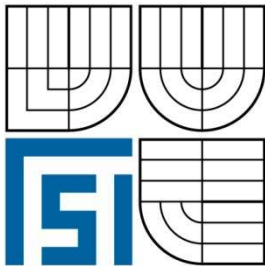


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ENERGETICKÝ ÚSTAV**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
ENERGY INSTITUTE

**NÁVRH SOLÁRNÍHO OHŘEVU VODY A
SOLÁRNÍHO PŘITÁPĚNÍ V RODINNÉM DOMĚ**
DESIGN OF A SOLAR SPACE AND DHW HEATING SYSTEM FOR A DETACHED
DWELLING

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. STANISLAV ČUKAT

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. PAVEL CHARVÁT, Ph.D.

BRNO 2012

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav

Akademický rok: 2011/12

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Stanislav Čukat

který/která studuje v **magisterském studijním programu**

obor: **Technika prostředí (2301T024)**

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

Návrh solárního ohřevu vody a solárního přitápění v rodinném domě

v anglickém jazyce:

Design of a solar space and DHW heating system for a detached dwelling

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Vytápění a ohřev teplé vody představují největší položku v energetické bilanci rodinných domů. Jedním ze způsobů, jak zmírnit dopad spotřeby tepla na vytápění a ohřev vody na spotřebu fosilních paliv, je využití obnovitelných zdrojů energie, mezi něž patří i energie solární.

Cíle diplomové práce:

Bude proveden návrh ohřevu vody a přitápění v rodinném domě pomocí solárních kolektorů. Práce bude zahrnovat výpočet potřebného tepelného výkonu na základě ČSN EN 12831 a výpočet potřeby energie na vytápění dle ČSN EN ISO 13790. Energetický přínos solárního systému bude stanoven počítačovou simulací. Bude zpracována výkresová dokumentace, která bude obsahovat jak rozvinuté schéma celé soustavy, tak zakreslení tras potrubních rozvodů do výkresové dokumentace domu.

Seznam odborné literatury:

ČSN EN 12831 Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu

ČSN EN ISO 13790 Tepelné chování budov - Výpočet potřeby energie na vytápění

Manuál TRNSYS 16

Vedoucí diplomové práce: Ing. Pavel Charvát, Ph.D.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2011/12.

V Brně, dne



doc. Ing. Zdeněk Skála, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan

ABSTRAKT

Cílem diplomové práce je navrhnout solární systém pro přitápění a ohřev teplé vody v rodinném domě, dle výkresové dokumentace. Součástí tohoto návrhu bude výpočet tepelné ztráty rodinného domu a výpočet spotřeby tepla pro ohřev vody a vytápění. Dále tato práce zahrnuje výpočet otopné soustavy a její dimenzování. Navržená otopná soustava bude zakreslena do výkresové dokumentace domu včetně rozvinutého schématu. Pro zhodnocení přínosu navrženého solárního systému bude použit simulační software TRNSYS 16.

ABSTRACT

The master's thesis deals with the design of solar assisted space heating and domestic hot water (DHW) heating in a detached single family dwelling. The thesis contains the heating load calculations as well as the calculation of the energy consumption for space and DHW heating. The thesis also contains the actual design and sizing of the heating system including the drawings. A simulation of solar heating was carried out with the use of the TRNSYS simulation tool in order to assess the yield of the solar heating system.

KLÍČOVÁ SLOVA

Solární kolektory, solární systém, spotřeba tepla na vytápění, spotřeba tepla na ohřev TV, podlahové vytápění, otopná soustava

KEYWORDS

Solar collectors, solar system, consumption for heating, consumption of hot water, floor heating, heating system

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ČUKAT, S. *Název: Návrh solárního ohřevu vody a solárního přitápění v rodinném domě.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 81 s., 2 přílohy. Vedoucí práce Ing. Pavel Charvát, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma *Návrh solárního ohřevu vody a solárního přitápění v rodinném domě* vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

25. května 2012

.....

Stanislav Čukat

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto Ing. Pavlu Charvátovi, Ph.D. za cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce. Dále děkuji všem členům rodiny za soustavnou podporu při vzdělávání.

OBSAH

ÚVOD	13
1. POPIS OBJEKTU	14
2. VÝPOČET TEPELNÉHO VÝKONU	17
2.1 SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA A TEPELNÝ ODPOR.....	18
2.2 CELKOVÁ NÁVRHOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA	21
2.3 NÁVRHOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM.....	21
2.3.1 SOUČINITEL TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM TEPLA Z VYTÁPĚNÉHO DO VENKOVNÍHO PROSTŘEDÍ	21
2.3.2 SOUČINITEL TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM TEPLA Z VYTÁPĚNÉHO PROSTORU DO VENKOVNÍHO PROSTŘEDÍ NEVYTÁPĚNÝM PROSTOREM.....	22
2.3.3 SOUČINITEL TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM TEPLA Z VYTÁPĚNÉHO PROSTORU DO ZEMINY V USTÁLENÉM STAVU.....	23
2.3.4 SOUČINITEL TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM TEPLA Z VYTÁPĚNÉHO PROSTORU DO SOUSEDNÍHO PROSTORU VYTÁPĚNÉHO NA JINOU TEPLITU.....	24
2.4 NÁVRHOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA VĚTRÁNÍM	24
2.5 TEPELNÝ ZÁTOPOVÝ VÝKON	25
2.6 NÁVRHOVÝ TEPELNÝ VÝKON	25
3. NÁVRH OTOPNÉ SOUSTAVY	28
3.1 NÁVRH PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ	29
3.2 VÝPOČET PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ.....	30
3.2.1 TEORIE VÝPOČTU PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ	30
3.2.2 VSTUPNÍ PARAMETRY PRO VÝPOČET PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ	33
3.2.3 SKLADBY PODLAHOVÝCH KONSTRUKCÍ.....	33
3.2.4 VOLBA MATERIÁLU NÁŠLAPNÉ VRSTVY	35
3.2.5 VOLBA MATERIÁLU POTRUBÍ PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ.....	36
3.2.6 ZADÁNÍ VSTUPŮ PRO JEDNOTLIVÉ MÍSTNOSTI	36
3.2.7 NÁVRH SMYČEK PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ	37
3.2.8 SHRUTÍ VÝPOČTU PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ.....	39
3.3 VOLBA OTOPNÝCH TĚLES.....	40
3.4 HYDRAULICKÝ VÝPOČET A DIMENZOVÁNÍ.....	41
3.4.1 ZÁKLADNÍ VSTUPNÍ PARAMETRY PRO DIMENZOVÁNÍ POTRUBÍ	41
3.4.2 TLAKOVÉ ZTRÁTY A DIMENZOVÁNÍ POTRUBÍ K OTOPNÝM TĚLESŮM	42
3.4.3 TLAKOVÉ ZTRÁTY A DIMENZOVÁNÍ POTRUBÍ K ROZDĚLOVAČŮM PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ.....	43

3.4.4	SHRNUTÍ VÝPOČTU TLAKOVÉ ZTRÁTY A DIMENZOVÁNÍ POTRUBÍ	44
3.5	VOLBA ČERPADEL OTOPNÉ SOUSTAVY	44
3.5.1	VOLBA ČERPADLA PRO OKRUH S OTOPNÝMI TĚLESY	44
3.5.2	VOLBA ČERPADLA PRO PODLAHOVÉ VYTÁPĚNÍ	46
3.6	EXPANZNÍ NÁDOBA	47
3.7	POJISTNÝ VENTIL	48
4.	ZDROJ TEPLA	49
5.	STANOVENÍ SPOTŘEBY ENERGIE	50
5.1	POSTUP VÝPOČTU SPOTŘEBY ENERGIE	50
5.1.1	ZÁKLADNÍ VSTUPY ZADANÉ DO NKN	50
5.1.2	ROZDĚLENÍ OBJEKTU PODLE ZÓN UŽÍVÁNÍ	51
5.1.3	ČÍSELNÉ VSTUPY POPISUJÍCÍ STAVEBNÍ ČÁSTI	52
5.1.4	ČÍSELNÉ VSTUPY POPISUJÍCÍ OTOPNOU SOUSTAVU	54
5.1.5	ČÍSELNÉ VSTUPY POPISUJÍCÍ SYSTÉM PŘIPRAVY TEPLÉ VODY	54
5.2	VYHODNOCENÍ SPOTŘEBY ENERGIE	55
5.2.1	SPOTŘEBA ENERGIE NA VYTÁPĚNÍ A OHŘEV TEPLÉ VODY	56
5.2.2	POTŘEBA ENERGIE NA VYTÁPĚNÍ	57
6.	SOLÁRNÍ SYSTÉM	58
6.1	KOMBINOVANÉ SOLÁRNÍ SOUSTAVY PRO OHŘEV TV A PŘITÁPĚNÍ	58
6.2	SOLÁRNÍ KOLEKTOR	59
6.2.1	VOLBA SOLÁRNÍHO KOLEKTORU	59
6.2.2	VOLBA UMÍSTĚNÍ KOLEKTOROVÉHO POLE	60
6.2.3	HYDRAULICKÉ PŘIPOJENÍ KOLEKTOROVÉHO POLE	61
6.3	AKUMULAČNÍ ZÁSOBNÍK	61
6.4	ČERPADLOVÁ SKUPINA	63
6.5	EXPANZNÍ NÁDOBA SOLÁRNÍHO OKRUHU	64
6.5	POJISTNÝ VENTIL SOLÁRNÍHO OKRUHU	65
7.	SIMULACE POMOCÍ PROGRAMU TRNSYS	66
7.1	SIMULAČNÍ SOFTWARE TRNSYS	67
7.2	HLAVNÍ SIMULOVANÉ KOMPONENTY	67
7.2.1	SOLÁRNÍ KOLEKTORY	68
7.2.2	AKUMULAČNÍ NÁDRŽ	68
7.2.3	PROFIL ODBĚRU TEPLÉ VODY	69
7.2.4	OSTATNÍ SIMULOVANÉ KOMPONENTY	69

7.3 VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ SIMULACE	70
ZÁVĚR	71
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	72
SEZNAM TABULEK.....	72
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	74
SEZNAM POUŽITÝCH VELIČIN.....	77
SEZNAM PŘÍLOH	81

ÚVOD

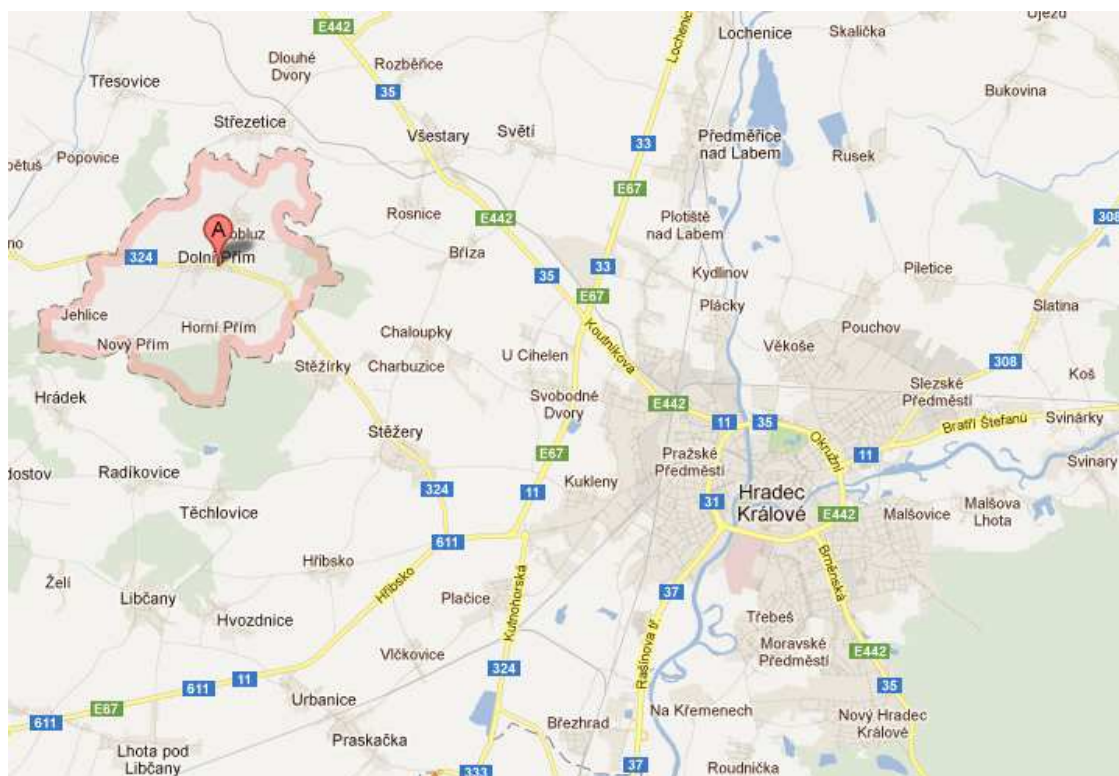
V dnešní době je vzhledem k vzrůstajícím cenám fosilních paliv a energií všeobecně kladena velká pozornost na energetickou úsporu při vytápění a přípravě teplé vody. Jednou z možností jak zmenšit spotřebu energie pro vytápění a ohřev teplé vody je využití obnovitelných zdrojů energie. Možnou variantou je použití energie solární. Výhodou solární energie je, že je nevyčerpatelná, dostupná v určité míře téměř všude na Zemi a ekologicky čistá. Při její přeměně na tepelnou případně elektrickou energii nedochází tvorbě škodlivých emisí a to je výhodné vzhledem k energetické politice většiny států světa, jež se snaží tvorbu těchto škodlivých emisí snižovat.

Tato diplomová práce se bude konkrétně zabývat návrhem přitápění a ohřevem vody v rodinném domě. A to prostřednictvím solárního systému se solárními kolektory, který bude doplňovat navrženou soustavu vytápění. Výhodou tohoto systému je snížení nákladů spojených s ohřevem vody pro vytápění a ohřevem užitkové vody. Za nevýhodu by se dala považovat poněkud vyšší pořizovací cena tohoto systému proto je nutné, najít optimální variantu řešení danou různými návrhovými hledisky. Pro zhodnocení přínosu navrženého solárního systému bude použit simulační software TRNSYS16.

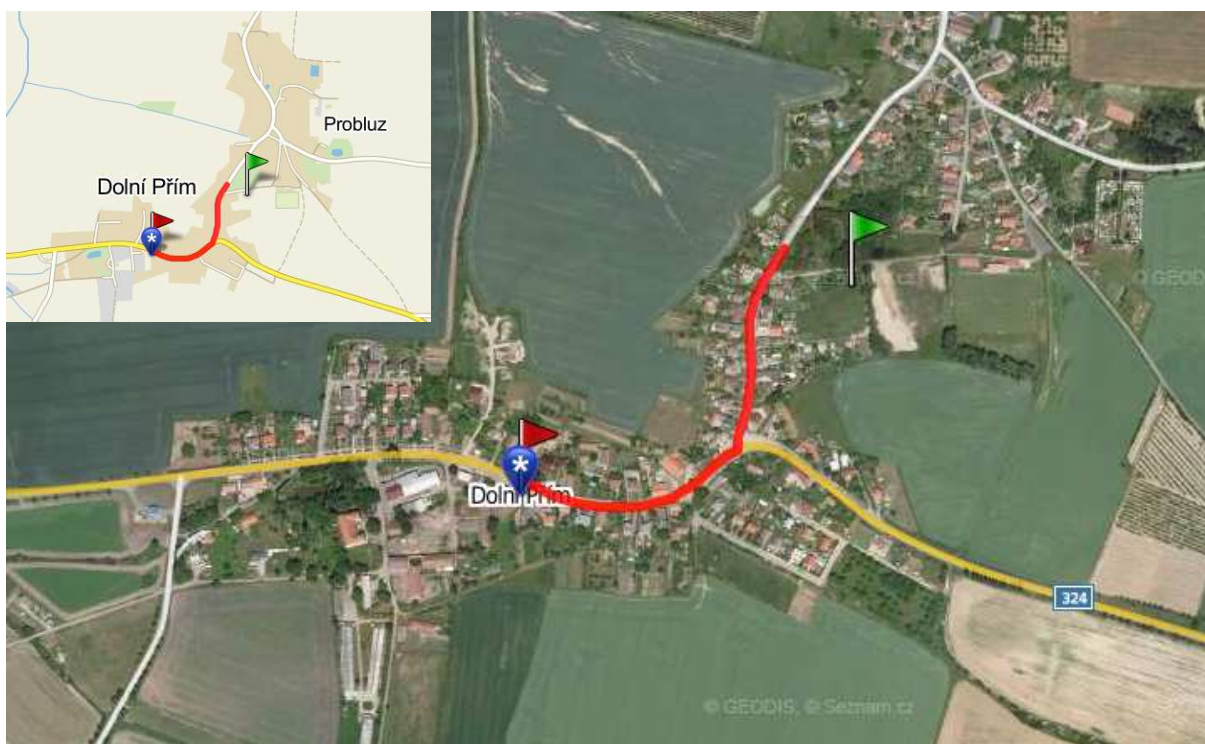
1. POPIS OBJEKTU

Novostavba rodinného domu se nachází v obci Dolní Přím. Asi 10 km západně od Hradce Králové (viz obr. 1.1). Jedná se o jednopodlažní rodinný dům s obytným podkrovím, který je koncipován pro 4 až 5 člennou rodinu. Přesná poloha domu je znázorněna na obr. 1.2 (*objekt je na mapce vyznačen pomocí zeleného praporku*). Je navržen jako samostatně stojící objekt o rozměrech 11,7 x 9,3 m je situován z jihu na sever a na jeho severozápadní straně je přisazena garáž se vstupem. Hlavní vstup do domu se nalézá na jeho západní straně. V domě je 16 místností. V přízemí se nachází zádveří (*místnost 1.01*), které je propojeno dveřmi s garáží (*místnost 1.09*) a na ní navazující technickou místností (*místnost 1.10*). Ze zádveří lze chodbami (*místnosti 1.02 a 1.04*) přejít do koupelny s WC (*místnost 1.03*) a komory pod schody (*místnost 1.05*). Dále potom do obývacího pokoje, který je spojen s kuchyní (*místnost 1.06*) a odtud poté do ložnice s koupelnou a WC (*místnosti 1.07 a 1.08*). V prvním podlaží chodba se schodištěm (*místnost 2.01*), propojuje všechny zbylé místnosti (*pokoj - místnost 2.02, obývací pokoj – místnost 2.03, ložnice I – místnost 2.05, koupelna s WC – místnost 2.06*). Rozmístění jednotlivých místností v objektu je znázorněno obr. 1.3 a 1.4.

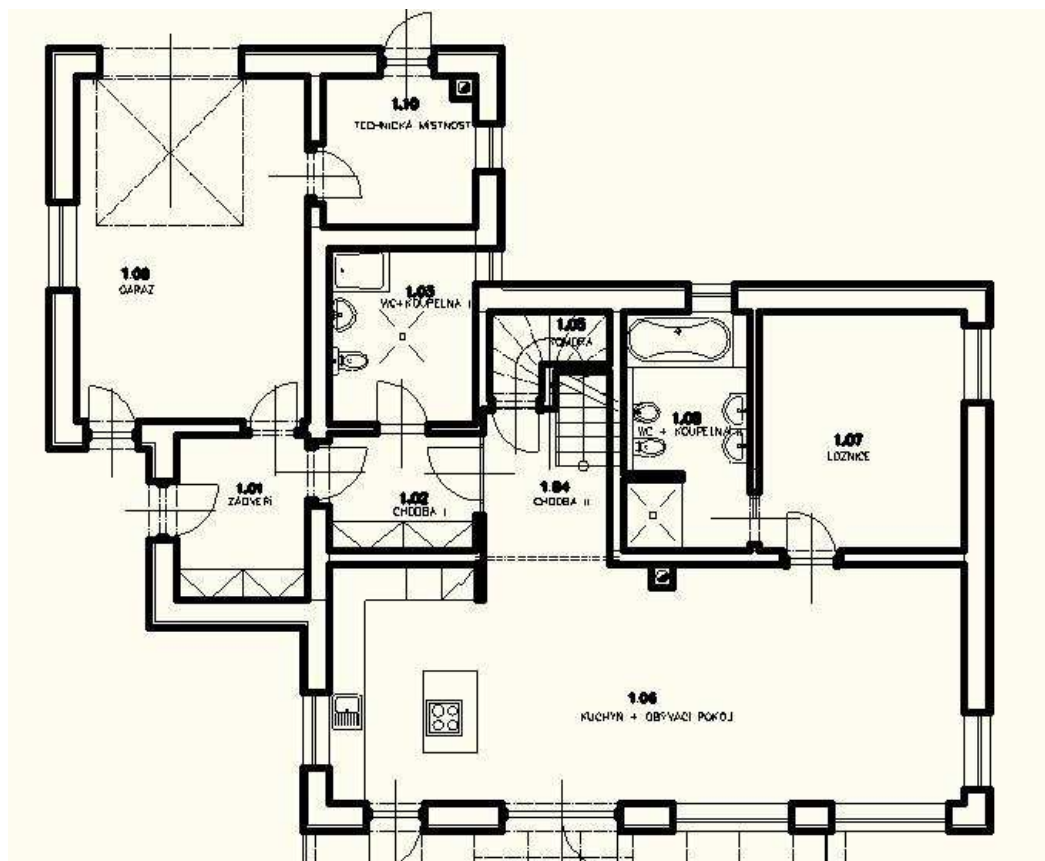
Rodinný dům je zastřešen sedlovou střechou s červenohnědých betonových tašek se sklonem 45° s vikýřem se sklonem 30° orientovaným na jižní stranu. V krovu je použita tepelná izolace z minerální vaty v celkové tloušťce 250 mm. Nosné profily vikýře doizolovány tak, aby byli skryty izolací. Garáž společně s technickou místností a zádveřím jsou zastřešeny střechou plochou, která je izolována vložením izolace z minerální vaty do sádkartonového podhledu. Terasa je zastřešena střechou pultovou. Vnější nosné zdivo tvoří keramické cihelné bloky POROTHERM o tloušťce 365 mm, izolované s vnější strany expandovaným polystyrénem (EPS) tloušťky 100 mm. Vnitřní nosné zdivo (*tl. 240 mm*) a nenosné příčky (*tl. 140 mm*) jsou také z keramických cihelných bloků POROTHERM. Stropní konstrukce jsou z železobetonových předpjatých panelů (*tl. 150 mm*) se sádkartonovými podhledy. Podlahu v přízemí tvoří základová železobetonová deska na štěrkopískovém podsypu, která je izolovaná proti zemské vlhkosti hydroizolací s živičných pásů a tepelně izolována EPS tloušťky 100 mm. Dále bude tepelná izolace podlahy doplněna polystyrénovým nosným rastrem pro podlahové vytápění. Okenní výplně jsou orientovány především na jižní stranu objektu a jsou zaskleny okny s izolačním dvojsklem. Vnitřní dveřní výplně jsou dřevěné obložkové. Hlavní vstupní dveře v zádveří (*místnost 1.01*) jsou plastové. Dveře do technické místnosti (*místnost 1.10*) jsou ze dřeva. Fasádu tvoří strukturovaná omítka. Použité stavební konstrukce jsou podrobněji popsány v kapitole 2.1.



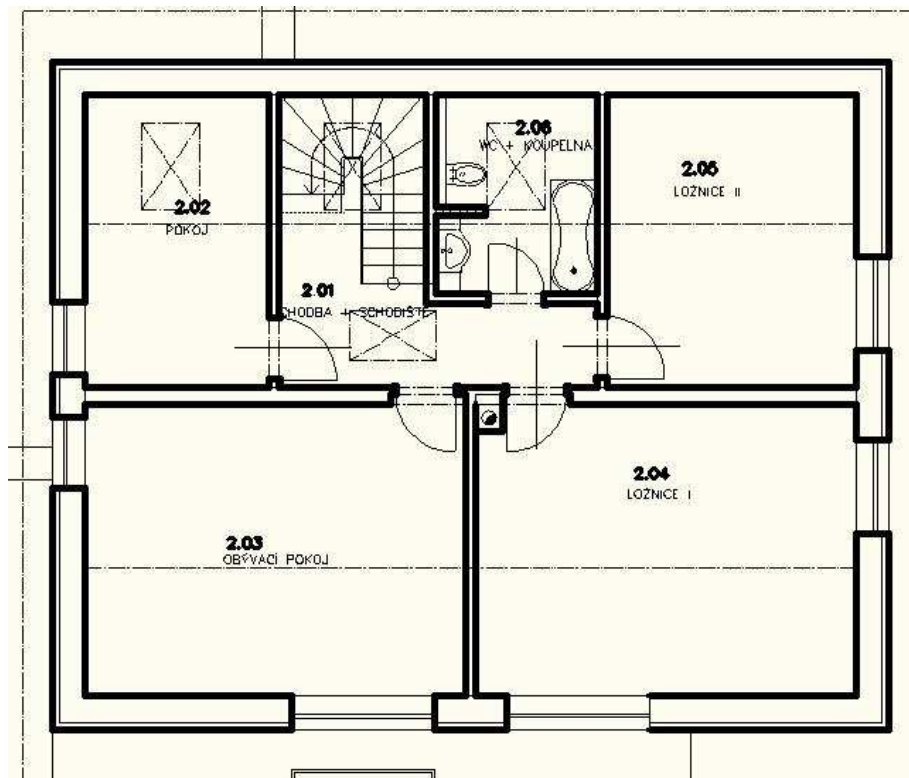
Obr. 1.1 – Umístění obce



Obr. 1.2 – Poloha RD v obci



Obr. 1.3 - Rozmístění místností v přízemí RD



Obr. 1.4 - Rozmístění místností v prvním patře RD

2. VÝPOČET TEPELNÉHO VÝKONU

Teplný výkon je vypočten na základě normy ČSN EN 12831. Vnitřní výpočtová teplota je zvolena u jednotlivých místností (viz tab. 2.3). Další data nutná pro výpočet jako venkovní výpočtová teplota, roční průměrná teplota vzduchu a délka otopného období, se určí na základě tabulky NA. 1 národní přílohy ČSN EN 12 8321 a to pro obec Hradec Králové, která se nachází blízko lokality, kde je umístěn řešený rodinný dům. Tyto údaje jsou shrnuty v tabulce 2.1.

Tab. 2.1 - Všeobecné údaje - klimatické údaje

Všeobecné údaje			
Klimatické údaje			
Místo v němž je budova umístěna	Dolní Přím, okr. Hradec Králové		
Výpočtová venkovní teplota v zimním období	θ_e	-12	[°C]
Roční průměrná teplota vzduchu	$\theta_{m,e}$	3,4	[°C]
Nadmožská výška		244	[m]
Poloha budovy v krajině	Osaměle stojící budova		
Délka otopného období (dny)		229	dny
Střední denní venkovní teplota pro začátek a konec otopného období	θ_{em}	12	[°C]
Korekční součinitel zohledňující typické roční kolísání venkovní teploty	f_{g1}	1,45	[-]

Tab. 2.2 - Korekční činitelé vystavení klimatickým podmínkám e_k a e_l ¹⁾

Korekční činitelé vystavení klimatickým podmínkám e_k a e_l	
Orientace	Hodnota na jednotku
Vše	1

¹⁾ Zvoleno dle tabulky D. 4.1 z normy ČSN EN 12831

Tab. 2.3 - Údaje o jednotlivých místnostech rodinného domu

Údaje o místnostech				
Název místnosti [-]	Číselné označení místnosti [-]	Výpočtová vnitřní teplota	Plocha místnosti	Objem místnosti
		$\theta_{\text{int},i}$ [°C]	A_i [m ²]	V_i [m ³]
Zádveří	1.01	18	6,22	16,05
Chodba I	1.02	-	4,95	13,53
Koupelna + WC I	1.03	24	7,40	19,97
Chodba II	1.04	-	5,42	13,04
Komora	1.05	-	2,42	4,58
Kuchyň + obývací pokoj	1.06	20	43,78	118,21
Ložnice	1.07	20	14,15	38,19
WC + koupelna II	1.08	24	8,74	26,99
Garáž	1.09	-	23,10	62,37
Technická místnost	1.10	-	6,64	17,94
Schodiště a chodba	2.01	-	10,77	29,09
Pokoj	2.02	20	10,45	20,73
Obývací pokoj	2.03	20	21,61	50,54
Ložnice I	2.04	20	21,61	50,54
Ložnice II	2.05	20	14,15	31,15
WC + koupelna II	2.06	24	6,23	10,57
Celkem			207,64	523,49

2.1 SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA A TEPELNÝ ODPOR KONSTRUKCÍ

Pro další výpočet tepelné ztráty objektu je nutné určit součinitel prostupu tepla jednotlivých stavebních částí. Součinitele tepelné vodivosti a tepelného odporu, společně s rozměry jednotlivých materiálů jsou dohledány dle výkresové dokumentace, nebo na webových stránkách výrobců. Pokud nejsou výrobci materiálů přímo uvedeni, jsou použity hodnoty λ a R z internetových stránek tzbinfo [1].

Tepelný odpor konstrukce R

Ze zjištěných parametrů jednotlivých stavebních částí je na základě rovnice 2.1 stanoven tepelný odpor konstrukce a poté podle rovnice 2.2 vypočten součinitel prostupu tepla. Tímto způsobem se vypočítají součinitele prostupu tepla pro každou stavební část v řešeném objektu. Příklad výpočtu pro vnější nosnou stěnu objektu, je uveden v tab. 2.6 (pro zbylé stavební konstrukce v příloze 1). Součinitele prostupu tepla všech stavebních konstrukcí jsou shrnuty v tab. 2.7.

$$\sum R_i = R_{si} + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + R_{se} \quad [m^2 \cdot K/W] \quad (2.1)$$

kde:

R - tepelný odpor stavebního materiálů [$m^2 \cdot K/W$]

d - tloušťka daného materiálu [m]

λ - součinitel tepelné vodivosti [$W/m \cdot K$]

R_{si} - odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce [$m^2 \cdot K/W$]

R_{se} - odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce [$m^2 \cdot K/W$]

Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce a odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce je stanoven na základě následujících tabulek.

Tab. 2.4 - Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce R_{si} [$m^2 \cdot K/W$] [2]³⁾

svislá konstrukce (dle ČSN 730540-2 a SN EN ISO 13788)	0.25 (pro neprůsvitné konstrukce)
	0.13 (pro výplně otvorů)
vodorovná konstrukce	0.10 (tepelný tok nahoru)
	0.17 (tepelný tok dolů)

Tab. 2.5 - Odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce R_{se} [$m^2 \cdot K/W$] [2]²⁾

zimní období	0.04
zimní období (nadmořská výška ≥ 1000 m. n. m.)	0.13
letní období	0.10

Součinitel prostupu tepla konstrukce U_k

$$U_k = \frac{1}{\sum R_i} \quad [W/m^2 \cdot K] \quad (2.2)$$

kde:

$\sum R_i$ - celkový tepelný odpor stavebního materiálů [$m^2 \cdot K/W$]

²⁾ V otevřené, slabě větrané, vzduchové vrstvě (např. dvouplášťová obvodová konstrukce) uvažujeme tepelný při přestupu tepla jako polovinu z odpovídající hodnoty pro uzavřenou vzduchovou vrstvu a tepelný odpor vně odvětrané se započte nejvýše hodnotou $0.15 m^2 K/W$. U konstrukcí se silně větranou vzduchovou vrstvou se vrstvy vně větrané zanedbávají a odpor při přestupu se uvažuje hodnotou pro vnitřní stranu konstrukce (podrobněji viz ČSN EN ISO 6946) [2]

³⁾ Tato tabulka platí pro zimní i letní období [2]

Tab. 2.6 - Výpočet prostupu tepla vícevrstvou konstrukcí

Výpočet U_k pro stavební části					
Název stavební části	Popis složení materiálu	d	λ	R	U_k
		[m]	[W/m·K]	[m ² ·K/W]	[W/m ² ·K]
Vnější stěna - tepelně izolovaná	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce			0,25	
	Štuková omítka	0,0100	0,8800	0,0114	
	POROTHERM 36,5 P+D - P8 tepelně izolační vnější nosná stěna	0,3650	0,1490	2,4497	
	Fasádní polystyren EPS 70F	0,1000	0,0390	2,5641	
	Lepící stěrka + sklotextilní síťovina	0,0050	0,8300	0,0060	
	Strukturovaná omítka	0,0200	0,9900	0,0202	
	Odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce			0,04	
Celková tloušťka Σd, odpor ΣR, U_k	$\Sigma d =$	0,500	$\Sigma R =$	5,341	0,19

Tab. 2.7 - Shrnutí U_k pro všechny použité stavební části

Souhrn U_k jednotlivých konstrukcí v budově		
Popis stavební části	Celková tloušťka Σd_i [m]	Součinitel prostupu tepla U_k [W/m ² ·K]
Vnější stěna - tepelně izolovaná	0,500	0,19
Vnitřní nosná stěna 365mm + omítka	0,395	0,34
Vnitřní nosná stěna 240mm + omítka	0,260	0,88
Příčka 140mm + omítka	0,160	0,98
Podlaha přízemí	0,744	0,23
Podlaha v garáži	0,779	0,26
Podlaha první patro	0,582	0,30
Střeška do podkroví	0,262	0,15
Střeška přímo ven	0,312	0,15
Střeška nad garáží	0,598	0,32
Strop první patro	0,582	0,32
Dveře vstupní	–	1,78
Dveře vnitřní	–	2,26
Okna s izolačním dvojsklem	–	1,20
Střešní okna	–	1,20
Vstupní prosklené dveře	–	1,70
Garážová vrata	–	2,00

2.2 CELKOVÁ NÁVRHOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA

Celková návrhová tepelná ztráta Φ_i se skládá z návrhové tepelné ztráty prostupem tepla stavebními konstrukcemi a návrhové tepelné ztráty větráním.

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} \quad [W] \quad (2.3)$$

kde:

$\Phi_{T,i}$ - návrhová tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru (*i*) [W]

$\Phi_{V,i}$ - návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru (*i*) [W]

2.3 NÁVRHOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM

Za pomoci vypočtených součinitelů prostupu tepla, uvedených v tabulce 2.7 a rozměrů stavebních částí odečtených z výkresů RD, se stanoví součinitelé tepelných ztrát prostupem. Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla $\Phi_{T,i}$ je poté součinem součinitelů tepelných ztrát a rozdílu mezi vnitřní a venkovní výpočtovou teplotou.

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{t,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad [W] \quad (2.4)$$

kde:

$H_{T,ie}$ - součinitel tepelné ztráty prostupem tepla z vytápěného prostoru (*i*) do venkovního prostředí (*e*) [W/K]

$H_{T,iue}$ - součinitel tepelné ztráty prostupem tepla z vytápěného prostoru (*i*) do venkovního prostředí (*e*) nevytápěným prostorem (*u*) [W/K]

$H_{T,ig}$ - součinitel tepelné ztráty prostupem tepla z vytápěného prostoru (*i*) do zeminy (*g*) v ustáleném stavu [W/K]

$H_{t,ij}$ - součinitel tepelné ztráty prostupem tepla z vytápěného prostoru (*i*) do sousedního prostoru (*j*) vytápěného na výrazně jinou teplotu [W/K]

$\theta_{int,i}$ - vnitřní výpočtová teplota vytápěného prostoru (*i*) [°C]

θ_e - venkovní výpočtová teplota (*e*) [°C]

2.3.1 SOUČINITEL TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM TEPLA Z VYTÁPĚNÉHO PROSTORU DO VENKOVNÍHO PROSTŘEDÍ

$H_{T,ie}$ je vypočten dle uvedené rovnice 2.5, hodnota korekčního součinitele ΔU_{tb} je zvolena z tabulek D.3a, D.3b a D.3c normy ČSN EN 12831. Korekční součinitel na povětrnostní podmínky e_k je dosazen podle tab. 2.2. Rozměry jednotlivých ploch stavebních částí jsou vypočteny z vnějších rozměrů dle obr. 2.1.

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k \quad [W/K] \quad (2.5)$$

kde:

A_k - plocha stavební části [m²]

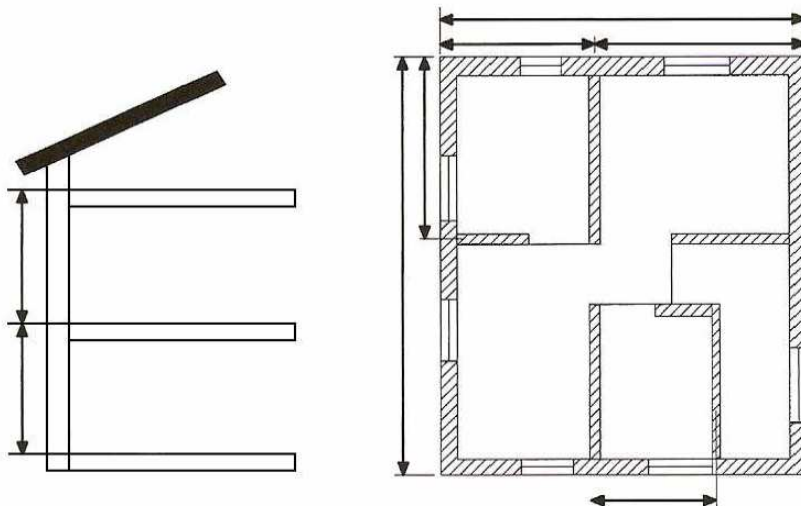
U_{kc} - korigovaný součinitel prostupu tepla stavební části (*k*), který zahrnuje lineární tepelné mosty [W/m²K]

e_k - korekční součinitel na povětrnostní podmínky [-]

$$U_{kc} = U_k + \Delta U_{tb} \quad [W/m^2 \cdot K] \quad (2.6)$$

kde:

ΔU_{tb} - korekční součinitel $[W/m^2 \cdot K]$



Obr. 2.1 – Příklady odečtu rozměrů pro stanovení plochy stavební části [3]

2.3.2 SOUČINITEL TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM TEPLA Z VYTÁPĚNÉHO PROSTORU DO VENKOVNÍHO PROSTŘEDÍ NEVYTÁPĚNÝM PROSTOREM

Hodnota redukčního činitele b_u , pro nevytápěné prostory lze volit dle tabulky D. 4. normy ČSN EN 12 831.

$$H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u \quad [W/K] \quad (2.7)$$

kde:

b_u - teplotní redukční činitel zahrnující teplotní rozdíl mezi teplotou nevytápěného prostoru a venkovní teplotou [-]

Neznáme-li teplotu nevytápěného prostoru θ_u , vypočte se na základě tepelných toků. Podle rovnice 2.8 lze také dopočítat hodnotu b_u nevytápěného prostoru.

$$b_u = \frac{H_{ue}}{H_{iu} + H_{ue}} \quad [-] \quad (2.8)$$

kde:

H_{iu} - součinitel tepelné ztráty mezi vytápěným prostorem (i) a nevytápěným prostorem (u) $[W/K]$

H_{ue} - součinitel tepelné ztráty z nevytápěného prostoru (u) do venkovního prostředí (e) $[W/K]$

2.3.3 SOUČINITEĽ TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM TEPLA Z VYTÁPĚNÉHO PROSTORU DO ZEMINY V USTÁLENÉM STAVU

Korekční součinitel zohledňující vliv ročních změn venkovní teploty, je převzat tabulky D. 4.3 normy ČSN EN 12831, korekční součinitel zohledňující vliv spodní vody z tabulky 4 normy ČSN EN 12831. Redukční činitel f_{g2} je vypočten na základě rovnice 2.10. V místnostech v nichž je nainstalováno podlahové vytápění nebude součinitel $H_{T,ig}$ zahrnut do výpočtu návrhové tepelné ztráty prostupem, protože v nich nedochází k tepelné ztrátě do zeminy. Příklad výpočtu součinitele tepelné ztráty prostupem tepla do zeminy pro garáž (*místnost 1.09*) je uveden v tab. 2.8.

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot \left(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k} \right) \cdot G_w \quad [W/K] \quad (2.9)$$

kde:

f_{g1} - korekční součinitel zohledňující vliv ročních změn venkovní teploty [-]

f_{g2} - redukční teplotní činitel zohledňující rozdíl mezi venkovní výpočtovou teplotou a roční průměrnou teplotou [-]

$U_{equiv,k}$ - ekvivalentní součinitel prostupu tepla stavební části (k), stanovený podle typologie podlahy $[W/m^2 \cdot K]$ z tabulky D. 4. z normy ČSN EN 12831

G_w - korekční součinitel zohledňující vliv spodní vody [-]

$$f_{g2} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{m,e}}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad [-] \quad (2.10)$$

kde:

$\theta_{m,e}$ - roční průměrná teplota vzduchu (*viz tab. 1.1*) $[^\circ C]$

Tab. 2.8 - Příklad výpočtu tepelné ztráty zeminou

Tepelné ztráty zeminou				
Výpočet B'	A_g	P	$B' = 2 \cdot A_g / P$	
	m ²	m	m	
	30,74	22,64	2,7152	
Stavební část	U_k	$U_{equiv,k}$	A_k	$A_k \cdot U_{equiv,k}$
	W/m ² ·K	W/m ² ·K	m ²	W/m ² ·K
Podlaha v garáži	0,260	0,17	30,74	5,22512
Celkem ekvivalentní stavební části				$\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}$ 5,23
	f_{g1}	f_{g2}	G_w	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$
	na jedn.	na jedn.	na jedn.	na jedn.
	1,45	-0,283	1	-0,41083
Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou			$H_{T,ig} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ W/K	-4,02

B' je charakteristické číslo podlahy podle, kterého se určuje ekvivalentní součinitel prostupu tepla stavební části (*tabulka D. 4. normy ČSN 12831*).

$$B = 2 \cdot \frac{A_g}{P} \quad [\text{m}] \quad (2.11)$$

kde:

A_g - plocha uvažované části konstrukce [m^2]

P - obvod podlahy přilehlé k zemině [m]

2.3.4 SOUČINITEL TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM TEPLA Z VYTÁPĚNÉHO PROSTORU DO SOUSEDNÍHO PROSTORU VYTÁPĚNÉHO NA JINOU TEPLotu

$$H_{T,ij} = \sum_k f_{i,j} \cdot A_k \cdot U_{kc} \quad [\text{W/K}] \quad (2.12)$$

kde:

$f_{i,j}$ - redukční teplotní činitel korigující teplotní rozdíl mezi teplotou sousedního prostoru a venkovní výpočtové teploty [-], byl vypočten dle rovnice 2.13.

$$f_{i,j} = \frac{\theta_{\text{int},i} - \theta_{\text{vytáp} \text{ - sousedního - prostoru}}}{\theta_{\text{int},i} - \theta_e} \quad [-] \quad (2.13)$$

2.4 NÁVRHOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA VĚTRÁNÍM

Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním $\Phi_{V,i}$ dle ČSN EN 12831 závisí na způsobu větrání. Návrhová tepelná ztráta větráním se vypočte dle rovnice 2.14. Součinitel tepelné ztráty větráním $H_{V,i}$ je poté vypočten na základě rovnice 2.15, kterou lze za předpokladu konstantní hustoty a měrné tepelné kapacity vzduchu, zjednodušit do tvaru ve vztahu 2.16. Protože je řešený dům novostavbou s poměrně těsnou obvodovou konstrukcí, nebude téměř docházet k infiltraci netěsnostmi. Intenzita výměny vzduchu v jednotlivých místnostech je určena prostřednictvím minimální výměny vzduchu požadované z hygienických důvodů uvedené pro jednotlivé místnosti dle způsobu užívání v tabulce D. 6 přílohy normy ČSN EN 12831.

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{\text{int},i} - \theta_e) \quad [\text{W}] \quad (2.14)$$

kde:

$H_{V,i}$ - součinitel tepelné ztráty větráním [W/K]

$$H_{V,i} = \dot{V}_i \cdot \rho \cdot c_p \quad [\text{W/K}] \quad (2.15)$$

\dot{V}_i - výměna vzduchu ve větraném prostoru (i) [m^3/s]

ρ - hustota vzduchu při teplotě $\theta_{\text{int},i}$ [kg/m^3]

c_p - měrná tepelná kapacita vzduchu při teplotě $\theta_{\text{int},i}$ [$\text{kJ}/\text{kg}\cdot\text{K}$]

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot \dot{V}_i \quad [\text{W/K}] \quad (2.16)$$

kde:

\dot{V}_i - výměna vzduchu ve větraném prostoru (*i*) [m^3/h]. Její hodnota je určena jako maximum z výměny vzduchu infilrací $\dot{V}_{\text{inf},i}$ a minimální výměny vzduchu požadovanou z hygienických důvodů $\dot{V}_{\text{min},i}$.

$$\dot{V}_i = \max(\dot{V}_{\text{inf},i}, \dot{V}_{\text{min},i}) \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (2.17)$$

$$\dot{V}_i = n_{\text{min}} \cdot V_i \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (2.18)$$

kde:

n_{min} - minimální intenzita výměny venkovního vzduchu za hodinu [h^{-1}]

V_i - objem vytápěné místnosti (*i*) vypočtený z vnitřních rozměrů [m^3]

2.5 TEPELNÝ ZÁTOPOVÝ VÝKON

Je tepelný výkon požadovaný pro nahrazení účinku přerušovaného vytápění prostoru a vypočte se na základě zjednodušené metody dle normy ČSN EN 12831. Hodnoty korekčního součinitele f_{RH} jsou z tabulky D.10a ČSN EN 12831.

$$\Phi_{\text{RH},i} = A_i \cdot f_{\text{RH}} \quad [\text{W}] \quad (2.19)$$

kde:

A_i - podlahová plocha vytápěného prostoru (*i*) [m^2]

f_{RH} - korekční součinitel závisící na době zátopu a předpokládaném poklesu vnitřní teploty v útlumové době [W/m^2]

2.6 NÁVRHOVÝ TEPELNÝ VÝKON

Návrhový tepelný výkon pro vytápěný prostor $\Phi_{\text{HL},i}$ je stanoven podle rovnice 2.20.

kde:

$$\Phi_{\text{HL},i} = \Phi_{\text{T},i} + \Phi_{\text{V},i} + \Phi_{\text{RH},i} \quad [\text{W}] \quad (2.20)$$

$\Phi_{\text{T},i}$ - návrhová tepelná ztráta prostupem tepla [W]

$\Phi_{\text{V},i}$ - návrhová tepelná ztráta větráním [W]

$\Phi_{\text{RH},i}$ - tepelný zátopový výkon [W]

Pomocí vztahů uvedených v kapitole 2. se stanoví návrhový tepelný výkon pro každou místnost v rodinném domě. Vzorový příklad výpočtu je uveden v tabulce 2.9.

Tab. 2.9 - Vzorový výpočet návrhového tepelného výkonu

VÝPOČET TEPELNÉ ZTRÁTY							
TEPLOTNÍ ÚDAJE				Ložnice		1.07	
Venkovní výpočtová teplota	θ_e	-12	°C	Ostatní údaje o místnosti			
Vnitřní výpočtová teplota	$\theta_{int,i}$	20	°C	Plocha místnosti A_i	14,15	m ²	
Výpočtový rozdíl teplot	$\theta_{int,i}-\theta_e$	32	°C	Výška místnosti h_m	2,70	m	
				Objem místnosti V_i	38,19	m ³	
TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM							
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Stavební část	A_k	U_k	ΔU_{tb}	U_{kc}	e_k	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$	
	m ²	W/m ² ·K	W/m ² ·K	W/m ² ·K	-	W/K	
Vnější stěna - tepelně izolovaná	26,55	0,19	0,10	0,29	1,00	7,63	
Okna s izolačním dvojsklem	1,89	1,20	0,50	1,70	1,00	3,20	
Celkový součinitel tepelné ztráty, přímo do venkovního prostředí				$H_{T,ie}=\sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$		W/K	10,83
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory							
Stavební část	A_k	U_k	ΔU_{tb}	U_{kc}	b_u	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$	
	m ²	W/m ² ·K	W/m ² ·K	W/m ² ·K	-	W/K	
Celkové tepelné ztráty přes nevytápěné prostory				$H_{T,iue}=\sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$		W/K	0,00
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílné teploty							
Stavební část	f_{ij}	A_k	U_k	ΔU_{tb}	U_{kc}	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_{kc}$	
	-	m ²	W/m ² ·K	W/m ² ·K	W/m ² ·K	W/K	
1.08	Příčka (P 1)	-0,13	12,76	0,98	0,05	1,03	-1,64
1.08	Dveře vnitřní	-0,13	1,58	2,26	0,50	2,76	-0,54
Celkový součinitel tepelné ztráty přes prostory s rozdílnými teplotami				$H_{T,ig}=\sum_k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_{kc}$		W/K	-2,18
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem				$H_{T,i}=\sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}$		W/K	8,65
Návrhová tepelná ztráta prostupem				$\Phi_{T,i}=\sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot (\theta_{int,i}-\theta_e)$		W	277
TEPELNÉ ZTRÁTY VĚTRÁNÍM							
Vnitřní objem		V_i	m ³	38,19			
Nejmenší intenzita výměny vzduchu		n_{min}	h ⁻¹	0,50			
Celkový součinitel tepelné ztráty větráním				$H_{V,i}=0,34 \cdot V_i \cdot n_{min}$		W/K	6,49
Návrhová tepelná ztráta větráním				$\Phi_{V,i}=H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i}-\theta_e)$		W	208
Celková návrhová tepelná ztráta větráním a prostupem				$\Phi_i=\Phi_{T,i}+\Phi_{V,i}$		W	484
Zátopový tepelný výkon							
Podlahová plocha		A_i	m ²	14,15			
zátopový součinitel		f_{RH}	W/m ²	11,0			
Celkový zátopový tepelný výkon				$\Phi_{RH,i}=A_i \cdot f_{RH}$		W	156
Návrhový tepelný výkon				$\Phi_{HL,i}=\Phi_i+\Phi_{RH,i}$		W	640

Celkový $\Phi_{HL,i}$ rodinného domu je součtem všech $\Phi_{HL,i}$ (viz rovnice 2.21) jednotlivých místností. Souhrn $\Phi_{HL,i}$ celého objektu je uveden v tabulce 2.10.

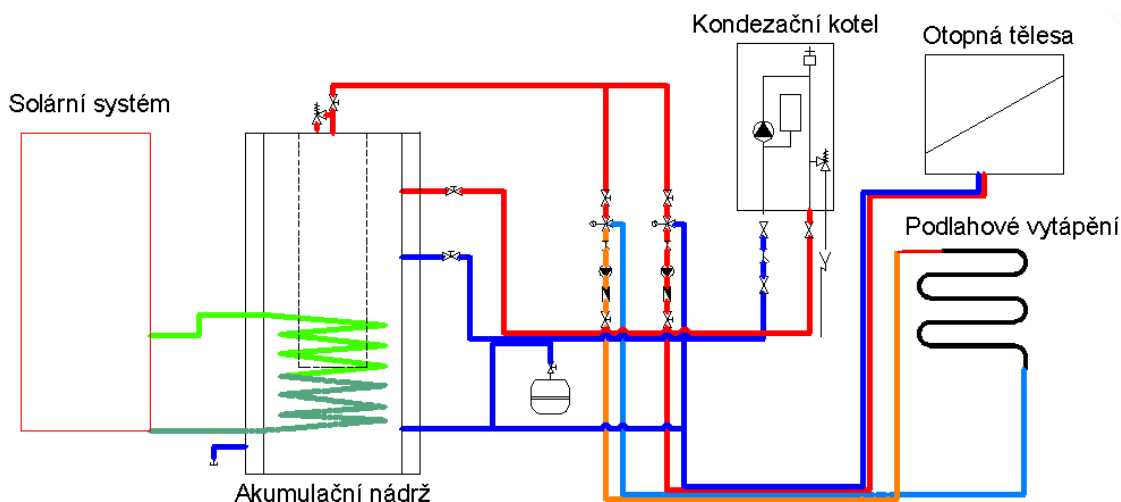
$$\Phi_{HL} = \sum \Phi_{HL,i} \quad [W] \quad (2.21)$$

Tab. 2.10 - Souhrn vypočtených návrhových ztrát a návrhového tepelného výkonu pro celý RD

Návrhové tepelné výkony								
Číslo místnosti	Označení místnosti	Vnitřní výpočtová teplota	Plocha místnosti	Objem místnosti	Návrhová tepelná ztráta prostupem	Návrhová tepelná ztráta větráním	Celková návrhová tepelná ztráta (větráním a prostupem)	Návrhový tepelný výkon
—	—	$\theta_{int,i}$	A_i	V_i	$\Phi_{T,i}$	$\Phi_{V,i}$	Q_i	$\Phi_{HL,i}$
[-]	[-]	[°C]	[m ²]	[m ³]	[W]	[W]	[W]	[W]
1.01	Zádvěří	18	6,22	16,05	616,61	81,88	698,49	766,96
1.02	Chodba I	18	4,95	13,53	-45,91	69,02	23,12	23,12
1.03	WC + koupelna I	24	7,40	19,97	403,38	366,72	770,10	851,47
1.04	Chodba II	18	5,42	13,04	92,19	66,48	158,67	158,67
1.05	Komora	18	2,42	4,58	25,94	23,36	49,29	49,29
1.06	Kuchyň + obývací pokoj	20	43,78	118,21	1459,59	643,04	2102,63	2584,21
1.07	Ložnice	20	14,15	38,19	276,72	207,78	484,50	640,11
1.08	WC + koupelna II	24	8,74	26,99	182,13	495,60	677,73	773,87
1.09	Garáž	0	23,10	62,37	217,56	127,23	344,78	344,78
1.10	Dílna	0	6,64	17,94	143,52	36,59	180,11	180,11
2.01	Schodiště a chodba	18	10,77	29,09	-39,78	53,93	14,14	82,70
2.02	Pokoj	20	10,45	20,73	486,66	112,78	599,44	714,36
2.03	Obývací pokoj	20	21,61	50,54	582,31	274,96	857,26	1094,93
2.04	Ložnice I	20	21,61	50,54	577,32	274,96	852,28	1089,94
2.05	Ložnice II	20	14,15	31,15	365,60	169,45	535,06	690,67
2.06	WC + koupelna	24	6,23	10,57	409,45	194,14	603,59	603,59
	Celkem	Σ	207,64	523,50	5753,29	3197,89	8951,18	10648,75

Jak je vidět v tabulce 2.10 na chodbě v 1.NP (místnost 1.04) a k ní přiléhajících místnostech (místnosti 1.02, 1.05, 2.01), se návrhový tepelný výkon při uvedené teplotě pohybuje od 23 do 83 W. To znamená, že bude teplota v místnostech o něco nižší, než se předpokládá. Ale protože se jedná ve skrze vnitřní komunikační prostory, je tato změna vzhledem k navržené teplotě 18 °C zanedbatelná. Potřebný návrhový výkon u těchto prostor bude také dodatečně hrazen procházejícími vnitřními rozvody topné vody podlahového vytápění.

Dále je vidět, že v garáži (místnost 1.09) a technické místnosti (místnost 1.10) je i při nulové uvažované teplotě návrhový tepelný výkon v součtu 520W. To je způsobeno tím, že tyto prostory sousedí do značné míry s venkovním prostředím. Potřebný návrhový tepelný výkon může být hrazen od vnitřních



Obr. 3.1 – Schéma otopné soustavy

VOLBA ZPŮSOBU VYTÁPĚNÍ V JEDNOTLIVÝCH MÍSTNOSTECH

Prakticky u všech vytápěných místností je zvoleno podlahové vytápění. V místnostech ve kterých se předpokládá, že nebude dostatečně pokryt návrhový tepelný výkon podlahovým vytápěním, bude podlahové vytápění doplněno otopnými tělesy (viz tab. 3.1).

Tab. 3.1 - Předběžný návrh způsobu vytápění pro jednotlivé místnosti

Název místnosti	Číselné označení místnosti	Výpočtová vnitřní teplota	I. Těleso	II. Těleso
		$\theta_{int,i}$ [°C]		
Zádvěří	1.01	18	Podlahové vytápění	Otopné těleso
WC + koupelna I	1.03	24	Podlahové vytápění	Otopné těleso
Kuchyň + obývací pokoj	1.06	20	Podlahové vytápění	
Ložnice	1.07	20	Podlahové vytápění	
WC + koupelna II	1.08	24	Podlahové vytápění	Otopné těleso
Pokoj	2.02	20	Podlahové vytápění	
Obývací pokoj	2.03	20	Podlahové vytápění	
Ložnice I	2.04	20	Podlahové vytápění	
Ložnice II	2.05	20	Podlahové vytápění	
WC + koupelna	2.06	24	Podlahové vytápění	Otopné těleso

3.1 NÁVRH PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ

Nízkoteplotní (*podlahové*) vytápění, je rovněž jednou ze základních podmínek dobrého fungování soustavy se solárním okruhem, který je určen k přitápění. Tento způsob vytápění byl zvolen z důvodu úspory místa a také je jím dosaženo optimálnější rozložení gradientu teploty v místnosti a to ve vertikálním i horizontálním směru. Teplo stoupající od podlahy rovnoměrně ohřívá vzduch v místnosti a zabraňuje pocitu suchého vzduchu. Optimální tepelný stav interiérů vytápěných podlahovým vytápěním je zpravidla o 2 až 3 °C nižší oproti konvekčnímu vytápění. Oproti radiátorům spotřebuje podlahové vytápění

i méně energie. Existuje velké množství typů konstrukcí podlahového vytápění. Obecně v souladu s normou ČSN EN 1264 rozlišujeme 3 základní typy soustav podlahového vytápění a to [5]:

- typ A soustava s trubkami uvnitř roznášecí vrstvy
- typ B soustava s trubkami pod roznášecí vrstvou
- typ C soustava s trubkami ve vyrovnávací vrstvě, na které je položena roznášecí vrstva s dvojité oddělovací vrstvou

V objektu je zvolena soustava typu A a tzv. mokré uložení. Trubky podlahového vytápění jsou zality v anhydridovém potěru. Anhydridový potěr bude použit z důvodu dobrých samonivelačních a tepelnětechnických vlastností. Systémy podlahového vytápění se rovněž liší v použitém materiálu trubek. V řešeném případě budou instalovány plastové trubky REHAU. Trubky budou od rozdělovací stanice vedeny v systémové desce REHAU Varionova s možností upevnění v roztečích od 50 do 300mm [6]. Systémová deska z tvarovaného polystyrenu tvoří současně, zvukovou i tepelnou izolaci a zároveň zajišťuje, že jsou splněny požadavky pro vodorovné a svislé odchytky potrubí. V přízemí je systémová deska doplněna přidanou tepelnou izolací (viz obr 3.2).

3.2 VÝPOČET PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ

3.2.1 TEORIE VÝPOČTU

Výpočet teplovodního podlahového vytápění se skládá z výpočtu výkonu a hydraulického výpočtu.

Výkon podlahového vytápění respektive hustota měrného tepelného toku směrem nahoru násobená vytápěnou plochou musí pokrýt korigovanou tepelnou ztrátu místnosti [5]:

TEPELNÝ VÝKON Z VYTÁPĚNÉ PLOCHY

Pokrývá korigovanou tepelnou ztrátu směrem nahoru beze ztrát podlahou.

$$Q_p = S_p \cdot \alpha_p \cdot (t_p - t_i) = S_p \cdot q \quad [\text{W}] \quad (3.1)$$

kde:

q - hustota tepelného toku směrem nahoru [W/m^2]

α_p - celkový součinitel přestupu tepla [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]

t_p - střední povrchová teplota podlahy v místnosti [$^{\circ}\text{C}$]

t_i - vnitřní výpočtová teplota v místnosti [$^{\circ}\text{C}$]

S_p - celková otopná plocha podlahového vytápění [m^2]

Tepelný příkon vytápěné plochy

Je součtem tepelného výkonu směrem nahoru Q_p a tepelného výkonu směrem dolů do podlahy Q_l . Jedná se o množství energie, které je nutné dodat do podlahového vytápění ze zdroje tepla. [5]

$$Q_{pc} = Q_p + Q_l = (q + q_l) \cdot S_p \quad [W] \quad (3.2)$$

kde:

Q_p - tepelný výkon směrem nahoru [W]

Q_l - tepelný výkon směrem dolů [W]

q_l - hustota tepelného toku směrem dolů [W/m^2]

Požadovaná hustota tepelného toku

Známe-li tepelnou ztrátu místnosti, její půdorysné rozměry můžeme stanovit požadovanou hustotu tepelného toku. Dosažení této hodnoty je závislé na složení podlahy, rozteči trubek podlahového vytápění, zvoleném teplotním spádu, teplotě v místnosti, materiálu rozvodů a profilu trubek.

$$q_{poz} = \frac{Q_z}{S_p} \quad [W/m^2] \quad (3.3)$$

kde:

Q_z - ztráta místnosti [W]

Při návrhu podlahového vytápění musí být především dodrženy fyziologicky přípustné teploty podlahy uvedené v tab. 3.2.

Tab. 3.2 - Fyziologicky přípustné hodnoty teploty podlahy [7]

$t_{pm} = 27$ až 28 °C	obytné místnosti
$t_{pm} = 30$ až 32 °C	pomocné místnosti
$t_{pm} = 32$ až 34 °C	koupelny

HYDRAULICKÝ VÝPOČET PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ

Základem hydraulického výpočtu podlahového vytápění je stanovení hmotnostního průtoku, ten se vypočte jako podíl tepelného příkonu otopné plochy a zvoleného teplotního spádu.

$$M = \frac{Q_{pc}}{1,16 \cdot \Delta t} \quad [kg/h] \quad (3.4)$$

kde:

Q_{pc} – tepelný výkon směrem nahoru [W]

Δt – teplotní spád [°C]

$$\Delta t = (t_{př} - t_{vr}) \quad [°C] \quad (3.5)$$

$t_{př}$ – teplota přívodní vody [°C]

t_{vr} – teplota vratné vody [°C]

$$[°C] \quad (3.6)$$

Tlaková ztráta podlahového vytápění

Tlaková ztráta okruhu podlahového vytápění je součtem tlakové ztráty třením tlakové ztráty místními odpory a tlakové ztráty regulační armatury (*např. ventilu rozdělovače*).

$$\Delta p_z = \Delta p_\lambda + \Delta p_\xi + \Delta p_v = R_p \cdot l + Z + \Delta p_v \quad [\text{Pa}] \quad (3.7)$$

kde:

Δp_λ - tlaková ztráta třením [Pa]

Δp_ξ - tlaková ztráta místními odpory [Pa]

Δp_v - tlaková ztráta regulační armatury [Pa]

Tlaková ztráta třením

$$\Delta p_\lambda = R_p \cdot l \quad [\text{Pa}] \quad (3.8)$$

kde:

R_p - měrná ztráta třením [Pa/m]

l - délka potrubí [m]

Délka potrubí je závislá na ploše podlahového vytápění, rozteči trubek, způsobu pokládky (*meandr, spirála*) [5]. K této délce je pro správné hydraulické posouzení nutné přičíst délku připojovacího potrubí vedoucího z rozdělovače k vytápěné ploše.

$$R_p \cdot l = \frac{\lambda_s \cdot l \cdot w^2 \cdot \rho}{d_p \cdot 2} \quad [\text{Pa/m}] \quad (3.9)$$

kde:

λ_s - součinitel tření [-]

λ_s podle typu proudění. Závisí na Reynoldsově čísle a relativní drsnosti.

d_p - vnitřní profil potrubí [m]

ρ - hustota topné vody [kg/m³]

w - rychlost proudění vody [m/s]

Tlaková ztráta místními odpory

$$\Delta p_\xi = \sum \xi \cdot w^2 \cdot \frac{\rho}{2} \quad [\text{Pa}] \quad (3.10)$$

kde:

ξ - součinitel místního odporu [-]

Součinitel místního odporu závisí na počtu ohybů a jejich poloměru a způsobu pokládky vytápění.

Pro meandr:

$$\Sigma\xi = 2 \cdot (n - 1) \cdot \xi_{90} \quad [-] \quad (3.11)$$

Pro spirálu:

$$\Sigma\xi = (n - 1) \cdot \xi_{90} \quad [-] \quad (3.12)$$

3.2.2 VSTUPNÍ PARAMETRY PRO VÝPOČET PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ

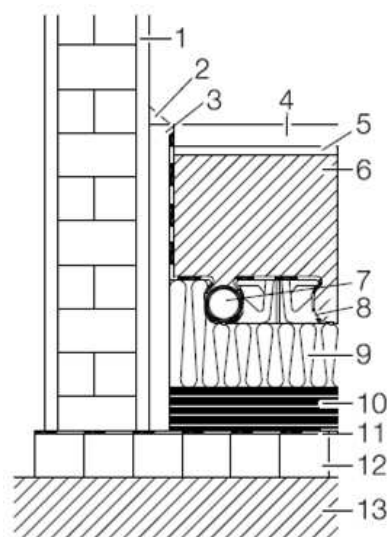
K výpočtu podlahového vytápění byl použit program PROTECH PODLAHY [11], který umožňuje návrh podlahových smyček a otopných těles dle ČSN EN 1264:1998. [8]. Jelikož jde o teplovodní vytápění (*nízkoteplotní*) je jako teponosná látka nastavena voda. Navrhovaný teplotní spád je 40/30°C, teplota rozdělovače je tedy nastavena na 40°C. Základní vstupní parametry vložené do programu jsou uvedeny v tab. 3.3.

Tab. 3.3 - Základní parametry výpočtu podlahového vytápění

Teponosná látka	Druh teponosné látky	Bod tuhnutí	Rozsah teplot
	– voda	[°C] 0	[°C] 0-170
Podlahové smyčky	Povrchová teplota	Minimální spád σ	Teplota rozdělovače t_r
	[°C]	[K]	[°C]
	29	5	40

3.2.3 SKLADBY PODLAHOVÝCH KONSTRUKCÍ

Po zadání vstupních parametrů je nutné zadat skladbu podlahových konstrukcí. Tato skladba je pro jednotlivá nadzemní podlaží uvedena v tab. 3.4 a 3.5. Skladba podlahy, která je vyobrazena na obr. 3.2 bude použita ve všech místnostech přízemí budovy, kde je navrženo podlahové vytápění i na chodbách a komoře (*místnosti 1.02, 1.04 a 1.05*), které sice nejsou primárně určeny jako vytápěné, ale rastrem systémové desky podlahového vytápění bude vedeno přívodní potrubí k jednotlivým smyčkám.



- 1 Vnitřní omítka
- 2 Krycí podlahová lišta
- 3 Okrajová dilatační páska
- 4-5 Keramická dlažba + lepicí flexibilní tmel
- 6 Anhydridový potěr
- 7 Trubka RAUTHERM S
- 8 Okraj fólie dilatační pásky
- 9 Systémová deska REHAU Varionova
- 10 Tepelná izolace EPS (PST 5)
- 11 Hydroizolace
- 12 Podkladní beton + kari 150/150/6
- 13 Štěrkopískový hutněný podsyp

Obr. 3.2 - Schéma složení podlahy 1.NP [6]

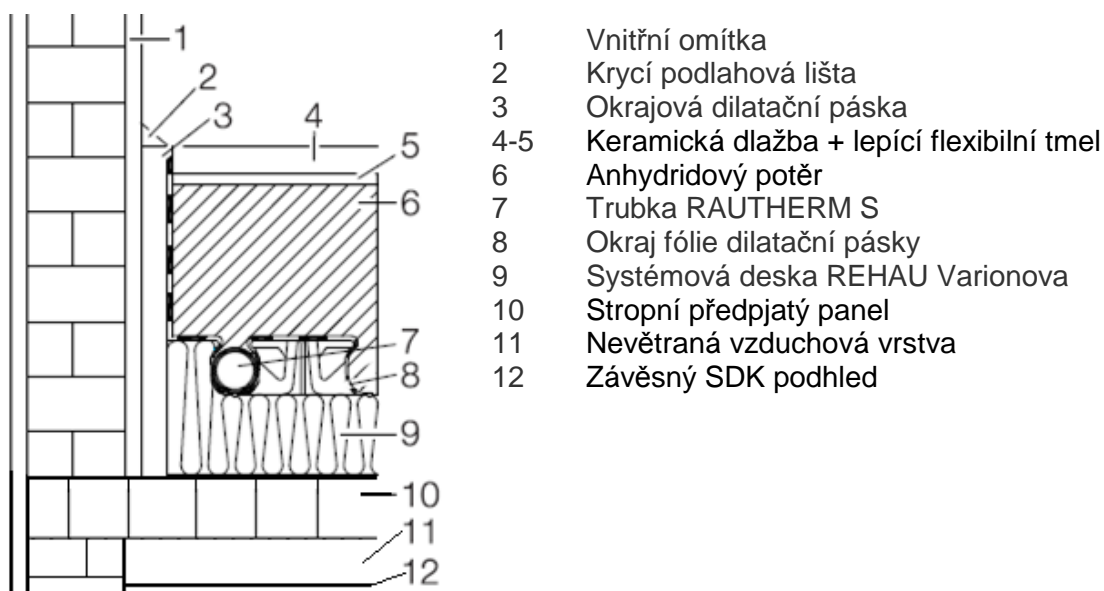
Tab. 3.4 - Konstrukce podlahy v 1. NP rodinného domu

Název stavební části	Popis složení materiálu	d	λ	R	U_k	R_N
		[m]	[w/m·K]	[m ² ·K/W]	[W/m ² ·K]	[m ² ·K/W]
Podlaha přízemí	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce			0,17		
	Keramická dlažba + lepicí flexibilní tmel	0,0100	1,0100	0,0099		
	Anhydridový potěr	0,0600	1,2000	0,0500		
	Systémová deska VARIONOVA	0,0300	0,0400	0,7500		
	Tepelná izolace EPS (PST 5)	0,1000	0,0400	2,5000		
	Hydroizolace	0,0040	0,0220	0,1818		
	Podkladní beton + kari 150/150/6	0,1400	1,3000	0,1077		
	Štěrkopískový hutněný podsyp	0,4000	0,8000	0,5000		
Odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce			0,04			
Celková tloušťka Σd, odpor ΣR, U_k, odpor konstrukce R_N	$\Sigma d =$	0,7440	$\Sigma R =$	4,3094	0,2321	4,0994

Obdobně jako v přízemí budovy bude konstrukce podlahového vytápění (viz obr 3.3) použita ve všech místnostech 2. NP objektu. Na chodbě prvního patra (místnost 2.01) bude rovněž využit rastr systémové desky k vedení potrubí od rozdělovací stanice k jednotlivým topným smyčkám. Systémová deska REHAU Varionova je opatřena kročejovou izolací hluku EPS 040 DEO dm. [6]

Tab. 3.5 - Konstrukce podlahy v 2. NP rodinného domu

Název stavební části	Popis složení materiálu	d	λ	R	U_k	R_N
		[m]	[w/m·K]	[m ² ·K/W]	[W/m ² ·K]	[m ² ·K/W]
Podlaha první patro	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce			0,17		
	Keramická dlažba + lepicí flexibilní tmel	0,0100	1,0100	0,0099		
	Anhydridový potěr	0,0600	1,2000	0,0500		
	Systémová deska VARIONOVA	0,0500	0,0400	1,2500		
	Stropní předpjatý panel	0,1500	1,3600	0,1103		
	Nevětraná vzduchová vrstva	0,3000	0,2000	1,5000		
	Závěsný SDK podhled	0,0120	0,2200	0,0545		
	Odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce			0,17		
Celková tloušťka Σd, odpor ΣR, U_k, odpor konstrukce R_N	$\Sigma d =$	0,5820	$\Sigma R =$	3,3147	0,3017	2,9747



Obr. 3.3 - Schéma složení podlahy 2.NP

3.2.4 VOLBA MATERIÁLU NÁŠLAPNÉ VRSTVY

Dalším krokem je volba nášlapné ta výrazně ovlivňuje přenášený výkon podlahového vytápění. Jako nášlapná vrstva je u všech místností vytápěných podlahovým vytápěním zvolena velkoformátová keramická dlažba (viz tab. 3.4 a tab. 3.5), protože například oproti laminátové podlaze nebo parketám je schopna přenést větší měrný tepelný tok. Další možnou variantou je použití linolea nebo PVC.

3.2.5 VOLBA MATERIÁLU POTRUBÍ PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ

Pro rozvody podlahového vytápění je použita trubka REHAU RAUTHERM S ze zesíťovaného polyethylenu PE-Xa, která je opatřena protikyslíkovou bariérou (EVAL) [6]. (viz obr. 3.4)



Obr. 3.4 – Trubkou Rautherm S v systémové desce VARIONOVA [12]

3.2.7 ZADÁNÍ VSTUPŮ PRO JEDNOTLIVÉ MÍSTNOSTI

Nejdříve se ke každé místnosti přiřadí tepelná ztráta respektive návrhový tepelný výpočet v kapitole 2.6 a vnitřní výpočtová teplota (viz tab. 2.10).

Plocha vhodná pro položení jednotlivých smyček podlahového vytápění je odečtena z výkresové dokumentace řešeného objektu. V zádveří (místnost 1.01) je nutné plochu smyčky zmenšit o prostor, který zakrývá vestavná skříň. V koupelnách (místnosti 1.03, 1.08, 2.06) je rovněž tato plocha zmenšena a to prostory pod sprchovým koutem, vanou případně umyvadlem. V místnosti 1.06 (obývací pokoj + kuchyň) o prostor pod kuchyňskou linkou. Pro využití podlahového vytápění na maximum, je třeba přizpůsobit vybavení místností (nábytek by měl být na nožičkách).

Z takto zadaných hodnot je dopočítána na dle rovnice 3.3 požadovaná hodnota tepelného toku (viz tab. 3.6). Fyziologicky přípustné teploty podlahy jsou pro jednotlivé místnosti zadány podle tab. 3.2. Dále je nutné přiřadit každé vytápěné podlaží její skladbu. Pro místnosti v přízemí je zvolena skladba popsaná v tab. 3.4. Pro místnosti v prvním patře budovy skladba popsaná v tab. 3.5. Teploty pod podlahou jsou 5°C pro 1.NP a 20°C pro 2.NP.

Tab. 3.6 - Zadání parametrů místností s podlahovým vytápěním

Číslo místnosti	Účel místnosti	Návrhový tepelný výkon	Vnitřní výpočtová teplota	Plocha místnosti	Plocha vhodná pro uložení smyčky	Požadovaná hustota tepelného toku
–	–	$\Phi_{HL,i}$	$\theta_{int,i}$	–	–	$q_{pož}$
–	–	[W]	[°C]	[m ²]	[m ²]	[W/m ²]
1.01	Zádveří	766,96	18	6,22	5,1	150,38
1.03	WC + koupelna I	851,47	24	7,4	6,6	129,01
1.06	Kuchyň + obývací pokoj	2427,86	20	43,78	38,2	63,56
1.07	Ložnice	640,11	20	14,15	12,4	51,62
1.08	WC + koupelna II	775,85	24	8,74	6,4	121,23
2.02	Pokoj	714,36	20	10,45	10,4	68,69
2.03	Obývací pokoj	1094,93	20	21,61	21,6	50,69
2.04	Ložnice I	1089,94	20	21,61	21,6	50,46
2.05	Ložnice II	690,67	20	14,15	14,1	48,98
2.06	WC + koupelna	603,59	24	6,23	4,4	137,18

3.2.7 NÁVRH SMYČEK PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ

Po zadání vstupních údajů lze přistoupit k samotnému návrhu smyček. Jejich parametry jsou v programu vypočteny s ohledem na zadaná kritéria, tato kritéria jsou zvolena na základě literatury [5] a shrnuje je tab. 3.7. Instalované výkony smyček společně s dalšími parametry jsou uvedeny v tab. 3.8.

Tab. 3.7 - Kritéria pro výpočet podlahového vytápění

Maximální plocha smyčky	$A_{s,max}$	40	[m ²]
Maximální celková délka potrubí od rozdělovače	$L_{c,max}$	120	[m]
Maximální tlaková ztráta 1 okruhu	$\Delta p_{s,max}$	30000	[Pa]
Maximální rychlost proudění v potrubí	w_{max}	0,5	[m/s]

Minimální rozteč potrubí je v místnostech s ohledem na velikost tlakové ztráty a ekonomičnost danou poměrem délka trubek/přenesený výkon při stávající skladbě podlahy zvolena 150 mm. Pro rozvod topné vody ve všech smyčkách bude použita trubka REHAU RAUTHERM S o rozměru 17,0 x 2,0 mm.

Tab. 3.8 - Instalovaný výkon podlahového vytápění

Číslo místnosti	Účel místnosti	Označení smyčky	Rozteč potrubí	Délka smyčky bez přívodního potrubí	Plocha smyčky	Instalovaný tepelný výkon	Instalovaný tepelný výkon
		-	r	L_s	A_s	Q_{Mi}	Q_{Mi}
[-]	[-]	[-]	[mm]	[m]	[m ²]	[W]	[%]
1.01	Zádvěří	A5	150	34,3	5,1	538	70
1.03	WC + koupelna I	A6	150	44	6,6	478,2	56
1.06	Kuchyň + obývací pokoj	A3	200	83,3	16,7	1 341,30	110
		Okrajová zóna	100	24	2,4		
		A4	200	82	16,4	1 346,70	
		Okrajová zóna	100	26,5	2,6		
1.07	Ložnice	A2	200	62	12,4	839	130
1.08	WC + koupelna II	A1	150	42,5	6,4	461,6	59
2.02	Pokoj	B1	150	69,7	10,5	814	113
2.03	Obývací pokoj	B6	200	108,1	21,6	1 463,70	133
2.04	Ložnice I	B4	200	108,1	21,6	1 463,70	134
2.05	Ložnice II	B3	200	70,7	14,1	957,3	138
2.06	WC + koupelna	B2	150	29,2	4,4	246,8	40

Jak je vidět v tab. 3.8 v obývacím pokoji (*místnost 1.06*) je vzhledem k jeho značné ploše, tak aby byla dodržena daná kritéria nutné položit dvě smyčky. V této místnosti je kvůli značnému počtu oken v ochlazované konstrukci navržena okrajová zóna o rozteči potrubí 100 mm. Tato zóna zasahuje do vzdálenosti 0,5 m od jižně orientované venkovní stěny. V koupelnách a v zádveřích vzhledem k jejich rozměrům podle předpokladu nepokrývá výkon smyčky návrhový tepelný výkon. Do jaké míry pokrývá instalovaný tepelný výkon smyčky návrhový tepelný výkon je v tabulce jeho znázorněno procentuálním vyjádřením.

Pro připojení smyček k rozdělovači je třeba definovat prostor, kde jsou jednotlivé přívody uloženy. Pro zjednodušení je v přízemí objektu vytvořena místnost, jejíž plocha je součtem místností chodba I (*místnost 1.02*), chodba II (*místnost 1.03*) a komora (*místnost 1.05*). V prvním patře se nacházejí rozvody vedoucí od rozdělovače na chodbě (*místnost 2.01*).

Pro připojení jednotlivých smyček podlahového vytápění je v přízemí objektu (*místnost 1.05*) použit rozdělovač REHAU HKV-D s průtokoměry a 6 topnými okruhy [6] (*označen jako RA*). V prvním patře (*v místnosti 2.01*) s 5 topnými okruhy [6] (*označen jako RB*). Délky jednotlivých přívodů jsou odečteny s výkresů. Jako u smyček podlahového vytápění je i pro přívody použita trubka REHAU RAUTHERM S o rozměru 17,0 x 2,0 mm. Rozteč přívodního potrubí je zvolena 50 mm. Vypočtené tlakové ztráty okruhu od rozdělovače ke sběrači, průtoky v jednotlivých okruzích a teploty podlah v místnostech shrnuje tab. 3.9 pro rozdělovač RA a tab. 3.10 pro rozdělovač RB.

Tab. 3.9 - Rozdělovač RA ⁷⁾

Číslo vývodu rozdělovače	Označení okruhu	Číslo místnosti	Teplota podlahy	Specifikace	Rozteč potrubí	Délka smyčky a jednotlivých přívodů	Celková délka smyčky včetně přívodů	Hmotnostní průtok smyčkou	Celková tlaková ztráta smyčky
			t_p [°C]		r [mm]	- [m]			
1	RA1	1.08	30,7	Smyčka	150	42,5	69,5	118,4	7 517
		1.02+1.04+1.05	30	Přívodní úsek	50	12,5			
		1.02+1.04+1.05	30	Zpětný úsek	50	12,5			
2	RA2	1.07	26,3	Smyčka	200	62	87	82,4	3 935
		1.02+1.04+1.05	28,3	Přívodní úsek	50	11,5			
		1.02+1.04+1.05	28,3	Zpětný úsek	50	11,5			
3	RA3	1.06	26,3	Smyčka	200	83,3	125,8	121,7	13 252
		1.06	28,1	Okrajová zóna	100	24			
		1.02+1.04+1.05	28,3	Přívodní úsek	50	8,3			
		1.02+1.04+1.05	28,3	Zpětný úsek	50	8,3			
4	RA4	1.06	26,3	Smyčka	200	82	119	118,3	11 927
		1.06	28,1	Okrajová zóna	100	26,5			

⁷⁾ Tabulka pokračuje na straně 39

		1.02+1.04+1.05	28,3	Přívodní úsek	50	4,2			
		1.02+1.04+1.05	28,3	Zpětný úsek		4,2			
5	RA5	1.01	27,4	Smyčka	150	34,3	49,3	114,6	5 360
		1.02+1.04+1.05	30	Přívodní úsek	50	6,5			
		1.02+1.04+1.05	30	Zpětný úsek		6,5			
6	RA6	1.03	30,7	Smyčka	150	44	54,6	101	4 617
		1.02+1.04+1.05	30	Přívodní úsek	50	4,3			
		1.02+1.04+1.05	30	Zpětný úsek		4,3			

Tab. 3.10 - Rozdělovač RB

Číslo vývodu rozdělovače	Označení okruhu	Číslo místnosti	Teplota podlahy	Specifikace	Rozteč potrubí	Délka smyčky a jednotlivých přívodů	Celková délka smyčky včetně přívodů	Hmotnostní průtok smyčkou	Celková tlaková ztráta smyčky
			t_p [°C]						
1	RB1	2.02	27,2	Smyčka PZ	150	69,7	75,6	68,2	2 120
		2.01	28,3	Přívodní úsek	50	2			
		2.01	28,3	Zpětný úsek		2			
2	RB2	2.06	29,3	Smyčka PZ	150	29,2	39,4	26,3	332
		2.01	28,3	Přívodní úsek	50	4,1			
		2.01	28,3	Zpětný úsek		4,1			
3	RB3	2.05	26,3	Smyčka PZ	200	70,7	82,3	82,6	3 828
		2.01	28,3	Přívodní úsek	50	4,8			
		2.01	28,3	Zpětný úsek		4,8			
4	RB4	2.04	26,3	Smyčka PZ	200	108,1	117,7	122,9	12 656
		2.01	28,3	Přívodní úsek	50	3,8			
		2.01	28,3	Zpětný úsek		3,8			
5	RB5	2.03	26,3	Smyčka PZ	200	108,1	114	121,2	11 980
		2.01	28,3	Přívodní úsek	50	1,9			
		2.01	28,3	Zpětný úsek		1,9			

Zvolená maximální délka jednoho je překročena pouze v jednom případě a to u okruhu s označením RA3 o 5,8 m, jelikož se nejedná o nějak markantní rozdíl oproti zvolené maximální délce (120 m) je délka okruhu zachována.

3.2.8 SHRnutí VÝPOČTU PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ

V tabulce 3.1 je uvedena vypočtená teplota na sběrači podle této teploty bude na rozdělovači RA (v místnosti 1.05) teplotní spád 40/33,9°C a na rozdělovači RB (v místnost 2.01) 40/29°C. Příkon rozdělovače je roven součtu výkonu směrem do podlahy a výkonu smyček včetně jejich přívodů.

Tab. 3.11 - Celkové vypočtené parametry rozdělovačů podlahového vytápění

Označení rozdělovače	Popis rozdělovače	Vypočtená teplota na sběrači	Příkon rozdělovače	Výkon směrem do podlahy	Výkon smyček včetně jejich přívodů	Hmotnostní průtok rozdělovačem	Minimální dispoziční tlak	Objem vody v potrubí
		t_s		Q_d	Q_{ps}	M_R	Δp_{min1}	V_v
		[°C]	[W]	[W]	[W]	[kg/h]	[Pa]	[l]
RA	REHAU HKV-D 6	32,1	6066	476	5605	656,4	13 252,00	67,0
RB	REHAU HKV-D 5	29	5388	263	5138	421,2	12 656,20	56,9

Celkové vypočtené parametry podlahového vytápění jsou součtem parametrů na obou rozdělovačích RA a RB (viz tab. 3.11). Minimální dispoziční tlak soustavy, respektive tlaková ztráta, kterou musí překonat zvolené čerpadlo je uvedena v tabulce.

Tab. 3.12 - Celkové vypočtené parametry podlahového vytápění

Výkon podlahového vytápění	10745	[W]
Příkon podlahového vytápění	11490	[W]
Celkový hmotnostní průtok podlahovým vytápěním	1077,6	[kg/h]
Minimální dispoziční tlak	13,252	[kPa]

Regulace tlaku jednotlivých smyček podlahového vytápění je provedena nastavením průtoku na průtokoměrech rozdělovačů.

3.3 VOLBA OTOPNÝCH TĚLES

Tam kde nemá podlahové vytápění dostatečný výkon pro pokrytí návrhového výkonu je doplněno o otopná tělesa. Tělesa jsou navržena tak, aby pokryla tento výkon při navrženém teplotním spádu 60/50°C. Zvolená tělesa jsou uvedena v tab. 3.13.

Tab. 3.13 - Zvolená otopná tělesa

Značka	Model	Typ	Délka tělesa L_T	Počet
[-]	[-]	[-]	[mm]	[-]
KORADO	KORALUX RONDO COMFORT-M	KRTM 1220	600	1
KORADO	KORALUX RONDO COMFORT-M	KRTM 1500	600	2
KORADO	RADIK VKM	11 VKM/500	500	1

V koupelně 1.NP (místnost 1.03) je jako doplnění podlahového vytápění zvoleno trubkové těleso KRTM 1500/600. V zádveří (místnost 1.01) je použito deskové otopné těleso 11 VKM/500. V druhé koupelně přízemí (místnost 1.08) je trubkové otopné těleso KRTM 1220/600. A v koupelně prvního patra (místnost 2.06) KRTM 1500/600. Všechna tělesa budou osazena termostatickými hlavicemi.

3.4 HYDRAULICKÝ VÝPOČET A DIMENZOVÁNÍ OS

Pro hydraulický výpočet a dimenzování OS je použit program PROTECH DIMOS.[17]

3.4.1 ZÁKLADNÍ VSTUPNÍ PARAMETRY PRO DIMENZOVÁNÍ POTRUBÍ

Jsou nastaveny obdobně jako při výpočtu podlahového vytápění a shrnuje je následující tabulka.

Tab. 3.14 - Základní vstupy pro dimenzování potrubí

Teplonosná látka	Druh teplonosné látky	Bod tuhnutí	Rozsah teplot
	–	[°C]	[°C]
	voda	0	0-170
Podlahové smyčky	Vstupní teplota t_{w1}	Teplotní spád Δt	Teplota okolí t_o
	[°C]	[K]	[°C]
	60	10	20

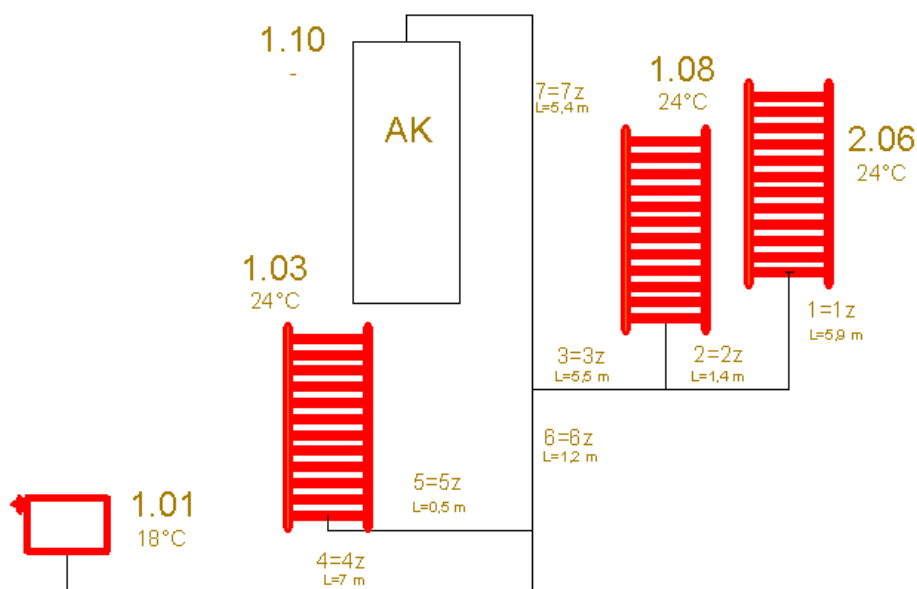
Dimenzování průměru potrubí probíhá na základě zvolené maximální rychlosti proudění média v potrubí 0,5 m/s (*při vyšších rychlostech proudění teplonosné látky by vznikala v potrubí hluk*). Z daného teplotního spádu a výkonu přenášeného v jednotlivých úsecích daným výkonem otopných těles případně podlahového vytápění se vypočítá hmotnostní průtok. K takto vypočtenému hmotnostnímu průtoku se přiřadí nejmenší rozměr zvolené řady potrubí, pomocí kterého se posléze vypočte rychlost proudění. Jestliže tato rychlost nepřekročí 0,5 m/s přiřadí se daný rozměr potrubí k zvolenému úseku připojovacímu spotřebiči (*OT, podlahové vytápění*), pokud rychlost proudění látky překročí 0,5 m/s přiřadí se automaticky rozměr vyšší. Tento postup se opakuje, dokud rychlost proudění neklesne pod 0,5 m/s.

Po zadání základních vstupních parametrů definujících otopnou soustavu je třeba zvolit typ připojovacího potrubí. Pro připojení otopných těles i rozdělovačů podlahového vytápění jsou použity měděné trubky SUPERSAN. Rozměry trubek menší než 15x1 mm nejsou uvažovány z důvodu vyšší tlakové ztráty a většího rizika zanášení potrubí.

Při výpočtu tlakové ztráty připojovacího potrubí je otopná soustava rozdělena na větve. Větev s označením V1 vede od akumulárního zásobníku (AK) k otopným tělesům. Větev a s označením V2 k rozdělovačům podlahového vytápění.

3.4.2 TLAKOVÉ ZTRÁTY A DIMENZOVÁNÍ POTRUBÍ K OTOPNÝM TĚLESŮM

K určení tlakové ztráty a dimenzování potrubí, se větev V1 rozdělí na úseky vedoucí k jednotlivým otopným tělesům podle následujícího schématu na obr. 3.5. Úseky jsou značeny čísly od 1 do 7 pro přívodní potrubí a 1z až 7z pro potrubí vratné. Délka úseků je odečtena z výkresů.



Obr. 3.5 - Rozdělení větve V1 na úseky

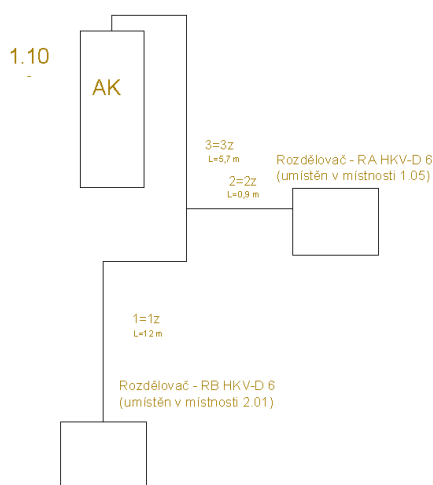
Tab. 3.15 - Dimenzování a tlaková ztráta potrubí k OT

Označení větve	Označení úseku	Číslo místnosti, ve které se otopné těleso nachází	Výkon přenášený v úseku	Délka úseku	Rozměry potrubí	Hmotnostní průtok v úseku	Rychlost proudění v potrubí	Tlaková ztráta třením a místními odpory	DN regulačního prvku	Nastavení předregulace	Průtokový součinitel K_v regulačního prvku	Dispoziční tlak pro regulaci OT
-	-	-	Q_u	L_u	$d_1 \times s$	M_u	w	Δp_u	DN_v	N/P	k_v	DT_{RS}
[-]	[-]	[-]	[W]	[m]	[mm]	[kg/h]	[m/s]	[Pa]	[mm]	[-]	[m ³ /h]	[Pa]
V1	1	206	444	5,9	15x1	38,3	0,081	76	15	4	0,6	428
V1	1z			5,9	15x1	38,3	0,081	83				
V1	2	108	358	1,4	15x1	30,8	0,066	29	15	2,6	0,5	444
V1	2z			1,4	15x1	30,8	0,065	21				
V1	3	802	802	5,5	15x1	69,1	0,147	207				
V1	3z			5,5	15x1	69,1	0,146	180				
V1	4	101	282	7	15x1	24,3	0,052	48	15	1,1	0,3	633
V1	4z			7	15x1	24,3	0,051	51				
V1	5	103	516	0,9	15x1	44,5	0,095	40	15	3,5	0,6	665
V1	5z			0,9	15x1	44,5	0,094	34				
V1	6	798	798	1,2	15x1	68,7	0,146	91				
V1	6z			1,2	15x1	68,7	0,146	51				
V1	7	1600	1600	5,4	15x1	137,8	0,294	577				
V1	7z			5,4	15x1	137,8	0,292	601				

Z tabulky je patrné, že pro připojení otopných těles je za daných podmínek dostačující zvolený rozměr potrubí 15x1. K regulaci tlakové ztráty je u všech OT použit rohový ventil HEIMEIER Multilux KORADO, který je zároveň i šroubením a lze skrze něj vypouštět těleso. Stupeň přednastavení ventilu i průtokový součinitel je uveden v tab. 3.15 Tlaková ztráta zahrnuje tlakovou ztrátu třením i tlakovou ztrátu místními odpory použitých tvarovek (*kolena, odbočky*).

3.4.3 TLAKOVÉ ZTRÁTY A DIMENZOVÁNÍ POTRUBÍ K ROZDĚLOVAČŮM PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ

Odborně jako u OT jako je podle následujícího schématu obr. 3.6, rozdělena větev V2 spojující akumulární nádrž s rozdělovači podlahového vytápění na jednotlivé úseky, ze kterých je dopočítán vhodný rozměr potrubí a tlaková ztráta (*viz tab. 3.16*).



Obr. 3.6 - Rozdělení větve V2 na úseky

Tab. 3.16 - Dimenzování potrubí k rozdělovačům podlahového vytápění

Označení větve	Označení úseku	Označení rozdělovače	Výkon přenesený v úseku	Délka úseku	Rozměr potrubí	Hmotnostní průtok v úseku	Rychlost proudění v potrubí	Tlaková ztráta třením a místními odpory
-	-	-	Q_u	L_u	$d_i \times s$	M_u	w	Δp_u
[-]	[-]	[-]	[W]	[m]	[mm]	[kg/h]	[m/s]	[Pa]
V2	1	RA	6066	0,9	22x1	522,7	0,466	398
V2	1z			0,9	22x1	522,7	0,464	420
V2	2	RB	5365	11,8	22x1	462,3	0,412	1578
V2	2z			11,8	22x1	462,3	0,41	1613
V2	3		11431	5,6	35x1,5	985	0,343	276
V2	3z			5,6	35x1,5	985	0,341	292

Připojovací potrubí k rozdělovačům bude mít rozměry 22x1, úsek k akumulární nádrži 35x1,5. 3-cestný směšovací ventil na větví V1 bude osazen

termostatickou hlavicí ponorným čidlem, která bude zajišťovat potřebnou teplotu na přívodu.

3.4.4 SHRUTÍ VÝPOČTU TLAKOVÉ ZTRÁTY A DIMENZOVÁNÍ POTRUBÍ

Celkové parametry větví V1 a V2 jsou uvedeny v tab. 3.17. Veškeré potrubí kromě (*plastového podlahového*) bude po tlakové zkoušce izolováno tepelnou izolací. Tepelná roztažnost potrubí bude kompenzována v přirozených kompenzačních útvarech, případně kompenzátorech typu U nebo L provedených na potrubí. Stoupační potrubí musí být uchyceno objímkami pro osové vedení, aby nedošlo k vybočení potrubí při kompenzaci.

Tab. 3.17 - Shrnutí výpočtu tlakové ztráty pro větve V1 a V2

Označení větve	Teplotní spád	Minimální dispoziční tlak	Výkon	Hmotnostní průtok větvemi	Objem vody v potrubí
[-]	Δt	Δp_{min1}	Q	M_v	V_v
[-]	[K]	[Pa]	[W]	[kg/h]	[dm ³]
V1	10	2093	1600	137,8	34,8
V2	10	3711	11431	985	17
Celkem			13031	1112,8	51,8

3.5 VOLBA ČERPADEL OTOPNÉ SOUSTAVY

Pro návrh čerpadla je nutné znát objemový průtok čerpané vody (*l/s nebo m³/hod*) a dopravní výšku čerpadla (*m nebo kPa*). Tyto údaje tvoří tzv. charakteristiku čerpadla, charakteristiku čerpadla stanoví výrobce. Tlaková ztráta a objemový průtok v daných úsecích potrubní sítě byli vypočteny v předchozích kapitolách a udávají tzv. charakteristiku sítě. Bod, ve kterém se protne charakteristika sítě s charakteristikou čerpadla je tzv. pracovní bod čerpadla. [4] Při volbě čerpadel byla použita on-line pomůcka na webových stránkách společnosti GRUNDFOS [18].

3.5.1 VOLBA ČERPADLA PRO OKRUH S OTOPNÝMI TĚLESY

Jelikož jsou otopná tělesa osazena termostatickými hlavicemi, které se přivírají, když klesá potřeba tepla a tím způsobují změnu tlaku v potrubí. Je pro okruh s OT zvoleno čerpadlo s plynulou elektronickou regulací GRUNDFOS ALPHA2 15-40 130, které umožňuje přizpůsobení výkonu aktuálním požadavkům.

Hmotnostní průtok pro volbu čerpadla je z tab. 3.17 pro větev V1 s OT. Dopravní výška je součtem minimálního dispozičního tlaku v potrubí větve V1 (viz tab. 3.17) ztráty závitového filtru HERZ DN 15 ($k_{vs} = 3,1 \text{ m}^3/\text{h}$ [17]) před čerpadlem, zvoleného 3-cestného směšovacího ventilu HEIMEIER DN 15 při $k_v = 0,63 \text{ m}^3/\text{h}$, zpětné klapky IVAR DN 15 ($k_{vs} = 3,7 \text{ m}^3/\text{h}$ [17]) a akumuláční nádrže. Pracovní bod čerpadla je znázorněn na obr. 3.7. Výpočet tlakové ztráty jednotlivých prvků je proveden dle rovnice 3.13.

kde:

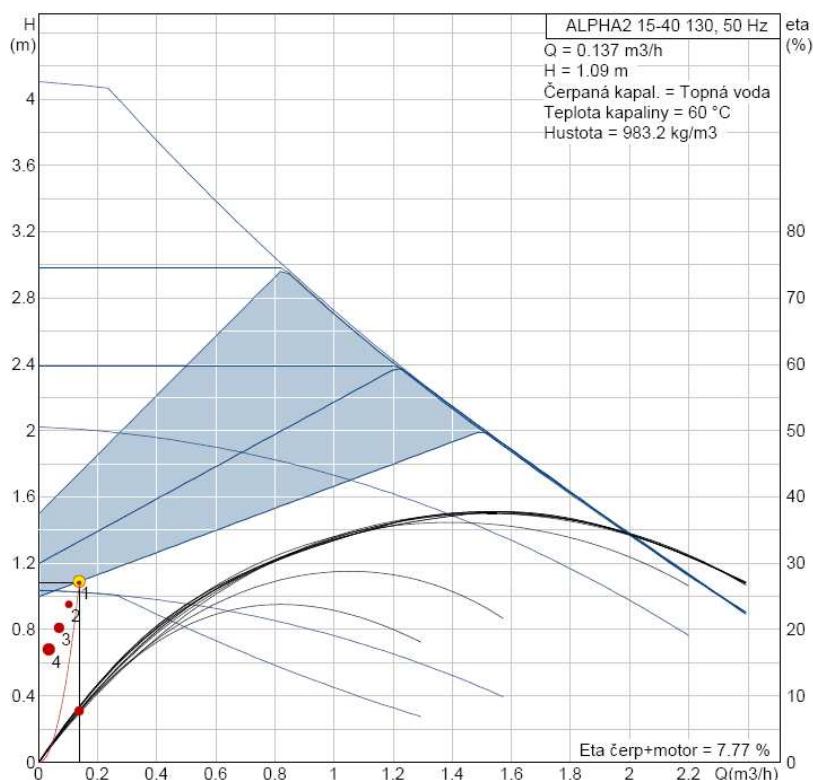
$$\Delta p_{v_{\min}} = \left(\frac{q_v}{k_{vs}} \right)^2 \cdot 100 \quad [\text{kPa}] \quad (3.13)$$

k_{vs} - objemový průtok ventilu při tlakové ztrátě 100 kPa [m^3/h]

q_v - hmotnostní průtok [m^3/h]

Tab. 3.18 - Návrh čerpadla OT

Hmotnostní průtok	0,1378	m^3/h
Závitový filtr	0,2	kPa
3-cestný ventil	8	kPa
Zpětná klapka	0,14	kPa
Akumulační nádrž	0,5	kPa
Dispoziční tlak potrubí větev V1	2,09	kPa
Dopravní výška	10,93	kPa



Obr. 3.7 – Pracovní bod čerpadla ALPHA2 15-40 130 [18]

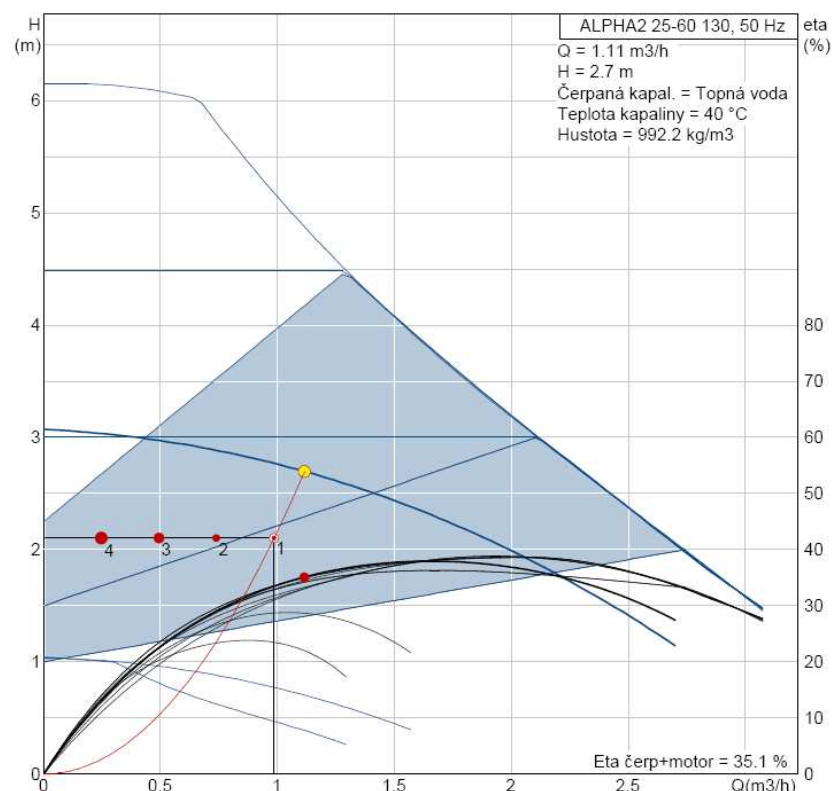
Příkon je čerpadla 5,15 W. Maximální provozní tlak 1000 kPa.

3.5.2 VOLBA ČERPADLA PRO PODLAHOVÉ VYTÁPĚNÍ

U podlahového vytápění je použito čerpadlo klasické (s konstantními otáčkami) GRUNDFOS ALPHA2 25-60 130. Hmotnostní průtok pro volbu čerpadla je z tab. 3.17 (průtok větví V2). Dopravní výška je součtem minimálního dispozičního tlaku z tab. 3.17 (pro větev V2), ztráty filtru HERZ DN 32 ($k_{vs} = 15,9 \text{ m}^3/\text{h}$ [17]) před čerpadlem, zvoleného 3-cestného směšovacího ventilu HEIMEIER DN 20 při $k_v = 6,3 \text{ m}^3/\text{h}$, zpětné klapky IVAR DN 32 ($k_{vs} = 21 \text{ m}^3/\text{h}$ [17]), akumulární nádrže a minimálního dispozičního tlaku smyček podlahového vytápění z tab. 3.12.

Tab. 3.19 - Návrh čerpadla pro podlahové vytápění

Hmotnostní průtok M	0,985	[m ³ /h]
Závitový filtr	0,4	[kPa]
3-cestný ventil	3	[kPa]
Zpětná klapka	0,22	[kPa]
Akumulační nádrž	0,5	[kPa]
Dispoziční tlak potrubí větví V2	3,71	[kPa]
Dispoziční tlak podlahové vytápění	13,252	[kPa]
Dopravní výška	21,082	[kPa]



Obr. 3.8 – Pracovní bod čerpadla GRUNDFOS ALPHA2 25-60 130 [18]

Príkon je čerpadla 23,2 W. Maximální provozní tlak 1000 kPa.

3.7 EXPANZNÍ NÁDOBA

Vyrovnaní změn objemové roztažnosti vody a udržení tlakové hladiny v předepsaných mezích je zajištěno expanzní nádobou. Je zvolena uzavřená membránová expanzní nádoba, která bude umístěna na vratné větvi otopné soustavy. Tato nádoba bude doplňovat vzhledem k značnému objemu vody v otopné soustavě expanzní nádobu integrovanou ve zdroji tepla, který je blíže popsán v kapitole 4. Velikost objemu expanzní nádoby V_{et} se stanoví podle rovnice 3.14.

$$V_{et} = 1,3 \cdot V_0 \cdot n \cdot \frac{1}{\eta} \quad [l] \quad (3.14)$$

kde:

V_0 - objem vody v celé otopné soustavě [l]

η - součinitel využití expanzní nádoby [-]

n - součinitel zvětšení objemu [-]

$$\eta = \frac{p_{h,dov,A} - p_{d,A}}{p_{h,dov,A}} \quad [l] \quad (3.15)$$

kde:

$p_{h,dov,A}$ - nejvyšší dovolený absolutní tlak (*otevírací absolutní tlak pojistného ventilu*) [kPa]

$p_{d,A}$ - hydrostatický absolutní tlak [kPa]

$$p_{d,A} = \rho \cdot g \cdot h \cdot 10^{-3} + p_B \quad [kPa] \quad (3.16)$$

kde:

ρ - hustota vody [kg/m³]

g - tíhové zrychlení [m/s²]

h - výška vodního sloupce nad expanzní nádobou [m]

p_B - barometrický tlak [kPa]

Celkový objem vody v otopné soustavě zahrnuje i objem akumulární nádrže (*viz kap. 6.3*), který je 500 l. Součinitel zvětšení objemu je zvolen z podle literatury [15] pro $\Delta t = t_{max} - 10 = 50K$. Po dosazení do rovnic získáme data uvedené v tabulce 3.20. Od vypočteného objemu expanzní nádoby je poté odečtena velikost expanzní nádoby kotle (*12 l*). Výsledný objem je poté 14,04 litru. Jako doplňující expanzní nádoba je poté zvolena EN MB 18 – IN LINE [16] o objemu 18 l s maximálním přetlakem 300kPa.

Tab. 3.20 - Výpočet expanzní nádoby

ρ - hustota vody [kg/m ³]	1000
g - tíhové zrychlení [m/s ²]	9,81
h - výška vodního sloupce nad expanzní nádobou [m]	3
p_B - barometrický tlak [kPa]	101,325
V_0 - objem vody v celé otopné soustavě [l]	675,7
$p_{h,dov,A}$ - nejvyšší dovolený absolutní tlak (otevírací absolutní tlak pojistného ventilu) [kPa]	300
$p_{d,A}$ - hydrostatický absolutní tlak [kPa]	130,755
η - součinitel využití expanzní nádoby [-]	0,564
n - součinitel zvětšení objemu [-]	0,01672
V_{et} - objem vody v expanzní nádrži [l]	26,03

$$p_{et,seř} = (1,1 \text{ až } 1,3) \cdot \rho \cdot g \cdot h \cdot 10^{-3} \quad [\text{kPa}] \quad (3.17)$$

Seřízení přetlaku na straně vzdušiny, je provedeno podle rovnice 4.0, $p_{et,seř} = 35,316$ kPa. Na stejný přetlak je poté seřizena i EN kotle.

3.7 POJISTNÝ VENTIL

Kotel je standardně osazen pojistným ventilem, který nastaven na otevírací přetlak 300 kPa, ale vzhledem k tomu že každý zdroj, tepla by měl mít svůj pojistný ventil, bude jím osazena i akumulární nádrž. Minimální průřez sedla pojistného ventilu je stanoven podle rovnice 3.18.

$$S_0 = \frac{2 \cdot Q_{po}}{\alpha_w \cdot \sqrt{p_{ot}}} \quad [\text{mm}^2] \quad (3.18)$$

kde:

α_w - výtokový součinitel [-]

p_{ot} - otevírací přetlak pojistného ventilu [-]

Q_{po} - pojistný výkon zdroje tepla [kW]

$$Q_{po} = Q_n \quad [\text{kW}] \quad (3.19)$$

kde:

Q_n - jmenovitý výkon zdroje tepla [kW]

Vnitřní průměr pojistného potrubí

$$d_v = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{Q_{po}} \quad [\text{mm}] \quad (3.20)$$

Tab. 3.21 - Výpočet pojistného ventilu akumulární nádrže

výtokový součinitel α_w [-]	0,444
otevírací přetlak pojistného ventilu p_{ot} [-]	300
pojistný výkon zdroje tepla Q_{po} [kW]	13,031
vnitřní průměr pojistného potrubí d_v [mm]	12,16591
vypočtený minimální průřez sedla pojistného ventilu S_0 [mm ²]	3,388942

Minimální průměr vstupního i výstupního potrubí je 13 mm. Výtokový součinitel je zvolen podle firemních podkladů [13], pojistný výkon zdroje tepla je celkový výkon OS z tab. 3.17. Na základě výpočtu je zvolen pojistný ventil DUCO MEIBES 1/2 x 3/4 [13], se skutečným průřezem sedla $S_0 = 113 \text{ mm}^2$, DN 15.

4. ZDROJ TEPLA

Jako zdroj tepla je zvolen nástěnný plynový kondenzační kotel BUDERUS Logamax GB 172-14 ve variantě bez ohřevu TV, který je vhodný pro nízkoenergetické RD. Kotel bude umístěn v technické místnosti (*místnost 1.10*). V kotli je integrováno nízkoenergetické oběhové čerpadlo třídy A, expanzní nádoba a třícestný ventil, kotel splňuje emisní třídu NOx 5 do 70 mg/NOx, dle normy ČSN EN 483. [9] Modulační hořák kotle dovoluje přizpůsobit výkon kotle v rozmezí od 21 až do 100 % a tím se přizpůsobí vždy aktuální potřebě. Kotel je nezávislý na vnitřním prostředí. Přívod potřebného spalovacího vzduchu bude proveden koaxiálním kouřovodem.



Tab. 4.1 - Základní parametry zdroje tepla [9]

Palivo	Zemní plyn nebo kapalný plyn podle ČSN EN 437	[-]
Rozměry výška x šířka x hloubka	840x440x350	[mm]
Objem expanzní nádoby	12	[l]
Hmotnost	45	[kg]
Modulovaný výkon	2,9 -14	[kW]
Pojistný ventil	300	[kPa]
Normovaný stupeň využití	109 (Hi) / 98,2(Hs)	[%]

Obr. 4.1 – Kotel Buderus Logamax GB 172-14 [9]

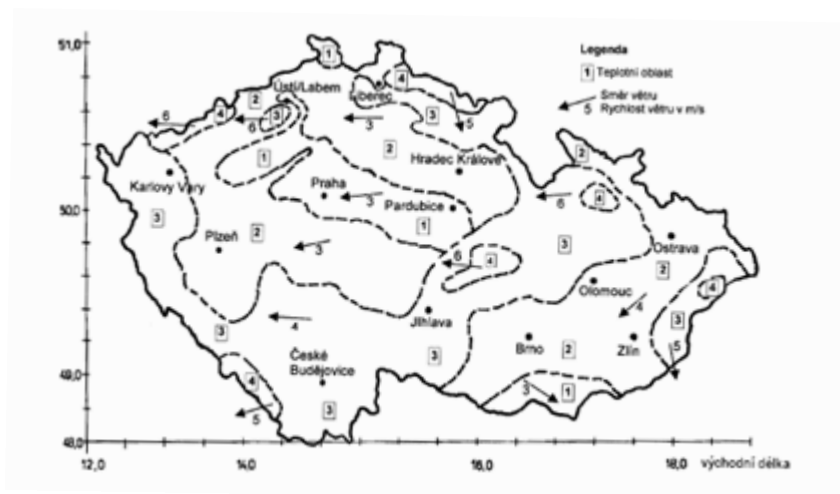
5. STANOVENÍ SPOTŘEBY ENERGIE

Při návrhu plochy kolektorů solární soustavy a bilancování jejich zisků je nutné stanovit vlastní potřebu tepla v dané aplikaci a to měřením nebo výpočtem. Pokud nejsou k dispozici potřebné údaje stanovené měřením, stanoví se potřeba tepla výpočtem vycházejícím z dostupných statistik. Výpočet je proveden s ohledem na tepelnětechnické vlastnosti objektu. Stanovení potřeby tepla vede k snížení na investičních nákladů na prvky solární soustavy. A také se jím snižuje riziko neekonomicky předdimenzované plochy kolektorů, případně velikosti zásobníku [23]. Ke stanovení potřeby energie na vytápění je použit národní kalkulační nástroj (*dále jen NKN*). Výpočetní nástroj NKN odpovídá požadavkům vyhlášky č. 148/2007 Sb., o energetické náročnosti budov na základě požadavků §6A zákona č. 406/200 Sb., o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů [22]. A je v souladu s EN ISO 13790 [21].

5.1 POSTUP VÝPOČTU SPOTŘEBY ENERGIE

5.1.1 ZÁKLADNÍ VSTUPY ZADANÉ DO NKN

Nejdříve je zadat klimatickou oblast. Rodinný dům se nachází v klimatické oblasti II (viz obr. 5.1 dle ČSN 730540-2 příloha H) [25]. V dalším nastavení se zadají základní parametry o budově, druhy užívané energie a hodnocené dílčí energetické náročnosti. Způsob zadání shrnut v tab. 5.1.



Obr. 5.1 - Mapa teplotních oblastí dle ČSN 730540 - 3, příloha H1 [25]

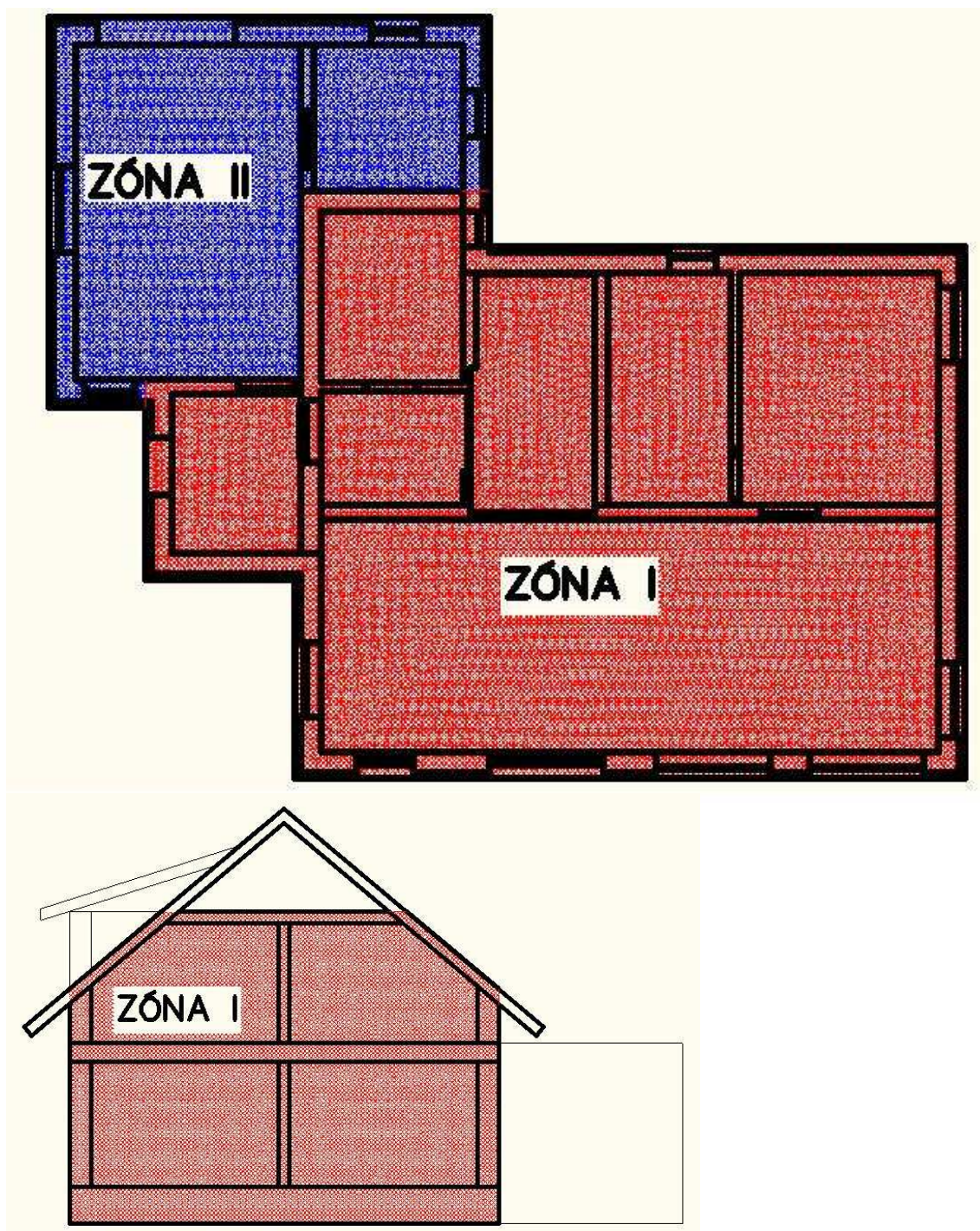
Tab. 5.1 - Základní parametry budovy

Typ budovy	Druhy energie užívané v budově	Hodnocená dílčí energetická náročnost budovy
Rodinný dům	Elektrická energie	Vytápění
	Zemní plyn	Příprava teplé vody
		Osvětlení

Do výpočtu je zahrnuta spotřeba elektrických spotřebičů.

5.1.2 ROZDĚLENÍ OBJEKTU PODLE ZÓN UŽÍVÁNÍ

Rodinný dům rozdělí na zóny, k nimž se následně přiřadí standardizované profily užívání. V řešeném případě je rodinný dům rozdělen na dvě zóny. Zóna I představuje obytnou část objektu a zóna II je tvořena garáží (*místnost 1.09*) a technickou místností (*místnost 1.10*) viz obr. 5.2.



Obr. 5.2 – Zóny v objektu

Tab. 5.2 - Základní popis zón objektu

Označení	Název	Standardizovaný profil	Plocha	Objem
-	-	-	[m ²]	[m ³]
Zóna I	Obytný prostor	Rodinné domy - normový byt	188	673
Zóna II	Garáž + TM	Rodinné domy – obecná nevytápěná zóna	-	-
Celkem			188	683

Plocha a objem obecné nevytápěné zóny (zóna II) se nezapočítává do celkové plochy a objemu hodnocené budovy, protože energetická bilance se vztahuje k jednomu m² vytápěné plochy. Nevytápěná zóna je v bilanci zohledněna vzájemnou interakcí mezi zónami, jež se projeví v měrné tepelné ztrátě nebo zisku stavebními konstrukcemi, které se nacházejí mezi zónami. V nevytápěné zóně (zóna II) je standardizovaný profil nastaven na vnitřní výpočtovou teplotu 5°C. Standardizovaný profil zóny I je ponechán beze změn. Další vstupy charakterizující jednotlivé zóny jsou uvedeny v tab. 5.3.

Tab. 5.3 – Další vstupy charakterizující zóny objektu

	Zóna I	Zóna II
Podíl vnitřních a obvodových konstrukcí ze zadaného vnějšího objemu zóny	20,0%	–
Vnitřní tepelná kapacita zóny (podle ČSN EN ISO 13790)	střední	střední
OSVĚTLENÍ ZÓNY		
Typ osvětlovací soustavy	zářivkové/úsporné	zářivkově/úsporné
VYTÁPĚNÍ ZÓNY		
Účinnost sdílení tepla mezi vytápěnou zónou a systémem vytápění $\eta_{H,em,z}$ [%]	92	–
Účinnost rozvodů tepla pro vytápění $\eta_{H,dis,z}$ [%]	95	–

Podíl vnitřních a obvodových konstrukcí ze zadaného vnějšího objemu zóny je pro běžné rodinné domy dle doporučení v NKN 20%. Jelikož není prozatím znám celkový příkon osvětlovací soustavy řešeného RD, vychází výpočet ze standardizovaného profilu jednotlivých zón.

5.1.3 ČÍSELNÉ VSTUPY POPISUJÍCÍ STAVEBNÍ ČÁSTI

Hodnoty součinitele prostupu tepla pro NKN, jsou zadány podle vypočtených hodnot v kapitole 2.1 jež shrnuje tab. 2.7. ⁴⁾ Dále se musí zadat orientace a plochy jednotlivých stavebních konstrukcí obsažených v řešených zónách. Hodnoty velikostí ploch stavebních částí jsou určeny z vnějších rozměrů objektu obdobně jako při výpočtu tepelné ztráty respektive návrhového tepelného výkonu v kapitole 2. Jejich souhrn doplněný o orientace podle světových stran a hodnoty redukčního činitele konstrukcí a prostupnosti slunečního záření průsvitných konstrukcí je uveden v následující tabulce.

⁴⁾ Aby byli stejné jako při výpočtu návrhového tepelného výkonu zohledněny lineární tepelné vazby jsou hodnoty součinitele prostupu tepla navýšeny o korekční součinitel ΔU_{tr} (viz kap. 2.3.1) a to 0,5 pro otvorové výplně, 0,05 pro svislé konstrukce

Tab. 5.4 - Parametry stavebních konstrukcí použité při výpočtu v NKN⁵⁾

Typ konstrukce	Orientace	Plocha (u stěn bez otvorů)	Součinitel prostupu tepla	Propustnost slunečního záření průsvitného prvku	Sousedící prostředí	Činitel teplotní redukce (podle ČSN 73 054-3)
–	–	–	U_k	g		b
–	–	[m ²]	[W/m ² K]	–		–
Zóna I - Obytný prostor						
Vnější stěna - tepelně izolovaná	S	33,2	0,24		Exteriér	1
Vnější stěna - tepelně izolovaná	J	32,8	0,24		Exteriér	1
Vnější stěna - tepelně izolovaná	V	41,9	0,24		Exteriér	1
Vnější stěna - tepelně izolovaná	Z	36,7	0,24		Exteriér	1
Okna s izolačním dvojsklem	S	1,2	1,7	0,75	Exteriér	1,15
Okna s izolačním dvojsklem	J	18,0	1,7	0,75	Exteriér	1,15
Okna s izolačním dvojsklem	V	8,5	1,7	0,75	Exteriér	1,15
Okna s izolačním dvojsklem	Z	4,5	1,7	0,75	Exteriér	1,15
Vstupní prosklené dveře	Z	2,1	2,2	0,75	Exteriér	1,15
Vstupní prosklené dveře	J	2,1	2,2	0,75	Exteriér	1,15
Podlaha přízemí	H	92,8	0,23		Zemina	0,57
Vnitřní nosná stěna 240mm + omítka	–	7,3	0,94		Zóna II	0,49
Dveře vnitřní	–	1,6	2,76		Zóna II	0,56
Vnitřní nosná stěna 365mm + omítka	–	21,9	0,39		Zóna II	0,49
Střešní okna	S	2,9	1,7	0,75	Exteriér	1,15
Střecha	S	27,5	0,15		Exteriér	1
Střecha	J	30,4	0,15		Exteriér	1
Zóna II - Garáž + TM						
Vnější stěna - tepelně izolovaná	S	17,8	0,24		Exteriér	0,71
Vnější stěna - tepelně izolovaná	J	2,6	0,24		Exteriér	0,71
Vnější stěna - tepelně izolovaná	V	8,9	0,24		Exteriér	0,71
Vnější stěna - tepelně izolovaná	Z	20,6	0,24		Exteriér	0,71
Okna s izolačním dvojsklem	V	1,0	1,7	0,75	Exteriér	0,82
Okna s izolačním dvojsklem	Z	1,8	1,7	0,75	Exteriér	0,82
Vnitřní nosná stěna 240mm + omítka	–	7,3	0,94		Zóna I	0,2
Dveře vnitřní	–	1,6	2,76		Zóna I	0,23
Vnitřní nosná stěna 365mm + omítka	–	21,9	0,39		Zóna I	0,2
Podlaha v garáži	H	38,7	0,26		Zemina	0,4
Střecha nad garáží	H	38,7	0,32		Exteriér	0,71
Dveře vstupní	J	2,1	2,28		Exteriér	0,82
Dveře vstupní	S	1,9	2,28		Exteriér	0,82
Garážová vrata	S	5,8	2,5		Exteriér	0,82

Korekční činitel rámu průsvitného prvku vyjadřující podíl plochy zasklení k celkové ploše rámu je zvolen 0,75 jako průměr hodnoty 0,7, která se uvažuje pro výpočet potřeby energie na vytápění. A hodnoty 0,8, která se uvažuje pro výpočet potřeby energie pro chlazení [21]. U všech konstrukcí je sklon konstrukce nastaven na 90°. Střecha první zóny je nastavena na sklon 45°. Střecha druhé zóny je zadána jako horizontální konstrukce. Hodnoty součinitele b jsou zvoleny dle tabulky F.2 ČSN 73 054-3 [26]. Součinitel propustnosti solární radiace je dle ČSN EN 13790 pro dvojitě zasklení 0,75 [21].

⁵⁾ S – sever, H – horizontální orientace, J – jih, V – východ, Z – západ

5.1.4 ČÍSELNÉ VSTUPY POPISUJÍCÍ OTOPNOU SOUSTAVU

Účinnost výroby energie zdrojem je zadána na základě parametrů výrobce (*zdroj tepla - plynový kondenzační kotel Buderus Logamax je podrobněji popsán v kapitole 4.*). Další vstupy jsou nastaveny následovně: účinnost regulace zdroje energie jako automatická, typ oběhového čerpadla s proměnnými otáčkami. Souhrn číselných vstupů popisujících otopnou soustavu je uveden v tab. 5.5.

Tab. 5.5 - Číselné vstupy popisující otopnou soustavu

Typ zdroje tepla	Plynový kondenzační kotel	
Jmenovitý tepelný výkon zdroje tepla	14	[kW]
Účinnost regulace zdroje tepla $\eta_{\text{gen,H,ctl,sys}}$	97	[%]
Instalovaný elektrický příkon oběhových čerpadel systému vytápění $P_{\text{H, sys, p}}$ ⁶⁾	94	[W]
Účinnost výroby tepla zdrojem tepla $\eta_{\text{gen,H,sys}}$	98	[%]

Dále je nastaveno přiřazení zdroje tepla ke zvoleným zónám, tímto způsobem se určuje rozdělení toku energie v rozmezí od 0-100%. Pro zónu I je tato hodnota 100% a pro zónu II, protože se jedná o nevytápěnou zónu je tato hodnota nastavena na 0 %.

5.1.5 ČÍSELNÉ VSTUPY POPISUJÍCÍ PŘÍPRAVU TEPLÉ VODY

TV bude připrovována v plovoucím zásobníku akumulární nádrže (*viz kap. 6.3*). Řešený rodinný dům je vyprojektován pro 4 až 5 členou rodinu. Denní potřeba teplé vody v příslušné zóně se lze stanovit na základě ČSN EN 15316-3-1 dle vztahu 5.1 [27]:

$$V_{W,\text{day}} = \frac{V_{W,f,\text{day}} \cdot f}{1000} \quad [\text{m}^3 / \text{den}] \quad (5.1)$$

kde:

f - počet měrných jednotek [-]

$V_{W,f,\text{day}}$ - specifická potřeba teplé vody [$\text{l}/(\text{m}^2 \cdot \text{den})$]

Specifická potřeba teplé vody se může u RD stanovit podle rovnice, která platí, pokud $f > 27 \text{ m}^2$ nebo $V_{W,f,\text{day}} = 1,49 \text{ l}/(\text{m}^2 \cdot \text{den})$, pokud $14 \text{ m}^2 \leq f \leq 27 \text{ m}^2$. Nebo lze zvolit podle tab. 5.6.

$$V_{W,f,\text{day}} = \frac{39,5 \cdot \ln(f) - 90,2}{f} \quad [\text{l}/\text{m}^2 \cdot \text{den}] \quad (1.4)$$

kde:

f – podlahová plocha zóny [m^2]

Průměrná denní potřeba teplé vody byla vypočtena dle rovnice 1.4. Specifická potřeba teplé vody byla dle tab. 5.6 pro obytné budovy zvolena na horní hranici středního standartu $40 \text{ l}/(\text{m}^2 \cdot \text{den})$. Při celkovém počtu pěti osob je tedy potřeba teplé vody $0,2 \text{ m}^3/\text{den}$.

⁶⁾ Příkon čerpadel OS určen v kap. 3.5 + příkon kotle max. 65W

Tab. 5.6 - Měrná denní potřeba teplé vody v obytných budovách [23]

Typ budovy	Typ spotřeby	m.j.	$V_{w,f,day}$ [l/(mj.den)]
Obytné budovy	Nízký standart	os	10-20
	Střední standart	os	20-40
	Vysoký standart	os	40-80

Tab. 5.7 - Číselné vstupy popisující přípravu TV

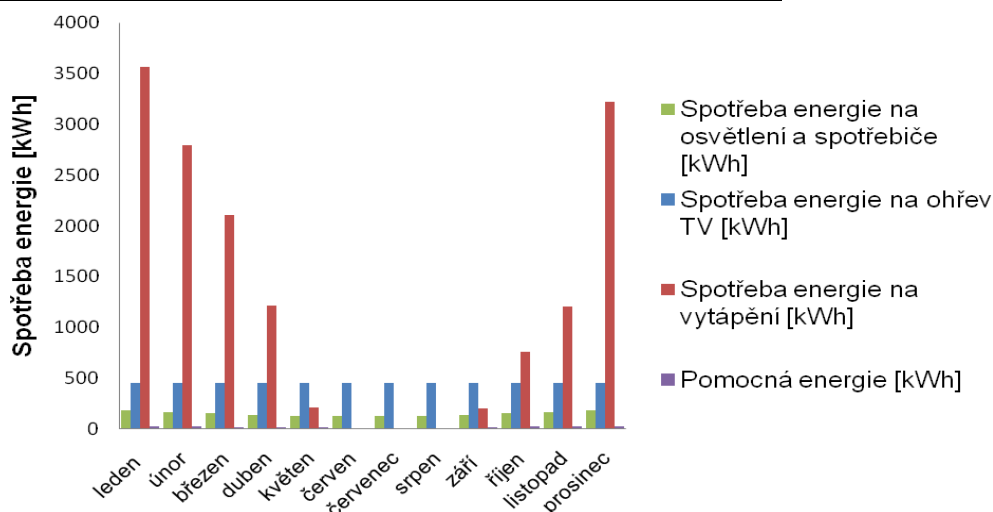
Typ přípravy teplé vody	Centrální zásobník tepla		
Účinnost příslušného systému distribuce teplé vody	$\eta_{W,dis,sys}$	90	[%]
Účinnost sdílení energie v koncových prvcích systému přípravy teplé vody	$\eta_{W,em,sys}$	87	[%]
Roční potřeba teplé vody	$V_{W,j}$	73	[m ³ /rok]
Teplota teplé vody (ve zdroji přípravy)	$\theta_{H,h,sys}$	60	[°C]
Instalovaný elektrický příkon oběhových čerpadel	$P_{W,p,sys}$	20	[W]

5.2 VYHODNOCENÍ SPOTŘEBY ENERGIE

Stanovení spotřeby energie dodané energie vychází z použitých energetických zařízení, které zajišťují pokrytí potřeby energie v řešené budově. Použitá zařízení jsou popsána v předchozích kapitolách číselnými vstupy do NKN. Spotřeba energie je hodnocena bez vlivu solárního systému, jehož přínos bude stanoven v kapitole 7. Celková roční dodaná energie je součtem dílčích dodaných energií v jednotlivých zónách budovy. [21] Celkové roční spotřeby pro hodnocenou budovu jsou přepočteny na kWh a uvedeny v tab. 5.8. Celkové měsíční spotřeby vyneseny v grafu 5.1. Energetická náročnost budovy je uvedena na obr. 5

Tab. 5.8 – Roční spotřeba hodnocených energií

Roční spotřeba energie na vytápění [kWh]	15294
Roční spotřeba energie na ohřev TV [kWh]	5444
Roční spotřeba energie na osvětlení a spotřebiče [kWh]	1828
Roční spotřeba pomocné energie [kWh]	159
Roční spotřeba energie celkem [kWh]	22725



Graf 5.1 – Měsíční spotřeba energie

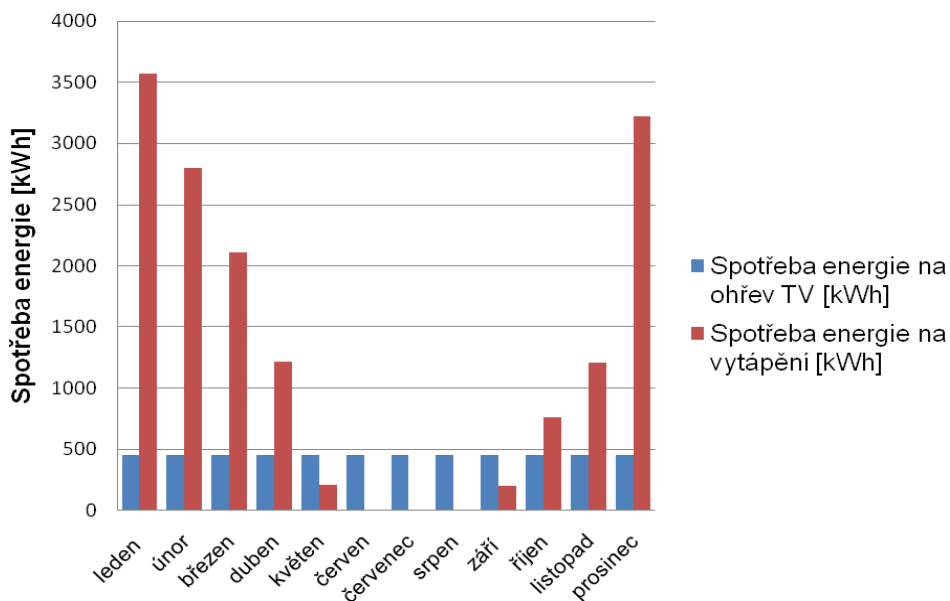
Celková podlahová plocha: 188 m ²			
VELMI ÚSPORNÁ 0 A 50 B 51 C 97 D 98 E 142 F 143 G 191 192 240 241 286 >286 MIMOŘÁDNĚ NEHOSPODÁRNÁ		kWh/m ²	třída EN
		129,1	C
Měrná vypočtená roční spotřeba energie v kWh/m ² rok		129,1	-
Celková vypočtená roční dodaná energie v GJ		87,4	-
Podíl dodané energie připadající na:			
Vytápění	Chlazení	Mechanické větrání	Teplá voda
69,9%	0,0%	0,0%	22,6%
			Osvětlení a el. spotřebiče
			7,5%
			Celkem
			100%
Doba platnosti průkazu		26. duben 2022	
Průkaz vypracoval		Není uvedeno jméno zpracovatele EP	
		Osvědčení č.:	
		Není	

Obr. 5.3 – Energetická náročnost domu

Z výše uvedeného vyplývá, že energetická náročnost budovy, je při použití stávajících energetických systémů C – vyhovující.

5.2.1 SPOTŘEBA ENERGIE NA VYTÁPĚNÍ A OHŘEV TV

Spotřeby energie jsou přímo závislé na energetických systémech v budově (ty jsou popsány číselnými vstupy v předchozích kapitolách). Měsíční spotřeba energie na vytápění a ohřev TV je shrnuta v tab. 5.9.



Graf 5.2 – Měsíční spotřeba energie na vytápění a ohřev TV

Tab. 5.9 – Měsíční spotřeba energie na vytápění a ohřev TV

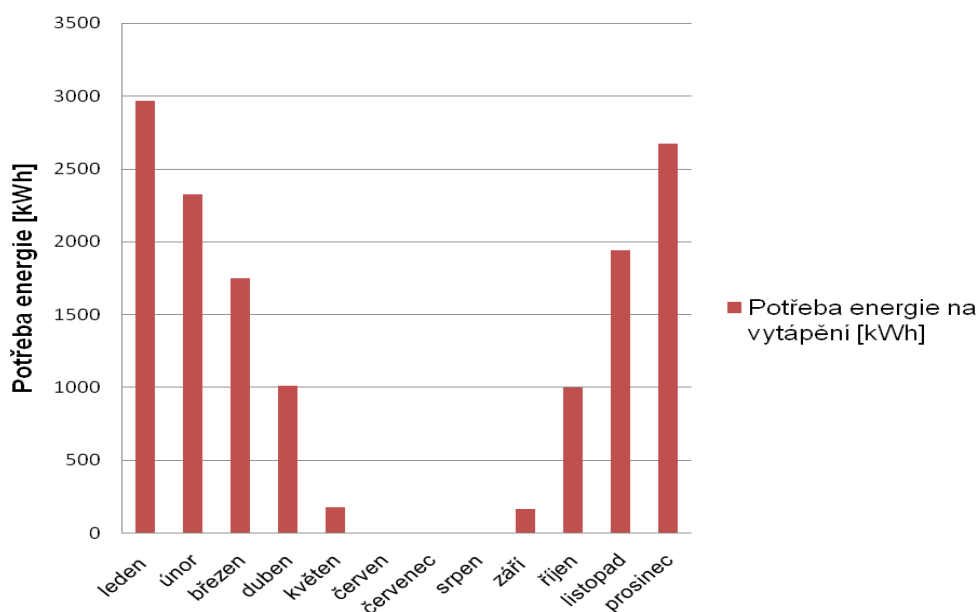
	Spotřeba energie na vytápění [kWh]	Spotřeba energie na ohřev TV [kWh]
leden	3567,018	453,696
únor	2795,846	453,696
březen	2108,352	453,696
duben	1219,586	453,696
květen	213,504	453,696
červen	0	453,696
červenec	0	453,696
srpen	0	453,696
září	200,994	453,696
říjen	1205,686	453,696
listopad	2334,644	453,696
prosinec	3220,074	453,696
Celkem	16686	5444

5.2.4 POTŘEBA ENERGIE NA VYTÁPĚNÍ

Potřeba tepla na vytápění závisí na potřebě tepla na pokrytí tepelné ztráty, velikosti tepelných zisků a stupni jejich využitelnosti. A nezahrnuje vliv energetických systémů budovy.

Tab. 5.10 – Měsíční potřeba energie na vytápění

Potřeba energie na vytápění [kWh]											
leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec
2964	2323	1752	1016	177	0	0	0	167	1002	1940	2675
Celkem											14016



Graf 5.3 – Měsíční potřeba energie na vytápění

6. SOLÁRNÍ SYSTÉM

Solární systémy lze v zásadě rozdělit na dvě hlavní skupiny:

- pasivní solární systémy
- aktivní solární systémy.

U pasivních solárních systémů dochází k využití energie slunečního záření pouze urbanistickou, architektonickou a stavebně konstrukční koncepcí budovy. [29]

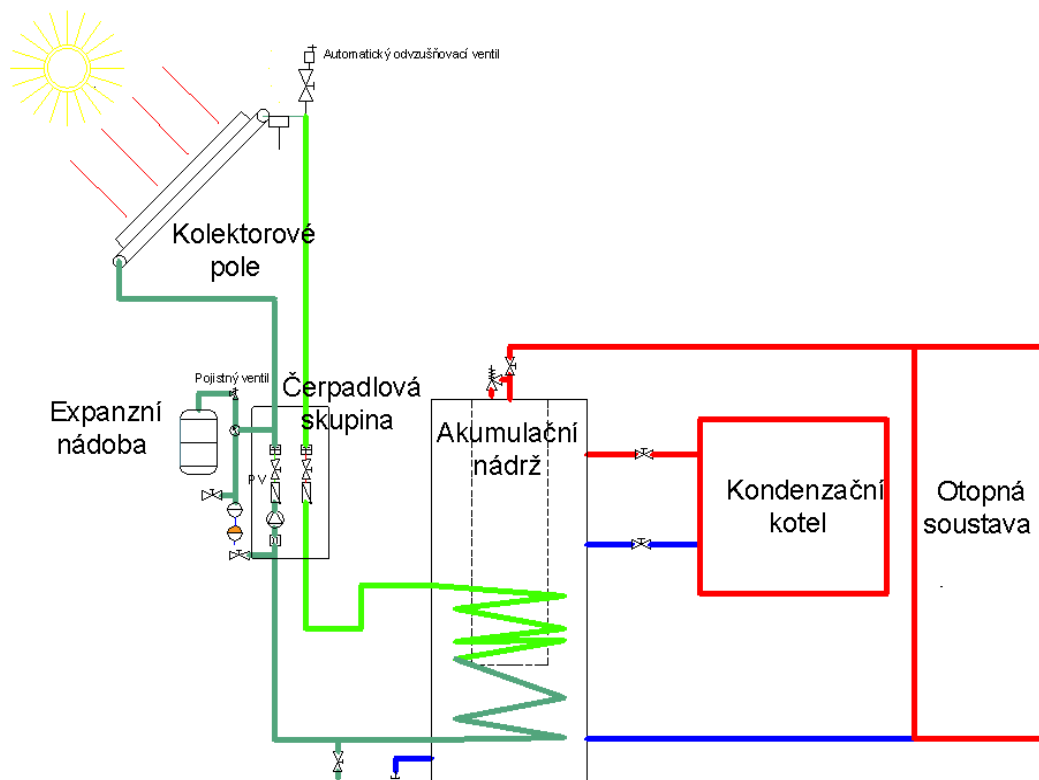
Aktivní solární systémy lze podle způsobu využití solární energie rozdělit na dva základní typy a to na systémy využívající fotovoltaické panely, které přeměňují sluneční energii na energii elektrickou. A poté na systémy, které mění solární energii na energii tepelnou prostřednictvím solárních kolektorů a teplotnosné látky obsažené v okruhu solárního systému. [23,24]

Systémy využívající sluneční kolektory jsou určeny pro ohřev TV a přitápění v budově nebo k teplovzdušnému sušení. Teplotnosnou látkou může být kapalina i plyn (vzduch). Použití aktivního systému zaručuje efektivnější využití sluneční energie než u systému pasivních je však třeba dodržet optimální technické řešení, daného systému. V praxi se aktivní systémy často doplňují s prvky systému pasivních. [23,28]

6.1 KOMBINOVANÉ SOLÁRNÍ SOUSTAVY PRO OHŘEV TUV A PŘITÁPĚNÍ

Kombinované solární soustavy slouží k ohřevu teplé vody a vytápění v budovách. Ve střeoevropských klimatických podmínkách lze, ale počítat s energií slunečního záření pro vytápění jen jako s doplňkem primárního zdroje tepla (*kondenzační kotel, tepelné čerpadlo atd.*). Kombinované soustavy umožňují využití sluneční energie zejména v okrajových měsících otopného období, protože v zimním období je jen velmi nízká sluneční aktivita. Při návrhu je nutné zohlednit i ekonomické i dispoziční možnosti investora. Ekonomicky přijatelné hodnoty pokrytí celkové roční potřeby tepla pro přípravu teplé vody a vytápění se zpravidla pohybují mezi 15 – 35%. U tohoto typu solárních soustav, je vždy nutné zvážit smysluplné využití letních přebytků tepla. [23,24]

Navržená solární soustava je, řešena jako solární soustava s nuceným oběhem. K akumulaci tepla získaného ze sluneční energie zachycené kolektory, slouží akumulční zásobník. (*viz obr. 6.1*)



Obr. 6.1 – Schéma solárního systému

6.2 SOLÁRNÍ KOLEKTOR

Je nejdůležitějším prvkem solárního systému, má rozhodující vliv na efektivní provoz. Proto je nutné zvolit vhodný typ kolektoru pro danou aplikaci. V kolektoru dochází k pohlcení slunečního záření a jeho přeměně na tepelnou energii a její předání teplotnosné látce s co nejmenšími ztrátami. [23,24]

Vzhledem k tomu, že navrhovaný solární systém slouží jak přípravě teplé vody tak k přitápění. Je vhodné umístit kolektor pod sklonem 50° - 90° . Dochází tak rovnoměrnějšímu profilu tepelných zisků v průběhu roku, letní přebytečný zisk klesá a zimní mírně narůstá (vlivem příznivějšího úhlu dopadu slunečních paprsků, případně vlivem odrazivosti od okolního terénu či sněhové pokrývky) [23]. Kolektor lze umístit na rovnou i šikmou střechu nebo případně integrovat do fasády objektu. Optimální orientace kolektoru je na jih v nezastíněném prostoru.

6.2.1 VOLBA SOLÁRNÍHO KOLEKTORU

Pro řešení RD je zvolen plochý solární kolektor REGULUS KPG1-ALC [30], který je vhodný i pro přitápění, a vzhledem ke své jednoduché konstrukci levnější než kolektory trubkové. Tento typ kolektorů je určen pro celoroční provoz.

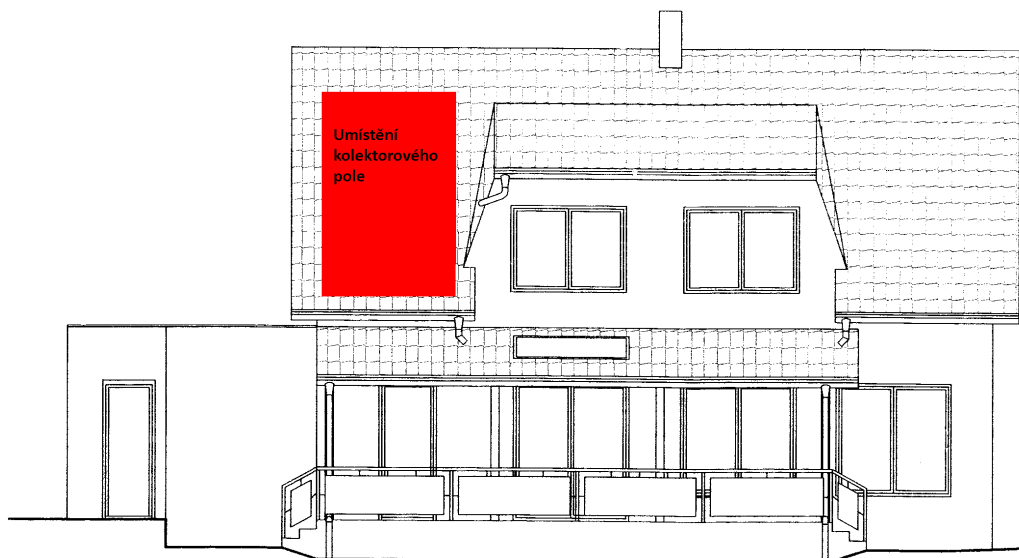
Kolektor je má vysoce selektivní povrch EtaPlus. Lyrový absorbér umožňuje spojení do velkých sérií. Díky malému hydraulickému odporu kolektorů je nízký příkon oběhového čerpadla. Kolektory budou naplněny nemrznoucí teplotnosnou antikorozi kapalinou SOLARTEN SUPER na bázi monopropylenglykolu [31]. Základní parametry kolektoru jsou uvedeny v tab. 6.1.

Tab. 6.1 - Základní parametry kolektoru [30]

Rozměry š x d x v	1170 x 2150 x 83	[mm]
Plocha kolektoru	2,52	[m ²]
Plocha apertury	2,39	[m ²]
Připojovací rozměry	4x trubka Cu 22	[mm]
Absorbér	měď - hliník / lyrový	
Povrch absorbéru	EtaPlus	
Tloušťka izolace	40	[mm]
Maximální pracovní tlak	600	[kPa]
Objem kapaliny	1,7	[l]
Hmotnost	47	[kg]
Sklo	solární čiré	

6.2.2 VOLBA UMÍSTĚNÍ KOLEKTOROVÉHO POLE

Rozhodujícím kritériem pro umístění kolektorového pole byl prostor. Vzhledem k tomu, že na parcele okolo RD, není vhodné místo pro umístění kolektorů z hlediska estetického, plánovaných terénních úprav, případně zastínění okolními objekty. Je kolektorové pole umístěno na střeše objektu orientované jižně se sklonem 45°. Zároveň není v RD možnost využití letních přebytků tepla což má vliv na volbu velikost kolektorového pole. S ohledem na tyto skutečnosti jsou zvoleny 4 kolektory REGULUS KPG1-ALC (viz obr 6.2).



Obr. 6.2 – Umístění kolektorového pole

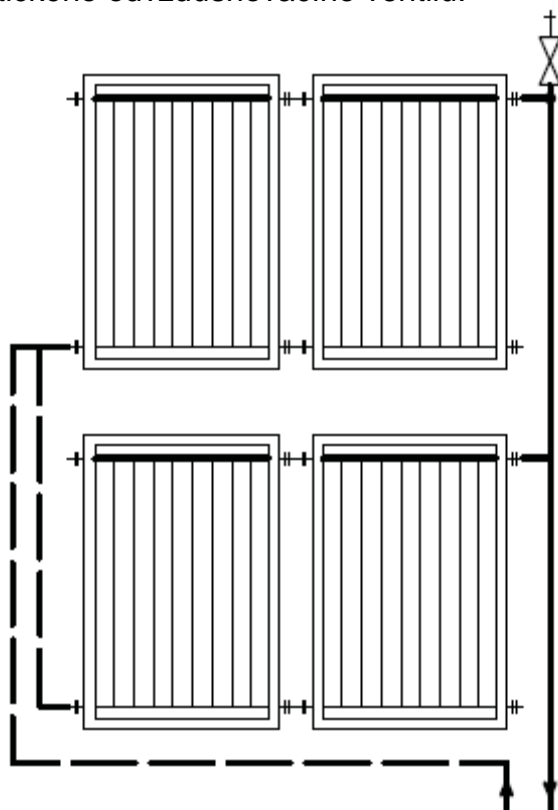
Nosná konstrukce

Pro každý jednotlivý typ kolektoru se dodávají typizované nosné konstrukce pro běžné uložení kolektorů jak na pevný podklad, tak pro ploché a šikmé střechy. Nebo nosné konstrukce netypizované vyrobené na zakázku. Při jejich by měl být proveden statický výpočet.

Zvolené kolektory budou připevněny pomocí montážních sady dodávanou výrobcem. Konkrétně pomocí háků na krokev dle pokynů výrobce [32].

6.2.3 HYDRAULICKÉ PŘIPOJENÍ

Kolektorové pole se skládá, ze 4 kolektorů zapojených (viz obr. 6.3.) Rozvody ke kolektorům jsou z měděných trubek o rozměrech 22x1, spojených tvrdým pájením a je přivedeno z technické místnosti (místnost 1.10) do podkroví a odtud mezi krovy k solárním kolektorům. Pro průchod připojovacího potrubí střešní krytinou jsou použity odvětrávací tašky s velikostí otvoru podle velikosti trubky s izolací. Doporučená tloušťka izolace potrubí je dle výrobce [32] 13 mm pro vnitřní rozvody a 19 mm pro venkovní rozvody na základě tohoto doporučení je zvolena izolace AEROFLEX 13x22 mm [33] pro vnitřní rozvody a AEROFLEX 19x22 mm [33] pro rozvody vedoucí podkrovím. Tento typ izolace potrubí je odolný vůči teplotám 160°C i UV záření a navlhnutí. Odvzdušnění soustavy je zajištěno v nejvyšším bodě soustavy prostřednictvím automatického odvzdušňovacího ventilu.



Obr. 6.3 – Hydraulické propojení kolektorového pole [32]

6.3 AKUMULAČNÍ ZÁSOBÍK

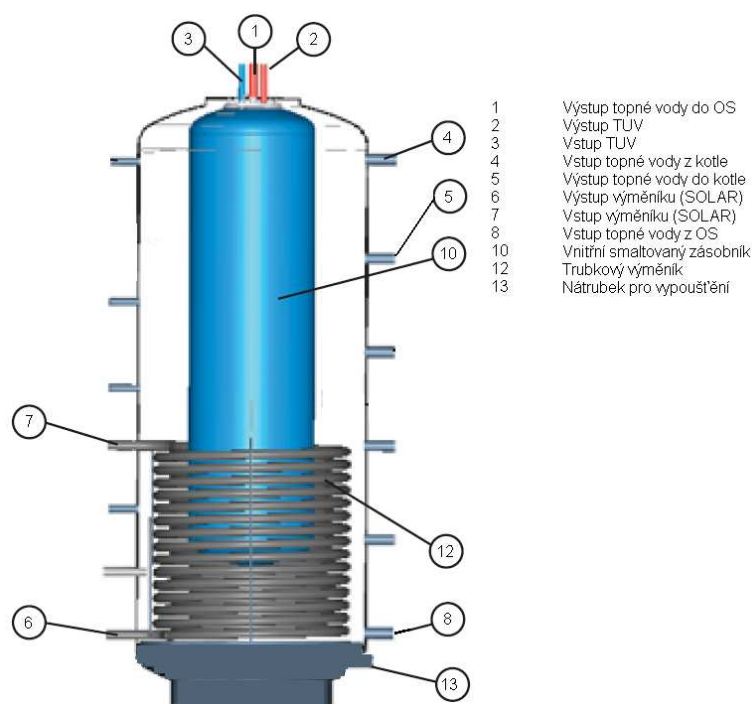
Vzhledem k tomu že přísun energie slunečního záření není plynulý, ale kolísá jak v průběhu dne, tak v průběhu roku. Je do většiny solárního systému vřazen zásobník, ve kterém se akumuluje tepelná energie v době nadbytku slunečního záření pro pozdější odběr v době, kdy je slunečního záření nedostatek. Zásobník musí být vhodně navržen jinak, by i se sebelepším solárním kolektorem vykazoval nízké celkové zisky a nízké pokrytí potřeby

tepla. Objem zásobníku závisí na ploše kolektorového pole, doporučený objem se obvykle uvádí 50-85 l / m² kolektorové plochy.

Použitá akumulční nádrž DZ DRAŽICE NADO 500/200 v7. Bude umístěna v technické místnosti (*místnost 1.10*) je vhodná pro akumulaci topné vody obsahuje vnořený ocelový zásobník pro TV a ocelový spirálový výměník pro připojení solárního okruhu. Vnitřní povrch vnořeného zásobníku TV je smaltován dle normy DIN 4753. Nádrž je izolovaná měkkým polyuretanem tloušťky 100 mm a bílým koženkovým povrchem. Izolace je odnímatelná [35]. Základní parametry nádrže jsou uvedeny v tab. 6.2. Schéma připojení nádrže je na obr. 6.4.

Tab. 6.2 – Základní parametry akumulční nádrže [35]

Akumulační nádrž NADO 500/200 v7		
Objem nádrže	500	[l]
Objem vnitřního zásobníku	200	[l]
Hmotnost nádrže	166	[kg]
Teplosměnná plocha výměníku	2,5	[m ²]
Teplosměnná plocha vnitřní nádoby	2,29	[m ²]
Maximální tlak vody v nádrži	0,3	[MPa]
Maximální tlak vody ve vnitřní nádobě	0,6	[MPa]
Maximální tlak vody ve výměníku	1	[MPa]
Maximální teplota vody ve vnitřní nádobě	90	[°C]
Maximální teplota vody ve výměníku	110	[°C]
Maximální teplota vody v nádrži	90	[°C]



Obr. 6.4 – Schéma zapojení akumulční nádrže

6.4 ČERPADLOVÁ SKUPINA

K zajištění oběhu média v solárním okruhu je použita čerpadlová skupina REGULUS S2 Solar 3 (viz obr. 6.5), která je plně smontovaná a otestovaná. Bude připevněna na stěnu v technické místnosti (místnost 1.10) její hlavní součástí je oběhové čerpadlo Wilo ST 25/6. Skupina je uložena v termoizolačním obalu z expandovaného polypropylénu [36].

Dále čerpadlová skupina obsahuje:

- tlakoměr, teploměry topné a vratné větve, solární pojistný ventil, napouštěcí a vypouštěcí ventily, uzavírací ventil, zpětný ventil (solární), separátor vzduchu, průtokoměr s regulací průtoku a výstup pro připojení expanzní nádoby.



Obr. 6.5 – Čerpadlová skupina REGULUS S2 Solar 3 [38]

U maloplošných solárních soustav pro rodinné domy se doporučuje rychlost proudění teplotné látky $50-75 \text{ l}/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ kolektorové plochy pro solární soustavy s vysokým průtokem a $10-20 \text{ l}/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ pro soustavy s nízkým průtokem. [37] Doporučená hodnota průtoku výrobcem je pro jeden kolektor je $60-120 \text{ l}/\text{h}$. Při zvoleném průtoku $40 \text{ l}/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ a čtyřech použitých kolektorech je REGULUS KPG1-ALC je průtok kolektorovým polem $403,2 \text{ l}/\text{h}$ (přibližně $100 \text{ l}/\text{h}$ na jeden kolektor [32]).

6.5 EXPANZNÍ NÁDOBA SOLÁRNÍHO OKRUHU

Stejně jako u otopné soustavy musí i solární soustava obsahovat zařízení, které bude vyrovnávat změny roztažnosti teplotosné látky a udrží přetlak v předepsaném rozmezí. V řešené soustavě bude použita uzavřená membránová expanzní nádoba. Expanzní nádoba solární soustavy musí být odolná vůči působení glykolu (*nitrilová membrána nebo membrána z pryže odolné proti chemikáliím*).

Objem expanzní nádoby

Minimální objem expanzní nádoby se stanoví dle rovnice 6.1.

$$V_{EN,min} = V_s + V \cdot \beta + V_k \quad [l] \quad (6.1)$$

kde:

V_s - minimální objem teplotosné látky v nádobě ve studeném stavu (*1 až 2 % celkového objemu soustavy V, minimálně však 2 litry*) [l]

V - objem soustavy [l]

V_k - objem kolektorů [l]

β - součinitel objemové roztažnosti teplotosné látky [-]

$$\eta = \frac{p_e - p_o}{p_e + p_b} \quad [-] \quad (6.2)$$

kde:

p_e - maximální provozní tlak soustavy [kPa]

$$p_e = p_{pV} - 20 \text{ kPa} \quad \text{pro } p_{pV} \leq 300 \text{ kPa} \quad [kPa] \quad (6.3)$$

$$p_e = 0,9 \cdot p_{pV} \quad \text{pro } p_{pV} > 300 \text{ kPa}$$

p_{pV} - otevírací tlak pojistného ventilu [kPa]

p_o - minimální provozní tlak soustavy (*plnicí tlak*) [kPa]

$$p_o = h_s \cdot \rho \cdot g + p_d \quad [kPa] \quad (6.4)$$

kde:

p_b - atmosférický tlak [kPa]

ρ - hustota teplotosné kapaliny [kg/m³]

p_d - minimální tlak [kPa]

h_s - výška sloupce teplotosné látky nad místem připojení EN [m]

$p_e + p_b$ je absolutní maximální provozní tlak soustavy. Objem expanzní nádoby potom bude:

$$V_{EN} = (V_s + V \cdot \beta + V_k) \cdot \frac{p_e + 100}{p_e - p_o} \quad [l] \quad (6.5)$$

$$\beta = \frac{\rho(t_0)}{\rho(t_{\max})} - 1 \quad [-] \quad (6.6)$$

kde:

$\rho(t_0)$ - hustota teplotnosné kapaliny při teplotě t_0 [kg/m^3]

$\rho(t_{\max})$ - hustota teplotnosné kapaliny při teplotě t_{\max} [kg/m^3]

Maximální pracovní teplota kolektoru je podle výrobce 120°C avšak maximální teplota ve výměníku akumulární nádrže by neměla přesahovat 110°C . Maximální provozní teplota solární soustavy t_{\max} je zvolena 100°C . Minimální pracovní teplota t_0 je 10°C [39]. Protože nejsou hodnoty hustot pro tyto teploty u zvolené teplotnosné látky (*SOLARTEN SUPER*) běžné dostupné. Jsou pro výpočet součinitele objemové roztažnosti použity hodnoty hustot $\rho(t_0)$ a $\rho(t_{\max})$ pro 45% propylenglykol s bodem tuhnutí $-26,5^\circ\text{C}$ [17]. Objem vody v soustavě je součtem objemu vody v příváděcím potrubí, kolektorech a výměníku akumulární nádrže. Plnicí tlak soustavy je vypočten podle rovnice 6.4, kde je minimální tlak podle doporučení v literatuře [39] zvolen 75 kPa.

Tab. 6.3 – Výpočet velikosti expanzní nádoby pro solární okruh

Součinitel objemové roztažnosti teplotnosné látky β	0,0857	[-]
Hustota teplotnosné kapaliny při teplotě $\rho(t_0)$ při teplotě t_0	1041,00	[kg/m^3]
Hustota teplotnosné kapaliny při teplotě $\rho(t_{\max})$ při teplotě t_{\max}	958,80	[kg/m^3]
Objem kolektorů V_k	6,80	[l]
Objem soustavy V	23,2	[l]
Minimální objem teplotnosné látky v nádobě ve studeném stavu V_s	2,00	[l]
Minimální objem expanzní nádoby $V_{\text{EN,min}}$	10,78	[l]
Minimální provozní tlak soustavy (<i>plnicí tlak</i>) p_0	136,27	[kPa]
Maximální provozní tlak soustavy p_e	540,00	[kPa]
Objem expanzní nádoby V_{EN}	17,09	[l]
Otevírací tlak pojistného ventilu p_{PV}	600	[kPa]
Výška sloupce teplotnosné látky nad místem připojení EN h_s	6	[m]

Výrobce doporučuje pro 4 kolektory expanzní nádobu o objemu 25 l. Bude použita solární expanzní nádoba R8 025 IN LINE objemu 25 l [40] s maximálním dovoleným přetlakem 600 kPa. Expanzní nádoba bude umístěna na výstupní (*chladnější*) větvi solárního okruhu a připojena na výstupu z čerpadlové skupiny. V expanzní nádobě je třeba seřídit přetlak na straně vzdušiny podle rovnice 6.7.

$$p_v = p_0 - 30 \text{ kPa} \quad [\text{kPa}] \quad (6.7)$$

Přetlak na straně vzdušiny je nastaven na hodnotu 106,27 kPa.

6.6 POJISTNÝ VENTIL SOLÁRNÍHO OKRUHU

Zabraňuje poškození systému v případě překročení maximálního tlaku. Je součástí čerpadlové skupiny a je nastaven na otevírací přetlak 600 kPa [32].

7. SIMULACE POMOCÍ PROGRAMU TRNSYS

7.1 SIMULAČNÍ SOFTWARE TRNSYS

TRNSYS (*TRaNsientSYstemSimulation*) je modulární program určený sloužící pro dynamickou analýzu energetických systémů staveb. Pro stanovení energetických bilancí budov, solárních fototermálních soustav teplovodních, teplovzdušných, fotovoltaických systémů a vzduchotechnických systémů pro větrání a teplovzdušné vytápění [41].

Simulace je provedena pomocí jednotlivých modulů, které představují jednotlivé reálné prvky např. kotel, akumulční nádrž, čerpadlo atd. Jednotlivé moduly se poté propojí mezi sebou. Aby bylo možné modelovat jednotlivé komponenty systému je třeba popsat jejich:

Vstupy (*INPUTS*) - lze načítat v každém časovém kroku, mohou se měnit v průběhu simulace, ale i nemusí.

Výstupy (*OUTPUTS*) - výstupy z jednotlivých modulů, mohou sloužit jako vstupy do dalších modulů, nebo jsou požadovaným výsledkem simulace.

Parametry (*PARAMETERS*) – zůstávají stejné během celé simulace, zadávají se na začátku simulace.

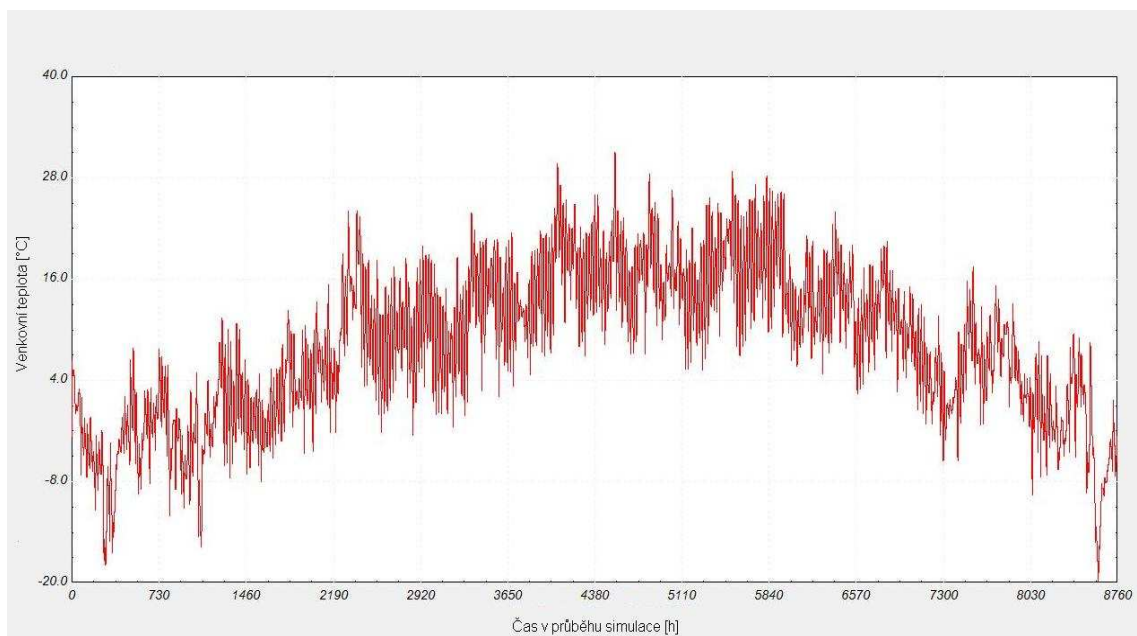
Derivace (*DERIVATIVES*) časově závislé proměnné

Výsledky simulace je možné zapsat do datových souborů např. *.xls, *.csv, *.txt, atd. a následně je zpracovat v libovolném tabulkovém procesoru. Zároveň je možné průběh simulace (*vybraných veličin*) sledovat online na monitoru PC [41].

7.2 HLAVNÍ SIMULOVANÉ KOMPONENTY A JEJICH NASTAVENÍ V PROGRAMU

Metodologická data

Soubor meteorologických dat charakterizujících danou oblast zahrnuje, typ 109. V němž je pro řešený rodinný dům načten datový soubor *.tm2 pro oblast Hradec Králové. Profil celoročního průběhu venkovní teploty při simulaci je na obr. 7.1.



Obr. 7.1 – Profil celoročního průběhu venkovní teploty při simulaci

7.2.1 SOLÁRNÍ KOLEKTORY

Ploché kolektory REGULUS KPG1-ALC jsou blíže popsány v kap. 6.2.1. V programu TRNSYS jsou nastaveny pomocí typu 1d s následujícími parametry:

Tab. 7.1 - Nastavení kolektorů TRNSYS (typ 1d) [42]

Počet kolektorů [-]	4
Plocha absorbéru [m ²]	9,236
Tepelná kapacita média [kJ/kg·K] ⁸⁾	3,771
Optická účinnost [-]	0,794
Lineární koeficient tepelné ztráty [W/m ² ·K]	3,639
Kvadratický koeficient tepelné ztráty [W/m ² ·K ²]	0,0168
Pohltivost absorbéru [-]	0,94
Počet transparentních krytů [-]	1
Index lomu transparentního krytu [-]	1,526
Průtok při testování kolektoru [kg/h·m ²]	40

7.2.2 AKUMULAČNÍ NÁDRŽ

Akumulační nádrž je blíže popsána v kapitole 6.3. V programu je nastavena pomocí typu 60c jako vertikální oválná nádrž s možností dvou vstupů a dvou výstupů a dvěma výměníky tepla. Na prvním vstup a výstupu je připojen okruh kotle, na druhém vstupu okruh otopné soustavy. První výměník představuje ocelový výměník akumulární nádrže, druhý výměník vnořenou nádrž na TV.

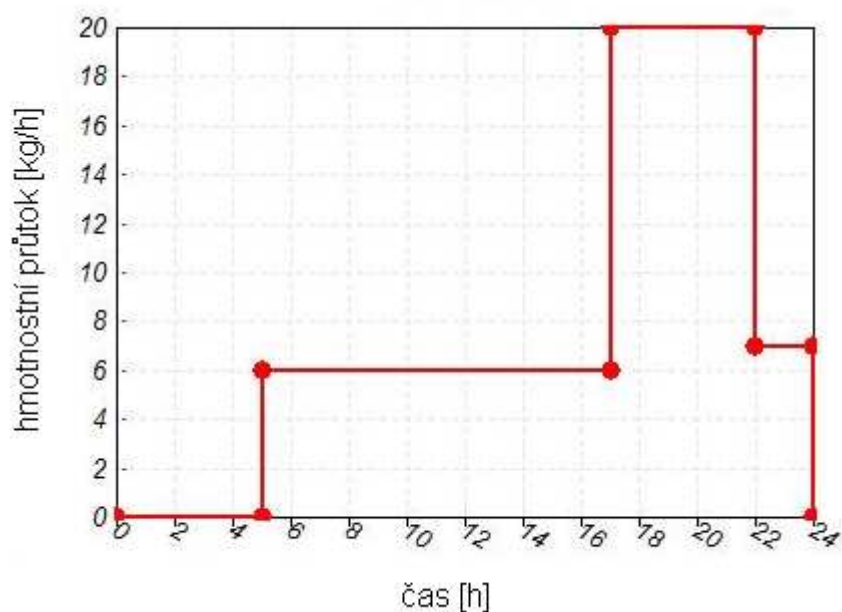
⁸⁾ Tepelná kapacita teplotonosného média je nastavena pro 45% propylenglykol [17] při teplotě 50°C (průměrná teplota média)

Tab. 7.2 - Nastavení akumulační nádrže TRNSYS (typ 60c)

Objem nádrže [m ³]	0,5
Výška nádrže [m]	1,946
Výška vstupu teplé vody z kotle [m]	1,665
Výška výstupu chladné vody do kotle [m]	1,212
Výška výstupu ohřáté vody do OS [m]	1,946
Výška vstupu chladné vody z OS [m]	0,235
Tepelná kapacita média [kJ/kg·K]	4,190
Hustota média [kg/m ³]	1000
Součinitel tepelné ztráty [W/m ² ·K]	0,3
Tepelná vodivost média [W/m·K]	1,4
Výška vstupu solárního okruhu [m]	1,005
Výška výstupu solárního okruhu [m]	0,225
Celková plocha solárního výměníku [m ²]	2,5
Délka solárního výměníku [m]	18,1
Tepelná vodivost materiálu solárního výměníku [W/m·K]	50
Výška výstupu TV [m]	0,9
Výška vstupu TV [m]	1,94
Celková plocha zásobníku TV [m ²]	2,29
Tepelná vodivost materiálu zásobníku TV [W/m·K]	50

7.2.3 PROFIL ODBĚRU TEPLÉ VODY

Odběr teplé vody je simulován pomocí typu 14b předpokládaná spotřeba teplá vody je 200l/den pro 5 osob, tzn. 40l/os,den. V programu TRNSYS je nastaven průběh odběru vody během dne viz obr. 7.2. Smísení vody na potřebnou teplotu v místě odběru (50°C) je zajištěno prostřednictvím směšovače, typu 11b.



Obr. 7.2 – Denní průběh odběru vody (typ 14b)

7.2.4 OSTATNÍ SIMULOVANÉ KOMPONENTY

Plynový kondenzační kotel je v simulaci nastaven pomocí typu 6. Jmenovitý výkon kotle a jeho účinnost je v programu zohledněna nastavením (viz tab. 7.3). Simulovaný dům je detailněji popsán v kapitole 1.0. Pro jeho simulaci byl použit typ 12c, průměrná teplota v okolí domu vychází z meteorologických dat obsažených v načteném *.tm2 souboru (v typu 109). V simulaci jsou zohledněny zisky okny pomocí typu 35b. U oken je nastavena jejich orientace podle světových stran vycházející z typu 109. Plocha zasklení je stanovena jako 75% z celkového rozměru oken (viz tab. 7.4). Čerpadla otopné soustavy, kotle i solárního systému jsou nastaveny pomocí typu 3b a jsou jim přiřazeny výkony a průtoky stanovené v předchozích kapitolách. Pro řízení spínání čerpadel i kotle je použit regulátor typ 2b. Tepelné ztráty potrubí je v programu zohledněna pomocí typu 31 s parametry uvedenými v tab. 7.5. Zapojení jednotlivých simulovaných komponent zobrazuje schéma v příloze 2.

Tab. 7.3 - Nastavení zdroje tepla (typ 6)

Maximální výkon zdroje tepla [W]	14000
Tepelná kapacita média [kJ/kg·K]	4,19
Účinnost zdroje tepla [-]	0,98

Tab. 7.4 - Nastavení oken v TRNSYS (typ 35b)

Plocha zasklení V [m ²]	6,375
Plocha zasklení J [m ²]	13,5
Plocha zasklení Z [m ²]	3,375
Plocha zasklení S [m ²]	0,9
Počet skel [-]	2
Útlum záření v zasklení [-]	0,065
Index lomu jednoho skla [-]	1,526

Tab. 7.5 - Nastavení potrubí solárního systému (typ 31)

Vnitřní průměr potrubí [m]	0,02
Délka potrubí (ke kolektorům vedoucí v domě) [m]	13,7
Délka potrubí (od vedoucí v domě) [m]	13,7
Délka potrubí (ke kolektorům vedoucí v podkroví) [m]	8
Délka potrubí (od kolektorům vedoucí v podkroví) [m]	3,5
Součinitel tepelné ztráty (potrubí v podkroví) [W/m ² ·K]	2,1
Součinitel tepelné ztráty (potrubí v domě) [W/m ² ·K]	3,07
Hustota média [kg/m ³]	1011
Tepelná kapacita média [kJ/kg·K]	3,771

7.3 VYHODNOCENÍ VÝSLEDKU SIMULACE

Simulace solárního systému je provedena pro celý rok (8760 hodin) s časovým krokem 0.1 hodiny. Celková dodaná energie kolektory je odečtena po jednotlivých měsících, pro tento odečet byl použit integrátor typ 24. Dále je tento odečet pomocí typu 65 zapsán do datových souborů *.xls a zpracován

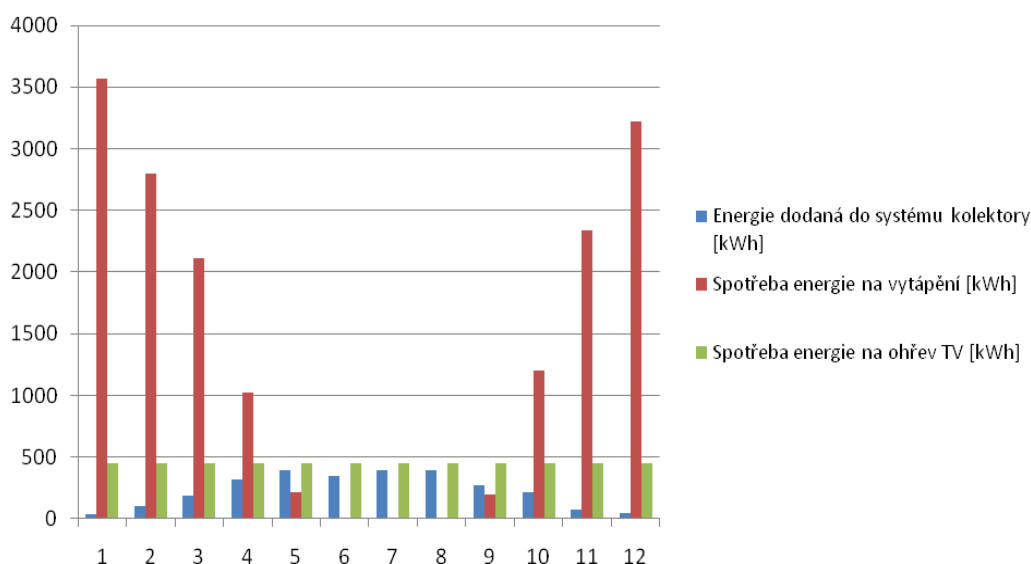
v tabulkovém procesoru (viz tab. 7.6). Výsledky simulace jsou pak vyneseny do grafu 7.1. Při vyhodnocení jsou pro porovnání celkového přínosu solárního systému použita data získaná při výpočtu spotřeby energie v NKN (viz kapitola 5).

Tab. 7.6 – Energie dodaná kolektory

Energie dodaná do systému kolektory [kWh]											
leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec
40,8	104,3	189,2	315	398,1	349,5	391	398	267,9	214,8	78,1	47,9

Tab. 7.7 – Pokrytí spotřeby energie na ohřev vody a vytápění

Roční dodaná energie do systému kolektory [kWh]	2794,6
Roční spotřeba energie na vytápění [kWh]	16665,8
Roční spotřeba energie na ohřev TV [kWh]	5448
Roční spotřeba energie celkem (ohřev vody + vytápění) [kWh]	22113,8
Pokrytí spotřeby energie na ohřev teplé vody [%]	51,30
Pokrytí celkové spotřeby energie (ohřev vody + vytápění) [%]	12,64



Graf 7.1 – Měsíční pokrytí spotřeby energií solárními kolektory

Z grafu 7.1 a tabulek 7.6 a 7.7 vyplývá, že energie dodaná kolektory navrženého solárního systému pokryje při použití stávajících energetických systémů sloužících pro ohřev vody a vytápění 12,6 % z celkové spotřeby těchto energií. Navržený systém pokryje 51,3 % spotřeby energie na ohřev TV. Dále je patrná největší nevýhoda solárních kolektorů, které jsou závislé na délce intenzitě slunečního záření. V zimních měsících, kdy je celková spotřeba energií značně navýšena o spotřebu energie na vytápění jsou hodnoty délky a intenzity slunečního svitu velice nízké. Proto je energie dodaná solárními kolektory v zimních měsících minimální. Naopak v letních měsících, kdy se RD nevytápí, pokrývá solární systém, až 85% spotřeby energie. Ze simulace (viz graf 7.1) je dále zřejmé, že nedochází k přebytkům tepla dodaného kolektory. Solární systém dodá ročně 2794,6 kWh energie. Při ročním odběru energie v pásmu 20-25 MWh je cena primárního zdroje energie pro řešený RD (zemního plynu) 1,54298 Kč/kWh [46] celková roční úspora je tedy činí 4312 Kč.

ZÁVĚR

V diplomové práci je v rámci řešeného problému, proveden výpočet návrhového tepelného výkonu rodinného domu. Na základě tohoto výpočtu je navržena otopná soustava s nuceným oběhem topné vody a uzavřenou expanzní nádobou, která zahrnuje kombinaci nízkoteplotního podlahového vytápění a otopných těles. U otopné soustavy je proveden hydraulický výpočet a dimenzování jednotlivých prvků. Podlahové vytápění je zvoleno s ohledem na použitý zdroj, úsporu místa a energie. Otopná tělesa jsou použita jako doplněk podlahového vytápění v případě, kdy nemá dostatečný výkon pro pokrytí návrhového tepelného výkonu. Primárním zdrojem tepla je plynový kondenzační kotel. Při volbě zdroje tepla byla zohledněna aktuální dostupnost energií pro daný objekt. Pro akumulaci tepla a přípravu teplé vody je použit zásobník s vnořenou nádrží. Na základě navržené otopné soustavy jsou stanoveny spotřeby energií používaných v objektu, které jsou dány jeho tepelně technickými vlastnostmi a použitými energetickými systémy. V další části práce je k vyprojektované otopné soustavě navržen solární systém. U navrženého solárního systému je možnost přitápění, ovšem vzhledem k nemožnosti využití letních přebytků energie získané kolektory, je systém určen spíše pro pokrytí spotřeby energie na ohřev teplé vody. Celkový přínos solárního systému je vyhodnocen pomocí počítačové simulace. Z této simulace vyplývá 12,6 procentní pokrytí spotřeby energií na ohřev teplé vody a vytápění objektu solárním systémem.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

AK – akumulční zásobník (*popř. nádoba*)

EN – expanzní nádoba

EPS – expandovaný polystyren

NKN – národní kalkulační nástroj

NP – nadzemní podlaží

OS – otopná soustava

OT – otopné těleso

PC – osobní počítač (*personal computer*)

RD – rodinný dům

SEZNAM TABULEK

Tab. 2.1 - Všeobecné údaje - klimatické údaje

Tab. 2.2 - Korekční činitele vystavení klimatickým podmínkám e_k a e_l

Tab. 2.3 - Údaje o jednotlivých místnostech rodinného domu

Tab. 2.4 - Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce R_{si} [$m^2 \cdot K/W$]

Tab. 2.5 - Odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce R_{se} [$m^2 \cdot K/W$]

Tab. 2.6 - Výpočet prostupu tepla vícevrstvou konstrukcí

Tab. 2.7 - Shrnutí U_k pro všechny použité stavební části

Tab. 2.8 - Příklad výpočtu tepelné ztráty zeminou

Tab. 2.9 - Vzorový výpočet návrhového tepelného výkonu

Tab. 2.10 - Souhrn vypočtených návrhových ztrát a návrhového tepelného výkonu pro

Tab. 3.1 - Předběžný návrh způsobu vytápění pro jednotlivé místnosti

Tab. 3.2 - Fyziologicky přípustné hodnoty teploty podlahy

Tab. 3.3 - Základní parametry výpočtu podlahového vytápění

Tab. 3.4 - Konstrukce podlahy v 1. NP rodinného domu

Tab. 3.5 - Konstrukce podlahy v 2. NP rodinného domu

Tab. 3.6 - Zadání parametrů místností s podlahovým vytápěním

Tab. 3.7 - Kritéria pro výpočet podlahového vytápění

Tab. 3.8 - Instalovaný výkon podlahového vytápění

Tab. 3.9 - Rozdělovač RA

Tab. 3.10 - Rozdělovač RB

Tab. 3.11 - Celkové vypočtené parametry rozdělovačů podlahového vytápění

Tab. 3.12 - Celkové vypočtené parametry podlahového vytápění

Tab. 3.13 - Zvolená otopná tělesa

Tab. 3.14 - Základní vstupy pro dimenzování potrubí

Tab. 3.15 - Dimenzování a tlaková ztráta potrubí k OT

Tab. 3.16 - Dimenzování potrubí k rozdělovačům podlahového vytápění

Tab. 3.17 - Shrnutí výpočtu tlakové ztráty pro větve V1 a V2

Tab. 3.18 - Návrh čerpadla OT

Tab. 3.19 - Návrh čerpadla pro podlahové vytápění

Tab. 3.20 - Výpočet expanzní nádoby
Tab. 3.21 - Výpočet pojistného ventilu akumulární nádrže
Tab. 4.1 - Základní parametry zdroje tepla
Tab. 5.1 - Základní parametry budovy
Tab. 5.2 - Základní popis zón objektu
Tab. 5.3 - Další vstupy charakterizující zóny objektu
Tab. 5.4 - Parametry stavebních konstrukcí použité při výpočtu v NKN
Tab. 5.5 - Číselné vstupy popisující otopnou soustavu
Tab. 5.6 - Měrná denní potřeba teplé vody v obytných budovách
Tab. 5.7 - Číselné vstupy popisující přípravu TV
Tab. 5.8 - Roční spotřeba hodnocených energií
Tab. 5.9 - Měsíční spotřeba energie na vytápění a ohřev TV
Tab. 5.10 - Měsíční potřeba energie na vytápění
Tab. 6.1 - Základní parametry kolektoru
Tab. 6.2 - Základní parametry akumulární nádrže
Tab. 6.3 - Výpočet velikosti expanzní nádoby pro solární okruh
Tab. 7.1 - Nastavení kolektorů TRNSYS (typ 1d)
Tab. 7.2 - Nastavení akumulární nádrže TRNSYS (typ 60c)
Tab. 7.3 - Nastavení zdroje tepla (typ 6)
Tab. 7.4 - Nastavení oken v TRNSYS (typ 35b)
Tab. 7.5 - Nastavení potrubí solárního systému (typ 31)
Tab. 7.6 - Energie dodaná kolektory
Tab. 7.7 - Pokrytí spotřeby energie na ohřev vody a vytápění

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Tzbinfo - *Katalog stavebních materiálů*. [online]. [cit. 2012-05-18]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/docu/tabulky/0000/000068_katalog.html>
- [2] Tzbinfo - *Návod k výpočtu součinitele prostupu tepla*. [online]. [cit. 2012-05-18]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/docu/tabulky/0000/000068_help.html#Rsi>
- [3] ČSN EN 12831. *Tepelná soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu*. Březen 2005.
- [4] POČINKOVÁ Marcela, TREUOVÁ Lea, *Vytápění: Stavíme, zařízení budov*, 4. aktualizované vydání, Brno 2008: © ERA Group spol s.r.o., 144s., ISBN 978-80-7366-116-8
- [5] POČINKOVÁ Marcela, *Podlahové a stěnové vytápění, stropní chlazení: Stavíme, zařízení budov*, 1. vydání, Brno 2007: © ERA Group spol s.r.o., 118s., ISBN 978-80-7366-085-7
- [6] REHAU - *Plošné vytápění/chlazení*. [online]. [cit. 2012-05-18]. Dostupné z: <http://www.rehau.com/cms/servlet/linkableblob/CZ_cs/912524/data/AnyBinary_aETO0GagaZz3pG6XH7__sQ__-data.pdf>
- [7] BAŠTA, Jiří. *Podlahové vytápění (III), Projektování - Výpočet* [online]. 7.8.2006. [cit. 2012-04-30]. Dostupné z: <<http://www.tzb-info.cz/3449-podlahove-vytapeni-iii>>
- [8] PROTECH - *Podlahové vytápění (PODLAHY)*. [online]. [cit. 2012-05-19]. Dostupné z: <<http://www.protech.cz/produkty/dimenzovani-otopnych-soustav/podlahove-vytapeni>>
- [9] BUDERUS - *Logamax plus GB172*. [online]. [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <<http://www.buderus.cz/produkty/kotle/nastenne-kondenzacni-kotle/logamax-plus-gb172.html>>
- [10] BUDERUS - *Logamax GB172 - Návod k montáži a údržbě*. [online]. [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://www.buderus.cz/files/201107181138420.1_6720619652_Montaz_udrzba_GB172_CZ.pdf>
- [11] Program PROTECH PODLAHY v.3.6.4: *Zapůjčený pro účel diplomové práce společností Ventac s.r.o.*
- [12] *Tepelná čerpadla - Podlahové vytápění*. [online]. [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <<http://www.tepelnacerpadla-cz.eu/131-vytapeni-klimatizace-podlahove-topeni.htm>>
- [13] DUCO MEIBES - *Pojistný ventil membránový s manometrem*. [online]. [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://www.meibes.cz/file.php?type=file&disk_filename=file_1664_GENERAL.pdf>
- [14] Tzbinfo - *Výpočet pojistného ventilu pro kotle a výměníky tepla*. HOŘEJŠÍ, Miroslav a Jan NOVÁK. [online]. [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <<http://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/43-vypocet-pojistneho-ventilu-pro-kotle-a-vymeniky-tepla>>
- [15] Tzbinfo - *Návrh expanzní nádoby*. BAŠTA, Jiří. [online]. 16.10.2002. [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <<http://www.tzb-info.cz/1156-navrh-expanzni-nadoby>>
- [16] REGULUS - *Expanzní nádoba MB 18 IN LINE*. [online]. [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <<http://www.regulus.cz/cz/expanzni-nadoba-mb-18-in-line>>
- [17] Program PROTECH DIMOS v.4.0.7: *Zapůjčený pro účel diplomové práce ve společnosti Ventac s.r.o.*
- [18] GRUNDFOS - *Dimenzování čerpadla*. [online]. [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <<http://net.grundfos.com/App/WebCAPS/InitCtrl?mode=18>>
- [19] Imi-international - *Třícestný směšovací ventil HEIMEIER*. [online]. [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <<http://kamna.astranet.cz/shops/3790/navody/Heimeier-ventil-in2-out1.pdf>>

- [20] HERZ - *Srdce teplovodního topení – hydraulika*. JAUSCHOWETZ, Rudolf. [online]. [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <<http://www.herz.cz/download-katalogy/?file=Srdce-teplovodniho-topeni-hydraulika.pdf>>
- [21] URBAN, Miroslav - *Manuál pro využití výpočetního nástroje NKN*. září 2010. Dostupné z: <http://www.ib.cvut.cz/sites/default/files/Studijni_materialy/EABI/MUR_skripta_IB.pdf>
- [22] Nástroj NKN. [online]. [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <<http://tzb.fsv.cvut.cz/projects/nkn/?page=nastroj-nkn>>
- [23] MATUŠKA, Tomáš. ČVUT, Praha. *Alternativní zdroje energie (učební text)*. 119 s.
- [24] CIHELKA J., *Solární tepelná technika*, 1. vydání, Praha 1994: Česká typografie, a.s., 208s., ISBN 80-900759-5-9
- [25] Tzbinfo - *Výpočetní nástroj pro stanovení energetické náročnosti budov podle vyhlášky 148/2007 Sb. (II)*. URBAN, Miroslav, Karel KABELE, Daniel ADAMOVSÝ, Michal KABRHEL a Roman MUSIL. ČVUT V PRAZE, Fakulta stavební, katedra TZB. [online]. 27.8.2007 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <<http://www.tzb-info.cz/4318-vypocetni-nastroj-pro-stanoveni-energeticke-narocnosti-budov-podle-vyhlasiky-148-2007-sb-ii>>
- [26] Návrhové hodnoty činitele teplotní redukce podle ČSN 73 0540-3.[online]. [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=%C4%8Dsn%2073%200540-3&source=web&cd=5&sqi=2&ved=0CG4QFjAE&url=http%3A%2F%2Fkps.fsv.cvut.cz%2Ffile_download.php%3Ffid%3D1159&ei=71S5T5ztL4Pj4QSRgJniCQ&usg=AFQjCNF8G-XIQ8ghxYwAWEWYuEcjX0F1kA&cad=rja>
- [27] Tzbinfo - *Potřeba vody a tepla pro přípravu teplé vody*. VRÁNA, Jakub. [online]. 11.10.2010. [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <<http://www.tzb-info.cz/hodnoceni-energeticke-narocnosti-budov/6839-potreba-vody-a-tepla-pro-pripravu-teple-vody>>
- [28] *Sborník přednášek k 1. části kurzu Solární tepelné soustavy*. Centrum technologických informací a vzdělávání – CTIV, 2009.
- [29] Tzbinfo - *Pasivní solární energie - nové trendy*. ŠEVČÍKOVÁ, Lenka, Sylva KLÍMOVÁ, Danuše ČUPROVÁ. [online]. 14.11.2003. [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <<http://www.tzb-info.cz/1705-pasivni-solarni-energie-nove-trendy>>
- [30] REGULUS - *Sluneční kolektor KPG1*. [online]. [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <<http://www.regulus.cz/cz/slunecni-kolektor-kpg1-cire-sklo-1170x2150x83-4x-cu-22-mm>>
- [31] REGULUS - *Solarten Super*. [online]. [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <<http://www.regulus.cz/cz/solarten-super-solarni-s-kanyst-25-l>>
- [32] REGULUS - *Návod na sluneční kolektor KPG*. [online]. [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <<http://www.regulus.cz/?download=CZ/navody/navod-slunecni-kolektor-kpg1-alc-cz.pdf>>
- [33] REGULUS - *Izolace solárního potrubí*. [online]. [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <<http://www.regulus.cz/cz/izolace-solarniho-potrubi>>
- [35] DZD Dražice - *Akumulační nádrže s vnitřním zásobníkem*. [online]. [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <<http://www.dzd.cz/dwn/dzd-cs-nadov7.pdf>>
- [36] REGULUS - *Čerpadlová sk. S2 Solar 3, ST25/6, 8-28 l/min, 1"*. [online]. [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <<http://www.regulus.cz/cz/cerpadlova-sk-s2-solar-3-st25-6-8-28-l-min-1>>
- [37] Tzbinfo - *Oběhová čerpadla a hydraulika solárních soustav (I)*. MATUŠKA, Tomáš. ČVUT, Fakulta strojní, Ústav techniky prostředí. [online]. 20.6.2005. [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <<http://www.tzb-info.cz/2563-obehova-cerpadla-a-hydraulika-solarnich-soustav-i>>

- [38] REGULUS - Čerpadlová sk. S2 Solar 3, ST25/6, 8-28 l/min, 1". [online]. [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://www.regulus.cz/img/_/p.9050/9049a9050a9909_big.jpg>
- [39] Tzbinfo - Prvky solárních soustav (II) Pojistná a zabezpečovací zařízení. MATUŠKA, Tomáš. ČVUT, Fakulta strojní, Ústav techniky prostředí. [online]. 28.8.2006. [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <<http://www.tzb-info.cz/3484-prvky-solarnich-soustav-ii>>
- [40] REGULUS - Expanzní nádoba 25 l - R8, 6 bar solar. [online]. [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <<http://www.regulus.cz/cz/expanzni-nadoba-25-l-r8-6-bar-solar>>
- [41] Tzbinfo - Simulační prostředí TRNSYS. ŠOUREK, Bořivoj, Josef KOREČKO. ČVUT V PRAZE, Fakulta strojní a ENKI, o.p.s., sluneční oddělení. [online]. 30.7.2004. [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <<http://www.tzb-info.cz/1956-simulacni-prostredi-trnsys>>
- [42] REGULUS - Technický list kolektoru KPG1. [online]. [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://www.regulus.cz/?download=CZ/tech-listy/technicky_list_plochy_kolektor_kpg-alc_cz_v1.2.pdf>
- [43] Tzbinfo - Solární kolektory. [online]. [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <<http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory>>
- [44] KABELE, Karel, Miroslav URBAN, Michal KABRHEL, Daniel ADAMOVSÝ a Roman MUSIL. ČVUT V PRAZE, Fakulta stavební katedra technických zařízení budov. Program NKN v.2.066. 14. 1. 2010. Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/projects/nkn/?download=_login/nkn.zip>
- [45] CHARVÁT, Pavel, Přednášky z předmětu - IES - Energetické simulace
- [46] Tzbinfo - Přehled cen zemního plynu. [online]. [cit. 2012-05-24]. Dostupné z: <<http://www.tzb-info.cz/prehled-cen-zemniho-plynu>>

PROJEKČNÍ POKLADY FIREM:

GRUNDFOS - dostupné z: <<http://www.grundfos.cz/>>

REHAU - dostupné z: <http://www.rehau.com/cms/servlet/segment/group_en>

REGULUS - dostupné z: <<http://www.regulus.cz/>>

BUDERUS - dostupné z: <<http://www.buderus.cz/>>

DZ DRAŽICE - dostupné z: <<http://www.dzd.cz/cs/>>

HERZ - dostupné z: <<http://www.herz.cz/>>

STAVEBNÍ VÝKRESY RODINNÉHO DOMU - ZAPŮJČENÉ PRO ÚČEL DIPLOMOVÉ PRÁCE INVESTOREM

SEZNAM POUŽITÝCH VELIČIN

Symbol	Popis	Jednotka
A_g	Plocha uvažované části konstrukce	[m ²]
A_i	Plocha místnosti	[m ²]
A_k	Plocha stavební části	[m ²]
A_s	Plocha smyčky podlahového vytápění	[m ²]
$A_{s,max}$	Maximální plocha smyčky podlahového vytápění	[m ²]
b_u	Teplotní redukční činitel zahrnující teplotní rozdíl mezi teplotou nevytápěného prostoru a venkovní teplotou	[-]
d, s	Tloušťka daného materiálu	[m, mm]
d_p, d_1	Vnitřní průměr potrubí	[m, mm]
DN_v	DN regulačního prvku	[mm]
DT_{RS}	Dispoziční tlak pro regulaci OT	[Pa]
d_v	Vnitřní průměr pojistného potrubí	[mm]
e_k	Korekční součinitel na povětrnostní podmínky	[-]
f	Počet měrných jednotek	[-]
f	Podlahová plocha zóny	[m ²]
f_{g1}	Korekční součinitel zohledňující vliv ročních změn venkovní teploty	[-]
f_{g2}	Redukční teplotní činitel zohledňující rozdíl mezi venkovní výpočtovou teplotou a roční průměrnou teplotou	[-]
$f_{i,j}$	Redukční teplotní činitel korigující teplotní rozdíl mezi teplotou sousedního prostoru a venkovní výpočtové teploty	[-]
f_{RH}	Korekční součinitel závisející na době zátopy a předpokládaném poklesu vnitřní teploty v útlumové době	[W/m ²]
g	Tíhové zrychlení	[m/s ²]
G_w	Korekční součinitel zohledňující vliv spodní vody	[-]
h, h_s	Výška vodního sloupce nad expanzní nádobou	[m]
H_{iu}	Součinitel tepelné ztráty mezi vytápěným prostorem a nevytápěným prostorem	[W/K]
$H_{T,ie}$	Součinitel tepelné ztráty prostupem tepla z vytápěného prostoru do venkovního prostředí	[W/K]
$H_{T,ig}$	Součinitel tepelné ztráty prostupem tepla z vytápěného prostoru do země v ustáleném stavu	[W/K]
$H_{T,ij}$	Součinitel tepelné ztráty prostupem tepla z vytápěného prostoru do sousedního prostoru vytápěného na výrazně jinou teplotu	[W/K]
$H_{T,iue}$	Součinitel tepelné ztráty prostupem tepla z vytápěného prostoru do venkovního prostředí nevytápěným prostorem	[W/K]
H_{ue}	Součinitel tepelné ztráty z nevytápěného prostoru do venkovního prostředí	[W/K]
$k_{v,s}$	Objemový průtok ventilu při tlakové ztrátě 100 kPa	[m ³ /h]
k_v	Průtokový součinitel regulačního prvku	[m ³ /h]
l	Délka potrubí	[m]
L_c	Celková délka smyčky včetně přívodů	[m]

Symbol	Popis	Jednotka
$L_{c,max}$	Maximální celková délka potrubí od rozdělovače	[m]
L_s	Délka smyčky bez přívodního potrubí	[m]
L_T	Délka tělesa	[mm]
L_u	Délka úseku	[m]
M_R	Hmotnostní průtok rozdělovačem	[kg/h]
M_s	Hmotnostní průtok smyčkou	[kg/h]
M_u	Hmotnostní průtok v úseku	[kg/h]
M_v	Hmotnostní průtok větvemi	[kg/h]
n	Součinitel zvětšení objemu	[-]
n_{min}	Minimální intenzita výměny venkovního vzduchu za hodinu	[h ⁻¹]
P	Obvod podlahy přilehlé k zemině	[m]
p_B, p_b	Barometrický tlak	[kPa]
p_d	Minimální tlak	[kPa]
$p_{d,A}$	Hydrostatický absolutní tlak	[kPa]
p_e	Maximální provozní tlak soustavy	[kPa]
$p_{et,seř}, p_v$	Přetlak na straně vzdušiny	[kPa]
$P_{H, sys, p}$	Instalovaný elektrický příkon oběhových čerpadel systému vytápění	[W]
$p_{h,dov,A}, p_{PV}$	Nejvyšší dovolený absolutní tlak	[kPa]
p_o	Minimální provozní tlak soustavy	[kPa]
p_{ot}	Otevírací přetlak pojistného ventilu	[-]
$P_{W,p,sys}$	Instalovaný elektrický příkon oběhových čerpadel	[W]
q	Hustota tepelného toku směrem nahoru	[W/m ²]
Q	Výkon	[W]
Q_d	Výkon směrem do podlahy	[W]
q_l	Hustota tepelného toku směrem dolů	[W/m ²]
Q_l	Tepelný výkon směrem dolů	[W]
Q_{Mi}	Instalovaný tepelný výkon	[W, %]
Q_n	Jmenovitý výkon zdroje tepla	[kW]
Q_{po}	Pojistný výkon zdroje tepla	[kW]
Q_p	Tepelný výkon směrem nahoru	[W]
Q_{ps}	Výkon smyček včetně jejich přívodů	[W]
Q_{pc}	Tepelný výkon směrem nahoru	[W]
$q_{pož}$	Požadovaná hustota tepelného toku	[W/m ²]
Q_u	Výkon přenášený v úseku	[W]
q_v	Hmotnostní průtok	[m ³ /h]
Q_z	Ztráta místnosti	[W]
R	Tepelný odpor stavebního materiálů	[Pa/m]
R_p	Měrná ztráta třením	[m ² ·KW]
r	Rozteč potrubí	[mm]
R_{se}	Odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce	[m ² ·KW]

Symbol	Popis	Jednotka
R_{si}	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce	[m ² ·K/W]
S_o	Vypočtený minimální průřez sedla pojistného ventilu	[mm ²]
S_p	Celková otopná plocha podlahového vytápění	[m ²]
t_0	Minimální pracovní teplota soustavy	[°C]
t_i	Vnitřní výpočtová teplota v místnosti	[°C]
t_{max}	Maximální provozní teplota soustavy	[°C]
t_o	Teplota okolí	[°C]
t_p	Střední povrchová teplota podlahy v místnosti	[°C]
t_{pm}	Fyziologicky přípustná hodnota teploty podlahy	[°C]
$t_{př}$	Teplota přívodní vody	[°C]
t_r	Teplota rozdělovače	[°C]
t_s	Vypočtená teplota na sběrači	[°C]
t_{vr}	Teplota vratné vody	[°C]
t_{w1}	Vstupní teplota	[°C]
$U_{equiv,k}$	Ekvivalentní součinitel prostupu tepla stavební části, stanovený podle typologie podlahy	[W/m ² ·K]
U_{kc}	Korigovaný součinitel prostupu tepla stavební části, který zahrnuje lineární tepelné mosty	[W/m ² ·K]
V	Objem soustavy	[l]
V_0	Objem vody v celé otopné soustavě	[l]
V_{EN}, V_{et}	Objem expanzní nádoby	[l]
$V_{EN,min}$	Minimální objem expanzní nádoby	[l]
V_i	Objem místnosti	[m ³]
V_k	Objem kolektorů	[l]
V_s	Minimální objem teplonosné látky v nádobě ve studeném stavu	[l]
V_v	Objem vody v potrubí	[dm ³]
$V_{W,day}$	Denní potřeba teplé vody	[m ³ /den]
$V_{W,f,day}$	Specifická potřeba teplé vody	[l/(mj.den), l/(m ² .den)]
$V_{W,j}$	Roční potřeba teplé vody	[m ³ /rok]
w	Rychlost proudění teplonosné látky v potrubí	[m/s]
w_{max}	Maximální rychlost proudění v potrubí	[m/s]
ΔU_{tb}	Korekční součinitel	[W/m ² ·K]
$\eta_{gen,H,ctl,sys}$	Účinnost regulace zdroje tepla	[%]
$\eta_{gen,H,sys}$	Účinnost výroby tepla zdrojem tepla	[%]
$\eta_{H,dis,z}$	Účinnost rozvodů tepla pro vytápění	[%]
$\eta_{H,em,z}$	Účinnost sdílení tepla mezi vytápěnou zónou a systémem vytápění	[%]
$\eta_{W,dis,sys}$	Účinnost příslušného systému distribuce teplé vody	[%]
$\eta_{W,em,sys}$	Účinnost sdílení energie v koncových prvcích systému přípravy teplé vody	[%]
θ_e	Venkovní výpočtová teplota	[°C]

Symbol	Popis	Jednotka
θ_{em}	Střední denní venkovní teplota pro začátek a konec otopného období	[°C]
$\theta_{H,h,sys}$	Teplota teplé vody (ve zdroji přípravy)	[°C]
$\theta_{int,i}$	Vnitřní výpočtová teplota vytápěného prostoru	[°C]
$\theta_{m,e}$	Roční průměrná teplota vzduchu	[°C]
λ	Součinitel tepelné vodivosti	[W/m·K]
ρ	Hustota teplotnosné kapaliny	[kg/m ³]
$\rho(t_0)$	Hustota teplotnosné kapaliny při teplotě t_0	[kg/m ³]
$\rho(t_{max})$	Hustota teplotnosné kapaliny při teplotě t_{max}	[kg/m ³]
$\Phi_{HL,i}$	Návrhový tepelný výkon	[W]
$\Phi_{RH,i}$	Tepelný zátopový výkon	[W]
$\Phi_{T,i}$	Návrhová tepelná ztráta prostupem	[W]
$\Phi_{V,i}$	Návrhová tepelná ztráta větráním	[W]
σ	Minimální spád podlahového vytápění	[K]
Δp_{min1}	Minimální dispoziční tlak	[Pa]
Δp_{RS}	Celková tlaková ztráta smyčky	[Pa]
$\Delta p_{s,max}$	Maximální tlaková ztráta 1 okruhu	[Pa]
Δp_u	Tlaková ztráta třením a místními odpory	[Pa]
Δp_v	Tlaková ztráta regulační armatury	[Pa]
Δp_z	Tlaková ztráta okruhu podlahového	[Pa]
Δp_λ	Tlaková ztráta třením	[Pa]
Δp_ξ	Tlaková ztráta místními odpory	[Pa]
Δt	Teplotní spád	[°C,K]
ΣR_i	Celkový tepelný odpor stavebního materiálů	[m ² ·K/W]
α_p	Celkový součinitel přestupu tepla	[W/m ² ·K]
α_w	Výtokový součinitel	[-]
β	Součinitel objemové roztažnosti teplotnosné látky	[-]
η	Součinitel využití expanzní nádoby	[-]
λ_s	Součinitel tření	[-]
ξ	Součinitel místního odporu	[-]

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHY

PŘÍLOHA 1 – TEPELNÉ ODPORY KONSTRUKCÍ A SOUČINITELE
PROSTUPU TEPLA

PŘÍLOHA 2 - SCHÉMA ZAPOJENÍ V PROGRAMU TRNSYS

VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

DP01 - VÝKRES VYTÁPĚNÍ - 1. NP

DP02 - VÝKRES VYTÁPĚNÍ - 2. NP

DP03 - ROZVINUTÉ SCHÉMA VYTÁPĚNÍ

PŘÍLOHY

PŘÍLOHA 1 – TEPELNÉ ODPORY KONSTRUKCÍ A SOUČINITELÉ PROSTUPU TEPLA

Název stavební části	Popis složení materiálu	d	λ	R	U_k	R_N
		[m]	[W/m·K]	[m ² ·K/W]	[W/m ² ·K]	[m ² ·K/W]
Vnější stěna - tepelně izolovaná	<i>Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce</i>			0,25		
	Štuková omítka	0,01	0,88	0,0114		
	POROTHERM 36,5 P+D - P8 tepelně izolační vnější nosná stěna	0,365	0,149	2,4497		
	Fasádní polystyren EPS 70F	0,1	0,039	2,5641		
	Lepicí stěrka + sklotextilní síťovina	0,005	0,83	0,006		
	Strukturovaná omítka	0,02	0,99	0,0202		
	<i>Odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce</i>			0,04		
Celková tloušťka Σd , odpor ΣR , U_k , odpor konstrukce R_N	$\Sigma d =$	0,5	$\Sigma R =$	5,341	0,19	5,051

Název stavební části	Popis složení materiálu	d	λ	R	U_k	R_N
		[m]	[W/m·K]	[m ² ·K/W]	[W/m ² ·K]	[m ² ·K/W]
Vnitřní nosná stěna 365mm + omítka	<i>Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce</i>			0,25		
	Štuková omítka	0,015	0,88	0,0170		
	POROTHERM 36,5 P+D - P8 tepelně izolační vnější nosná stěna	0,365	0,149	2,4497		
	Štuková omítka	0,015	0,88	0,017		
	<i>Odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce</i>			0,25		
Celková tloušťka Σd , odpor ΣR , U_k , odpor konstrukce R_N	$\Sigma d =$	0,395	$\Sigma R =$	2,984	0,34	2,484

Název stavební části	Popis složení materiálu	d	λ	R	U_k	R_N
		[m]	[W/m·K]	[m ² ·K/W]	[W/m ² ·K]	[m ² ·K/W]
Vnitřní nosná stěna 240mm + omítka	<i>Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce</i>			0,25		
	Štuková omítka	0,01	0,88	0,0114		
	POROTHERM 24 P+D - P10 vnitřní nosná stěna	0,24	0,39	0,6154		
	Štuková omítka	0,01	0,88	0,0114		
	<i>Odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce</i>			0,25		
Celková tloušťka Σd , odpor ΣR , U_k , odpor konstrukce R_N	$\Sigma d =$	0,26	$\Sigma R =$	1,138	0,88	0,627

Název stavební části	Popis složení materiálu	d	λ	R	U_k	R_N
		[m]	[W/m·K]	[m ² ·K/W]	[W/m ² ·K]	[m ² ·K/W]
Příčka 140mm + omítka	<i>Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce</i>			0,25		
	Štuková omítka	0,01	0,88	0,0114		
	POROTHERM 14 P+D - příčka	0,14	0,28	0,5		
	Štuková omítka	0,01	0,88	0,0114		
	<i>Odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce</i>			0,25		
Celková tloušťka Σd , odpor ΣR , U_k , odpor konstrukce R_N	$\Sigma d =$	0,16	$\Sigma R =$	1,023	0,98	0,523

Název stavební části	Popis složení materiálu	d	λ	R	U_k	R_N
		[m]	[W/m·K]	[m ² ·K/W]	[W/m ² ·K]	[m ² ·K/W]
Podlaha přízemí	<i>Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce</i>			0,17		
	Keram. dlažba + lepicí flexibilní tmel	0,01	1,01	0,0099		
	Antihydridový podlahový potěr	0,06	1,2	0,05		
	Systémová deska VARIONOVA	0,03	0,04	0,75		
	Tep. izolace EPS (PST 5)	0,1	0,04	2,5		
	Hydroizolace	0,004	0,022	0,1818		
	Podkladní beton + kari 150/150/6	0,14	1,3	0,1077		
	Štěrkopískový hutněný podsyp	0,4	0,8	0,5		
	<i>Odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce</i>			0,04		
Celková tloušťka Σd , odpor ΣR , U_k , odpor konstrukce R_N	$\Sigma d =$	0,744	$\Sigma R =$	4,309	0,23	4,099

PŘÍLOHA 1 – TEPELNÉ ODPORY KONSTRUKCÍ A SOUČINITELÉ PROSTUPU TEPLA

Název stavební části	Popis složení materiálu	d	λ	R	U_k	R_N
		[m]	[W/m·K]	[m ² ·K/W]	[W/m ² ·K]	[m ² ·K/W]
Podlaha v garáži	<i>Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce</i>			0,17		
	Uzavírací polyuretanový nátěr	0,01	0,048	0,2083		
	Betonová mazanina vyztužená kari 150/150/6	0,065	1,3	0,05		
	Vyrovnávací lehčený hutněný násyp	0,06	0,7	0,0857		
	PE Folie	0,0001	0,0390	0,0013		
	Tepl. izolace EPS (PST 5)	0,1	0,04	2,5		
	Hydroizolace (<i>Glastek 40 special mineral</i>)	0,004	0,0220	0,1818		
	Podkladní beton + kari 150/150/6	0,14	1,3	0,1077		
	Štěrkopískový hutněný podsyp	0,4	0,8	0,5		
	<i>Odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce</i>			0,04		
Celková tloušťka Σd , odpor ΣR , U_k , odpor konstrukce R_N	$\Sigma d=$	0,779	$\Sigma R=$	3,845	0,26	3,635

Název stavební části	Popis složení materiálu	d	λ	R	U_k	R_N
		[m]	[W/m·K]	[m ² ·K/W]	[W/m ² ·K]	[m ² ·K/W]
Podlaha první patro	<i>Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce</i>			0,17		
	Keram. dlažba + lepicí flexibilní tmel	0,01	1,01	0,0099		
	Antihydridový potěr	0,06	1,2	0,05		
	Systémová deska VARIONOVA	0,05	0,04	1,25		
	Stropní předpjatý panel	0,15	1,36	0,1103		
	Nevětraná vzduchová vrstva	0,3	0,2	1,5		
	Závěsný SDK podhled	0,012	0,22	0,0545		
<i>Odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce</i>			0,17			
Celková tloušťka Σd , odpor ΣR , U_k , odpor konstrukce R_N	$\Sigma d=$	0,582	$\Sigma R=$	3,315	0,30	2,975

Název stavební části	Popis složení materiálu	d	λ	R	U_k	R_N
		[m]	[W/m·K]	[m ² ·K/W]	[W/m ² ·K]	[m ² ·K/W]
Střecha přímo ven	<i>Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce</i>			0,1		
	Střešní krytina	0,05	1,23	0,04065		
	Teplná izolace vložená mezi kleštiny	0,16	0,039	4,10256		
	Tepl. izolace z minerálních vláken	0,09	0,04	2,25		
	SDK podhled	0,012	0,22	0,05455		
	<i>Odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce</i>			0,04		
Celková tloušťka Σd , odpor ΣR , U_k , odpor konstrukce R_N	$\Sigma d=$	0,312	$\Sigma R=$	6,58776	0,15	6,44776

Název stavební části	Popis složení materiálu	d	λ	R	U_k	R_N
		[m]	[W/m·K]	[m ² ·K/W]	[W/m ² ·K]	[m ² ·K/W]
Střecha do podkrovní	<i>Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce</i>			0,1		
	Teplná izolace vložená mezi kleštiny	0,16	0,039	4,10256		
	Tepl. izolace z minerálních vláken	0,09	0,04	2,25		
	SDK podhled	0,012	0,22	0,05455		
	<i>Odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce</i>			0,04		
Celková tloušťka Σd , odpor ΣR , U_k , odpor konstrukce R_N	$\Sigma d=$	0,262	$\Sigma R=$	6,54711	0,15	6,40711

PŘÍLOHA 1 – TEPELNÉ ODPORY KONSTRUKCÍ A SOUČINITELÉ PROSTUPU TEPLA

Název stavební části	Popis složení materiálu	d	λ	R	U_k	R_N	
		[m]	[W/m·K]	[m ² ·K/W]	[W/m ² ·K]	[m ² ·K/W]	
Střecha nad garáží	<i>Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce</i>			0,1			
	Hydroizolační folie mech. kotvená	0,003	0,2	0,015			
	Separáčnické textilie	0,002	0,022	0,091			
	Spádová vrstva z lechčeného betonu	0,21	1,4	0,15			
	EPS	0,013	0,04	0,325			
	Želbet. předpjatý stropní panel	0,15	1,36	0,11			
	Minerální tep. izolace	0,1	0,056	1,786			
	Závěsný SDK podhled	0,12	0,22	0,545			
	<i>Odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce</i>			0,04			
Celková tloušťka Σd , odpor ΣR , U_k , odpor konstrukce R_N		$\Sigma d=$	0,598	$\Sigma R=$	3,16237	0,32	3,02237

Název stavební části	Popis složení materiálu	d	λ	R	U_k	R_N	
		[m]	[W/m·K]	[m ² ·K/W]	[W/m ² ·K]	[m ² ·K/W]	
Strop první patro	<i>Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce</i>			0,1			
	Závěsný SDK podhled	0,012	0,22	0,0545			
	Nevětraná vzduchová vrstva	0,3	0,2	1,5			
	Stropní předpjatý panel	0,15	1,36	0,1103			
	Systémová deska VARIONOVA	0,05	0,04	1,25			
	Antihydridový potěr	0,06	2,235	0,0268			
	Keram. dlažba + lepicí flexibilní tmel	0,01	1,01	0,0099			
		<i>Odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce</i>			0,1		
Celková tloušťka Σd , odpor ΣR , U_k , odpor konstrukce R_N		$\Sigma d=$	0,582	$\Sigma R=$	3,152	0,32	2,952

Název stavební části	Popis složení materiálu	d	λ	R	U_k	R_N	
		[m]	[W/m·K]	[m ² ·K/W]	[W/m ² ·K]	[m ² ·K/W]	
Dveře vstupní	<i>Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce</i>			0,25			
	Dřevo tvrdé, tepelný tok kolmo k vláknům	0,06	0,22	0,2727			
				0,04			
	<i>Odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce</i>			0,04			
Celková tloušťka Σd , odpor ΣR , U_k , odpor konstrukce R_N		$\Sigma d=$	0,06	$\Sigma R=$	0,563	1,78	0,273

Název stavební části	Popis složení materiálu	d	λ	R	U_k	R_N	
		[m]	[W/m·K]	[m ² ·K/W]	[W/m ² ·K]	[m ² ·K/W]	
Dveře vnitřní	<i>Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce</i>			0,13			
	Dřevo tvrdé, tepelný tok kolmo k vláknům	0,04	0,22	0,1818			
				0,13			
	<i>Odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce</i>			0,13			
Celková tloušťka Σd , odpor ΣR , U_k , odpor konstrukce R_N		$\Sigma d=$	0,04	$\Sigma R=$	0,442	2,26	0,182

PŘÍLOHA 2 - SCHÉMA ZAPOJENÍ V PROGRAMU TRNSYS

