



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

## ENERGETICKY ÚSPORNÝ DŮM V BUČOVICÍCH

ENERGY-SAVING DETACHED HOUSE IN BUČOVICE

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Zuzana Šilerová

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Marcela Počinková, Ph.D.

BRNO 2024

# Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav technických zařízení budov  
Studentka: **Zuzana Šilerová**  
Vedoucí práce: **Ing. Marcela Počinková, Ph.D.**  
Akademický rok: 2023/24  
Studijní program: B0732A260003 Environmentálně vyspělé budovy

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

## Energeticky úsporný dům v Bučovicích

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Zpracování určené části projektové dokumentace zadané energeticky pasivní budovy rodinného domu ve stupni pro vydání stavebního povolení. Bakalářská práce bude povinně obsahovat dvě části: část architektonicko-stavební řešení (podíl 50 %) a část technika prostředí staveb (podíl 50 %).

### Cíle a výstupy bakalářské práce:

Návrh dispozičního řešení, vhodné konstrukční soustavy a nosného systému zadané budovy na základě zvolených materiálů a konstrukčních prvků a vyřešení osazení budovy do terénu a návaznosti na okolní zástavbu. Návrh koncepčního řešení technických systémů budovy a klasifikace její energetické náročnosti. Jednotlivé části práce budou obsahovat:

(I) Část architektonicko-stavební řešení (podíl 50 %): průvodní zpráva, souhrnná technická zpráva, koordinační situace (1:200), požárně bezpečnostní řešení stavby a výkresy (1:50) základů, půdorysů podlaží, konstrukce zastřešení, svislých řezů a technických pohledů, sestavy dílců, popř. výkres tvaru stropní konstrukce vybraného podlaží. Součástí této části práce bude dále stavebně fyzikální posouzení budovy i jednotlivých konstrukcí.

(II) Část technika prostředí staveb (podíl 50 %): koncepční studie relevantních systémů technického zařízení budovy s vazbou na výrobu a užití energie a hospodaření s vodou. Součástí této části práce bude průkaz energetické náročnosti budovy a prováděcí projekt vybraného systému technického zařízení budovy.

### Seznam doporučené literatury a podklady:

(1) Platné právní předpisy, zejména Stavební zákon č. 183/2006 Sb., Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií a další předpisy související s tématem práce

(2) Platné technické národní předpisy a normy ČSN, ČSN EN ISO

(3) Katalogy stavebních materiálů, konstrukčních systémů, stavebních výrobků;

(4) Odborná literatura

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku.

V Brně, dne 21. 11. 2023

L. S.

---

prof. Ing. Jiří Hirš, CSc.  
vedoucí ústavu

---

Ing. Marcela Počinková, Ph.D.  
vedoucí práce

---

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA, dr. h. c.  
děkan

## **ABSTRAKT**

Cílem bakalářské práce je navrhnout samostatně stojící rodinný dům s téměř nulovou spotřebou energie pro čtyřčlennou rodinu. Práce má dvě části. První část se zabývá dokumentací pro stavební povolení. Druhá část se zabývá koncepčním návrhem technických zařízení budovy.

Dům se nachází na rovinatém pozemku v Bučovicích. Jedná se o dvoupodlažní dům půdorysného tvaru čtverce s plochou vegetační střechou, dřevěnou terasou a přístřeškem pro dvě osobní auta. V prvním podlaží se nachází společenská část, tj. obývací pokoj spojený s kuchyní, pracovna, koupelna, WC a technická místnost. Druhé patro tvoří klidovou zónu, je zde hlavní ložnice, dva dětské pokoje, koupelna, samostatná toaleta a šatna.

Dům je založen na železobetonové základové desce položené na tepelněizolační vrstvě pěnového skla. Svislé konstrukce jsou zděné z pórobetonových tvárnic. Obvodové zdivo je zateplené systémem ETICS. Vodorovné nosné konstrukce jsou z litého železobetonu.

Návrh technického zařízení budovy obsahuje návrh vzduchotechniky, řešení splaškové a dešťové kanalizace, elektroinstalace a vytápění. Podrobněji se práce zabývá systémem vytápění. Hlavním zdrojem tepla je tepelné čerpadlo vzduch-voda. Objekt bude vytápěn pomocí podlahového vytápění. Výměnu vzduchu bude zajišťovat vzduchotechnická jednotka se zpětným získáváním tepla. Odpadní vody budou čištěny v domovní čistírně odpadních vod, přečištěná voda bude následně vsakována ve vsakovacím zařízení. Dešťová voda bude shromažďována v akumulární nádrži, ze které bude využívána k zalévání zahrady. Přebytečná voda bude dále vsakována ve vsakovacím zařízení. Součástí práce je také posouzení požární bezpečnosti, tepelné techniky, denního osvětlení a akustiky. Pro navržený dům je také zpracovaný průkaz energetické náročnosti, podle kterého objekt spadá do klasifikační třídy A – mimořádně úsporná.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

rodinný dům, vegetační střecha, pěnové sklo, pórobeton, ETICS, tepelné čerpadlo, podlahové vytápění, domovní čistírna odpadních vod, průkaz energetické náročnosti

## **ABSTRACT**

The aim of the Bachelor's thesis is to design near-ly zero-energy detached family house for a family of four. The thesis has two parts. The first part presents documentation for building permission. The second part presents the design of selected building services.

The house is located on a flat plot in Bučovice. It is a two-storey square shape house with a flat green roof, a wooden terrace and a carport for two cars . On the ground floor, there is a social part, i.e. a living room connected to a kitchen, a study room, a bathroom, a toilet and a utility room. On the second floor, there is a private zone with a master bedroom, two children bedrooms, a bathroom, a toilet and a walk-in closet.

The house is based on foam glass and a reinforced concrete foundation slab. The vertical structures are masonry made of aerated concrete blocks. The external walls are insulated with the ETICS. The horizontal load-bearing structures are made of cast in place reinforced concrete.

The design building services contains the design of vetilation system, solutions for sewage and rainwater, electrical installation and heating. The work deals with the heating system in more detail. The main source of heat is air-water heat pump. The building will be heated by underfloor heating. The air exchange will be provided by the mechanical ventilation with heat recovery. Sewage will be treated in the domestic waste water treatment, clean water will be infiltrated in to the ground on the premises. Rainwater will be collected in storage tank and used for watering the garden. The thesis also includes assessment of fire safety, thermal, daylighting and acoustics. energy performance certificate. The building aslo has energy performance certificate and falls into the classification class A – extremely efficient

## **Keywords**

family house, green roof, foam glass, aerated concrete, ETICS, heat pump, underfloor heating, domestic waste water treatment, energy performance certificate

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ŠILEROVÁ, Zuzana. *Energeticky úsporný dům v Bučovicích*. Brno, 2024. Dostupné také z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/158419>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce Marcela Počinková.

# PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Energeticky úsporný dům v Bučovicích* zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 11. 5. 2024

---

Zuzana Šilerová

autor

## **PODĚKOVÁNÍ**

Ráda bych vyjádřila své upřímné poděkování paní Ing. Marcele Počinkové, Ph.D., za její čas, trpělivost a cenné rady při konzultacích. Také děkuji svému konzultantovi doc. Ing. Miloši Kalouskovi, Ph.D. Nakonec bych chtěla srdečně poděkovat své rodině a přátelům za podporu během mého studia.



# Obsah

Úvod.....	8
TEXT PRÁCE .....	9
1. Umístění stavby a klimatické podmínky.....	9
2. Členění stavby na objekty a technická a technologická zařízení.....	9
3. Navrhované kapacity stavby .....	9
4. Architektonické a tvarové řešení .....	10
5. Dispoziční řešení .....	10
6. Konstrukční a materiálové řešení.....	10
6.1 Základové konstrukce.....	10
6.2 Svislé nosné konstrukce .....	10
6.3 Svislé nenosné konstrukce .....	11
6.4 Vodorovné konstrukce .....	11
6.5 Střešní konstrukce .....	11
6.6 Podlahy.....	11
6.7 Hydroizolace podlahy na terénu .....	12
6.8 Tepelné a akustické izolace .....	12
6.9 Konstrukce schodiště .....	12
6.10 Terasy a přístřešky.....	12
6.11 Výplně otvorů.....	12
7. Stavební tepelná technika.....	13
8. Stavební akustika a ochrana před hlukem .....	16
9. Denní osvětlení a proslunění .....	17
9.1 Denní osvětlení .....	17
9.2 Proslunění .....	17
10. Energetická náročnost budovy.....	18
11. Zdravotně technické instalace .....	19
11.1 Vodovod .....	19
11.2 Splašková kanalizace .....	19
11.3 Dešťová kanalizace .....	19
12. Vytápění a ohřev teplé vody .....	19
13. Větrání.....	23
14. Chlazení.....	24

15. Umělé osvětlení .....	24
16. Elektroinstalace.....	24
17. Požárně bezpečnostní řešení .....	25
18. Vliv stavby na okolí.....	25
19. Dopravní řešení .....	26
20. Terénní úpravy a řešení vegetace.....	26
21. Orientační náklady stavby.....	26
ZÁVĚR .....	27
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	28
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK .....	31
SEZNAM POUŽITÝCH SOFTWAREŮ .....	32
SEZNAM PŘÍLOH.....	33

## Úvod

V současné době se klade velký důraz na snižování energetické náročnosti budov a úsporu energií. Tato problematika také úzce souvisí s finančními náklady na výstavbu a provoz nemovitostí. Proto cílem této bakalářské práce „Energeticky úsporný dům v Bučovicích“ je vytvořit návrh rodinného domu s téměř nulovou spotřebou energie.

Práce se skládá ze dvou částí – dokumentace pro stavební povolení a návrh koncepčního řešení technického zařízení budov. Dokumentace pro stavební povolení obsahuje výkresovou a textovou část, řešení požární bezpečnosti a stavebně fyzikální posouzení. Koncepční návrh technického zařízení budovy obsahuje návrh vzduchotechnické jednotky, kanalizace a hospodaření s dešťovou vodou. Podrobněji se bakalářská práce věnuje návrhu podlahového vytápění, kdy hlavním zdrojem tepla v objektu bude tepelné čerpadlo vzduch-voda. Součástí práce je také štítek energetické náročnosti budovy.

Řešený objekt je umístěn ve městě Bučovice v Jihomoravském kraji. Jedná se o dvoupodlažní nepodsklepenou budovu půdorysného tvaru čtverce s plochou vegetační střechou. Celý objekt je založený na tepelně izolační vrstvě z pěnového skla. Svislé nosné konstrukce jsou zděné z pórobetonových tvárnic.

Celá práce byla doprovázena myšlenkou na jednoduchost, dostupnost materiálů a komfort uživatelů.

# TEXT PRÁCE

## 1. Umístění stavby a klimatické podmínky

Navrhovaná stavba je umístěna na pozemcích ve městě Bučovice, okres Vyškov v Jihomoravském kraji. Pozemek se skládá ze dvou parcel s parcelním číslem 100/1, 101/2 k.ú. Bučovice, obec Bučovice a celková výměra činí 2 285 m<sup>2</sup>. Terén je převážně rovný v nadmořské výšce 286 m n. m. Zimní návrhová teplota pro danou lokalitu je - 12 °C. Úroveň radonu – nízká. Jedná se o oblast, ve které se již nachází novostavby rodinných domů, tudíž stavba nebude svým vzhledem narušovat dosavadní architektonický ráz ulice.

## 2. Členění stavby na objekty a technická a technologická zařízení

Stavba je členěna na následující stavební objekty:

- S0.01 Rodinný dům
- S0.02 Přístřešek pro auta
- S0.03 Dřevěná terasa
- S0.04 Okapový chodník
- S0.05 Příjezdová cesta
- S0.06 Akumulační nádrž
- S0.07 Čistírna odpadních vod
- S0.08 Vsakovací systém
- S0.09 Přípojka nízkého napětí
- S0.10 Přípojka vodovodu
- S0.11 Tepelné čerpadlo

## 3. Navrhované kapacity stavby

Celková výměra pozemku:	2285 m <sup>2</sup>
Zastavěná plocha rodinného domu:	120,56 m <sup>2</sup>
Obestavěný prostor:	204,48 m <sup>2</sup>
Příjezdová komunikace	52 m <sup>2</sup>
Užitná plocha rodinného domu:	175,60 m <sup>2</sup>
Počet funkčních jednotek:	1
Počet podlaží:	2
Počet uživatelů:	4
Počet parkovacích míst:	2

## 4. Architektonické a tvarové řešení

Jedná se o samostatně stojící dvoupodlažní, nepodsklepenou budovu půdorysného tvaru čtverce s plochou vegetační střechou. Dům je určený pro čtyřčlennou rodinu. Hlavní vstup je orientovaný na severozápad. U hlavního vstupu je navržený dřevěný přístřešek pro dvě osobní vozidla, příjezdová cesta navazuje přímo na hlavní komunikaci. Na jihovýchodní straně domu směrem do zahrady bude vybudována otevřená dřevěná terasa. Fasáda je zvolena bílé barvy s šedým pruhem v oblasti soklu, okna a vstupní dveře dřevěná v barvě antracit. Celkový vzhled budovy má působit hladkým a čistým dojmem.

## 5. Dispoziční řešení

Obytné místnosti jsou orientovány na jižní a západní světové strany, zatímco nebytové prostory jsou orientovány na sever. Dispozice je navržena s ohledem na soukromí a pohodlnost uživatelů. Dům se dá rozdělit na dvě zóny – společenskou a klidovou. První podlaží tvoří zónu společenskou. Hlavní vstup do objektu se nachází na severovýchodní straně domu, který vede do zádveří. Ze zádveří vedou dveře na levé straně do technické místnosti a na pravé straně do pracovny. Na zádveří navazuje hlavní chodba, která vede do obývacího pokoje spojeného s kuchyní. Na levé straně chodby se nacházejí dveře do koupelny a samostatného WC, na pravé straně se nachází schodiště do 2.NP. Druhé podlaží tvoří klidovou zónu. Zde je umístěna ložnice, dva dětské pokoje, šatna, koupelna a samostatné WC.

## 6. Konstruktivní a materiálové řešení

### 6.1 Základové konstrukce

Objekt je založen na tepelněizolační vrstvě z pěnového skla ve dvou vrstvách o celkové tloušťce 500 mm. Jednotlivé vrstvy pěnového skla jsou od sebe odděleny geotextílií. Vrstva pěnového skla je položena na štěrkovém podsypu. Ve vrstvě štěrkového podsypu je uloženo drenážní potrubí, které zajišťuje odvod vody z prostoru základu. V této vrstvě je také uloženo perforované PVC potrubí, které zajišťuje odvětrání radonu ze základu. Nosnou konstrukci základu tvoří železobetonová základová deska o tloušťce 250 mm.

### 6.2 Svislé nosné konstrukce

Jedná se o stěnový konstrukční systém zděný z pórobetonových tvarovek porfix P4-500 tloušťky 300 mm s profilováním pero-drážka, lepené na maltu pro tenké spáry. Obvodové zdivo je opláštěno systémem ETICS. Pohledovou vrstvu na straně exteriéru tvoří silikátová fasádní omítka bílé barvy, v oblasti soklu omítka šedé barvy. Z interiéru je zdivo opatřeno sádrovou omítkou tloušťky 10 mm s interiérovým nátěrem, v hygienických prostorách pohledovou vrstvu tvoří betonová stěrka.

### **6.3 Svislé nenosné konstrukce**

Svislé nenosné konstrukce jsou zhotoveny z pórobetonových tvarovek porfix P2-500 tloušťky 150 mm lepené na tenkovrstvou maltu. Příčky mezi obytnými místnostmi budou z vápenopískových tvarovek tloušťky 150 mm z důvodu lepších akustických vlastností. Příčky jsou omítnuty sádrovou omítkou tloušťky 10 mm. Instalační předstěny v hygienických prostorách budou zhotovené ze sádrokartonu.

### **6.4 Vodorovné konstrukce**

Vodorovné nosné konstrukce jsou navrženy monolitické. Strop nad 1.NP je železobetonový tloušťky 250 mm. Ztužující železobetonový věnec bude realizovaný v úrovni stropní konstrukce. Pod stropem je vyneseny podhled. Nosnou konstrukci pro zavěšený stropní podhled tvoří montovaný rastr kotvený do železobetonové konstrukce. Zavěšený stropní podhled vytváří instalační mezeru pro rozvody elektřiny, vzduchotechniky, topení a kanalizace. Rastr je vyplněn sádrokartonovým podhledem. Nadokenní a nadedveřní překlady jsou zvoleny prefabrikované porfix, nad většími otvory budou překlady zhotoveny z porfix U-profilů zalité betonem s vloženou výztuží. U všech překladů jsou dodrženy minimální délky uložení.

### **6.5 Střešní konstrukce**

Jedná se o plochou vegetační extenzivní nepochůznou střechu. Nosná konstrukce je železobetonová tloušťky 250 mm. První vrstvu hydroizolace tvoří asfaltový pás z SBS modifikovaného asfaltu, nosná vložka z hliníkové fólie kaširované skleněnými vlákny. Střecha má sklon 2 %, spádování je vytvořeno pomocí spádových klínů z EPS. Zateplení střechy je provedeno polystyrénem EPS 150 tloušťky 240 mm + tloušťka spádových klínů. Celkem se na střeše nacházejí dva střešní vtoky DN 100 a jeden pojistný přepad. Jako hlavní hydroizolace proti vodě je použita TPO fólie, spoje fólií jsou svařeny horkým vzduchem a celkově je fólie přitížena vrstvou substrátu. Substrát o mocnosti 80 mm je určený pro suchomilné rostliny. Atika výšky 650 mm je vytvořená z pórobetonových tvárnic zakončená železobetonovým věncem. Spád atiky 6 % je vytvořen z tepelné izolace.

### **6.6 Podlahy**

Podlahy v obytných místnostech jsou těžké plovoucí s laminátovými deskami na horním povrchu. V komunikačních prostorách, koupelnách a WC je keramická dlažba lepená na tenké spáry. V obytných a hygienických místnostech je navíc v podlaze zabudované podlahové vytápění ve vrstvě cementového potěru. Všechny podlahové konstrukce jsou oddílatovány po celém obvodu elasticky pružným páskem pro zamezení šíření kročejového hluku, celkově je pak kročejovému hluku bráněno akustickou izolací zabudovanou v souvrství podlahy. V místech, kde není podlahové vytápění, je úroveň podlahy dorovnána vrstvou EPS polystyrénu.

## 6.7 Hydroizolace podlahy na terénu

Jako hydroizolace proti vodě a radonu byl zvolen asfaltový pás z SBS modifikovaného asfaltu s nosnou vložkou z hliníkové fólie kaširované skleněnými vlákny. Pás je položen ve dvou vrstvách, celková tloušťka je 8 mm. Pásky jsou celoplošně nataveny na podklad s příčným překryvem min. 100 mm, podélným překryvem min. 80 mm. V oblasti soklu bude hydroizolace vytažena do výšky 300 mm nad terén.

## 6.8 Tepelné a akustické izolace

Pro zateplení fasády byl použit fasádní polystyrén EPS 70 F tloušťky 240 mm,  $\lambda = 0,039 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ , kotvený zápustnými hmoždinkami. Oblast soklu je zateplena XPS polystyrénem tloušťky 240 mm,  $\lambda = 0,035 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ . Zateplení základu je zajištěno zhutněnou vrstvou šterku z pěnového skla o tloušťce 500 mm,  $\lambda = 0,08 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ . Střecha je zateplena polystyrénem EPS 150 o tloušťce 240 mm + vrstva spádových klínů o minimální tloušťce 40 mm,  $\lambda = 0,035 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ . Akustická izolace je umístěna v konstrukci podlahy, jedná se o desky z elastifikovaného pěnového polystyrenu s kročejovým útlumem tloušťky 30 mm,  $\lambda = 0,044 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ .

## 6.9 Konstrukce schodiště

Schodiště je dvouramenné železobetonové monolitické, podesta se nachází ve výšce 1,640 m, podepřena přízdívkou z vápenopískových tvarovek výšky 1,460 m. Rameno schodiště tvoří 9 schodišťových stupňů o výšce 182 mm a šířce 266 mm. Schodiště je opatřeno zábradlím o výšce 1 000 mm. Nášlapná vrstva schodišťových stupňů bude zhotovena z PVC.

## 6.10 Terasy a přístřešky

Nad parkovacím stáním bude zhotovený dřevěný přístřešek, jedná se o samonosnou konstrukci z nosných sloupů a trámů. Terasa na jihovýchodní straně domu bude také zhotovena ze dřeva a bude ukotvena pomocí zemních kotev do zeminy. Pochůzná plocha bude z dřevěných prken.

## 6.11 Výplně otvorů

Okna jsou dřevěná s izolačním trojsklem, zasklení je čiré, tloušťka rámu 94 mm,  $U_f = 1 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ,  $U_g = 0,60 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ,  $\Psi_g = 0,032 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ . Exteriérová barva zvolena antracit RAL 7016, vnitřní strana bílá. Vstupní dveře jsou dřevěné s tříbodovým bezpečnostním zámkem a v levé části prosklený světlík s mléčným zabarvením. Exteriérová i interiérová barva zvolena antracit RAL 7016. Interiérové dveře budou dřevěné osazené do dřevěných obložkových zárubní. Dveře ze zádveří do chodby a z chodby do obývacího pokoje jsou dřevěné posuvné. Okna, která jsou orientována na jihovýchod a severozápad jsou opatřena venkovními roletami. Rolety jsou zabudované v roletovém kastlíku z purenitu v nadpraží. Ovládání rolet pomocí motoru.

## 7. Stavební tepelná technika

Konstrukce byly posuzovány dle ČSN 73 0450-2:2011. Cílem bylo navrhnout konstrukce tak, aby dosáhly doporučených hodnot součinitele prostupu tepla pro pasivní domy. Z tabulky 7.1 vyplývá, že na doporučené hodnoty pro pasivní domy vyhovují všechny konstrukce, kromě okenních výplní O2, O6, O7. Jedná se okna menších rozměrů, která mají malý poměr mezi plochou rámu a zasklení, což je příčinou vyšších hodnot.

Tabulka 7.1 – Přehled součinitelů prostupu tepla

Posuzovaná konstrukce	Požadovaná hodnota $U_N$ [ $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ]	Doporučená hodnota $U_{rec}$ [ $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ]	Doporučená hodnota pro pasivní domy $U_{pas}$ [ $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ]	Vypočtená hodnota $U$ [ $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ]	Posouzení	Posouzení pro pasivní budovy
Obvodová stěna S1	0,30	0,20	0,18 až 0,12	0,140	Vyhovuje	Vyhovuje
Podlaha na zemině keramická dlažba P1	0,45	0,30	0,22 až 0,15	0,120	Vyhovuje	Vyhovuje
Podlaha na zemině laminátová podlaha P2	0,45	0,30	0,22 až 0,15	0,119	Vyhovuje	Vyhovuje
Plochá vegetační střecha T1	0,24	0,16	0,15 až 0,10	0,128	Vyhovuje	Vyhovuje
Výplň otvoru–O1	1,50	1,2	0,8 až 0,6	0,798	Vyhovuje	Vyhovuje
Výplň otvoru – O2	1,50	1,2	0,8 až 0,6	0,933	Vyhovuje	Nevyhovuje
Výplň otvoru – O3	1,50	1,2	0,8 až 0,6	0,795	Vyhovuje	Vyhovuje
Výplň otvoru – O4	1,50	1,2	0,8 až 0,6	0,745	Vyhovuje	Vyhovuje
Výplň otvoru – O5	1,50	1,2	0,8 až 0,6	0,775	Vyhovuje	Vyhovuje
Výplň otvoru – O6	1,50	1,2	0,8 až 0,6	0,869	Vyhovuje	Nevyhovuje
Výplň otvoru – O7	1,50	1,2	0,8 až 0,6	1,181	Vyhovuje	Nevyhoví
Vstupní veře	1,70	1,2	0,9	0,884	Vyhovuje	Vyhovuje



Dále byly konstrukce hodnoceny z hlediska nejnižší povrchové teploty, poklesu dotykové teploty podlahy, zkondenzovaného množství vodní páry uvnitř konstrukce a celoroční bilance kondenzace a vypařování. Výsledky prokázaly, že všechny konstrukce splňují požadované hodnoty.

Tabulka 7.2 – Nejnižší povrchová teplota

Posuzovaná konstrukce v ploše a kritické detaily	Vypočtená hodnota teplotního faktoru $f_{Rsi}$ [-]	Požadovaná hodnota teplotního faktoru $f_{Rsi,N}$ [-]	Posouzení
Obvodová stěna S1	0,965	0,744	Vyhovuje
Podlaha na zemině keramická dlažba P1	0,970	0,402	Vyhovuje
Podlaha na zemině laminátová podlaha P2	0,970	0,402	Vyhovuje
Plochá vegetační střecha T1	0,968	0,744	Vyhovuje

Tabulka 7.3 – Pokles dotykové teploty podlahy

Posuzovaná konstrukce	Vypočtená hodnota $\Delta\vartheta_{10}$ [°C]	Požadovaná hodnota $\Delta\vartheta_{10,N}$ [°C]	Kategorie
Podlaha na zemině keramická dlažba P1	5,87	6,9	III
Podlaha na zemině laminátová podlaha P2	4,28	5,5	II

Tabulka 7.4 – Zkondenzované množství vodní páry v konstrukci

Posuzovaná konstrukce	Vypočtená hodnota $M_c$ [kg·m <sup>-2</sup> ·a <sup>-1</sup> ]	Požadavek $M_{c,N}$ [kg·m <sup>-2</sup> ·a <sup>-1</sup> ]	Posouzení
Obvodová stěna S1	0,010	0,100	Vyhovuje
Podlaha na zemině keramická dlažba P1	-	0,500	Vyhovuje
Podlaha na zemině laminátová podlaha P2	-	0,500	Vyhovuje
Plochá vegetační střecha T1	0,001	0,054	Vyhovuje

Tabulka 7.5 – Celoroční bilance zkondenzované a vypařené vlhkosti

Posuzovaná konstrukce	Roční množství kondenzátu $M_c$ [kg·m <sup>-2</sup> ·a <sup>-1</sup> ]	Roční kapacita odparu $M_{ev}$ [kg·m <sup>-2</sup> ·a <sup>-1</sup> ]	Posouzení
Obvodová stěna S1	0,010	1,518	Vyhovuje
Podlaha na zemině keramická dlažba P1	-	-	Vyhovuje
Podlaha na zemině laminátová podlaha P2	-	-	Vyhovuje
Plochá vegetační střecha T1	0,001	0,003	Vyhovuje

Následně bylo provedeno hodnocení průměrného součinitele prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2:2011 a dle vyhlášky č. 264/2020 Sb. Na základě zjištěných hodnot byla budova zaříděna do kategorie B – Velmi úsporná.

Tabulka 7.6 – Průměrný součinitel prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2:2011

Konstrukce	Referenční budova				Hodnocená budova			
	A [m <sup>2</sup> ]	U [W/m <sup>2</sup> K]	b [-]	H <sub>T</sub> [W/K]	A [m <sup>2</sup> ]	U [W*m <sup>2</sup> *K]	b [-]	H <sub>T</sub> [W/K]
Obvodová stěna	266,86	0,30	1	80,06	266,86	0,14	1	37,36
Plochá vegetační střecha	120,20	0,24	1	28,85	120,20	0,128	1	15,39
Podlaha na terénu	120,20	0,45	0,56	30,43	120,20	0,12	0,56	8,11
Výplň otvoru 01 (7 ks)	18,90	1,5	1	28,35	18,90	0,798	1	15,08
Výplň otvoru 02 (2 ks)	1,00	1,5	1	1,50	1,00	0,933	1	0,93
Výplň otvoru 03 (1 ks)	4,32	1,5	1	6,48	4,32	0,795	1	3,43
Výplň otvoru 04 (1 ks)	8,40	1,5	1	12,60	8,40	0,745	1	6,26
Výplň otvoru 05 (1 ks)	6,00	1,5	1	9,00	6,00	0,775	1	4,65
Výplň otvoru 06 (1 ks)	0,84	1,5	1	1,26	0,84	0,868	1	0,73
Výplň otvoru 07 (1 ks)	0,36	1,5	1	0,54	0,36	1,181	1	0,43
Dveře vstupní (1 ks)	2,00	1,7	1	3,40	2,00	0,884	1	1,77
<b>Celkem</b>	<b>549,08</b>	-	-	<b>202,46</b>	<b>549,08</b>	-	-	<b>94,14</b>
<b>Tepelné vazby</b>		0,02		10,98		0,02		10,98
<b>Celková měrná ztráta prostupem</b>	<b>213,443</b>				<b>105,121</b>			
<b>Průměrný součinitel prostupu tepla referenční budovy</b>	<b>U<sub>em,N</sub> = 0,389 [W/m<sup>2</sup>K]</b>				<b>U<sub>em</sub> = 0,195 [W/m<sup>2</sup>K]</b>			
	<b>U<sub>em,rec</sub> = 0,292 [W/m<sup>2</sup>K]</b>							
<b>Klasifikace</b>	<b>U<sub>em</sub> &lt; 0,5* U<sub>em,N</sub></b>			<b>B</b>	<b>Velmi úsporná</b>			
	<b>0,19 &lt; 0,19</b>							

Tabulka 7.7 – Průměrný součinitel prostupu tepla dle vyhlášky č. 264/2020 Sb.

Budova	$U_{em,R,class}$ [W/m <sup>2</sup> K]	$U_{em}$ [W/m <sup>2</sup> K]	$U_{em}/U_{em,R,class}$
RD	0,271	0,195	71,82 %
Budova splňuje požadavek $U_{em,R}$ vybrané referenční budovy			<b>ANO</b>
Klasifikační třída			<b>B</b>

## 8. Stavební akustika a ochrana před hlukem

Konstrukce byly hodnoceny z hlediska vzduchové a kročejové neprůzvučnosti. Hodnoty vzduchových neprůzvučností svislých konstrukcí byly převzaty z technických listů, následně byly odečteny korekce na boční přenosové cesty. Nosná stěna z pórobetonu tloušťky 300 mm mezi obytnými místnostmi spolehlivě splňuje požadavky na vzduchovou neprůzvučnost, stejně tak i příčka mezi obytnými místnostmi z vápenopískových boků po odečtení korekcí vyhoví. Pro železobetonový strop nad 1.NP byly hodnoty vzduchové a kročejové neprůzvučnosti vypočítány a výsledné hodnoty vyhovují požadavkům. Obvodový plášť a výplně otvorů dle výsledků v tabulce 8.2 také prokazují dostatečnou zvukovou izolaci. Posouzení bylo prováděno dle normy ČSN 73 0532.

Tabulka 8.1 – Zvukoizolační vlastnosti vnitřních konstrukcí

Typ konstrukce	Vypočítané hodnoty (dB)		Požadavek ČSN 73 0532 (dB)		Hodnocení
	$R'_w$	$L'_{w,N}$	min. $R'_w$	max. $L'_w$	
Stěna mezi obytnými místnostmi	48	-	40	-	Vyhovuje
Příčka mezi obytnými místnostmi	48	-	40	-	Vyhovuje
Strop nad 1 NP	69	39	54	53	Vyhovuje

Tabulka 8.2 – Zvukoizolační vlastnosti vnitřních konstrukcí

Konstrukce	Zjištěné hodnoty [dB]	Požadavek ČSN 73 0532 [dB]	Posouzení
	$R'_w$	min. $R'_w$	
Obvodový plášť $R_{ws}$	48	33	Vyhovuje
Výplně otvorů $R_{wo}$	33	30	Vyhovuje
Celý obvodový plášť $R_w$	39	30	Vyhovuje

## 9. Denní osvětlení a proslunění

### 9.1 Denní osvětlení

Denní osvětlení bylo posouzeno ve všech obytných místnostech pomocí programu BuildingDesign. Hodnocení bylo provedeno na základě hodnoty činitele denní osvětlenosti, kdy hodnota musí být ve stanoveném bodě nejméně 0,7 % a průměrná hodnota činitele denní osvětlenosti ze soustavy dvou posuzovaných bodů nejméně 0,9 %. Jsou-li okna ve dvou stýkajících se stěnách, postačí, je-li tento požadavek splněn alespoň u jedné z obou dvojic kontrolních bodů. Z tabulky č. 9 vyplývá, že všechny obytné místnosti spolehlivě splňují požadavky na denní osvětlení.

### 9.2 Proslunění

Obytné místnosti jsou prosklenými částmi orientovány převážně na jižní a západní světové strany. Obytná místnost se považuje za prosluněnou za těchto podmínek:

- nejmenší skladebný rozměr osvětlovacího otvoru musí být alespoň 900 mm
- sluneční záření musí po stanovenou dobu dopadat na kritický bod P na vnitřní rovině osvětlovacího otvoru ve výšce 300 mm nad středem spodní hrany osvětlovacího otvoru, ale nejméně 1200 mm nad úrovní podlahy posuzované místnosti;
- dne 1. března doba proslunění nejméně 90 minut.

Minimální rozměr otvorů v posuzovaných místnostech je 1 500 mm. Dle výsledků v tabulce č. 9 je zřejmé, že všechny obytné místnosti vyhovují požadavkům na proslunění.

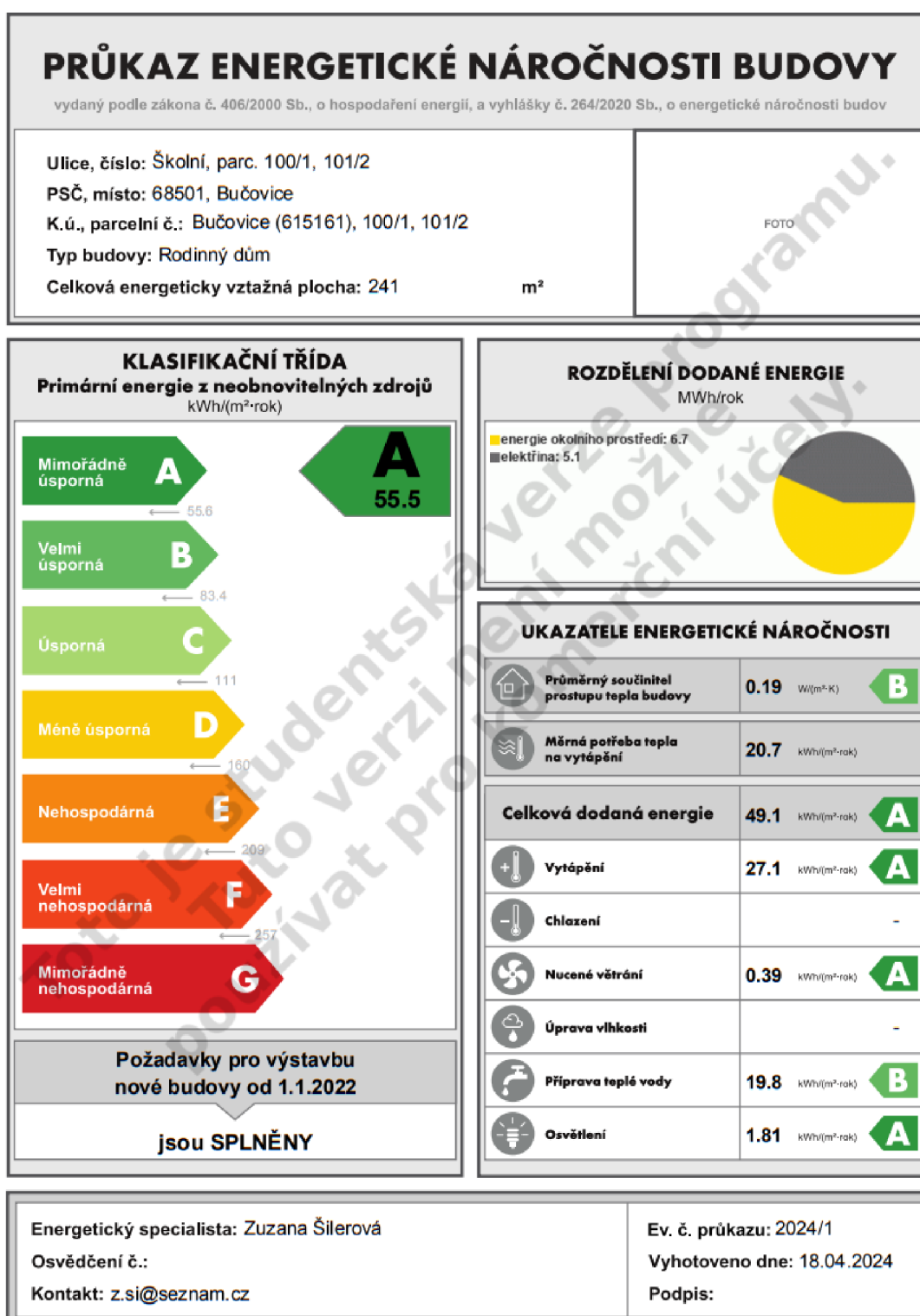
Tabulka 9 – Výsledky denního osvětlení a proslunění

Název	Minimální hodnota	Průměrná hodnota	Maximální hodnota	Rovnoměrnost	Proslunění
<b>1.1 - Obývací pokoj + kk</b>					
obývací - Činitel denní osvětlenosti	2,1 / 0,7 %	3,7 / 0,9 %	5,4 %	0,38	
obývací - Proslunění					7:56 / 1:30
<b>1.2 - Pracovna</b>					
pracovna - Činitel denní osvětlenosti	1,4 / 0,7 %	1,6 / 0,9 %	1,7 %	0,84	
pracovna - Proslunění					3:31 / 1:30
<b>2.1 - ložnic</b>					
ložnic - Činitel denní osvětlenosti	1,6 / 0,7 %	2,6 / 0,9 %	3,7 %	0,43	
ložnic - Proslunění					3:31 / 1:30
<b>2.2 - Pokoj 1</b>					
pokoj 1 - Činitel denní osvětlenosti	1,4 / 0,7 %	2,5 / 0,9 %	3,7 %	0,37	
pokoj 1 - Proslunění					7:56 / 1:30
<b>2.3 - Pokoj 2</b>					
pokoj 2 - Činitel denní osvětlenosti	1,3 / 0,7 %	2,5 / 0,9 %	3,7 %	0,34	
pokoj 2 - Proslunění					5:44 / 1:30

## 10. Energetická náročnost budovy

Pro rodinný dům byl vypracován průkaz energetické náročnosti budovy v programu Energetika. Objekt tvoří jednu zónu s energeticky vztažnou plochou 241 m<sup>2</sup>. Pro výsledek byl zvolen hodinový výpočet. Na základě vypočítaných hodnot byla budova zařazena do kategorie A – Mimořádně úsporná.

Tabulka 10.1 – Průkaz energetické náročnosti



## 11. Zdravotně technické instalace

### 11.1 Vodovod

Objekt bude napojen na veřejný vodovod novou vodovodní přípojkou, která bude napojena pomocí navrtávacího pasu na stávající vodovodní řád. Vodoměrná šachta bude nainstalována na pozemku investora, ve které bude umístěna vodoměrná sestava. Celková délka vodovodní přípojky je 2,8 m, potrubí bude uloženo do hloubky 1,5 m pod terénem z materiálu HDPE 100 SDR 11. Rozvody pitné vody v objektu budou vedeny v instalačních předstěnách. Okamžitý přísun teplé vody bude zajištěn pomocí cirkulačního potrubí teplé vody. Roční potřeba pitné vody je 140 m<sup>3</sup>/rok.

### 11.2 Splašková kanalizace

Splaškové vody budou odváděny z objektu kanalizačním potrubím PVC KG 150 vedené pod základem do domovní čistírny odpadních vod Aquatec AT6 na pozemku investora, zde budou přečištěny a následně odvedeny do vsakovacího zařízení. Produkce odpadních vod je 140,16 m<sup>3</sup>/rok.

### 11.3 Dešťová kanalizace

Dešťová voda z vegetační ploché střechy a střechy nad parkovacím stáním bude svedena dešťovou kanalizací do akumulární nádrže o objemu 3 m<sup>3</sup> a následně voda bude sloužit na zalévání zahrady. Pro návrh akumulární nádrže byla uvažována potřeba vody na zalévání prioritních ploch 120 m<sup>2</sup> po dobu suchého období 4 týdnů. Množství zálivky je uvažováno 3 mm/m<sup>2</sup>. Přebytečná voda z akumulární nádrže bude odvedena do vsakovacího zařízení sestaveného z akumulárních bloků. Roční nátok činí 48,47 m<sup>3</sup>/rok. Bloky jsou uloženy na štěrkovém podkladu pod úroveň terénu. Plocha vsakovacího systému je 30 m<sup>2</sup>. Dešťové vody z ostatních ploch budou vsakovány do okolního terénu.

## 12. Vytápění a ohřev teplé vody

Hlavním zdrojem tepla v rodinném domě bude tepelné čerpadlo vzduch-voda IVT AIR SPLIT 304. Distribuce otopné vody bude zajištěna pomocí topných hadů, jež budou umístěny v konstrukci podlahy ve všech obytných a hygienických místnostech. Venkovní teplota pro danou oblast je -12 °C. Teplota v obytných místnostech je uvažována 20 °C, v koupelnách 24 °C, v technické místnosti, chodbách a šatně je uvažována teplota 15 °C.

### Tepelné ztráty

Na základě teplot, tepelných vlastností a velikosti stavebních konstrukcí a výplní otvorů byl stanoven výpočet tepelných ztrát jednotlivě pro každou místnost. Výsledná hodnota po sečtení všech tepelných ztrát z místností činí 3,56 kW. Tato hodnota dále slouží jako klíčový parametr pro návrh vytápění.

Tabulka 12.1 – Přehled tepelných ztrát místností

č.m.	Místnost	Tepelný výkon pro tepelné ztráty prostupem $\Phi_{T,i}$ [W]	Tepelný výkon pro tepelné ztráty větráním $\Phi_{V,i}$ [W]	Celkový tepelný výkon $\Phi_{HL,i}$ [W]
1.01	Zádveří	-29,94	29,67	-0,27
1.02	Technická místnost	31,73	0,00	31,73
1.03	Wc	77,65	6,17	83,81
1.04	Koupelna	315,36	45,02	360,38
1.05	Obývací pokoj+ kk	823,86	233,36	1057,23
1.06	Chodba	-79,71	-10,18	-89,89
1.07	Schodiště	47,28	0,00	47,28
1.08	Pracovna	236,44	63,44	299,88
2.01	Chodba	-102,22	-21,88	-124,10
2.02	Ložnic	401,69	97,07	498,76
2.03	Šatna	-4,29	0,00	-4,29
2.04	Koupelna	286,33	38,67	325,00
2.05	Wc	49,16	6,56	55,72
2.06	Pokoj 1	392,58	115,20	507,77
2.07	Pokoj 2	396,25	112,83	509,08
<b>CELKEM [W]</b>		<b>2842,18</b>	<b>715,94</b>	<b>3558,12</b>

### Zdroj tepla

Hlavním zdrojem tepla rodinného domu na vytápění a ohřev teplé vody bude tepelné čerpadlo vzduch-voda IVT AIR SPLIT 304 s výkonem 5,21 kW. Čerpadlo se skládá z venkovní a vnitřní jednotky. Venkovní jednotka bude umístěna na severovýchodní fasádě, odvod kondenzátu bude řešen do okapového chodníku ze šterkové frakce. Vnitřní jednotka bude umístěna v technické místnosti. Jednotka obsahuje vestavěný elektrokotel o výkonu 6 kW, který slouží jako bivalentní zdroj. Dále jednotka obsahuje zásobník teplé vody o objemu 190 l a expanzní nádobu o objemu 13,5 l.

### Bod bivalence

Bod bivalence pro tepelné čerpadlo vzduch-voda IVT AIR SPLIT 304 byl stanoven na základě průběhu topného výkonu v závislosti na venkovní teplotě uvedené v technickém listu. Bod bivalence dle grafu je stanoven na teplotu -12 °C. Tepelné čerpadlo pokryje veškerý potřebný výkon pro vytápění a bivalentní zdroj v podobě elektrického kotle nebude pro vytápění využitý.

### Ohřev teplé vody

Přípravu teplé vody bude zajišťovat tepelné čerpadlo v kombinaci s elektrokotlem. Výkon pro ohřev teplé vody byl stanoven pro ohřev za 30 min. Začátek ohřevu byl stanoven na pokles teploty v zásobníku na 38 °C. Potřebný výkon pro ohřev celého zásobníku je 5,30 kW. Tepelné čerpadlo pokryje potřebný výkon pro ohřev teplé vody celého zásobníku od venkovní teploty 15°C. Při nižších teplotách bude chybějící výkon doplněn vestavěným elektrokotlem o výkonu 6 kW. Pro průběžné dohřívání teplé vody je zapotřebí 3,5 kW. Tepelné čerpadlo zajistí dohřev teplé vody do venkovní teploty

-7,4 °C. Při nižších teplotách bude opět chybějící výkon doplněn elektrokotlem. V jednotce je zabudovaný zásobník teplé vody o objemu 190 l.

### Akumulační nádrž

Soustava bude napojena na akumulaci nádrž Dražice NAD 100 v1 o objemu 120 l. Nádrž bude v soustavě sloužit jako rezerva pro podlahové vytápění při ohřevu teplé vody.

### Podlahové vytápění

Podlahové topení bylo navrženo na základě tepelných ztrát místností navýšených o procento zastavení podlahy nábytkem od 10-30 %. Teplá voda bude rozváděna po místnostech pomocí teplovodních hadů. Hadi budou uloženy v konstrukci podlahy v systémových deskách ve vrstvě cementového potěru. Podlahové vytápění bude ve všech obytných místnostech, koupelnách a toaletách. Byly dodrženy veškeré maximální povrchové teploty, teplota 29 °C pro obytné prostory a 35 °C pro koupelny. Teplotní spád navržen 34/27 °C. Celkově je v objektu navrženo 8 topných okruhů, 4 okruhy v 1.NP a 4 okruhy ve 2.NP. Každé patro má samostatný rozdělovač a sběrač, na který jsou jednotlivé okruhy napojeny. K rozdělovačů a sběračům vede měděné potrubí dimenze 18 x 1. Pro topné hady bylo zvoleno plastové potrubí dimenzí 14 x 1,5 mm a 10,1 x 1,1 mm. Byly provedeny výpočty součinitelů prostupu tepla na příslušných stranách podlah, stanoveny rozteče potrubí jednotlivých okruhů, tepelný výkon a příkon potřebný k pokrytí tepelných ztrát v jednotlivých místnostech. Celkový potřebný výkon pro vytápění rodinného domu podlahovým vytápěním činí 4,64 kW.

Tabulka 12.2 – Přehled potřebných výkonů pro vytápění

č.m.	Místnost	Celkový tepelný výkon [W]	Navýšení výkonu [%]	Celkový tepelný výkon po navýšení [W]
1.03	WC	83,81	10	92,20
1.04	Koupelna	360,38	10	396,42
1.05	Obývací pokoj+ kk	1057,23	30	1374,39
1.08	Pracovna	299,88	30	389,85
2.02	Ložnic	498,76	30	648,39
2.04	Koupelna	325,00	10	357,50
2.05	WC	55,72	10	61,29
2.06	Pokoj 1	507,77	30	660,11
2.07	Pokoj 2	509,08	30	661,81
<b>CELKEM [W]</b>		<b>3697,64</b>		<b>4641,95</b>



Po provedení všech výpočtů, stanovení roztečí a volbě dimenzí pro jednotlivé okruhy je celkový navržený výkon podlahového vytápění pro rodinný dům 4,57 kW.

Tabulka 12.3 – Přehled navržených výkonů pro vytápění

Místnost	Výkon potřebný k vytápění [W]	Navržený tepelný výkon podl. vyt. [W]	Výkon doplňkového otopného tělesa [W]	Celkový navržený tepelný výkon [W]
1.03 WC + 1.04 Koupelna	488,61	379,68	300	679,68
1.05 Obývací pokoj + kk	1374,39	1418,25	0	1418,25
1.08 Pracovna	389,85	415,79	0	415,79
2.02 Ložnic	648,39	672,46	0	672,46
2.03 2.04 Koupelna + 2.05 WC	418,79	354,28	300	654,28
2.06 Pokoj 1	660,11	673,27	0	973,27
2.07 Pokoj 2	661,81	659,43	0	659,43
<b>Celkem</b>	<b>4641,95</b>	<b>4573,16</b>		<b>5473,16</b>

Podlahové vytápění v koupelnách dle výpočtu nepokryje veškerou tepelnou ztrátu místností. Pro dosažení potřebného výkonu budou instalovány v koupelnách elektrické topné žebříky o výkonu 300 W, rozměr 450 x 960 mm, které doplní potřebný výkon. Instalace elektrických žebříků také výrazně zvyšuje uživatelský komfort (vysoušení ručníků).

#### Rozdělovače a sběrače

V objektu se nacházejí dva rozdělovače a sběrače IVAR.CI 553 VP v instalační skříni. Sestava obsahuje veškeré regulační a uzavírací armatury. Rozdělovač a sběrač v 1.NP je umístění na chodbě, celkem má 4 vstupy a výstupy. Druhý rozdělovač a sběrač ve 2.NP je také na chodbě, má celkem 4 vstupy a výstupy. K rozdělovačům vede od zdroje izolované měděné potrubí 18 x 1 mm, které je vedeno v stropním podhledu. Na základě dimenzí, délek a objemových průtoků byly stanoveny tlakové ztráty jednotlivých okruhů. Podle zjištěných hodnot pak byly nastaveny škrtkové ventily na rozdělovačích.

Tabulka 12.4 – Okruhy 1NP

Číslo okruhu	Dimenze [mm]	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Délka [m]	Rozteč [mm]	Příkon [W]	M [kg/h]	Nastavení [-]	Δ p [Pa]
R-1.01	14x1,5	17,70	78,2	250	733,36	90,08	6,2	13162,40
R-1.02	14x1,5	16,50	74,3	250	683,64	83,98	4,8	13176,84
R-1.03	10,1x1,1	10,63	59,9	200	415,79	51,07	5	13187,53
R-1.04	10,1x1,1	11,08	81	150	379,68	46,64	11	13183,60

Obývací pokoj + kk byl rozdělen do dvou topných okruhů (R-1.01 a R-1.02) z důvodu dilatační spáry v cementovém potěru.

Tabulka 12.5 – Okruhy 2NP

Číslo okruhu	Dimenze [mm]	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Délka [m]	Rozteč [mm]	Příkon [W]	M [kg/h]	Nastavení [-]	Δ p [Pa]
R-2.01	14x1,5	16,16	75,1	250	672,46	82,60	8,1	9265,34
R-2.02	10,1x1,1	9,86	69,4	150	354,28	43,52	11	9264,46
R-2.03	14x1,5	19,05	75,1	300	659,43	81,00	8,1	9265,34
R-2.04	14x1,5	19,45	76,8	300	673,27	82,70	8	9245,42

### Vyvažovací ventil

Pro vyrovnání tlakových ztrát mezi rozdělovači a sběrači v 1.NP a 2.NP byl navržen vyvažovací ventil TA STAD DN 20 s nastavením 1,7. Ventil bude umístěn u rozdělovače s menší tlakovou ztrátou. Rozdíl tlaků činí 4,30 kPa.

### Oběhové čerpadlo

Cirkulaci teplé vody v otopné soustavě bude zajišťovat čerpadlo ALPHA2 32-60 N 180.

### Expanzní nádoba

Expanzní nádoba v soustavě slouží na vyrovnávání objemových změn kapaliny způsobené teplotou. Tepelné čerpadlo má zabudovanou expanzní nádobu, která má objem 13,5 l. Na základě výpočtu se objem 13,5 l ukázal jako nedostačující, proto byla navržena přídatná expanzní nádoba o objemu 18 l. Potřebný expanzní objem je 28,95 l.

### Pojistný ventil

Pojistný ventil slouží k ochraně systému před nadměrným tlakem. Pokud tlak dosáhne nebezpečně vysoké úrovně, pojistný ventil se otevře a uvolní přebytečný tlak, aby se zabránilo poškození systému. Pro rodinný dům byl navržen pojistný ventil IVAR.PV 1234 DN 15 s otevíracím přetlakem 250 kPa.

## 13. Větrání

Výměnu vzduchu v rodinném domě bude zajištěna nuceným větráním pomocí vzduchotechnické jednotky DUPLEX EASY 2 500. Jednotka se skládá z deskového výměníku pro zpětné získávání tepla s vysokou účinností rekuperace, průtok vzduchu zajišťují radiální ventilátory. Součástí jednotky jsou výsuvné filtry pro filtraci čerstvého a odváděného vzduchu. Jednotka je vybavena by-pass klapkou, která umožňuje obtok rekuperačního výměníku v letním období. Jedná se o rovnotlaké větrání. Bilance výměny vzduchu je stanovena na základě požadovaných hodnot objemového průtoku pro danou místnost. Celkový součet průtoků je 420 m<sup>3</sup>/h. Maximální objemový průtok vzduchu jednotky je 500 m<sup>3</sup>/h. Jednotka bude umístěná v technické místnosti pod stropem a bude napojena na rozdělovací komory, ze kterých povedou jednotlivá potrubí do místností. Sací potrubí je vyvedeno na severozápadní fasádu, výfukové potrubí je odvedeno na severovýchodní fasádu. Rozvody z flexibilního plastového potrubí k jednotlivým vyústkám budou vedeny ve stropním pohledu. Vyústky pro distribuci vzduchu jsou kruhového tvaru.

Tabulka 13.1 – Vzduchová bilance místností

Podlaží	Místnost	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Objem [m <sup>3</sup> ]	Přívod [m <sup>3</sup> /h]	Odvod [m <sup>3</sup> /h]
1.NP	1.01 Zádveří	7,93	20,77	70	-
	1.02 Technická místnost	11,52	30,18	-	-
	1.03 WC	2,43	6,37	-	50
	1.04 Koupelna	10,11	26,48	-	90
	1.05 Obývací pokoj + kk	39,10	102,44	130	130
	1.06 Chodba	4,57	11,97	-	-
	1.07 Schodiště	6,60	17,29	-	-
	1.08 Pracovna	10,63	27,85	70	-
2.NP	2.01 Chodba	9,90	25,74	-	-
	2.02 Ložnice	16,39	42,61	50	-
	2.03 Šatna	6,99	18,17	-	-
	2.04 Koupelna	8,50	22,10	-	100
	2.05 WC	2,43	6,31	-	50
	2.06 Pokoj	19,45	50,57	50	-
	2.07 Pokoj	19,05	49,53	50	-
	<b>Celkem</b>			420	420

## 14. Chlazení

V rodinném domě nebude instalována jednotka pro chlazení. Výpočet letní stability pro kritickou místnost prokázal, že chlazení není nutné. Požadovaná hodnota nejvyšší denní teploty vzduchu v místnosti v letním období je 27 °C. Teplota vzduchu v letním období v kritické místnosti – č. 1.05 obývací pokoj + kk orientovaný na jihovýchodní stranu je 26,13 °C. Výpočet byl proveden v programu Komfort.

## 15. Umělé osvětlení

Rodinný dům bude vybavený úspornými LED zářivkami. V jednotlivých místnostech budou instalovány stropní lustry, bodové žárovky nebo LED pásky na podsvícení. Volba jednotlivých svítidel záleží na designu a účelu použití. Elektrické rozvody k jednotlivým svítidlům budou vedeny v drážkách ve zdivu nebo ve stropním podhledu. Ovládání osvětlení bude zajištěno pomocí nástěnných spínačů.

## 16. Elektroinstalace

Objekt je napojený na elektrickou síť nízkého napětí pomocí nově vybudované elektrické přípojky, která je ukončena v elektroměrové skříni na hranici pozemku. Domovní rozvaděč bude umístěn v technické místnosti, odkud budou napojeny veškeré vnitřní elektroinstalace. Umístění zásuvek bude respektovat instalační zóny, svislé 200 mm,

vodorovné 300 mm. Na základě množství spotřebičů umístěných v objektu byl navržen třífázový jistič 3 x 32 A.

Tabulka 16.1 – Přehled spotřebičů v objektu

Spotřebič	kW
TČ	3,7
VZT jednotka	0,363
čerpadlo dešťové vody	0,5
chladnička + mrazák	0,2
sklokeramická varná deska	7
trouba	4
pračka	2,3
sušička	2,3
mikrovlnná trouba	0,7
digestoř	0,1
kávovar	0,85
rychlouvarná konvice	2
myčka	1,5
žehlička	0,4
elektronika, PC, TV	2,4
osvětlení [10 W/m <sup>2</sup> ]	1,2
ostatní	1
<b>Součet</b>	<b>27,32</b>
<b>Maximální soudobý příkon</b>	<b>21,01</b>

## 17. Požárně bezpečnostní řešení

Jedná se o konstrukční systém nehořlavý, svislé konstrukce z pórobetonových tvárníc tloušťky 300 mm jsou typu DP1, vodorovné železobetonové stropní konstrukce tloušťky 250 mm jsou také druhu DP1. Požární výška je 3,270 m. Kontaktní zateplovací systém je tvořený fasádním polystyrénem EPS 70 F tloušťky 240 mm. Dle výpočtu množství uvolněného tepla konstrukce splňuje podmínky pro stěny bez požárně otevřených ploch – PUP. Objekt splňuje podmínky pro budovy OB1 a bude mít jeden požární úsek N1.01/N2-II. Požární zatížení  $p_v = 45,75 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ . Stupeň požární bezpečnosti dle ČSN 73 0802 určen jako II. V objektu je jedna nechráněná úniková cesta, která splňuje požadavky na minimální šířky chodby a dveří. Odstupové vzdálenosti nepřesahují hranice pozemku. V objektu bude jeden přenosný hasící přístroj umístěný v hlavní chodbě v 1.NP a dvě zařízení autonomní detekce. Jeden bude v hlavní chodbě v 1NP a druhý bude nad schodištěm v 2. NP.

## 18. Vliv stavby na okolí

Během výstavby dojde ke zvýšené prašnosti a hluku, především v důsledku činnosti stavebních strojů a provádění stavebních prací. Pro minimalizaci těchto nepříznivých faktorů budou přijata příslušná opatření. Ke snížení prašnosti bude suchá plocha kropena vodou, v případě hluku budou hlučné práce omezeny pouze na pracovní dny a

budou dodrženy hygienické limity hluku. Po dokončení výstavby stavba nebude mít zásadní vliv na okolní prostředí. Svým provozem nebude nijak narušovat oblast hlukem, prachem ani pachem. Existencí stavby se nenaruší odtokové poměry.

## **19. Dopravní řešení**

Objekt je napojený na veřejnou komunikaci pomocí příjezdové cesty. Cesta je dlážděná zámkovou dlažbou, opatřená sjezdovým obrubníkem. U objektu na severozápadní straně jsou navržena dvě zastřešená parkovací stání. Připojení objektu nijak nenarušuje dosavadní provoz.

## **20. Terénní úpravy a řešení vegetace**

Na pozemku se nenacházejí žádné dřeviny ani keře, není nutné jejich odstranění před zahájením stavebních prací. Sejmutá ornice bude uložena v deponii na pozemku investora. Ornice bude dále použita na terénní úpravy. Po obvodu pozemku budou vysázeny jehličnaté thuje. Celý pozemek bude zatravněn. Vegetační střecha bude osázena sukulenty a suchomilnými rostlinami.

## **21. Orientační náklady stavby**

Orientační náklady na výstavbu byly určeny na základě rozpočtového ukazatele pro zděné domky rodinné jednobytové. Cena za m<sup>3</sup> obestavěného prostoru je 8 665,- Kč bez DPH. Odhad stavby je 7 340 000,- Kč.

## ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo vytvořit návrh a zpracovat projektovou dokumentaci pro energeticky úsporný rodinný dům. Práce se skládá ze dvou částí – projektové dokumentace ve stupni pro stavební povolení a koncepčního návrhu technických zařízení budovy.

Rodinný dům se nachází v Bučovicích v Jihomoravském kraji. Jedná se o dvoupodlažní nepodsklepenou budovu půdorysného tvaru čtverce s plochou vegetační střechou. Základová deska je položena na tepelně izolační vrstvě z pěnového skla. Svislé nosné konstrukce jsou navrženy z pórobetonových tvarovek lepené na tenkou spáru. Vodorovné konstrukce budou monolitické železobetonové. Příčky mezi obytnými místnostmi budou z důvodu lepších akustických vlastností zhotoveny z vápenopískových bloků, ostatní příčky budou z pórobetonu.

Projektová dokumentace obsahuje výkresovou a textovou část, řešení požární bezpečnosti a stavebně fyzikální posouzení konstrukcí. Koncepční návrh technických zařízení budovy zahrnuje návrh vzduchotechnické jednotky, řešení zdravotně technických instalací a hospodaření s dešťovou vodou. Podrobněji se práce zaměřuje na návrh vytápění. Zdrojem tepla bude tepelné čerpadlo vzduch-voda, které bude objekt vytápět prostřednictvím podlahového vytápění. Celková spotřeba energie na vytápění rodinného domu je 27,1 kWh/(m<sup>2</sup>·rok). Podle průkazu energetické náročnosti budovy je objekt zaříděn do kategorie A – Mimořádně úsporná. Dům tedy splňuje parametry energeticky úsporného domu.

Během zpracování bakalářské práce jsem se snažila maximálně využít mých dosavadní znalostí získané během studia. Základní myšlenkou projektu bylo vytvořit jednoduché a funkční řešení, které zajistí pohodlné bydlení.

# SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

## Odborná literatura

BENEŠ, Petr, SEDLÁKOVÁ, Markéta, RUSINOVÁ, Marie, BENEŠOVÁ, Romana, ŠVECOVÁ, Táňa. Požární bezpečnost staveb. Brno: Akademické nakladatelství CERM s.r.o. 2021. ISBN 978-80-7623-070-5.

## Použité normy, zákony a vyhlášky

- [1] Stavební zákon č. 283/2021 Sb.
- [2] ČSN 01 3420:2004 Výkresy pozemních staveb – Kreslení výkresů stavební části
- [3] ČSN 73 0540-1, 3, 4:2005, ČSN 73 0540-2:2011 + Z1:2012 Tepelná ochrana budov
- [4] Vyhláška č. 264/2020 Sb. o energetické náročnosti budov.
- [5] Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací ve znění novel č. 217/2016 Sb., č. 241/2018 Sb.
- [6] ČSN 73 0532 Akustika – Ochrana proti hluku v budovách a posuzování akustických vlastností stavebních konstrukcí a výrobků – Požadavky
- [7] ČSN 73 4301:2004 ve znění Z4:2019 Obytné budovy.
- [8] ČSN EN 17 037 Denní osvětlení budov
- [9] ČSN 73 0580-1: 2007 Denní osvětlení budov - Část 1: Základní požadavky
- [10] ČSN 73 0580-2:2007 Denní osvětlení budov – část 2: Denní osvětlení obytných budov
- [11] Zákon č. 133/1985 Sb., o požární ochraně, (ve znění novel)
- [12] Vyhláška č. 23/2008 Sb. ve znění Vyhlášky č. 268/2011 Sb., o technických podmínkách požární ochrany staveb
- [13] Vyhláška. č. 246/2001 Sb., o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru (vyhláška o požární prevenci)
- [14] Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby
- [15] Vyhláška č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb
- [16] ČSN 73 0810 – PBS – Společná ustanovení
- [17] ČSN 73 0802 – PBS – Nevýrobní objekty

- [18] ČSN 73 0818 – PBS – Obsazení objektu osobami
- [19] ČSN 73 0872 – PBS – Ochrana staveb proti šíření požáru vzduchotechnickým zařízení
- [20] ČSN 73 0873 – PBS – Zásobování požární vodou
- [21] ČSN 73 0821, ed. 2 – PBS – Požární odolnost stavebních konstrukcí
- [22] ČSN 06 1008 – Požární bezpečnost tepelných zařízení
- [23] ČSN 01 3495 – Výkresy ve stavebnictví – Výkresy PBS
- [24] ČSN 01 3495 – Výkresy ve stavebnictví – Výkresy PBS
- [25] ČSN 01 3452 - Technické výkresy – Instalace – Vytápění a chlazení
- [26] ČSN EN 12828 - Tepelné soustavy v budovách – Navrhování teplovodních otopných soustav
- [27] ČSN 06 0310 – Ústřední vytápění – Projektování a montáž
- [28] ČSN EN 1264-2 – Podlahové vytápění
- [29] ČSN EN 12831 - Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu
- [30] ČSN 06 0320 - Tepelné soustavy v budovách – Příprava teplé vody Navrhování a projektování
- [31] ČSN 06 0820 - Tepelné soustavy v budovách – Příprava teplé vody - Navrhování a projektování
- [32] Vyhláška č. 193/2007 Sb. XXXXXXX
- [33] Vyhláška č. 48/1982 Sb. – základní požadavky k zajištění bezpečnosti práce a technických zařízení



## **Webové stránky**

- [1] TOPNÝŽEBŘÍK. [online]. Dostupné z: <https://www.topnyzebrik.cz/>
- [2] DEK A.S. [online]. Dostupné z: - <https://www.dek.cz/>
- [3] TOPENÍ LEVNĚ. [online]. Dostupné z: <https://www.topenilevne.cz/>
- [4] TOP NÁDRŽE. [online]. Dostupné z: <https://www.topnadrze.cz/>
- [5] IVAR. [online]. Dostupné z: <https://www.ivarcs.cz/>
- [6] MARO. [online]. Dostupné z: <https://www.maroz.cz/>
- [7] WAVIN. [online]. Dostupné z: <https://wavin.com/cs-cz>
- [8] ZÁKONY PRO LIDI. [online]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/>
- [9] MĚSTO BUČOVICE. [online]. Dostupné z: <https://www.bucovice.cz/>
- [10] TZB INFO. [online]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/>
- [11] ISOVER. [online]. Dostupné z: <https://www.isover.cz/>
- [12] GRUNDFOS. [online]. Dostupné z: <https://www.grundfos.com/cz>
- [13] PORFIX. [online]. Dostupné z: <https://www.porfix.cz/>
- [14] ČESKÉ STAVEBNÍ STANDARDY. [online]. Dostupné z: <https://www.porfix.cz/>
- [15] GOOGLE MAPY. [online]. Dostupné z: <https://www.google.com/maps/>
- [16] ČESKÁ GEOLOGICKÁ SLUŽBA. [online]. Dostupné z: <https://mapy.geology.cz/>
- [17] VEKRA. [online]. Dostupné z: <https://www.vekra.cz/>
- [18] CUBE PODLAHOVÉ VYTÁPĚNÍ. [online]. Dostupné z: <https://www.eshopcube.cz/>
- [19] IVT TEPELNÁ ČERPADLA. [online]. Dostupné z: <https://www.cerpadla-ivt.cz/>
- [20] SIKA. [online]. Dostupné z: <https://cze.sika.com/cs/>
- [21] ČÚZK. [online]. Dostupné z: <https://www.cuzk.cz/Katastr-nemovitosti.aspx>

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

NP	nadzemní podlaží
SV	světlná výška
KV	konstrukční výška
par. č.	parcela číslo
k.ú.	katastrální území
m.n.m	metry nad mořem
S-JTSK	systém jednotné trigonometrické sítě katastrální
B.p.v	balt po vyrovnání
BOZP	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci
SDK	sádrokarton
OSB	deska ze slisované dřevěné štěpky
PVC	polyvinylchlorid
DN	jmenovitý průměr
NN	nízké napětí
tl.	tloušťka
$\Lambda$	součinitel tepelné vodivosti
U	součinitel prostupu tepla
R	tepelný odpor
EPS	expandovaný pěnový polystyren
XPS	extrudovaný polystyren
TI	tepelná izolace
HI	hydroizolace
SO	stavební objekt
PT	původní terén
UT	upravený terén
R <sub>w</sub>	vážená laboratorní neprůzvučnost
R' <sub>w</sub>	vážená stavební neprůzvučnost
L' <sub>n,w</sub>	vážená normalizovaná hladina akustického tlaku kročejového zvuku
K	korekce
PBŘ	požárně bezpečnostní řešení
R	mezní stav únosnosti a stability
E	mezní stav celistvosti
I	mezní stav izolační schopnosti
W	mezní stav tepelného toku
PÚ	požární úsek
DP1	druh konstrukční části
OB1	skupina budovy
TV	teplá voda
SV	studená voda

## **SEZNAM POUŽITÝCH SOFTWAREŮ**

Autodesk AutoCAD 2019

Microsoft – Word, Excel

ATREA DUPLEX 9.40

RAUCAD TechCON X

BuildingDesign

Hluk+

DEKSOFT – Tepelná technika 1D, Energetika, Komfort

# SEZNAM PŘÍLOH

## Příloha A – Pozemní stavby

- A.1 Průvodní zpráva
- A.2 Souhrnná technická zpráva
- A.3 Koordinační situační výkres
- A.4 Architektonicko – stavební řešení
  - A.4.1 Půdorys 1NP
  - A.4.2 Půdorys 2NP
  - A.4.3 Základ
  - A.4.4 Plochá střecha
  - A.4.5 Řez A-A'
  - A.4.6 Stropní konstrukce
  - A.4.7 Pohledy
  - A.4.8 Detail soklu
  - A.4.9 Detail atiky
  - A.4.10 Detail střešního okna
  - A.4.11 Detail střešního vtoku
  - A.4.12 Detail parapetu, nadpraží, ostění
  - A.4.13 Výpis výplní otvorů
  - A.4.14 Výpis skladeb konstrukcí
- A.5 Požárně bezpečnostní řešení
  - A.5.1 Technická zpráva PBŘ
  - A.5.2 Půdorys 1NP–PBŘ
  - A.5.3 Půdorys 2NP–PBŘ
  - A.5.4 Situace–PBŘ
- A.6 Stavebně fyzikální posouzení konstrukcí a budovy
  - A.6.1 Stavebně fyzikální posouzení konstrukcí a budovy
  - A.6.2 Tepelně technické posouzení skladeb

## Příloha B – Technická zařízení budov

- B.1 Koncepční řešení systémů TZB
  - B.1.1 Koncepční řešení systémů TZB
    - B.1.A Vzduchotechnika
      - B.1.A.1 Trasy vzduchotechniky 1NP
      - B.1.A.2 Trasy vzduchotechniky 2NP
    - B.1.B Vodovod
      - B.1.B.1 Výkres vodovodu 1NP
      - B.1.B.2 Výkres vodovodu 2NP
    - B.1.C Kanalizace
      - B.1.C.1 Výkres kanalizace základ
      - B.1.C.2 Výkres kanalizace 1NP
      - B.1.C.3 Výkres kanalizace 2NP

- B.2 Vytápění
  - B.2.1 Vytápění–výpočet a technická zpráva
  - B.2.2 Výkres podlahového vytápění 1NP
  - B.2.3 Výkres podlahového vytápění 2NP
  - B.2.4 Schéma zapojení kotelny
  
- B.3 Průkaz energetické náročnosti budovy