uživatelský komfort obou nástrojů a jejich přínos pro projektanty a konstruktéry.

Seznam literatury:

VAVERKA, J. a kol. Stavební tepelná technika a energetika budov. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2006. ISBN 80-214-2910-0.

CHMÚRNÝ, I. Tepelná ochrana budov. Bratislava: Jaga group, 2003. ISBN 80-88905-27-3.

CHYSKÝ, J., HEMZAL, K. a kol. Větrání a klimatizace. 3. vydání. Praha: Česká Matica technická, 1993. ISBN 80-901574-0-8.

BERNARDINOVÁ, A., MAREŠ, M. Zpracování průkazu energetické náročnosti budovy: praktická příručka pro všechny majitele rodinných a bytových domů, bytů a pro realitní kanceláře. Praha: Linde, 2013. ISBN 978-80-7201-914-4.

Vyhláška ze dne 18. června 2007 o energetické náročnosti budov. Sbírka zákonů č. 148/2008, s. 1855-1879.

Vyhláška č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov.

Internetový portál TZB-info (www.tzb-info.cz).

Další internetové, časopisecké a jiné zdroje dle vlastního výběru studenta.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/16

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá hodnocením energetické náročnosti dvou typů rodinných domů. Výpočet je proveden pomocí národního kalkulačního nástroje NKN II a simulačním programem TRNSYS. Výsledky obou výpočtů jsou navzájem porovnány a rozdíly zdůvodněny. Oba výpočetní nástroje jsou rovněž porovnány z uživatelského hlediska. Na závěr je hodnocena jejich využitelnost pro projektové pracovníky.

ABSTRACT

The Master Thesis evaluates the energy demands of two types of family houses. The calculations are performed using the national calculation tool NKN II and the simulation software TRNSYS. The results of both methods are compared and their differences explained. Both calculation tools are compared from the user point view and finally their applicability for project designers is evaluated.

KLÍČOVÁ SLOVA

Energetická náročnost, rodinný dům, spotřeba energie, potřeba energie, klimatické podmínky, NKN II, TRNSYS

KEY WORDS

Energy demands, family house, energy consumption, energy requirement, climate conditions, NKN II, TRNSYS,

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

HLUBINKA, J. *Hodnocení energetické náročnosti budov národním kalkulačním nástrojem NKN II a porovnání s výsledky energetické simulace*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016. 95 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Michal Jaroš, Dr.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma *Hodnocení energetické náročnosti budov národním kalkulačním nástrojem NKN II a porovnání s výsledky energetické simulace* vypracoval samostatně s využitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který tvoří přílohu této práce.

V Brně 24. května 2016

.....

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu práce panu doc. Ing. Michalu Jarošovi, Dr. za odborné vedení při jejím vypracování a Ing. Pavlu Charvátovi, Ph.D. za věnovaný čas a cenné připomínky při vytváření energetických simulací.

Dále pak Terezce za její lásku a trpělivost a celé mé rodině, která mě během studia podporovala a umožnila mi úspěšně dostudovat.

OBSAH

| | |
|--|-----------|
| OBSAH | 9 |
| 1 Úvod | 11 |
| 2 Energetická náročnost budov (ENB) | 13 |
| 2.1 Legislativa spojená s hodnocením ENB..... | 13 |
| 2.2 Vymezení pojmů týkajících se energetiky budov..... | 15 |
| 3 Metody výpočtu ENB | 17 |
| 3.1 Ruční metody výpočtu ENB..... | 17 |
| 3.1.1 Výpočet dle ČSN EN ISO 13 790..... | 17 |
| 3.1.2 Výpočet potřeby tepla dle tzv. denostupňové metody..... | 17 |
| 3.1.3 Bilanční hodnocení | 18 |
| 3.2 Výpočet a hodnocení ENB pomocí výpočetního softwaru | 22 |
| 3.2.1 NKN II..... | 23 |
| 3.2.2 TRNSYS..... | 23 |
| 4 Posuzované objekty | 25 |
| 4.1 Rodinný dům - bungalov | 25 |
| 4.1.1 Tepelně technické vlastnosti konstrukcí obálky bungalovu | 27 |
| 4.1.2 Energetické a technické systémy bungalovu..... | 29 |
| 4.2 Moderní novostavba RD | 29 |
| 4.2.1 Tepelně technické vlastnosti konstrukcí obálky moderní novostavby RD.... | 31 |
| 4.2.2 Energetické a technické systémy moderní novostavby..... | 33 |
| 5 Výpočet energetické náročnosti budovy pomocí NKN II | 35 |
| 5.1 Rodinný dům - bungalov | 35 |
| 5.1.1 Tvorba výpočetního modelu bungalovu..... | 35 |
| 5.1.2 Referenční údaje..... | 40 |
| 5.1.3 Hodnocení ukazatelů ENB | 40 |
| 5.1.4 Grafické zpracování průkazu energetické náročnosti budovy (PENB) | 42 |
| 5.1.5 Výsledky energetických potřeb vytápění a chlazení..... | 44 |
| 5.2 Moderní novostavba RD | 45 |
| 5.2.1 Hodnocení ukazatelů ENB | 47 |
| 5.2.2 Grafické znázornění PENB pro moderní novostavbu RD | 48 |
| 5.2.3 Výsledky energetických potřeb vytápění a chlazení..... | 50 |

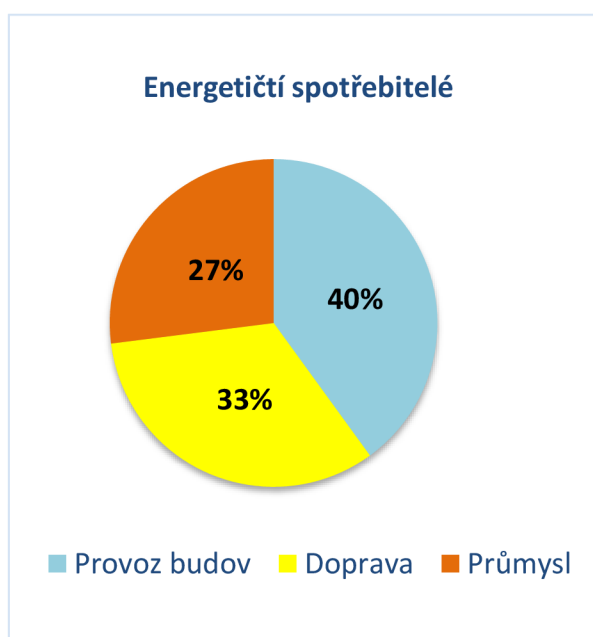
| | | |
|----------------------------------|---|-----------|
| 6 | Energetická simulace pomocí programu TRNSYS | 51 |
| 6.1 | Rodinný dům - bungalov | 52 |
| 6.1.1 | Výpočetní model bungalovu č. 1 vycházející z metodiky výpočtu NKN II | 52 |
| 6.1.2 | Výpočetní model bungalovu č. 2..... | 54 |
| 6.1.3 | Výpočetní model bungalovu č. 3 - vliv podrobných klimatických údajů | 56 |
| 6.1.4 | Výpočetní model bungalovu č. 4 s definovaným užíváním zóny | 58 |
| 6.1.5 | Vícezonový výpočetní model bungalovu (č. 5)..... | 62 |
| 6.2 | Moderní novostavba RD..... | 67 |
| 6.2.1 | Výpoč. model novostavby RD č. 1 vycházející z metodiky výpočtu NKN II... 67 | |
| 6.2.2 | Výpočetní model novostavby RD č. 2..... | 69 |
| 6.2.3 | Výpočetní model novostavby RD č. 3, vliv podrobných klimatických údajů 70 | |
| 6.2.4 | Výpočetní model novostavby RD č. 4 s definovaným užíváním zóny | 72 |
| 6.2.5 | Vícezonový výpočetní model novostavby RD č. 5 | 74 |
| 7 | Porovnání NKN II a energetické simulace v TRNSYSU..... | 77 |
| 7.1 | Porovnání výpočtů energetických nároků vytápění a chlazení..... | 77 |
| 7.1.1 | Bungalov | 77 |
| 7.1.2 | Novostavba | 79 |
| 7.2 | Vliv rozdílných energetických nároků na hodnocení ENB dle vyhlášky č. 78/2013 81 | |
| 7.2.1 | Bungalov | 82 |
| 7.2.2 | Novostavba rodinného domu | 84 |
| 7.3 | Diskuze..... | 86 |
| 7.4 | Porovnání uživatelského komfortu a využitelnosti obou nástrojů pro projektové pracovníky..... | 86 |
| Závěr | | 89 |
| Použité zdroje | | 91 |
| Použité symboly a zkratky | | 93 |
| Přílohy | | 95 |

1 ÚVOD

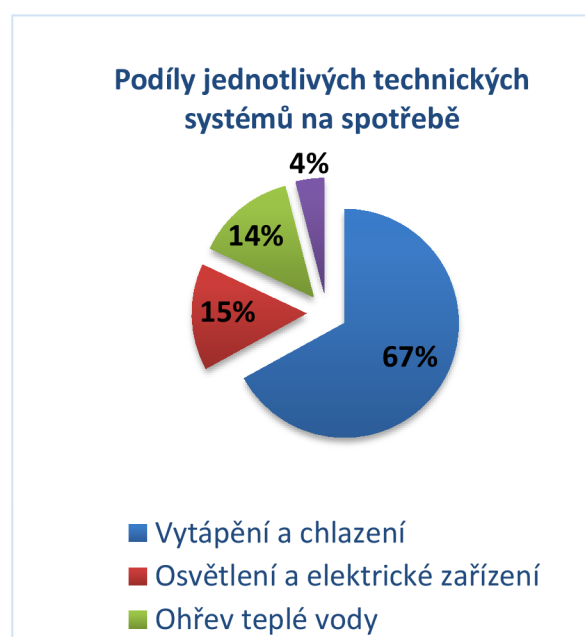
Klimatické změny a rostoucí nedostatek energetických zdrojů jsou velmi diskutovaná témata dnešní doby. Efektivní a udržitelné využívání energie je pro dnešní společnost naléhavou nutností.

Evropské společenství se dlouhodobě snaží snižovat celkovou spotřebu energií a nahrazovat tradiční neobnovitelné zdroje obnovitelnými. Vše je cíleno na ochranu a zlepšení životního prostředí. V roce 2007 Evropská unie (EU) vytyčila nezávazný cíl snížit do roku 2020 předpokládanou spotřebu primární energie o 20 % [1].

Jak můžeme vidět na obr. 1, největším spotřebitelem energie v EU spolu s průmyslem a dopravou je provoz budov. Energie spotřebovaná technickými systémy budov, tedy energetické nároky topení, chlazení, větrání, přípravy teplé vody a osvětlení, činí okolo 40 % veškeré spotřebované energie [2,3].



Obr. 1.1 - Rozdělení spotřebované energie podle sektoru konečného spotřebitele [3]



Obr. 1.2 - Průměrné rozdělení spotřeby energie v budovách [3]

V České republice se aktuálně problematikou spotřeby energie v budovách zabývá vyhláška č. 78/2013 Sb., jež nabyla účinnosti 1. dubna 2013 [1].

Legislativní kroky EU, spolu s dotačními programy cílenými na úspory energie, posílily podnikatelský sektor, který se zabývá komplexním hodnocením energetické náročnosti budov. Za tímto účelem začaly vznikat různé programy, jejichž úkolem je zefektivnění práce energetických specialistů a projektantů. Jen stěží by se ceny průkazů energetické náročnosti budov pohybovaly okolo 3000 Kč, kdyby nebyl v praxi použit vhodný software a výpočet by se prováděl ručně.

Mezi nejznámější používané programy patří Energetika, NKN II, Protech, Energie 2015. NKN II vznikl na katedře technických zařízení budov fakulty stavební ČVUT v Praze. Vývoj tohoto výpočetního nástroje byl financován z grantu České energetické agentury. Jedná se tedy o volně šiřitelný software, což je důvod, proč je v hojně míře využíván energetickými znalci, projektanty a další širokou veřejností.

NKN II je primárně navržen k posouzení energetické náročnosti budovy, kdy výstupem je energetický štítek. Autoři programu však uvádějí, že software je možné využít i k určení dílčích energetických potřeb posuzovaného objektu.

Pro tyto účely je však možné využít i simulační programy, např. ESP-r, TRNSYS, EnergyPlus, IDA a další, které řeší komplexní modelování a simulaci energetického chování budov [4].

Zde se otevírá prostor pro srovnání obou metod, což je jedním z hlavních cílů této práce. Výpočet energetické náročnosti bude proveden pro dva objekty. Výsledky dílčích energetických potřeb spočítané pomocí NKN II a výsledky simulace v programu TRNSYS budou následně porovnány. Cílem je zjistit, do jaké míry se mohou výsledky obou přístupů rozcházet, např. v souvislosti s použitím podrobných klimatických údajů a definováním konkrétního užívání jednotlivých zón objektu.

Přeneseno do praxe, ptáme se, jaké chyby se dopouští projektant TZB, který využívá NKN II jako nástroj pro výpočet tepelných ztrát a tepelných zisků, na jehož základě poté navrhuje vytápění a chlazení budovy a zda jsou tyto údaje pro daný účel vůbec použitelné.

2 ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOV (ENB)

Z energetického hlediska je každá budova charakterizována svými energetickými nároky (potřebami energie), a také svou energetickou náročností (spotřebami energie). Energetické nároky závisí na tepelně technických vlastnostech konstrukcí objektu, okolním prostředí a požadovaném mikroklimatu uvnitř budovy. Nejčastěji mluvíme o nárocích na vytápění a chlazení.

Pojem energetická náročnost budovy nám popisuje skutečnou energii, která by měla být spotřebována na provoz budovy (tedy tu, co nakonec zaplatíme). Záleží tedy také na použití konkrétních energetických systémů, jenž pokrývají energetické nároky [5].

2.1 Legislativa spojená s hodnocením ENB

V roce 2002 byla vydána první směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 2002/91/EC, která se problematikou ENB zabývala v rámci celé Evropské unie. Ta byla v roce 2010, v návaznosti na stanovené cíle EU, nahrazena směrnicí 2010/31/EU o energetické náročnosti budov, jejímž hlavním účelem je snížení spotřeby energie v budovách. Spolu se směrnicí 2012/27/EU je pak hlavní evropskou legislativní normou, která se komplexně zabývá energetikou budov [2].

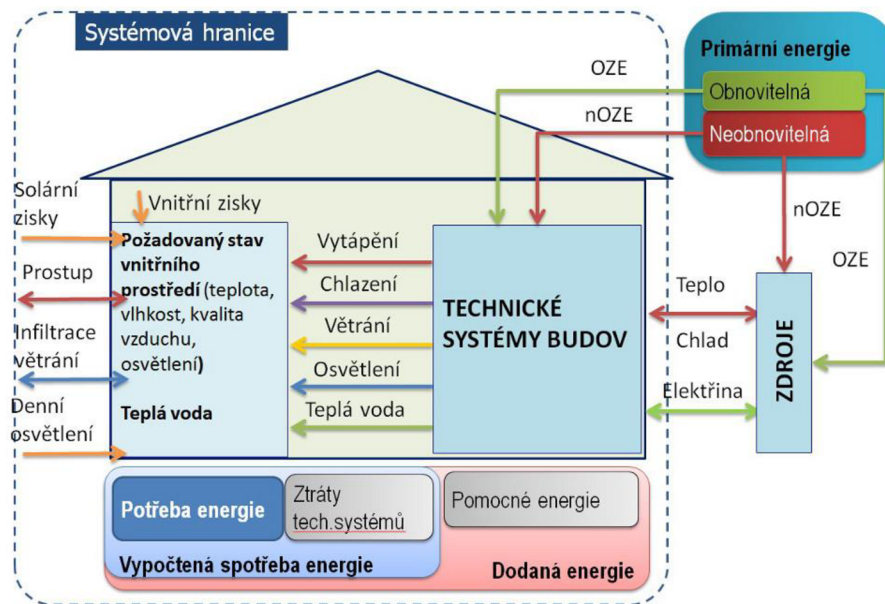
Na základě výše zmíněných evropských direktiv vyšla v České republice nová vyhláška č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov. Postup hodnocení ENB se podle této vyhlášky provádí metodou porovnání s tzv. referenční budovou.

Referenční budova je výpočtově definovaná budova téhož druhu, stejného tvaru a velikosti včetně prosklených ploch a částí, stejné orientace ke světovým stranám, stejnými klimatickými údaji atd. jako budova, kterou hodnotíme. Vlastnosti referenční budovy, jako jsou tepelně technické vlastnosti konstrukcí a vlastnosti technických systémů budovy vycházejí z referenčních hodnot, které jsou uvedeny v příloze této vyhlášky.

Jednou ze zásadních změn oproti předchozímu předpisu č. 148/2007 Sb. je, že pro hodnocení ENB se nyní nestanovuje poloha budovy ve vazbě na klimatickou oblast. Výpočetní model referenční budovy i budovy hodnocené je zatížen stejnými klimatickými podmínkami a ve výpočtu jsou použita klimatická data, jenž jsou uvedena v TNI 730331, příloha C [6].

Výpočet se provádí paralelně pro obě budovy, jak pro referenční, tak pro námi hodnocenou budovu. Předpokládá se ustálený stav s maximální délkou časového kroku výpočtu jednoho měsíce. Dynamické vlastnosti jsou zohledněny činiteli využití tepelné kapacity budovy, účinností technických systémů a účinností využití tepelných zisků. Vyhláška odkazuje na celou řadu norem souvisejících s energetikou budov. V této práci se s nimi bude konkrétně pracovat, proto je zbytečné, aby se rozebíraly v této kapitole [5].

Ukazatelé ENB pro referenční budovu odpovídají třídě C (úsporná). Na základě porovnání výsledků hodnocené budovy s těmito referenčními hodnotami se posuzovaný objekt zařazuje do příslušných energetických tříd A - G [6].



Obr. 2.1 - Princip výpočtu energetické náročnosti budovy dle vyhlášky č 78/2013 Sb [7]

Splnění požadavků ENB závisí na splnění daných ukazatelů energetické náročnosti:

- celková spotřeba primární energie za rok,
- spotřeba neobnovitelné primární energie za rok,
- celková energie dodaná za rok,
- dílčí dodané energie pro technické systémy vytápění, chlazení, větrání, úpravu vlhkosti vzduchu, přípravu teplé vody a osvětlení za rok,
- průměrný součinitel prostupu tepla,
- součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí na systémové hranici,
- účinnost technických systémů.

To, které ukazatele musí být splněny pro konkrétní budovu, předepisuje také tato vyhláška. Například nové budovy musí splnit současně tři ukazatele ENB (spotřebu neobnovitelné primární energie, celkovou dodanou energii, průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy). Pro rekonstruované budovy lze jednotlivé ukazatele kombinovat.



Obr. 2.2 - Princip vyhodnocování ukazatelů ENB [7]

2.2 Vymezení pojmů týkajících se energetiky budov

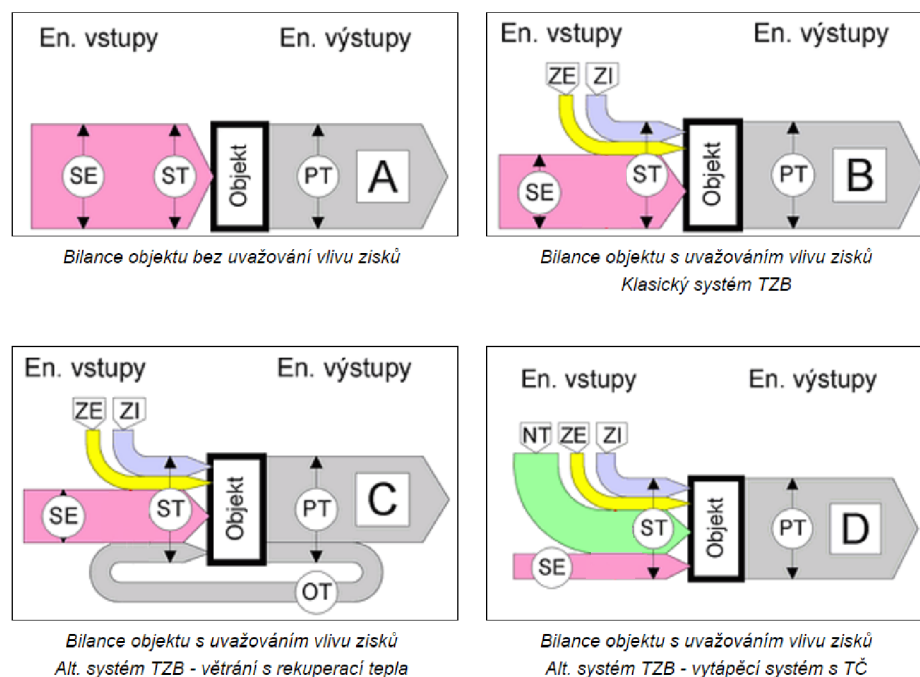
V této práci se velice často vyskytují pojmy jako energetická náročnost, energetické nároky, energetická potřeba a energetická spotřeba. Jak bylo naznačeno na začátku této kapitoly, ne vždy jsou tyto pojmy dobře chápány a mnohdy dochází k jejich zaměňování i mezi odbornou veřejností. Dokonce i v prvních legislativních normách, týkajících se této problematiky, docházelo ke zmatečnému definování těchto pojmů.

Z výše zmíněných důvodů je vhodné uvést rozdíly a vztahy mezi těmito pojmy, tak jak jsou chápány v této práci.

Energetické nároky nebo také **energetické potřeby** jsou dány množstvím energie, které objekt pro svou funkci objektivně potřebuje.

Energetickou náročností, respektive **energetickou spotřebou** rozumíme faktické množství tzv. "nakupované" nebo "hnací" energie, jenž pro svou činnost spotřebují technické systémy v budově (vytápění, chlazení, větrání, osvětlení atd.) na pokrytí energetických nároků neboli potřeb.

Možné vztahy mezi energetickou náročností a energetickou potřebou pro systém vytápění názorně ukazuje obr. 2.3 [5].



Obr. 2.3 - Zobrazení spotřeby energie ve vztahu k energetické potřebě [5]

PT - Potřeba tepla pro vytápění - energetické nároky

ST - Spotřeba tepla pro vytápění $ST=PT$

SE - Spotřeba "hnací" energie - energetická náročnost

ZE - Tepelné zisky vnější

ZI - Tepelné zisky vnitřní

NT - Nízkopotenciální (přírodní) teplo - obnovitelný energetický zdroj

OT - Odpadní teplo - druhotný energetický zdroj

3 METODY VÝPOČTU ENB

Existují různé metody a přístupy vyplývající z platných právních norem a předpisů České republiky, pomocí nichž se stanovuje energetická náročnost budov. Celkový výpočet může být proveden buď ručními výpočty, nebo použitím nejrůznějších dostupných výpočetních programů. Volba druhu metody vždy záleží na konkrétním případě, účelu výpočtu, požadované přesnosti atd. [8].

3.1 Ruční metody výpočtu ENB

Jednotlivé ruční metody výpočtů se určitou měrou shodují, můžeme je však rozdělit na tři základní druhy, které mají svá specifika. Jedná se o:

- výpočet podle normy ČSN EN ISO 13 790 - spotřeba energie na vytápění a chlazení [9]
- bilanční výpočet vyplývající ze zákona č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií, respektující platné normy [10]
- výpočet potřeby tepla dle tzv. denostupňové metody [4].

3.1.1 Výpočet dle ČSN EN ISO 13 790

Tato norma představuje související soubor výpočtových metod o rozdílných úrovních podrobnosti pro určení spotřeby energie na vytápění a chlazení budovy a pro určení vlivu zpětně využitelných tepelných ztrát technických systémů budovy.

Časový interval výpočtu je jeden měsíc nebo jedna hodina. Pro obytné budovy může být časovým úsekem celé otopné nebo chladicí období. Dále jsou zde popsány postupy pro využití podrobnějších simulačních metod.

Výpočet dle této normy je velice podrobný a odkazuje na další spoustu souvisejících norem a předpisů, které zde nejsou uvedené [9].

Hlavní výstupní údaje výpočtu podle normy jsou [9]:

- roční potřeby energie na vytápění a chlazení,
- roční spotřeby energie na vytápění a chlazení,
- délka období vytápění a chlazení (pro doby provozu technických systémů) ovlivňující spotřebu energie a pomocnou energii na pohon technických systémů budov. Provoz těchto systémů je závislý na délce období.

Tato norma může být využita pro tyto aplikace [8]:

- posouzení shody s předpisy vyjádřenými energetickými cílovými ukazateli,
- optimalizace energetického chování plánované budovy výpočtem pro několik variant,
- vyjádření smluvní hodnoty tepelné ochrany existující budovy,
- odhad účinku možných opatření pro úsporu energie u existující budovy, porovnání spotřeby tepla s úsporným opatřením a bez nich,
- odhad budoucích potřeb energetických zdrojů v národním a mezinárodním měřítku.

3.1.2 Výpočet potřeby tepla dle tzv. denostupňové metody

Denostupňová metoda se nejčastěji používá pro výpočet potřeby tepla na vytápění. Základem metody je znalost průběhů venkovních teplot z meteorologických dat. Z těchto

údajů potom vychází délka otopného období v České republice (ČR). Nevýhodou je, že pro jednotlivé stavby v rámci ČR to je velmi individuální. Zatímco u dobře izolovaných budov bývá topná sezóna kratší, u budov neizolovaných to může být mnohem delší období. U bytových domů zásobovaných z centrálního zdroje tepla je dle vyhlášky č. 194/2007 Sb. provozovatel povinen vytápět objekt následující den po dvou po sobě jdoucích dnech, v nichž průměrná denní teplota venkovního vzduchu v příslušném místě nebo lokalitě poklesne pod +13 °C a podle vývoje počasí nelze očekávat zvýšení této teploty nad +13 °C pro následující den [11,12].

Výpočet tzv. denostupňů D se provádí podle vzorce (3.1). Jedná se o součin počtu topných dnů a rozdílu průměrné vnitřní a průměrné venkovní teploty v otopném období. S denostupni se poté pracuje v dalších vztazích, pomocí kterých se určuje potřeba energie.

$$D = d \cdot (t_{im} - t_{em}) \quad (3.1)$$

Průměrné hodnoty pro ČR [12]:

- $D = 3\,678$ (denostupňů)
- $d = 242$ dní (otopného období)
- $t_{im} = 19$ °C (průměrná teplota v interiéru)
- $t_{em} = 3,8$ °C (průměrná teplota v exteriéru v době otopného období)

Tato metoda je vhodná například pro účely, kdy údaj o roční potřebě energie na vytápění nebo chlazení je podkladem pro jednání s dodavatelem energie, případně pro stanovení velikosti úložiště paliva v budově. Je však prakticky nepoužitelná v okamžiku, kdy chceme mezi sebou porovnat více alternativních řešení jednotlivých prvků budovy, jenž ovlivňují potřebu a spotřebu energie [4].

3.1.3 Bilanční hodnocení

Metodika bilančního výpočtu vychází ze zákona č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů (sbírky zákonů č. 318/2012 Sb. a vyhlášky 78/2013 Sb.).

Bilanční hodnocení se provádí za podmínek standardizovaného užívání budovy a je založeno na výpočtu energie dodané do objektu pro systémy vytápění, mechanického větrání, chlazení, klimatizace, osvětlení a přípravy teplé vody. Započítávají se i pomocné energie těchto systémů. Určí se celková dodaná energie v GJ za rok.

Výpočet dodané energie se provádí intervalovou metodou pro daný časový úsek (měsíc, hodina) v ustáleném teplotním stavu. Je proveden pro všechny časové intervaly v roce a pro všechny zóny budovy.

Energetická bilance je v rámci výpočtu členěna na úrovni budovy (jednotlivých zón) a na úrovni jednotlivých energetických systémů budovy [10].

NKN II, jenž je hlavním výpočtním nástrojem, s kterým se pracuje v této práci, je založen právě na principu bilančního hodnocení [7]. Protože později budeme porovnávat výsledky dílčích energetických potřeb na vytápění a chlazení získané pomocí NKN II s energetickou simulací v programu TRNSYS, nastíníme si postup výpočtu dle této metodiky.

Roční spotřeba energie na vytápění

Celková roční spotřeba energie na vytápění EP_H se stanoví dle vztahu

$$EP_H = Q_{fuel,H} + Q_{aux,H} \quad (3.2)$$

kde $Q_{fuel,H}$ [GJ] je roční dodaná energie na vytápění,
 $Q_{aux,H}$ [GJ] je roční dodaná pomocná energie systému vytápění.

Roční dodaná energie na vytápění $Q_{fuel,H}$ se stanoví jako součet dílčích dodaných energií na vytápění ve všech z-tých zónách vyrobených ve všech energetických systémech (sys) za j-tý časový úsek. Určí se podle vztahu

$$Q_{fuel,H} = \sum_{j=1}^n \left(\sum_{sys=1}^n \left(\sum_{z=1}^n \frac{Q_{H,dis,z,j} \cdot f_{H,z,sys}}{\eta_{H,sys}} \right) \right) \quad (3.3)$$

kde $Q_{H,dis,z,j}$ [GJ] je dodaná energie do distribučního systému vytápění,
 $f_{H,z,sys}$ [-] je podíl dodané energie do zóny připadající na zdroj tepla, podrobně v [10],
 $\eta_{H,sys}$ [-] je celková účinnost výroby energie zdrojem tepla, podrobně v [10].

V případě, že je do zóny dodávána energie na vytápění pouze systémem vytápění, pak se energie dodaná do distribučního systému $Q_{H,dis,z,j}$ stanoví podle vztahu

$$Q_{H,dis,z,j} = \frac{Q_{H,nd,z,j}}{\eta_{H,em,z} \cdot \eta_{H,dis,z}} - Q_{H,sc,z,j} \quad (3.4)$$

kde $Q_{H,nd,z,j}$ [GJ] je roční potřeba energie na vytápění,
 $Q_{H,sc,z,j}$ [GJ] je energie pro vytápění vyrobená systémem solárních kolektorů,
 $\eta_{H,em,z}$ [-] je účinnost sdílení tepla mezi vytápěnou zónou a systémem sdílení tepla do zóny, podrobně v [10],
 $\eta_{H,dis,z}$ [-] je účinnost systému distribuce energie na vytápění do zóny, podrobně v [10].

Roční potřeba energie na vytápění

Výpočet potřeby energie na vytápění $Q_{H,nd,z,j}$ je stanoven na základě ČSN EN ISO 13 790 viz kapitola 3.1.1, platí vztah

$$Q_{H,nd,z,j} = Q_{H,ht,z,j} - \eta_{H,gn,z,j} \cdot Q_{H,sc,z,j} \quad (3.5)$$

kde $Q_{H,ht,z,j}$ [GJ] je potřeba energie na pokrytí tepelné ztráty v j-tém časovém úseku v z-té zóně,
 $\eta_{H,gn,z,j}$ [-] je stupeň využití tepelných zisků v z-té zóně v j-tém časovém úseku,
 $Q_{H,sc,z,j}$ [-] je velikost tepelných zisků v z-té zóně v j-tém časovém úseku.

Potřeba energie na pokrytí tepelných ztrát $Q_{H,ht,z,j}$ se stanoví dle vztahu

$$Q_{H,ht,z,j} = (H_{tr,z} + H_{ve,z}) \cdot (\theta_{i,z,j} - \theta_{e,j}) \cdot t_j \quad (3.6)$$

kde $H_{tr,z}$ [W/K] je měrný tepelný tok prostupem z-té zóny,
 $H_{ve,z}$ [W/K] je měrný tepelný tok větráním z-té zóny,
 $\theta_{i,i,z,j}$ [°C] je průměrná vnitřní návrhová teplota v z-té zóně v režimu vytápění v j-tém časovém úseku,
 $\theta_{e,j}$ [°C] průměrná venkovní teplota v j-tém časovém úseku,
 t_j [h] je délka j-tého časového úseku.

Měrný tepelný tok prostupem $H_{tr,z}$ se stanoví dle vztahu

$$H_{tr,z} = \sum_{i=1}^n A_{i,z} \cdot U_{i,z} \cdot b_{i,z} + A_z \cdot \Delta U_{tbm,z} \quad (3.7)$$

kde $A_{i,z}$ [m²] je plocha i-té konstrukce ohraničující z-tou zónu,
 $U_{i,z}$ [W/(m²·K)] je součinitel prostupu tepla i-té konstrukce ohraničující z-tou zónu,
 $b_{i,z}$ [-] je činitel teplotní redukce pro i-tou konstrukci ohraničující z-tou zónu,
 A_z [m²] je celková plocha konstrukcí ohraničujících z-tou zónu budovy,
 $\Delta U_{tbm,z}$ [W/(m²·K)] je průměrný vliv tepelných vazeb na hranici z-té zóny.

Měrný tepelný tok větráním $H_{ve,z}$ se stanoví dle vztahu

$$H_{ve,z} = \rho_a + c_a \cdot V_{v,z} \quad (3.8)$$

kde ρ_a [kg/m³] je hustota vzduchu,
 c_{pa} [J/(kg·K)] je měrná tepelná kapacita vzduchu při konstantním tlaku
 $V_{v,z}$ [m³/s] je objemový tok vzduchu pro větrání z-té zóny.

Objemový tok vzduchu pro přirozené větrání se stanoví dle vztahu

$$V_{v,z} = n_z \cdot V_{a,z} \quad (3.9)$$

kde n_z [1/s] je násobnost výměny vzduchu při přirozeném větrání v z-té zóně,
 $V_{a,z}$ [m³] je čistý objem vzduchu v z-té zóně.

Tepelné zisky se stanoví dle vztahu

$$Q_{H,gn,j} = Q_{int,z,j} + Q_{H,sol,z,j} \quad (3.10)$$

kde $Q_{int,z,j}$ [GJ] jsou vnitřní tepelné zisky v z-té zóně v j-tém časovém úseku,
 $Q_{H,sol,z,j}$ [GJ] jsou solární zisky v z-té zóně v j-tém časovém úseku.

Solární zisky $Q_{H,sol,z,j}$ se stanoví dle vztahu

$$Q_{H,sol,z,j} = \sum_{i=1}^n I_{sol,i,j} \cdot F_{sh,ob,z,j} \cdot A_{sol,i,z} \quad (3.11)$$

kde $I_{sol,i,j}$ [GJ/m²] je množství dopadající sluneční energie na i-tou průsvitnou konstrukci v j-tém časovém úseku,
 $A_{sol,i,z}$ [m²] je sběrná plocha i-té průsvitné konstrukce náležející z-té zóně,
 $F_{sh,ob,z,j}$ [-] je korekční činitel stínění pevnými překážkami (markýzami, bočními stěnami, okolními budovami apod.) j-té průsvitné konstrukce náležející z-té zóně.

Vnitřní tepelné zisky $Q_{int,z,j}$ se stanoví dle vztahu

$$Q_{int,z,j} = Q_{int,oc,j} + Q_{int,ap,j} + Q_{int,L,j} + Q_{int,u,j} \quad (3.12)$$

kde $Q_{int,oc,z,j}$ [GJ] jsou vnitřní zisky od osob v z-té zóně v j-tém časovém úseku,
 $Q_{int,ap,z,j}$ [GJ] jsou vnitřní zisky od spotřebičů v z-té zóně v j-tém časovém úseku,
 $Q_{int,L,z,j}$ [GJ] jsou vnitřní zisky od osvětlení v z-té zóně v j-tém časovém úseku,

$Q_{int,u,z,j}$ [GJ] jsou vnitřní zisky z vedlejších nevytápěných prostor v z-té zóně v j-tém časovém úseku.

Využitelnost tepelných zisků závisí především na vhodné regulaci. U zón bez automatické regulace je stupeň využitelnosti $\eta_{H,gn,z,j}$ nulový.

V případě automatického regulování soustavy se stupeň využitelnosti tepelných ztrát spočítá dle vztahu

$$\eta_{H,gn,z,j} = \frac{1 - \gamma_{H,gn,z,j}^{a_{H,z}}}{1 - \gamma_{H,gn,z,j}^{a_{H,z}+1}} \quad (3.13)$$

kde $\gamma_{H,gn,z,j}$ [-] je poměr tepelných zisků a tepelných ztrát v z-té zóně a j-tém časovém úseku,

$a_{H,z}$ [GJ] je číselný parametr z-té zóny závislý na časové konstantě $\tau_{H,z}$ z-té zóny, podrobněji v [10].

Poměr tepelných ztrát a tepelných zisků se stanoví dle vztahu

$$\gamma_{H,gn,z,j} = \frac{Q_{H,gn,z,j}}{Q_{H,ht,z,j}} \quad (3.14)$$

kde $Q_{H,ht,z,j}$ [GJ] je potřeba energie na pokrytí tepelné ztráty, stanovená podle (1.5)

$Q_{H,gn,z,j}$ [GJ] je velikost tepelných zisků v z-té zóně v j-tém časovém úseku, stanovená podle (1.9).

Roční spotřeba energie na chlazení

$$EP_C = Q_{fuel,C} + Q_{aux,C} \quad (3.15)$$

kde $Q_{fuel,C}$ [GJ] je roční dodaná energie na chlazení,

$Q_{aux,C}$ [GJ] je roční dodaná energie systému chlazení.

Roční dodaná energie na chlazení $Q_{fuel,C}$ se stanoví jako součet dodané energie na chlazení ve všech z-tých zónách vyrobené ve všech energetických systémech (sys) za j-tý časový úsek, podle vztahu

$$Q_{fuel,H} = \sum_{j=1}^n \left(\sum_{sys=1}^n \left(\sum_{Z=1}^n Q_{C,dis,z,j} \cdot f_{C,sys,z} \cdot \left[\frac{1}{\eta_{C,gen,sys}} + \left(1 + \frac{1}{EER_{C,sys}} \right) \cdot e_{r,sys} \cdot f_{r,sys} \right] \right) \right) \quad (3.16)$$

kde $Q_{C,dis,z,j}$ [GJ] je dodaná energie do distribučního systému chlazení,

$f_{C,sys,z}$ [-] je podíl dodané energie připadající na příslušný zdroj chladu více v [10],

$EER_{C,sys}$ [-] je poměr mezi průměrným chladícím výkonem a příkonem elektrické, nebo tepelné energie příslušného zdroje chladu, více v [10],

$e_{r,sys}$ [-] je součinitel odběru elektřiny ventilátoru závislý na typu zpětného chlazení,

$f_{r,sys}$ [-] je střední součinitel provozu zpětného chlazení, více v [10],

$\eta_{C,gen,sys}$ [-] je celková účinnost výroby energie v příslušném zdroji chladu, více v [10].

Energie dodaná do distribučního systému chlazení $Q_{C,dis,z,j}$ se stanoví dle vztahu

$$Q_{C,dis,z,j} = \frac{Q_{C,nd,z,j}}{\eta_{C,em,z} \cdot \eta_{C,dis,z}} \quad (3.17)$$

kde $Q_{C,nd,z,j}$ [GJ] je potřeba energie na chlazení,
 $\eta_{C,dis,z}$ [-] je účinnost systému distribuce energie na chlazení do z-té zóny [-], více v [10].
 $\eta_{C,em,z}$ [-] je účinnost sdílení chladu mezi vytápěnou zónou a systémem sdílení tepla do zóny, více v [10],

Roční potřeba energie na chlazení

Výpočet potřeby energie na chlazení $Q_{C,nd,z,j}$ je stanoven na základě ČSN EN ISO 13 790 (viz kapitola 3.1.1). Platí vztah

$$Q_{C,nd,z,j} = Q_{C,ht,z,j} - \eta_{C,ls,z,j} \cdot Q_{C,ht,z,j} \quad (3.18)$$

kde $Q_{C,ht,z,j}$ [GJ] je potřeba energie na pokrytí tepelné ztráty z-té zóny v j-tém časovém úseku, může být kladná i záporná (v takovém případě se jedná o tepelný zisk prostupem přes obalové konstrukce), stanoví se analogicky podle vztahu (3.6) s parametry charakterizující budovu v režimu chlazení,
 $Q_{C,gn,z,j}$ [GJ] je velikost tepelných zisků v z-té zóně v j-tém časovém úseku [GJ], stanoví se analogicky podle vztahu (3.10),
 $\eta_{C,ls,z,j}$ [-] je stupeň využitelnosti tepelných ztrát v z-té zóně v j-tém časovém úseku.

Stupeň využitelnosti tepelných ztrát $\eta_{C,ls,z,j}$ se stanoví podle vztahu

$$\eta_{C,ls,z,j} = \frac{1 - \gamma_{C,ls,z,j}^{-a_{C,z}}}{1 - \gamma_{C,ls,z,j}^{-(a_{C,z}+1)}} \quad (3.19)$$

kde $\gamma_{C,ls,z,j}$ [GJ] je poměr tepelných zisků a ztrát v chladícím režimu analogie s (3.14)
 $a_{C,z}$ [GJ] je číselný parametr z-té zóny závislý na časové konstantě $\tau_{C,z}$, více v [10].

3.2 Výpočet a hodnocení ENB pomocí výpočetního softwaru

Další možností pro hodnocení energetického chování budov je využití výpočetních programů. S vývojem výpočetní techniky v 80. letech minulého století začaly snahy o počítačové simulace energetického chování budov. Cílem bylo vypočítat co možná nejpřesněji spotřebu energie a průběh parametrů vnitřního prostředí budov za daných klimatických podmínek. K nejvyvinutějším programům v tomto odvětví patří simulační programy ESP-r, TRNSYS, EnergyPlus, IDA. Tyto nástroje pracují na obdobném principu a řeší modelování a simulování energetického chování budov z nejširšího spektra problémů. Dokážou řešit problematiku od tepelně technického chování budov přes modelování systémů technického zařízení budov až po komplexní model budovy. Z této univerzality ovšem vyplývá poměrně náročná formulace daného problému a tvorba modelu. Od uživatele je proto očekávána hluboká znalost fyzikální podstaty problému a schopnost abstraktního

myšlení při vytváření modelu. Z tohoto důvodu se tyto simulační nástroje vesměs využívají na specializovaných pracovištích, univerzitách a v konzultačních firmách [4].

Dalším druhem softwaru jsou výpočetní nástroje, které vznikly za účelem demonstrace filosofie funkčnosti výpočtů při návrhu budovy a jejího technického zařízení. Nejznámější na českém trhu jsou NKN II, Energie, Protech ENB. Jedná se o výpočetní nástroje, které vznikly primárně za účelem posouzení energetické náročnosti budovy. Funkční algoritmus obsažený v těchto programech plně respektuje požadavky evropské směrnice o energetické náročnosti budov a další národní předpisy a technické normy [4].

Jak již bylo řečeno v úvodu, tak jedním z cílů této diplomové práce je porovnání výsledků ENB získaných simulačním programem TRNSYS s výsledky národního kalkulačního nástroje NKN II.

Stručný popis výše zmiňovaných nástrojů je v nadcházejících dvou podkapitolách.

3.2.1 NKN II

Výpočetní nástroj NKN II je produktem katedry technických zařízení budov fakulty stavební ČVUT v Praze, který vznikl na základě grantu České energetické agentury. Je primárně navrhnut pro posuzování energetické náročnosti budov v souladu s vyhláškou č. 78/2013 Sb. Jedná se o volně šiřitelný nástroj, mezi jehož hlavní uživatele patří odborná veřejnost zabývající se touto problematikou, zejména energetičtí auditoři a osoby oprávněné zpracovávat průkazy ENB [7].

NKN II je vytvořen v prostředí MS Excel. Je řešen jako otevřený s možností zobrazení vazeb a vztahů zdrojového kódu. Vstupní okrajové podmínky vychází z TNI 730331 - typické hodnoty pro výpočet [4].

Uživatel s nástrojem pracuje prostřednictvím jednoho excelovského sešitu. Vkládá data do odemčených buněk v příslušných listech. Listy s výpočetním algoritmem a listy pomocné pro vlastní výpočet jsou uživateli skryty nebo zamčeny kvůli zamezení možnosti nechtěného, nežádoucího zásahu a následné šíření chyby [4].

3.2.2 TRNSYS

Simulační program TRNSYS je komerčně dostupný od roku 1975. Původně byl vyvíjen pro simulování solárních procesů. V dnešní době je jeho vývoj zaštitován trojicí univerzit v rámci mezinárodní spolupráce Spojených států, Francie a Německa [13].

Jedná se o flexibilní graficky založený nástroj. Funguje na principu spojování vstupů a výstupů jednotlivých komponent, které představují části energetického systému. Snahou vývojářů poslední verze je nabídnout uživatelsky příjemné prostředí. Jednou z největších výhod tohoto nástroje je, že umožňuje jednoduché upravování a přidávání nových vlastních komponent použitím všech běžně známých programovacích jazyků. Tento nástroj je nejčastěji používán pro simulaci dynamických systémů, jako jsou solární a HVAC (Heating, Ventilation and Air Conditioning) systémy pro nízkoenergetické a pasivní stavby. Zde má podrobná znalost jejich energetického chování velké opodstatnění a jednoduchými výpočtovými metodami ji lze jen těžko postihnout. U těchto staveb téměř nelze stanovit potřebu energie bez použití energetických simulací. TRNSYS je také využíván k ověření nových myšlenek a návrhů inženýry a výzkumnými pracovníky po celém světě [13].

4 POSUZOVANÉ OBJEKTY

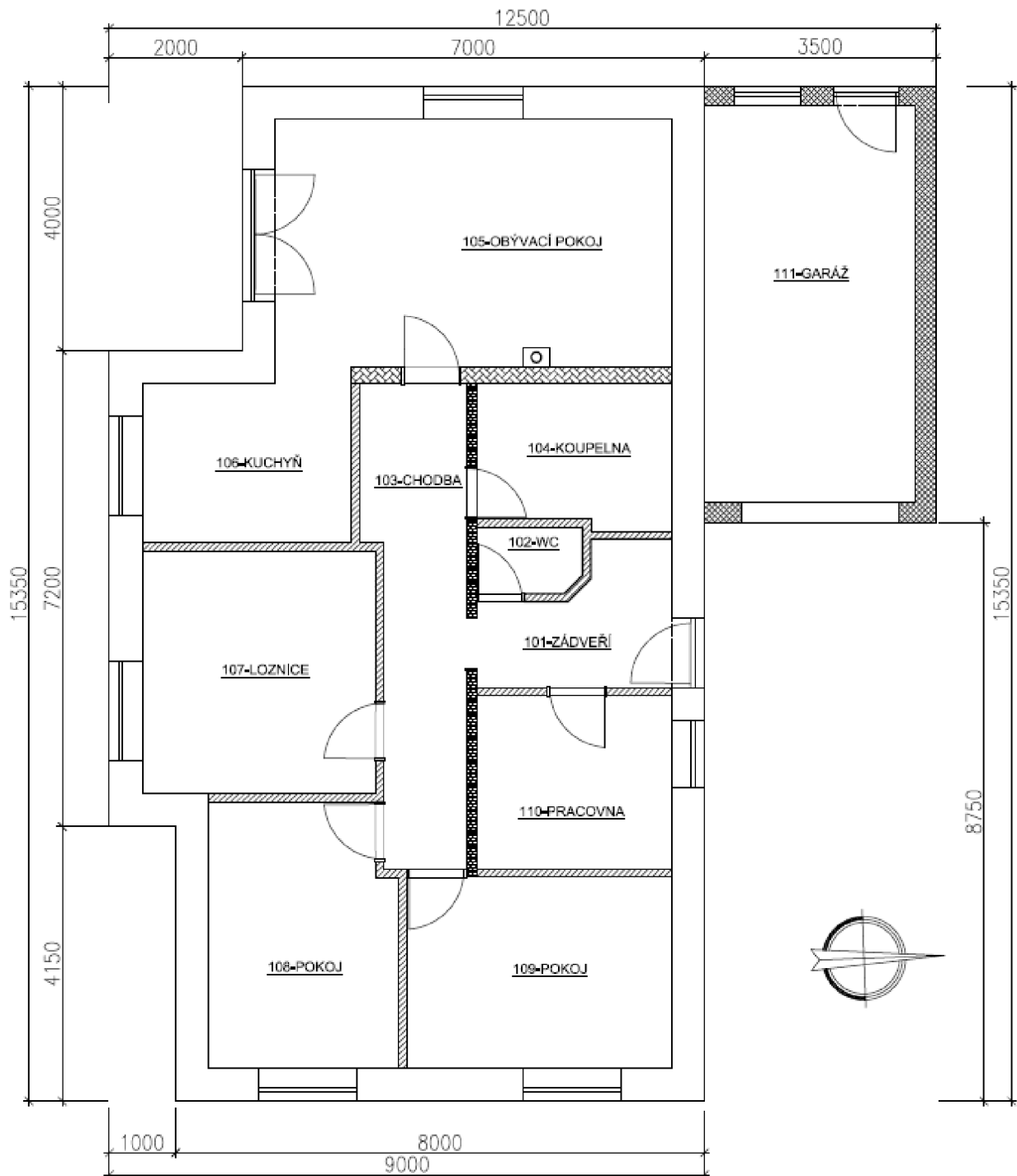
V této práci jsou posuzovány dva objekty rozdílného charakteru. V prvním případě se budeme zabývat tzv. bungalovem, což je zástupce nejčastěji stavěných rodinných domů. Dalším objektem je moderní novostavba rodinného domu (RD) s velkými prosklenými stavebními otvory.

4.1 Rodinný dům - bungalov

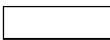




Novostavba jednoduchého přízemního rodinného domu členitého půdorysného tvaru je umístěna v obci Suchý v nadmořské výšce 660 m n. m. (obr. 4.1). Jedná se o samostatně stojící dům zastřešený valbovou střechou. Má jednoduchou, ale účelnou dispozici (obr. 4.2). Vstup do domu je ze severní strany. Na krytou terasu se vstupuje francouzskými okny přímo z obývacího pokoje. Ze severní strany s domem přímo sousedí garáž, vstup do ní je řešen samostatně.



Obr. 4.1 - Umístění rodinného domu - bungalovu



LEGENDA MATERIÁLŮ:

| | |
|---|---|
|  | VNĚJŠÍ NOSNÉ ZDIVO tl. 550mm + Vnější TO 30 HELUZ FAMILY 50 BROUŠENÁ |
|  | VNITŘNÍ NOSNÉ ZDIVO – tl. 250mm BROUŠENÉ CIHLY SUPERTHERM 30SB |
|  | VNITŘNÍ NENOSNÉ PŘÍČKY – tl. 150mm BROUŠENÉ CIHLY SUPERTHERM 24SB |
|  | VNITŘNÍ NENOSNÉ PŘÍČKY – tl. 125mm BROUŠENÉ CIHLY SUPERTHERM 8SB |
|  | VNĚJŠÍ NOSNÉ ZDIVO GARÁŽE tl. 320mm BROUŠENÉ CIHLY SUPERTHERM 30SB |

Obr. 4.2 - Půdorys bungalovu

4.1.1 Tepelně technické vlastnosti konstrukcí obálky bungalovu

Podrobné složení jednotlivých konstrukcí je uvedeno v tab. 4.1. Hodnoty měrné tepelné kapacity C_i a hustoty ρ_i , jsou uvedeny jen u vrstev, u kterých se počítá s tepelnou akumulací. Hodnoty součinitele tepelné vodivosti λ_i jsou převzaty z katalogů příslušných výrobců, pokud nebyly k dispozici, byli převzaty z webového zdroje *tzbinfo* [14].

Vztahy mezi veličinami charakterizující tepelně technické chování konstrukcí jsou následující [20]

$$R_i = \frac{d_i}{\lambda_i} \quad (4.1)$$

$$R = R_{si} + \sum R_i + R_{se} = R_{si} + \sum \frac{d_i}{\lambda_i} + R_{se} \quad (4.2)$$

$$U = \frac{1}{R} \quad (4.3)$$

| | | | |
|-----|------------------|-------------------------|---|
| kde | R_i | [m ² ·K/W] | je tepelný odpor jednotlivé vrstvy konstrukce |
| | R_{se}, R_{si} | [m ² ·K/W] | jsou tepelné odpory při přestupu tepla mezi povrchem stěny a vzduchem (viz tab. 4.2), |
| | λ_i | [W/(m·K)] | je součinitel tepelné vodivosti jednotlivé vrstvy konstrukce |
| | d_i | [m] | Je tloušťka jednotlivé vrstvy konstrukce |
| | R | [m ² ·K/W] | je tepelný odpor stěny |
| | U | [W/(m ² ·K)] | je součinitel prostupu tepla stěny |

Tab. 4.1 - Tepelně technické vlastnosti jednotlivých konstrukcí bungalovu

| Typ a označení stěny | Jednotlivé vrstvy | d_i | λ_i | R_i | C_i | ρ_i |
|----------------------|----------------------------------|-------|-------------|----------------------|-------------|----------------------|
| | | [mm] | [W/(m·K)] | [m ² K/W] | [kJ/(kg·K)] | [kg/m ³] |
| Obvodová stěna | Krycí štuk | 10 | 0,88 | 0,011 | 0,840 | 1600 |
| | TO vnější 30 | 30 | 0,1 | 0,300 | 0,790 | 2000 |
| | HELUZ FAMILY 50 broušená | 500 | 0,081 | 6,173 | 1,000 | 640 |
| | Vnitřní omítka + Štuk + Malba | 10 | 0,99 | 0,010 | 0,840 | 1600 |
| Podlaha 1.NP - a2 | Keramická dlažba | 8 | 1,3 | 0,006 | 0,840 | 2000 |
| | Lepicí tmel | 2 | 0,8 | 0,003 | 1,300 | 1500 |
| | Topný potěr | 65 | 1,3 | 0,050 | 0,840 | 1200 |
| | Systémová deska podl. topení | 32 | 0,035 | 0,914 | - | - |
| | EPS 100S | 70 | 0,037 | 1,892 | 1,250 | 20 |
| | Elastex special mineral | 4 | 0,05 | 0,080 | 0,880 | 100 |
| | Podkladní beton | 120 | 1,16 | 0,103 | 1,020 | 2100 |
| | Zhutněný štěrkový podsyp | 150 | 0,58 | 0,259 | - | - |
| Strop nad 1.NP - b1 | Geotextilie | 4 | 0,32 | 0,013 | 1,400 | 1330 |
| | Tepelná izolace z minerální vaty | 280 | 0,079 | 3,544 | 0,880 | 100 |
| | Parotěsná folie | 2 | 1 | 0,002 | 1,470 | 1500 |
| | SDK desky Knauf GKB | 12 | 0,21 | 0,057 | 1,060 | 750 |
| Střešní plášť | Střešní krytina Bramac | 20 | 1 | 0,020 | - | - |
| | Kontralatě | 40 | 0,13 | 0,308 | 1,630 | 600 |
| Obvodová stěna garáž | Krycí štuk | 10 | 0,88 | 0,011 | 0,840 | 1600 |
| | Supertherm 300 broušená | 300 | 0,167 | 1,796 | 1,000 | 670 |
| | Vnitřní omítka + Štuk + Malba | 10 | 0,99 | 0,010 | 0,840 | 1600 |

| | | | | | | |
|--------------------------------------|-------------------------------|-----|-------|-------|-------|------|
| Obvodová stěna sousedící s garáží | Krycí štuk | 10 | 0,88 | 0,011 | 0,840 | 1600 |
| | TO vnější 30 | 40 | 0,1 | 0,400 | 0,790 | 2000 |
| | HELUZ FAMILY 50 broušená | 500 | 0,081 | 6,173 | 0,640 | 1000 |
| | Vnitřní omítka + Štuk + Malba | 10 | 0,99 | 0,010 | 0,840 | 1600 |
| Vnitřní stěna 250 | Vnitřní omítka + Štuk + Malba | 10 | 0,99 | 0,010 | 0,840 | 1600 |
| | Supertherm 240 broušená | 240 | 0,299 | 0,803 | 1,000 | 670 |
| | Vnitřní omítka + Štuk + Malba | 10 | 0,99 | 0,010 | 0,840 | 1600 |
| Vnitřní stěna 125 | Vnitřní omítka + Štuk + Malba | 10 | 0,99 | 0,010 | 0,840 | 1600 |
| | Supertherm 8 SB | 120 | 0,53 | 0,226 | 1,000 | 670 |
| | Vnitřní omítka + Štuk + Malba | 10 | 0,99 | 0,010 | 0,840 | 1600 |

Pro výpočet celkového součinitele prostupu tepla byly použity dle normy ČSN EN ISO 6946 následující odpory pro přestup tepla mezi vzduchem a povrchem stavebních částí [17]:

Tab. 4.2 - Odpory při přestupu tepla mezi vzduchem a stěnou [17]

| Označení | Popis | Hodnota |
|-----------|--|----------------------------|
| R_{se} | Odpor při přestupu tepla na vnější straně (vodorovný tepelný tok) | 0,04 [m ² ·K/W] |
| R_{si} | Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok) | 0,13 [m ² ·K/W] |
| R_{sui} | Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tepelný tok směrem nahoru) | 0,1 [m ² ·K/W] |
| R_{sdi} | Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tepelný tok směrem dolů) | 0,17 [m ² ·K/W] |

Výsledné tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí spolu s plošnými rozměry vnějších konstrukcí uvádí následující tabulka:

Tab. 4.3 - Shrnutí tepelně technických vlastností jednotlivých konstrukcí bungalovu

| Typ stěny | R [m ² K/W] | U [W/(m ² ·K)] | S [m ²] |
|---------------------------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| Obvodová stěna do venkovního prostoru | 6,664 | 0,095 | 88,0 |
| Podlaha 1NP keramická dlažba - a2 | 3,477 | 0,257 | 126,0 |
| Vodorovný strop nad 1NP-b1 | 3,816 | 0,003 | 126,0 |
| Střešní plášť | 0,468 | 0,006 | 141,0 |
| Obvodová stěna garáž | 1,988 | 0,170 | 34,7 |
| Obvodová stěna sousedící s garáží | 6,854 | 0,149 | 16,8 |
| Vnitřní stěna 250 | 1,083 | 0,923 | - |
| Vnitřní stěna 125 | 0,507 | 1,974 | - |

Pro korektní výpočet energetických potřeb budovy je nutné znát také vlastnosti oken a dveří.

Tab. 4.4 - Tepelně technické vlastnosti stavebních výplní bungalovu

| Typ | Plocha výplně [m ²] | Počet | g_{gl} [-] | F_{gl} [-] | U_w [W/(m ² ·K)] |
|------------------------|---------------------------------|-------|--------------|--------------|-------------------------------|
| Okno - délka 1,5 | 2,25 | 4 | 0,622 | 0,75 | 1,4 |
| Okno - délka 1,25 | 1,88 | 1 | 0,622 | 0,75 | 1,4 |
| Okno – délka 1 | 1,50 | 1 | 0,622 | 0,75 | 1,4 |
| Francouzské dveře | 4,64 | 1 | 0,622 | 0,75 | 1,4 |
| Vstupní dveře s výplní | 2,44 | 1 | 0 | 0 | 2,83 |
| Vnitřní dveře | 1,58 | 7 | 0 | 0 | 2 |

kde g_{gl} [-] je propustnost slunečního záření
 F_{gl} [-] je korekční činitel rámu průsvitného prvku
 U_w [W/m²·K] je součinitel prostupu tepla stavební výplně

4.1.2 Energetické a technické systémy bungalovu

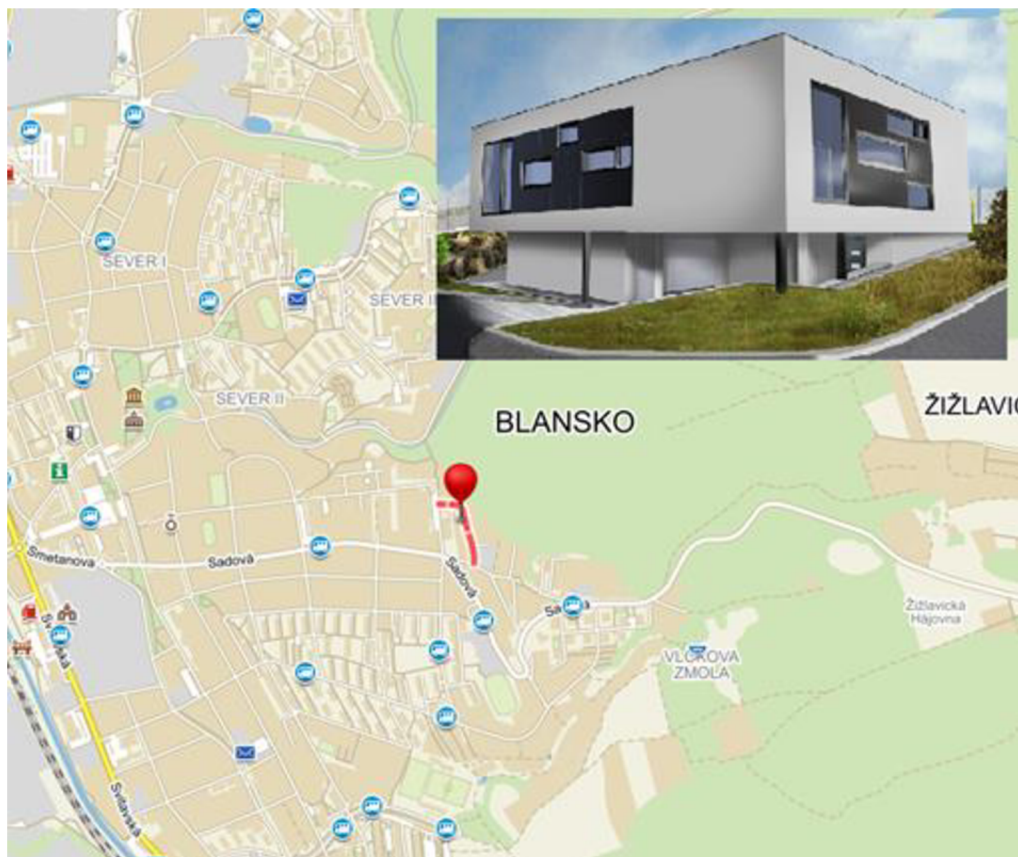
Hlavním zdrojem tepla v bungalovu je elektrické podlahové topení o výkonu 6 kW, v koupelně je dále nainstalován elektrický topný žebřík o výkonu 0,4 kW. Řízení je zajištěno prostorovým termostatem s týdenním programem. V obývacím pokoji je krb, jedná se o doplňkový zdroj s předpokládaným využitím cca 20 % ročně.

Teplá užitková voda je ohřívána v elektrickém zásobníkovém ohříváči o výkonu 2 kW a objemu 160 l. Osvětlovací soustava je tvořena úspornými žárovkami a zářivkovými tělesy s nízkou spotřebou elektrické energie. Větrání uvažujeme pouze přirozené. Chladicí zařízení není instalováno.

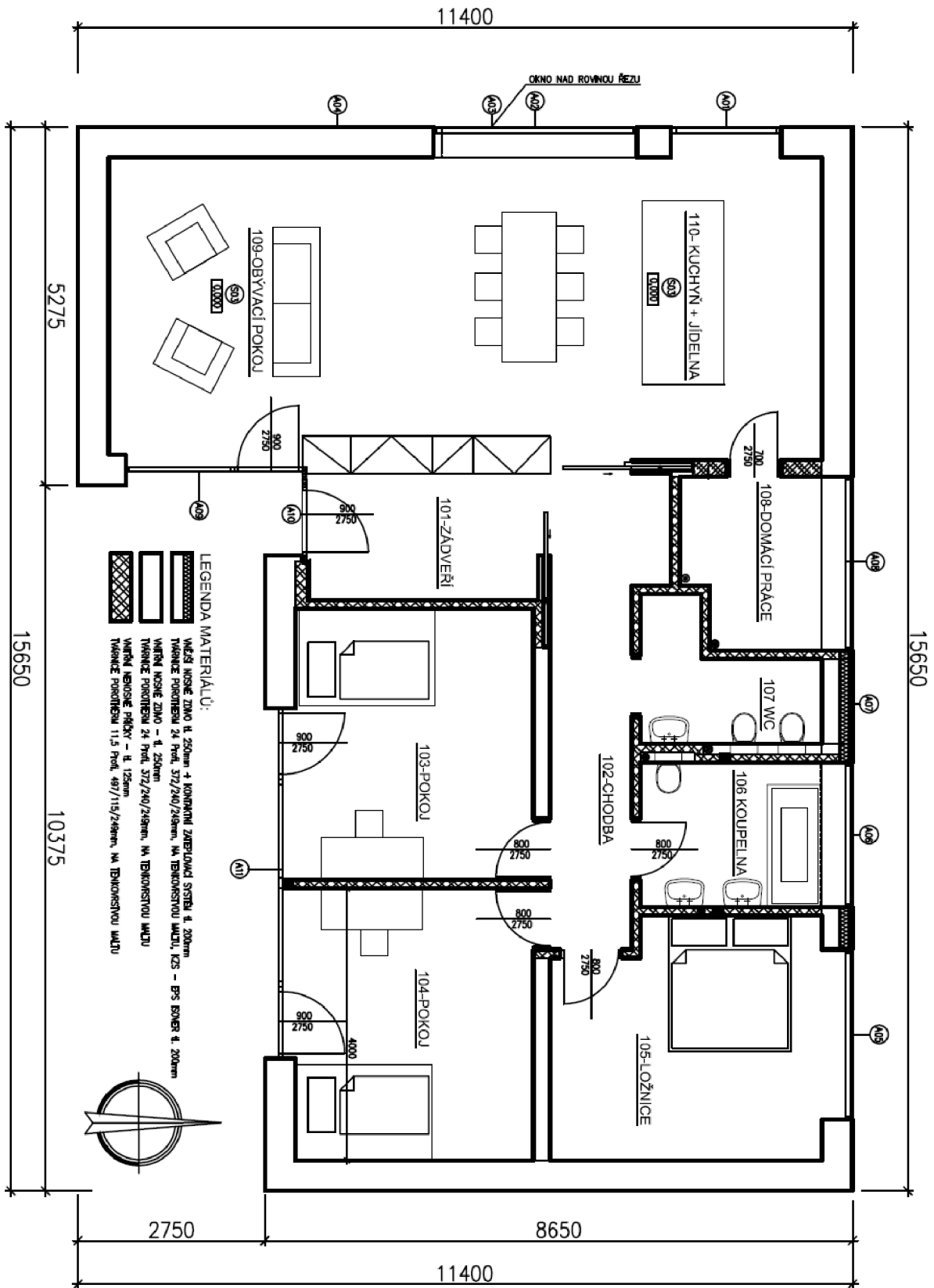
4.2 Moderní novostavba RD

Jedná se o samostatně stojící moderní dvoupodlažní novostavbu rodinného domu s plochou střechou. Stavba je umístěna ve městě Blansko v nadmořské výšce 300 m n. m. Dům je formován do tvaru písmene L a tvoří ho objemem rozdílné hmoty dvou podlaží. Objekt je zasazen do svažitého terénu, spodní část je zastavěna do paty svahu, mírně pod úroveň místní komunikace. Suterénní podlaží tvoří prostory pro parkování celkem tří osobních automobilů.

Ze severní strany vystupuje vykonzolovaná hmoty prvního nadzemního podlaží. Zde se nacházejí hlavní obytné místnosti domu. Z pokojů a obývacího pokoje se lze dostat na terasu přes velkorysá francouzská okna.



Obr. 4.3 - Umístění rodinného domu - moderní novostavby



Obr. 4.4 - Půdorys moderní novostavby RD

4.2.1 Tepelně technické vlastnosti konstrukcí obálky moderní novostavby RD

Tab. 4.5 - Tepelně technické vlastnosti jednotlivých konstrukcí moderní novostavby RD

| Typ a označení stěny | Jednotlivé vrstvy | d_i | λ_i | R_i | C_i | ρ_i |
|--|--------------------------------------|-------|-------------|----------------------|-------------|----------------------|
| | | [mm] | [W/(m·K)] | [m ² K/W] | [kJ/(kg·K)] | [kg/m ³] |
| Obvodová stěna S07 | Vnější probarvená omítka | 1,5 | 0,76 | 0,002 | 0,840 | 1600 |
| | Lepicí stěrka vyztužená síťovinou | 3,5 | 0,8 | 0,004 | - | - |
| | EPS 70 F | 200 | 0,039 | 5,128 | 1,270 | 30 |
| | Lepicí tmel | 2 | 0,2 | 0,010 | 1,300 | 1500 |
| | Zdivo porotherm 24 Profi | 240 | 0,28 | 0,857 | 0,960 | 900 |
| | Vnitřní omítka + Štuk + Malba | 10 | 0,99 | 0,010 | 0,840 | 1600 |
| Střecha RD strop nad 1.NP S06 | Hydroizolační PVC folie | 2 | 0,16 | 0,013 | 0,960 | 1400 |
| | Separáčn. tkanina filtek | 2 | 0,2 | 0,010 | 1,400 | 1400 |
| | Extrapor 100 - 2x120 | 240 | 0,031 | 7,742 | 0,206 | 30 |
| | Spádová vrstva perlíbeton | 100 | 0,15 | 0,667 | 0,115 | 500 |
| | Parotěs. vrstva glastek hydroizolace | 4 | 0,21 | 0,019 | 1,470 | 1470 |
| | Železobetonová stropní deska | 220 | 2,3 | 0,096 | 0,102 | 2300 |
| Podlaha 1.NP z garáže do obytného prostoru S02 | Vnitřní omítka + Štuk + Malba | 10 | 0,99 | 0,010 | 0,840 | 1600 |
| | Nášlapná vrstva Elastoclic vinyl | 2 | 0,2 | 0,010 | 2,510 | 400 |
| | Vyrovnávací stěrka | 5 | 0,8 | 0,006 | 1,300 | 1500 |
| | Anhydritový potěr | 38 | 1,2 | 0,032 | - | - |
| | Systémová deska podl. topení | 50 | 0,035 | 1,429 | - | - |
| | EPS 100S | 100 | 0,037 | 2,703 | 1,250 | 20 |
| | Parozábrana Jutafol | 0,22 | 2 | 0,000 | - | - |
| | Železobetonová stropní deska | 260 | 2,3 | 0,113 | 0,102 | 2300 |
| Podlaha 1.NP z parkovací plochy do obytného prostoru S03 | EPS 100S | 100 | 0,037 | 2,703 | 1,250 | 20 |
| | Lepicí stěrka vyztužená síťovinou | 3,5 | 0,8 | 0,004 | 1,300 | 1500 |
| | Vnější probarvená omítka | 1,5 | 0,76 | 0,002 | 0,840 | 1600 |
| | Nášlapná vrstva Elastoclic vinyl | 2 | 0,2 | 0,010 | 2,510 | 400 |
| | Vyrovnávací stěrka | 5 | 0,8 | 0,006 | 1,300 | 1500 |
| | Anhydritový potěr | 38 | 1,2 | 0,032 | - | - |
| | Systémová deska podl. topení | 50 | 0,035 | 1,429 | - | - |
| | EPS 100S | 100 | 0,037 | 2,703 | 1,250 | 20 |
| | Parozábrana Jutafol | 0,22 | 2 | 0,000 | - | - |
| | Železobetonová stropní deska | 260 | 2,3 | 0,113 | 0,102 | 2300 |
| Podlaha 1.NP z venku do obytného prostoru S05 | EPS 100S | 200 | 0,037 | 5,405 | 1,250 | 20 |
| | Lepicí stěrka vyztužená síťovinou | 3,5 | 0,8 | 0,004 | 1,300 | 1500 |
| | Vnější probarvená omítka | 1,5 | 0,76 | 0,002 | 0,840 | 1600 |
| | Nášlapná vrstva Elastoclic vinyl | 2 | 0,2 | 0,010 | 2,510 | 400 |
| | Vyrovnávací stěrka | 5 | 0,8 | 0,006 | 1,300 | 1500 |
| | Tekutá elastická hydroizolace | 0,5 | 2 | 0,000 | - | - |
| | Cementový potěr | 40 | 1,3 | 0,031 | 0,840 | 1200 |
| | Systémová deska podl. topení | 50 | 0,035 | 1,429 | - | - |
| | EPS 100S | 100 | 0,037 | 2,703 | 1,250 | 20 |
| | Parozábrana Jutafol | 0,22 | 2 | 0,000 | - | - |
| Podlaha 1.NP z venku do obytného prostoru S05 | Železobetonová stropní deska | 260 | 2,3 | 0,113 | 0,102 | 2300 |
| | EPS 100S | 200 | 0,039 | 5,128 | 1,250 | 20 |
| | Vnější probarvená omítka | 1,5 | 0,76 | 0,002 | 0,840 | 1600 |
| | Vnější probarvená omítka | 1,5 | 0,76 | 0,002 | 0,840 | 1600 |

| | | | | | | |
|---|--------------------------------|-----|-------|-------|-------|------|
| Obvodová stěna garáže -suterénní zdivo s venkem - S10 | Vnější probarevná omítka | 1,5 | 0,76 | 0,002 | 0,840 | 1600 |
| | EPS 70F | 100 | 0,039 | 2,564 | 1,270 | 30 |
| | Ztracené bednění | 300 | 1,3 | 0,231 | 1,020 | 2200 |
| Obvodová stěna garáže suterénní zdivo - styk se zeminou - S09 | Nopová folie | 1 | 0,2 | 0,005 | - | - |
| | Přizdívka k hydroizolaci | 150 | 1,3 | 0,115 | 1,020 | 2200 |
| | Hydroizolace | 4 | 0,21 | 0,019 | 1,470 | 1280 |
| | Ztracené bednění | 300 | 1,3 | 0,231 | 1,020 | 2200 |
| Podlaha suterénní garáže -S01 | Betonová mazanina | 100 | 0,6 | 0,167 | 0,840 | 1400 |
| | Izolace proti zemní vlhkosti a | 1 | 0,39 | 0,003 | 1,470 | 1225 |
| | Pokladní beton | 150 | 1,3 | 0,115 | 1,020 | 2100 |
| | hutněný násyp | 90 | 2 | 0,045 | - | - |
| Vnitřní nosná stěna 250 | Vnitřní omítka + Štuk + Malba | 10 | 0,99 | 0,010 | 0,840 | 1600 |
| | Porotherm 24 | 240 | 0,39 | 0,615 | 1,000 | 900 |
| | Vnitřní omítka + Štuk + Malba | 10 | 0,99 | 0,010 | 0,840 | 1600 |
| Vnitřní nenosná stěna 125 | Vnitřní omítka + Štuk + Malba | 10 | 0,99 | 0,010 | 0,840 | 1600 |
| | Porotherm 11.5 profi | 115 | 0,44 | 0,261 | 1,000 | 1000 |
| | Vnitřní omítka + Štuk + Malba | 10 | 0,99 | 0,010 | 0,840 | 1600 |

Tab. 3.6 - Shrnutí tepelně technických vlastností moderní novostavby RD

| Typ stěny | R [m ² K/W] | U [W/(m ² ·K)] | S [m ²] |
|--|--------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| Obvodová stěna S07 | 6,182 | 0,162 | 103,4 |
| Střeška RD - strop nad 1NP S06 | 8,696 | 0,115 | 149,1 |
| Podlaha 1NP - z garáže do obytného prostoru -S02 | 7,341 | 0,136 | 47 |
| Podlaha 1NP - z parkovací plochy do obytného prostoru -S03 | 9,914 | 0,101 | 74,1 |
| Podlaha 1NP - z venku do obytného prostoru -S05 | 9,632 | 0,104 | 28 |
| Obvodová stěna garáže -suterénní zdivo s venkem -S10 | 2,967 | 0,337 | 22,3 |
| Obvodová stěna garáže -suterénní zdivo - styk se zeminou - S09 | 0,500 | 1,999 | 24,24 |
| Podlaha suterénní garáže -S01 | 0,500 | 2,002 | 47 |
| Vnitřní nosná stěna 250 | 0,896 | 1,117 | - |
| Vnitřní nenosná stěna 125 | 0,542 | 1,846 | - |

Tab. 4.7 - Tepelně technické vlastnosti stavebních výplní moderní novostavby

| Typ | Plocha výplně [m ²] | g_{gl} [-] | F_{gl} [-] | U_w [W/(m ² ·K)] |
|-----------------------------|---------------------------------|--------------|--------------|-------------------------------|
| Okno A01 | 4,55 | 0,622 | 0,8 | 1,4 |
| Okno A02 | 2,64 | 0,622 | 0,75 | 1,4 |
| Okno A03 | 1,60 | 0,622 | 0,75 | 1,4 |
| Okno A04 | 2,17 | 0,622 | 0,75 | 1,4 |
| Okno A05 | 7,00 | 0,622 | 0,8 | 1,4 |
| Okno A06 | 2,13 | 0,622 | 0,75 | 1,4 |
| Okno A07 | 0,94 | 0,622 | 0,75 | 1,4 |
| Okno A08 | 1,91 | 0,622 | 0,75 | 1,4 |
| Okno a dveře A09 | 7,28 | 0,622 | 0,75 | 1,4 |
| Vstupní dveře A10 | 2,80 | 0,622 | 0,75 | 1,4 |
| Francouzka okna A11 | 14,00 | 0,622 | 0,7 | 1,4 |
| Rozšiřující profily k oknům | 0,84 | 0,00 | 0 | 0,57 |
| Vstupní dveře do garáže | 1,80 | 0,00 | 0 | 2,83 |
| Garážová vrata | 7,35 | 0,00 | 0 | 2,83 |

4.2.2 Energetické a technické systémy moderní novostavby

Hlavním zdrojem tepla je plynový kotel o výkonu 10 kW. Sekundárním zdrojem je plynový krb o výkonu 5 kW s využitím cca 15 % ročně. Řízení je zajištěno prostorovým termostatem s týdenním programem.

Teplá užitková voda je ohřívána v elektrickém zásobníkovém ohříváči o výkonu 2 kW a objemu 160 l. Osvětlovací soustava je tvořena úspornými žárovkami a zářivkovými tělesy s nízkou spotřebou elektrické energie. Větrání je pouze přirozené. Chladicí zařízení není instalováno.

5 VÝPOČET ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY POMOCÍ NKN II

Jak už bylo uvedeno dříve, výpočetní nástroj NKN II je primárně určen pro posouzení energetické náročnosti budov, vychází tedy z českých právních předpisů souvisejících s touto problematikou (viz kapitola 2.1).

Při použití NKN II a zadání všech vstupních parametrů, které slouží k vytvoření daného výpočetního modelu budovy, už nemusíme dále samostatně zpracovávat žádné dílčí protokoly či jiné výstupy. Energetickému specialistovi, který zpracovává protokol o energetické náročnosti budov, stačí zákazníkem dodaná technická dokumentace stavby.

NKN II je zpracován v tabulkového editoru MS Excel. Uživatel pracuje s jednotlivými listy, které jsou logicky uspořádány [18].

Hlavními vstupy jsou [18]:

I. Identifikační údaje budovy

Jsou zadány základní identifikační údaje budovy, jako adresa, umístění vlastník atd. Tento záznam nemá vliv na výpočet, je potřebný pro formální správnost protokolu ENB.

II. Zónování budovy

Rozdělení budovy na jednotlivé zóny, je první důležitý krok v procesu tvorby výpočetního modelu. Jedná se o geometrické rozdělení budovy na základě specifik ovlivňující výslednou výši potřeby a spotřeby energie. Takovým specifíkem může být např. vnitřní teplota, účel užívání atd.

III. Profily typického užívání

Po rozdělení budovy na zóny, musíme každé zóně přiřadit její typický profil užívání. Tyto profily jsou předdefinovány podle TNI 730331. V případě specifického užívání dané zóny, je možnost nadefinování svého vlastního profilu.

IV. Popis zón

Dalším krokem je podrobný popis zóny z hlediska její geometrie, osvětlení, vytápění, větrání atd.

V. Popis konstrukcí

Pro určení energetických toků procházející obálkou budovy, musíme konstrukcím nadefinovat tepelně technické vlastnosti. Dále je přiřadíme k referenčnímu typu konstrukce např. obvodová stěna, střecha atd. V posledním kroku je potřebné určit rozměry a orientaci ke světovým stranám.

Hlavními výstupy výpočtu jsou [18]:

I. Grafické znázornění průkazu energetické náročnosti budov

II. Protokol průkazu energetické náročnosti budov

III. Analýza energetických potřeb

5.1 Rodinný dům - bungalov

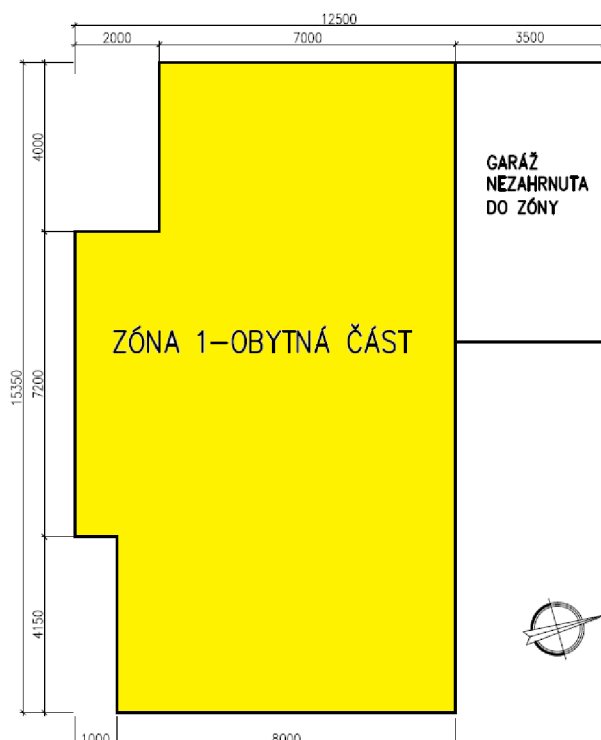
5.1.1 Tvorba výpočetního modelu bungalovu

Jedním z nejdůležitějších kroků při tvorbě výpočetního modelu je správné rozdělení objektu do zón. V tomto případě jsou všechny místnosti zásobovány stejnou skladbou

energetických systémů budovy. S výjimkou nepřímo temperované garáže, jež je součástí objektu, ale není součástí plného objemu budovy je vnitřní teplota téměř stejná. Jelikož se jedná jen o obytné místnosti, tak podmínky užívání jsou také stejné.

Na základě uvedených charakteristik je vhodné objekt uvažovat jako jednozónový se zohledněním redukováného tepelného toku přes konstrukce oddělující nevytápěné prostory. Ty sice nejsou přímo obsaženy v zóně, avšak mají vliv na její tepelné chování.

V pracovním listu *Budova – zónování* identifikujeme existující zónu a přiřadíme k ní typický profil užívání. NKN II nabízí 45 přednastavených profilů užívání. Ty definují běžný provoz zóny pomocí pevně stanovených hodnot, které jsou uvedeny v TNI 730331 příloha B [15]. Z této nabídky vybereme profil, jež nejvíce odpovídá dané zóně. Tomuto případu odpovídá nevhodnější profil *Rodinný dům - obytné prostory*, konkrétní hodnoty jsou uvedeny v tab. 5.2.



Obr. 5.1 - Zónování bungalovu

Tab. 5.1 - Základní informace o bungalovu

| Označení | Zóna 1 |
|---|-------------------------------|
| Název | Obytná část |
| Profil typického užívání | Rodinný dům - obytné prostory |
| Energeticky vztázná plocha | 126 m ² |
| Vnější objem | 359 m ³ |
| Podíl vnitřních a obvodových konstrukcí | 31 % |

Tab. 5.2 - Parametry typického užívání zóny podle TNI 730331 pro obytné prostory rodinného domu [15]

| Profil typického užívání zóny podle TNI 730331 | | Parametr | Jednotky | Rodinný dům - obytné prostory |
|--|---|----------------------|--------------|-------------------------------------|
| obecné | začátek provozu zóny | - | hodina | 0 |
| | konec provozu zóny | - | hodina | 24 |
| | provozní doba užívání zóny | $t_{use,h}$ | hodina | 24 |
| | roční užívání budovy počet provozních dní | $t_{use,d}$ | d | 365 |
| vytápění | vnitřní výpočtová teplota pro režim vytápění | $\vartheta_{i,H}$ | °C | 20 |
| | vnitřní teplota pro režim vytápění v režimu útlumu | $\vartheta_{i,H}$ | °C | 18 |
| | provozní doba vytápění objektu | $t_{H,h}$ | h/den | 24 |
| chlazení | vnitřní výpočtová teplota pro režim chlazení | $\vartheta_{i,C}$ | °C | 22 |
| | vnitřní výpočtová teplota pro režim chlazení mimo provozní dobu | $\vartheta_{i,C}$ | °C | 26 |
| | provozní doba chlazení objektu | $t_{C,h}$ | h/den | 24 |
| | teplota přiváděného vzduchu pro chlazení | $\vartheta_{supp,n}$ | °C | 18 |
| větrání | minimální tok větracího vzduchu | $V_{V,k}$ | $m^3/h/mj$ | 25 |
| | měrná jednotka | - | mj | osoby |
| | průměrná teplota přiváděného vzduchu | $\vartheta_{supp,n}$ | °C | 0,3 – 0,5 |
| | minimální tok větracího vzduchu | $V_{V,d}$ | 1/h | 0,3 |
| | doba provozu větracího zařízení | $t_{v,mech,h}$ | h/den | 24 |
| tepelné zisky | měrné tepelné zisky od osob | q_{OCC} | W/m^2 | 1,5 |
| | časový podíl přítomnosti osob | f_{OCC} | - | 0,7 |
| | měrné tepelné zisky z vybavení | q_{APP} | W/m^2 | 3 |
| | časový podíl doby provozu | f_{APP} | - | 0,2 |
| | doba využití denního světla za rok | t_D | h | 1600 |
| | doba využití bez denního světla za rok | t_N | h | 1200 |
| | měrná roční spotřeba elektřiny na osvětlení - úsporné osvětlení/zářivky | W_{light} | kWh/m^2rok | 2,50 |
| | měrná roční spotřeba elektřiny na osvětlení - žárovkové osvětlení | W_{light} | kWh/m^2rok | 4,17 |
| ostatní | m^2 podlahové plochy na osobu | | m^2/os | 40 |
| | Hodnoty osvětlenosti | E_{pk} | lx | 90 |

V dalším kroku je nutné zónu popsat specificky z pohledu dodávky a distribuce energií pro vytápění, chlazení, větrání a osvětlení. Celá problematika technických systémů z pohledu výpočtu energetické náročnosti budov je obsažena v TNI 730331 v příloze A [15].

V daném případě řešíme ty systémy, které jsou obsaženy v objektu, jedná se o systém vytápění, kde zadáváme tzv. faktory účinnosti sdílení energie do prostoru zóny a účinnosti distribuce energie do zóny. Pro systém osvětlení pak účinnost přeměny tepelných zisků, dále činitele závislosti na denním světle a činitele závislosti na obsazenosti.

Tab. 5.3 - Účinnost využití tepelné energie v bungalovu [15]

| | | |
|---|------------------|------|
| Účinnost sdílení tepla mezi vytápěnou zónou a systémem vytápění | $\eta_{H,em,z}$ | 90 % |
| Účinnost rozvodů tepla pro vytápění | $\eta_{H,dis,z}$ | 88 % |

Tab. 5.4 - Charakteristika systému osvětlení bungalovu [15]

| | | |
|---|-------------|-----------|
| Typ osvětlovací soustavy | - | Zářivkové |
| Celkový instalovaný příkon | - | 200 W |
| Součinitel závislosti na denním světle | $P_{I,sys}$ | 1 |
| Součinitel obsazenosti s regulací osvětlení | F_D | 1 |
| Účinnost přeměny tepelných zisků | F_O | 90 % |

Při definování stavební části objektu vycházíme z tab. 4.3 a 4.4, které nám uvádí tepelně technické vlastnosti stavebních prvků. Jednotlivé konstrukce identifikujeme v pracovním listu *katalog konstrukcí*.

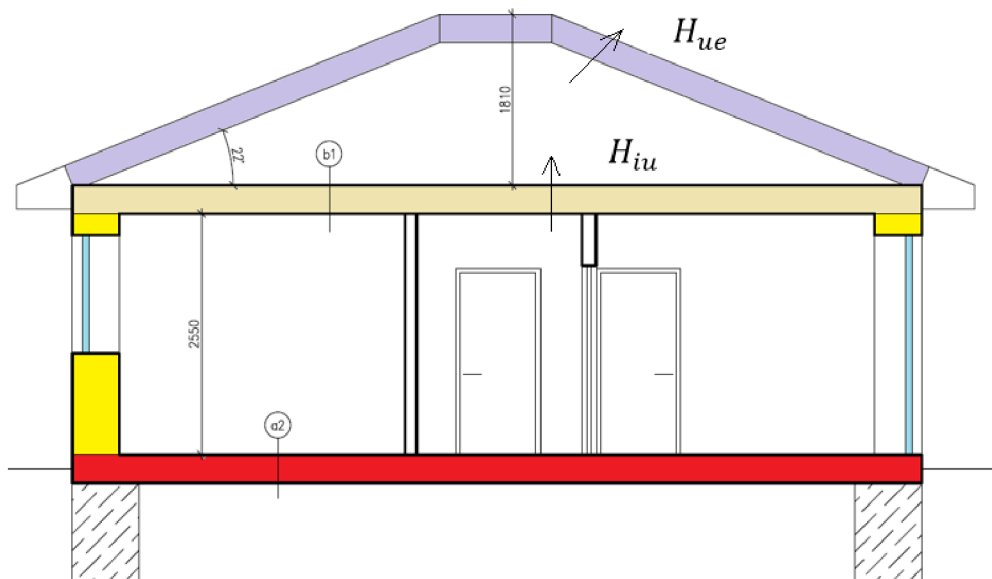
V listu *konstrukce – stavební část* přiřadíme každé konstrukci její plochu, dále příslušnost k dané zóně a prostředí nacházející se za ní. U průsvitných konstrukcí zadáváme i azimutový úhel, který udává orientaci ke světovým stranám. Protože objekt řešíme jako jednozónový, redukci tepelného toku přes nevytápěné prostory musíme řešit pomocí tzv. součinitele teplotní redukce, který je dán vztahem

$$b_u = \frac{H_{ue}}{H_{iu} + H_{ue}} \quad (5.1)$$

kde H_{ue} [W/K] je měrný tepelný tok prostupem z nevytápěného prostoru do venkovního prostředí,
 H_{iu} [W/K] je měrný tepelný tok prostupem z vytápěného do nevytápěného prostoru.

Tab. 5.5 - Redukční činitelé teploty pro bungalov

| Redukční činitelé teploty - popis | H_{ue} [W/K] | H_{iu} [W/K] | b_u [-] |
|---|----------------|----------------|-----------|
| z vytápěného 1.NP do nevytápěné půdy - tepelný tok přes strop | 301 | 36 | 0,89 |
| z obývacího pokoje do garáže - tepelný tok přes obvodovou stěnu | 17 | 2 | 0,88 |



Obr. 5.2 - Rozdělení stavebních konstrukcí a zobrazení redukovaného tepelného toku

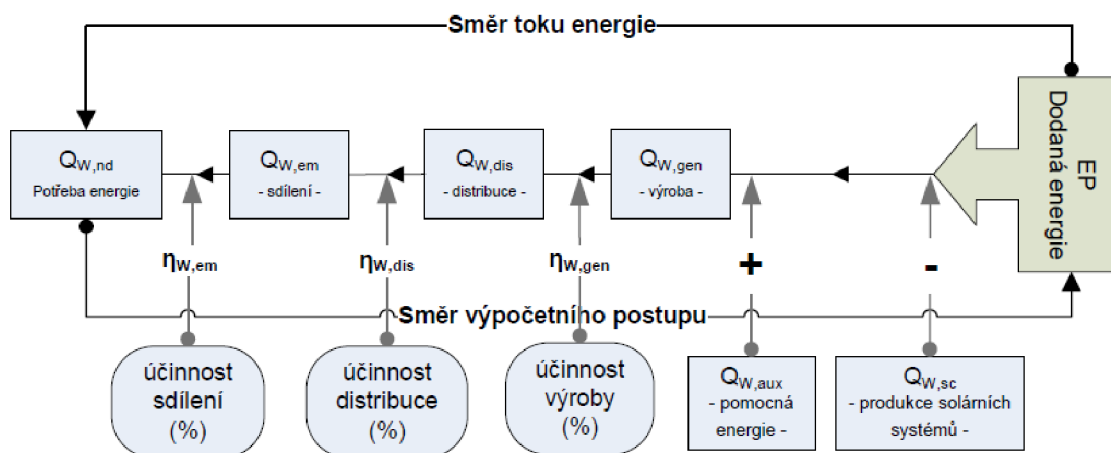
V posledním kroku je třeba definovat jednotlivé energetické systémy. Tímto je zajištěno krytí energetických potřeb prostřednictvím energie dodané z místa výroby do místa odběru, resp. skutečná spotřeba energie jiným slovy tedy celková energie dodaná do budovy.

Energetické systémy jsou v NKN II předdefinovány a vybíráme jednotlivá systémová řešení, která lze libovolně kombinovat vzhledem k jejich technickým možnostem.

Každý energetický systém je charakterizován nepřímým vstupem, který určuje systémové řešení, a přímým vstupem, který zpravidla charakterizuje doplňkovou hodnotu vedoucí k určení účinnosti výroby energie a její distribuce.

Parametr „účinnosti“ je ve smyslu výpočtové metodiky chápán jako nevyužitelná část z energie, která je pomocí dané části dopravena do místa spotřeby energie z místa její výroby.

V tomto případě popisujeme systém vytápění a přípravy teplé vody. Jednotlivé parametry jsou v tab. 5.6 a tab. 5.7.



Obr. 5.3 - Princip výpočtu energie dodané do budovy [4]

Tab. 5.6 - Popis energetického systému vytápění bungalovu

| Typ zdroje | Podl. vytápění + ot. | Krb |
|-----------------------------------|----------------------|--------------|
| Energonositel | Elektřina | Dřevo |
| Jmenovitý tepelný výkon zdroje | 6,4 kW | 5 kW |
| Účinnost výroby tepla zdrojem | 95 % | 70 % |
| Účinnost regulace zdroje tepla | 100% (automatická) | 95 % (ruční) |
| Celkový příkon oběhového čerpadla | 0 kW | 0 kW |
| Podíl vytápění zóny | 80 % | 20 % |

Tab. 5.7 - Popis energetického systému přípravy teplé vody bungalovu

| Typ přípravy teplé vody | Elektrický ohřívač |
|--|------------------------|
| Energonositel | Elektřina |
| Jmenovitý tepelný výkon pro ohřev | 2 kW |
| Objem zásobníku | 160 l |
| Délka rozvodů | 10 m |
| Účinnost výroby | 95 % |
| Denní měrná ztráta tepla zásobníku | 6,4 Wh/(l·den) |
| Denní měrná ztráta rozvodů | 30,9 Wh/(m·den) |
| Roční potřeba teplé vody | 72 m ³ /rok |
| Teplota teplé vody | 60 °C |
| Instalovaný elektrický příkon oběhového čerpadla | 100 W |

5.1.2 Referenční údaje

Parametry referenčních budov jsou stanoveny tak, aby zajistily nákladově optimální úroveň ENB [4].

V příloze 1 vyhlášky č. 78/2013 Sb. jsou uvedeny vztahy pro výpočet průměrného součinitele prostupu tepla $U_{em,R}$ a stanoveny další hodnoty referenční budovy. V NKN II jsou všechny tyto údaje uloženy a vstupují do výpočtu ukazatelů energetické náročnosti referenční budovy, s kterými je pak hodnocená budova porovnávána.

5.1.3 Hodnocení ukazatelů ENB

U nových budov jsou kontrolovány tři ukazatele energetické náročnosti:

- průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy,
- celková dodaná energie za rok,
- neobnovitelná primární energie za rok.

Průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} celkově charakterizuje tepelně technické vlastnosti obálky budovy. Navzdory tomu, že obvodová konstrukce vykazuje dobrou hodnotu součinitele prostupu tepla, průměrné hodnoty stropní konstrukce, podlahy a výplní, zařazují budovu z pohledu tepelně izolačních vlastností do energetické třídy C, slovně ohodnocenou jako úsporná, viz tab. 5.8.

Tab. 5.8 - Hodnocení součinitele prostupu tepla bungalovu

| 1. Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy | | | |
|--|------------------------|-----------------------|------|
| Hodnocená budova | U_{em} | W/(m ² ·K) | 0,3 |
| Referenční budova | $U_{em,R}$ | W/(m ² ·K) | 0,34 |
| Splnění požadavku ukazatele ENB | Ano - požadavek splněn | | |
| Třída energetické náročnosti | C - úsporná | | |

Celková energie dodaná do budovy se stanoví součtem dílčích dodaných energií. V našem případě se jedná o dílčí energie na vytápění, ohřev teplé vody a osvětlení.

Tab. 5.9 - Hodnocení dodané celkové energie do bungalovu

| 2. Celková energie dodaná do budovy | | | |
|-------------------------------------|------------------------|---------|---------------------------|
| | | kWh/rok | kWh/(rok·m ²) |
| Hodnocená budova | Q_{fuel} | 18936,2 | 150,3 |
| Referenční budova | $Q_{\text{fuel,R}}$ | 27053,5 | 214,7 |
| Splnění požadavku ukazatele EN | Ano - požadavek splněn | | |
| Třída energetické náročnosti | B - velmi úsporná | | |

Primární energií nazýváme energii, která neprošla žádným procesem přeměny. Neobnovitelná primární energie tedy udává celkovou spotřebu neobnovitelných přírodních zdrojů. Tento ukazatel ENB, tedy mimo jiné ohodnocuje původ energie využívaný v budově vzhledem k životnímu prostředí a obnovitelným zdrojům.

Neobnovitelná primární energie se stanovuje jakou součet součinů dodané energie a faktorů neobnovitelné primární energie. Tyto faktory jsou závislé na daných energonositelých a jsou uvedeny v č. 3 vyhlášky 78/2013 Sb. [6].

Protože jako hlavní zdroj pro vytápění je využito elektrické podlahové topení, je hodnota neobnovitelné primární energie vyšší než referenční. Budova tedy spadá do kategorie *D* slovně vyjádřeno jako méně úsporná.

Tab. 5.10 - Hodnocení neobnovitelné primární energie pro bungalov

| 3. Neobnovitelná primární energie | | | |
|-----------------------------------|----------------------------|---------|---------------------------|
| | | kWh/rok | kWh/(rok·m ²) |
| Hodnocená budova | EnP | 47074,8 | 373,6 |
| Referenční budova | EnP _R | 34141,9 | 271 |
| Splnění požadavku ukazatele EN | Ne - požadavek není splněn | | |
| Třída energetické náročnosti | D - méně úsporná | | |


V jednom případě je hodnota ukazatele energetické náročnosti vyšší než referenční hodnota, z tohoto důvodu posuzovaný objekt nesplňuje požadavky na energetickou náročnost nové budovy ve smyslu vyhlášky 78/2013 Sb.

Navržené opatření by spočívalo nejspíše ve změně typu zdroje tepla s jiným energonositelem, nebo například využití fotovoltaických panelů. Návrh opatření, díky kterým by budova splňovala předepsanou energetickou náročnost, není předmětem této práce, a proto se jimi nebudeme dále zabývat. V následující kapitole 5.1.4 můžeme vidět grafické zpracování výsledného průkazu ENB.

5.1.4 Grafické zpracování průkazu energetické náročnosti budovy (PENB)

PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

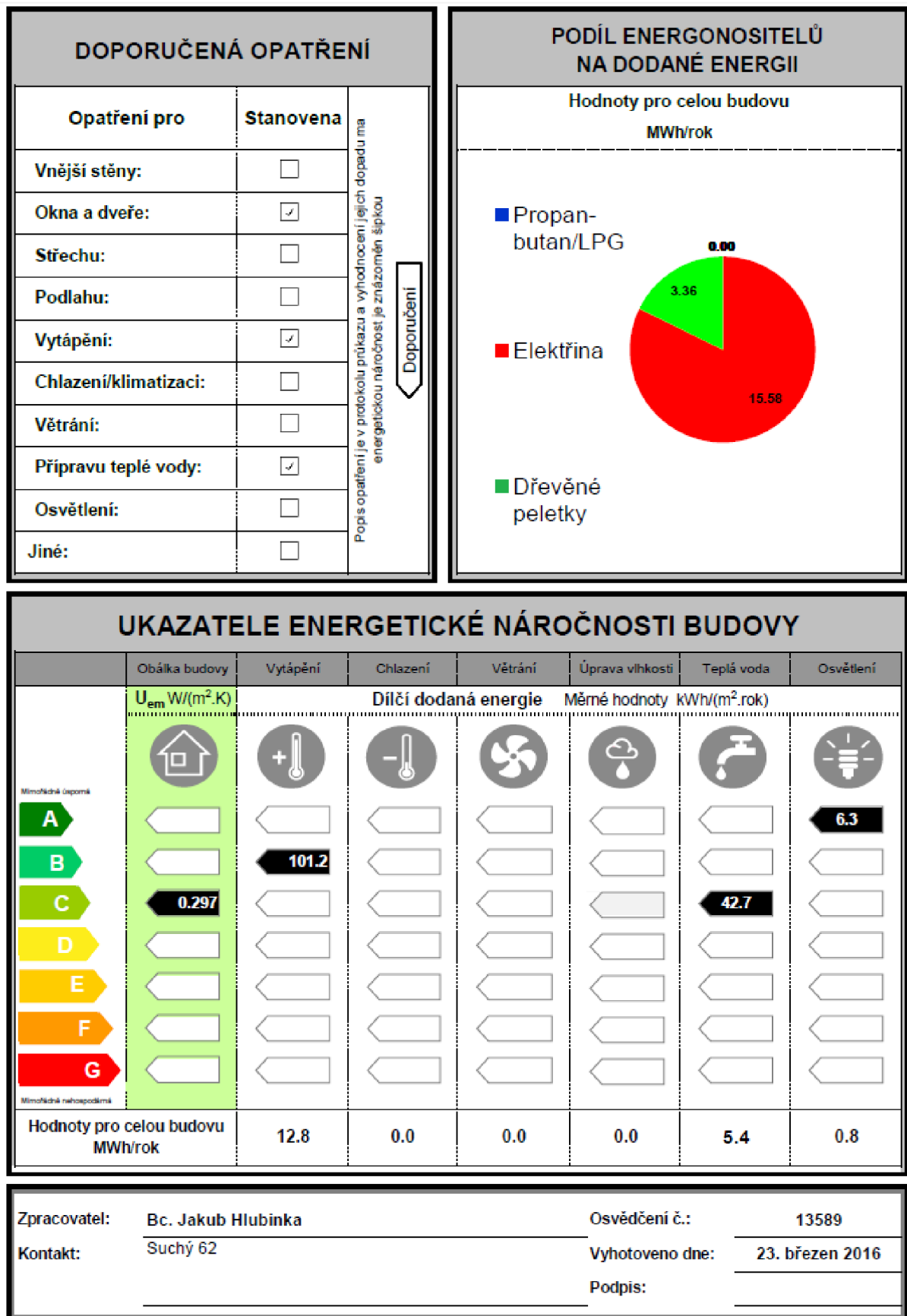
vydaný podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, a vyhlášky č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov

| | |
|---|--|
| Ulice, číslo: Suchý PSČ, místo: Typ budovy: Rodinný dům Plocha obálky budovy: <u> 376 </u> m ² Objemový faktor tvaru AV: <u> 1.05 </u> m ² /m ³ Celková energeticky vztažná plocha: <u> 126 </u> m ² |  |
|---|--|

ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOVY

| Celková dodaná energie (Energie na vstupu do budovy) | Neobnovitelná primární energie (Vliv provozu budovy na životní prostředí) |
|---|--|
| Měrné hodnoty kWh/(m ² .rok) | |
| Mimořádně úsporná A ← 107.4 | ← 135.5 |
| Velmi úsporná B ← 161.0 | ← 203.2 |
| Úsporná C ← 214.7 | ← 271.0 |
| Méně úsporná D ← 322.1 | 373.6 ← 406.5 |
| Nehospodárná E ← 429.4 | ← 541.9 |
| Velmi nehospodárná F ← 536.8 | ← 677.4 |
| Mimořádně nehospodárná G | |
| Hodnoty pro celou budovu MWh/rok 18.94 | 47.07 |

Obr. 5.4 - Průkaz energetické náročnosti bungalovu (1. strana)



Obr. 5.5 - Průkaz energetické náročnosti bungalovu (2. strana)

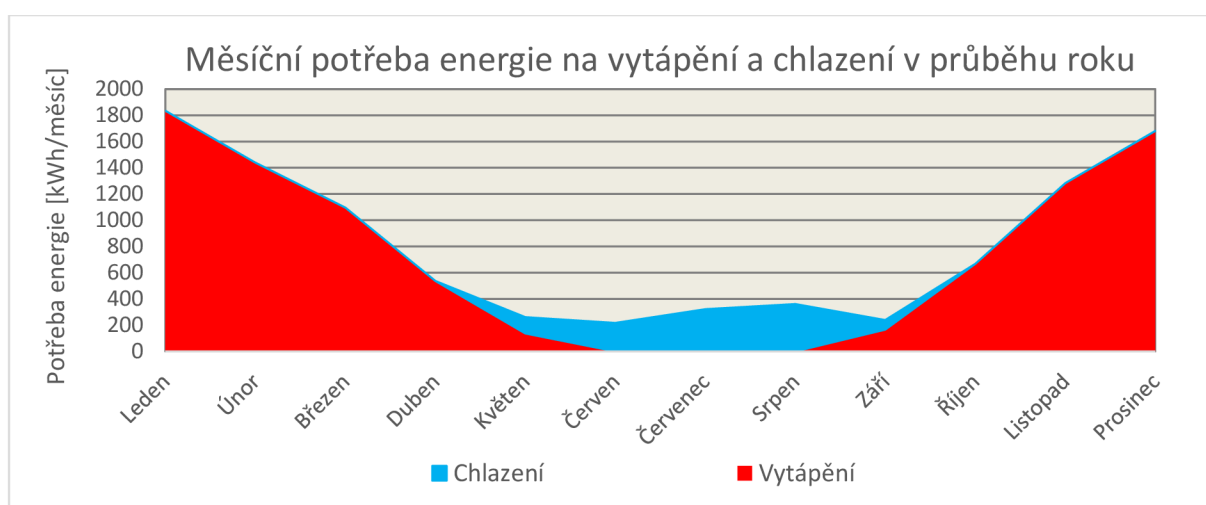
5.1.5 Výsledky energetických potřeb vytápění a chlazení

Autoři NKN II uvádí, že nástroj je možné využít i pro analýzu energetických potřeb bez ohledu na hodnocení objektu. Metodika bilančního výpočtu, s kterou program pracuje, je naznačena v kapitole 3.1.3. Výpočet je prováděn v měsíčním kroku, klimatické údaje vychází z TNI 730331 (příloha C).

Můžeme si položit otázku, jak se budou lišit výsledky při použití hodinových dat a do jaké míry jsou tyto výsledky použitelné pro projektanta TZB. Odpověď bychom měli najít v kapitole 7, kde se srovnávají různé přístupy výpočtu potřeb vytápění a chlazení.

Tab. 5.11 - Výsledky energetické bilance pro bungalov vypočítané pomocí NKN II

| Energetická bilance na úrovni budovy podle ČSN EN 13790 | | | |
|---|----------------|-----------------------|------------------|
| Režim vytápění | Označení | Jednotky | Hodnocená budova |
| Potřeba energie na vytápění | $Q_{H,nd}$ | kWh/rok | 8839 |
| Solární tepelné zisky | $Q_{H,gn,sol}$ | kWh/rok | 4959 |
| Vnitřní tepelné zisky | $Q_{gn,int}$ | kWh/rok | 1715 |
| Celkové tepelné zisky | $Q_{H,gn}$ | kWh/rok | 6674 |
| Množství tepla přeneseného větráním | $Q_{H,v}$ | kWh/rok | 2474 |
| Množství tepla přeneseného prostupem | $Q_{H,tr}$ | kWh/rok | 11281 |
| Režim chlazení | | | |
| Potřeba energie na chlazení | $Q_{C,nd}$ | kWh/rok | 1098 |
| Solární tepelné zisky | $Q_{C,gn,sol}$ | kWh/rok | 4959 |
| Vnitřní tepelné zisky | $Q_{gn,int}$ | kWh/rok | 1715 |
| Celkové tepelné zisky | $Q_{C,gn}$ | kWh/rok | 6674 |
| Celk. množství přeneseného tepla větráním | $Q_{C,v}$ | kWh/rok | 2904 |
| Celk. množství přeneseného tepla prostupem | $Q_{C,tr}$ | kWh/rok | 13240 |
| Díličí parametry | | | |
| Průměrný součinitel prostupu tepla | U_{em} | W/(m ² ·K) | 0,3 |
| Tepelná ztráta budovy | Q_C | kW | 4,8 |



Obr. 5.6 - Grafické znázornění potřeby energie na vytápění a chlazení pro bungalov

Tab. 5.12 – Měsíční potřeba energie na vytápění a chlazení pro bungalov

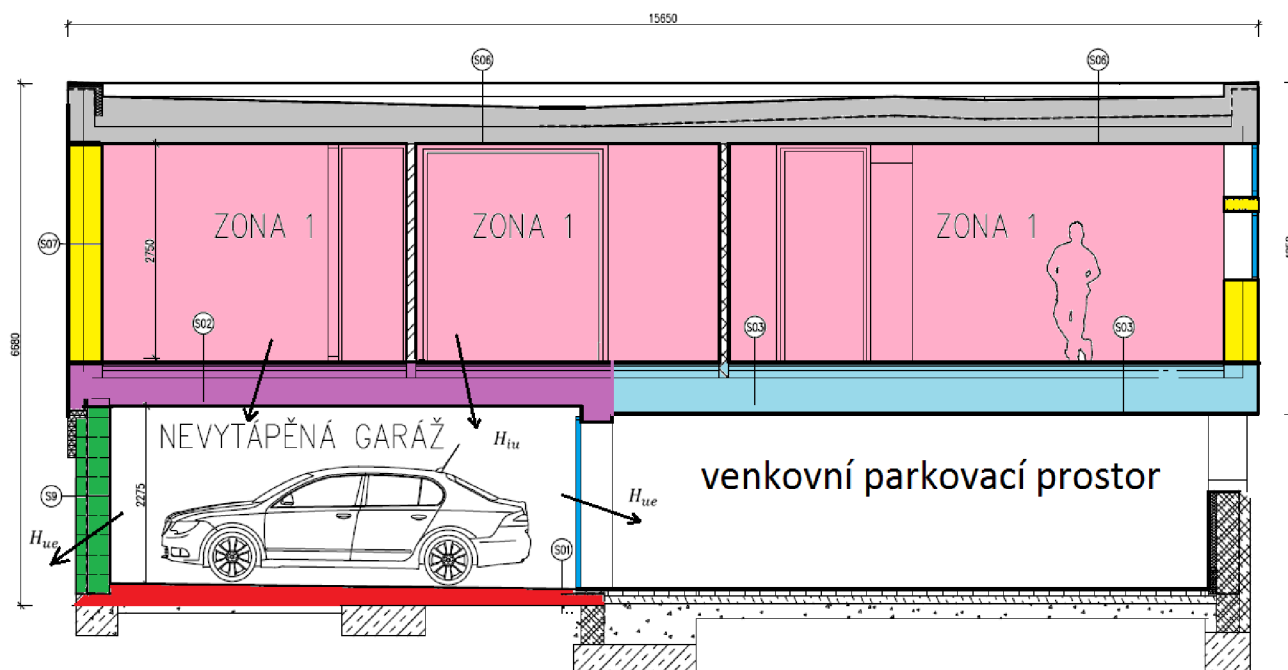
| | | Leden | Únor | Březen | Duben | Květen | Červen | Červenec | Srpen | Září | Říjen | Listopad | Prosinec | Celkem |
|----------|----|-------|------|--------|-------|--------|--------|----------|-------|------|-------|----------|----------|--------|
| Vytápění | kW | 1834 | 1439 | 1095 | 536 | 137 | 0 | 0 | 0 | 166 | 668 | 1282 | 1681 | 8839 |
| Chlazení | kW | 0 | 0 | 0 | 0 | 125 | 217 | 322 | 361 | 73 | 0 | 0 | 0 | 1098 |

5.2 Moderní novostavba RD

Postup při vytváření výpočetního modelu této budovy je téměř stejný jako u bungalovu (kap. 5.1.) Proto jej popíšeme jen stručně.

Při zónování tohoto objektu máme dvě možnosti. Buď můžeme budovu řešit dvouzónově s tím, že jednou zónou bude obytná část a druhou nepřímo temperovaná garáž pod ní. Druhá možnost je, že zónou bude jen obytná část a vliv garáže na tepelný tok přes podlahu bude vyjádřen pomocí redukčního činitele. Vzhledem k tomu, že garáž je nevytápěná, je využívána jen pro parkování auta a nepředpokládá se zde jiná činnost, volíme druhou variantu a objekt řešíme jednozónově. Nutno také dodat, že pokud bychom řešili dvouzónovou variantu, museli bychom definovat svůj vlastní profil užívání garáže, protože ve výběru není žádný vhodný.

Zóně 1 odpovídá přednastavený profil *Rodinný dům* – obytné prostory. Hodnoty typického užívání jsou tedy stejné jako u bungalovu (tab. 5.2).



Obr. 5.7 - Zónování a zobrazení skladby konstrukcí moderní novostavby RD

Pozn. do objemu zóny 1 se započítávají i konstrukce, které zónu ohraničují, což nemusí být z obr. 5.7 patrné.

Tab. 5.13 - Základní údaje moderní novostavby RD

| Označení | Zóna 1 |
|---|-------------------------------|
| Název | Obytná část – 1.NP |
| Profil typického užívání | Rodinný dům – obytné prostory |
| Energeticky vztažná plocha | 150 m ² |
| Vnější objem | 594 m ³ |
| Podíl vnitřních a obvodových konstrukcí | 42 % |

V budově jsou instalovány energetické systémy vytápění, ohřevu teplé vody a osvětlení.

Tab. 5.14 - Účinnost využití tepelné energie u moderní novostavby RD

| | | |
|---|------------------|------|
| Účinnost sdílení tepla mezi vytápěnou zónou a systémem vytápění | $\eta_{H,em,z}$ | 90 % |
| Účinnost rozvodů tepla pro vytápění | $\eta_{H,dis,z}$ | 88 % |

Tab. 5.15 - Charakteristika systému osvětlení v moderní novostavbě RD

| | | |
|---|-------------|-----------|
| Typ osvětlovací soustavy | - | zářivkové |
| Celkový instalovaný příkon | - | 300 W |
| Součinitel závislosti na denním světle | $P_{l,sys}$ | 1 |
| Součinitel obsazenosti s regulací osvětlení | F_D | 1 |
| Účinnost přeměny tepelných zisků | F_O | 90 % |

Tab. 5.16 - Popis energetického systému vytápění moderní novostavby RD

| Typ zdroje | Plynový kondenzační kotel | Plynový krb |
|-----------------------------------|---------------------------|---------------------|
| Energositel | Zemní plyn | Zemní plyn |
| Jmenovitý tepelný výkon zdroje | 15 kW | 5 kW |
| Účinnost výroby tepla zdrojem | 85 % | 83 % |
| Účinnost regulace zdroje tepla | 100 % (automatická) | 100 % (automatická) |
| Celkový příkon oběhového čerpadla | 150 W | 0 W |
| Podíl vytápění zóny 1 | 85 % | 15 % |

Tab. 5.17 - Popis energetického systému pro přípravu teplé vody v moderní novostavbě RD

| Typ přípravy teplé vody | Plynový ohříváč Enbra |
|--|------------------------|
| Energositel | Zemní plyn |
| Jmenovitý tepelný výkon pro ohřev | 8 kW |
| Objem zásobníku | 114 l |
| Délka rozvodů | 11 m |
| Účinnost výroby | 95 % |
| Denní měrná ztráta tepla zásobníku | 6,4 Wh/(l.den) |
| Denní měrná ztráta rozvodů | 41,2 Wh/(m.den) |
| Roční potřeba teplé vody | 75 m ³ /rok |
| Teplota teplé vody | 60 °C |
| Instalovaný elektrický příkon oběhového čerpadla | 100 W |

Při definování stavební části objektu vycházíme z tab. 4.6 a tab. 4.7, které nám uvádí tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí a výplní. Redukční činitel teploty se vypočte dle vztahu 5.1. Tepelný tok přes nevytápěnou garáž je znázorněn na obr. 5.7.

Tab. 5.18 - Redukční činitelé teploty u moderní novostavby RD

| Redukční činitelé teploty - popis | H_{ue} [W/K] | H_{iu} [W/K] | b_u [-] |
|---|----------------|----------------|-----------|
| Z vytápěného 1.NP do nevytápěné garáže - tepelný tok přes podlahu | 31 | 7 | 0,82 |

5.2.1 Hodnocení ukazatelů ENB

Tab. 5.19 - Hodnocení součinitele prostupu tepla moderní novostavby RD

| 1. Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy | | | |
|--|------------------------|---------------------|------|
| Hodnocená budova | U_{em} | W/m ² ·K | 0,29 |
| Referenční budova | $U_{em,R}$ | W/m ² ·K | 0,36 |
| Splnění požadavku ukazatel EN | Ano - požadavek splněn | | |
| Třída energetické náročnosti | B - velmi úsporná | | |

Tab. 5.20 - Hodnocení celkové energie dodané do moderní novostavby RD

| 2. Celková dodaná energie do budovy | | | |
|-------------------------------------|------------------------|---------|---------------------------|
| | | kWh/rok | kWh/(m ² ·rok) |
| Hodnocená budova | Q_{fuel} | 16797,5 | 112 |
| Referenční budova | $Q_{fuel,R}$ | 26118,5 | 174,1 |
| Splnění požadavku ukazatele EN | Ano - požadavek splněn | | |
| Třída energetické náročnosti | B - velmi úsporná | | |

Tab. 5.21- Hodnocení neobnovitelné primární energie u moderní novostavby


| 3. Neobnovitelná primární energie | | | |
|-----------------------------------|------------------------|---------|---------------------------|
| | | kWh/rok | kWh/(m ² ·rok) |
| Hodnocená budova | E_{nP} | 21938,3 | 146,3 |
| Referenční budova | E_{nPR} | 31225 | 208,2 |
| Splnění požadavku ukazatele EN | Ano - požadavek splněn | | |
| Třída energetické náročnosti | B - velmi úsporná | | |

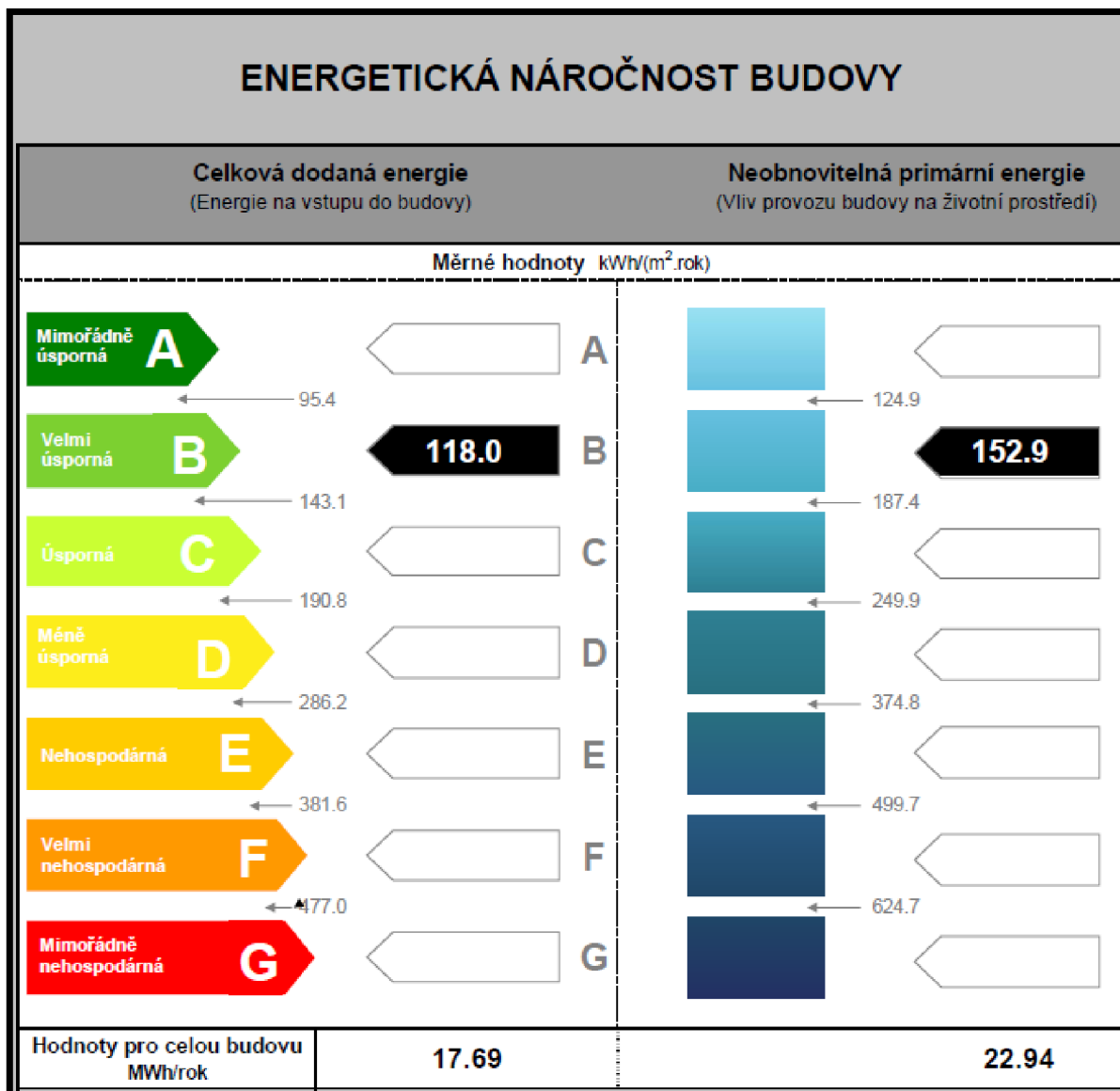
Všechny tři posuzované ukazatele energetické náročnosti mají nižší hodnotu, než jsou referenční hodnoty pro daný typ stavby. Budova tedy splňuje požadavky na energetickou náročnost podle vyhlášky 78/2013 Sb.

5.2.2 Grafické znázornění PENB pro moderní novostavbu RD

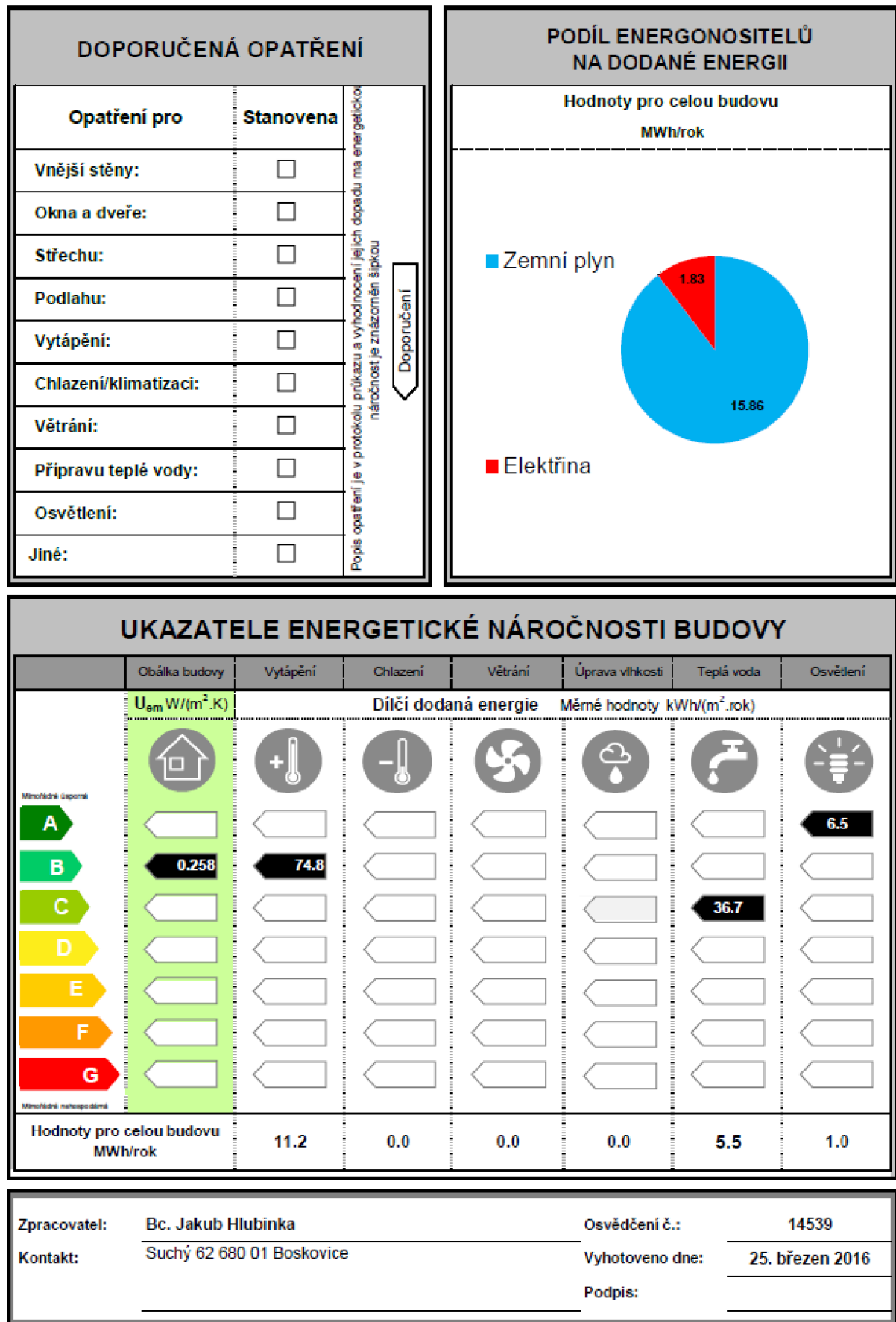
PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

vydaný podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, a vyhlášky č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov

| | |
|--|--|
| Ulice, číslo: Blansko PSČ, místo: Typ budovy: Rodinný dům Plocha obálky budovy: 449 m² Objemový faktor tvaru AV: 0.76 m²/m³ Celková energeticky vztažná plocha: 150 m² |  |
|--|--|



Obr. 5.8 - Průkaz energetické náročnosti moderní novostavby RD (1. strana)

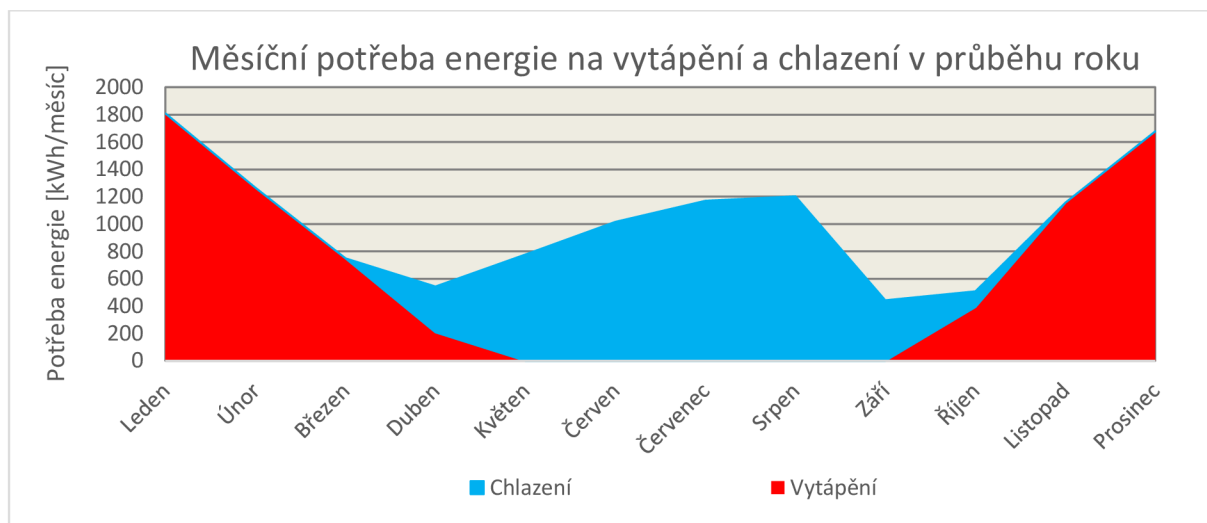


Obr. 5.9 - Průkaz energetické náročnosti moderní novostavby RD (2. strana)

5.2.3 Výsledky energetických potřeb vytápění a chlazení

Tab. 5.22 - Výsledky energetické bilance vypočtené pomocí NKN II

| Energetická bilance na úrovni budovy podle ČSN EN 13790 | | | |
|---|----------------|-----------------------|------------------|
| Režim vytápění | Označení | Jednotky | Hodnocená budova |
| Potřeba energie na vytápění | $Q_{H,nd}$ | kWh/rok | 7261 |
| Solární tepelné zisky | $Q_{H,gn,sol}$ | kWh/rok | 12019 |
| Vnitřní tepelné zisky | $Q_{gn,int}$ | kWh/rok | 2088 |
| Celkové tepelné zisky | $Q_{H,gn}$ | kWh/rok | 14107 |
| Množství tepla přeneseného větráním | $Q_{H,v}$ | kWh/rok | 3441 |
| Množství tepla přeneseného prostupem | $Q_{H,tr}$ | kWh/rok | 11686 |
| Režim chlazení | | | |
| Potřeba energie na chlazení | $Q_{C,nd}$ | kWh/rok | 5053 |
| Solární tepelné zisky | $Q_{C,gn,sol}$ | kWh/rok | 12019 |
| Vnitřní tepelné zisky | $Q_{gn,int}$ | kWh/rok | 2088 |
| Celkové tepelné zisky | $Q_{C,gn}$ | kWh/rok | 14107 |
| Celk. množství přeneseného tepla větráním | $Q_{C,v}$ | kWh/rok | 4038 |
| Celk. množství přeneseného tepla prostupem | $Q_{C,tr}$ | kWh/rok | 13716 |
| Dílicí parametry | | | |
| Průměrný součinitel prostupu tepla | U_{em} | W/(m ² ·K) | 0,26 |
| Tepelná ztráta budovy | Q_C | kW | 5,2 |



Obr. 5.10 - Znárodnění potřeby energie na vytápění a chlazení pro moderní novostavbu RD

Tab. 5.23 – Měsíční potřeba energie na vytápění a chlazení pro moderní novostavbu RD

| | | Leden | Únor | Březen | Duben | Květen | Červen | Červenec | Srpen | Září | Říjen | Listopad | Prosinec | Celkem |
|----------|-----|-------|------|--------|-------|--------|--------|----------|-------|------|-------|----------|----------|--------|
| Vytápění | kWh | 1809 | 1267 | 748 | 209 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 394 | 1157 | 1677 | 7261 |
| Chlazení | kWh | 0 | 0 | 0 | 333 | 777 | 1015 | 1169 | 1203 | 442 | 114 | 0 | 0 | 5053 |

6 ENERGETICKÁ SIMULACE POMOCÍ PROGRAMU TRNSYS

V této kapitole bude proveden výpočet energetických potřeb hodnocených budov pomocí programu TRNSYS. Lze předpokládat, že v důsledku rozdílných vstupních údajů oproti NKN II, se budou lišit konečné výsledky. Nejprve však porovnáme případné rozdíly vzniklé použitím různých výpočetních metod. Konkrétně měsíční metody, s kterou pracuje NKN II a dynamické simulace v programu TRNSYS. Pro tento účel je vytvořen první, základní výpočetní model (označený č. 1), který vychází z podmínek uvedených v TNI 730331 a používá tedy stejné vstupní údaje.

Samotný výpočet je proveden pro budovu, u které není přímo definována měrná tepelná kapacita. Dynamické vlivy jsou zahrnuty faktory využitelnosti tepelných zisků a tepelných ztrát. Okna jsou uvažována neprůsvitná. Důvodem je zamezit vlivu úniku tepla radiací. Snahou je se co nejvíce přiblížit metodice výpočtu NKN II (viz kapitola 3.1.3) a tím ověřit funkčnost výpočetního modelu.

Z praktického hlediska nás ovšem zajímá, do jaké míry se budou lišit výsledky v případě použití podrobnějších vstupních údajů. Myslíme tím konkrétně hodinová klimatická data naměřená pro danou oblast, dále podrobné definování zóny, tedy výskyt osob, zapínání spotřebičů, vnitřní teploty pro režim vytápění a chlazení atd. V následujících modelech už budou tyto parametry postupně zpřesňovány (tab. 6.1). Snahou bude, jednak se co nejvíce přiblížit realitě a jednak vyhodnotit vliv jednotlivých vstupních parametrů na konečné výsledky.

Následující simulace jsou provedeny pro bungalov a moderní novostavbu RD, stejně jako předchozí výpočet pomocí NKN II.

Tab. 6.1 - Charakteristika jednotlivých výpočetních modelů

| Označení výpočetního modelu | Použitá klimatická data | Užívání objektu (vnitřní teplota, vnitřní zisky) | Model budovy | Měrná tepelná kapacita C | Vlastnosti stavebních výplní |
|-----------------------------|--|--|-------------------------------------|--------------------------|------------------------------|
| 1 | dle TNI 73031 | dle TNI 73031 | 1 zónový, redukční činitelé teploty | Ne | Nahrazeno konstrukcí |
| 2 | dle TNI 73032 | dle TNI 73031 | 1 zónový, redukční činitelé teploty | Ano | Tab. 3.4 |
| 3 | Praha, Brno, Liberec, dle umístění objektu | dle TNI 73031 | 1 zónový, redukční činitelé teploty | Ano | Tab. 3.4 |
| 4 | Praha, Brno, Liberec, dle umístění objektu | Řídící profily | 1 zónový, redukční činitelé teploty | Ano | Tab. 3.4 |
| 5 | Praha, Brno, Liberec, dle umístění objektu | Řídící profily | Více zónový | Ano | Tab. 3.4 |

6.1 Rodinný dům - bungalov

6.1.1 Výpočetní model bungalovu č. 1 vycházející z metodiky výpočtu NKN II

Vytváříme model s měsíčním výpočetním krokem, do kterého zadáváme stejné hodnoty, s jakými pracuje NKN II. Tímto sice degradujeme smysl simulačního programu, ale ověřujeme, že oba výpočty jsou konzistentní.

Výpočet je proveden pro budovu, u které se neuvažuje vliv měrné tepelné kapacity (C). Stavební výplně jsou nahrazeny konstrukcí o celkovém součiniteli prostupu tepla U odpovídajícímu U_w (dle tab. 4.4). Tento postup odpovídá výpočtu v NKN II a výsledky by se tedy neměly příliš rozcházet. Takto ověříme soulad obou výpočtů a správnost definování samotné budovy.

Vstupní parametry

Vstupní parametry vycházejí z tab. 4.3 a z TNI 730331. Zde jsou tepelné zisky udávány jako měrné, a proto bylo nutné je přepočítat pro konkrétní budovu (podlahovou plochu), tak aby mohly být zadány do modelu budovy v programu TRNSYS (typ 56 b).

Tab. 6.2 - Vstupní hodnoty pro model bungalovu č. 1

| | |
|--|-----------|
| provozní doba užívání zóny | 24 hod |
| provozní doba vytápění objektu | 24 hod |
| vnitřní výpočtová teplota pro režim vytápění | 20 °C |
| provozní doba chlazení objektu | 24 hod |
| vnitřní výpočtová teplota pro režim chlazení | 22 °C |
| minimální tok větracího vzduchu | 0,3 1/hod |
| tepelné zisky od osob | 107,835 W |
| tepelné zisky z vybavení | 61,62 W |

V tab. 6.2 jsou uvedeny parametry, které jsou uvažovány konstantní po celý rok. Tepelné zisky z osvětlení se přepočítávají pomocí tzv. činitele podílu spotřeby elektrické energie na osvětlení (f_L), více v literatuře [8]. To znamená, že zisky z osvětlení se mění v závislosti na měsíci a u výpočtu musí být pro tento časový úsek zadávány zvlášť. Totéž platí i pro solární zisky radiací, ty jsou stanoveny dle vztahu 3.11, tak jak je počítá NKN II (v souladu s metodickou příručkou pro výpočet ENB [8]). U měsíční výpočetní metody jsou dynamické vlivy zahrnuty faktorem využitelnosti tepelných zisků (rov 3.13). Jednoduše řečeno se jedná o účinnost využití vnitřních zisků. Zatímco v zimních měsících s průměrnou teplotou pod 0 °C se předpokládá téměř 100% využití, v období s vyšší teplotou nevyužijeme vnitřní zisky v celé míře. Vstupní hodnoty, jenž se mění v průběhu roku, uvádí tab. 6.3.

Tab. 6.3 - Měsíční vstupní hodnoty pro model bungalovu č. 1

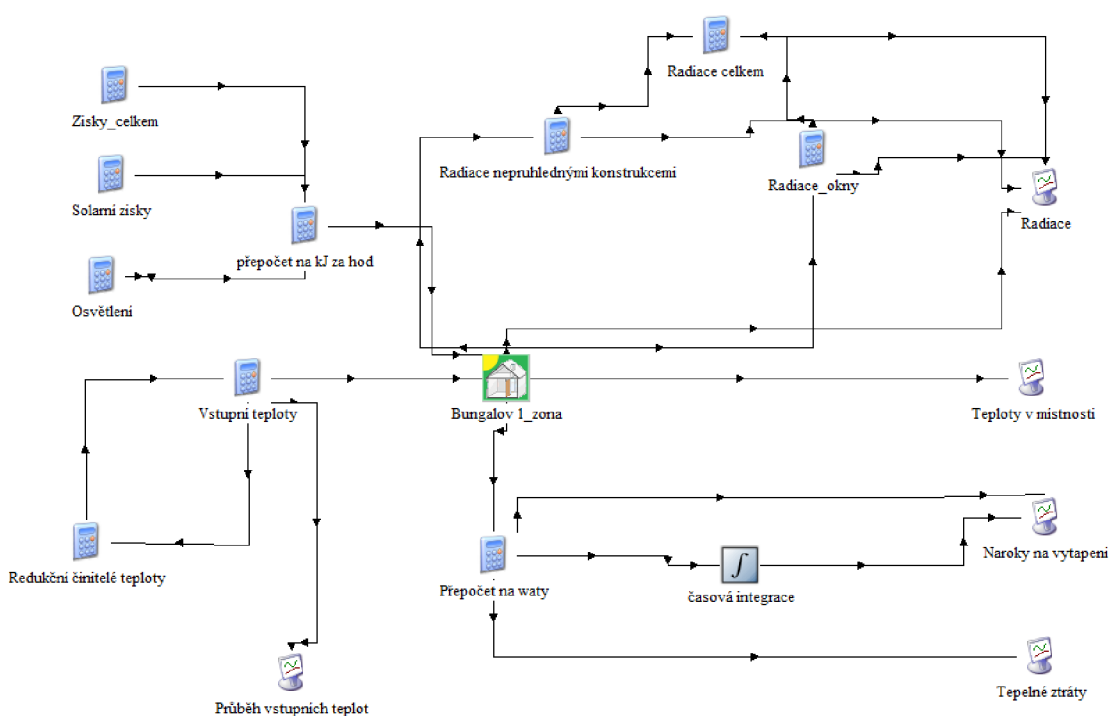
| | | Ledén | Únor | Březen | Duben | Květen | Červen | Červenec | Srpen | Září | Říjen | Listopad | Prosinec |
|-----------------------------|-----|-------|-------|--------|-------|--------|--------|----------|-------|-------|-------|----------|----------|
| Počet dnů | Den | 744 | 672 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 |
| Teplota ven. | °C | -1,3 | -0,1 | 3,7 | 8,1 | 13,3 | 16,1 | 18 | 17,9 | 13,5 | 8,3 | 3,2 | 0,5 |
| Osvětlení | W | 40,1 | 33 | 27,4 | 22,4 | 18,5 | 17,2 | 17,2 | 18,5 | 23 | 27,2 | 32,7 | 39,6 |
| Solár. zisky | W | 229,1 | 400,1 | 568,3 | 761,8 | 803,5 | 786,2 | 750,3 | 817,3 | 632,9 | 531,4 | 311,2 | 191,3 |
| Stupeň využit. tepel. zisků | - | 1,00 | 1,00 | 0,99 | 0,95 | 0,77 | 0,52 | 0,29 | 0,28 | 0,83 | 0,98 | 1,00 | 1,00 |

Model budovy

Pro výpočet je použit multizonální typ budovy 56 b, který umožňuje podrobné definování vlastností simulovaného objektu. Tepelně technické vlastnosti obálky budovy vychází z tab. 4.3, neuvažujeme vliv tepelné akumulace. Celkový součinitel prostupu tepla U je nastaven tak, aby zahrnoval všechny mechanismy přestupu tepla a zároveň odpovídal U_w dle tab. 4.4.

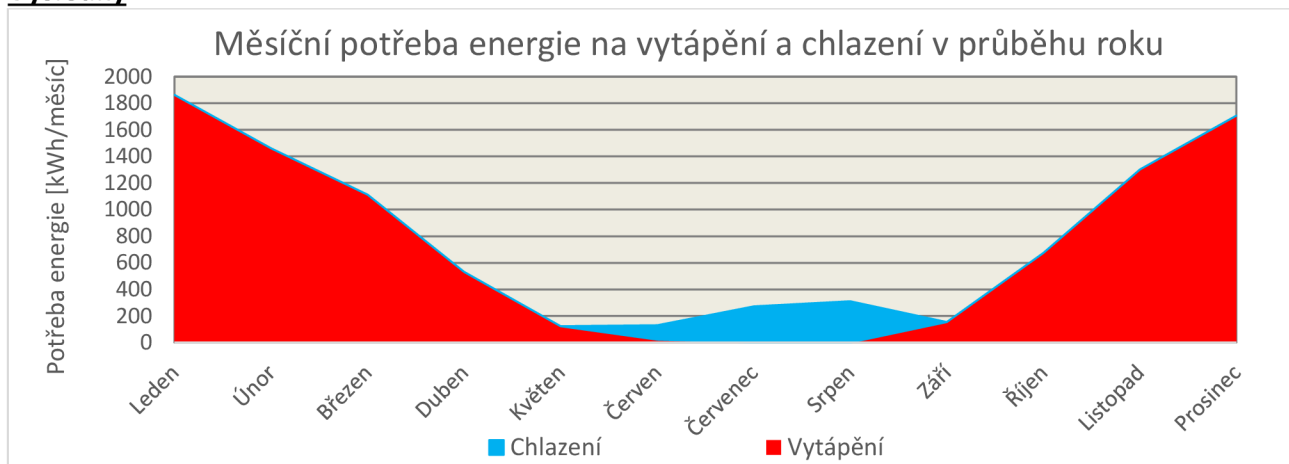
Výpočetní model

Na obr. 6.1 můžete vidět schéma výpočetního modelu. Vlevo jsou umístěny vstupy, konkrétně zde zadáváme venkovní teploty podle tab. 6.3 a redukční činitele teploty podle tab. 5.5. Uprostřed je zmiňovaný multizonální typ 56 b, ve kterém je nadefinován model budovy. V pravé části jsou výstupy.



Obr. 6.1 - Schéma výpočetního modelu bungalovu č. 1 v programu TRNSYS

Výsledky



Obr. 6.2 - Měsíční potřeba energie na vytápění a chlazení pro model bungalovu č. 1

Tab. 6.4 - Výsledky energetického chování modelu bungalovu č. 1

| Měsíc | Tepelná ztráta prostupem včetně radiace | Tepelná ztráta větráním (infiltrací) | Tepelná ztráta radiací | Potřebný dodávaný tepelný tok do místnosti | Potřeba energie na vytápění | Potřebný odebraný tepelný tok z místnosti | Potřeba energie na chlazení | Teplota v místnosti |
|----------|---|---|---------------------------|--|--------------------------------|---|--------------------------------|---------------------|
| | [W] | [W] | [W] | [kW] | [kWh] | [kW] | [kWh] | [°C] |
| Leden | 2406 | 536 | 40,74 | 2,502 | 1862 | 0 | 0 | 20 |
| Únor | 2270 | 506 | 38,88 | 2,174 | 1461 | 0 | 0 | 20 |
| Březen | 1841 | 410 | 32,67 | 1,493 | 1111 | 0 | 0 | 20 |
| Duben | 1344 | 299 | 24,83 | 0,741 | 533 | 0 | 0 | 20 |
| Květen | 757 | 169 | 14,63 | 0,166 | 123 | 0 | 0 | 20,5 |
| Červen | 440 | 98 | 8,73 | 0,028 | 21 | 0,15 | 108 | 22 |
| Červenec | 226 | 50 | 4,5 | 0 | 0 | 0,377 | 271 | 22 |
| Srpen | 237 | 53 | 4,8 | 0 | 0 | 0,431 | 310 | 22 |
| Září | 734 | 164 | 14,23 | 0,215 | 155 | 0 | 0 | 20 |
| Říjen | 1321 | 294 | 24,46 | 0,906 | 674 | 0 | 0 | 20 |
| Listopad | 1897 | 423 | 33,52 | 1,808 | 1302 | 0 | 0 | 20 |
| Prosinec | 2202 | 490 | 37,94 | 2,293 | 1706 | 0 | 0 | 20 |

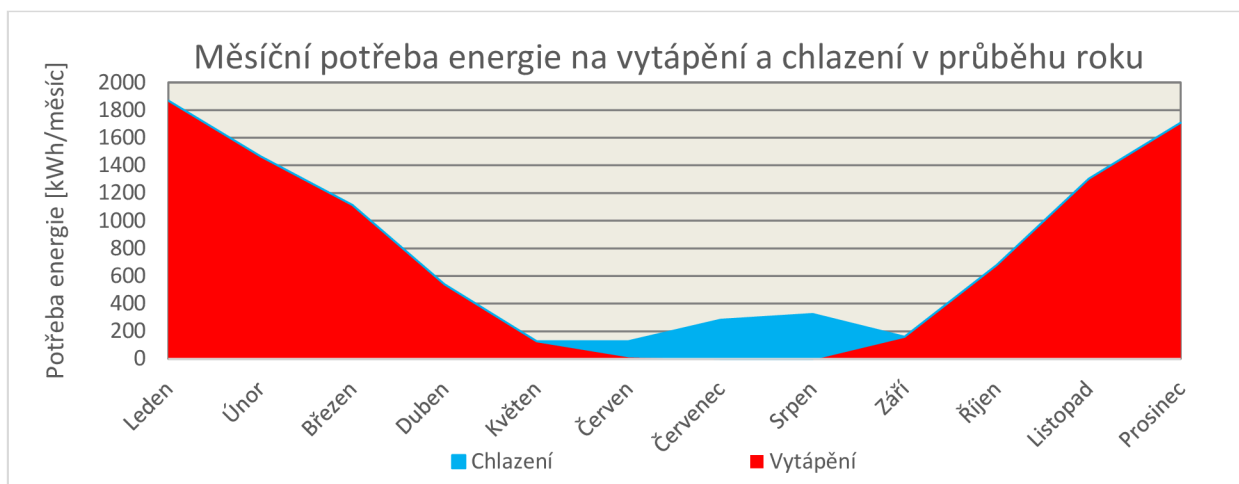
Pro projektanta vytápění je důležitá celková tepelná ztráta objektu. Ta se počítá pro návrhovou vnější teplotu charakteristickou pro danou oblast umístění objektu, v tomto případě -15 °C . Výsledky spolu s podíly jednotlivých mechanismů tepelných ztrát jsou uvedeny v tab. 6.5.

Tab. 6.5 - Celková návrhová tepelná ztráta objektu v modelu č. 1

| Návrhová teplota dle umístění objektu | Celk. návrhová tepelná ztráta | Ztráta větráním | Prostup včetně radiace | Radiace okny | Radiace stěnami |
|--|----------------------------------|--------------------|---------------------------|-----------------|--------------------|
| $T = -15\text{ °C}$ | 4,835 kW | 880 W | 3995 W | 0,1 W | 57,5 W |

6.1.2 Výpočetní model bungalovu č. 2

Hlavní odlišností od předchozího modelu č. 1 je, že nyní uvažujeme $U = U_w$ dle tab 4.4, jako součinitele prostupu tepla, který postihuje jen kondukcii a konvekci. Velikost tepelných úniků radiací závisí na dalších vstupních parametrech a jsou tedy dopočítávány. Zde už se pomalu ukazuje smysl simulačního nástroje. Další odlišností je, že počítáme s tepelnou akumulací ve hmotě objektu.

Výsledky

Obr. 6.3 - Měsíční potřeba energie na vytápění a chlazení pro model č. 2

Tab. 6.6 - Výsledky energetického chování bungalovu pro model č. 2

| Měsíc | Tepelná ztráta prostupem včetně radiace | Tepelná ztráta větráním (infiltrací) | Tepelná ztráta radiací | Potřebný dodávaný tepelný tok do místnosti | Potřeba energie na vytápění | Potřebný odebraný tepelný tok z místnosti | Potřeba energie na chlazení | Teplota v místnosti |
|----------|---|---|------------------------|---|--------------------------------|--|--------------------------------|---------------------|
| | [W] | [W] | [W] | [kW] | [kWh] | [kW] | [kWh] | [°C] |
| Leden | 2414 | 536 | 145 | 2,52 | 1868 | 0 | 0 | 20 |
| Únor | 2275 | 506 | 137 | 2,18 | 1466 | 0 | 0 | 20 |
| Březen | 1843 | 410 | 110 | 1,5 | 1113 | 0 | 0 | 20 |
| Duben | 1348 | 299 | 83 | 0,75 | 539 | 0 | 0 | 20 |
| Květen | 757 | 169 | 49 | 0,173 | 128 | 0 | 0 | 20,5 |
| Červen | 438 | 98 | 29 | 0,03 | 18 | 0,152 | 109 | 22 |
| Červenec | 221 | 50 | 15 | 0 | 0 | 0,381 | 283 | 22 |
| Srpen | 232 | 53 | 16 | 0 | 0 | 0,435 | 324 | 22 |
| Září | 734 | 164 | 48 | 0,221 | 159 | 0 | 0 | 20 |
| Říjen | 1325 | 294 | 81 | 0,912 | 678 | 0 | 0 | 20 |
| Listopad | 1899 | 423 | 114 | 1,81 | 1303 | 0 | 0 | 20 |
| Prosinec | 2206 | 490 | 133 | 2,3 | 1709 | 0 | 0 | 20 |

Tab. 6.7 - Celková návrhová tepelná ztráta objektu v modelu č. 2

| Návrhová teplota dle umístění objektu | Celk. návrhová tepelná ztráta | Ztráta větráním | Prostup včetně radiace | Radiace okny | Radiace stěnami |
|--|----------------------------------|--------------------|---------------------------|-----------------|--------------------|
| T = -15 °C | 5 kW | 880 W | 4125 W | 165,8 W | 57,3 W |

6.1.3 Výpočetní model bungalovu č. 3 - vliv podrobných klimatických údajů

Snahou této simulace bylo určit vliv použití podrobných (hodinových) klimatických údajů na konečné výsledky energetických potřeb vytápění a chlazení. A dále zjistit, jak se mohou tyto výsledky lišit v závislosti na umístění objektu v rámci ČR.

Vstupní parametry

Roční klimatická data platná pro obec Suchý jsou vygenerována pomocí programu Meteonorm. Pro další výpočty jsou přímo použita naměřená data z meteorologických stanic v Brně, Praze a Liberci.

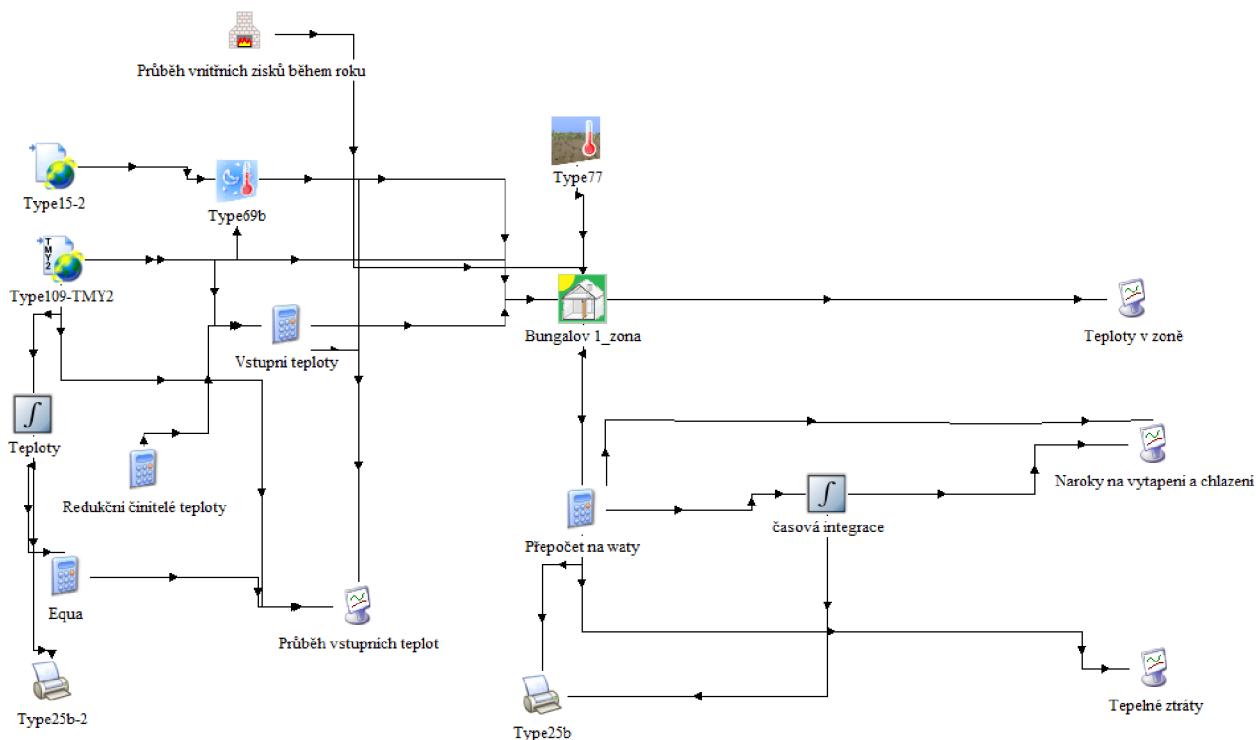
Vnitřní zisky od osob, osvětlení a vybavení jsou stejné jako u předchozích modelů. Protože používáme hodinové vstupy, uvažujeme 100% účinnost využití tepelných ztrát a zisků podle vztahů 3.13 a 3.19.

Model budovy

Model budovy je stejný jako v předchozím případě.

Výpočetní model

Výpočetní model se od předchozího liší v tom, že jsou použity vstupy pro klimatická data, konkrétně typ 15-2 a typ 109, dále se vnitřní zisky mění automaticky v závislosti na měsíci, tak abychom mohli simulovat průběh pro celý rok (obr. 6.4).



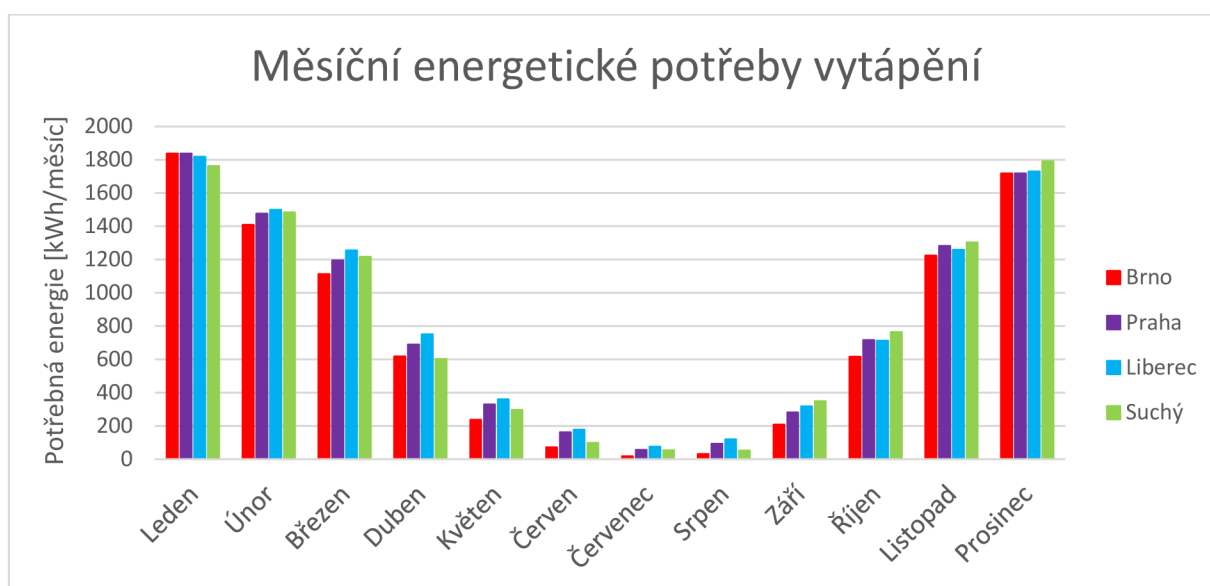
Obr. 6.4 – Schéma výpočetního modelu bungalovu č. 3 v programu TRNSYS

Výsledky

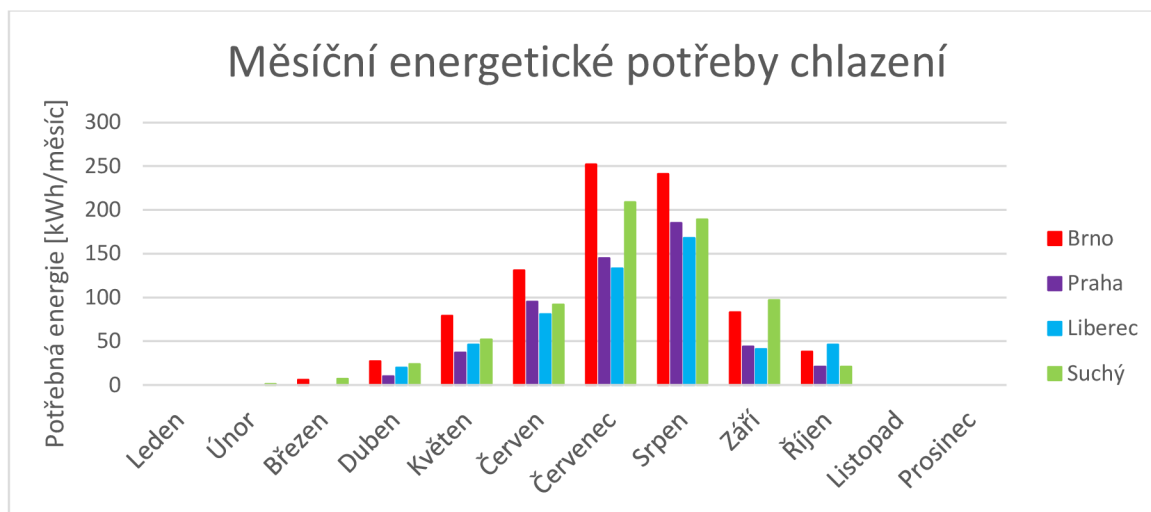
Vedle energetických potřeb vytápění a chlazení vyhodnocujeme i solární zisky, abychom mohli určit podíl vlivu rozdílné teploty a slunečního záření na konečné výsledky.

Tab. 6.8 - Výsledné solární zisky a energetické potřeby na vytápění a chlazení pro model č. 3

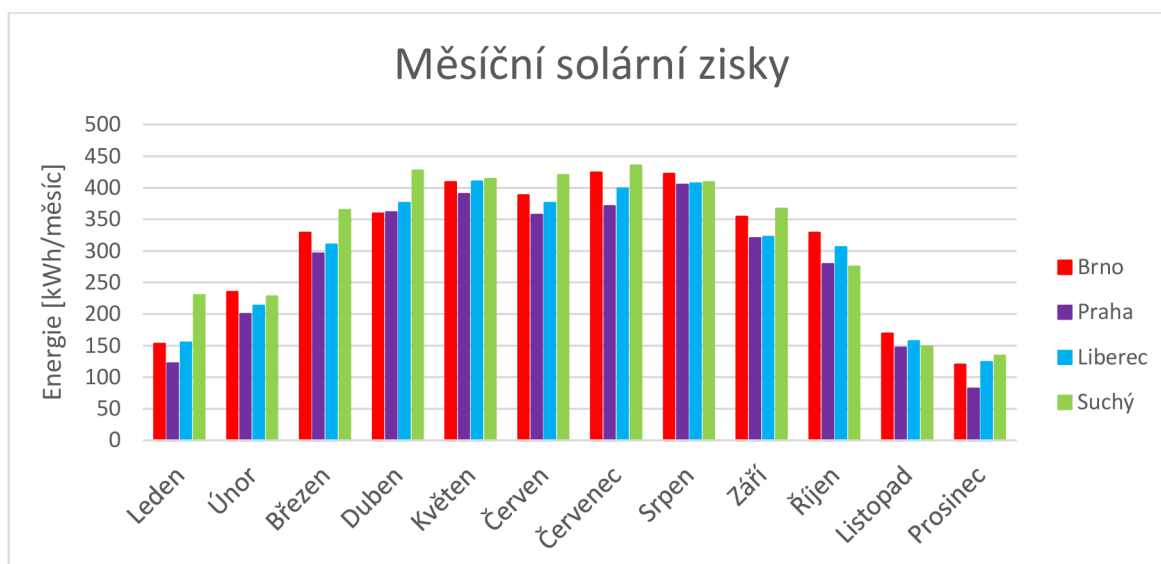
| Měsíc | Brno | | | Praha | | | Liberec | | | Suchý | | |
|----------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------|
| | Potřeba energie na vytápění [kWh] | Potřeba energie na chlazení [kWh] | Solární zisky [kWh] | Potřeba energie na vytápění [kWh] | Potřeba energie na chlazení [kWh] | Solární zisky [kWh] | Potřeba energie na vytápění [kWh] | Potřeba energie na chlazení [kWh] | Solární zisky [kWh] | Potřeba energie na vytápění [kWh] | Potřeba energie na chlazení [kWh] | Solární zisky [kWh] |
| Leden | 1835 | 0 | 153 | 1836 | 0 | 122 | 1817 | 0 | 155 | 1760 | 0 | 230 |
| Únor | 1408 | 0 | 235 | 1475 | 0 | 200 | 1497 | 0 | 213 | 1483 | 0 | 228 |
| Březen | 1110 | 6 | 329 | 1194 | 0 | 296 | 1253 | 0 | 310 | 1215 | 0 | 365 |
| Duben | 616 | 27 | 359 | 688 | 10 | 361 | 750 | 20 | 376 | 601 | 24 | 427 |
| Květen | 237 | 79 | 409 | 329 | 37 | 390 | 360 | 46 | 410 | 295 | 52 | 414 |
| Červen | 71 | 131 | 388 | 161 | 95 | 357 | 176 | 81 | 376 | 97 | 92 | 420 |
| Červenec | 17 | 252 | 424 | 56 | 145 | 371 | 75 | 133 | 399 | 53 | 209 | 435 |
| Srpen | 31 | 241 | 422 | 92 | 185 | 405 | 119 | 168 | 407 | 52 | 189 | 409 |
| Září | 208 | 83 | 354 | 281 | 44 | 320 | 316 | 41 | 322 | 348 | 97 | 367 |
| Říjen | 614 | 38 | 329 | 714 | 21 | 279 | 711 | 46 | 306 | 763 | 21 | 275 |
| Listopad | 1223 | 0 | 169 | 1280 | 0 | 147 | 1258 | 0 | 157 | 1302 | 0 | 149 |
| Prosinec | 1717 | 0 | 120 | 1717 | 0 | 82 | 1729 | 0 | 124 | 1790 | 0 | 134 |
| Celkem | 9087 | 857 | 3691 | 9823 | 537 | 3330 | 10061 | 535 | 3555 | 9759 | 684 | 3853 |



Obr. 6.5 - Měsíční potřeby energie na vytápění pro jednotlivé lokality v modelu č. 3



Obr. 6.6 - Měsíční potřeby energie na chlazení pro jednotlivé lokality v modelu č. 3



Obr. 6.7 - Zázornění solárních zisků pro jednotlivé lokality u modelu č. 3

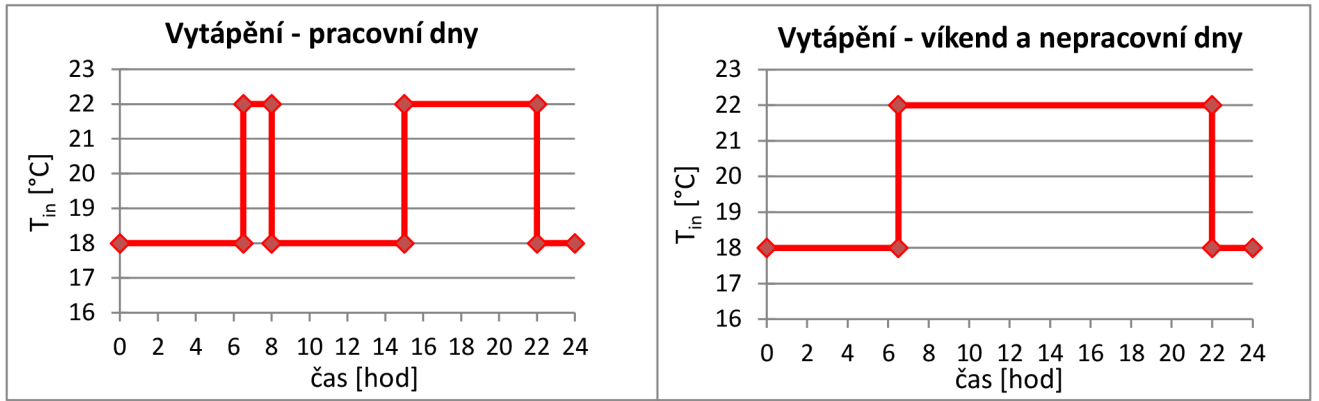
6.1.4 Výpočetní model bungalovu č. 4 s definovaným užíváním zóny

V předchozích výpočetních modelech byly veličiny charakterizující zónu převzaty z TNI 73031, a tudíž byly uvažovány jako konstantní. Nyní budeme tyto parametry považovat za proměnné v čase, v závislosti na předpokládanému provozu budovy.

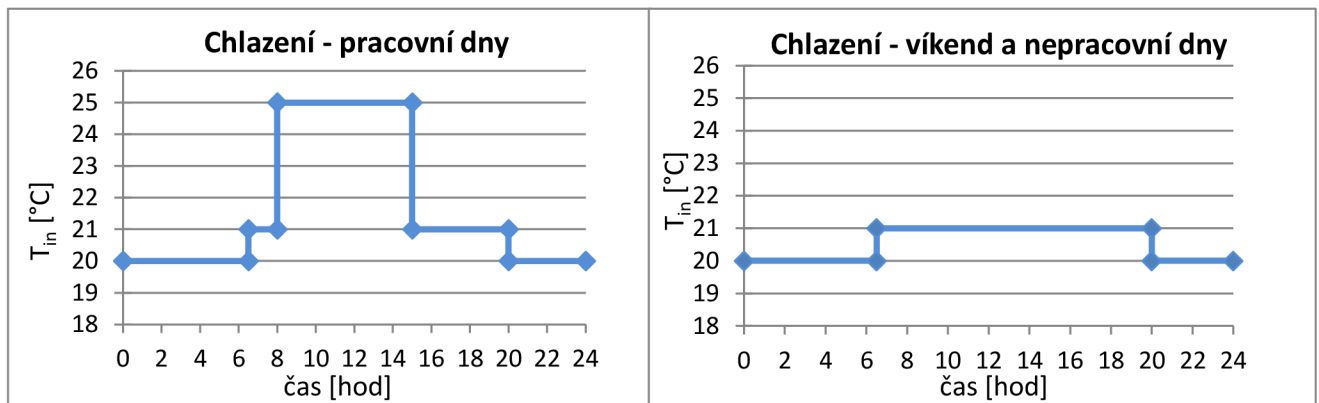
Smyslem této simulace je určit vliv této změny na výslednou potřebu energie na vytápění a chlazení.

Vstupní parametry

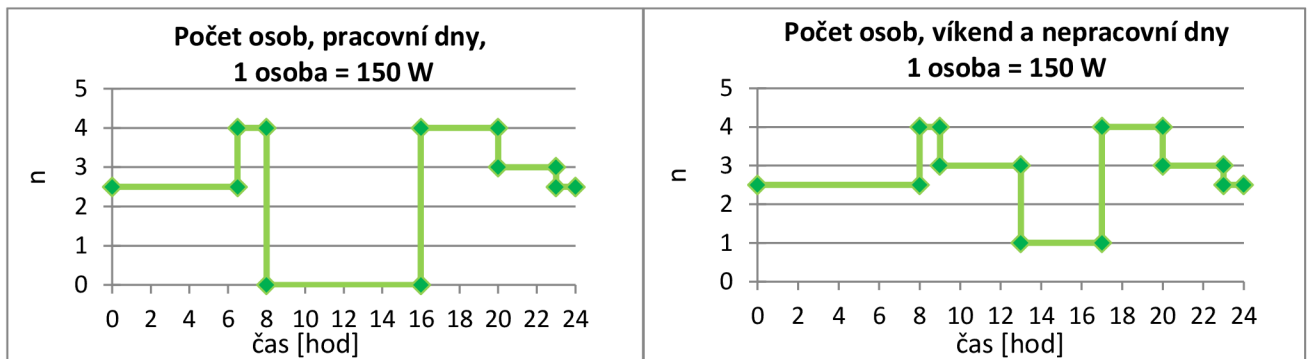
Klimatická data jsou stejná jak u modelu č. 3 (kap. 6.1.3) Vnitřní zisky od osob, osvětlení a vybavení včetně vnitřní minimální a maximální teploty se řídí pomocí tzv. řídicích profilů, které jsou sestaveny vzhledem k předpokládanému užívání zóny pro pracovní i nepracovní dny (víkendy a svátky). Konkrétní počet a pořadí těchto dnů bylo zvoleno pro rok 2012.



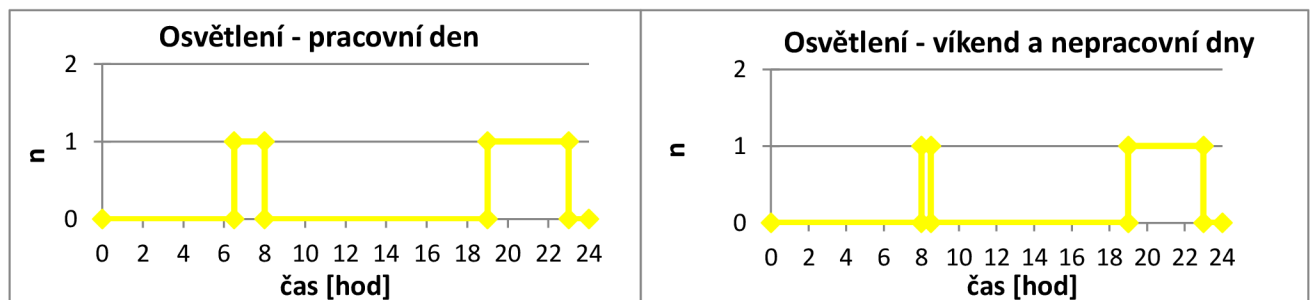
Obr. 6.8 - Řídicí profily vytápění zóny pro pracovní a nepracovní dny



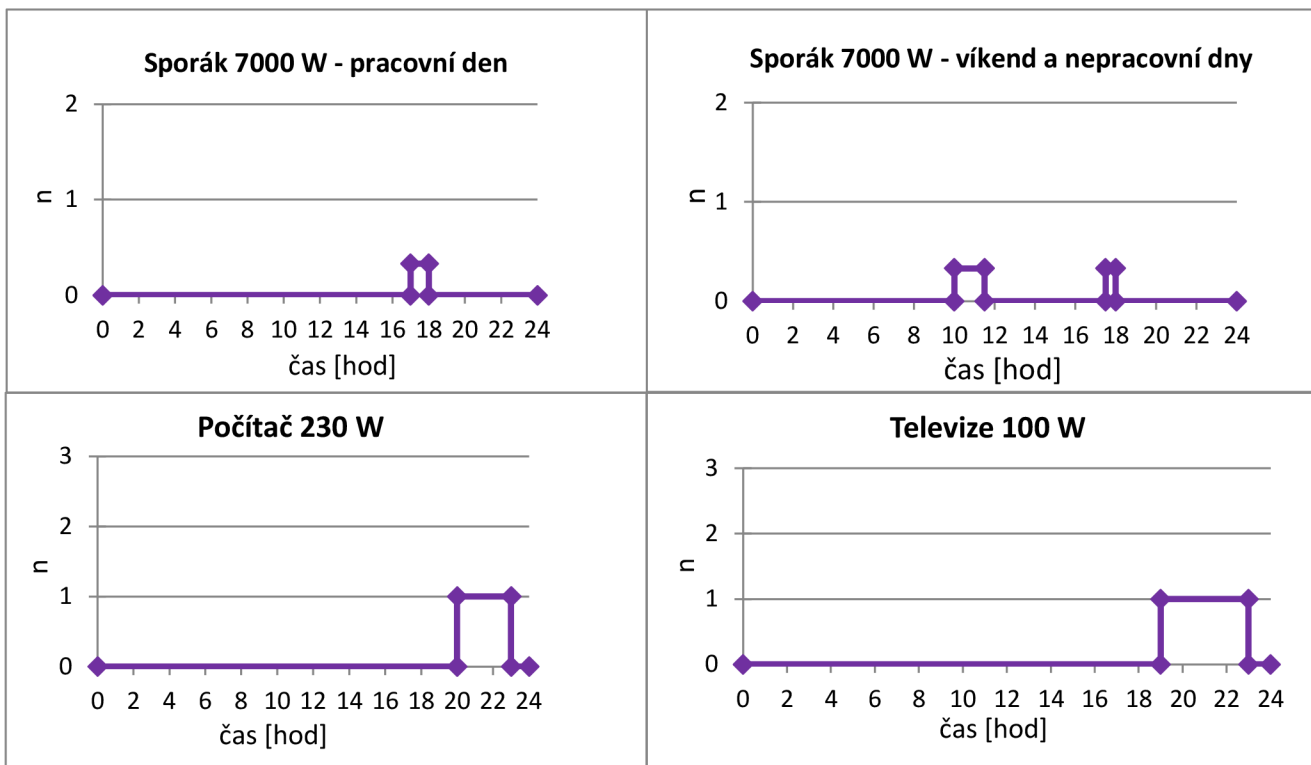
Obr. 6.9 - Řídicí profily chlazení zóny pro pracovní a nepracovní dny



Obr. 6.10 - Řídicí profily výskytu osob v zóně pro pracovní a nepracovní dny



Obr. 6.11 - Řídicí profily pro osvětlení v zóně pro pracovní a nepracovní dny



Obr. 6.12 - Řídící profily pro elektrospotřebiče

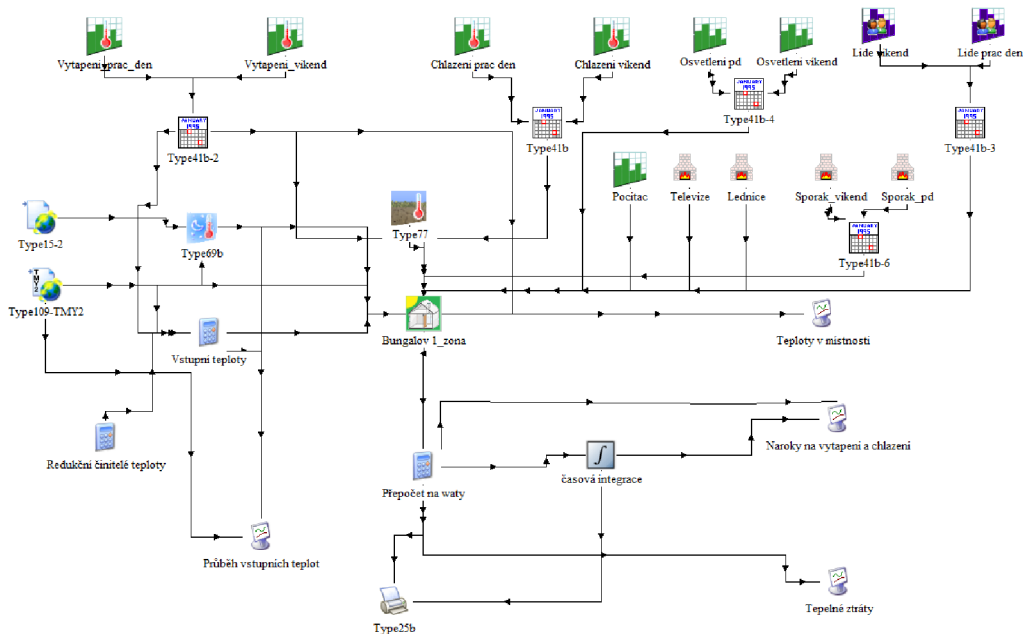
Dalším uvažovaným spotřebičem je lednice, u které je předpokládán konstantní tepelný tok do zóny 25 W. U sporáku uvažujeme tepelný zisk 1/3 z výkonu.

Model budovy

Model budovy je stejný jako v předchozích případech.

Výpočetní model

Přibily nové vstupy pro definování užívání zóny, viz řídicí profily.



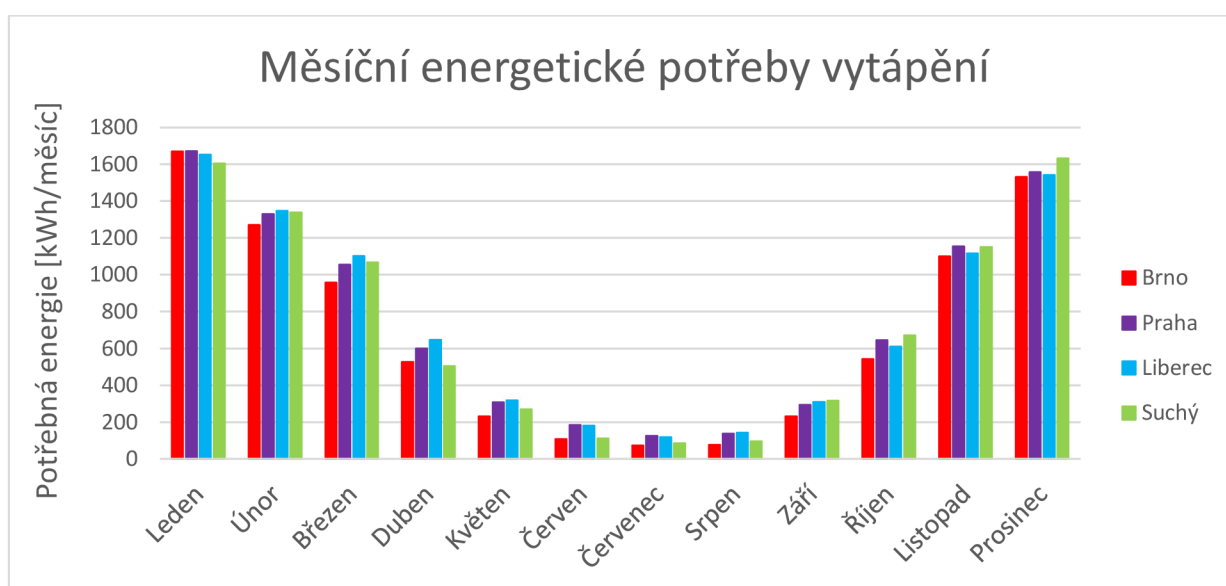
Obr. 6.13 – Schéma výpočetního modelu bungalovu č. 4 v programu TRNSYS

Výsledky

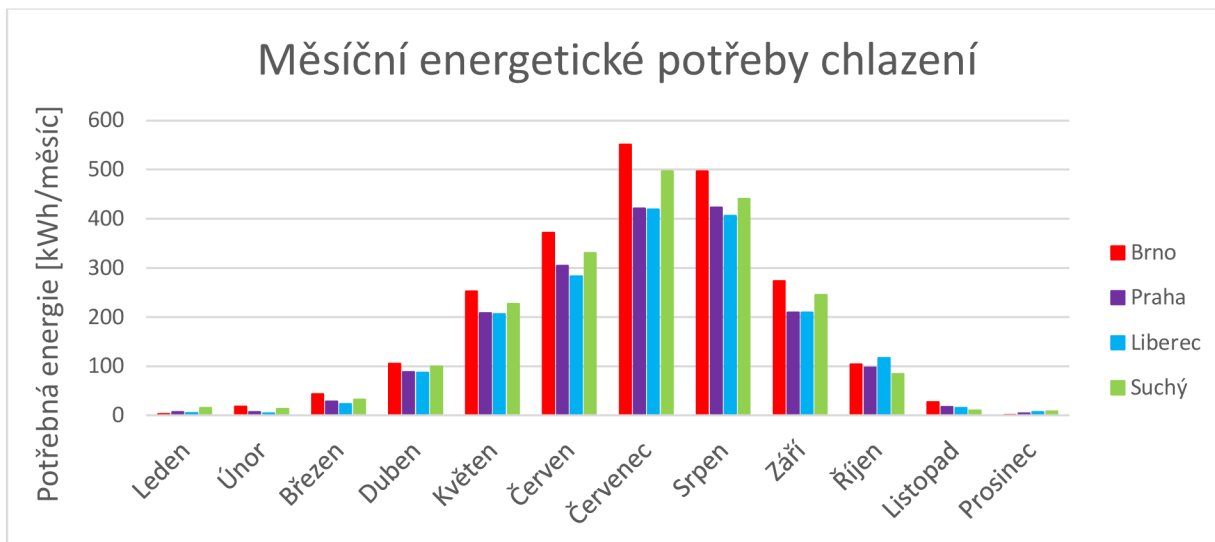
Protože používáme stejná klimatická data a totožný model budovy, solární zisky vychází stejně jako u modelu č. 3 (kap. 6.1.3). Jejich grafické znázornění můžete vidět na obr. 6.7.

Tab. 6.9 - Výsledné solární zisky a energetické potřeby na vytápění a chlazení pro model č. 4

| Měsíc | Brno | | | Praha | | | Liberec | | | Suchý | | |
|---------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------|
| | Potřeba energie na vytápění [kWh] | Potřeba energie na chlazení [kWh] | Solární zisky [kWh] | Potřeba energie na vytápění [kWh] | Potřeba energie na chlazení [kWh] | Solární zisky [kWh] | Potřeba energie na vytápění [kWh] | Potřeba energie na chlazení [kWh] | Solární zisky [kWh] | Potřeba energie na vytápění [kWh] | Potřeba energie na chlazení [kWh] | Solární zisky [kWh] |
| Leden | 1670 | 0 | 153 | 1671 | 0 | 122 | 1651 | 0 | 155 | 1603 | 0 | 230 |
| Únor | 1269 | 18 | 235 | 1328 | 0 | 200 | 1347 | 0 | 213 | 1337 | 0 | 228 |
| Březen | 957 | 43 | 329 | 1054 | 28 | 296 | 1102 | 23 | 310 | 1066 | 32 | 365 |
| Duben | 527 | 105 | 359 | 599 | 88 | 361 | 646 | 87 | 376 | 503 | 99 | 427 |
| Květen | 232 | 252 | 409 | 308 | 208 | 390 | 318 | 206 | 410 | 269 | 227 | 414 |
| Červen | 108 | 371 | 388 | 185 | 304 | 357 | 180 | 283 | 376 | 111 | 330 | 420 |
| Červenec | 74 | 551 | 424 | 125 | 421 | 371 | 119 | 419 | 399 | 86 | 496 | 435 |
| Srpen | 77 | 496 | 422 | 137 | 423 | 405 | 143 | 406 | 407 | 96 | 440 | 409 |
| Září | 231 | 273 | 354 | 294 | 209 | 320 | 310 | 209 | 322 | 316 | 245 | 367 |
| Říjen | 542 | 104 | 329 | 645 | 97 | 279 | 610 | 117 | 306 | 671 | 84 | 275 |
| Listopad | 1100 | 27 | 169 | 1154 | 17 | 147 | 1115 | 15 | 157 | 1150 | 0 | 149 |
| Prosinec | 1531 | 0 | 120 | 1556 | 0 | 82 | 1540 | 0 | 124 | 1631 | 0 | 134 |
| Celkem | 8318 | 2240 | 3691 | 9056 | 1795 | 3330 | 9081 | 1765 | 3555 | 8839 | 1953 | 3853 |



Obr. 6.14 - Měsíční potřeby energie na vytápění pro jednotlivé lokality v modelu č. 4



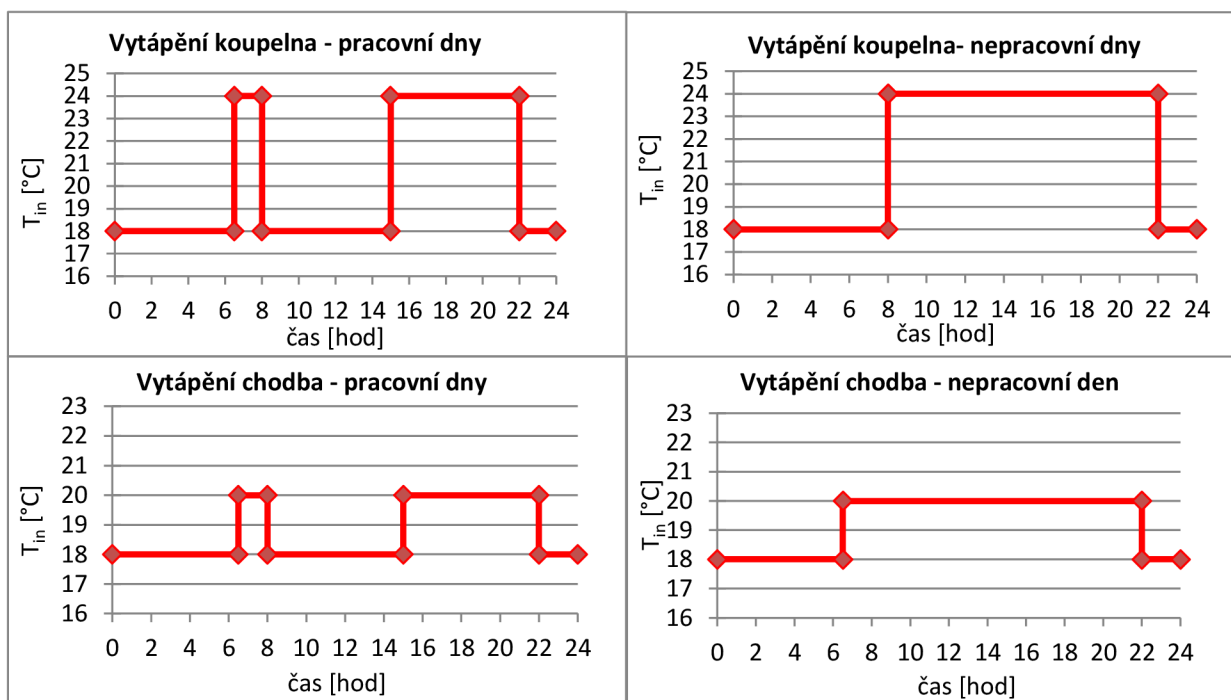
Obr. 6.15 - Měsíční potřeby energie na chlazení pro jednotlivé lokality v modelu č. 4

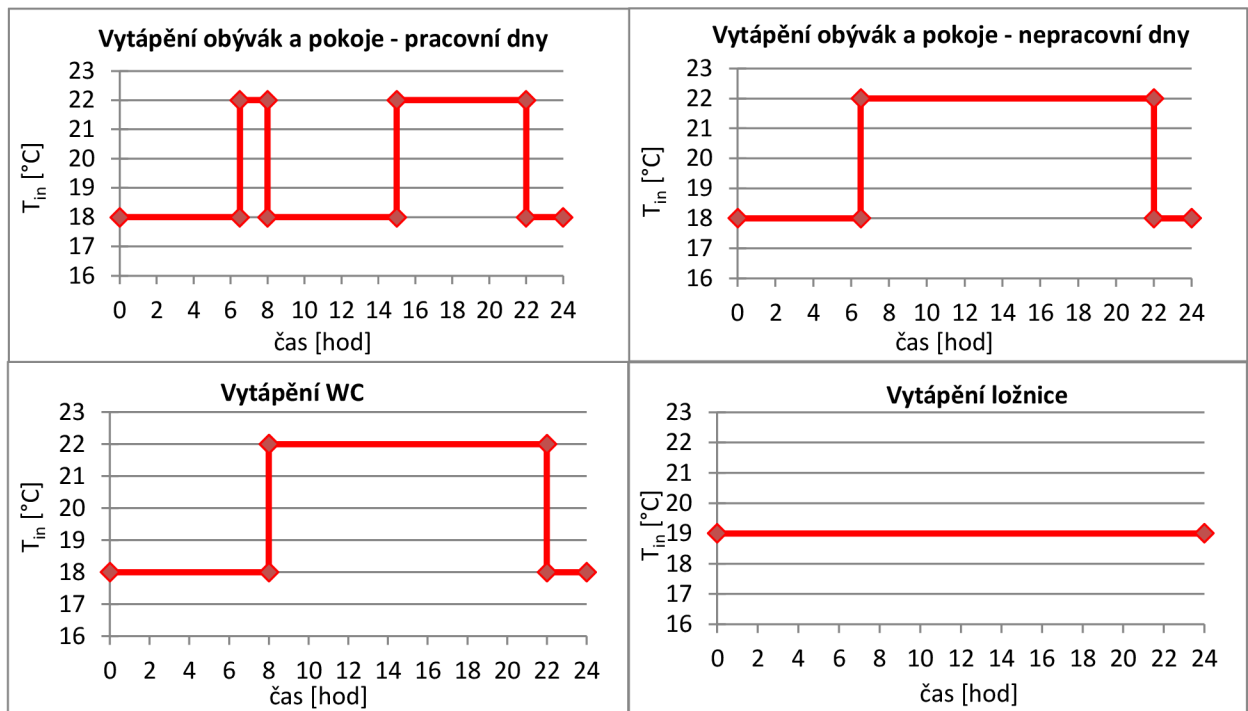
6.1.5 Vícezónový výpočetní model bungalovu (č. 5)

Vytváříme dynamickou simulaci s hodinovými vstupy a podrobným modelem budovy, kdy každá místnost představuje jednu zónu se specifickým charakterem užívání, teplotou a vnitřními zisky. Snahou je se co nejlíže přiblížit realitě.

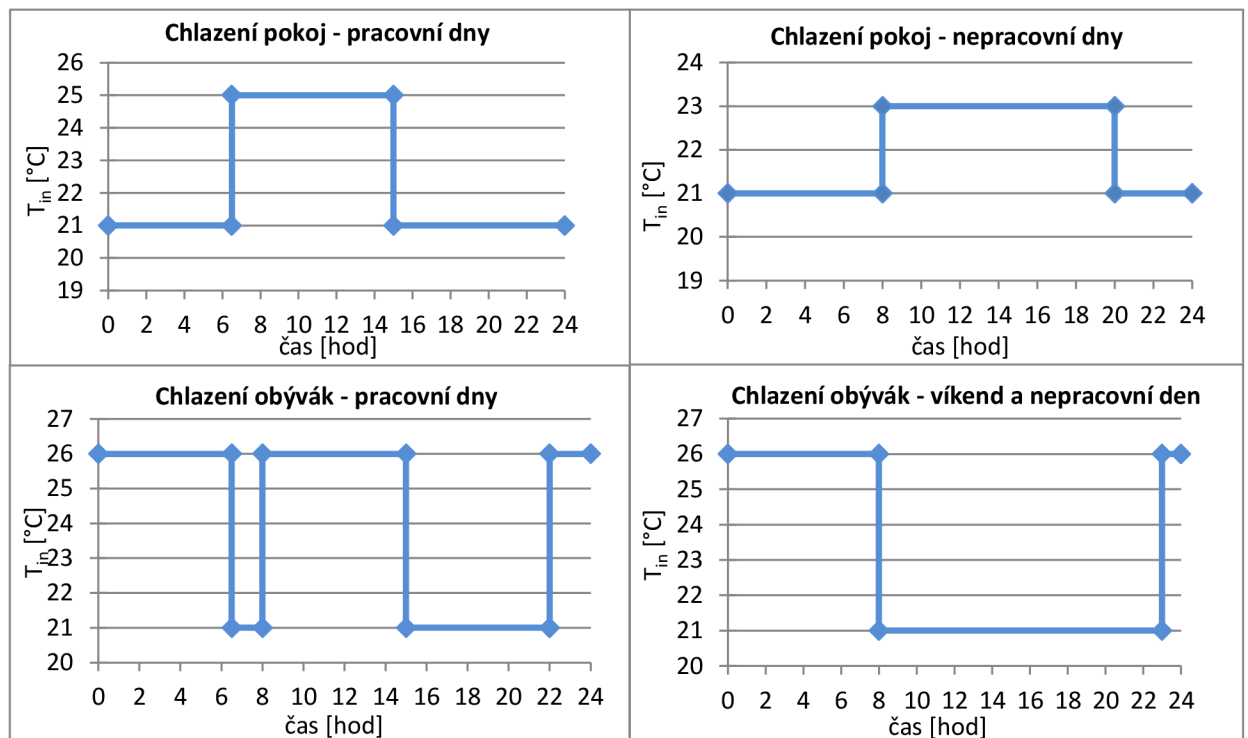
Vstupní parametry

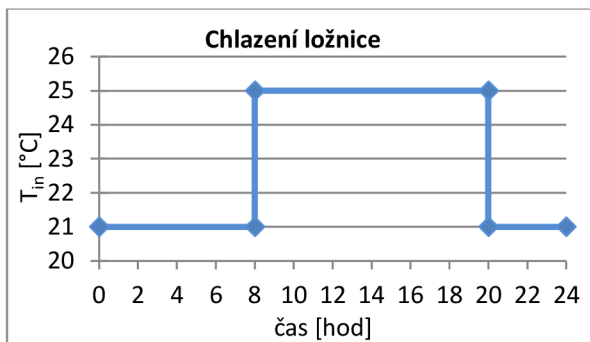
Klimatická data jsou shodná jako u modelů č. 3 a č. 4 (kap. 6.1.3 a 6.1.4). Vnitřní zisky od osob, osvětlení a vybavení včetně vnitřní minimální a maximální teploty jsou pro každou místnost specifikovány řídicími profily, obdobně jak bylo stanoveno v kapitole 6.1.4 pro celou zónu.



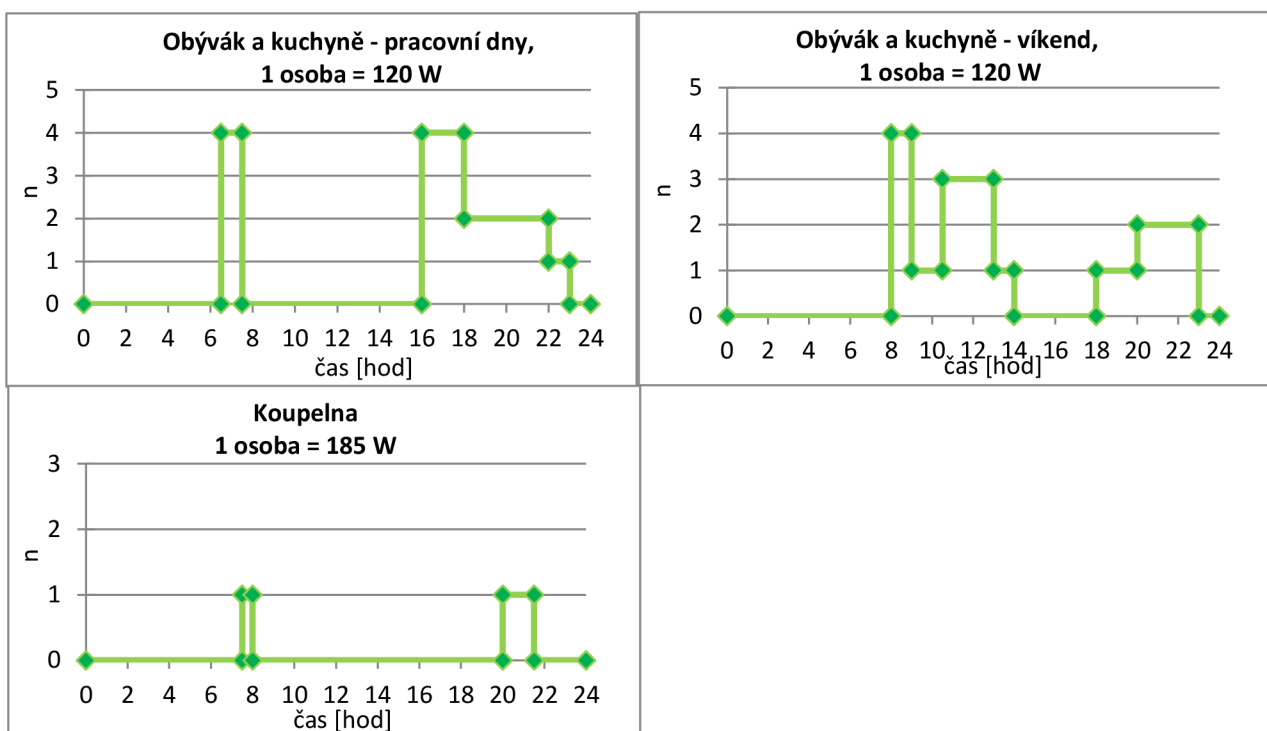


Obr. 6.16 - Řídicí profily vytápění jednotlivých místností





Obr. 6.17 - Řídicí profily chlazení jednotlivých místností pro pracovní a nepracovní dny



Obr. 6.18 - Řídicí profily určující počet osob v místnostech pro pracovní a nepracovní dny

Zapínání a vypínání osvětlení v jednotlivých místnostech udává tab. 6.10. Celkové tepelné zisky z osvětlení jsou nastaveny na 10 W/m^2 , z toho 40 % je konvektivní podíl.

Tab. 6.10 - Osvětlení jednotlivých místností bungalovu v modelu č. 5

| Místnost | typ dne | Ráno | | Večer | |
|----------|-----------------------|------|------|-------|-------|
| | | od | do | od | do |
| ložnice | pracovní | 6:00 | 6:30 | 22:00 | 22:30 |
| | nepracovní | - | - | 23:30 | 0:00 |
| pokoj | pracovní | 6:00 | 6:30 | 21:00 | 22:00 |
| | nepracovní | 8:30 | 9:00 | 23:30 | 0:00 |
| pracovna | pracovní | - | - | 19:00 | 22:00 |
| | nepracovní | - | - | 21:00 | 22:00 |
| obývací | pracovní | - | - | 20:00 | 22:00 |
| | nepracovní | - | - | 20:00 | 23:00 |
| koupelna | pracovní i nepracovní | 7:30 | 8:30 | 20:00 | 21:30 |
| chodba | pracovní i nepracovní | 6:30 | 8:00 | 18:00 | 21:30 |

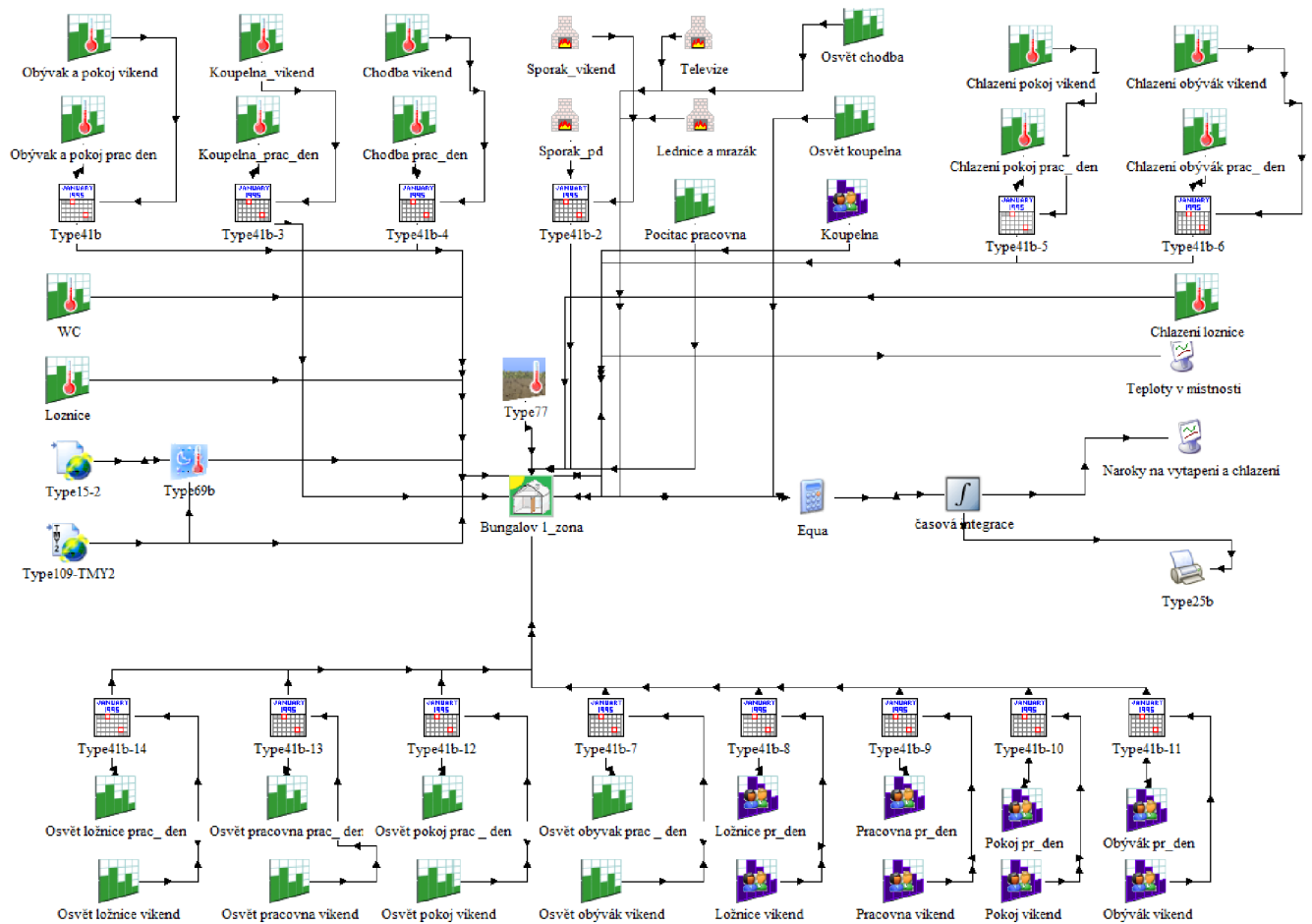
Teplné zisky od spotřebičů jsou totožné jako u modelu č. 4 (kap. 6.1.4) s tím, že sporák, lednice a televize jsou umístěny v kuchyni, která je spojená s obývacím. Počítač se nachází v pracovně.

Model budovy

Je použit multizonální typ budovy 56 b. Každá místnost včetně garáže a půdního prostoru je definována jako samostatná zóna a je uvažována jejich vzájemná interakce. Tím je myšleno vzájemné tepelné ovlivňování (výměna tepla prostupem mezi společnými vnitřními konstrukcemi a vzájemná výměna vzduchu). Z tohoto důvodu už není nutné přepočítávat teploty nevytápěných prostor přes činitele teploty, tak jako v minulých případech.

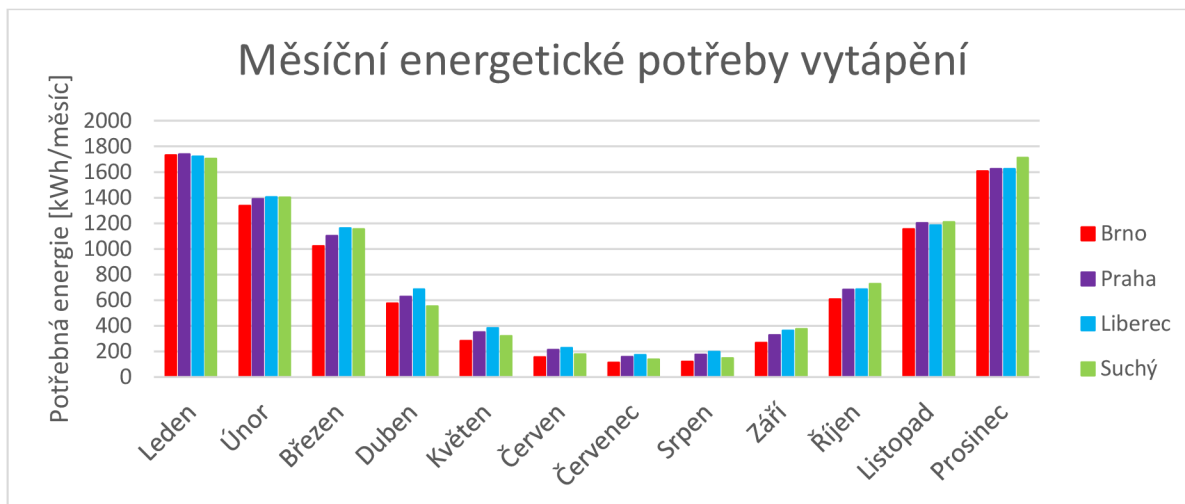
Výpočetní model

Výpočetní model zahrnuje vstupy pro veličiny charakterizující jednotlivé místnosti.

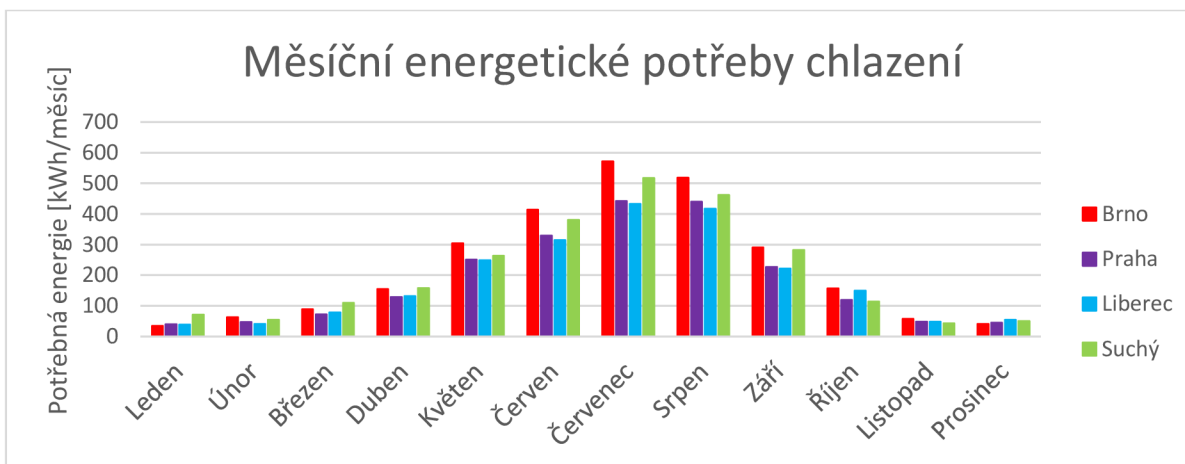


Obr. 6.19 – Schéma výpočetního modelu č. 5 v programu TRNSYS

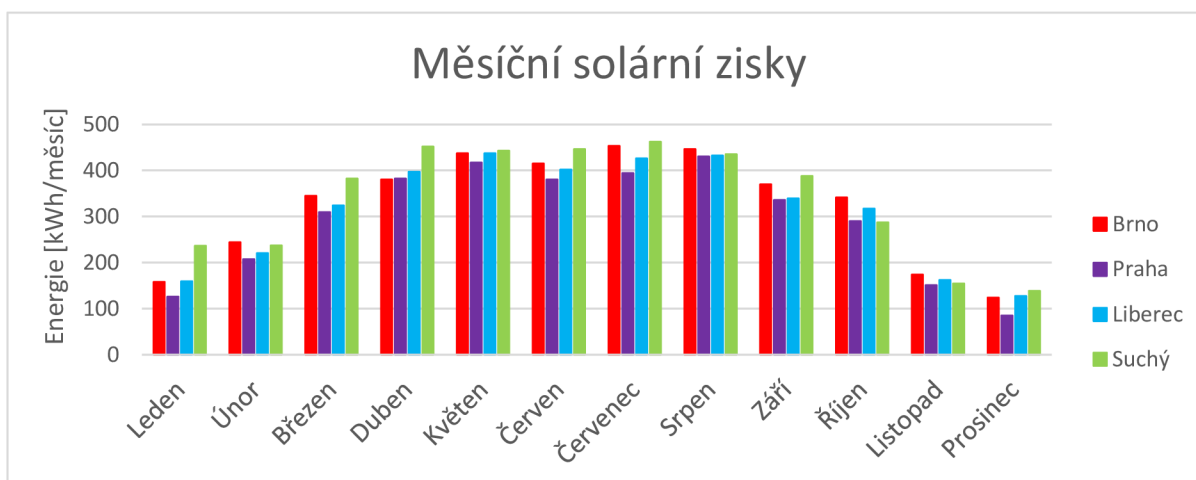
Výsledky



Obr. 6.20 - Měsíční potřeby energie na vytápění pro jednotlivé lokality v modelu č.5



Obr. 6.21 - Měsíční potřeby energie na chlazení pro jednotlivé lokality v modelu č. 5



Obr. 6.22 - Znárodnění solárních zisků pro jednotlivé lokality u modelu č. 5

Tab. 6.11 - Výsledné solární zisky a energetické potřeby na vytápění a chlazení pro model č. 5

| Měsíc | Brno | | | Praha | | | Liberec | | | Suchý | | |
|----------|-----------------------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------|
| | Potřeba energie na vytápění | Potřeba energie na chlazení | Solární zisky | Potřeba energie na vytápění | Potřeba energie na chlazení | Solární zisky | Potřeba energie na vytápění | Potřeba energie na chlazení | Solární zisky | Potřeba energie na vytápění | Potřeba energie na chlazení | Solární zisky |
| | [kWh] | | | [kWh] | | | [kWh] | | | [kWh] | | |
| Leden | 1732 | 34 | 158 | 1738 | 40 | 126 | 1722 | 39 | 159 | 1703 | 71 | 236 |
| Únor | 1337 | 63 | 244 | 1388 | 47 | 207 | 1404 | 41 | 220 | 1401 | 54 | 237 |
| Březen | 1022 | 89 | 345 | 1102 | 72 | 309 | 1163 | 78 | 324 | 1154 | 110 | 382 |
| Duben | 574 | 155 | 380 | 628 | 128 | 382 | 684 | 132 | 397 | 553 | 158 | 452 |
| Květen | 283 | 304 | 437 | 350 | 251 | 417 | 384 | 249 | 437 | 320 | 263 | 443 |
| Červen | 155 | 414 | 415 | 212 | 329 | 380 | 229 | 314 | 402 | 178 | 380 | 446 |
| Červenec | 113 | 572 | 453 | 159 | 442 | 394 | 172 | 433 | 426 | 138 | 517 | 462 |
| Srpen | 120 | 518 | 446 | 175 | 440 | 430 | 198 | 417 | 432 | 148 | 462 | 435 |
| Září | 268 | 290 | 370 | 328 | 227 | 336 | 363 | 221 | 339 | 376 | 282 | 388 |
| Říjen | 608 | 157 | 341 | 683 | 119 | 290 | 685 | 149 | 317 | 728 | 114 | 287 |
| Listopad | 1154 | 57 | 174 | 1201 | 48 | 151 | 1185 | 48 | 162 | 1209 | 43 | 154 |
| Prosinec | 1607 | 41 | 124 | 1624 | 45 | 85 | 1625 | 54 | 127 | 1711 | 50 | 138 |
| Celkem | 8973 | 2694 | 3887 | 9588 | 2188 | 3507 | 9814 | 2175 | 3742 | 9619 | 2504 | 4060 |

6.2 Moderní novostavba RD

Postup při vytváření jednotlivých simulací modelů moderní novostavby RD (tab. 6.1) je analogický jako u bungalovu (kapitola 6.1) s použitím vstupních hodnot charakterizujících tuto budovu.

6.2.1 Výpočetní model novostavby RD č. 1 vycházející z metodiky výpočtu NKN II

Vstupní parametry

Vstupní parametry vycházejí z tab. 4.6 a z TNI 730331.

Tab. 6.12 - Vstupní hodnoty pro model novostavby RD č. 1

| | |
|--|-----------|
| provozní doba užívání zóny | 24 hod |
| provozní doba vytápění objektu | 24 hod |
| vnitřní výpočtová teplota pro režim vytápění | 20 °C |
| provozní doba chlazení objektu | 24 hod |
| vnitřní výpočtová teplota pro režim chlazení | 22 °C |
| minimální tok větracího vzduchu | 0,3 1/hod |
| tepelné zisky od osob | 131,25 W |
| tepelné zisky z vybavení | 75 W |

Vstupní hodnoty, jenž se mění v závislosti na měsíci, jsou uvedeny v tab. 6.13.

Tab. 6.13 - Měsíční vstupní hodnoty pro model novostavby RD č. 1

| | | Leden | Únor | Březen | Duben | Květen | Červen | Červenec | Srpen | Září | Říjen | Listopad | Prosinec |
|-----------------------------|-----|-------|-------|--------|--------|--------|--------|----------|--------|------|-------|----------|----------|
| Počet dnů | Den | 744 | 672 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 |
| Teplota ven. | °C | -1,3 | -0,1 | 3,7 | 8,1 | 13,3 | 16,1 | 18 | 17,9 | 13,5 | 8,3 | 3,2 | 0,5 |
| Osvětlení | W | 48,8 | 40,1 | 33,4 | 27,3 | 22,5 | 20,9 | 20,9 | 22,5 | 27,9 | 33,1 | 39,8 | 48,2 |
| Solár. zisky | W | 511,4 | 906,2 | 1334,6 | 1856,5 | 2034,2 | 2048,6 | 1939,7 | 1998,7 | 1505 | 1202 | 683 | 419 |
| Stupeň využit. tepel. zisků | - | 1,00 | 0,99 | 0,93 | 0,74 | 0,44 | 0,26 | 0,14 | 0,14 | 0,54 | 0,87 | 0,99 | 1,00 |

Model budovy

Tepelně technické vlastnosti obálky budovy vychází z tab. 4.6. Vliv tepelné akumulace neuvažujeme. Celkový součinitel prostupu tepla oken U je nastaven tak, aby zahrnoval všechny mechanismy přestupu tepla a zároveň odpovídal U_w dle tab. 4.7.

Výpočetní model

Výpočetní model je stejný jako v kapitole 6.1.1, viz obr. 6.1. Vstupní hodnoty vychází z tab. 6.12 a tab. 6.13. Redukční činitel teploty je nastaven podle tab. 5.18.

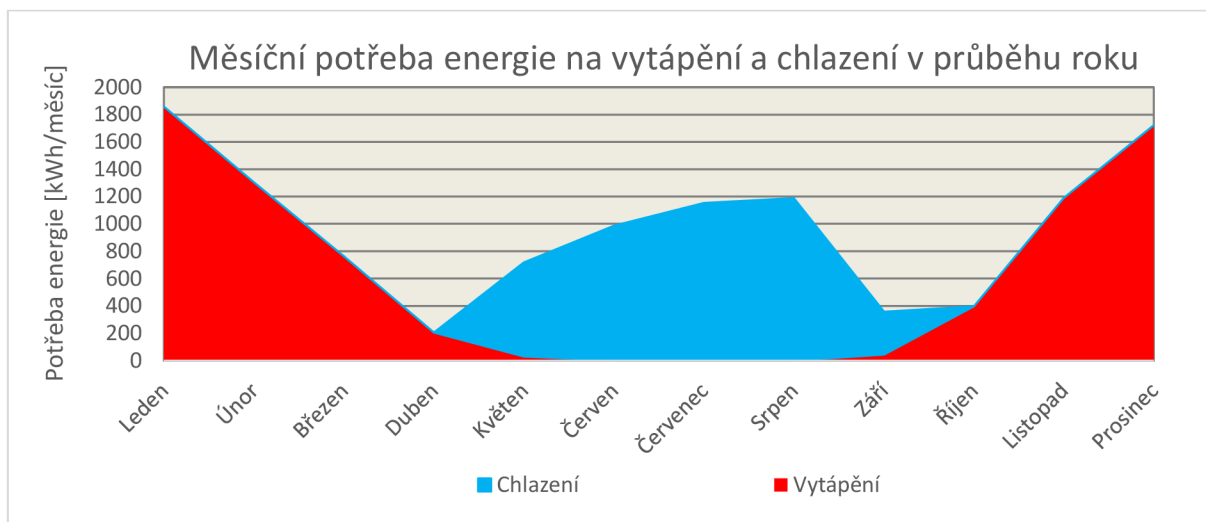
Výsledky

Tab. 6.14 - Výsledky energetického chování modelu moderní novostavby RD č. 1

| Měsíc | Tepelná ztráta prostupem včetně radiace | Tepelná ztráta větráním (infiltrací) | Tepelná ztráta radiací | Potřebný dodávaný tepelný tok do místnosti | Potřeba energie na vytápění | Potřebný odebraný tepelný tok z místnosti | Potřeba energie na chlazení | Teplota v místnosti |
|----------|---|---|---------------------------|--|--------------------------------|---|--------------------------------|---------------------|
| | [W] | [W] | [W] | [kW] | [kWh] | [kW] | [kWh] | [°C] |
| Leden | 2504 | 757 | 51 | 2,496 | 1858 | 0 | 0 | 20 |
| Únor | 2363 | 714 | 49 | 1,939 | 1304 | 0 | 0 | 20 |
| Březen | 1916 | 579 | 41 | 1,026 | 763 | 0 | 0 | 20 |
| Duben | 1399 | 423 | 31 | 0,284 | 205 | 0 | 0 | 21,7 |
| Květen | 788 | 238 | 18 | 0,039 | 29 | 0,929 | 690 | 22 |
| Červen | 459 | 139 | 11 | 0,012 | 0 | 1,37 | 986 | 22 |
| Červenec | 235 | 71 | 6 | 0,005 | 0 | 1,552 | 1154 | 22 |
| Srpen | 247 | 75 | 6 | 0,005 | 0 | 1,597 | 1188 | 22 |
| Září | 764 | 231 | 18 | 0,061 | 44 | 0,436 | 313 | 22 |
| Říjen | 1375 | 416 | 31 | 0,533 | 397 | 0 | 0 | 20 |
| Listopad | 1975 | 597 | 42 | 1,653 | 1191 | 0 | 0 | 20 |
| Prosinec | 2292 | 693 | 48 | 2,313 | 1722 | 0 | 0 | 20 |

Tab. 6.15 - Celková návrhová tepelná ztráta objektu v modelu novostavby RD č. 1

| Návrhová teplota dle umístění objektu | Celk. návrhová tepelná ztráta | Ztráta větráním | Prostup včetně radiace | Radiace okny | Radiace stěnami |
|---------------------------------------|-------------------------------|-----------------|------------------------|--------------|-----------------|
| T = -15 °C | 5,36 kW | 1244 W | 4116 W | 0,3 W | 73,65 W |

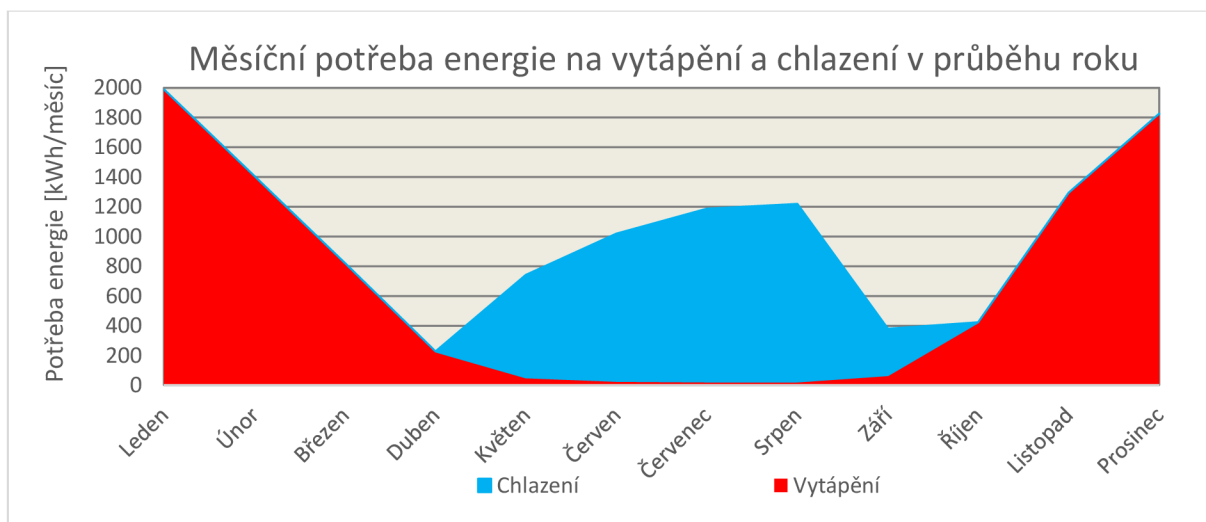


Obr. 6.23 - Měsíční potřeba energie na vytápění a chlazení pro model novostavby RD č. 1

6.2.2 Výpočetní model novostavby RD č. 2

Nyní uvažujeme $U = U_w$ dle tab. 4.7, jako součinitele, který postihuje jen kondukcí a konvekcí. Velikost tepelných úniků radiací není zahrnuta v U_w a je dopočítávána zvlášť. Počítáme také s tepelnou akumulací ve hmotě objektu.

Výsledky



Obr. 6.24 - Měsíční potřeba energie na vytápění a chlazení pro model novostavby RD č. 2

Tab. 6.16 - Výsledky energetického chování modelu novostavby RD č. 2

| Měsíc | Tepelná ztráta prostupem včetně radiace | Tepelná ztráta větráním (infiltrací) | Tepelná ztráta radiací | Potřebný dodávaný tepelný tok do místnosti | Potřeba energie na vytápění | Potřebný odebraný tepelný tok z místnosti | Potřeba energie na chlazení | Teplota v místnosti |
|----------|---|---|------------------------|---|--------------------------------|--|--------------------------------|---------------------|
| | [W] | [W] | [W] | [kW] | [kWh] | [kW] | [kWh] | [°C] |
| Leden | 2673 | 757 | 336 | 2,666 | 1990 | 0 | 0 | 20 |
| Únor | 2504 | 714 | 317 | 2,08 | 1406 | 0 | 0 | 20 |
| Březen | 1976 | 579 | 256 | 1,085 | 821 | 0 | 0 | 20 |
| Duben | 1409 | 423 | 191 | 0,291 | 228 | 0 | 0 | 21,5 |
| Květen | 789 | 238 | 113 | 0,037 | 52 | 0,926 | 689 | 22 |
| Červen | 452 | 139 | 68 | 0,003 | 30 | 1,375 | 990 | 22 |
| Červenec | 222 | 71 | 35 | 0 | 24 | 1,563 | 1163 | 22 |
| Srpen | 234 | 75 | 37 | 0,008 | 24 | 1,608 | 1196 | 22 |
| Září | 765 | 231 | 110 | 0,059 | 67 | 0,433 | 312 | 22 |
| Říjen | 1385 | 416 | 188 | 0,542 | 422 | 0 | 0 | 20 |
| Listopad | 2044 | 597 | 264 | 1,722 | 1294 | 0 | 0 | 20 |
| Prosinec | 2419 | 693 | 307 | 2,44 | 1825 | 0 | 0 | 20 |

Tab. 6.17 - Celková návrhová tepelná ztráta objektu v modelu novostavby RD č. 2

| Návrhová teplota dle umístění objektu | Cel. návrhová tepelná ztráta | Ztráta větráním | Prostup včetně radiace | Radiace okny | Radiace stěnami |
|--|---------------------------------|--------------------|---------------------------|-----------------|--------------------|
| T = -15 °C | 5,887 kW | 1244 W | 4643 W | 451,1 W | 72,98 W |

6.2.3 Výpočetní model novostavby RD č. 3, vliv podrobných klimatických údajů

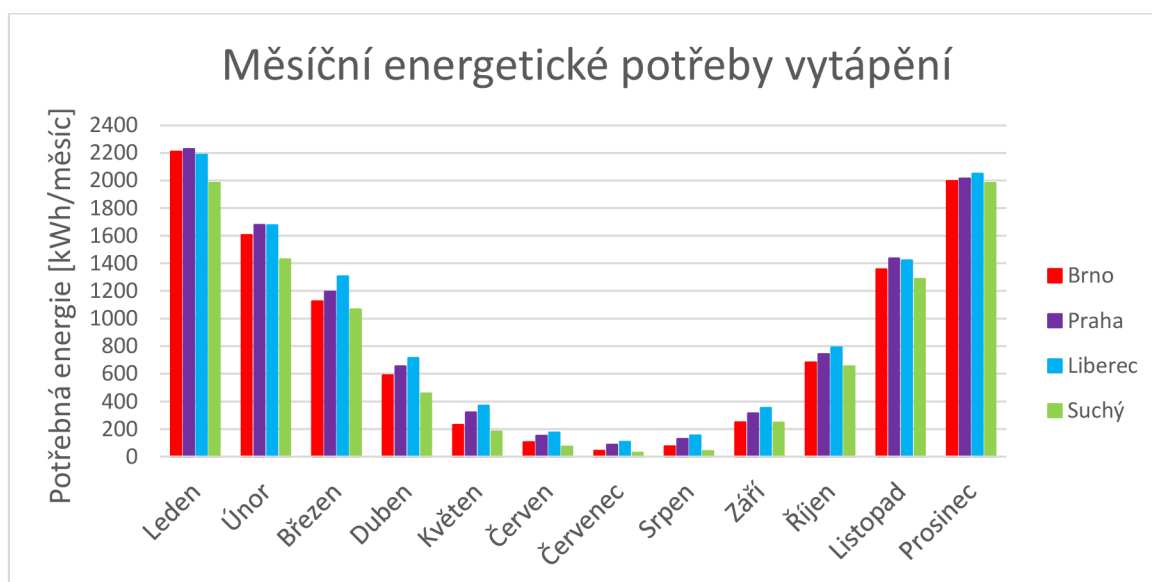
Vstupní parametry

Používáme stejná klimatická data jako v kapitole 6.1. Uvažujeme 100% účinnost využití tepelných ztrát a zisků.

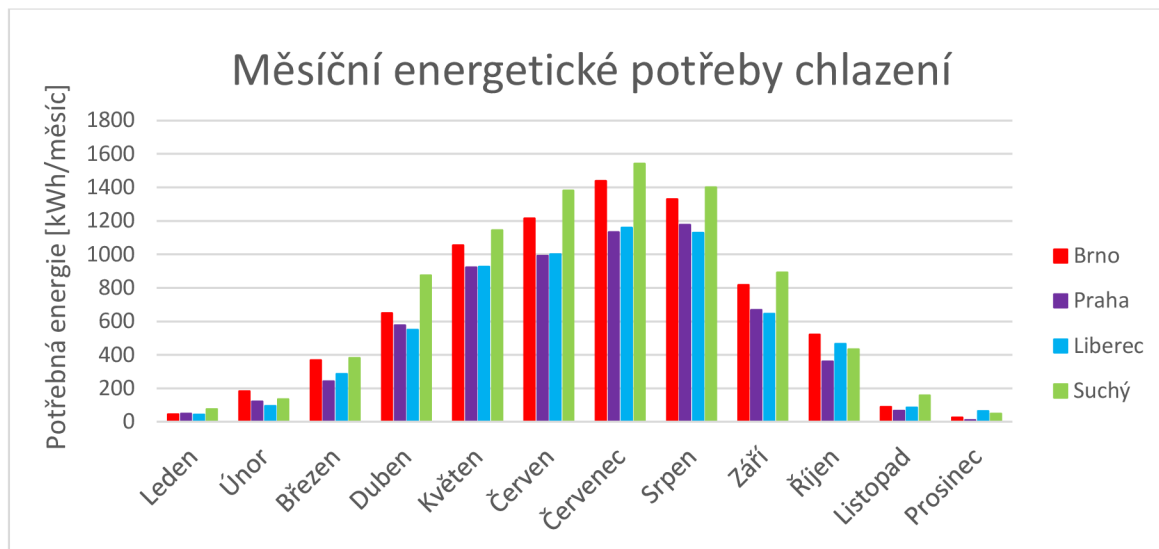
Výsledky

Tab. 6.18 - Výsledné solární zisky a energetické potřeby na vytápění a chlazení pro model č. 3

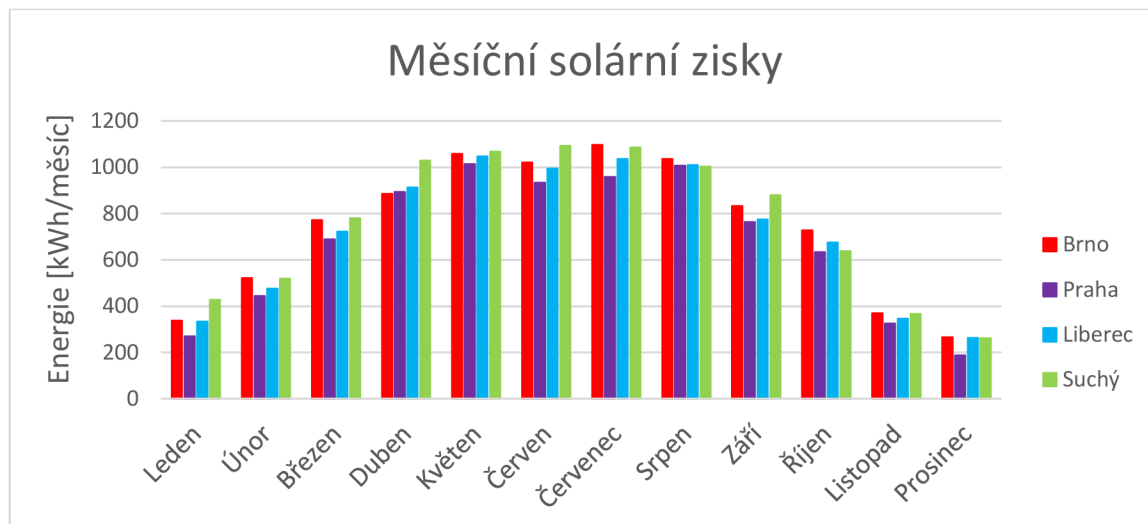
| Měsíc | Brno | | | Praha | | | Liberec | | | Blansko | | |
|---------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------|
| | Potřeba energie na vytápění [kWh] | Potřeba energie na chlazení [kWh] | Solární zisky [kWh] | Potřeba energie na vytápění [kWh] | Potřeba energie na chlazení [kWh] | Solární zisky [kWh] | Potřeba energie na vytápění [kWh] | Potřeba energie na chlazení [kWh] | Solární zisky [kWh] | Potřeba energie na vytápění [kWh] | Potřeba energie na chlazení [kWh] | Solární zisky [kWh] |
| Leden | 2208 | 44 | 337 | 2228 | 48 | 270 | 2186 | 42 | 333 | 1982 | 75 | 427 |
| Únor | 1605 | 182 | 521 | 1679 | 121 | 444 | 1676 | 94 | 476 | 1429 | 135 | 519 |
| Březen | 1125 | 368 | 771 | 1193 | 241 | 689 | 1306 | 286 | 722 | 1067 | 382 | 780 |
| Duben | 590 | 649 | 885 | 655 | 577 | 893 | 713 | 549 | 912 | 458 | 875 | 1029 |
| Květen | 230 | 1054 | 1058 | 319 | 922 | 1014 | 369 | 926 | 1046 | 181 | 1144 | 1068 |
| Červen | 104 | 1214 | 1021 | 150 | 991 | 933 | 174 | 1001 | 994 | 72 | 1380 | 1092 |
| Červenec | 43 | 1439 | 1096 | 86 | 1133 | 958 | 108 | 1160 | 1036 | 29 | 1541 | 1085 |
| Srpen | 74 | 1330 | 1036 | 127 | 1176 | 1006 | 154 | 1128 | 1010 | 40 | 1400 | 1003 |
| Září | 248 | 817 | 832 | 313 | 667 | 763 | 352 | 645 | 774 | 245 | 892 | 880 |
| Říjen | 682 | 520 | 727 | 741 | 361 | 633 | 790 | 465 | 675 | 655 | 433 | 637 |
| Listopad | 1356 | 88 | 369 | 1435 | 65 | 325 | 1421 | 85 | 346 | 1286 | 157 | 367 |
| Prosinec | 1996 | 26 | 265 | 2015 | 10 | 187 | 2048 | 64 | 263 | 1982 | 48 | 262 |
| Celkem | 10261 | 7731 | 8918 | 10941 | 6312 | 8115 | 11297 | 6445 | 8587 | 9426 | 8462 | 9149 |



Obr. 6.25 - Měsíční potřeby energie na vytápění pro jednotlivé lokality v modelu č. 3



Obr. 6.26 - Měsíční potřeby energie na chlazení pro jednotlivé lokality v modelu č. 3



Obr. 6.27 - Znárodnění solárních zisků pro jednotlivé lokality u modelu č. 3

6.2.4 Výpočetní model novostavby RD č. 4 s definovaným užíváním zóny

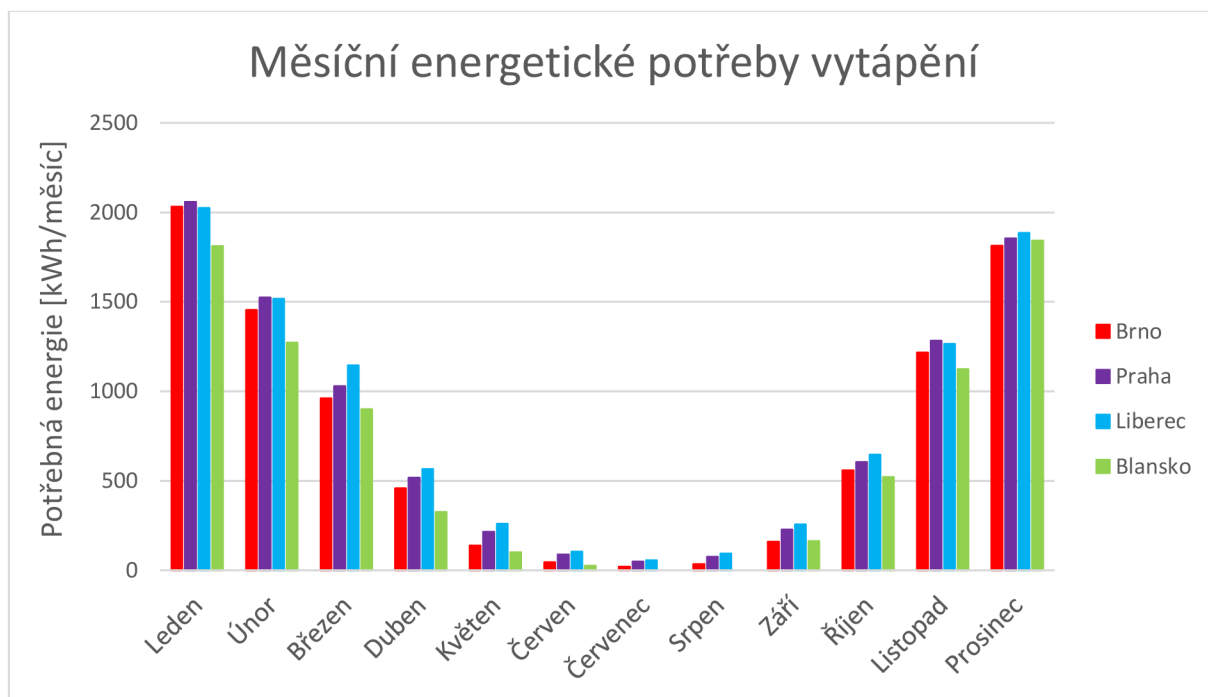
Vstupní parametry

Vnitřní zisky od osob, osvětlení a vybavení včetně vnitřní minimální a maximální teploty jsou dány řídicími profily, které jsou stejné jako u modelu bungalovu č. 4 (kap. 6.1.4 obr. 6.8 - 6.12). Průběh pracovních a nepracovních dnů je nastaven také pro rok 2012.

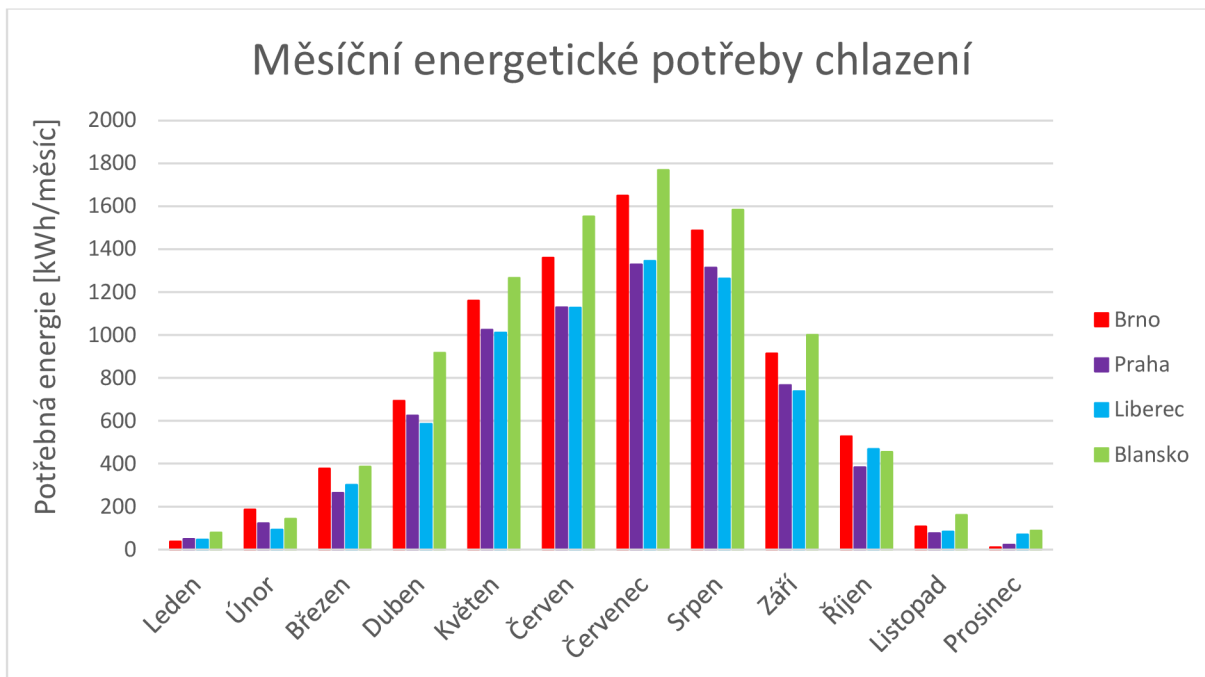
Výsledky

Tab. 6.19 - Výsledné solární zisky a energetické potřeby na vytápění a chlazení pro model č. 4

| Měsíc | Brno | | | Praha | | | Liberec | | | Blansko | | |
|----------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------|
| | Potřeba energie na vytápění [kWh] | Potřeba energie na chlazení [kWh] | Solární zisky [kWh] | Potřeba energie na vytápění [kWh] | Potřeba energie na chlazení [kWh] | Solární zisky [kWh] | Potřeba energie na vytápění [kWh] | Potřeba energie na chlazení [kWh] | Solární zisky [kWh] | Potřeba energie na vytápění [kWh] | Potřeba energie na chlazení [kWh] | Solární zisky [kWh] |
| Leden | 2032 | 37 | 337 | 2058 | 48 | 270 | 2025 | 46 | 333 | 1811 | 78 | 427 |
| Únor | 1454 | 186 | 521 | 1524 | 121 | 444 | 1516 | 92 | 476 | 1272 | 142 | 519 |
| Březen | 961 | 377 | 771 | 1028 | 263 | 689 | 1144 | 301 | 722 | 899 | 385 | 780 |
| Duben | 458 | 693 | 885 | 518 | 625 | 893 | 566 | 585 | 912 | 326 | 916 | 1029 |
| Květen | 139 | 1160 | 1058 | 215 | 1024 | 1014 | 259 | 1010 | 1046 | 100 | 1265 | 1068 |
| Červen | 45 | 1359 | 1021 | 88 | 1128 | 933 | 104 | 1127 | 994 | 26 | 1552 | 1092 |
| Červenec | 21 | 1649 | 1096 | 48 | 1328 | 958 | 56 | 1345 | 1036 | 0 | 1769 | 1085 |
| Srpen | 35 | 1487 | 1036 | 75 | 1313 | 1006 | 93 | 1263 | 1010 | 0 | 1583 | 1003 |
| Září | 160 | 914 | 832 | 228 | 766 | 763 | 257 | 737 | 774 | 163 | 1000 | 880 |
| Říjen | 558 | 527 | 727 | 604 | 383 | 633 | 646 | 468 | 675 | 521 | 454 | 637 |
| Listopad | 1216 | 107 | 369 | 1282 | 75 | 325 | 1265 | 83 | 346 | 1124 | 161 | 367 |
| Prosinec | 1813 | 10 | 265 | 1854 | 22 | 187 | 1885 | 69 | 263 | 1842 | 88 | 262 |
| Celkem | 8892 | 8506 | 8918 | 9522 | 7096 | 8115 | 9816 | 7126 | 8587 | 8084 | 9393 | 9149 |



Obr. 6.28 - Měsíční potřeby energie na vytápění pro jednotlivé lokality v modelu č. 4

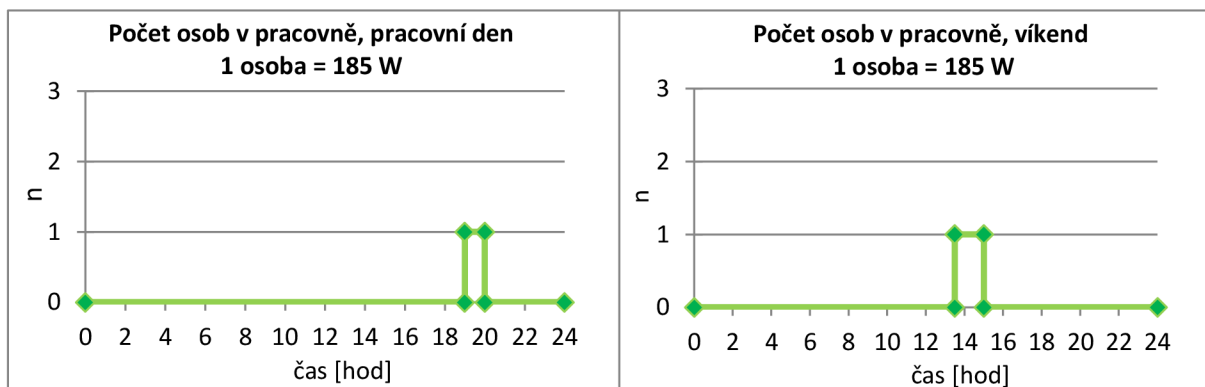


Obr. 6.29 - Měsíční potřeby energie na chlazení pro jednotlivé lokality v modelu č. 4

6.2.5 Vícezónový výpočetní model novostavby RD č. 5

Vstupní parametry

Řídicí profily charakterizující užívání jednotlivých zón jsou stejné jako u modelu bungalovu č. 5 (kap 6.1.5) s výjimkou výskytu osob v místnosti pro domácí práce (108), který se řídí těmito profily:



Obr. 6.30 - Řídicí profily určující výskyt osob v místnosti pro domácí práce

Tepelné zisky od spotřebičů jsou stejné jako v kapitole 6.1.4. Kuchyně s jídelnou a obývacím pokojem nejsou odděleny a jsou uvažovány jako jedna zóna, zde je umístěn sporák, lednice a televize. Používání počítače předpokládáme v obou pokojích. Zapínání a vypínání osvětlení v jednotlivých místnostech udává tab. 6.20.

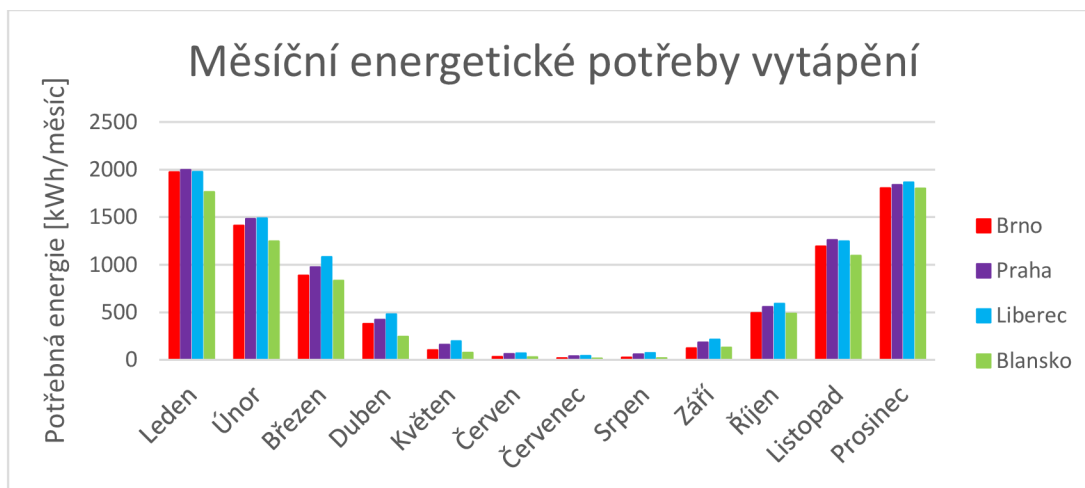
Tab. 6.20 - Osvětlení jednotlivých místností v modelu novostavby RD č. 5

| Místnost | typ dne | Ráno | | Večer | |
|----------|-----------------------|------|------|-------|-------|
| | | od | do | od | do |
| ložnice | pracovní | 6:00 | 6:30 | 22:00 | 22:30 |
| | nepracovní | - | - | 23:30 | 0:00 |
| pokoj | pracovní | 6:00 | 6:30 | 21:00 | 22:00 |
| | nepracovní | 8:30 | 9:00 | 23:30 | 0:00 |
| obývací | pracovní | - | - | 20:00 | 22:00 |
| | nepracovní | - | - | 20:00 | 23:00 |
| koupelna | pracovní i nepracovní | 7:30 | 8:30 | 20:00 | 21:30 |
| chodba | pracovní i nepracovní | 6:30 | 8:00 | 18:00 | 21:30 |

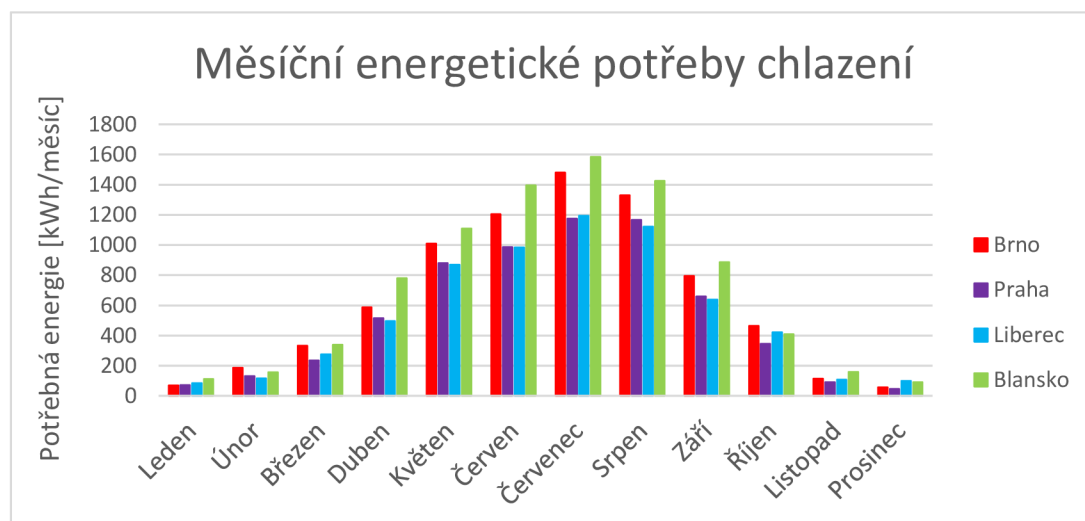
Model budovy

Každá místnost včetně garáže je definována jako samostatná zóna. Postup zónování je stejný jako v kapitole 6.1.5.

Výsledky



Obr. 6.31 - Měsíční potřeby energie na vytápění pro jednotlivé lokality v modelu č.5



Obr. 6.32 - Měsíční potřeby energie na chlazení pro jednotlivé lokality v modelu č. 5

Tab. 6.21 - Výsledné solární zisky a energetické potřeby na vytápění a chlazení pro model č. 5

| Měsíc | Brno | | | Praha | | | Liberec | | | Blansko | | |
|----------|-----------------------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------|
| | Potřeba energie na vytápění | Potřeba energie na chlazení | Solární zisky | Potřeba energie na vytápění | Potřeba energie na chlazení | Solární zisky | Potřeba energie na vytápění | Potřeba energie na chlazení | Solární zisky | Potřeba energie na vytápění | Potřeba energie na chlazení | Solární zisky |
| | [kWh] | | | [kWh] | | | [kWh] | | | [kWh] | | |
| Leden | 1972 | 69 | 337 | 1995 | 71 | 270 | 1974 | 83 | 333 | 1765 | 112 | 427 |
| Únor | 1409 | 186 | 521 | 1480 | 130 | 444 | 1487 | 115 | 476 | 1244 | 156 | 519 |
| Březen | 886 | 331 | 771 | 973 | 235 | 689 | 1079 | 274 | 722 | 832 | 338 | 780 |
| Duben | 379 | 586 | 885 | 422 | 515 | 893 | 479 | 496 | 912 | 243 | 780 | 1029 |
| Květen | 102 | 1009 | 1058 | 158 | 879 | 1014 | 197 | 869 | 1046 | 75 | 1108 | 1068 |
| Červen | 31 | 1203 | 1021 | 61 | 985 | 933 | 69 | 984 | 994 | 27 | 1394 | 1092 |
| Červenec | 17 | 1480 | 1096 | 37 | 1175 | 958 | 41 | 1193 | 1036 | 0 | 1583 | 1085 |
| Srpen | 24 | 1330 | 1036 | 57 | 1166 | 1006 | 71 | 1121 | 1010 | 0 | 1424 | 1003 |
| Září | 123 | 794 | 832 | 182 | 658 | 763 | 212 | 638 | 774 | 130 | 885 | 880 |
| Říjen | 491 | 464 | 727 | 555 | 345 | 633 | 590 | 421 | 675 | 485 | 408 | 637 |
| Listopad | 1191 | 114 | 369 | 1259 | 89 | 325 | 1247 | 106 | 346 | 1094 | 158 | 367 |
| Prosinec | 1804 | 55 | 265 | 1838 | 46 | 187 | 1865 | 98 | 263 | 1802 | 90 | 262 |
| Celkem | 8429 | 7621 | 8918 | 9017 | 6294 | 8115 | 9311 | 6398 | 8587 | 7697 | 8436 | 9149 |

7 POROVNÁNÍ NKN II A ENERGETICKÉ SIMULACE V TRNSYSU

V této kapitole budou porovnány výsledky výpočtu energetických potřeb vytápění a chlazení pro posuzované objekty, provedené oběma způsoby. Dále bude uvedeno jaký vliv má umístění objektu na hodnocení ENB podle vyhlášky č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov. Zhodnotíme rovněž uživatelský komfort a možnosti využití obou nástrojů pro projektové pracovníky.

7.1 Porovnání výpočtů energetických nároků vytápění a chlazení

7.1.1 Bungalov

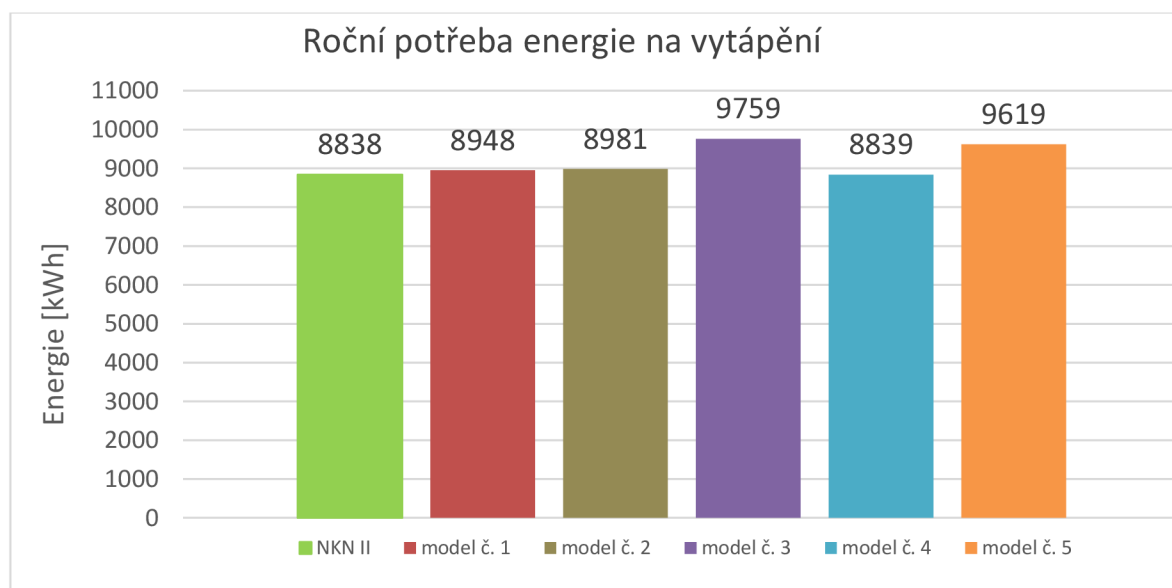
Na obr. 7.1 je znázorněno, jak se liší celkové roční energetické nároky vytápění vypočtené NKN II a výsledky výpočtů provedené v programu TRNSYS pro jednotlivé modely, které blíže charakterizuje tab. 6.1.

U modelu č. 1, kterým jsme se snažili přiblížit výpočtu v NKN II, činí rozdíl cca 1 %, což ověřuje správnost definování budovy. Výsledný rozdíl může být způsoben například zaokrouhlovacími chybami, nebo rozdíly ve fyzikálních vlastnostech vzduchu, s kterými oba nástroje pracují. Do výsledků dalších modelů už se promítají rozdílné charakteristiky, jenž jim byly postupně přiřazovány.

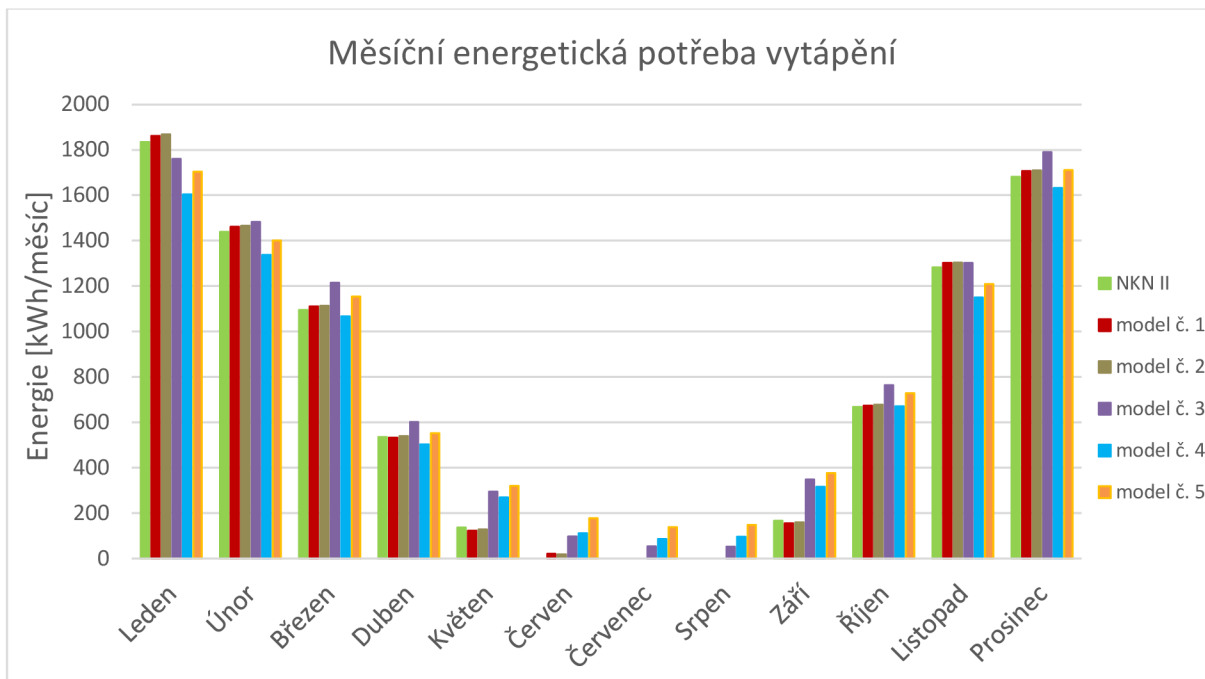
Roční výsledky jsou důležité z hlediska energetického hodnocení budovy podle platné legislativy, ovšem při srovnávání jednotlivých výpočtů můžou být zkreslující. Podíváme-li se například na výsledky výpočtů modelu č. 4, mohlo by se na první pohled zdát, že se vůbec neliší od výsledků v NKN II. V tomto případě se však jedná pouze o náhodu, o čemž se můžete přesvědčit na obr. 7.2, který zobrazuje potřebu tepla na vytápění v jednotlivých měsících.

Největší odchylka od NKN II je u modelu č. 3, zde ji můžeme zdůvodnit použitím podrobných klimatických dat odpovídajících umístění objektu. Rozdíl činí 921 kWh, což odpovídá cca 10 % (bereme-li výsledek z NKN II jako 100 %).

V kapitole 7.2 bude uvedeno, zda rozdíly v jednotlivých výsledcích mají či nemají vliv na konečné hodnocení ENB podle platné legislativy.

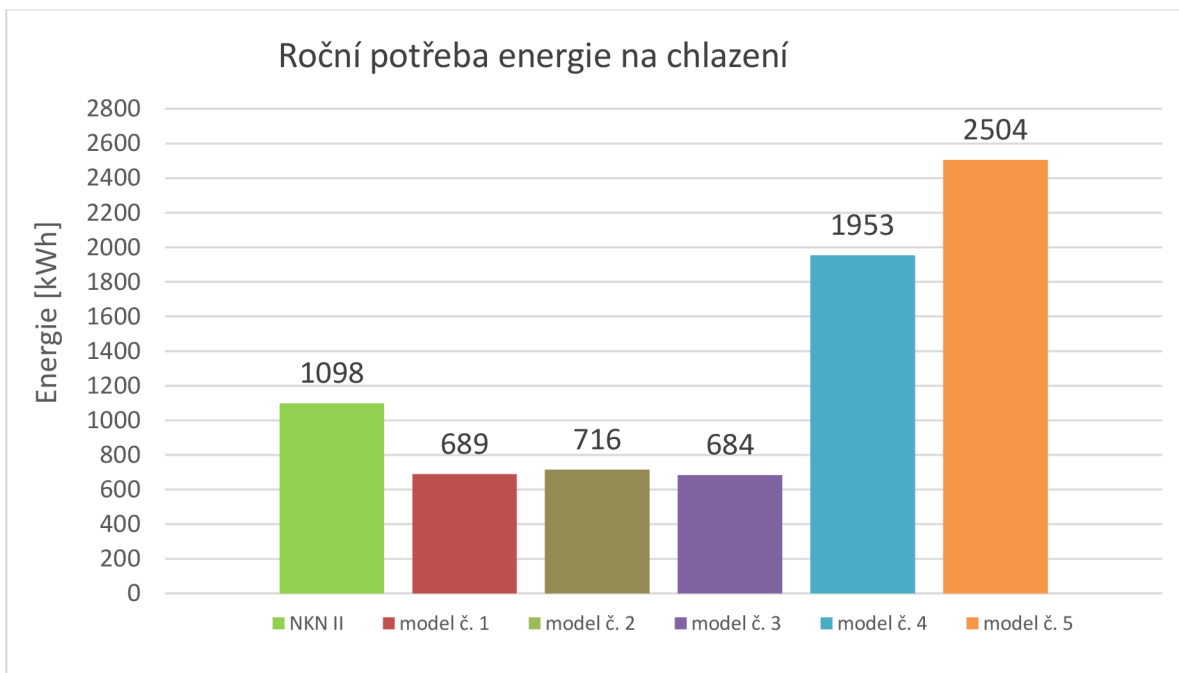


Obr. 7.1 - Roční potřeby energie na vytápění bungalovu

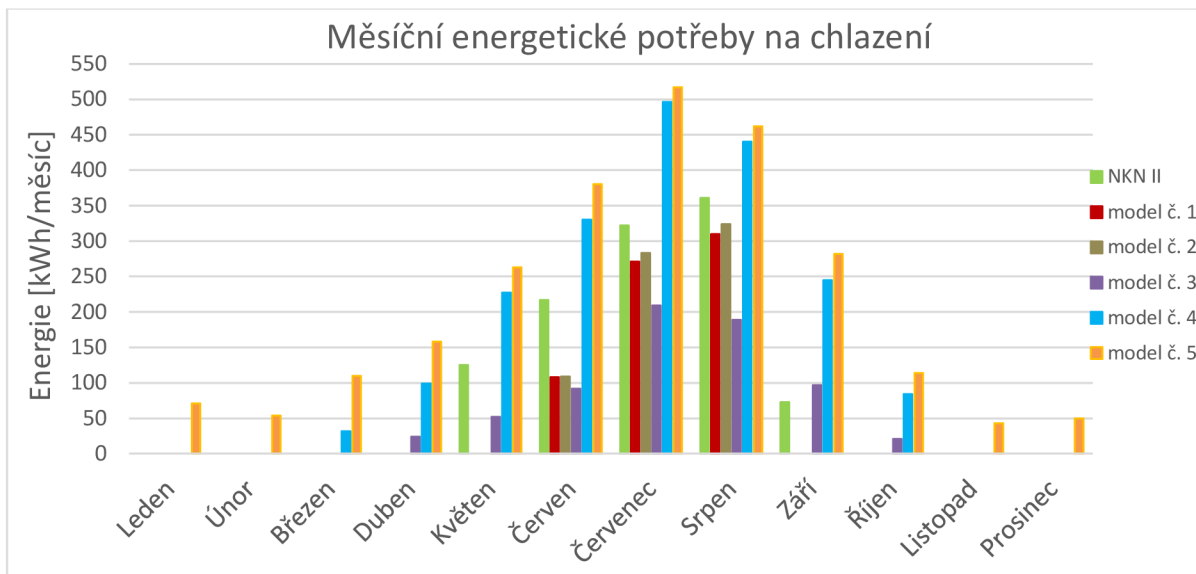


Obr. 7.2 - Měsíční potřeba energie na vytápění bungalovu

U roční potřeby energie na chlazení (obr. 7.3) se výsledky liší více. U modelů č. 1, 2, 3 se hodnoty rozcházejí v průměru o 401 kWh, což odpovídá odchylce 37 %. Z grafu lze dále usuzovat, že vliv klimatických dat u bungalovu není až tak zásadní pro výsledek potřeb energie na chlazení (model č. 3). Mnohem větší roli hraje podrobné časově proměnné definování užívání zóny, kdy vliv předpokládaných vnitřních zisků od osob a vybavení značně zvyšuje tyto požadavky (viz model č. 4 a č. 5). Potřebu chlazení v jednotlivých měsících můžeme vidět na obr. 7.4.



Obr. 7.3 - Roční potřeba energie na chlazení bungalovu

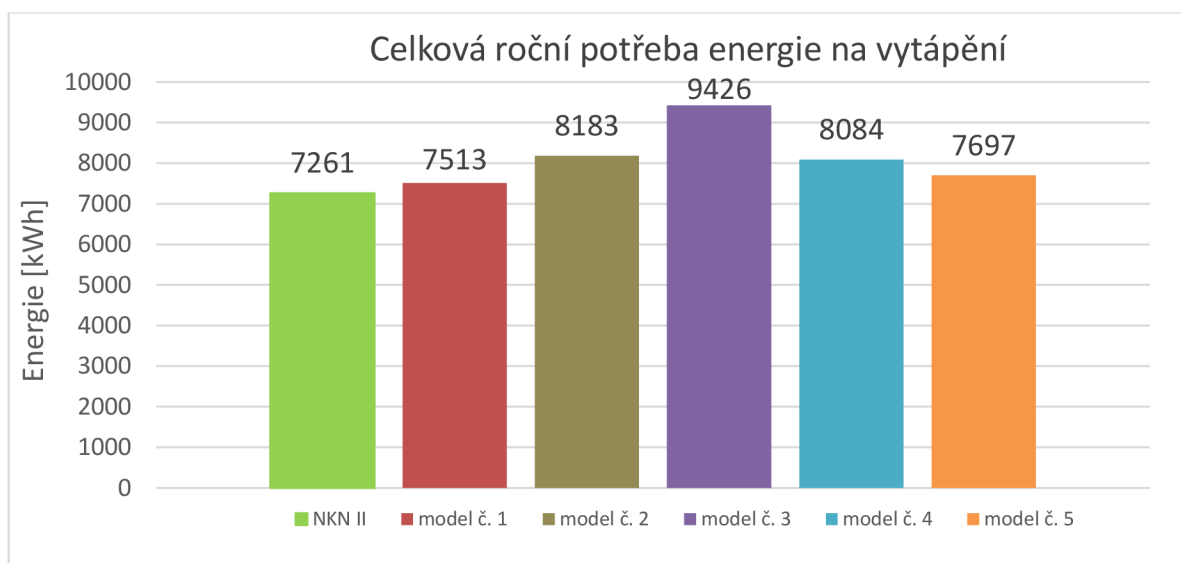


Obr. 7.4 - Měsíční potřeba energie na chlazení bungalovu

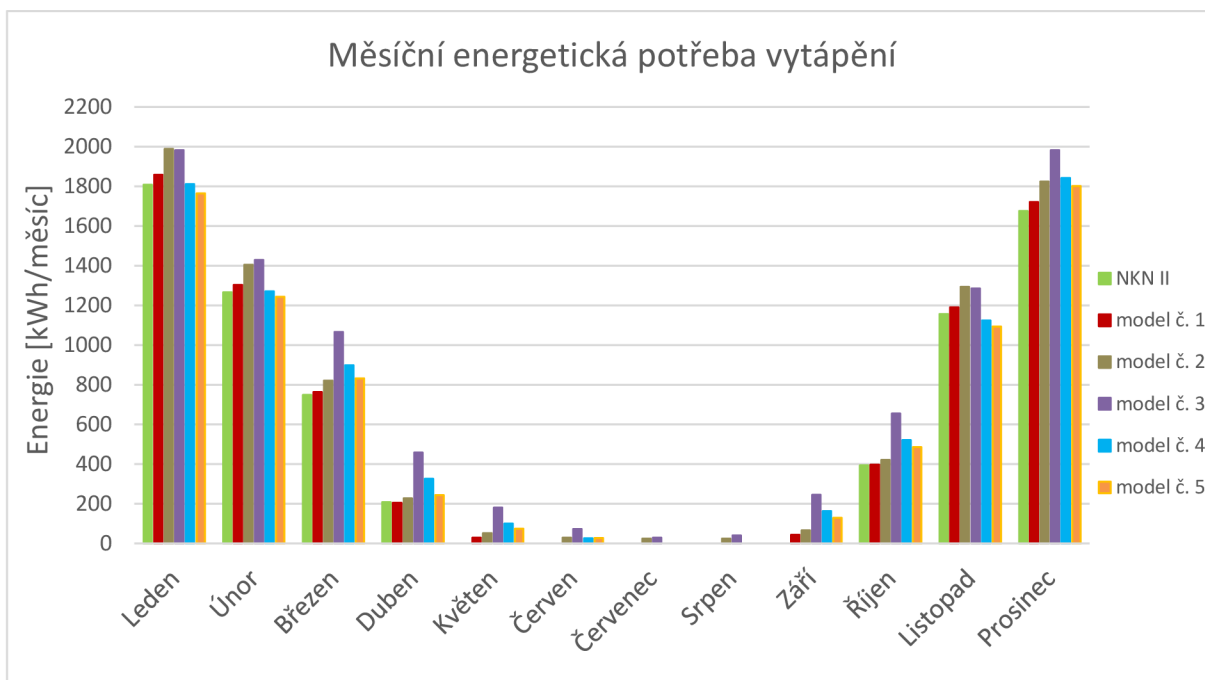
7.1.2 Novostavba

Výsledky výpočtu roční energetické potřeby vytápění novostavby RD reprezentuje obr. 7.5. U modelu č. 1 je odchylka od výpočtu v NKN II okolo 3 %. Tato hodnota není překročena ani u měsíčního rozložení (obr. 7.6). Můžeme tedy považovat vytvořený model budovy za dostatečně přesný. Důvodem rozdílu ve výsledcích mohou být opět zaokrouhlovací chyby a vliv fyzikálních vlastností vzduchu, s kterými oba nástroje pracují. Rozdíl v porovnání s předchozím případem (bungalovu) logicky narostl, protože objem budovy a s tím související ztráty větráním jsou větší.

Nejvýraznější rozdíl je opět u modelu č. 3, kdy vliv klimatických dat pro danou oblast zvyšuje energetickou potřebu o 2165 kWh, což odpovídá cca 30 % (bereme-li výsledek NKN II jako 100 %). U dalších modelů už nejsou rozdíly tak veliké, ale energetické potřeby pořád vycházejí větší než v NKN II.

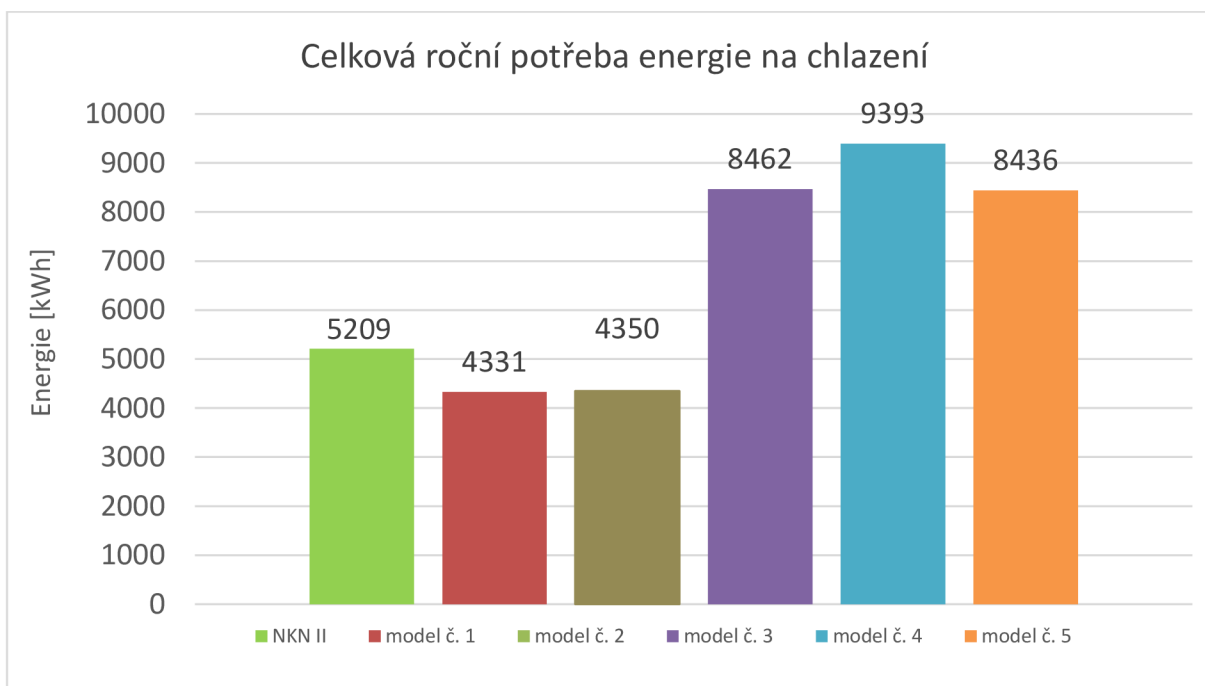


Obr. 7.5 - Roční potřeba energie na vytápění novostavby RD

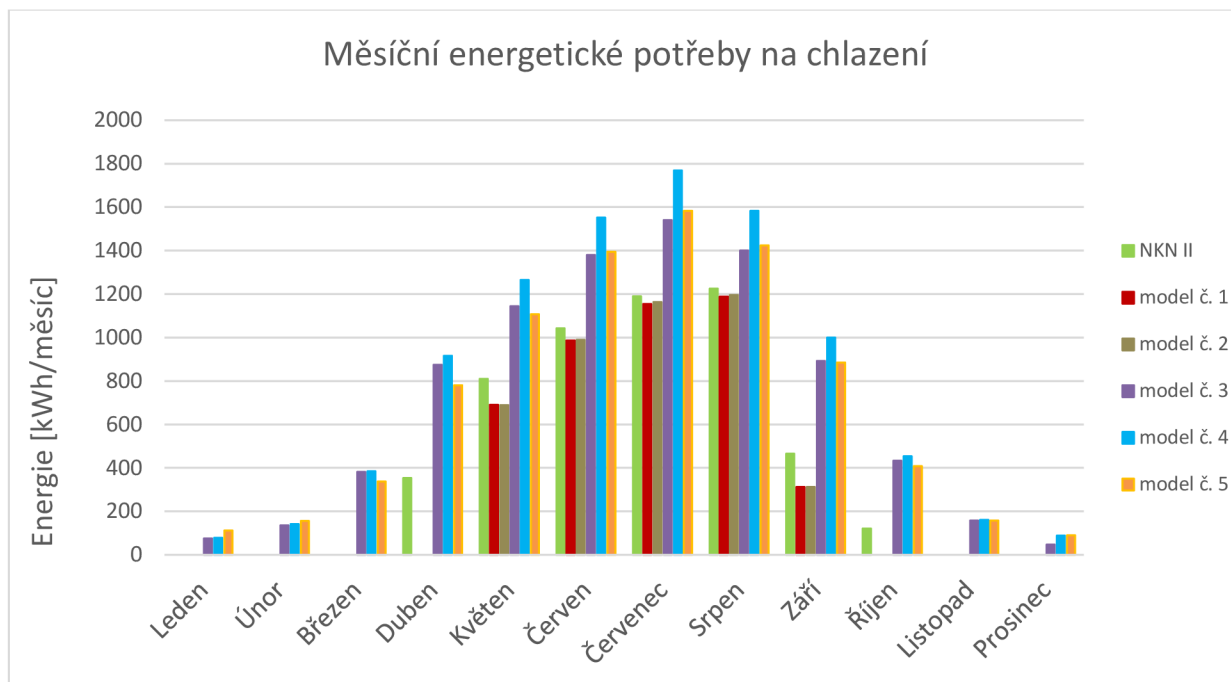


Obr. 7.6 - Měsíční potřeba energie na vytápění novostavby RD

Pro novostavbu jsou výsledky potřeby energie na chlazení uvedeny na obr. 7.7. Zde můžeme vidět skokový nárůst pro modely č. 3 - 5, což je způsobeno použitím klimatických údajů platných pro danou oblast. Na rozdíl od bungalovu je tento vstupní údaj zásadní pro výpočet energetických potřeb chlazení. Jednotlivé měsíční potřeby pak vidíme na obr. 7.8.



Obr. 7.7 - Roční potřeba energie na chlazení novostavby RD



Obr. 7.8 - Měsíční potřeba energie na chlazení novostavby RD

7.2 Vliv rozdílných energetických nároků na hodnocení ENB dle vyhlášky č. 78/2013

Ve smyslu platné legislativy se u nových budov, což jsou oba námi posuzované objekty, hodnotí tři ukazatele ENB. Jedná se o hodnocení neobnovitelné primární energie, celkové dodané energie a průměrného součinitele prostupu tepla obálkou budovy. Poslední zmiňovaný parametr je dán pouze tepelně technickou skladbou budovy, proto nemá smysl ho zmiňovat při srovnávání obou výpočtových metod. Jiné to ale je u posuzování dalších dvou parametrů, protože rozdíly v potřebách energie na vytápění se promítnou do výsledného hodnocení ENB.

Postup výpočtu energetické bilance je podrobně uveden v kapitole 3.1.3. Účinnosti systémů a podíly jednotlivých energonositelů jsou uvedeny v kapitole 5.1 pro bungalov a 5.2 pro novostavbu. Pro výpočet neobnovitelné primární energie a celkové dodané energie je třeba znát tzv. faktory neobnovitelné primární energie a celkové primární energie, jenž jsou uvedeny v příloze 3, vyhlášky č. 78/2013, hodnoty potřebné pro tento výpočet uvádí tab. 7.1.

Tab. 7.1 - Hodnoty faktoru primární energie pro hodnocenou budovu.

| Ergonositel | Faktor celkové primární energie | Faktor neobnovitelné primární energie |
|--------------|---------------------------------|---------------------------------------|
| Kusové dřevo | 1,1 | 0,1 |
| Elektřina | 3,2 | 3 |
| Zemní plyn | 1,1 | 1,1 |

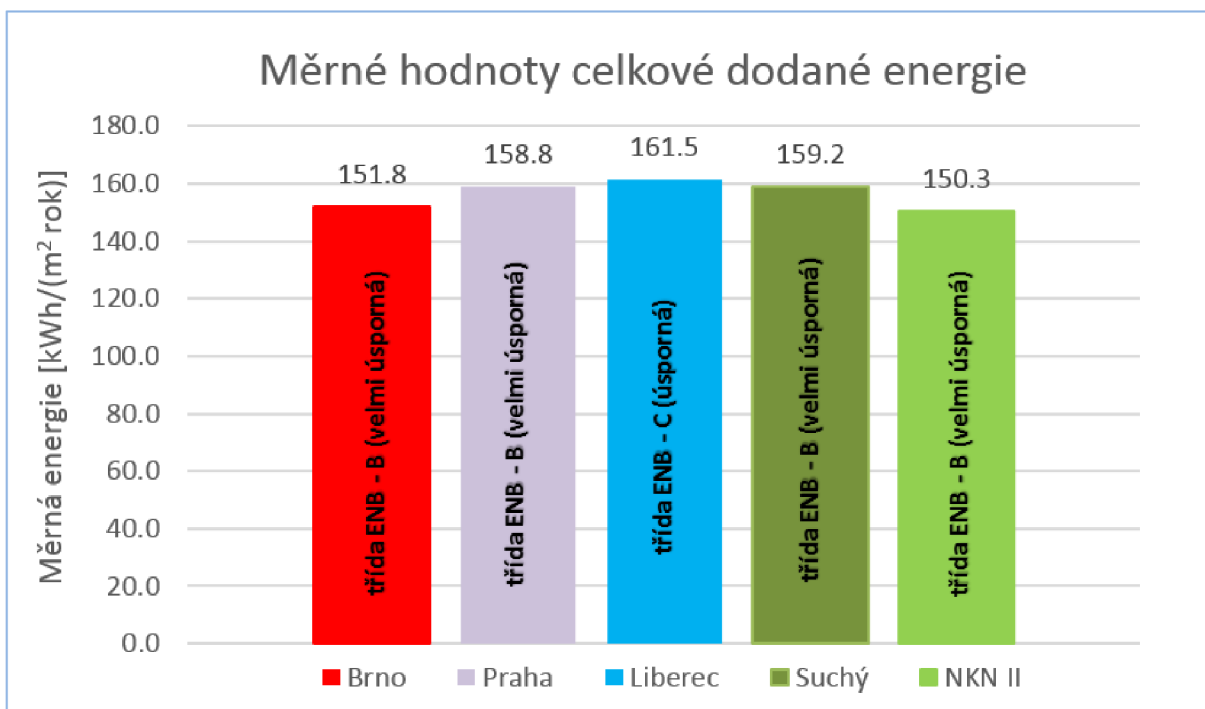
7.2.1 Bungalov

Tab. 7.2 - Energetická bilance a hodnocení ENB v závislosti na výsledcích nároků na vytápění

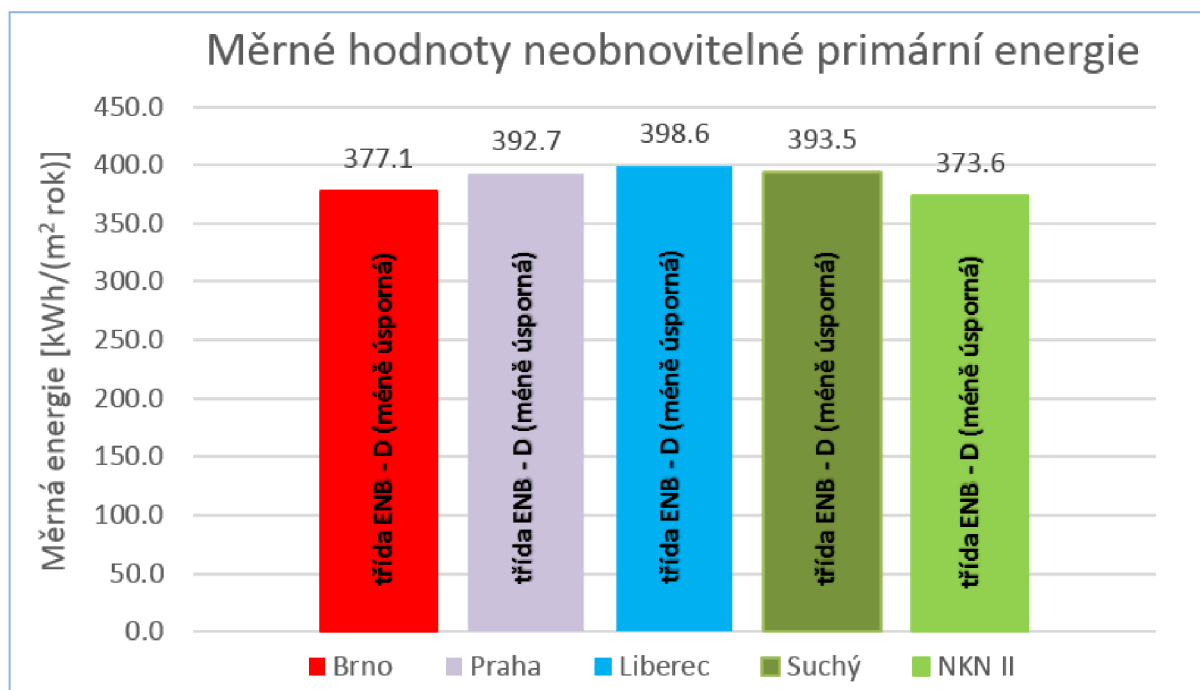
| Výpočetní nástroj | NKN II | TRNSYS model č. 1 | TRNSYS model č. 2 | TRNSYS model č. 3 | TRNSYS model č. 4 | TRNSYS model č. 5 |
|--|--------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Celkové ukazatele energetické náročnosti | | | | | | |
| Celková dodaná energie | 18936 | 19094 | 19142 | 20264 | 18937 | 20062 |
| Neobnovitelná primární energie | 47075 | 47427 | 47534 | 50045 | 47075 | 49593 |
| Celková primární energie | 53547 | 53965 | 54091 | 57063 | 53549 | 56528 |
| Dílčí dod. energie - neobnovitelná primární | | | | | | |
| Dílčí dodaná energie na vytápění | 12754 | 12912 | 12960 | 14082 | 12755 | 13880 |
| Neobnovitelná primární energie na vytápění | 28530 | 28882 | 28989 | 31500 | 28530 | 31048 |
| Dílčí dodaná energie na chlazení | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Neobnovitelná primární energie na chlazení | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Dílčí dodaná energie na větrání | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Neobnovitelná primární energie na větrání | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Dílčí dodaná energie na přípravu TV | 5385 | | | | | |
| Neob. primární energie na přípravu TV | 16155 | | | | | |
| Dílčí dodaná energie na osvětlení | 797 | | | | | |
| Neobnovitelná primární energie na osvětlení | 2390 | | | | | |
| Vypočtená spotřeba energie | | | | | | |
| Vypočtená spotřeba energie na vytápění | 12754 | 12912 | 12960 | 14082 | 12755 | 13880 |
| Vypočtená spotřeba energie na chlazení | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Vypočtená spotřeba energie na větrání | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Vypočtená spotřeba energie na přípravu TV | 4912 | | | | | |
| Vypočtená spotřeba energie na osvětlení | 797 | | | | | |
| Pomocná energie | | | | | | |
| Pomocná energie pro vytápění | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Pomocná energie pro chlazení | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Pomocná energie pro větrání | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Pomocná energie pro přípravu TV | 473 | | | | | |
| Hodnocení ENB | | | | | | |
| Celková měrná dodaná energie | 150,3 | 151,5 | 151,9 | 160,8 | 150,3 | 159,2 |
| Zařazení do energetické třídy | B | B | B | B | B | B |
| Neobnovitelná měrná primární energie | 373,6 | 376,4 | 377,3 | 397,2 | 373,6 | 393,6 |
| Zařazení do energetické třídy | D | D | D | D | D | D |

Tab. 7.3 - Výsledky energetické bilance pro model č. 5 v závislosti na umístění objektu

| Výpočetní model a umístění objektu | NKN II TNI 73031 | TRNSYS | | | |
|------------------------------------|---------------------|--------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
| | | model č. 5 Brno | model č. 5 Praha | model č. 5 Liberec | model č. 5 Suchý |
| Celková dodaná energie | 18936 | 19131 | 20015 | 20344 | 20058 |
| Neobnovitelná primární energie | 47075 | 47511 | 49486 | 50222 | 49583 |
| Celková primární energie | 53547 | 54064 | 56402 | 57273 | 56517 |



Obr. 7.9 - Měrné hodnoty celkové dodané energie v závislosti na umístění objektu



Obr. 7.10 - Měrné hodnoty neobnovitelné primární energie v závislosti na umístění objektu

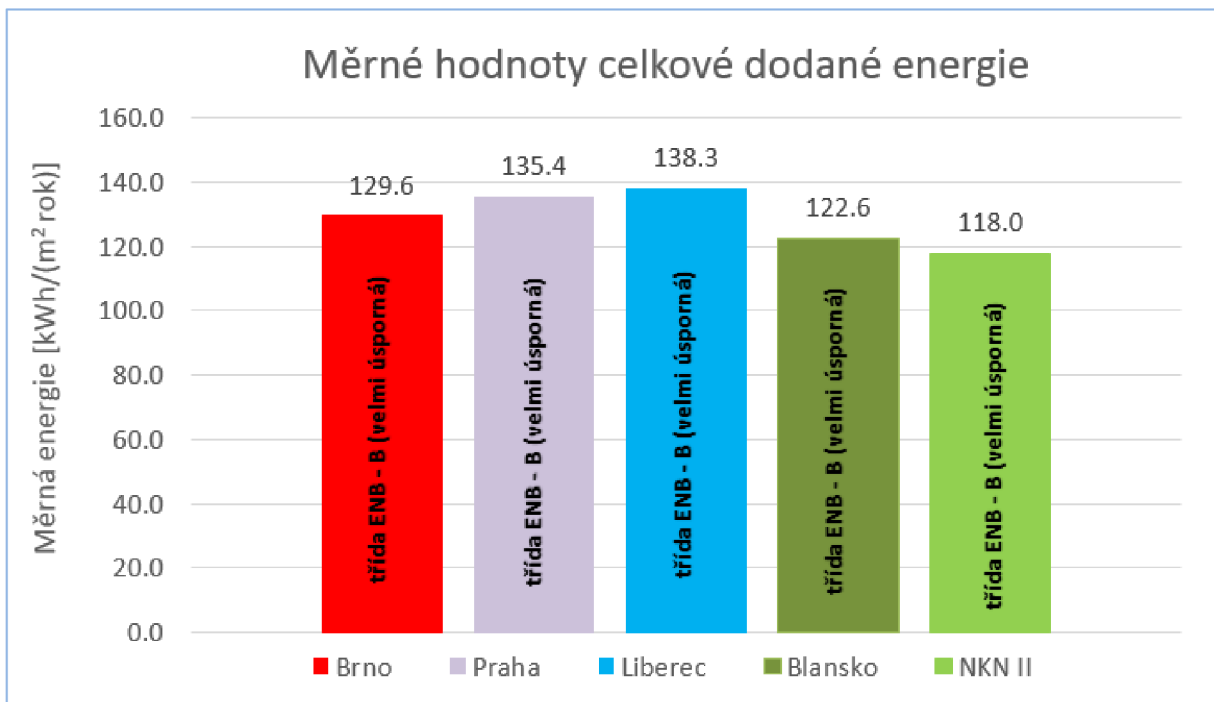
7.2.2 Novostavba rodinného domu

Tab. 7.4 - Energetická bilance a hodnocení ENB v závislosti na výsledcích nároků na vytápění

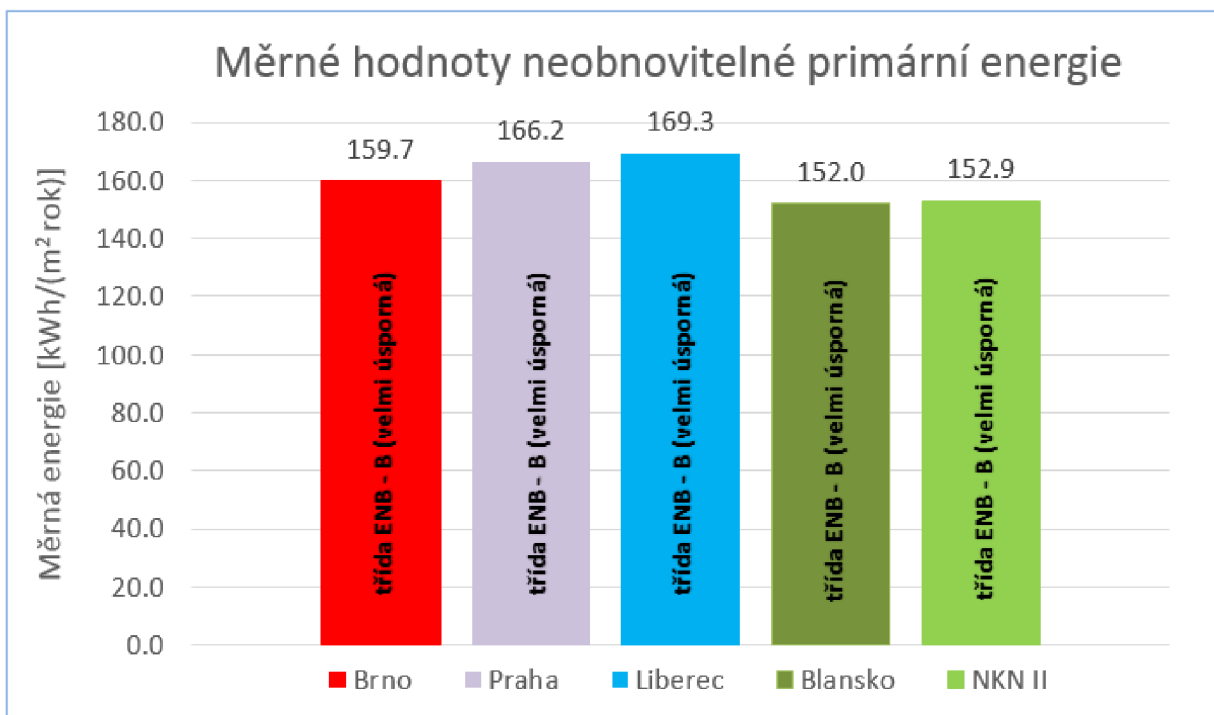
| Výpočetní nástroj | NKN II | TRNSYS model č. 1 | TRNSYS model č. 2 | TRNSYS model č. 3 | TRNSYS model č. 4 | TRNSYS model č. 5 |
|--|--------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Celkové ukazatele energetické náročnosti | | | | | | |
| Celková dodaná energie | 17693 | 18069 | 19068 | 20921 | 18921 | 18344 |
| Neobnovitelná primární energie | 22940 | 23355 | 24453 | 26492 | 24291 | 23656 |
| Celková primární energie | 23306 | 23722 | 24820 | 26859 | 24658 | 24023 |
| Dílčí dodaná energie – neobnovitelná primární | | | | | | |
| Dílčí dodaná energie na vytápění | 11213 | 11588 | 12587 | 14440 | 12440 | 11863 |
| Neobnovitelná primární energie na vytápění | 13071 | 13485 | 14583 | 16622 | 14421 | 13786 |
| Dílčí dodaná energie na chlazení | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Neobnovitelná primární energie na chlazení | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Dílčí dodaná energie na větrání | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Neobnovitelná primární energie na větrání | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Dílčí dodaná energie na přípravu TV | | | | 5511 | | |
| Neobnovitelná primární energie na přípravu TV | | | | 6961 | | |
| Dílčí dodaná energie na osvětlení | | | | 970 | | |
| Neobnovitelná primární energie na osvětlení | | | | 2909 | | |
| Vypočtená spotřeba energie | | | | | | |
| Vypočtená spotřeba energie na vytápění | 10825 | 11200 | 12199 | 14052 | 12052 | 11475 |
| Vypočtená spotřeba energie na chlazení | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Vypočtená spotřeba energie na větrání | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Vypočtená spotřeba energie na přípravu TV | | | | 5038 | | |
| Vypočtená spotřeba energie na osvětlení | | | | 970 | | |
| Pomocná energie | | | | | | |
| Pomocná energie pro vytápění | | | | 388 | | |
| Pomocná energie pro chlazení | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Pomocná energie pro větrání | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Pomocná energie pro přípravu TV | | | | 473 | | |
| Hodnocení ENB | | | | | | |
| Celková měrná dodaná energie | 118.0 | 120.5 | 127.1 | 139.5 | 126.1 | 122.3 |
| Zařazení do energetické třídy | B | B | B | B | B | B |
| Neobnovitelná měrná primární energie | 152.9 | 155.7 | 163.0 | 176.6 | 161.9 | 157.7 |
| Zařazení do energetické třídy | B | B | B | B | B | B |

Tab. 7.5 - Výsledky energetické bilance pro model č. 5 v závislosti na umístění objektu

| Výpočetní model a umístění objektu | NKN II TNI 73031 | TRNSYS | | | |
|------------------------------------|---------------------|--------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
| | | model č. 5 Brno | model č. 5 Praha | model č. 5 Liberec | model č. 5 Suchý |
| Celková dodaná energie | 17693 | 19434 | 20313 | 20745 | 18386 |
| Neobnovitelná primární energie | 22940 | 23957 | 24925 | 25400 | 22804 |
| Celková primární energie | 23306 | 25222 | 26190 | 26665 | 24069 |



Obr. 7.11 - Měrné hodnoty celkové dodané energie v závislosti na umístění objektu



Obr. 7.12 - Měrné hodnoty neobnovitelné primární energie v závislosti na umístění objektu

7.3 Diskuze

V předchozích dvou kapitolách jsme se zabývali porovnáním výpočtů energetických potřeb vytápění a chlazení pomocí NKN II a programu TRNSYS. Určili jsme dopad těchto rozdílů na konečné hodnocení ENB podle platných právních předpisů.

Výpočet ENB pomocí NKN II vychází z platné legislativy. Tyto normy určují přesný postup výpočtu a uživatel nemůže do této metodiky zásadněji zasahovat. Jiné tomu je u výpočtu pomocí TRNSYSU. Ten umožňuje uživateli definovat problém na libovolné úrovni podrobnosti.

Vždy musíme volit míru podrobnosti adekvátně k řešenému problému. To platí i pro vstupní parametry. Jinou váhu pro nás bude mít přesnost součinitele přestupu tepla u výpočtu energetické náročnosti budovy a jinak tomu bude u výpočtu výměníku tepla.

Některé vstupy (např. klimatická data pro danou lokalitu) jsou objektivně naměřeny. U dalších parametrů (např. proměnné užívání budovy), se může do konečných výsledků promítnout míra jejich subjektivního nastavení.

Oba naše posuzované objekty jsou rodinné domy, ale rozdílného architektonického řešení. Moderní novostavba rodinného domu se na rozdíl od bungalovu skládá z velké části prosklených stavebních výplní, což má přímý dopad na velikost solárních zisků. Tyto zisky mají zase vliv na potřebu energie na chlazení. Viz model č. 3, kde u bungalovu (obr. 7.3) je potřebná energie na chlazení v porovnání s výpočtem pomocí NKN II o cca 38 % menší a u novostavby RD (obr. 7.7) je potřeba energie na chlazení v porovnání s NKN II o 62 % vyšší.

Je nutné také dodat, že ani u jednoho objektu nebyly uvažovány stínící prvky (žaluzie markýzy atd.), proto jsou výsledky ročních energetických potřeb na chlazení u některých modelů srovnatelné s ročními potřebami na vytápění. U modelu novostavby RD č. 4 a 5 jsou dokonce vyšší.

Dále z grafů v kap. 7.1 vyplývá, že výsledky energetických potřeb chlazení jsou náchylnější na použití vstupních hodnot měnící se v čase (model č. 3, 4 a 5), než výsledky potřeb na vytápění. V případě, že požadujeme přesnější výpočet energetických potřeb chlazení, je použití průměrných měsíčních hodnot nedostačující a může dojít ke značnému zkreslení výsledku.

Vzhledem k tomu, že ani jeden objekt nemá nainstalováno chladicí zařízení, (neznáme parametry zařízení atd.), nemůžeme určit dopad rozdílných potřeb chlazení u jednotlivých modelů na jejich hodnocení ENB podle platné legislativy. Toto by mohlo být tématem další práce.

Při vyhodnocování vlivu rozdílných potřeb energie vytápění na konečné hodnocení ENB jsme zjistili, že pouze v jednom případě (obr. 7.9 model č. 5 - klimatická data pro Liberec), se ukazatel ENB (celková dodaná energie za rok) dostane do horší energetické třídy.

Z toho se dá usuzovat, že hodnocení energetické náročnosti není tolik citlivé na použití detailnějších a časově proměnných vstupních dat.

7.4 Porovnání uživatelského komfortu a využitelnosti obou nástrojů pro projektové pracovníky

Uživatelský komfort

Jak bylo již mnohokrát uvedeno NKN II je primárně navržen pro posuzování ENB. Tomuto účelu je přizpůsobené i uživatelské prostředí - zadávání vstupních dat má logické

uspořádání a prezentuje postup bilančního hodnocení. Vše je navíc zpracováno v obecně známém excelovském prostředí (obr. 7.13). Spolu související hodnoty jsou soustředěny do jednotlivých listů, což zvyšuje celkovou přehlednost. Ke každému parametru je dostupný podrobný komentář s případným odkazem na normu. Z tohoto důvodu budoucí uživatel nepotřebuje žádné speciální školení a je schopen se s tímto nástrojem naučit pracovat samostatně. NKN II proto považujeme za vhodný i pro širší odbornou veřejnost.

| KATALOG TYPOVÝCH KONSTRUKCÍ | | | | | | |
|-----------------------------|--|----------------------|--------------------------------------|---|--|---|
| Parametry - nápověda | | | | | | |
| HODNOCENÁ BUDOVA | | | | REFERENČNÍ BUDOVA | | |
| Číslo | Identifikace konstrukce | Příslušná konstrukce | Součinitel prostupu tepla konstrukce | Prostřednost slunečního záření průsvitné konstrukce | Korekční číselní rámec průsvitného prvku | Identifikace konstrukce referenční budovy podle ČSN 730540 |
| | | | | | | |
| 1 | Vnější nosné S07 | NE | 0.162 | | | Stěna vnější |
| 2 | Okno A1- západ | ANO | 1.4 | 0.622 | 0.8 | Výplň otvoru ve vnější stěně a stěrné stěse. z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří |
| 3 | Okno A2- západ | ANO | 1.4 | 0.622 | 0.75 | Výplň otvoru ve vnější stěně a stěrné stěse. z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří |
| 4 | Okno A3- západ | ANO | 1.4 | 0.622 | 0.75 | Výplň otvoru ve vnější stěně a stěrné stěse. z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří |
| 5 | Okno A4- západ | ANO | 1.4 | 0.622 | 0.75 | Výplň otvoru ve vnější stěně a stěrné stěse. z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří |
| 6 | Okno A5- sever | ANO | 1.4 | 0.622 | 0.8 | Výplň otvoru ve vnější stěně a stěrné stěse. z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří |
| 7 | Okno A6- sever | ANO | 1.4 | 0.622 | 0.75 | Výplň otvoru ve vnější stěně a stěrné stěse. z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří |
| 8 | Okno A7- sever | ANO | 1.4 | 0.622 | 0.75 | Výplň otvoru ve vnější stěně a stěrné stěse. z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří |
| 9 | Okno A8- sever | ANO | 1.4 | 0.622 | 0.75 | Výplň otvoru ve vnější stěně a stěrné stěse. z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří |
| 10 | Okno A9- východ | ANO | 1.4 | 0.622 | 0.75 | Výplň otvoru ve vnější stěně a stěrné stěse. z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří |
| 11 | Vstupní okno A10-jih | ANO | 1.4 | 0.622 | 0.75 | Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu) |
| 12 | Okno A11- jih | ANO | 1.4 | 0.622 | 0.7 | Výplň otvoru ve vnější stěně a stěrné stěse. z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří |
| 13 | Rozšiřující profil pro A9 a A10 | NE | 0.57 | | | Stěna vnější |
| 14 | Podlaha 1NP -S02 - z garáže do obytného prostoru | NE | 0.136 | | | Strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru |
| 15 | Podlaha 1NP do venkovního prostoru S05 | NE | 0.104 | | | Strop s podlahou nad venkovním prostorem |
| 16 | Obvodová stěna garáže s venkem S10 | NE | 0.337 | | | Stěna vnější |
| 17 | Obvodová stěna garáže se zemínou S09 | NE | 2 | | | Stěna k nevytápěné půdě (se stěchou bez tepelné izolace) |
| 18 | Vstupní dveře do garáže | NE | 2.83 | | | Výplň otvoru vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí |
| 19 | Garážová vrata trido | NE | 2.83 | | | Výplň otvoru vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí |
| 20 | Podlaha garáže | NE | 2.002 | | | Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině |
| 21 | Podlaha 1NP-park do obytl. prost. | NE | 0.101 | | | Strop s podlahou nad venkovním prostorem |
| 22 | Střeška - strop nad1NP S06 | NE | 0.115 | | | Střeška plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně |

Obr. 7.13 - Ukázka uživatelského prostředí programu NKN II

TRNSYS je naproti tomu simulační nástroj sloužící pro modelování nejširšího spektra problémů, od tepelně-technického řešení stavebních prvků přes modely systémů TZB po komplexní modely budov. Tato univerzálnost je vykoupena poměrně náročným způsobem formulace problému a tvorby modelu, což zvyšuje celkové nároky na uživatele. Na rozdíl od NKN II, kde jen vyplníme vstupní údaje charakteristické pro danou budovu, musíme u TRNSYSU definovat celý výpočet. Z tohoto hlediska je nutné se s programem více seznámit, což může zabrat i desítky hodin studia. Vždy je nutná hluboká znalost fyzikální podstaty problému. TRNSYS je tedy z uživatelského hlediska velice náročný a u širší odborné společnosti bude těžko hledat oblibu a následně využití. Ukázku uživatelského prostředí TRNSYSU můžeme vidět například na obr. 6.19.

Využitelnost pro projektové pracovníky

Odpověď na otázku, zda je NKN II vhodný pro projektové pracovníky, není jednoznačná. Vždy záleží, k čemu dané výpočty slouží. V předchozích kapitolách jsme viděli jeho porovnání s energetickou simulací. Posouzení, zda se výsledky obou metod liší hodně či málo, je vždy subjektivní. Je nutné, aby projektant zvážil, jak přesné výsledky potřebuje. To nezáleží jen na systému, který navrhuje, ale i na dané budově. Například pro pasivní dům je přesná znalost energetického chování budovy opodstatněná a NKN II je pro výpočet příliš hrubým nástrojem.

Obecně chceme-li při stanovení očekávané potřeby energie dodané do budovy podrobněji rozlišit různé zdroje, klimatická data, způsoby regulace, nastavení parametrů vnitřního prostředí a jeho užívání nebo způsob využívání obnovitelných zdrojů energie, musíme provést komplexní výpočet, který umožní tyto vlivy zohlednit. Pro zjištění vzájemné interakce těchto vlivů je nejlepší využití právě energetické simulace. V tab. 7.6 je uvedeno, pro jaké aplikace je dle názoru autora NKN II dostačující a kde už je lepší využít jinou (přesnější) výpočetní metodu, právě energetickou simulaci.

Tab. 7.6 - Příklady vhodnosti využití daného výpočetního nástroje

| Účel výpočtu energetického chování | NKN II | Simulace |
|--------------------------------------|----------|-------------------|
| Návrh typu a velikosti zdroje tepla | Vhodný | Nemá opodstatnění |
| Jednání s dodavatelem o ceně energie | Vhodný | Nemá opodstatnění |
| Návrh velikosti uložště paliva | Vhodný | Nemá opodstatnění |
| Porovnání více řešení daného systému | Nevhodný | Vhodný |
| Podklad pro žádost o dotace | Vhodný | Nemá opodstatnění |
| Zpracování průkazu ENB | Vhodný | Nemá opodstatnění |
| Návrh otopné soustavy | Nevhodný | Nemá opodstatnění |
| Návrh solárních systémů | Nevhodný | Vhodný |
| Návrh rekuperační jednotky | Nevhodný | Vhodný |
| Návrh chlazení | Nevhodný | Vhodný |

ZÁVĚR

Cílem práce bylo zpracovat posouzení energetické náročnosti budov tzv. národním výpočetním nástrojem NKN II a porovnat je s energetickou simulací v programu TRNSYS. Dále porovnat jednotlivé výsledky, popřípadě zdůvodnit rozdíly a také porovnat oba nástroje z pohledu uživatelského komfortu a možnosti využití pro projektové pracovníky.

Pro naplnění těchto cílů byly provedeny výpočty dvou objektů. V obou případech se jednalo o rodinné domy s pracovním označením bungalov a moderní novostavba. Technická dokumentace obou staveb tvoří přílohu práce. Pro každou budovu byl proveden výpočet pomocí NKN II, který v souladu s platnou legislativou hodnotí energetickou náročnost budov. Výstupem tohoto výpočtu je tzv. průkaz energetické náročnosti budovy (PENB) a protokol o energetické náročnosti, který mimo jiné popisuje energetickou bilanci objektu.

Pro simulaci v programu TRNSYS bylo definováno pět výpočetních modelů (označených č. 1 až 5), které mají za úkol na různé úrovni podrobnosti počítat energetické nároky vytápění a chlazení. Jen tak jsme totiž schopni sledovat vlivy různých vstupních hodnot na konečné výsledky energetických potřeb.

U modelu č. 1 jsme se snažili co nejvíce přiblížit metodice výpočtu v NKN II. Použili jsme tedy stejná vstupní data, jenž udává technická normalizační informace (TNI 73031), tj. klimatická data, požadavky na větrání, vnitřní tepelné zisky, vnitřní podmínky pro vytápění a chlazení. Míra shody výsledků tohoto výpočetního modelu s NKN II prezentuje správnost definice budovy.

V dalších čtyřech modelech jsme postupně přidávali vlastní vstupní údaje, které lépe prezentují reálné podmínky, a sledovali jejich vliv na konečné výsledky energetických potřeb.

U modelu č. 5 jsme se snažili využít možností TRNSYSU v maximální rozumné míře. Jedná se tedy o nejpodrobnější model, u něhož je, na rozdíl od předchozích případů, uvažována každá místnost jako jedna zóna. Pro každou jednotlivou zónu je pak pomocí řídicích profilů nastaveno předpokládané užívání (časově závislé vnitřní zisky podle výskytu osob, zapínání spotřebičů a osvětlení) a specifická teplota pro režim vytápění a chlazení. Abychom mohli vyhodnotit závislost hodnocení energetické náročnosti budovy na vnějších podmínkách, jsou mimo klimatických dat specifikovaných pro oblast, kde je objekt umístěn, použita rovněž klimatická data pro Prahu, Brno a Liberec.

Závěrečná kapitola je věnována porovnání výsledků dílčích energetických potřeb chlazení a vytápění, získaných oběma výpočetními nástroji. Zkoumán je rovněž vliv těchto rozdílů na konečné hodnocení ENB podle platné legislativy.

Rozdíly ve výsledcích roční potřeby energie na vytápění bungalovu odpovídají předpokládanému průběhu. U modelu č. 1 a č. 2 jsou výsledky téměř shodné s NKN II. Pro model č. 3 je rozdíl největší - činí 921 kWh, což představuje cca 10 %. Pro model č. 5 je to o něco méně.

U novostavby rodinného domu jsou rozdíly mezi jednotlivými výpočty podstatně větší. Největší rozdíl je opět u modelu č. 3, a to 2165 kWh, což představuje odchylku 30 %. U modelu č. 5 činí rozdíl v roční potřebě vytápění v porovnání s NKN II jen 436 kWh, tzn. procentuálně 6 %.

Obecně můžeme říci, že u bungalovu jsou výsledky jednotlivých výpočtů potřeb vytápění podobné a proto nás nepřekvapí, že po přepočítání podle platné legislativy se nezmění ani hodnocení dílčích ukazatelů ENB. Překvapivé to je ale u novostavby RD, kdy i vcelku velké odchylky od výpočtu pomocí NKN II, budovu nezačlení do jiné energetické třídy.

Vzhledem k tomu, že ani v jednom posuzovaném objektu není nainstalováno chladicí zařízení, se rozdíly v potřebách energie na chlazení nepromítají do hodnocení ENB podle platné legislativy. To ovšem nic nemění na důležitosti zjištění, že rozdíly potřeb energie na chlazení se dosti liší. U bungalovu je největší rozdíl u modelu č. 5, a to konkrétně 1406 kWh, což představuje 128 %. U novostavby pak 4184 kWh, tedy rozdíl 80 %.

Vzhledem k dosaženým výsledkům a následnému porovnání lze konstatovat, že pro detailnější znalost energetických potřeb není metodika výpočtu, kterou používá NKN II, úplně vhodná. Obzvláště pak u výsledků potřeb na chlazení, jenž jsou velice citlivé na použitá klimatická data a časově proměnném užívání budovy. Přístup NKN II, kdy se používají stejné klimatické podmínky pro celou ČR, je nevhodný a pro projektanta chlazení nemají výsledky vypovídající hodnotu. Pro energetického specialistu, který hodnotí ENB, je však NKN II velice vhodným pomocníkem.

POUŽITÉ ZDROJE

- [1] *Nákladová efektivita investic do energetické účinnosti v rámci politiky soudržnosti*. Luxembourg: Publications Office, 2012. ISBN 978-929-2410-230.
- [2] Energy Efficiency: Buildings. *European Commission: Energy* [online]. Brusel: European Union, ©1995-2016 [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings>
- [3] Benefits: Thermal losses and heat protection. *European Association for External Thermal Insulation* [online]. Německo: EAE, 2013 [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: [http://www.ea-etics.eu/\(73uub5xqy8ujgg44448\)-6nCAeD/views/etics/benefits/index.html](http://www.ea-etics.eu/(73uub5xqy8ujgg44448)-6nCAeD/views/etics/benefits/index.html)
- [4] URBAN, Miroslav. *Manuál pro využití výpočetního nástroje NKN* [online]. Praha: ČVUT v Praze, 2010 [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: https://www.ib.cvut.cz/sites/default/files/Studijni_materialy/EABI/MUR_skripta_IB.pdf
- [5] KLAZAR, Luděk. *Nároky a náročnost, potřeba a spotřeba, teplo a energie*. TZBINFO: stavba [online]. Praha, 18-3-2003 [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1412-naroky-a-narocnost-potreba-a-spotreba-teplo-a-energie>
- [6] Vyhláška č. 78/2013 Sb. *o energetické náročnosti budov ze dne 22.3.2013* [online]. [cit. 2016-02-06]. Dostupný z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2013-78/>
- [7] ČVUT, Fakulta stavební, katedra technických zařízení budov. *NKN II* [online]. [cit. 2016-10-06]. Dostupný z: <http://nkn.fsv.cvut.cz/>
- [8] VAVERKA, Jiří. *Stavební tepelná technika a energetika budov*. Brno: VUTIUM, 2006. ISBN 80-214-2910-0
- [9] ČSN EN ISO 13790. *Energetická náročnost budov – Výpočet spotřeby energie na vytápění a chlazení*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
- [10] URBAN, Miroslav, Zbyněk SVOBODA, Karel KABELE, Daniel ADAMOVSÝ a Michal KABRHEL. *Metodika bilančního výpočtu energetické náročnosti budov* [online]. Metodická příručka, závěrečná zpráva. Praha: ČVUT v Praze, 2009 [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Vypocet_ENB_metodicka_pri_rucka.pdf
- [11] Vyhláška č. 194/2007 Sb. *kteřou se stanoví pravidla pro vytápění a dodávku teplé vody, měrné ukazatele spotřeby tepelné energie pro vytápění a pro přípravu teplé vody a požadavky na vybavení vnitřních tepelných zařízení budov přístroji regulujícími dodávku tepelné energie konečným spotřebitelům ze dne 17. 7. 2007* [online]. [cit. 2016-02-06]. Dostupný z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2007-194>
- [12] PICHOVÁ, Lenka. *Tepelné chování a energetická náročnost nízkoenergetické administrativní budovy*. Brno, 2013. 131 s., 3 x výkres příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce doc. Ing. Ondřej Šikula, Ph.D.
- [13] TRNSYS [online]. Madison (Wisconsin): Thermal Energy System Specialists, 2016 [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: <http://www.trnsys.com/>
- [14] Prostup tepla vícevrstvou konstrukcí a průběh teplot v konstrukci: Materiály dle firemních katalogů. *TZBINFO: stavba* [online]. Praha: Topinfo, ©2001-2016 [cit. 2016-

- 05-21]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/140-prostup-tepla-vicestvrstvou-konstrukci-a-prubeh-teplot-v-konstrukci>
- [15] TNI 73 0331. *Energetická náročnost budov - Typické hodnoty pro výpočet*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013.
- [16] ČSN EN ISO 10077-1. *Tepelné chování oken, dveří a okenic – Výpočet součinitele prostupu tepla*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [17] ČSN EN ISO 6946. *Stavební prvky a stavební konstrukce – Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla - Výpočtová metoda*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
- [18] URBAN, M. KABELE, K. Katedra technických zařízení budov, fakulta stavební, ČVUT v Praze. *Národní kalkulační nástroj II - NKN II verze 3.052* [software]. Prosinec 2014 [přístup 12.12.2014] Dostupné z: <http://nkn.fsv.cvut.cz/download-nkn>
- [19] ČSN EN ISO 12831. *Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [20] PAVELEK, Milan. *Termomechanika*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011. ISBN 978-80-214-4300-6.
- [21] JÍCHA, Miroslav. *Přenos tepla a látky*. Brno: CERM, 2001. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-214-2029-4.

POUŽITÉ SYMBOLY A ZKRATKY

symboly

| | | |
|------------------|---|-------------------|
| $A_{i,z}$ | Plocha konstrukce | m^2 |
| $b_{i,z}$ | Činitel teplotní redukce | - |
| C_i | Měrná tepelná kapacita vrstvy konstrukce | $J/(kg \cdot K)$ |
| c_{pa} | Měrná tepelná kapacita vzduchu při konstantním tlaku | $J/(kg \cdot K)$ |
| d_i | Tloušťka jednotlivé vrstvy konstrukce | m |
| EnP | Neobnovitelná primární energie | kWh/rok |
| $e_{r,sys}$ | Součinitel odběru elektřiny ventilátoru závislý na typu zpětného chlazení | - |
| F_{gl} | Korekční činitel rámu průsvitného prvku | - |
| $F_{sh,ob,z}$ | Korekční činitel stínění pevnými překážkami | - |
| $f_{C,sys,z}$ | Podíl dodané energie připadající na příslušný zdroj chladu | - |
| $f_{H,z,sys}$ | Podíl dodané energie připadající na zdroj tepla | - |
| $f_{r,sys}$ | Střední součinitel provozu zpětného chlazení | - |
| g_{gl} | Propustnost slunečního záření | - |
| $H_{tr,z}$ | Měrný tepelný tok prostupem | W/K |
| $H_{ve,z}$ | Měrný tepelný tok větráním | W/K |
| n_z | násobnost výměny vzduchu | 1/s |
| $Q_{C,ht,z,j}$ | potřeba energie na pokrytí tepelné ztráty | GJ |
| $Q_{C,nd,z,j}$ | Potřeba energie na chlazení | GJ |
| $Q_{fuel,C}$ | Roční dodaná energie na chlazení | GJ |
| $Q_{aux,C}$ | Roční dodaná energie systému chlazení | GJ |
| $Q_{C,dis,z,j}$ | Dodaná energie do distribučního systému chlazení | GJ |
| $Q_{H,dis,z,j}$ | Dodaná energie do distribučního systému vytápění | GJ |
| $Q_{aux,H}$ | Roční dodaná pomocná energie systému vytápění | GJ |
| $Q_{fuel,H}$ | Roční dodaná pomocná energie systému vytápění | GJ |
| $Q_{H,nd,z,j}$ | Roční potřeba energie na vytápění | GJ |
| $Q_{H,sc,z,j}$ | Energie pro vytápění vyrobená systémem solárních kolektorů | GJ |
| $Q_{H,ht,z,j}$ | Potřeba energie na pokrytí tepelné ztráty | GJ |
| $Q_{H,gn,z,j}$ | Velikost tepelných zisků | GJ |
| $Q_{int,z,j}$ | Vnitřní tepelné zisky | GJ |
| $Q_{H,sol,z,j}$ | Solární zisky | GJ |
| $Q_{int,oc,z,j}$ | Vnitřní zisky od osob | GJ |
| $Q_{int,ap,z,j}$ | Vnitřní zisky od spotřebičů | GJ |
| $Q_{int,L,z,j}$ | Vnitřní zisky od osvětlení | GJ |
| $Q_{int,u,z,j}$ | Vnitřní zisky z vedlejších nevytápěných prostor | GJ |
| R | Tepelný odpor stěny | $m^2 \cdot K/W$ |
| R_i | Tepelný odpor jednotlivé vrstvy konstrukce | $m^2 \cdot K/W$ |
| R_{se} | Tepelný odpor na svislé vnější straně konstrukce | $m^2 \cdot K/W$ |
| R_{si} | Tepelný odpor na svislé vnitřní straně konstrukce | $m^2 \cdot K/W$ |
| R_{sui} | Tepelný odpor na vodorovné vnitřní straně konstrukce (tok směrem nahoru) | $m^2 \cdot K/W$ |
| R_{sdi} | Tepelný odpor na vodorovné vnitřní straně konstrukce (tok směrem dolů) | $m^2 \cdot K/W$ |
| t_{im} | Průměrná teplota v interiéru | $^{\circ}C$ |
| t_{em} | Průměrná teplota v interiéru | $^{\circ}C$ |
| t_j | Délka časového úseku | s |
| U_{em} | Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy | $W/(m^2 \cdot K)$ |
| $U_{i,z}$ | Součinitel prostupu tepla | $W/(m^2 \cdot K)$ |

| | | |
|-----------------------|---|-------------------|
| U_w | Součinitel prostupu tepla stavební výplně | $W/(m^2 \cdot K)$ |
| $\Delta U_{tbm,z}$ | Průměrný vliv tepelných vazeb | $W/(m^2 \cdot K)$ |
| $V_{v,z}$ | Objemový tok vzduchu | m^3/s |
| $\gamma_{H,gn,z,j}$ | Poměr tepelných zisků a tepelných ztrát | - |
| ρ_a | Hustota | kg/m^3 |
| $\eta_{C,ls,z,j}$ | Stupeň využití tepelných ztrát | - |
| $\eta_{C,em,z}$ | Účinnost sdílení chladu | - |
| $\eta_{C,gen,sys}$ | Účinnost systému distribuce energie na chlazení | - |
| $\eta_{H,sys}$ | Účinnost systému distribuce energie na vytápění do zóny | - |
| $\eta_{H,em,z}$ | Účinnost sdílení tepla mezi vytápěnou zónou a systémem | - |
| $\eta_{H,dis,z}$ | Účinnost systému distribuce energie na vytápění do zóny | - |
| $\eta_{H,gn,z,j}$ | Stupeň využití tepelných zisků | - |
| $\vartheta_{H,i,z,j}$ | Průměrná vnitřní návrhová teplota v režimu vytápění | $^{\circ}C$ |
| $\vartheta_{e,j}$ | Průměrná venkovní teplota | $^{\circ}C$ |
| λ_i | Součinitel tepelné vodivosti jednotlivé vrstvy konstrukce | $W/(m \cdot K)$ |

Zkratky

| | |
|--------|--|
| ENB | Energetická náročnost budovy |
| EU | Evropská unie |
| NKN II | Národní kalkulační nástroj (druhá verze) |
| PENB | Průkaz energetické náročnosti budovy |
| RD | Rodinný dům |
| TNI | Technická normalizační informace |
| TZB | Technická zařízení budov |

PŘÍLOHY

- Příloha 1 Stavební výkres Bungalovu, č.v. B01, formát A2
- Příloha 2 Stavební výkres 1.NP Moderní novostavby, č.v M01, formát A2
- Příloha 3 Stavební výkres 2 NP Moderní novostavby, č.v M02, formát A2
- Příloha 4 ENB bungalovu v programu NKN II (pouze elektronicky na přiloženém CD)
- Příloha 5 ENB novostavby RD v programu NKN II (pouze elektronicky na přiloženém CD)
- Příloha 6 Energetické simulace (pouze elektronicky na přiloženém CD)