

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ**

**FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**KATEDRA MĚŘENÍ**



**INTELIGENTNÍ VILA S TĚMĚŘ NULOVOU SPOTŘEBOU  
ENERGIE**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

2019

Bc. Lucie Bartoňová

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

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Bartoňová** Jméno: **Lucie** Osobní číslo: **421423**  
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**  
Zadávající katedra/ústav: **Katedra měření**  
Studijní program: **Inteligentní budovy**

## II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

**Inteligentní vila s téměř nulovou spotřebou energie**

Název diplomové práce anglicky:

**Intelligent villa in nZEB standard**

Pokyny pro vypracování:

Zpracujte studii na téma budovy s téměř nulovou spotřebou energie a porovnejte s dalšími hodnotícími systémy používanými v ČR i ve světě (např. pasivní dům, aktivní dům). Na zadaný objekt rodinné vily navrhnete parametry stavebních konstrukcí a koncept technických zařízení tak, aby objekt splňoval požadavek nZEB. Pro dané řešení technických systémů specifikujte systém inteligentního řízení vytápění, větrání, chlazení, přípravu teplé vody a osvětlení.

Seznam doporučené literatury:

- [1] Garlík, B. Inteligentní budovy Praha: BEN - technická literatura, 2012. ISBN 978-80-7300-440-8.
- [2] Merz Hermann, Hansemann Thomas: Automatizované systémy budov. Sdělovací systémy KNX/EIB, LON a BACnet. Grada Publishing a.s. 2008, ISBN 978-80-247-2367-9
- [3] Zeeshan A., Mutjaba A., Smart house. Artificially Intelligent Home House Automation System, VDM Verlag, ISBN 978-3-639-32410-5

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

**prof. Ing. Karel Kabele, CSc., katedra technických zařízení budov FSv**

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

Datum zadání diplomové práce: **15.02.2019**

Termín odevzdání diplomové práce: \_\_\_\_\_

Platnost zadání diplomové práce:  
**do konce letního semestru 2019/2020**

prof. Ing. Karel Kabele, CSc.  
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Pavel Řípka, CSc.  
podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

12.3.2019  
Datum převzetí zadání

\_\_\_\_\_  
Podpis studentky

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci vypracovala zcela samostatně s použitím uvedené literatury a podkladů.

## **Poděkování**

Velice děkuji svému vedoucímu diplomové práce prof. Ing. Karlovi Kabelemu, CSc. za vždy vstřícný přístup, cenné rady, připomínky a podněty při zpracování této práce.

## **Anotace**

Diplomová práce se zabývá studii na téma budovy s téměř nulovou spotřebou energie a porovnáním s dalšími hodnotícími systémy v ČR a ve světě. Následně je na vybraný rodinný dům navržen koncept technického zařízení a vypracován průkaz energetické náročnosti. Poslední částí je specifikace inteligentního řízení vytápění, větrání, chlazení, přípravy teplé vody a osvětlení.

## **Klíčová slova:**

Diplomová práce, rodinný dům, budova s téměř nulovou spotřebou energie, nZEB, inteligentní budova, průkaz energetické náročnosti, inteligentní řízení

## **Anotation**

The diploma thesis includes a study of nearly zero energy buildings and a comparison with other evaluating systems in Czech Republic and in the world. Next part of thesis is about technical solution of particular family house, including smart control system of heating, ventilation, cooling and lighting.

## **Key words:**

Diploma thesis, family house, nearly zero energy building, nZEB, smart house, smart control

## **OBSAH**

### ÚVOD

#### A) ENERGETICKÉ HODNOCENÍ BUDOV

1. Systémy hodnocení v České republice
  - a) Význam a právní rámec
  - b) Vymezení pojmů
  - c) Ukazatele energetické náročnosti
2. Nástroje hodnocení budov
  - a) PENB
  - b) Energetický audit
3. Energetické kategorie budov
  - I. Nepovinné hodnocení
    - a) Nízkoenergetické budovy
    - b) Pasivní budovy
    - c) Nulové budovy
    - d) Aktivní budovy
  - II. Povinné hodnocení
    - a) Budovy s téměř nulovou spotřebou
4. Systémy hodnocení v zahraničí
  - a) Velká Británie – Anglie a Wales
  - b) Švýcarsko
  - c) Slovensko

#### B) KONCEPT TECHNICKÉHO ZAŘÍZENÍ BUDOVY

1. Základní údaje
2. Parametry stavebních konstrukcí
3. Celkový přehled energií procházející skrze budovu
4. Vytápění
  - a) Koncept
  - b) Tepelné čerpadlo
  - c) Desková otopná tělesa
  - d) Podlahové vytápění
5. Elektrická energie
6. Voda
7. Větrání

- 8. Průkaz energetické náročnosti
  - a) Součinitel prostupu tepla
  - b) Zónování budovy
- C) INTELIGENTNÍ ŘÍZENÍ
  - ÚVOD
  - 1. Inteligentní budova a její stupně inteligence
  - 2. Základní systémy řízení
  - 3. Zpracování dat v inteligentních budovách
  - 4. Vybrané příklady protokolů
  - 5. Návrh řešení jednotlivých částí systému
    - a) Řídící jednotka
    - b) RFox bezdrátová sběrnice
    - c) Sběrnice CIB
    - d) Senzory
    - e) Spínací jednotky
    - f) Nástěnné ovladače
  - 6. Řízené oblasti v rodinném domě
    - a) Vytápění
    - b) Větrání
    - c) Příprava teplé vody
    - d) Osvětlení
    - e) Chlazení
- D) ZÁVĚR
- E) SEZNAM PŘÍLOH
- F) LITERATURA A ZDROJE

## ÚVOD

V dnešní době si už většina z nás uvědomuje globální environmentální problémy, které negativně ovlivňují životní prostředí kolem nás. Patří mezi ně například globální klimatické změny, které se projevují zvyšováním teploty v okolí. Pro člověka to zprvu nemusí být nijak negativně vnímáno, jedná-li se jen o několik stupňů v časově dlouhém období. Problém je, že se tato změna postupně promítá například do zvyšování hladin oceánů, které se projevují zejména v zemích sousedních s oceány s nízkou nadmořskou výškou. Dále dochází ke zvyšování teploty vod, která může vést ke změnám přirozeného prostředí pro tamní organismy. Pro člověka může být nejvíce zjevné zvýšení četnosti přírodních katastrofických jevů jako jsou záplavy, extrémní sucho, hurikány atd.

Jedním z faktorů, který ovlivňuje naše klima jsou tzv. skleníkové plyny, neznámější z nich je oxid uhličitý  $\text{CO}_2$ . Oxid uhličitý se v atmosféře vyskytuje přirozeně, ale lidská činnost zvyšuje jeho koncentraci. Mezi největší zdroje z lidské činnosti patří spalování fosilních paliv, které nejenže produkují velké množství znečišťujících látek, ale zároveň při nadměře jejich spotřeby dochází k rychlému úbytku zásob a dlouhodobé využívání není možné. Jedná se například o hnědé a černé uhlí, zemní plyn a ropu.

Vzhledem k tomu, že budovy spotřebují téměř 40% energie [1], má určitě smysl se zabývat snižováním spotřeby v tomto sektoru. V praxi to znamená navrhovat a realizovat domy, které zbytečně neplýtvají energií a dokáží využít obnovitelné zdroje energie. Přidanou hodnotou může být i vyšší uživatelský komfort, který často tato řešení provází.



# A) ENERGETICKÉ HODNOCENÍ BUDOV

## 1. Systémy hodnocení v České republice

### a) Význam a právní rámec

V roce 2010 byl v rámci Evropské unie odsouhlasen a zároveň uveden v účinnost dokument Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU o energetické náročnosti budov. V této směrnici jsou uvedeny požadavky, které musí země Evropské Unie přijmout do své legislativy k 1.1.2013. Cílem tohoto dokumentu je snižování energetické náročnosti budov. Článek 9 se zabývá konkrétně budovami s téměř nulovou spotřebou energie.

*„1. Členské státy zajistí, aby:*

*a) do 31. prosince 2020 všechny nové budovy byly budovami s téměř nulovou spotřebou energie a*

*b) po dni 31. prosince 2018 nové budovy užívané a vlastněné orgány veřejné moci byly budovami s téměř nulovou spotřebou energie.*

*Členské státy vypracují vnitrostátní plány na zvýšení počtu budov s téměř nulovou spotřebou energie. Tyto vnitrostátní plány mohou obsahovat cíle rozlišené v závislosti na kategorii budovy.“ [2]*

V České republice je klíčový zákon 406/2000Sb. o hospodaření energií, na který navazuje vyhláška 148/2007 Sb. a vyhláška 78/2013Sb. V zákoně 406/2000Sb. je definována povinnost stavebníka s ohledem na energetickou náročnost budovy na to následovně:

*„(1) Stavebník, vlastník budovy nebo společenství vlastníků jednotek 5) musí zajistit splnění požadavků na energetickou náročnost budovy a splnění porovnávacích ukazatelů, které stanoví prováděcí právní předpis 6a), a dále splnění požadavků stanovených příslušnými harmonizovanými českými technickými normami. “ [3]*

Dále jsou zde přesně uvedena závazná data pro jednotlivé typy budov, od kterých je již nutné splňovat požadavky na energetickou náročnost dle daných právních předpisů. Momentální standart je již tzv. budova s téměř nulou spotřebou energie, pouze pro budovy s celkovou vztahnou plochou do 350 m<sup>2</sup> bude toto pravidlo platit až od 1.1.2020.

*„Snižování energetické náročnosti budov*

*(1) V případě výstavby nové budovy je stavebník povinen plnit požadavky na energetickou náročnost budovy podle prováděcího právního předpisu a při podání žádosti o stavební povolení, žádosti o společné povolení, kterým se stavba umísťuje a povoluje, žádosti o změnu stavby před jejím dokončením s dopadem na její energetickou náročnost nebo ohlášení stavby to doložit průkazem energetické náročnosti budovy, který obsahuje hodnocení*

*a) splnění požadavků na energetickou náročnost budovy na nákladově optimální úrovni od 1. ledna 2013,*

*b) splnění požadavků na energetickou náročnost budovy s téměř nulovou spotřebou energie, a to v případě budovy, jejímž vlastníkem a uživatelem bude orgán veřejné moci nebo subjekt zřízený orgánem veřejné moci (dále jen „orgán veřejné moci“) a jejíž celková energeticky vztažná plocha bude*

*1. větší než 1500 m<sup>2</sup>, a to od 1. ledna 2016,*

*2. větší než 350 m<sup>2</sup>, a to od 1. ledna 2017,*

*3. menší než 350 m<sup>2</sup>, a to od 1. ledna 2018,*

*c) splnění požadavků na energetickou náročnost budovy s téměř nulovou spotřebou energie, a to v případě budovy s celkovou energeticky vztažnou plochou větší než 1500 m<sup>2</sup> od 1. ledna 2018, v případě budovy s celkovou energeticky vztažnou plochou větší než 350 m<sup>2</sup> od 1. ledna 2019 a v případě budovy s celkovou energeticky vztažnou plochou menší než 350 m<sup>2</sup> od 1. ledna 2020“ [2]*

Zákon 406/2000Sb. se zabývá i energetickými štítky, podmínkami energetických auditorů a definuje postup při řešení přestupků.

## **b) Vymezení pojmů**

Pro další práci je vhodné vysvětlit základní pojmy, které se týkají energetického hodnocení budov. Zestručněno z vyhlášky 78/2013 Sb. :

- a) Referenční budova – totožná budova, která se liší pouze tím, že její vlastnosti nabývají referenčních hodnot
- b) Typické užívání budovy – obvyklý způsob využívání budovy
- c) Venkovní prostředí – přilehlé okolí

- d) Vnitřní prostředí – definované parametry prostředí uvnitř zóny (vzduch, osvětlení)
- e) Přirozené větrání – větrání pomocí rozdílu tlaků vzduchu uvnitř a vně budovy
- f) Nucené větrání – větrání, které je zajišťováno mechanickým zařízením
- g) Energonositel – zdroj energie
- h) Vypočtená spotřeba energie – stanovená pro typické užívání budovy, včetně účinností
- i) Pomocná energie – energie potřebná pro provoz techniky
- j) Primární energie – energie, která neprošla přeměnou
- k) Faktor primární energie – koeficient pro násobení složek dodané energie k získání odpovídajícího množství celkové primární energie
- l) Faktor neobnovitelné primární energie - koeficient pro násobení složek dodané energie k získání odpovídajícího množství neobnovitelné primární energie

[3]

### **c) Ukazatele energetické náročnosti**

Ve vyhlášce 78/2013Sb. jsou vyjmenovány a definovány ukazatele energetické náročnosti budov, podle kterých hodnotíme jednotlivé budovy.

*(1) Ukazatele energetické náročnosti budovy jsou*

*a) celková primární energie za rok,*

*b) neobnovitelná primární energie za rok,*

*c) celková dodaná energie za rok,*

*d) dílčí dodané energie pro technické systémy vytápění, chlazení, větrání, úpravu vlhkosti vzduchu, přípravu teplé vody a osvětlení za rok,*

*e) průměrný součinitel prostupu tepla,*

*f) součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí na systémové hranici,*

*g) účinnost technických systémů.*

[4]

#### **d) Energetická spotřeba a budoucnost**

Vzhledem k tomu, že většina plánů a norem směřovala k roku 2020, který je již za dveřmi a většina opatření je již platná, je třeba se zabírat novými cíli. Nová směrnice o energetické náročnosti vyšla 30.5.2018 pod označením 2018/844/EU. I nadále pokračuje snaha o snížení emisí skleníkových plynů a do roku 2030 by měla produkce klesnout alespoň o 40% ve srovnání s rokem 1990. Cílem je vytvořit do roku 2050 evropský udržitelný dekarbonizovaný energetický systém.

Nově bude kladen důraz na již stojící budovy, které by se po renovaci měly stát budovami s téměř nulovou spotřebou energie. Další novinkou je vyzvednutí automatizace budov, zejména instalace samoregulačních zařízení pro regulaci teploty v místnosti. Od roku 2025 by měly být všechny neobytné budovy vybaveny systémy automatizace. Nově se také zavádí dobrovolný ukazatel připravenosti na chytrá řešení SRI.

Obecně lze tedy říci, že vývoj v oblasti šetření energií v budovách rozhodně nekončí a naopak nás čekají nová opatření a řešení úsporných budov.

[5]

## 2. Nástroje hodnocení budov

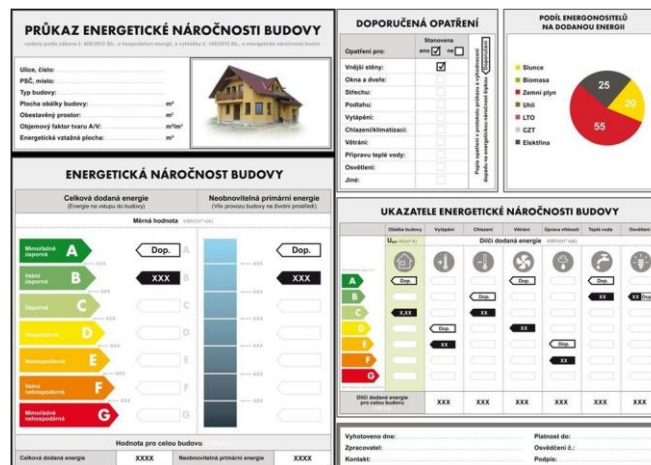
### a) PENB

[6]

Průkaz energetické náročnosti budov je součástí dokumentace a prokazuje dodržení obecných technických požadavků na výstavbu. Je nutný při výstavbě nových budov, při větších změnách budov s podlahovou plochou nad 1000 m<sup>2</sup>, které ovlivňují jejich energetickou náročnost, při prodeji a pronájmu. U novostaveb nad 1000 m<sup>2</sup> se musí posoudit i proveditelnosti alternativních systémů (decentralizované systémy dodávky energie využívající obnovitelné zdroje, kombinovanou výrobu elektřiny a tepla, dálkové nebo blokové vytápění, tepelná čerpadla).

Průkaz se skládá z protokolu a z grafické části. Protokol je podrobný dokument se základními informacemi o hodnocené budově, s popisem technických systémů a energetické náročnosti. Důležitou částí jsou doporučená opatření pro snížení energetické náročnosti. Grafická část je nejnázornější a je vhodná pro rychlou orientaci v požadavcích budovy. Výhoda průkazu je, že umožňuje budovu zatřídit do příslušné energetické třídy A-G nejen jako celek, ale i v jednotlivých kategoriích jako je vytápění, chlazení, větrání, hospodaření s vodou, osvětlení atd. Tento přehled může pomoci i během návrhu budovy, jelikož přehledně ukáže, kde má budova nejhorší energetické požadavky a kam je nejhodnější zacílit změny za účelem úspor.

Provozovatelé budov s typem využití uvedeným dle zákona 406/2000 Sb. jsou povinováni umístit průkaz na veřejně přístupném místě.



Obrázek 1 Vzorový průkaz energetické náročnosti budovy

## **b) Energetický audit**

Energetický audit se podle zákona č. 406/2000 Sb. musí zpracovávat u jednotek a zařízení, které mají spotřebu na všech odběrných místech vyšší než určená hranice. Limitní hodnoty jsou 1500 GJ/rok u složek státu, krajů a obcí, 35000 GJ/rok u fyzických a právnických osob (bytová družstva, sdružení vlastníků, firmy,..). Audit se poté zpracuje pouze na budovy s celkovou spotřebou vyšší než 700 GJ/rok. [7]

Energetický audit je nejkompexnější zhodnocení budovy. Zabývá se všemi energiemi budov (voda, elektřina, plyn, teplo), technologiemi technického zařízení i stavebními konstrukcemi. Výsledkem je návrh úsporných řešení, výběr nevhodnější varianty a ekonomická rozvaha dané varianty. [7]

Energetický audit se nemusí zpracovávat pouze pro nový projekt, velké využití má zejména při rozhodování o rekonstrukcích a úpravách stávajících objektů. Výsledkem dobrého energetického auditu je kvalitně popsany stávající stav budovy a jejího provozu. Pro majitele budovy to může znamenat i velké úspory, protože zjistí, kde jsou největší slabiny budovy a kde je potenciál v úsporách energií, tzn. i finančních prostředků. Závěrečná ekonomická rozvaha poskytne majiteli informace o tom, zda se opravdu změny finančně vyplatí a případně za jak dlouhou dobu. Těchto možností využívá mnoho osob i firem dobrovolně jako součást investičních rozvah a plánování.

### 3. Energetické kategorie budov

Následuje podrobnější popis jednotlivých kategorií budov, které jsou sestupně seřazeny podle svých energetických nároků a potřeb. Nutno podotknout, že všechny tyto budovy jsou velkým pokrokem v oblastech stavebnictví i životního prostředí. Pro srovnání, starší zástavba má měrnou tepelnou potřebu tepla na vytápění běžně kolem  $150 \text{ kWh/m}^2$  za rok, setkáme se však i s hodnotami do  $300 \text{ kWh/m}^2$  za rok. Důvodem takto vysokých hodnot jsou vysoké tepelné ztráty objektů, které mohou mít podobu unikajícího tepla skrz konstrukce, nebo přirozeným větráním a velkým únikem tepla okny.

Ve stínu těchto informací se potom jeví i nízkoenergetické budovy s měrnou spotřebou  $50 \text{ kWh/m}^2$  za rok jako velmi úsporné řešení, protože mají až šestinovou spotřebu ve srovnání se starou zástavbou.

[8]

**I. Nepovinné** rozdělování budov do kategorií (tzn. budovy můžeme takto dělit, ale z normového hlediska takové dělení provádět nemusíme).

#### a) Nízkoenergetické budovy

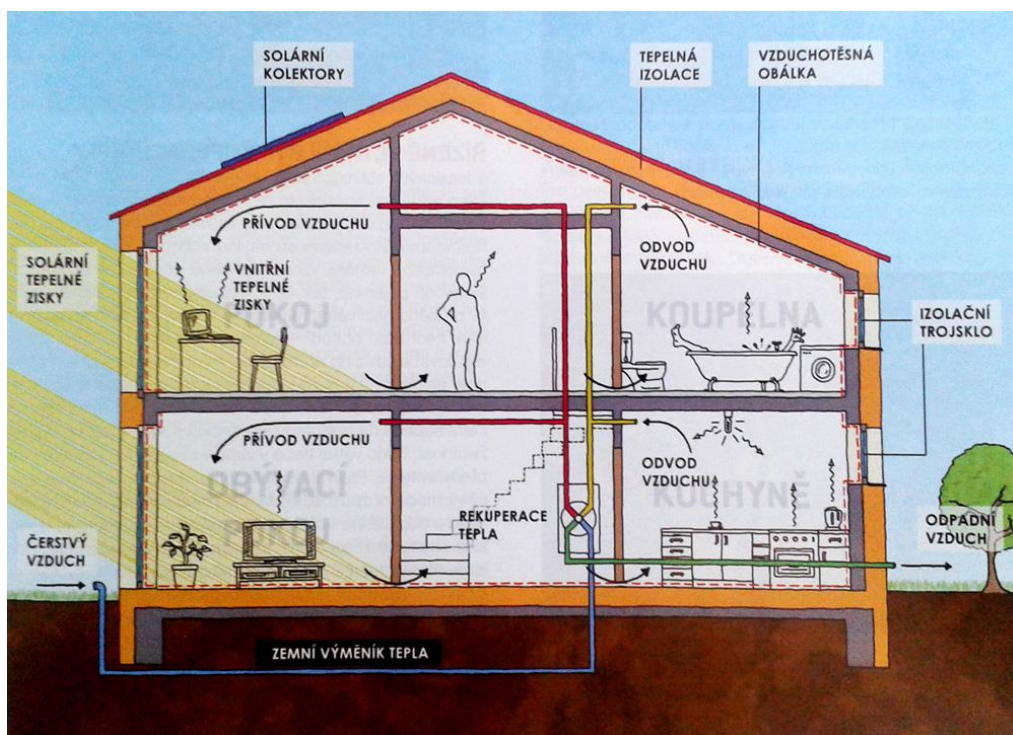
ČSN 0540-2

Nízkoenergetické budovy jsou budovy, pro které je charakteristická nízká spotřeba energie na vytápění. Takto nízké potřeby jsou důsledkem optimalizace obálky budovy.

Za nízkoenergetickou budovu můžeme považovat takovou stavbu, která má hodnotu měrné potřeby tepla na vytápění menší než  $50 \text{ kWh/m}^2$  za rok .

#### b) Pasivní budovy

Pasivní domy mají minimalizovanou potřebu energie, která je potřeba na zajištění požadovaného vnitřního prostředí a minimalizovanou potřebu primární energie z neobnovitelných zdrojů na provoz. Nástrojem je optimalizované stavební řešení a úsporná opatření během návrhu budovy.



Obrázek 2 Schéma pasivní budovy

Konkrétně je pasivní dům podle normy ČSN 73-0540-2 budova, která má potřebu tepla na vytápění menší než  $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2)$  za rok, u rodinných domů  $20 \text{ kWh}/(\text{m}^2)$  za rok. Zároveň musí splňovat podmínky na hodnotu průměrného součinitele prostupu tepla, který se stanovuje podle vnitřní návrhové teploty. Dále se sledují hodnoty dodané energie na chlazení, na přípravu teplé vody, pomocná elektrická energie a dodaná elektrická energie, vždy podle příslušných norem a postupů.

Povinnou složkou hodnocení je kvalita obálky budovy z hlediska průvzdušnosti. Při tlakovém rozdílu  $50 \text{ Pa}$  nesmí intenzita výměny překročit hodnotu  $0,6 \text{ h}^{-1}$ .

Při posuzování potřeby primární energie se uvažuje množství energie a její typ, který je zastoupen faktorem energetické přeměny. Tento faktor může množství energie úměrně snížit nebo zvýšit, záleží na ekologické náročnosti zdroji energie. Dobrým příkladem může být například vytápění pomocí biomasy, která má faktor  $0,05$ , a vytápění elektrickou energií s faktorem  $3,0$ . Změnou systému můžeme tedy ovlivnit výslednou primární energii řádově stokrát. Běžnou volbou je vytápění zemním plynem, který má faktor energetické přeměny roven  $1,1$ .



Požadavky pro obytné budovy se dělí podle typu staveb na rodinné domy a bytové domy. Pro rodinné domy se doporučuje volit přísnější limity u spodní hranice intervalu, u kompaktních bytových domů by mělo být dostačující volit hodnoty blíží se hornímu okraji. Konkrétní hodnoty určuje tabulka.

Tabulka 1 Základní vlastnosti pasivních budov

		Průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em}$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	Měrná potřeba tepla na vytápění [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]	Měrná potřeba energie na chlazení [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]	Měrná potřeba primární energie [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]
Obytná budova	Rodinný dům	≤ 0,25 požadováno ≤ 0,20 doporučeno	≤ 20 požadováno ≤ 15 doporučeno	0 <sup>2)</sup>	≤ 60
	Bytový dům	≤ 0,35 požadováno ≤ 0,30 doporučeno	≤ 15	0 <sup>2)</sup>	≤ 60
Neobytná budova s převažující teplotou 18 °C – 22 °C		≤ 0,35 <sup>1)</sup>	≤ 15	≤ 15	≤ 120
Ostatní budovy		Požadavky stanoveny individuálně s využitím aktuálních poznatků odborné literatury			≤ 120
POZNÁMKY					
1) Uvedená hodnota je doporučená, nejvýše však musí být rovna odpovídající hodnotě $U_{em,rec}$ podle 5.3.2.					
2) Stavební řešení musí být takové, aby strojní chlazení nebylo potřebné. Pokud by výjimečně bylo dodatečně použito, musí být odpovídajícím způsobem zahrnuto do hodnocení primární energie, a to i kdyby se jednalo o individuální jednotky považované za elektrické spotřebiče.					

[9]

### c) Nulové budovy

Na nulové budovy jsou dle ČSN 0540-2 stejné požadavky co se týče průměrného součinitele prostupu tepla i měrné potřeby tepla na vytápění, ale měrná roční bilance potřeby a produkce energie vyjádřená v hodnotách primární energie z neobnovitelných zdrojů PEa je zde rovna 0. To znamená, že budova svou potřebu energie kompenzuje produkcí energie z obnovitelných zdrojů, například fotovoltaika, solární panely, spalování biomasy atd.

### d) Aktivní budovy

Energeticky aktivní domy jsou nejdokonalejším stupněm v hodnocení budov podle energetické potřeby. Jedná se o budovy, které mají extrémně nízkou potřebu energií a zároveň se aktivně podílejí na zisku energie. Je pro ně typické, že vytvoří více energie, než samy spotřebují.

Typické řešení je dům s fotovoltaickými panely na střeše, ale v dnešní době je možné tyto panely umísťovat i na fasádu a tím zvýšit efektivní plochu, která generuje energii. Pro ohřev vody je vhodné doplnění o solární kolektory. Jako doplňkový a záložní zdroj tepla může sloužit například krb nebo kotel na biomasu.

Snižování potřeby energie se dá i vhodným návrhem. Klíčové je správná orientace budovy vůči světovým stranám a správný návrh prosklených otvorů – oken, skleněných dveří a skleněných stěn. Jejich vlastnosti musí splňovat přísné požadavky na prostup tepla, aby teplo z interiéru neutíkalo ven. Zároveň je však důležité jejich rozmístění a geometrie. Skleněné výplně směřující na jih a západ generují velké solární zisky, které jsou ideální k ohřívání interiéru v zimě, ale velmi nevhodné pro letní období. Tento problém lze řešit vhodným stíněním. Nabízí se žaluzie vnitřní i venkovní ( venkovní jsou účinnější ), ale problém můžeme řešit i vhodně navrženou markýzou, která odstíní letní slunce a zimní vpustí do interiéru. Takto může fungovat i jiná konstrukce budovy – vhodně navržený balkon, přesah římsy, ale i hluboko posazené okno.



Obrázek 3 The home of life - první aktivní dům, Dánsko

## II. Povinné hodnocení budov (tzn. je nutné splnit normové požadavky)

### a) Budova s téměř nulovou spotřebou

Zákon 406/200Sb. v pozdějším znění říká, že budova s téměř nulovou spotřebou energie je

„budova s velmi nízkou energetickou náročností, jejíž spotřeba energie je ve značném rozsahu pokryta z obnovitelných zdrojů“ [4].

Pojem „velmi nízká energetická náročnost“ je řešena požadavkem na technické parametry budovy. Konkrétně jsou uvedeny ve vyhlášce 78/2013 Sb. Pro budovy s téměř nulovou spotřebou energie platí hodnota redukčního činitele základní hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla  $f_R = 0,7$ . Tento součinitel snižuje hodnotu průměrného součinitele prostupu tepla  $U_{em,N,20,R}$ , tzn. zpřísňuje podmínky pro konstrukci obálky budovy.

Druhá část definice „spotřeba energie je ve značném rozsahu pokryta z obnovitelných zdrojů“ je řešena jako „snížení hodnoty neobnovitelné primární energie stanovené pro referenční budovu (dosahitelné zvýšením využití obnovitelných zdrojů nebo zvýšením parametrů stavebních prvků obálky budovy nebo technických systémů budovy).“ [3] Pro rodinné domy je hodnota snížení rovna 25%, u bytových domů 20% a u ostatních 10%. Snížení neobnovitelné primární energie lze v návrhu dosáhnout například vhodnou rozvahou nad způsobem vytápění a chlazení – buď celkově snížit potřebu energie vhodným návrhem, nebo zvolit typ spotřeby s nízkým faktorem neobnovitelné primární energie (zvolit šetrnější zdroj energie).

Požadavky na nulové a téměř nulové budovy dle normy ČSN 0540-2:

Tabulka 2 Základní požadavky na energeticky nulové budovy

Závaznost kritéria		Požadovaná hodnota	Doporučená hodnota	Požadovaná hodnota podle zvolené úrovně hodnocení	
		Průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em}$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	Měrná potřeba tepla na vytápění $E_A$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]	Měrná roční bilance potřeby a produkce energie vyjádřená v hodnotách primární energie z neobnovitelných zdrojů $PE_A$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]	
				Úroveň A	Úroveň B
Obýtné budovy	Nulový	Rodinné domy ≤ 0,25	Rodinné domy ≤ 20	0	0
	Bližký nulovému	Bytové domy ≤ 0,35	Bytové domy ≤ 15	80	30
Neobýtné budovy <sup>2)</sup>	Nulový	≤ 0,35 <sup>1)</sup>	≤ 30	0	0
	Bližký nulovému			120	90

<sup>1)</sup> Uvedená hodnota je doporučená, nejvýše však musí být rovna odpovídající hodnotě  $U_{em,rec}$  podle 5.3.2.  
<sup>2)</sup> Neobýtné budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou 18 °C až 22 °C včetně. Pro jiné budovy není stanoveno.

## 4. Systémy hodnocení v zahraničí

### a) Velká Británie – Anglie a Wales

#### Energy Performance Certificates (EPCs)

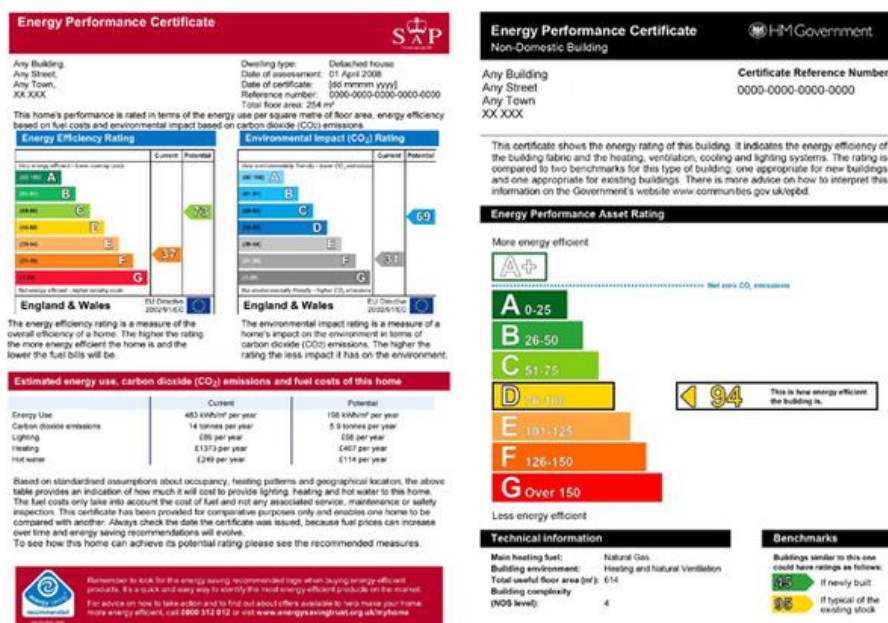
EPC certifikát je zapotřebí pro každou novostavbu a pro stávající zástavbu v případě, že dojde k jejímu pronájmu nebo prodeji. Na druhou stranu výsledky nepodléhají srovnání s limitními požadavky, nutné je pouze vystavení certifikátu a tím zařazení budovy do energetické třídy. U novostaveb a rekonstrukcí musí být budova zaříděna minimálně do kategorie B.

Vstupní informace pro vytvoření certifikátu se příliš neliší od postupů u nás, je potřeba znát geometrii objektu, typy konstrukcí a jejich tepelné vlastnosti, vlastnosti prosklených ploch v návaznosti na sluneční záření, infiltraci, způsob vytápění a větrání, osvětlení, ovládání systému, ekologické zdroje energie,...

Součástí výpočtu je i BER (Building Emission Rate), který přepočítává energetické nároky na množství emisí CO<sub>2</sub>. Tímto krokem se zohledňuje i environmentální stránka.

Certifikáty se vydávají zvlášť pro bytové domy a zvlášť pro ostatní využití. Všechny vydané certifikáty jsou uloženy v elektronickém registru.

[10], [11]



Obrázek 4 Vzorový energetický certifikát

## b) Švýcarsko

Švýcarská verze hodnotícího systému budov se nazývá MINERGIE. V roce 1997 se zavedla její první verze MINERGIE – Standart, po které následovaly verze MINERGIE-P – ekvivalent k pasivním domům, MINERGIE – ECO – zabývá se ekologií budov a v roce 2011 MINERGIE-A – standart pro budovy s téměř nulovou spotřebou.

[12]

Mezi základní požadavky na budovu s certifikátem MINERGIE-A patří:

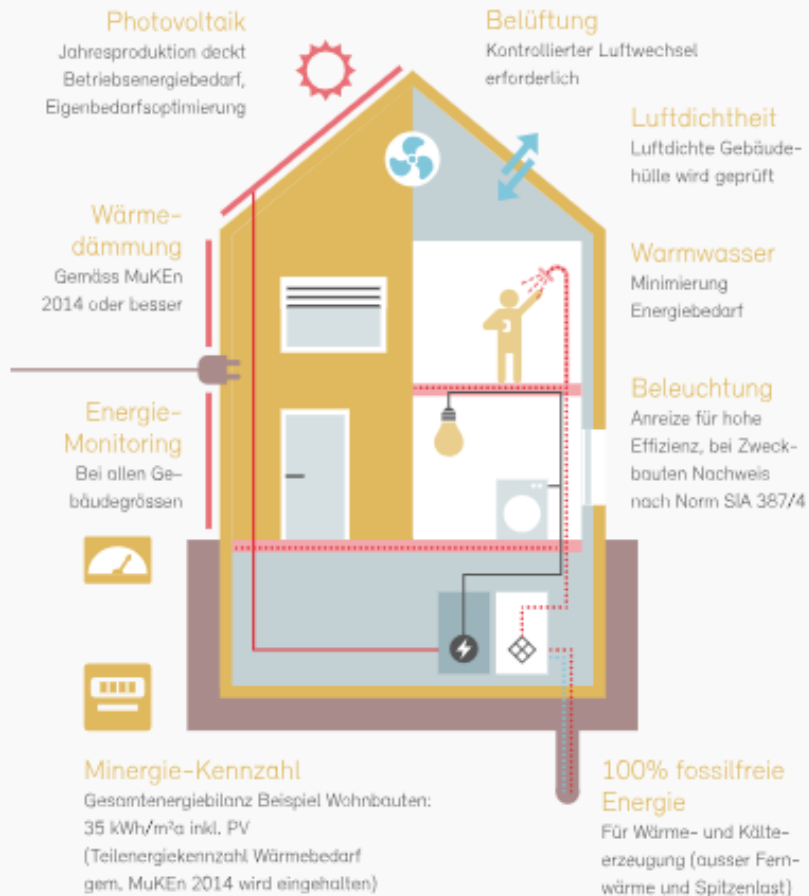
- a) Roční potřeba na vytápění musí být 10% nebo více pod požadavky SBR (Swiss building regulations)
- b) Podmínkou je zpracování roční bilance primární energie, do které se započítává vytápění, příprava teplé vody, větrání a pomocná energie.
- c) Celkové množství primární energie nesmí překročit hodnotu 50 kWh/(m<sup>2</sup>) za rok. Pokud hodnotu překročí, může být jako řešení využito přidání fotovoltaického systému jako kompenzace.
- d) Je nutný systém ventilace, energeticky úsporné „bílé spotřebiče“ a energeticky úsporné osvětlení
- e) Umístění zařízení, které generuje energii na pozemku
- f) Elektřina takto získaná nesmí být prodávána jako „obnovitelná elektřina“ třetím stranám

[13]

Maximální vážená měrná potřeba energie je stanovena 15 kWh/m<sup>2</sup>. Stejně jako u nás se zohledňuje, o jaký typ energie se jedná. Elektrická energie má zde faktor 2,0 a biomasa 0,7. Minimálně 50% z potřeby tepla by mělo být pokryto energií získanou ze slunce. MINERGIE-A nedovoluje vytápění a ohřev teplé vody elektrickou energií, která je odebírána ze sítě. [11]

# Minergie-A

Beispiel Neubau



Obrázek 5 Minergie A koncept

### c) Slovensko

Energetické hodnotení budov se na Slovensku opiera o zákon 555/2005 o energetické hospodárnosti.

Ukazateľom energetické hospodárnosti je primárna energia, ktorá se stanoví z celkového množství dodanej energie. Táto energia se rozdeľí na jednotlivé energonositele a stejně jako v našem hodnotícím systéme přenásobí konverzním faktorem primárna energie. Výsledkem je zařídění do jedné z tříd A0, A1, B-G. U novostaveb a větších rekonstrukcí je nyní požadována minimálně horní hranice kategorie A1, která je například pro rodinné domy v intervalu hodnot 55 – 108 kWh/m<sup>2</sup> za rok. Do kategorie A0 spadají budovy s potřebou menší nebo rovnou 54 kWh/m<sup>2</sup>.

Nevyhnutelnou součástí kolaudací je energetický certifikát. Energetická certifikace budov se dělí do 3 skupin – projektové hodnocení, normalizované hodnocení a hodnocení provozní. Projektové hodnocení se dělá během návrhu novostaveb a u velkých rekonstrukcí, provádí se za účelem zisku stavebního povolení. Normalizované hodnocení se provádí, pokud budovu čeká prodej nebo pronájem. Provozní hodnocení počítá se skutečnými naměřenými hodnotami prostředí a se skutečným stavem konstrukcí. Vydaný certifikát je platný po dobu 10 let. [14]

**Energetický certifikát budovy**  
vydaný podľa zákona č. 555/2005 Z. z.  
o energetickej hospodárnosti budov a o zmene a doplnení niektorých zákonov  
č.

Název budovy: Ulica, číslo:	Mesto:	
<b>Dodaná energia</b>	<b>Kategória budovy:</b>	<b>Globálny ukazovateľ budovy</b> kWh/(m <sup>2</sup> .rok)
Obrázok	<b>Normalizované hodnotenie</b>	
Hodnotenie jednotlivých miest spotreby	Nízka potreba energie	
Vykurovanie: A B C D E F G	A	
Príprava teplej vody: A B C D E F G	B	
Vetranie/klimatizácia: A B C D E F G	C	
Osvetlenie: A B C D E F G	D	← D
	E	
	F	
	G	
	Vysoká potreba energie	
	Normalizované hodnotenie:	<input type="checkbox"/>
	Previdkové hodnotenie:	<input type="checkbox"/>
	Minimálna požiadavka R <sub>s</sub> :	
	Typická budova R <sub>s</sub> :	
	Začiatok užívania budovy:	
	Celková podlahová plocha v m <sup>2</sup> :	
<b>Primárna energia</b>	Budova kWh/(m <sup>2</sup> .rok)	
0 50 100 150 200 250 300 350 400 450 500 550		
<b>CO<sub>2</sub> emisie</b>	Budova kg/(m <sup>2</sup> .rok)	
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110		
Meno štatutárneho orgánu oprávnenej osoby:		
Podpis:		
Kontakt: tel.:	e-mail:	IČO: DIC:
Dátum vyhotovenia:		Platnosť najviac do:

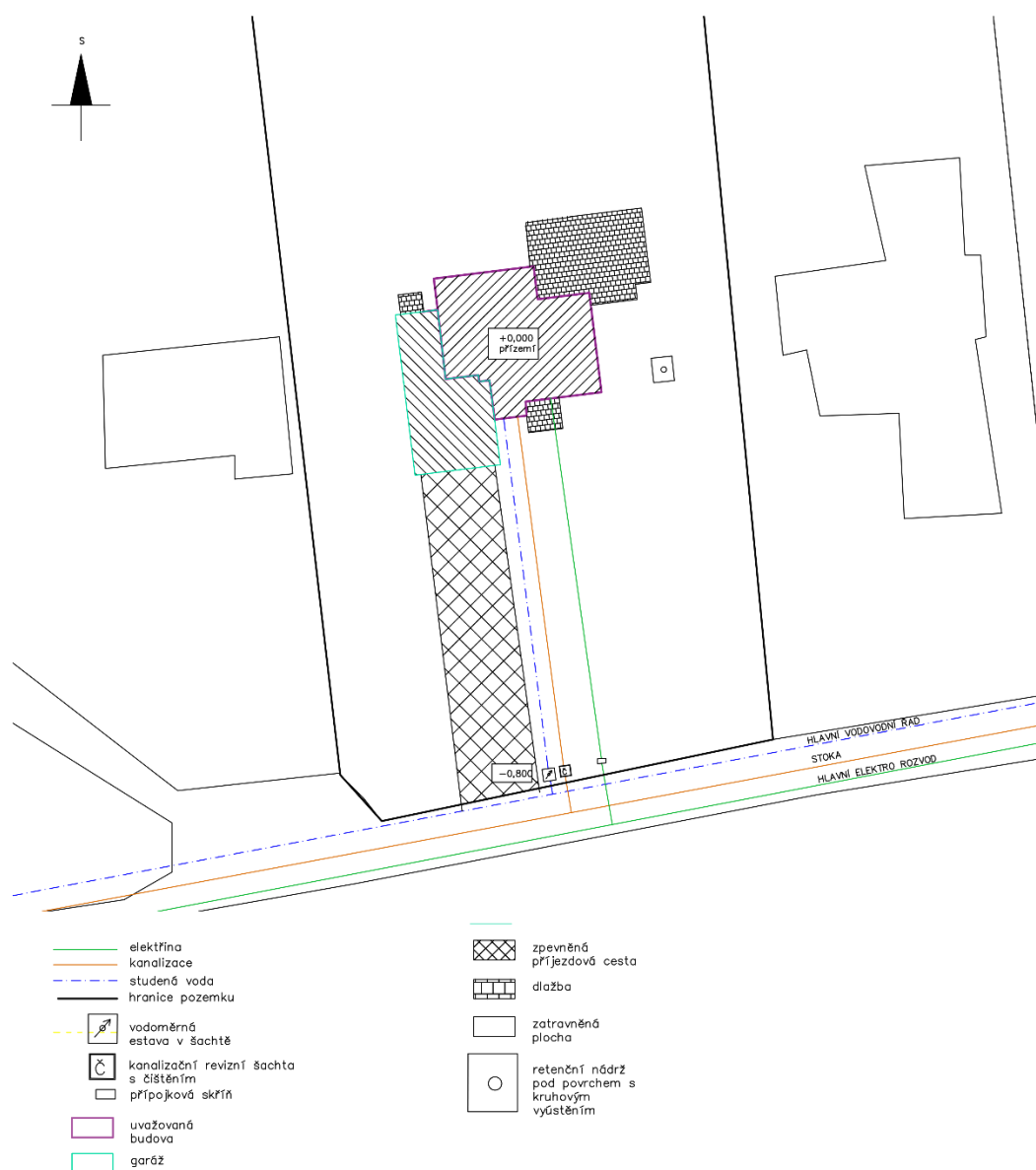
Obrázek 6 Vzorový energetický certifikát budovy

## B) KONCEPT TECHNICKÉHO ZAŘÍZENÍ BUDOVY

### 1. Základní údaje

Pro tuto práci jsem si vybrala typový dům firmy Archon, konkrétně vilu Olivia II. Zdrojem podkladů mi základní architektonické půdorysy (viz příloha) a pohledy zveřejněné na jejich webových stránkách. Na těchto podkladech jsem provedla několik dispozičních a rozměrových úprav tak, aby celek lépe vyhovoval zadání.

Budovu jsem umístila na parcelu v Praze v Tróji. Její umístění na pozemku je vidět na schématu situace.



Obrázek 7 Schéma situace umístění objektu na pozemku



Pro posouzení budovy z hlediska potřeby energie byl použit kalkulační nástroj NKN II s výstupem v podobě energetického štítku a protokolu. Do tohoto kalkulačního nástroje byly vloženy všechny potřebné informace – rozměry budovy a jednotlivých konstrukcí, návrhové teploty v interiéru stanovené dle typu využití místností, jednotlivá technická řešení včetně parametrů zařízení atd. Jednotlivé kategorie jsou rozepsány níže.

## 2. Parametry stavebních konstrukcí

V přejetých podkladech od firmy Archon se nenachází informace o stavebních konstrukcích, a proto jsem pro výpočty v kalkulačním nástroji NKN II zvolila potřebné parametry s přihlédnutím na doporučené a požadované hodnoty uváděné v normě ČSN 73-0540-2.

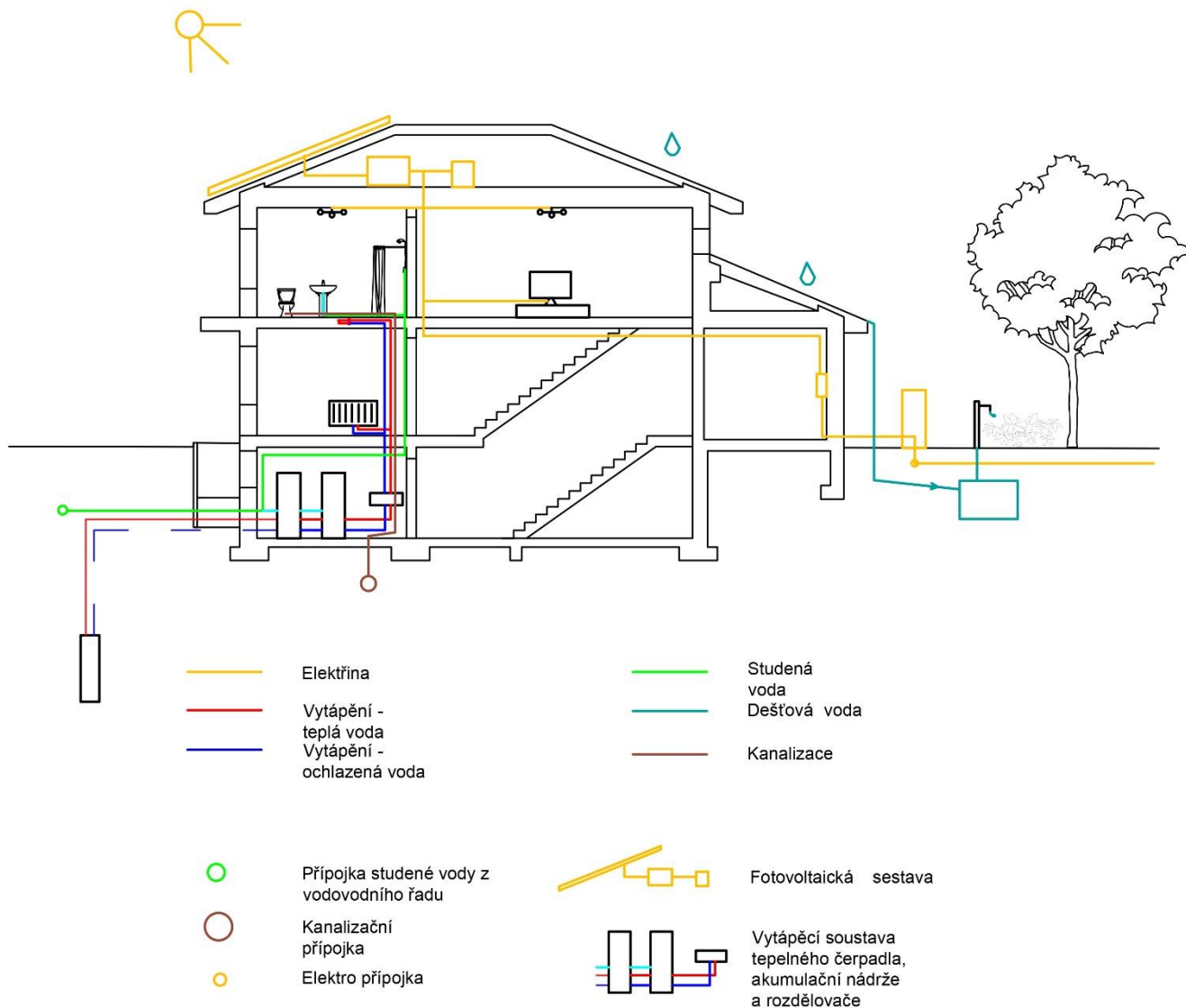
Tepelně technické parametry konstrukcí budov jsou v praxi závislé na konkrétní skladbě jednotlivých konstrukcí. Pro výpočty v této práci stačí definovat základní veličinu  $U$  [W/m<sup>2</sup>K], která se nazývá součinitel prostupu tepla. Ve výpočtu jsou započítány tyto hodnoty:

*Tabulka 3 Vstupní hodnoty součinitele prostupu tepla konstrukcí*

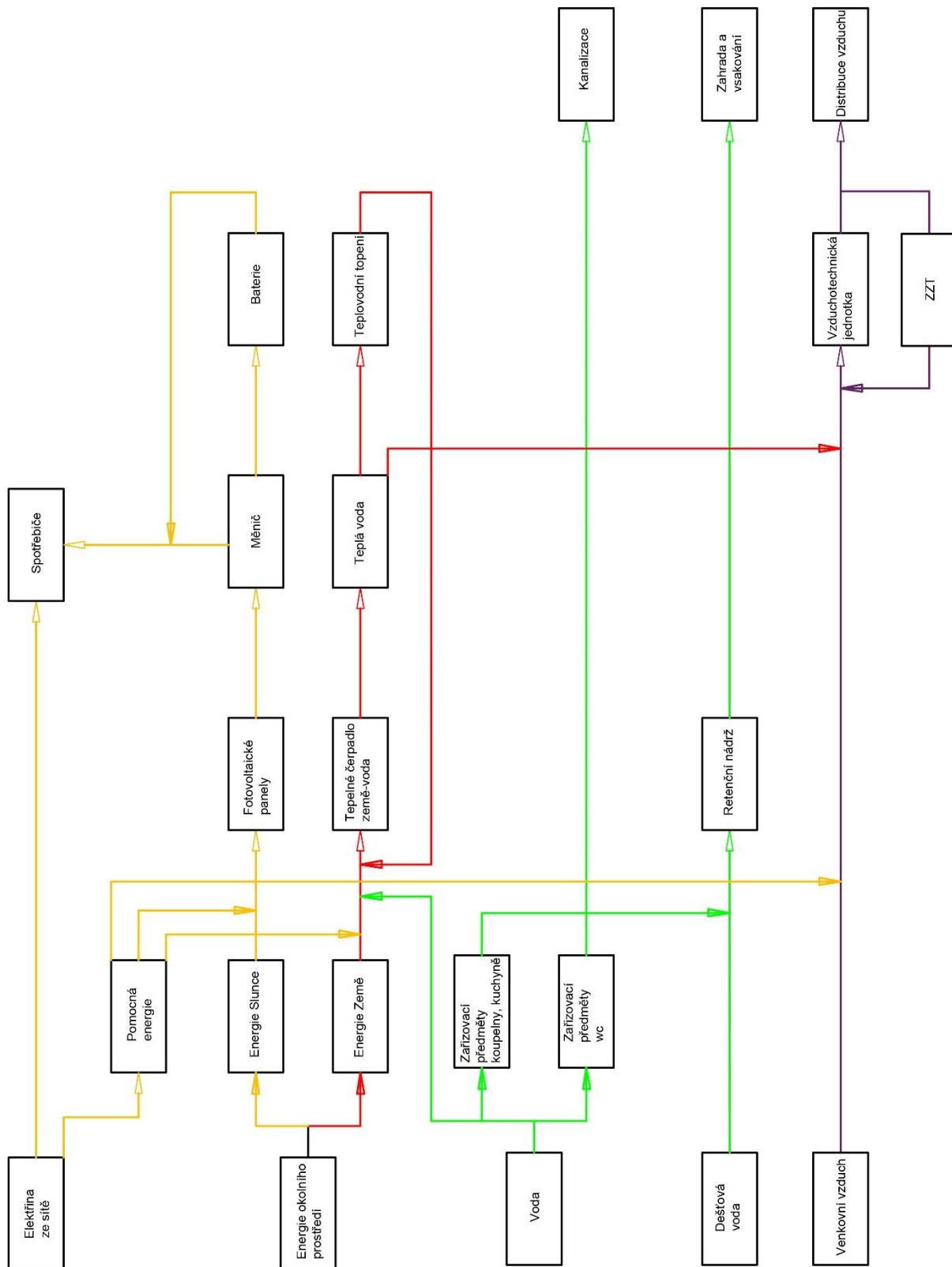
Konstrukce	Součinitel prostupu tepla konstrukce $U$ [W/m <sup>2</sup> K]
Obvodová stěna	0,12
Strop mezi prostory s rozdílem teplot do 10°C	0,7
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině	0,15
Okno	0,7
Střecha	0,1
Strop mezi vytápěným prostorem a nevytápěným podkrovím	0,2

### 3. Celkový přehled energií procházející skrze budovu

Budova je napojena na vodovodní řad, kanalizaci a elektřinu. Největší část energie získává pomocí tepelného čerpadla ze země a pomocí fotovoltaických panelů na střeše.



Obrázek 8 Koncept zásobování energiemi



Obrázek 9 Průchod energií budovou

## **4. Vytápění**

### **a) Koncept**

Pro vyrovnání tepelných ztrát objektu je navrženo teplovodní vytápění s teplotním spádem 55/45 °C. V jednotlivých místnostech je navrženo buď vytápění deskovými tělesy umístěnými pod okny, nebo kombinací deskových otopných těles a podlahového vytápění. Tato kombinace vytváří příjemné obytné prostředí a zároveň je schopna díky deskovým tělesům rychle reagovat na změny teploty. Konkrétní řešení je vidět na výkresech v příloze.

Teplo pro vytápění je získáváno pomocí tepelného čerpadla země-voda s hlubinným vrtem. Kapalina přenášející teplo se pod povrchem země ohřívá, protože se pohybuje v teplejším okolí zeminy. Do budovy se vrací o vyšší teplotě a předává získanou energii vodě, kterou je v provozu domu potřeba ohřát. Tímto způsobem se ohřívá teplá voda do zařizovacích předmětů i voda do teplovodního vytápění.

### **b) Tepelné čerpadlo**

Pro tuto budovu jsem vybrala tepelné čerpadlo značky NIBE F1145 o výkonu 5 kW, který je dosažen při geotermálním vrtu o aktivní hloubce 70-90 m. Tepelné čerpadlo má zabudovaný zásobník na teplou vodu. Pro teplovodní vytápění je připojena akumulární nádrž NAD o objemu 500 l a expanzní nádoba.

Tepelné čerpadlo ke své činnosti potřebuje pomocnou elektrickou energii, která je dodávána ze sítě.

### **c) Desková otopná tělesa**

V obytných místnostech jsou navržena desková otopná tělesa firmy KORADO, konkrétně typ RADIK se spodním připojením. Rozměry jsou zvoleny dle konkrétní tepelné ztráty místnosti a odpovídajícímu výkonu tepelného tělesa. Přednostně jsou voleny nižší a delší tělesa, která lépe pokryjí tepelnou ztrátu v okolí okna.

V koupelnách jsou místo deskových těles navrženy otopné žebříky KORALUX LINEAR, které se lépe hodí pro koupelňové využití.

#### **d) Podlahové vytápění**

Teplovodní podlahové vytápění je navrženo ve všech koupelnách, obývacím pokoji, jídelně a vstupní chodbě. Teplá voda je vždy vedena k okrajům místnosti, které jsou nejvíce ochlazovány.

Podlahové vytápění je napojeno na rozdělovač, do kterého je přiváděná teplá otopná voda z akumulární nádrže.

### **5. Elektrická energie**

Budova je připojena na veřejnou elektrickou síť s vlastním elektroměrem. Tuto energii využívá tepelné čerpadlo jako pomocnou energii, případně na doohřev teplé vody.

Hlavním zdrojem elektrické energie pro provoz jsou fotovoltaické panely umístěné na střeše. Získaná energie prochází přes měnič a následně putuje do jednotlivých spotřebičů. Pokud je energie přebytek, ukládá se v baterii a po jejím naplnění odchází zpět do veřejné sítě.

Poznámka: V průkazu NKN je energie vyrobená na fotovoltaických panelech označena jako exportní. Takto zařazená je z toho důvodu, že by měla primárně sloužit jako energie pro obyvatele domu na provoz („zásuvková“ energie), která se do hodnocení budovy nezapočítává, a přebytky by měly putovat exportem do sítě.

### **6. Voda**

Budova je připojena na vodovodní řad a odebírá studenou vodu (není připojena na CZT). Tato voda se ohřívá pomocí tepelného čerpadla a je využívána v zařizovacích předmětech. Odtud je pomocí vnitřní kanalizace odvedena do veřejné stoky. Dešťová voda je sbírána do retenční nádrže pod zemí, odkud je možné ji vyčerpát a využít na práce na zahradě a zalévání. Retenční nádrž také umožňuje připojení druhé vodovodní instalace, která může sloužit pro úsporné zásobování splachovacích toalet filtrovanou dešťovou vodou.

## 7. Větrání

Větrání budovy je primárně zajišťováno pomocí vzduchotechnické jednotky firmy Atrea, která je umístěna v půdním prostoru a nasává čerstvý vzduch otvorem ve střešním plášti. Díky rekuperaci tepla ve vzduchotechnické jednotce vzniká velká úspora energie, kterou budova potřebuje.

Vzduchotechnické vedení je řešeno 2 typy potrubí – potrubí přivádějící čerstvý vzduch a potrubí odsávající znečištěný vzduch. Odsávání probíhá standardně v prostorech s vyšší produkcí nežádoucích látek, to znamená v kuchyni, v koupelnách, prádelně, tělocvičně atd. Konkrétní řešení lze vidět v příloze.

Vzduchotechnické potrubí je vybaveno dálkově ovladatelnými klapkami, které oddělují jednotlivé větve (skupiny místností), a tudíž není potřeba vždy větrat celou budovu.

## **8. Průkaz energetické náročnosti**

Pro posouzení návrhu jsem použila kalkulační nástroj NKN [15], do něhož jsem vložila všechny potřebné údaje o budově a jejím provozu. Výstupem je protokol a grafické zobrazení, které je obsaženo v příloze.

### **a) Součinitel prostupu tepla**

Jedním z parametrů hodnocení budovy je její průměrný součinitel prostupu tepla. Tato hodnota se standardně stanovuje podle parametrů jednotlivých konstrukcí a materiálů. Vzhledem k tomu, že konkrétní skladba konstrukcí není známa, jednotlivé hodnoty jsem zvolila tak, aby vyhovovaly standardu budov s nízkou spotřebou energie. V případě realizace by tyto hodnoty následně sloužily k návrhu materiálového složení konstrukcí, včetně jednotlivých tloušťek materiálu

### **b) Zónování budovy**

Budova je rozdělena do 2 výpočetních zón. Větší zónu tvoří všechny obytné místnosti a místnosti, které se trvale vytápějí. Druhou zónu tvoří nevytápěné podkroví, které neslouží běžnému provozu domu.

## C) INTELIGENTNÍ ŘÍZENÍ

### ÚVOD

Inteligentní řízení poskytuje vysoký standard bydlení a obecně užívání budov. Jeho výhody můžeme chápat ve dvou rovinách.

V první rovině jako uživatelský komfort, protože obyvatel domu se nemusí zabývat nastavováním termostatů, hledáním vhodné kombinace osvětlení pro určité děje v místnostech a například změnou nastavení v závislosti na změně denní doby nebo počasí.

V druhé rovině můžeme inteligentní řízení zavádět i za účelem úspory energie, protože systém dokáže pružně reagovat na změnu podmínek a požadavků. Příkladem může být ovládání otopné soustavy, která udržuje nastavenou hodnotu interiérové teploty a zamezuje přetápění. Velké úspory zajistí i řízená vzduchotechnika s rekuperací, která zajistí obyvatelům permanentní přístup čerstvého vzduchu bez otevírání oken, kterými uniká teplo z budovy. Podobně může fungovat i úspora v osvětlení, které se vypne v právě neobývaných místnostech, ale v dnešní době jsou k dostání již velmi úsporná svítidla, takže ztráty energií nemusí být tak velké.



## **1. Inteligentní budova a její stupně inteligence**

### **a) Budova obsahující inteligentní zařízení a systémy**

Pokud jsou v budově umístěna zařízení, která fungují samostatně bez vazby na ostatní, můžeme hovořit o inteligentní budově.

Příklad: Exteriérový světelný senzor v kombinaci s PIR senzorem pohybu v interiéru. Pokud je v interiéru detekován pohyb a zároveň je v exteriéru nedostatečné množství světla, zapne se automaticky interiérové osvětlení.

### **b) Budova obsahující komunikující zařízení a systémy**

Pokud jednotlivé prvky mezi sebou propojíme tak, aby mohly komunikovat, vznikne dokonalejší typ inteligence budovy. Můžeme takto spojit více funkcí, například osvětlení, zabezpečení atd.

Příklad: Při odchodu z budovy a uzamčení objektu si prvky vymění informaci a spustí se režim bez obyvatel, například vypnutí světel a nepotřebných zásuvek, útlum vytápění a zapnutí elektronického zabezpečovacího systému.

### **c) Connected home ( tzn. propojená budova)**

Při zavedení dvou sítí, vnitřní a vnější, můžeme s budovou komunikovat i na dálku, protože informace z vnitřní sítě budovy jsou sdíleny do vnější sítě, na kterou je možné se připojit zvenčí.

Příklad: Elektronický zabezpečovací systém spustí poplach a rozsvítí celý dům, vytáhne rolety a zavolá pomoc. Zároveň se znemožní tyto prvky ovládat jinak než zvenčí a zpřístupní dálkový vstup do záznamů bezpečnostních kamer.

### **d) Učící budova**

Pokud nainstalujeme a povolíme funkci sbírání uživatelských dat a informací, může se budova sama přizpůsobit chování obyvatel. Dochází tak k téměř dokonalé souhře budovy a uživatelů.

Příklad: Každé pondělí obyvatelé vstávají již v 5 hodin ráno a spotřeba teplé vody se zvýší v dřívější hodinu než zbytek týdne. Budova tyto informace zaznamená a při určitém počtu opakování již ohřeje teplou vodu na tento čas tak, aby uživatelé nemuseli čekat na nahřátí zásobníku.

### **e) Pozorný dům**

Pozorný dům je v zásadě totéž co učící se budova, s tím rozdílem, že budova nečerpá informace z historie, ale sbírá data v reálném čase.

[16]

## **2. Základní systémy řízení**

Z hlediska možností, které nám systémy řízení umožňují, je můžeme rozdělit do 3 kategorií:

- a) Jednoduché systémy s pevnou komunikací
- b) Uzavřené inteligentní systémy
- c) Otevřené volně programovatelné systémy

### **a) Jednoduché systémy s pevnou komunikací**

Řídící systémy s pevnou konfigurací, které umožňuje rozdělit ovládání na skupiny. Na příkladu rodinného domu to znamená, že uživatelské ovládání bude rozděleno na osvětlení a stmívání, vytápění, klimatizaci, větrání a další skupiny. Toto řešení je vhodné pro malé objekty s menšími nároky na funkci systému řízení.

### **b) Uzavřené inteligentní systémy**

Řídící systémy pro střední a velké objekty zejména komerčního charakteru. Systém může obsahovat řadu nastavení, vazeb a časových oken. Zpravidla se díky nim dá vypracovat sofistikovaný systém, který se může přizpůsobit konkrétním podmínkám a provozním režimům. Provozní režimy mohou například obsahovat přednastavené řízení stínění, osvětlení, vytápění, větrání atd., a to s ohledem na komfort uživatele, nebo na energetickou úspornost.

### **c) Otevřené volně programovatelné systémy**

Nejsložitější systém s největší volností nastavení ovládání. Tímto způsobem se nastaví chování každého jednotlivého prvku a zároveň se přijímá zpětná vazba.

[17]

### 3. Zpracování dat v inteligentních budovách

Pro správnou funkci systému je potřeba vhodně rozmístit senzory, které na základě změn fyzikálních veličin odesílají údaje o měřené veličině. Tyto informace putují po sběrnici k řídicí jednotce, která provede naprogramovanou činnost. Podle zpracování dat v inteligentní budově je možné dále dělit na:

- a) Centralizované zpracování
- b) Decentralizované zpracování
- c) Distribuované zpracování

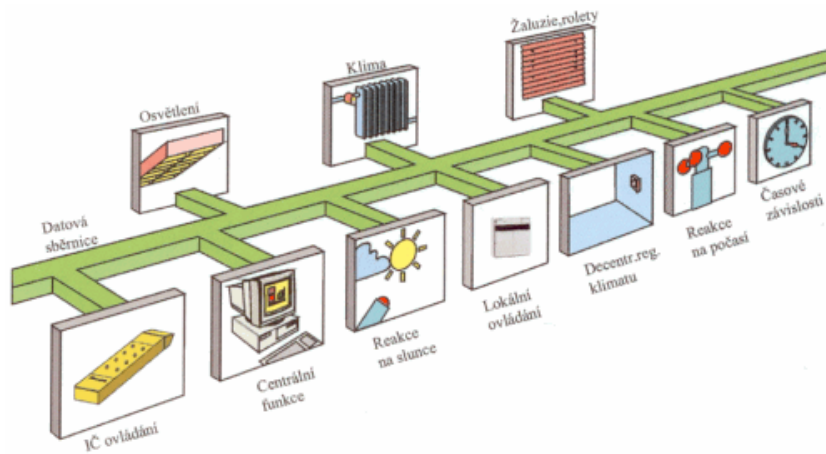
#### **a) Centralizované zpracování a centralizované systémy**

Jedná se o systémy s jednou řídicí jednotkou pro celý systém. Výhodou je, že se vše řídí z jednoho místa. To je ale zároveň i nevýhoda, jelikož při poruše může dojít k výpadku centrální řídicí jednotky.

Příkladem je individuální regulace místností s centrálním systémem ovládání. U velkých budov by to znamenalo velké množství fyzických spojů každé informace s řídicí jednotkou.

#### **b) Decentralizované zpracování a decentralizované systémy**

Jednotlivé útvary mají své vlastní výpočetní systémy, které nejsou vzájemně přímo propojeny. Tento typ systému využívá velké množství řídicích jednotek, které komunikují po společné sběrnici. Systém má jednotky, které plní stejné funkce. Ve výsledku to znamená, že je instalováno více méně výkonných jednotek, které jsou levnější. Při poruše je systém stabilní, protože se vyřadí pouze část s chybovou jednotkou.



Obrázek 10 Schéma decentralizovaného systému

### c) Distribuované zpracování a distribuované systémy

Nejdokonalejší způsob řešení, kde jsou výpočetní systémy útvarů vzájemně přímo propojeny. Umožňuje řešit úlohy na úměrně výkonných výpočetních prostředcích. Distribuce nabízí větší možnosti pro další nárůst úloh v budově. Ke správnému fungování jsou nejdůležitější kvalitní komunikace, například průmyslový Ethernet.

[18]

### 3. Vybrané příklady protokolů

Protokoly můžeme dělit na:

1. Otevřené standardy
2. Proprietární řešení

#### 1. Otevřené standardy

##### a) BACnet

Building Automation and Control Network (BACnet) je standardizovaný protokol pro automatizaci a řízení budov. Jednotlivá zařízení si mohou navzájem vyměňovat informace a může obsahovat i vizualizační systémy. Lze propojit s téměř jakýmkoliv jiným standardizovaným protokolem a tak ho využít pro libovolné úkony v řízení. Mezi příklady patří zejména osvětlení, elektronické zabezpečení nebo HVAC (topení, větrání a klimatizace).

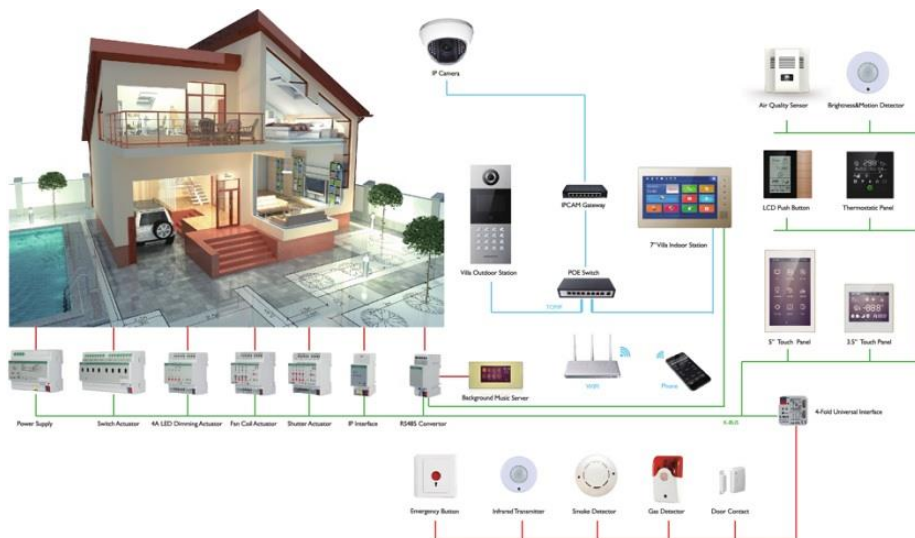
##### b) KNX/EIB

Průmyslový komunikační systém používaný pro síťové infromatické spojení zařízení umístěných v budově, to znamená propojení snímačů, akčních členů, regulačních a řídicích zařízení.

Některé prvky jsou připojeny pouze ke sběrnici, protože nevyžadují silové napájení (malé napětí na sběrnici je dostačující). Ostatní prvky jsou připojeny ke sběrnici i k silovému vedení.

Instalační sběrnice umožňuje řízení jednotlivých funkcí podle nastaveného programu, nebo v závislosti na aktuálních údajích získaných z rozmístěných senzorů. Systém tedy dovoluje ovládání HVAC, osvětlení, spotřebičů, žaluzií atd.

Velkou výhodou tohoto systému je, že se jedná o normovaný systém a všechny výrobky, které byly konstruovány podle KNX/EIB mohou mezi sebou komunikovat pomocí výměny informací přes sběrnici, samozřejmě podle určitých pravidel.



Obrázek 11 Příklad KNX řešení

## 2. Proprietární řešení

Systémy patřící do této kategorie jsou centralizované uzavřené a jejich protokoly podléhají licenci. Cílí zejména na menší budovy – rodinné domy, byty a střední budovy. Nevýhodou je velmi omezený výběr prvků, jelikož jsou často dodávány pouze jednou firmou, na druhou stranu jsou pro uživatele finančně výhodnější.

### a) iNELS

Uzavřený systém pro automatizaci budov, který funguje jako centralizovaný sběrnice s proprietární sběrnici CIB. CIB umožňuje zapojení do hvězdy, lineární a stromovou strukturu. Centrální jednotka je řešena jako PLC, konkrétně PLC Tecomat Foxtrot. PLC dovoluje jednoduchou parametrizaci. Novější verze iNELS II dovoluje i hlasové ovládání domu, které může být vybráno pro zvýšení uživatelského komfortu, nebo jako vhodné řešení pro osoby se sníženou schopností pohybu a orientace.

### b) PLC

PLC je zkratka pro Programmable Logic Controller a je univerzální nástrojem k řešení řízení budovy. V dynamických systémech ho můžeme využít například pro řízení strojů a strojní automatizace, procesní automatizaci, řízení v energetice, v dopravě atd.

PLC komunikuje v rovině servisní – programování a diagnostika, v rovině s nadřazenými prvky – řízení výroby, s ostatními řídicími systémy – průmyslové sběrnice, atd.

[17] [18] [19]

## 4. Návrh řešení jednotlivých částí systému

Pro návrh inteligentní elektroinstalace jsem zvolila výrobky tuzemské firmy TECO. Z jejich nabídky jsem vybrala systém PLC Tecomat Foxtrot. Tento řídicí systém je kompaktní a modulární, nejvíce vhodný pro malé a střední aplikace. Fyzicky se montáž aplikuje do rozvaděčů a rozvodnic na DIN lištu. Systém se dá propojit s inteligentními prvky dalších Teco řad, jako jsou například CFox a RFox (bezdrátové moduly). Programování probíhá v prostředí Mosaic.

Stupeň inteligence je zde navržen jako inteligentní dům s komunikujícími zařízeními, takže je umožněno spojení více funkcí díky vzájemné komunikaci prvků.

[20]

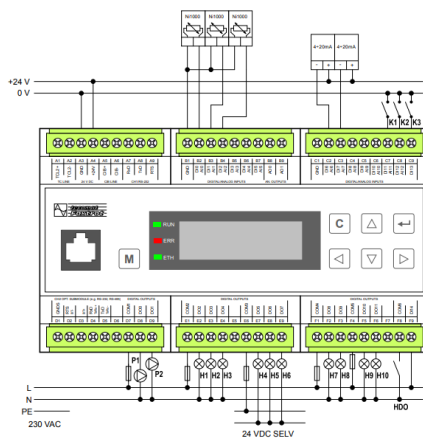
### a) Řídicí jednotka

Základní modul Foxtrot z řady CP-1016. Jednotka má osazený displej, má 13 univerzálních vstupů, které je možné využít jako analogový nebo binární vstup. Některé ze vstupů lze využít i jako proudové vstupy. Paměť je rozšiřitelná SD kartami. Počet větví CIB je možné rozšířit až na 9 větví. Volitelně lze připojit RFox pro bezdrátovou komunikaci. Jednotka je volně programovatelná podle normy IEC EN 61131-3. Komunikace možná LAN, WiFi, WAN, Internet po Ethernet. Rozměry jsou vhodné do standardizovaných elektroinstalačních rozvaděčů, montáž na DIN lištu.

Jednotka je instalována na DIN lištu v rozvaděči, který je umístěn ve vstupní chodbě. Na svorky CIB+ a CIB- je připojena a napájena sběrnice a k jednotce je připojen RFox modul pro bezdrátovou komunikaci.



Obrázek 12 Vzhled řídicí jednotky



Obrázek 13 Schéma zapojení řídicí jednotky

[21]

## b) Rfox bezdrátová sběrnice

Sběrnice je tvořena jedním masterem a 64 podřízenými (slave) periferními moduly, tudíž stačí jedna pro celý rodinný dům. Master má formu externího modulu do rozvaděče, který se instaluje na DIN lištu jako ostatní komponenty. Periferní moduly se nacházejí v interiéru a jsou komunikačně spojeny do hvězdy. Informace jsou přenášeny rádiovým provozem o vysílacím výkonu 3,5 mW. Celý vysílací provoz je navržen tak, aby byl v provozu po co nejmenší dobu a neohrožoval zdraví obyvatel.

## c) Sběrnice CIB

Dvou vodičová instalační sběrnice CIB (Common Installation Bus) distribuuje napájení senzorů a aktorů a obousměrná komunikace. Sběrnice je typu Master-Slave. Zapojení je možné s libovolnou geometrií, kromě kruhu. Návrhová řada CFox obsahuje i doplňkové prvky ke sběrnici, nástěnné interiérové ovladače, senzory, vestavěné moduly do instalačních krabic a venkovní moduly.



## d) Senzory

Pomocí senzorů rozmístěných v budově získává řídicí jednotka požadované informace pro řízení objektu. Každý senzor funguje na jiném principu, ale obecně se převádí změna fyzikální vlastnosti prostředí na elektrickou veličinu, kterou můžeme jednoduše měřit. Jedná se tedy o měření nepřímé a přesnost měření závisí mimo jiné na kalibraci soustavy.

### I. Interiér

V interiéru se nachází senzory dvojího typu, první zajišťují správně fungujícího systému vytápění a větrání, druhé sledují pohyb osob v místnostech ve spojitosti s osvětlením a zapínáním systémů.

#### Prostorové čidlo koncentrace CO<sub>2</sub>

Oxid uhličitý je dobrý ukazatel vydýchanosti vzduchu v místnosti. Jeho koncentrace se pobytem osob v místnosti zvyšuje, což je nežádoucí. V každé větrané místnosti je navrženo prostorové čidlo typu C-AQ-0001R s optickým snímáním pomocí infračerveného světla. Jeho rozsah měření je 0 – 5000 ppm CO<sub>2</sub>. Čidlo se upevňuje na stěnu a je připojeno na dvou vodičovou sběrnici CIB, která zabezpečuje napájení i komunikaci.



Obrázek 143 Vzhled čidla

#### Prostorové čidlo plynných a těkavých znečišťujících látek

Slouží stejně jako čidlo CO<sub>2</sub> k monitorování kvality vzduchu v interiéru, v tomto případě konkrétně v kuchyni, kde vařením vznikají znečišťující látky. Navrženo je čidlo typu C-AQ-0002R připojené na CIB.

## Prostorové čidlo relativní vlhkosti, teploty a rosného bodu

Dalším sledovaným parametrem vnitřního prostředí je vlhkost. Příliš suchý vzduch je pro obyvatele nezdravý a naopak vysoká vlhkost často zapříčiňuje problémy ve stavebních konstrukcích. Vlhkost je sledována nástěnným čidlem C-AQ-0004R, které je napájeno přes sběrnici CIB.

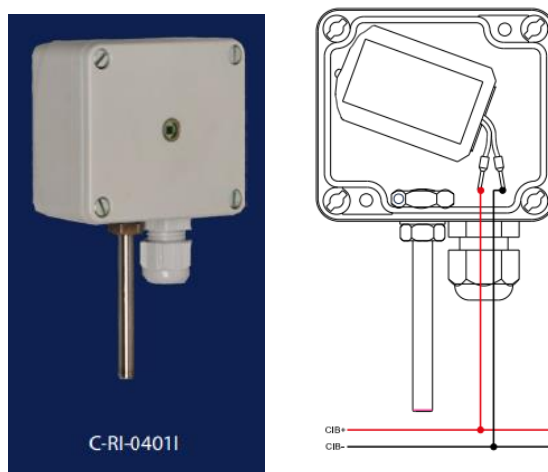
## Čidlo pohybu PIR

Výskyt osob v místnosti se sleduje infra čidlem pohybu PIR (pasivní infračervené čidlo). Čidlo měří infračervené záření, které vyzařuje ze zařizovacích předmětů v místnosti. Pokud do zorného pole vstoupí člověk, vyzařování se změní, protože sám je zdrojem záření. Stejně čidlo lze využít i pro ochranu a zabezpečení objektu. Modul má kód C-RQ-06000.01.

## II. Exteriér

V exteriéru je navrženo sledování venkovní teploty vzduchu a intenzity slunečního záření. Informace o venkovní teplotě jsou využity pro regulaci vytápění. Informace o venkovní intenzitě slunečního záření slouží k ovládání interiérového osvětlení, například pro postupné rozsvěcování světel při západu slunce. Zároveň je to hlavní informace pro automatické ovládání žaluzií.

Pro exteriérové použití je navržen kombinovaný modul snímače venkovní teploty a osvětlení C-RI-0401I, který se připevňuje na stěnu pomocí šroubů a je připojen na sběrnici CIB dvou vodičovým kabelem. Senzor teploty je typ Pt1000 – W100 a má rozsah -90 – 320°C. Senzor osvětlení je tvořen fotodiodou o rozsahu 0 – 50 000 lx.



Obrázek 154 Vzhled exteriérového čidla Obrázek 165 Schéma zapojení exteriérového čidla

## e) Spínací jednotky

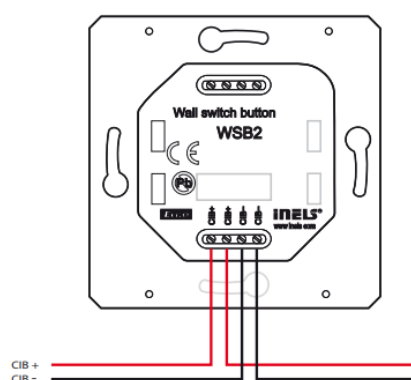
Spínací jednotky slouží k ovládání intenzity světla a jejich stmívání, pro pohon žaluzií a rolet a pro otevírání garážových dveří. Skládají se z reléových výstupu, které umožňují činnost koncových zařízení. Každá funkce má svou spínací jednotku, to znamená, že pohon žaluzií je oddělen od stmívání světla atd. Konkrétní jednotky jsou uvedeny v další kapitole v souvislosti s osvětlením atd.

## f) Nástěnné ovladače

Prvky, se kterými se koncový uživatel setká nejčastěji. Vyrábějí se v několika variantách podle počtu kolébek, barevného provedení atd. Standardně jsou ovladače 1 a 2 kolébkové, pro větší zapojení i 4 kolébkový. Produktové označení je WSB2-x0/E případně /G.



Obrázek 176 Vzhled nástěnného ovladače



Obrázek 187 Schéma zapojení nástěnného ovladače

## 5. Řízené oblasti v rodinném domě

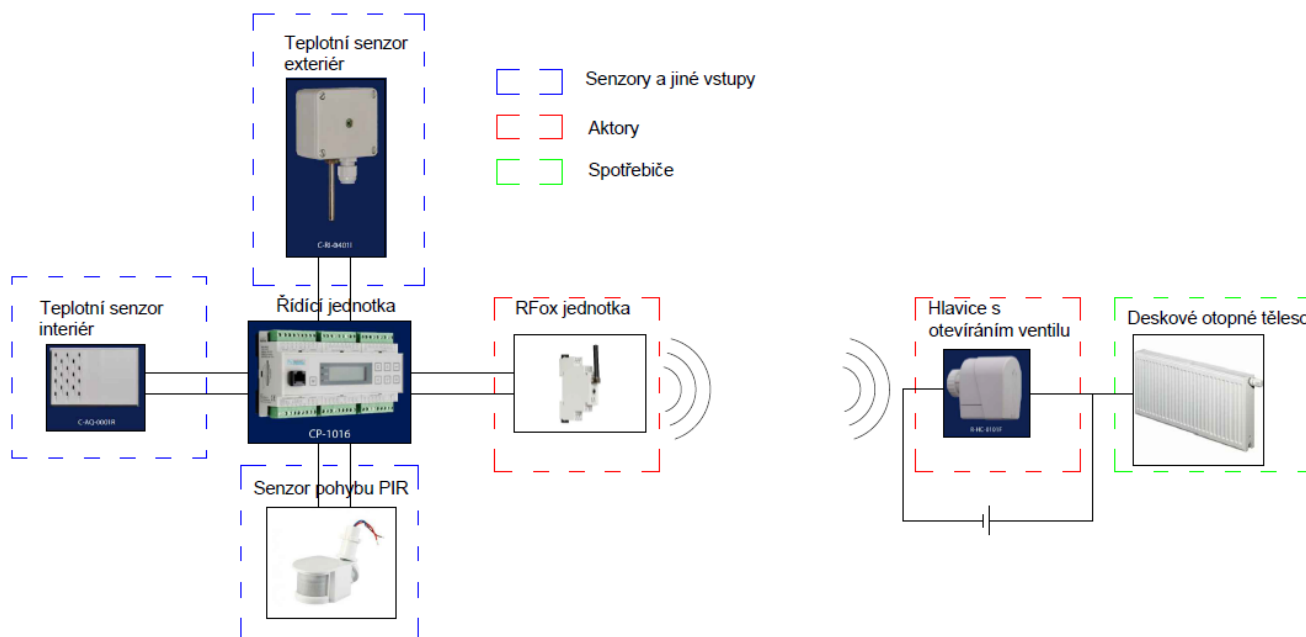
### a) Vytápění

Rodinný dům je vytápěn kombinací deskových otopných těles a podlahového vytápění. Konkrétní navržené řešení lze vidět na výkresech v příloze.

Ventily deskových těles jsou ovládány elektricky řízenými pohony. V tomto případě se hodí využít bezdrátové provedení přes RFox bateriovou hlavici R-HC-0101F. Hlavice obsahuje interní čidlo prostorové teploty. Montáž probíhá na radiátorový ventil závitem M30x1,5 nebo přes redukci (otopná tělesa jsou navrhována od firmy Korado, která vyrábí tělesa se závitem M30x1,5, tudíž redukce není potřeba). Dosah signálu je v budově 30 metrů a interval měření je 7 minut. Na výstupu může otevřít/zavřít ventil od 0 do 100%.



Obrázek 1819 Vzhled bateriové hlavice

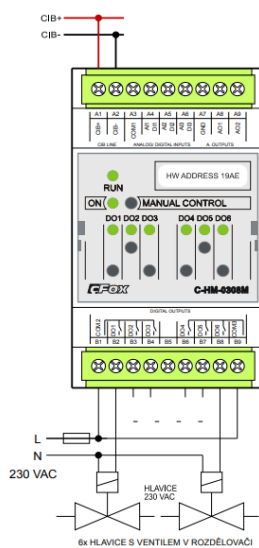


Obrázek 19 Schéma principu ovládání vytápění

Podlahové topení je regulováno skrze rozdělovače, na které jsou připojeny elektricky řízené pohony. V podlaze je umístěno čidlo teploty, které slouží k ověření teploty podlahy, která nesmí překročit maximální hodnoty pro jednotlivé typy místností. Čidlo teploty v interiéru je umístěno ve spínačích na stěnách místností, nebo v samostatných zařízeních. K řízení teplovodního podlahového vytápění je navržen modul C-HM-0308M.



Obrázek 20 Vzhled řídicího modulu



Obrázek 201 Schéma zapojení řídicího modulu

## **Regulace vytápění**

Budova je regulována ve dvou rovinách. V první rovině je regulován výkon tepelného čerpadla podle venkovní teploty, která je snímána čidlem. Základem této regulace je správně vyladěná otopná křivka. Výsledkem by měla být úspora energie, protože se voda nemusí vždy ohřívat na stejnou teplotu.

Druhá rovina regulace je zpětná vazba na vnitřní teplotu. Teplotu v místnosti si nastaví uživatel podle svých potřeb. Pokud tomuto požadavku plně nevyhoví teplota v soustavě ovlivněná venkovní teplotou, rozdíl se doreguluje pomocí bezdrátových hlavic na tělesech, které otevřou, případně uzavřou, škrtkovací ventil a změní průtok otopné vody v tělese.

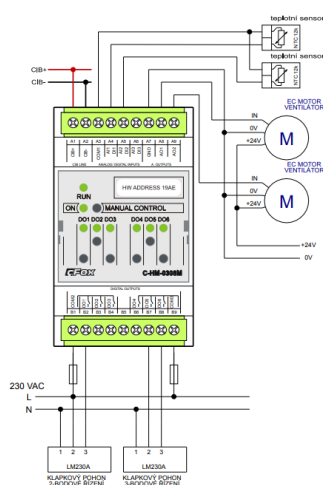
Pro ovládání tepelného čerpadla je nutné přidat modul NIBE MODBUS 40, který slouží jako komunikační jednotka pro vzdálený přístup. Pokud dojde regulací ke zmenšení požadovaného výkonu tepelného čerpadla, dojde k nahřívání vody v akumulátoru. Po jeho nahřátí se zmenší výkon čerpadla až do doby, kdy opět vzroste potřeba tepla na teplou vodu nebo na otopnou vodu. Teplá voda má při nahřívání vždy přednost před otopnou vodou.

[23]

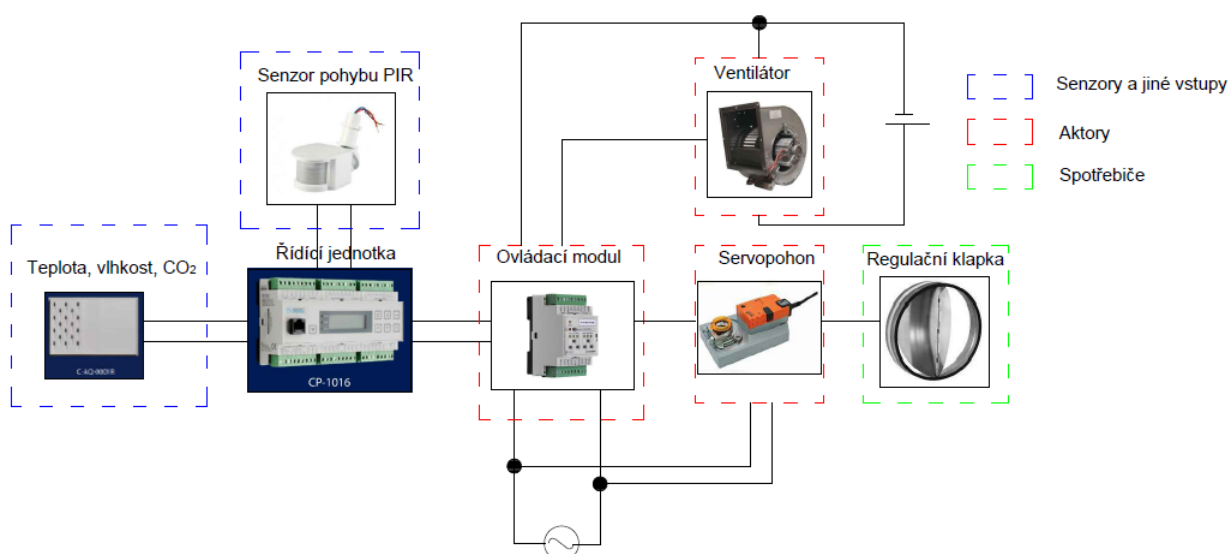
## b) Větrání

V rodinném domě je navrženo nucené větrání s rekuperací. Jedná se o náhradu klasického větrání pomocí oken, takže v ideální případě dochází k výměně vzduchu pouze přes vzduchotechniku, která šetří energii díky rekuperaci.

Hlavním spouštěčem větrání je čidlo CO<sub>2</sub>, které je umístěno v každé místnosti. Pokud je koncentrace CO<sub>2</sub> větší, než nastavené maximum, vyšle centrální jednotka pokyn pro zahájení větrání pomocí ovládní otáček ventilátoru. V koupelnách je do ovládní zapojeno i čidlo vlhkosti. Ovládací modul C-HM-0308 je napojen na ventilátor, teplotní senzor a klapkové pohony.



Obrázek 22 Schéma zapojení ovládacího modulu



Obrázek 23 Schéma principu ovládní vzduchotechniky

### **c) Příprava teplé vody**

U budov s téměř nulovou spotřebou je příprava teplé vody velkou částí energetické spotřeby a rozhodně se vyplatí ji řídit, aby nedocházelo ke zbytečnému plýtvání energií.

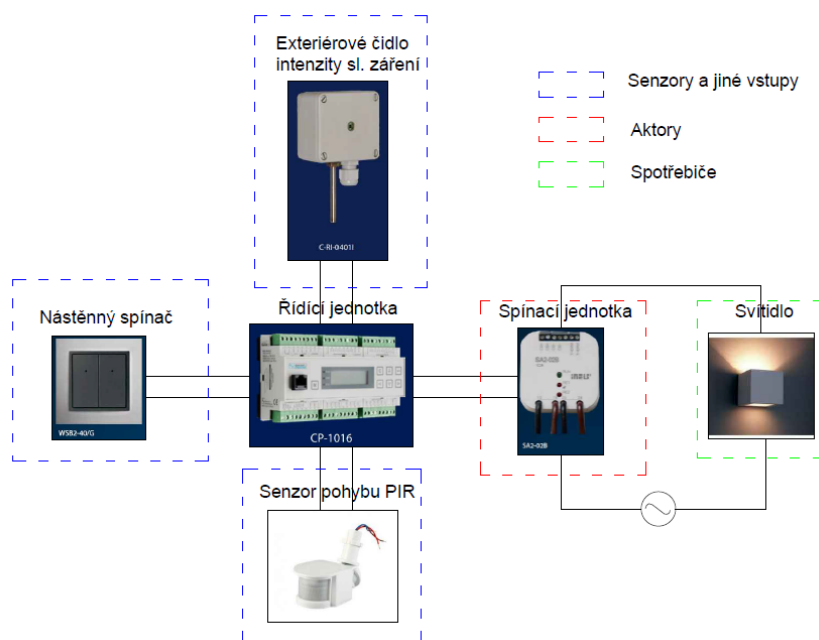
Pro snížení spotřeby energie je navrženo inteligentní řízení akumulčního ohříváče TV, které je připojeno na systém Foxtrot. Do něj proudí předehřátá voda z tepelného čerpadla, která se dále ohřívá elektrickým ohříváčem. V zásobníku je umístěno čidlo teploty, které zamezuje ohřívání na příliš vysokou teplotu a skrze signál z centrální jednotky lze ohřev zastavit. Centrální jednotka je propojena s čidly pohybu v domě (PIR senzory), tudíž je možné nastavit sepnutí ohříváče při příchodu domů jednoduše pohybem.



## d) Osvětlení

V rodinném domě jsou rozmístěna žárovková a LED svítidla se stropním závěsem, v kuchyni, prádelně a obývacím pokoji také LED páskové osvětlení s možností RGB. V exteriéru je umístěno stěnové svítidlo u hlavních vchodových dveří.

Jednotlivá svítidla jsou napojena na silové rozvody, které zajišťují napájení. Každé svítidlo má svůj vlastní nástěnný spínač, po jehož stisknutí se zapnou/vypnou. Zároveň jsou připojena na CIB sběrnici, která umožňuje přednastavené řízení přes centrální jednotku. Na výběr je například spínání na základě detekce pohybu (PIR čidla rozmístěná v domě), nebo zapnutí přednastavených scén (konkrétní nastavení skupiny svítidel například pro sledování filmu, čtení knihy nebo společenskou událost).



Obrázek 214 Schéma principu ovládní osvětlení

LED pásky jsou řízené napětím, jejich jmenovité napětí je 12VDC. Připojením na modul C-DM-0006M-ULED je možné tyto LED pásky stmívat a vytvořit větší rozsah využití. Stejný modul podporuje i RGB stmívání. Schéma s tímto prvkem by vypadalo obdobně, modul je náhradou za spínací jednotku.



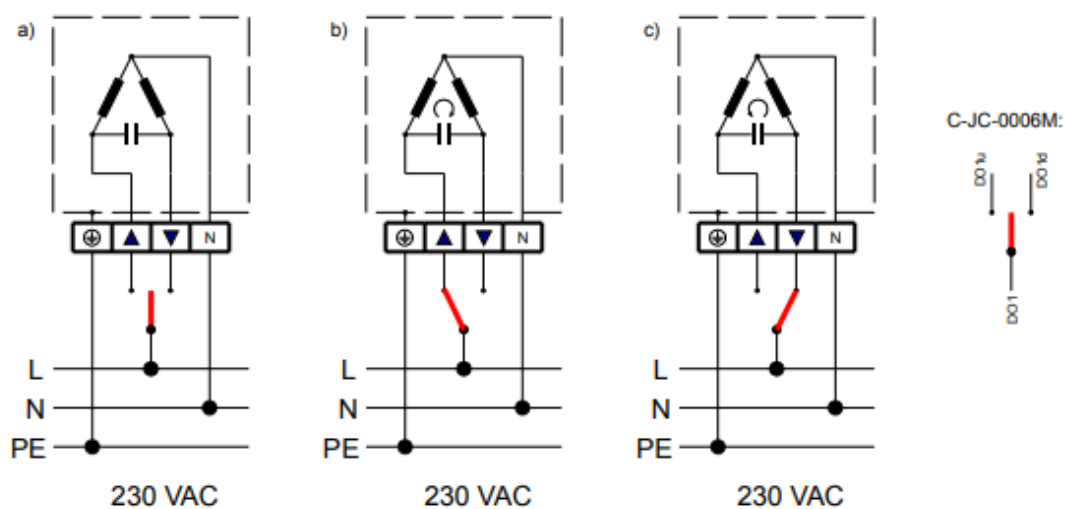
Obrázek 225 Vzhled stmívací jednotky pro LED pásky

## e) Chlazení

Budovy s téměř nulovou spotřebou energie by teoreticky neměly mít žádnou potřebu energie na chlazení, proto je způsob řešení přehřívání spíše preventivní. Vše začíná vhodným architektonickým návrhem ve spolupráci s tepelnou technikou. Budovy se přehřívají zejména v letním období díky velkým energetickým ziskům ze slunečního záření a vhodně rozmístěné okenní otvory s konstrukčním stíněním pomocí přesahů a říms tomu mohou zabránit.

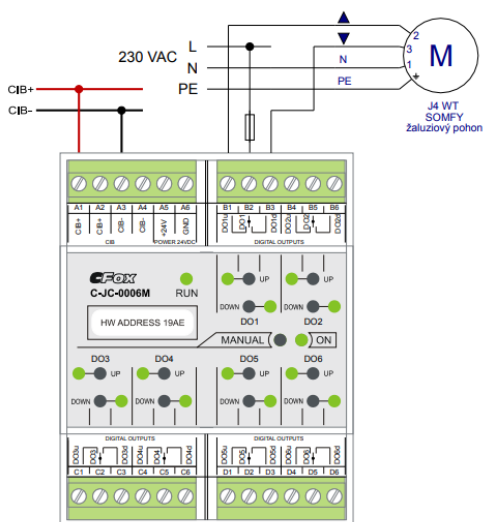
Vždy toto řešení nestačí a je potřeba chlad v budově ochránit. První navrhované řešení je vzduchotechnika s rekuperací, která funguje na stejném principu jako v zimě a využívá energii odpadního vzduchu pro úpravu nasávaného čerstvého vzduchu.

Druhé navrhované řešení je preventivního charakteru a cílem je dosažení minimální tepelné zátěže. Všechna okna jsou opatřena pohyblivými venkovními žaluziemi, které jsou ovládány centrální jednotkou. Ovládání žaluzií spočívá v řízení motorů pohonu jednotlivých prvků. Jedná se o střídavé asynchronní motory s přepínáním vinutí přes kondenzátor.

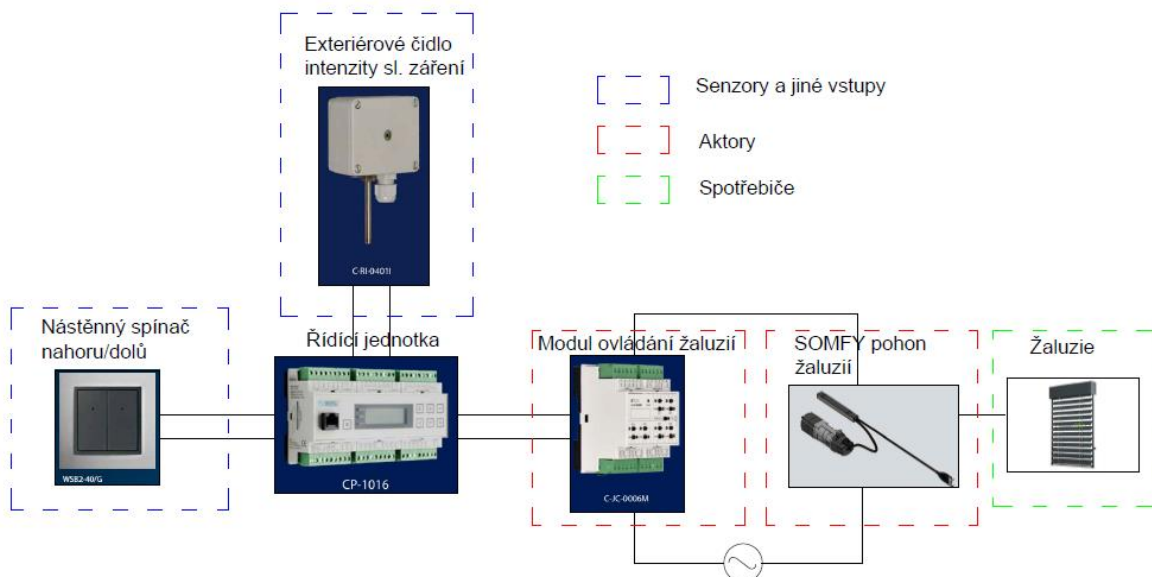


Obrázek 236 Schéma zapojení žaluziového pohonu v různých polohách

Pro ovládání a přepínání směru je navržen modul C-JC-0006M s 6 výstupy pro ovládání žaluzií. Blokování současného sepnutí obou vstupů je mechanické vnitřním uspořádáním a programové. Modul zde funguje jako spínací jednotka, na kterou je přiveden signál z řídicí jednotky. Modul dále reaguje vysláním napětí do pohonu ovládané žaluzie, která se následně začne pohybovat. Nástěnný spínač umístěný v místnosti má v ovládání přednost před automatickým ovládáním.



Obrázek 247 Schéma zapojení ovládacího modulu žaluzií



Obrázek 28 Schéma principu ovládání žaluzií

## D) ZÁVĚR

Ve své diplomové práci jsem se zabývala problematikou energetického hodnocení budov, související legislativou a nástroji hodnocení u nás a v zahraničí. Následně jsem nabyté znalosti aplikovala na konkrétní rodinný dům vybraný z katalogu firmy Archon. Pro tento rodinný dům jsem navrhla koncept zásobování energiemi tak, aby splnil požadavky na budovu s téměř nulovou spotřebou energie. Následně jsem návrh ověřila pomocí NKN II nástroje pro hodnocení budov a vypracovala energetické hodnocení. Pro takto specifikovaný provoz jsem navrhla inteligentní systém řízení od tuzemské firmy Teco, které je navrženo jako sběrníková síť s jednou hlavní řídicí jednotkou. Jednotka zpracovává vstupní informace a ovládá akční členy v závislosti na nich. Prioritou návrhu byla energeticky šetrná budova s jednoduchým systémem inteligentního řízení, které usnadní běžný provoz a tím zvýší komfort obyvatel.

## E) SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 : Průkaz energetické náročnost včetně protokolu

- Grafické znázornění PENB
- Grafický výstup z výpočetního nástroje NKN II

Příloha 2 : Vstupní podklady pro rodinný dům od firmy Archon

- Výkres č. 1 – Architektonické půdorysy vily  
(dostupné 1.5.19 z [http://www.archonplus.cz/projekt\\_domu/OLIWIA\\_02\\_0-01/mff520dadaecb0?cat\\_id=5](http://www.archonplus.cz/projekt_domu/OLIWIA_02_0-01/mff520dadaecb0?cat_id=5))

Příloha 3 : Koncept řešení vytápění, výkresy jednotlivých podlaží

- Výkres č. 2 – Koncept vytápění 1PP
- Výkres č. 3 – Koncept vytápění 1NP
- Výkres č. 4 – Koncept vytápění 2NP
- Výkres č. 5 – Koncept vytápění – technická místnost
- Výkres č. 6 – Koncept vytápění - schéma

Příloha 4: Koncept řešení vzduchotechniky, výkresy jednotlivých podlaží

- Výkres č. 7 – Koncept vzduchotechniky - 1PP
- Výkres č. 8 – Koncept vzduchotechniky – 1NP
- Výkres č. 9 – Koncept vzduchotechniky – 2NP
- Výkres č. 10 – Koncept vzduchotechniky - schéma

Příloha 5: Koncept řešení inteligentní elektroinstalace, výkresy jednotlivých podlaží

- Výkres č. 11 – Koncept řešení elektroinstalace - 1PP
- Výkres č. 12 – Koncept řešení elektroinstalace – 1NP
- Výkres č. 13 – Koncept řešení elektroinstalace – 2NP

## F) LITERATURA A ZDROJE

- [1] *DOPORUČENÍ KOMISE (EU): o pokynech na podporu budov s téměř nulovou spotřebou energie a osvědčených postupů k zjištění, aby do roku 2020 byly všechny nové budovy budovami s téměř nulovou spotřebou energie.* In: . ročník 2016, 2016/1318.
- [2] *SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2010/31/EU o energetické náročnosti budov: přepracování.* In: *Úřední věstník Evropské unie.* ročník 2010.
- [3] ČESKÁ REPUBLIKA. *Zákon o hospodaření energií.* In: . 2000, 406/2000 Sb.
- [4] ČESKÁ REPUBLIKA. *Vyhláška o energetické náročnosti budov.* In: . ročník 2013, 78/2013 Sb.
- [5] KABELLE, Karel. *Změna evropské směrnice o energetické náročnosti budov (EPBD 3).* *TZB-info*[online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/17969-zmena-evropska-smernice-o-energeticke-narocnosti-budov-epbd-3>
- [6] ODBOR 32100. *Průkaz energetické náročnosti budov.* *Ministerstvo průmyslu a obchodu*[online]. 19.11.2014 [cit. 2019-03-20]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/energetika/energeticka-ucinnost/prukaz-energeticke-narocnosti-budov/prukaz-energeticke-narocnosti-budov--119528/>
- [7] *Průkaz energetické náročnosti budovy a energetický audit.* *TZB-info* [online]. 14.11.2013 [cit. 2019-03-20]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/10584-prukaz-energeticke-narocnosti-budovy-a-energeticky-audit>
- [8] *Klasifikace budov dle potřeby tepla k vytápění domu (EPa)* [online]. 2012 [cit. 2019-03-20]. Dostupné z: <http://www.nizkoenergetickedomyonline.cz/clanky/klasifikace-staveb-dle-epa>
- [9] ČSN 73-0540-2. *Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky.*
- [10] WATSON, Paul. *An introduction to UK Energy Performance Certificates (EPCs).* In: *Journal of Building Appraisal (2010).* DOI: 10.1057/jba.2009.22.

- [11] PEJTER, Jan. Přehled energetické certifikace budov ve vybraných státech EU. *TZB-info* [online]. 19.3.2013 [cit. 2019-03-20]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/9674-prehled-energeticke-certifikace-budov-ve-vybranych-statech-eu>
- [12] HUBER, Heinrich. *The Energy Standart and Label MINERGIE®*.
- [13] HALL, Monika, Achim GEISSLER a Bastian BURGER. *Two years of experience with a net zero energy balance – analysis of the Swiss MINERGIE-A® standard*. In: . 2014. DOI: 10.1016/j.egypro.2014.02.145.
- [14] PETRÁŠ, Dušan. *ENERGETICKÉ HODNOTENIE BUDOV NA SLOVENSKU*. 2013.
- [15] KABELE, Karel. *Národní Kalkulační Nástroj II*.
- [16] VALEŠ, Miroslav. *Inteligentní dům*. Brno: ERA. ISBN 80-736-6062-8.
- [17] GARLÍK, Bohumír. *A14 - Navrhování inteligentních budov a jejich automatizace dle principů trvale udržitelné výstavby*. Brno: Národní stavební centrum, 2012. ISBN 978-80-87665-13-8.
- [18] GARLÍK, Bohumír. *Inteligentní budovy*. Praha: BEN - technická literatura, 2012. ISBN 978-80-7300-440-8.
- [19] MERZ, Hermann, Thomas HANSEMANN a Christof HÜBNER. *Automatizované systémy budov: sdělovací systémy KNX/EIB, LON a BACnet*. Praha: Grada, 2008. Stavitel. ISBN 978-80-247-2367-9.
- [20] TECO. *Seznámení s programovatelnými automaty TECOMAT FOXTROT*.
- [21] TECO. *PLC Tecomat Foxtrot - základní moduly*.
- [22] TECO. *Příručka projektování CFox, RFox a Foxtrot*. 2016.
- [23] Regulace otopných soustav. *TZB-info* [online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/regenerace-domu/323-regulace-otopnych-soustav>

## Obrázky

[1] *Vzorový průkaz energetické náročnosti budovy* [online]. In: . [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: <https://www.ateg.cz/sluzby/vytvoreni-prukazu-energeticke-narocnosti-budovy/>;

[2] *Schéma pasivního domu* [online]. In: . [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: <http://www.hac.cz/menu/pasivni-domy.php>;

[3] *The home of life* [online]. In: . [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: <https://www.velux.com/innovation/demo-buildings/home-for-life-denmark>;

[4] *Vzorový energetický certifikát* [online]. In: . [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: [https://media.springernature.com/original/springer-static/image/art%3A10.1057%2Fjba.2009.22/MediaObjects/41487\\_2010\\_Article\\_BFjba200922\\_Fig1\\_HTML.jpg](https://media.springernature.com/original/springer-static/image/art%3A10.1057%2Fjba.2009.22/MediaObjects/41487_2010_Article_BFjba200922_Fig1_HTML.jpg);

[5] *Minergie A koncept* [online]. In: . [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: <https://www.energiepfad.ch/wiki/minergie-standard>

[6] *Vzorový energetický certifikát budovy* [online]. In: . [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: <https://www.sora.sk/energeticka-certifikacia>;

[7] Schéma situace umístění objektu na pozemku, vlastní tvorba

[8] Koncept zásobování energiemi, vlastní tvorba

[9] Průchod energií budovou, vlastní tvorba

[10] *Schéma decentralizovaného systému* [online]. In: . [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: <http://selektro.tzb-info.cz4213-decentralizovane-sbernicove-systemy>

[11] *Příklad KNX řešení* [online]. In: . [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: <https://pgvs-europe.euczknx.html>

[12] *Vzhled řídicí jednotky* [online]. In: . [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: <https://www.tecomat.cz/Products/cz/plc-tecomat-foxtrot/zakladni-moduly/132-cp-1016/>

[13] *Schéma zapojení řídicí jednotky* [online]. In: . [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: <https://www.tecomat.cz/Products/cz/plc-tecomat-foxtrot/zakladni-moduly/132-cp-1016/>

[14] *Vzhled čidla* [online]. In: . [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: <https://www.tecomat.cz/modules/DownloadManager/download.php?alias=foxtrot-cz-c-aq>

[15] *Vzhled exteriérového čidla* [online]. In: . [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: <https://www.tecomat.cz/modules/DownloadManager/download.php?alias=foxtrot-cz-c-ri-0401i>



- [16] *Schéma zapojení exteriérového čidla* [online]. In: . [cit. 2019-04-16].  
Dostupné z:  
<https://www.tecomat.cz/modules/DownloadManager/download.php?alias=foxtrot-cz-c-ri-0401i>
- [17] *Vzhled nástěnného ovladače* [online]. In: . [cit. 2019-04-16]. Dostupné z:  
<http://emeagateway.eu/emea/repozytorium/Foxtrot-CZ-WSB2.pdf>
- [18] *Schéma zapojení nástěnného ovladače* [online]. In: . [cit. 2019-04-16].  
Dostupné z: <http://emeagateway.eu/emea/repozytorium/Foxtrot-CZ-WSB2.pdf>
- [19] *Vzhled bateriové hlavice* [online]. In: . [cit. 2019-04-16]. Dostupné z:  
<https://www.tecomat.cz/Products/cz/rfox-bezdratova-instalace/interierove-moduly/299-r-hc-0101f-rfox-proporcionalni-pohon-radiatoroveho-ventilu-0-100-1x-ai/>
- [20] *Schéma principu ovládání vytápění, vlastní tvorba, původní fotografie k dispozici z: TECO. Příručka projektování CFox, RFox a Foxtrot. 2016, <https://www.korado.cz/>, <https://www.spokos.cz/pir-cidla/3506-pir-senzor-pohybove-cidlo-k-montazi-do-otvoru-8595563706305.html>*
- [21] *Vzhled řídicího modulu* [online]. In: . [cit. 2019-04-16]. Dostupné z:  
<https://www.tecomat.cz/modules/DownloadManager/download.php?alias=foxtrot-cz-c-hm-0308m>
- [22] *Schéma zapojení řídicího modulu* [online]. In: . [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: <https://www.tecomat.cz/modules/DownloadManager/download.php?alias=foxtrot-cz-c-hm-0308m>
- [23] *Schéma zapojení ovládacího modulu* [online]. In: . [cit. 2019-04-16].  
Dostupné z:  
<https://www.tecomat.cz/modules/DownloadManager/download.php?alias=foxtrot-cz-c-hm-0308m>
- [24] *Schéma principu ovládání vzduchotechniky, vlastní tvorba, původní fotografie dostupné z: TECO. Příručka projektování CFox, RFox a Foxtrot. 2016, <https://www.inkomo-vzduchotechnika.cz/zpetna-klapka-rskt-tesna-p318-429>, <http://m.zahradnictvi-ok.cz/products/ventilator-torin-3250-m3-h/>, <http://marcomplet.cz/zbozi/produkt-108/belimo-belimo-gm24a-sr.html>*
- [25] *Schéma principu ovládání osvětlení, vlastní tvorba, původní fotografie dostupné z: TECO. Příručka projektování CFox, RFox a Foxtrot. 2016, <https://www.svetlo-svitidla-osvetleni.cz/faro-kamen-63311-nastenne-svitidlo-zakladna-beton-teleso-beton-povrch-beton-bezova-pro-zarovku-1x6w-g9-230v-ip20-tr1-rozmary-150x150x150mm-sviti-nahorudolu-far1>*
- [26] *Vzhled stmívací jednotky* [online]. In: . [cit. 2019-04-16]. Dostupné z:  
<https://www.tecomat.cz/modules/DownloadManager/download.php?alias=foxtrot-cz-c-dm-0006m-uled>

[27] Schéma zapojení žaluziového pohonu v různých polohách [online]. In: . [cit. 2019-04-16]. Dostupné z:

<https://www.tecomat.cz/modules/DownloadManager/download.php?alias=foxtrot-cz-c-jc-0006m>

[28] Schéma zapojení ovládacího modulu žaluzií [online]. In: . [cit. 2019-04-16].

Dostupné z:

<https://www.tecomat.cz/modules/DownloadManager/download.php?alias=foxtrot-cz-c-jc-0006m>

[29] Schéma principu ovládání žaluzií, vlastní tvorba, původní fotografie

dostupné z: TECO. *Příručka projektování CFox, RFox a Foxtrot*. 2016,

<https://www.stavointerier.cz/stinici-technika/zetta-90.html>,

[https://service.somfy.com/downloads/ch\\_v4/j4io\\_installation\\_it.pdf](https://service.somfy.com/downloads/ch_v4/j4io_installation_it.pdf)

## **Tabulky**

[1] Základní vlastnosti pasivních budov, ČSN 73-0540-2. *Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky*.

[2] Základní požadavky na energeticky nulové budovy, ČSN 73-0540-2. *Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky*.

[3] Vstupní hodnoty součinitele prostupu tepla konstrukcí