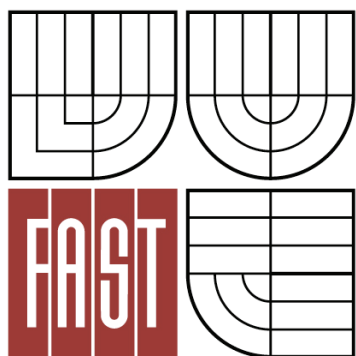




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

APLIKACE OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ ENERGIE PRO VYTÁPĚNÍ RODINNÉHO DOMU V BOSNĚ A HERCEGOVINĚ

APPLICATION OF RENEWABLE ENERGY SOURCES FOR THE FAMILY HOUSE HEATING IN BOSNIA
AND HERZEGOVINA

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. DANIELA ŠTEFKOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. LUCIE HOŘÍNKOVÁ

BRNO 2013



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program

N3607 Stavební inženýrství

Typ studijního programu

Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia

Studijní obor

3608T001 Pozemní stavby

Pracoviště

Ústav technických zařízení budov

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant

Bc. DANIELA ŠTEFKOVÁ

Název

Aplikace obnovitelných zdrojů energie pro
vytápění rodinného domu v Bosně a
Hercegovině

Vedoucí diplomové práce

Ing. Lucie Hořínková

**Datum zadání
diplomové práce**

31. 3. 2012

**Datum odevzdání
diplomové práce**

11. 1. 2013

V Brně dne 31. 3. 2012

.....
doc. Ing. Jiří Hirš, CSc.
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

1. Stavební dokumentace zadané budovy
2. Aktuální legislativa ČR
3. České i zahraniční technické normy
4. Odborná literatura
5. Zdroje na internetu

Zásady pro vypracování

Práce bude zpracována v souladu s platnými předpisy (zákony a vyhláškami, normami) pro navrhování zařízení techniky staveb.

A. Analýza tématu, cíle a metody řešení

- Analýza zadaného tématu, normové a legislativní podklady
- Cíl práce, zvolené metody řešení
- Aktuální technická řešení v praxi
- Teoretické řešení (s využitím fyzikální podstaty dějů)
- Experimentální řešení (popis metody a přístrojové techniky)
- Řešení využívající výpočetní techniku a modelování

B. Aplikace tématu na zadané budově - koncepční řešení

- Návrh technického řešení ve 2 až 3 variantách v zadané specializaci (včetně doložených výpočtů, půdorysy v měřítku 1:100, stručná technická zpráva)
- Ideové řešení navazujících profesí TZB (ZTI, UT, VZT) v zadané budově

Hodnocení navržených variant řešení z hlediska vnitřního prostředí, uživatelského komfortu, prostorových nároků, ekonomiky provozu, dopadu na životní prostředí apod.

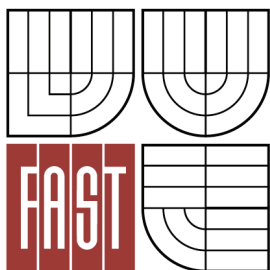
C. Experimentální řešení a zpracování výsledků

Experiment realizovaný v laboratoři nebo reálné budově postihující zadanou problematiku.

Předeepsané přílohy

.....

Ing. Lucie Hořínková
Vedoucí diplomové práce



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ

POPISNÝ SOUBOR ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Vedoucí práce Ing. Lucie Hořínková
Autor práce Bc. DANIELA ŠTEFKOVÁ

Škola Vysoké učení technické v Brně
Fakulta Stavební
Ústav Ústav technických zařízení budov
Studijní obor 3608T001 Pozemní stavby
Studijní program N3607 Stavební inženýrství

Název práce Aplikace obnovitelných zdrojů energie pro vytápění rodinného domu v Bosně a Hercegovině
Název práce v anglickém jazyce Application of Renewable Energy Sources for the Family House Heating in Bosnia and Herzegovina
Typ práce Diplomová práce
Přidělovaný titul Ing.
Jazyk práce Čeština
Datový formát elektronické verze

Anotace práce Diplomová práce se zabývá obnovitelnými zdroji energie a jejich aplikací pro vytápění rodinného domu v Bosně a Hercegovině. Projekt rodinného domu je řešen ve dvou variantách, které jsou podrobně popsány v části B. Varianty jsou v závěru porovnány a vhodnější z nich vybrána pro realizaci. Část experimentálního řešení se zabývá měřením intenzity slunečního záření a teploty vzduchu v Bosně a Hercegovině a současně i v České Republice. Naměřená data jsou zpracována, porovnává a graficky znázorněna. Experimentální část také obsahuje simulaci stacionárního stavu podlahového vytápění zpracovanou v softwaru CalA. Simulace je provedena ve více variantách.

Anotace práce v anglickém jazyce Diploma thesis is focused on renewable energy sources and its applications for heating of family house in Bosnia and Herzegovina. The project contains two design variants which are described in part B in detail. Alternatives are compared in conclusion and the most suitable one is chosen for given building. The part of experimental solution deals with measurement of solar intensity and air temperature in Bosnia and Herzegovina and in the Czech Republic. Obtained data are processed, compared and graphically represented.

Experimental part also includes stationary state simulation of floor heating carried out in CalA software. Simulations were made in different variants.

Klíčová slova Obnovitelné zdroje energie, rodinný dům, tepelné čerpadlo, solární systém, biomasa, vytápění

Klíčová slova v anglickém jazyce Renewable energy sources, family house, heat pumps, solar system, biomass, heating

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá obnovitelnými zdroji energie a jejich aplikací pro vytápění rodinného domu v Bosně a Hercegovině. Projekt rodinného domu je řešen ve dvou variantách, které jsou podrobně popsány v části B. Varianty jsou v závěru porovnány a vhodnější z nich vybrána pro realizaci. Část experimentálního řešení se zabývá měřením intenzity slunečního záření a teploty vzduchu v Bosně a Hercegovině a současně i v České Republice. Naměřená data jsou zpracována, porovnána a graficky znázorněna. Experimentální část také obsahuje simulaci stacionárního stavu podlahového vytápění zpracovanou v softwaru CalA. Simulace je provedena ve více variantách.

Klíčová slova

Obnovitelné zdroje energie, rodinný dům, tepelné čerpadlo, solární systém, biomasa, vytápění

Abstract

Diploma thesis is focused on renewable energy sources and its applications for heating of family house in Bosnia and Herzegovina. The project contains two design variants which are described in part B in detail. Alternatives are compared in conclusion and the most suitable one is chosen for given building. The part of experimental solution deals with measurement of solar intensity and air temperature in Bosnia and Herzegovina and in the Czech Republic. Obtained data are processed, compared and graphically represented. Experimental part also includes stationary state simulation of floor heating carried out in CalA software. Simulations were made in different variants.

Keywords

Renewable energy sources, family house, heat pumps, solar system, biomass, heating

Bibliografická citace VŠKP

ŠTEFKOVÁ, Daniela. *Aplikace obnovitelných zdrojů energie pro vytápění rodinného domu v Bosně a Hercegovině*. Brno, 2013. 152s., 77s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce Ing. Lucie Hořínková.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 11.1.2013

.....

podpis autora
Bc. Daniela Štefková

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

Prohlášení:

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 11.1.2013

.....

podpis autora
Bc. Daniela Štefková

Poděkování:

Ráda bych na tomto místě poděkovala především vedoucí mé diplomové práce Ing. Lucii Hořínkové za vstřícnost, ochotu, cenné rady a připomínky, které mi při vypracování této práce poskytla. Dále bych chtěla poděkovat své rodině za podporu, kterou mi dávali v průběhu mého studia a v neposlední řadě i svému příteli, který mi byl oporou.

Obsah

A	Analýza tématu, cíle a metody řešení	5
A.1	Analýza tématu.....	6
A.2	Cíl práce, zvolené metody řešení.....	12
A.3	Teoretická řešení, aktuální technická řešení v praxi.....	14
A.3.1	Obnovitelné zdroje energie v ČR.....	17
A.3.2	Obnovitelné zdroje v Bosně a Hercegovině	22
A.3.3	Energie slunečního záření	23
A.3.4	Energie prostředí a geotermální energie	32
A.3.5	Tepelné čerpadlo.....	33
A.3.6	Energie biomasy.....	44
A.3.7	Předávání tepelné energie	53
A.4	Experimentální řešení.....	57
A.5	Řešení využívající výpočetní techniku a modelování.....	59
B	Aplikace tématu na zadané budově	61
B.1	Popis objektu	62
B.2	Výpočet tepelného výkonu	66
B.2.1	Základní údaje o stavbě:.....	66
B.3	Energetický štítek obálky budovy	72
B.4	Návrh otopné soustavy.....	75
B.4.1	Návrh podlahového vytápění	76
B.4.2	Návrh trojcestného směšovacího ventilu.....	80
B.4.3	Regulace jednotlivých otopných těles.....	80
B.5	Zdroj tepla.....	82
B.5.1	Návrh zdroje tepla.....	82
B.5.2	Akumulační nádoba.....	85
B.6	Návrh zabezpečovacího zařízení	88
B.6.1	Expanzní nádoba a pojistný ventil.....	88
B.6.2	Příloha technické listy	92
B.7	Návrh solárního systému pro ohřev teplé vody.....	96

B.7.1	Návrh expanzní nádoby pro solární systém	97
B.8	Návrh technického řešení	99
B.9	Varianta 1	100
B.10	Varianta 2	102
B.11	Ideové řešení navazujících profesí TZB.....	104
B.12	Potřeba tepla pro vytápění a ohřev TV, výpočet nákladů	105
B.13	Hodnocení navržených variant řešení	110
C	Experimentální řešení a zpracování výsledků	111
C.1	Cíle experimentu.....	112
C.2	Popis	114
C.2.1	Popis používaných měřících zařízení	114
C.3	Simulace podlahového vytápění v softwaru CalA.....	120
C.3.1	Varianta I.....	120
C.3.2	Varianta II.....	126
	Seznam tabulek.....	141
	Seznam použitých vzorců.....	144
	Seznam použitých grafů.....	146
	Seznam použitých zdrojů	147
	Seznam použitých zkratk a symbolů	150
	Seznam příloh	152

Úvod

Obnovitelné zdroje energie, je téma, které je již několik let aktuální u mnoha institucí v zemích po celém světě, a to především v oboru stavitelství, konkrétně v problematice vytápění, energeticky úsporných a ekologických objektů a energetických auditů budov. Na tato odvětví je zvláště kladen důraz na energetickou úsporu. Zejména u vytápění a přípravě teplé vody. Je to dáno především vzrůstající cenou fosilních paliv a energií všeobecně. Jednou z možných variant je využití energie Slunce. Výhodou této energie je, že je nevyčerpatelná a dostupná téměř všude na světě. Při přeměně sluneční energie na energii tepelnou či elektrickou nedochází k tvorbě škodlivých emisí, což je žádoucí pro energetickou politiku téměř všech států, jelikož hlavním cílem je tvorbu těchto škodlivin snižovat.

Tato práce řeší aplikaci obnovitelných zdrojů energie pro vytápění rodinného domu v Bosně a Hercegovině. Pro téma je zpracována teoretická část, která řeší obecně obnovitelné zdroje energie a je využita i v druhé části, části „B“, která obsahuje aplikaci daného tématu na zadané budově. Konkrétně na novostavbě jednopodlažního rodinného domu s obytným podkrovím a dřevěným skeletem tvořícím nosný systém. Objekt se nachází v severní části Bosny a Hercegoviny, v obci Bijeljina.

Poslední částí, je část experimentální, která obsahuje měření intenzity sluneční radiace.

Projekt bude řešen ve dvou variantách.

A Analýza tématu, cíle a metody řešení

A.1 Analýza tématu

Téma této práce je „Aplikace obnovitelných zdrojů energie pro vytápění rodinného domu v Bosně a Hercegovině“.

V první části A je zpracována teorie k tomuto tématu. Je v ní popsáno využití obnovitelných zdrojů energie pro vytápění jak v České republice, tak v Bosně a Hercegovině, kde je objekt realizován. V této části jsou uvedeny jednotlivé systémy obnovitelných zdrojů vytápění, jejich výhody i nevýhody a aktuální řešení v praxi. Uvádí také možná řešení využívající výpočetní techniku, z nichž některá řešení jsou využita v části C – Experimentální řešení a zpracování výsledků.

Dále v části B, tj. Aplikace na zadané budově, je řešen objekt rodinného domu v Bosně a Hercegovině v obci Bijeljina. Část B využívá některá data z experimentálního měření, které je popsáno v části „C – Experimentální řešení a zpracování výsledků“ a také čerpá z teoretických poznatků v části „A - Analýza tématu, cíle a metody řešení.“

V experimentální části jsou zpracována data z měření intenzity slunečního záření a teploty vzduchu v exteriéru, která jsou porovnávána z normovými hodnotami.

Část C obsahuje i simulaci podlahového vytápění v programu CalA.

Projekt je řešen ve dvou variantách, které jsou podrobně popsány v části B. A v závěru je vybrána jedna z variant, jako nejvhodnější pro zadaný objekt.

Normy a vyhlášky

Normy a vyhlášky použité pro tuto práci jsou uvedeny v závěru práce.

Řešení je na objektu aplikováno dle norem a vyhlášek platných na území České republiky a to z důvodu lepší dostupnosti a aktuální novelizaci ve srovnání s legislativou platnou na území Bosny a Hercegoviny.

Tepelné ztráty objektu jsou počítány dle normy ČSN EN 12831 – Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu.

Aktualizování legislativy v Bosně a Hercegovině je v současnosti v jednání na zasedání příslušných orgánů. Podle právních předpisů EU by se měl realizovat strategický plán pro energetické úspory ve výši 20% pro všechny její členské státy do roku 2020. To je ovšem pro Bosnu a Hercegovinu nereálným plánem. Tato problematika je v současnosti aktuálním tématem a v budoucnosti se stanem hlavním podmětem řešení nových ustanovení Federace Bosny a Hercegoviny.

Současná situace v B & H

Stávající normy a předpisy pro tepelnou ztrátu a ochranu budovy jsou značně zastaralé. To má za následek, že je v současnosti stále velká potřeba energie pro vytápění a ochlazování budov.

Vzhledem k tomu, že Bosna a Hercegovina nemá mezinárodní povinnosti ve vztahu k dokumentům efektivního využívání energie v budovách, považuje jako jediný standard v oblasti technického předpisu normu JUS.U.J5.600.

Tepelná ochrana a úspora energie

- Obecná norma JUS.U.J5.600 z roku 1987 stanoví tepelně technické požadavky objektu, které musí být splněny při návrhu, výstavbě a rekonstrukci zařízení.
- JUS.U.J5.510 z roku 1987 - Metoda pro výpočet součinitele prostupu tepla a tepelné ztráty objektu.
- JUS.U.J5.520 - Výpočet difuze vodních par v konstrukci
- JUS.U.J5.530 – Chování konstrukcí dle vlivu teplot

Tyto normy a vyhlášky jsou do značné míry nezměněny od 80. let.

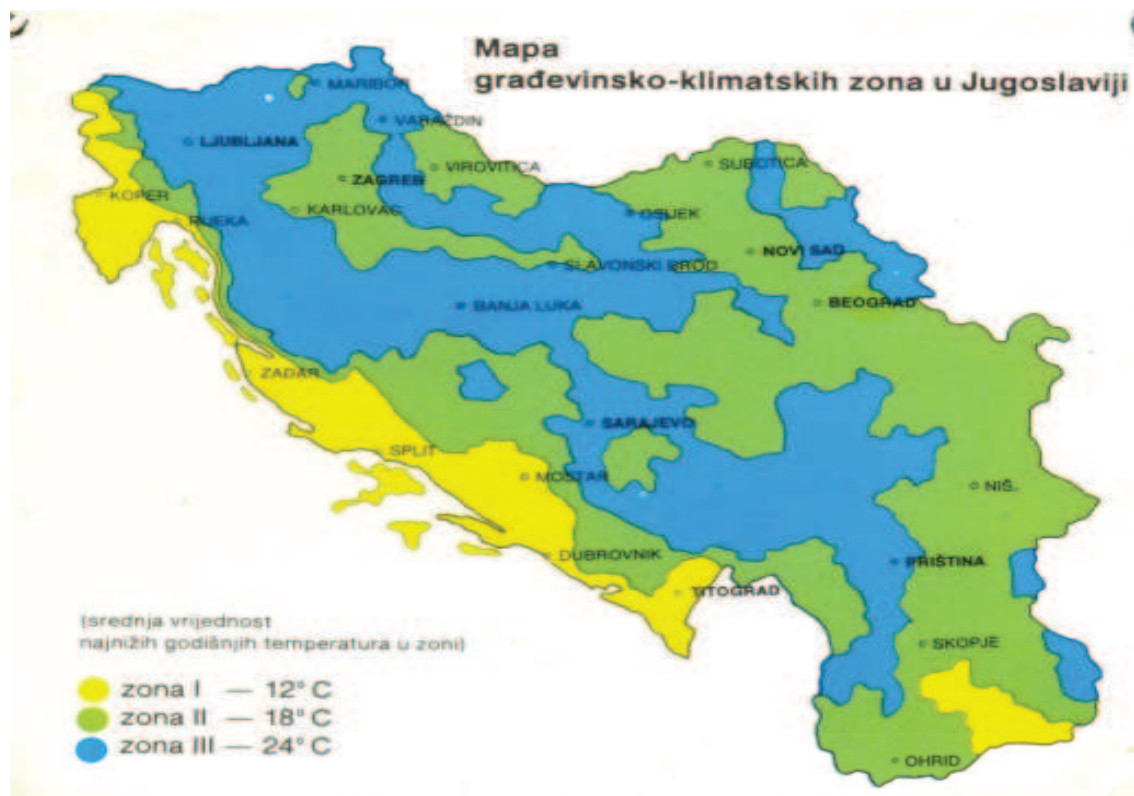
Klimatické parametry

Předpisy JUS.U.J5.600 definují skutečné klimatické parametry, které jsou brány v úvahu při tepelně technickém návrhu.

Bývalá Jugoslávie byla rozdělena do tří klimatických pásem s ohledem na místní klimatické charakteristiky na základě dlouhodobých meteorologických průzkumů. Tyto údaje jsou používány pouze pro některé z výpočtů, pro ověření technických požadavků. Zónové rozdělení definuje maximální povolenou hodnotu součinitele přestupu tepla pro různé typy konstrukcí. Definuje taky kondenzaci vodních par v konstrukci.

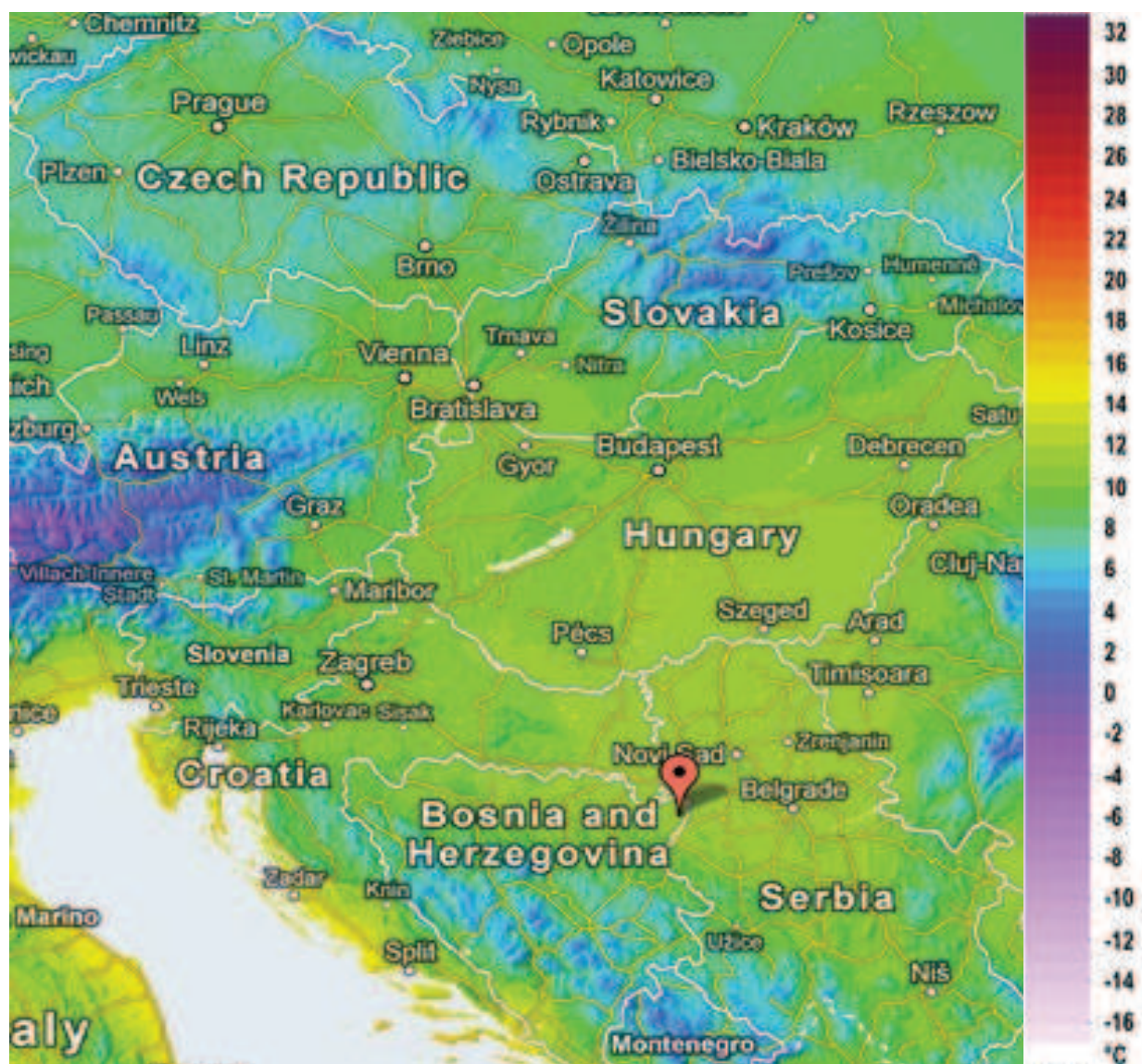
Extrémní minimální teplota: Je třeba uvažovat, že při extrémně nízkých teplotách může být způsobena kondenzace vlhkosti na vnitřní straně obálky budovy.

Maximální návrhová teplota vzduchu: Určeno na základě dlouhodobých měření. Využívá se při výpočtu tepelných ztrát objektu.



Obr. 1: Mapa klimatických zón v zemích bývalé Jugoslávie [25]

Další obrázek Obr. 2., je určen pro znázornění teplotních rozdílů mezi Českou Republikou a Bosnou a Hercegovinou a také pro obecné začlenění do klimatických zón, jenž jsou uvedeny výše na Obr. 1. , na kterém je rozložení oblasti BaH do klimatických zón. To je platné již z období bývalé Jugoslávie.



Obr.2: Mapa teplotního rozložení (SolarGis) [24]

Tab. 1: Součinitel přestupu tepla (k), norma JUS.U.J5.510.

Konstrukce	Klimatická zóna						$\alpha_i, \alpha_e \left[\frac{W}{m^2K} \right],$
	I.		II.		III.		$1/\alpha_i = R_i; \left[\frac{m^2K}{W} \right]$
	$k \left[\frac{W}{m^2K} \right]$	$R \left[\frac{m^2K}{W} \right]$	$k \left[\frac{W}{m^2K} \right]$	$R \left[\frac{m^2K}{W} \right]$	$k \left[\frac{W}{m^2K} \right]$	$R \left[\frac{m^2K}{W} \right]$	$1/\alpha_e = R_e \left[\frac{m^2K}{W} \right]$
Vnější stěny a stěny k nevytápěným prostorům	1,20	0,66	0,90	0,94	0,80	1,08	$\alpha_i = 8$ $R_i = 0,13$ $\alpha_e = 23$ $R_e = 0,04$
Příčky mezi místnostmi a příčky k nevytápěnému schodišti	1,95	0,26	1,85	0,29	1,60	0,38	$\alpha_i = \alpha_e = 8$ $R_e = R_i = 0,13$
Podlaha přilehlá k zemině	1,20	0,66	0,90	0,94	0,80	1,08	$\alpha_i = 8$ $R_e = 0$ $R_i = 0,13$
Konstrukce přízemí	1,35	0,49	1,35	0,49	1,35	0,49	$\alpha_i = \alpha_e = 8$ $R_e = R_i = 0,13$
Konstrukce mezi vytápěnými místnostmi	0,90	0,94	0,75	1,17	0,65	1,37	$\alpha_i = 6$ $R_e = 0$ $R_i = 0,17$
Konstrukce nad podkrovím	0,95	0,88	0,80	1,08	0,70	1,26	$\alpha_i = 8$ $R_i = 0,13$ $\alpha_e = 23$ $R_e = 0,04$
Konstrukce nad suterénem	0,75	1,04	0,60	1,38	0,50	1,71	$\alpha_i = 8$ $R_i = 0,13$ $\alpha_e = 6$ $R_e = 0,17$
Strop nad vytápěným prostorem	0,50	1,79	0,45	2,01	0,40	2,29	$\alpha_i = 6$ $R_i = 0,17$ $\alpha_e = 23$ $R_e = 0,04$
Šikmé střechy a prostory nad vytápěným prostorem	0,75	1,16	0,65	1,37	0,55	1,65	$\alpha_i = 8$ $R_i = 0,13$ $\alpha_e = 23$ $R_e = 0,04$

Tab. 2: Porovnání hodnot s předpisy a normami danými v okolních zemích

Konstrukce	U max. W/m ² K		
	JUS III. klimatická zóna	SLO 2005-NOVO	EPBD Střední klimatická zóna
Obvodové zdivo	0,80	0,80-0,35	0,38
Šikmá střecha	0,55	0,25-0,20	0,23
Podlaha přilehlá k zemině	0,65	0,45-0,35	0,41
Okno	1,60	1,10	1,68

A.2 Cíl práce, zvolené metody řešení

Teoretická část:

V teoretické části jsou rozebrány jednotlivé systémy využívané v zadaném tématu práce „Aplikace obnovitelných zdrojů energie pro vytápění rodinného domu“.

Jsou zde popsány druhy obnovitelných zdrojů energie pro vytápění, jejich využití, výhody i nevýhody, a to jak pro Českou republiku, tak i pro oblast Bosny a Hercegoviny, jež je součástí tématu práce.

Výpočtová část – Projekt:

Cílem výpočtové části je návrh vytápění a přípravy teplé vody rodinného domu obnovitelnými zdroji energie.

Projekt se skládá ze dvou variant návrhu řešení. Obě varianty jsou podrobněji popsány v části B, tj. Aplikaci tématu na zadané budově.

Experimentální část:

V první části experimentálního řešení jsou sledována a zpracována data z měření intenzity slunečního záření na objektu rodinného domu v Bosně a Hercegovině a také data z měření na rodinném domě v České republice, oblasti Ostrava.

Pro experimentální měření bylo použito:

- Pyranometr SG 0013, výrobce J.Tlušťák
- Zaznamenávací ústředna Ahlborn ALMEMO 3290-8
- Controlotron System 1010 DP UNIFLOW
- Počítač
- Software EXEL

Čidla a snímače

- Odporové dráty Pt100 (určené pro měření teploty), Ahlborn 4ks

Pro měření intenzity slunečního záření, Ahlborn

Druhá část experimentálního řešení využívá softwaru CalA pro simulaci podlahového vytápění. Díky softwaru CalA lze sledovat průběh teplot v zadané konstrukci.

Experimentální část:

V první části experimentálního řešení jsou sledována a zpracována data z měření intenzity slunečního záření na objektu rodinného domu v Bosně a Hercegovině a také data z měření na rodinném domě v České republice, oblasti Ostrava.

Pro experimentální měření bylo použito:

- Pyranometr SG 0013, výrobce J.Tlušťák
- Zaznamenávací ústředna Ahlborn ALMEMO 3290-8
- Controlotron System 1010 DP UNIFLOW
- Počítač
- Software EXEL

Čidla a snímače

- Odporové dráty Pt100 (určené pro měření teploty), Ahlborn 4ks

Pro měření intenzity slunečního záření, Ahlborn

Druhá část experimentálního řešení využívá softwaru CalA pro simulaci podlahového vytápění. Díky softwaru CalA lze sledovat průběh teplot v zadané konstrukci.

A.3 Teoretická řešení, aktuální technická řešení v praxi

Energie byla vytvořena z řeckého slova „Energos“ – činnost, energie je schopnost těla vykonávat určitou práci.

Energie nemůže zmizet nebo se objevit, provází nás na každém kroku, je součástí nás, našeho života. Je nereálné, aby se vytratila. Byla tu ještě před vznikem života ve vesmíru. Díky své nejhlubší schopnosti předávat z jedné formy do druhé, můžeme říci, že energie je klíčovým faktorem, neboť dává sílu a činí život možný. Největším zdrojem energie na Zemi je Slunce. Slunce obsahuje 99,8 % hmotnosti celé sluneční soustavy. (vejde se do něj téměř 1,3 milionů planet jako je Země). Slunce při vytváření energetických procesů, pro nás je nejdůležitější jaderná fúze, vesmír vydá asi 400 miliard MW energie. Pro srovnání, největší jaderná elektrárna na světě je japonský Kashiwazaki závod, který má se sedmi reaktory provozní výkon celkem 8 000 MW.

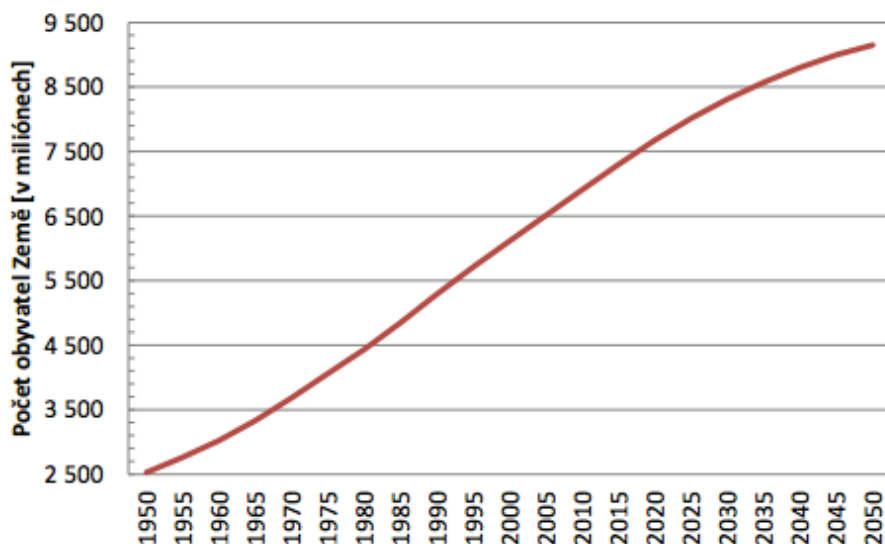
Jde o fyzikální veličinu charakterizující schopnost hmoty konat práci (mechanickou, elektrickou, magnetickou, vnitřní, atd.). V průběhu času se pro lidstvo stala tou nejdůležitější energií elektrická, jenž pohání stroje po celém světě. Zákon o zachování energie říká, že tato energie nelze zničit, pouze přeměnit.

Solární energie pohání a udržuje život na Zemi. Má téměř 15 000 krát víc energie, než potřebujeme dnes, přesto je jí nedostatek a často je iracionálně využita.

Díky stoupající populaci lidstva, se zvyšují i energetické požadavky. Ty doposud z velké části čerpáme z fosilních paliv, které ovšem mají omezené zásoby a proto se začalo využívat zdrojů obnovitelných.

Nejde ovšem pouze o nedostatek energetických zdrojů, které nás vedou ke změně způsobů produkce energie. Neméně podstatným důvodem je dopad na životní prostředí.

Americký statistický server uvádí, kolik lidí bude na planetě Zemi v průběhu několika desítek let dopředu viz Graf 1. Samozřejmě nelze brát tuto informaci za přesnou, hodnoty jsou brány dle současné tendence růstu obyvatel. [9]



Graf 1: *Průběh nárůstu populace na Zemi* [9]

Již od nepaměti jsou člověkem využívány obnovitelné zdroje energie. Současný trend v energetické politice prosazuje vyrovnaný „energetický mix“ jednotlivých druhů zdrojů energie. Jejich role je přímo závislá jak na hodnocení z hlediska trvale udržitelného rozvoje, tak z hlediska ekonomických ukazatelů. Kromě klasických zdrojů (fosilní paliva, tj. uhelné elektrárny, uran, tedy JE Temelín, JE Dukovany), to platí i pro tzv. obnovitelné zdroje. V měřítku existence lidstva a jeho potřeb jde o nevyčerpatelné formy energie Slunce a Země.

Definujeme-li si pojem obnovitelný zdroj energie, jedná se dle zákona o životním prostředí o obnovitelné přírodní zdroje, které mají schopnost se při postupném spotřebovávání částečně, nebo úplně obnovovat, a to sami nebo za přispění člověka. Neobnovitelné přírodní zdroje spotřebováváním zanikají [6].

Ovšem zákon byl několikrát novelizován a další předpis hovořící o této problematice je zákon č. 180/2005 Sb. o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů). Zákonem jsou obnovitelné zdroje definovány jako obnovitelné nefosilní přírodní zdroje energie, jimiž jsou energie větru, energie slunečního záření, geotermální energie, energie vody,

energie půdy, energie vzduchu, energie biomasy, energie skládkového plynu, energie kalového plynu a energie bioplynu [7].

Obnovitelným zdrojem energie je v podstatě každá surovina, kterou je možné určitým odpovídajícím procesem převést v energii bez tzv. zániku suroviny. Obnovitelné zdroje energie se laickou veřejností často přirovnávají k ekologickým zdrojům energie. Význam těchto slov je ovšem odlišný. Takové dřevěné uhlí je zdrojem obnovitelné energie, ale nikoli zdrojem ekologické energie.

Mezi obnovitelné zdroje energie patří

- Energie vody
- Geotermální energie
- Spalování biomasy
- Energie větru
- Energie slunečního záření
- Využití tepelných čerpadel
- Energie příboje a přílivu oceánů
- Energie prostředí

OZE použitelné pro vytápění jsou

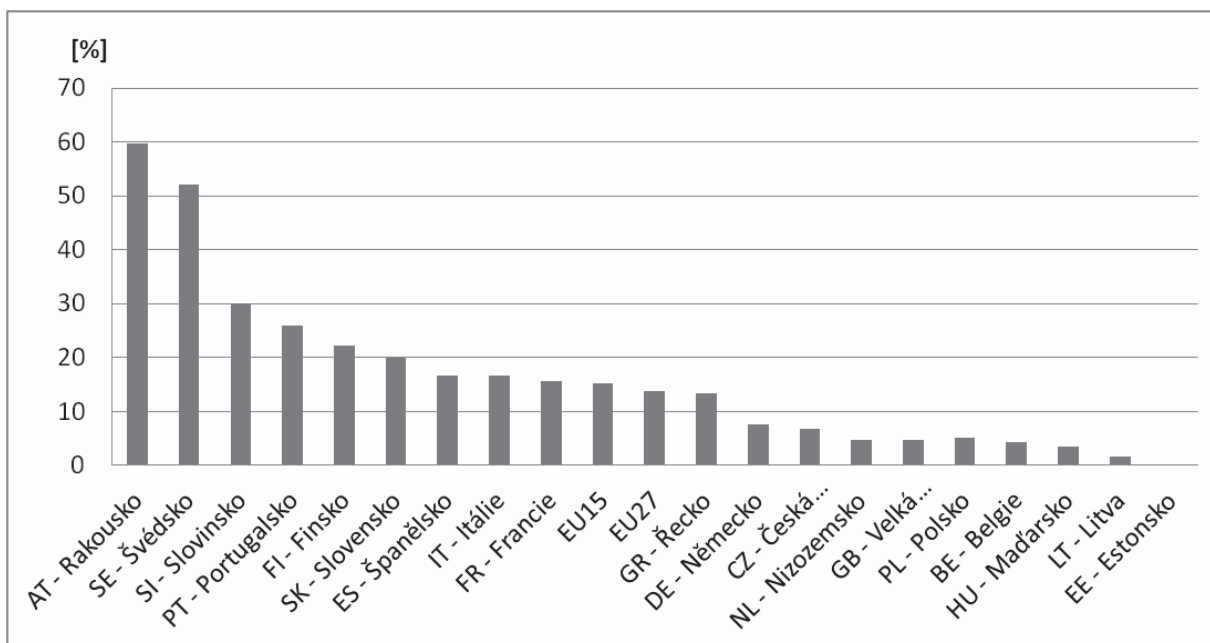
- Energie slunečního záření
- Energie prostředí
- Energie biomasy
- Geotermální energie

Výdaje na vytápění jsou jedny z největších v domácnostech. U vytápění se snažíme o co nejekonomičtější využití zdrojů energie.

A.3.1 Obnovitelné zdroje energie v ČR

Jak bylo již zmíněno v předešlé kapitole, využívání energie má velký vliv na životní prostředí. A spotřeba energií se stále zvyšuje, díky zvyšování životní úrovně a narůstající světové. V dnešní době je využívání obnovitelných zdrojů energie součástí celé planety, na niž má velký dopad.

I když OZE jsou v současné době podporovány mnoha státy (Brazílie, Island, Kanada, Německo, Norsko, Nový Zéland, Rakousko, Švédsko, Švýcarsko aj.), stále patří více mezi zdroje alternativní, narozdíl od fosilních paliv (neobnovitelný zdroj). Velmi také záleží na přírodních podmínkách pro využití zdroje v dané zemi.



Graf 2: Podíl OZE na hrubé spotřebě energie (2006)

Ve srovnání s ostatními státy EU se ČR řadí mezi státy s nižším podílem OZE na celkové spotřebě elektrické energie. Příčinou je malá dostupnost potenciálu OZE v ČR, oproti možnostem pro vodní elektrárny, jako např. v Norsku a Rakousku, nebo pro větrné elektrárny, jako např. v Německu. Ve využití biomasy je však potenciál ČR srovnatelný s ostatními zeměmi střední Evropy.

Díky energii z obnovitelných zdrojů se zvyšuje podíl energie vyráběné na našem území, rozmanitost používaných paliv a zdroje dovozů energie. Zvyšuje se také podíl energie z politicky stabilních oblastí a jsou vytvářena nová pracovní místa.

Tím vším volba této energie napomáhá zlepšovat zabezpečení dodávek energie.

Solární energie

Solární energie je v současné době velkým tématem a o její využití se zajímají nejen velcí investoři, ale stále častěji také domácnosti, které ji využívají na ohřev vody nebo pro výrobu elektřiny. Efektivní využití solární energie ovlivňují dva zásadní faktory: intenzita slunečního záření (v tuzemsku je průměrná intenzita slunečního záření [kWh/(m²rok)]) a doba slunečního záření [h].

Největší solární elektrárna v ČR Ralsko Ra 1 má instalovaný výkon 38 MW. Největší solární elektrárna světa se nachází poblíž Abu Dhabi (SAE) a její instalovaný výkon je 100 MW.

Energie větru

ČR má menší potenciál k rozvoji větrné energetiky než jiné země EU. Ráz krajiny je převážně kopcovitý pokrytý vegetací, což většinu území řadí z hlediska energetického potenciálu využití větru do kategorie D (energetický potenciál 30 %). V současné době pracují větrné elektrárny asi na 50 lokalitách (především horských – Krušnohorský, Jesenický a Českomoravská vrchovina), které mají vhodné povětrnostní podmínky pro výrobu větrné energie. Největší větrná elektrárna v Ostružné na Jesenicku má instalovaný výkon 3 MW (v roce 2002 byl instalovaný výkon větrných elektráren v Německu 12 000 MW). Největší větrná elektrárna světa, větrná farma ve Walney se nachází ve Velké Británii a má instalovaný výkon 367 MW. Větrné elektrárny mají řadu odpůrců kvůli hluku, stroboskopickému efektu a výraznému ovlivnění rázu krajiny.

Energie biomasy

V ČR se z biomasy v roce 2011 vyrobilo 1 682,6 GWh elektřiny. U tohoto zdroje se v následujících letech počítá s největším nárůstem. Její výhoda oproti ostatním OZE spočívá v možnosti uskladnění a akumulace.

Využívají se zejména tyto formy biomasy:

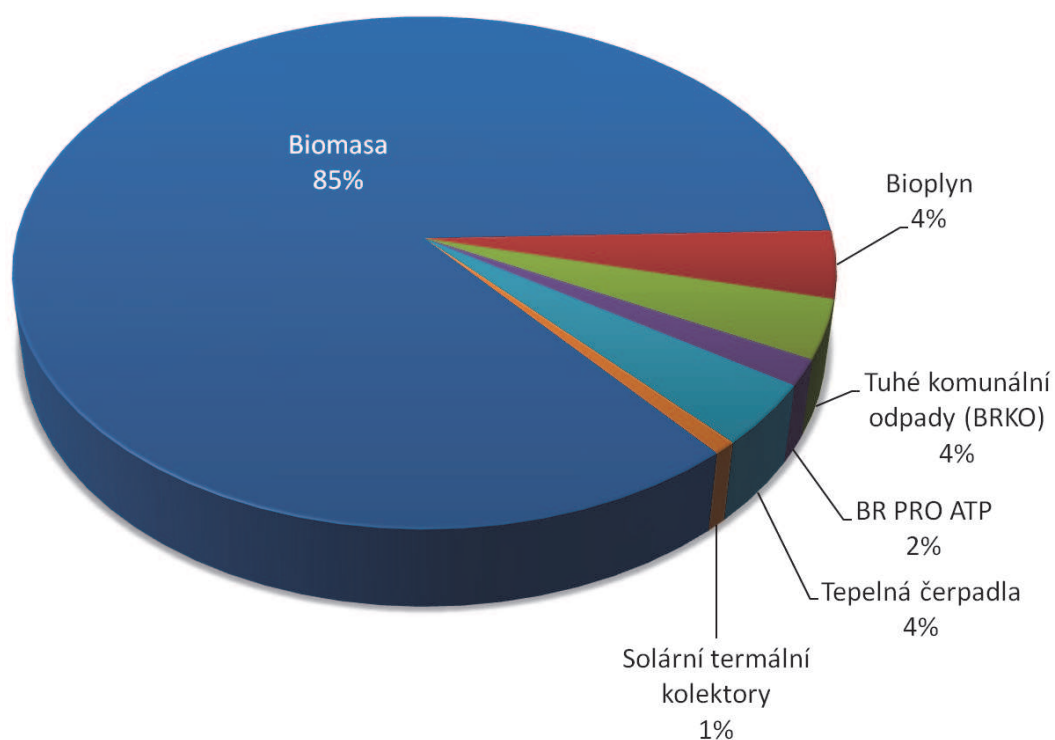
Zbytková biomasa z lesnictví – například dřevní odpad vznikající při těžbě dřeva či dřevovýrobě (větvě, pařezy, piliny, štěpky, hobliny, kůra).

Zbytková biomasa ze zemědělství – tedy nedřevní fytomasa vznikající jako vedlejší produkt (obilná a řepková sláma, organické a rostlinné zbytky ze zpracovatelského průmyslu – např. obaly olejnatých semen, organické zbytky – např. chlěvská mrva).

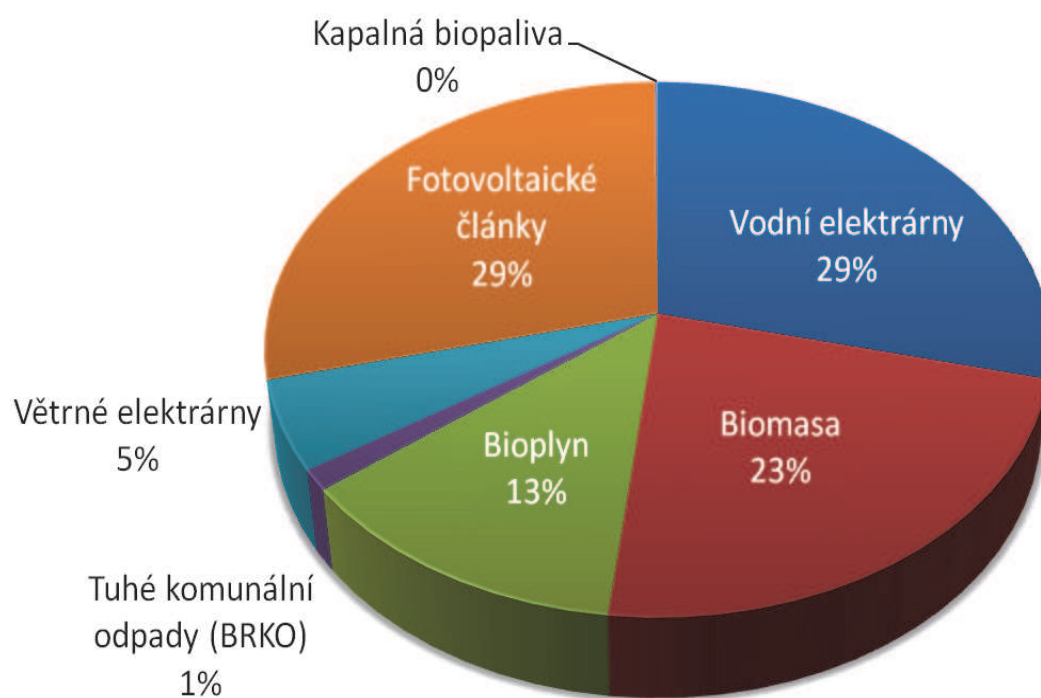
Energetické plodiny I. a II. generace – k I. generaci řadíme například řepku a palmu olejnou, pšenici, kukuřici (výroba bioethanolu) či žitovec, z něhož se vyrábí pelety. K II. generaci patří topoly, vrby, energetický šťovík či proso.

Vodní energie

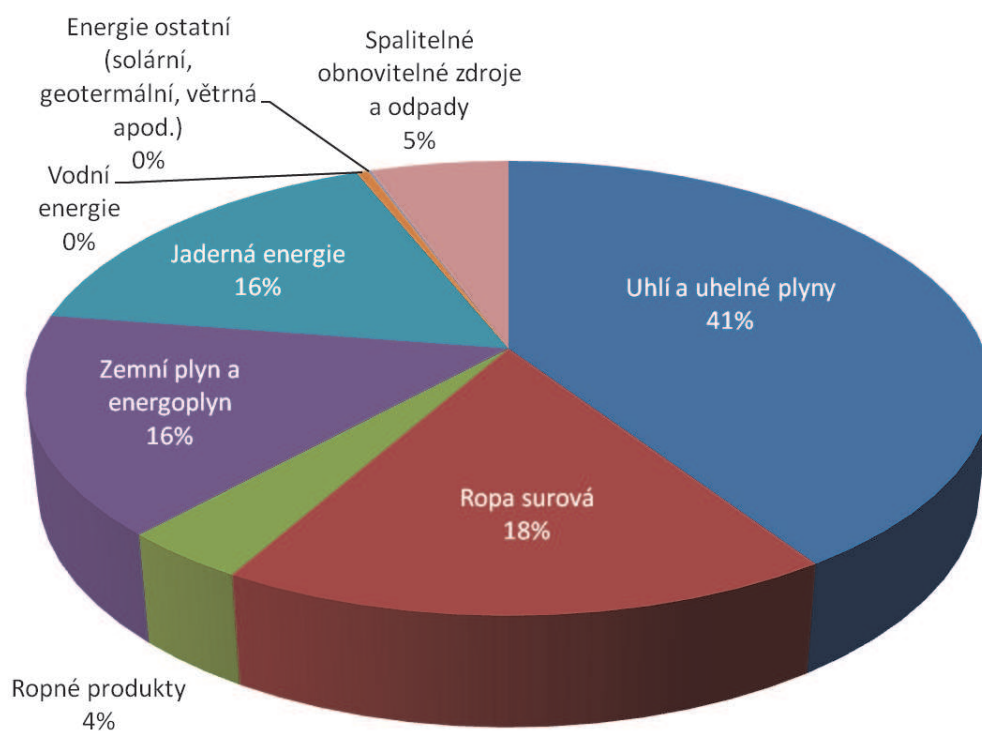
Nejvíce využívaná forma OZE s dlouholetou tradicí. Vodní elektrárny se dělí na malé (do 10 MW) a velké nad (10 MW). Výstavba dalších velkých vodních elektráren je v ČR nereálná, veškeré využitelné větší vodní toky jsou již využity (vodní elektrárna s největším instalovaným výkonem 706 MW je na vltavské kaskádě, největší vodní elektrárna v Evropě Cleuson-Dixence se nachází ve Švýcarsku s instalovaným výkonem 1269 MW, největší vodní elektrárna světa Tři soutěsky se nachází v Číně a má instalovaný výkon 18 300 MW). Malé vodní elektrárny se staví v místě bývalých mlýnů a jezů za účelem pokrytí vlastní potřeby, eventuálně prodeje elektřiny do sítě distributorů. Celkový instalovaný výkon všech vodních elektráren v ČR v roce 2011 představoval 2201 MW, který se na výrobě elektřiny podílel 3,2 %. Současný evropský trend výstavby vodních elektráren oproti předpokladům uvedeným v Bílé knize o obnovitelných zdrojích v EU zaostává. [28];[27]



Graf 3: Výroba tepla z obnovitelných zdrojů energie, ČR v roce 2011 [TJ]



Graf 4: Výroba elektrické energie z OZE, ČR v roce 2011 [TJ]



Graf 5: Primární energetické zdroje využívané v ČR [2009]

A.3.2 Obnovitelné zdroje v Bosně a Hercegovině

Pokud jde o Bosnu a Hercegovinu (dále BiH), můžeme říci, že existují dva hlavní zdroje obnovitelné energie. Energie vody k výrobě elektrické energie a biomasa pro výrobu tepla.

Energie vody tvoří asi třetinu vyrobené energie v BiH, je využívána hlavně ve velkých závodech. Energetický potenciál vodních elektráren je 1004,63 MW a 3,52 GWh elektřiny ročně, což představuje 12,64% z celkového potenciálu vodní energie v Bosně a Hercegovině.

Při využívání biomasy se v domácnostech využívají kotle na tuhá paliva (dřevo, pelety).

BiH má pozoruhodný potenciál biomasy, který je podpořen tím, že asi 50 % území Bosny a Hercegoviny je pokryto lesy. Podle studie HT InnoTech GmbH Berlin, nevyužitý potenciál zbytkového dřeva a dřevního odpadu za rok činí přibližně jeden milion m³, který by mohl poskytnout teplo pro 130 000 domácností nebo 300 000 lidí.

Geotermální zdroje BiH pro vytápění se odhadují zhruba na 33 MW/rok. Teoretický potenciál solární energie činí asi 74,65 GWh, což je asi 1250 krát více energie než celková primární energie v roce 2000.

Dá se říci, že Bosna a Hercegovina je jednou z nejvhodnějších lokalit v Evropě k využití solární energie. Ovšem, jak jsem již zmiňovala v kapitole A.1, problematika energetických úspor je stále ještě v začátcích řešení. Většina objektů postavených na území Bosny a Hercegoviny i Srbska, jsou vyhotovena bez schválení příslušných stavebních orgánů. Tato skutečnost, se teď aktuálním tématem a momentálně probíhá rozsáhlejší kontrola stavebních povolení a veškerých náležitostí k provádění stavby. Vláda Bosny a Hercegoviny se staví pozitivně k přijetí ustanovení týkajících se obnovitelných zdrojů energie, bohužel je pro tuto zemi spousta nařízení, která udává EU nereálných. Už proto, že Bosna a Hercegovina se skládá ze třech entit, Federace Bosny a Hercegoviny, Republiky srbské a Brdečko. Každá z těchto entit má své politické obsazení a názory. To je také velkým problémem pro EU, která má jisté podmínky, které Bosna a Hercegovina odmítá akceptovat. Nicméně rozvoj země jde kupředu a v budoucnosti bude jistě jedním ze silných území využívajících obnovitelných zdrojů energie.

A.3.3 Energie slunečního záření

Energie přímo využívající slunečního záření lze také nazývat energií solární. Sluneční záření, jenž dopadá na zemský povrch, je na Zemi nejbohatší energetický zdroj. Přímé využití energie ze slunce na výrobu energií (elektrina, teplo, atd.) není příliš dlouho využíváno. Podílí se také nepřímým způsobem na energii získané z větru. Snižováním potřeby tepla na vytápění budov ovšem nachází stále větší uplatnění.

Využití sluneční energie rozdělujeme na dva základní systémy její přeměny:

- Prvním systémem je fototermální přeměna. Při této přeměně se viditelné záření přeměňuje na teplo. Děje se tak ve speciálních zařízeních k tomu určených a navrhnutých. Nazývají se kolektory slunečního záření.
- Druhým systémem je fotovoltaický systém. Při této přeměně jde naopak o to, aby se sluneční záření přeměnilo na elektrickou energii. Tento systém tak představuje zapojení několika fotovoltaických součástí do řetězce [12].

Nejjednodušší přeměna je v energii tepelnou (fototermální přeměna). Tu dělíme na:

1. Pasivní

- . S využitím některých částí budov, jako jsou zimní zahrady, skleníky, energetická (dvouplášťová) fasáda, akumulční solární stěny, Trombeho stěna, nezasklený solární vzduchový a okenní kolektor, energetická střecha, transparentní tepelná izolace.
- . K přeměně energie není použito mechanické zařízení (např. solární kolektory)
- . Hlavním cílem je budova s nízkou spotřebou energie při zajištění zdravého vnitřního klimatu a tepelné pohody. Důležité je aplikovat opatření na tepelné zisky ze slunečního záření a snížit tepelné ztráty objektu tak, aby minimalizovaly požadavky na vytápění. Dále zabezpečit dostatek denního světla, aby byly požadavky na umělé osvětlení co nejnížší a navrhnout opatření pro minimalizaci zisků v letním období.

- Energetická efektivnost těchto systémů je založena na selektivní propustnosti tepelného záření transparentními materiály, na rozdílné pohltivosti krátkovlnného záření a na omezení emisivity dlouho vlnného záření stavebními povrchy.

Dle způsobu využití sluneční energie dělíme pasivní solární systémy na:

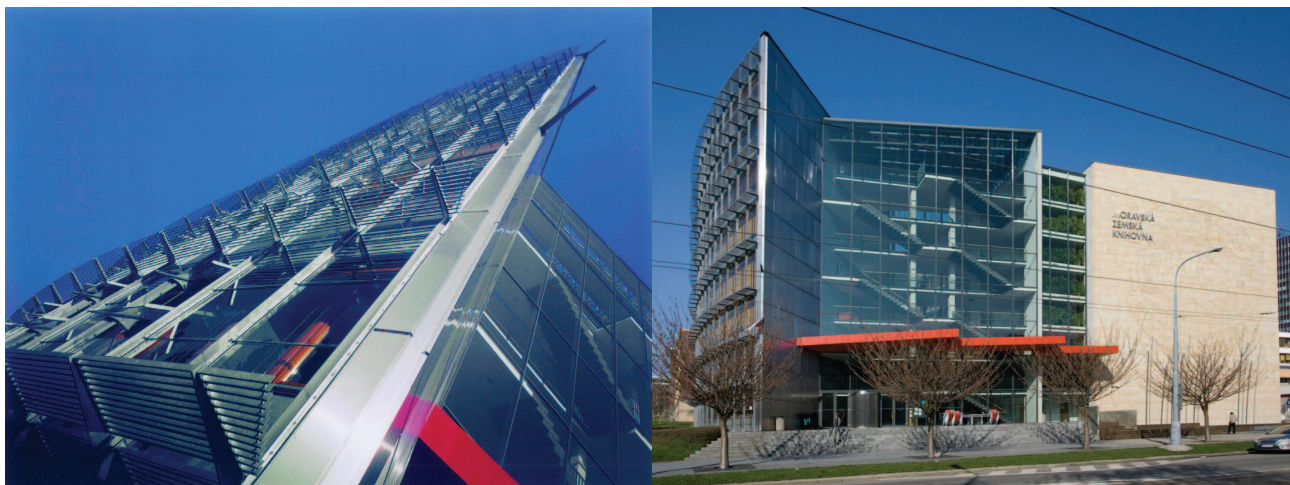
- Přímé (sluneční záření prochází do místnosti přímo přes zasklení)
- Nepřímé (sluneční záření se do místnosti dostává ve formě tepelné energie vyzařované z akumulací stěny)
- Hybridní

Dle umístění na konstrukci

- Prvky umístěné v obvodových stěnách orientovaných na Jižní stranu
- Střešní prvky
- Přídavné prvky

2. Aktivní

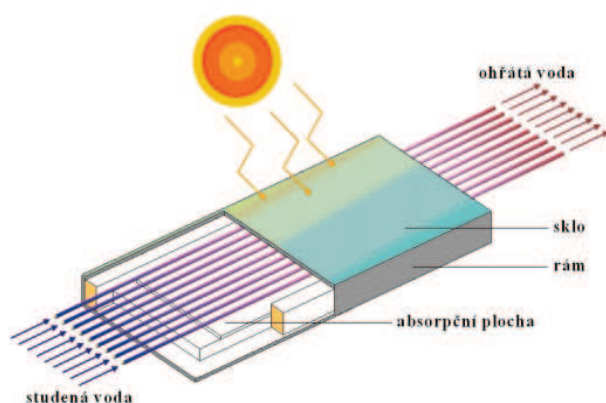
- S využitím mechanických zařízení, které převedou energii záření na energii tepelnou nebo elektrickou (sluneční kolektory nebo termické kolektory)
- Důvodem malého rozšíření je investiční náročnost a dlouhá doba návratnosti.



Obr.3: Pasivní využití energie ze slunce- MZK v Brně

A.3.3.1 Solární kolektor

Jde o nejdůležitější část solárních systémů. Slouží k zachycení a absorbování tepelné energie ze slunečního záření a předání této energie teplonosné látce (kapalině, nebo vzduchu), které proudí uvnitř kolektoru, a ta jí dále odvádí buď přímo ke spotřebičům, nebo do zásobníku (akumulátoru tepla), kde se uchovává pro období, kdy je přívod energie omezen nebo zcela přerušen (např. v noci nebo ve dnech s velkou oblačností)



Obr.4: Solární kolektor



Obr.5: Dělení solárního kolektoru

Ploché kolektory

Tyto kolektory mají větší účinnost díky umístění skleněné desky (transparentní vrstva) v popředí a vrstvy izolačního materiálu na zadní straně. Pod transparentní vrstvou je umístěna absorpční plocha (absorbér). Tyto kolektory zachycují přímé a difúzní záření. Jsou poměrně málo citlivé na směr dopadu slunečního záření. Pro teploty, které mohou dosahovat i 150 °C, se používá tzv. kovový absorbér, jde v podstatě kovové trubky, připevněné uprostřed kolektoru k plechu. Dle druhu teplotního média se dělí na kapalinové a vzduchové.

a) Kapalinové

Používají se především pro nízkoteplotní soustavy, kde teplotní látka dosahuje maximální teploty 100 °C.

Absorbér má tvar tenké desky s dutinami pro proudění teplotního média. Deska je buď tvořena z plechů, kde jsou vytlisované kanálky, a nebo je tvořena z trubek (nejčastěji ocelových) vsunutých do drážek vytlisovaných v plechu. Absorpční plocha je opatřena nátěrem s velkou schopností absorbovat sluneční paprsky. Pro snížení tepelných ztrát sáláním se používají tzv. selektivní vrstvy. Ty mají za následek zvýšení pohltivosti absorbéru a snížení vyzářené energie z absorbéru zpět do okolí.

b) Vzduchové

Používají se u systémů pro teplotně vzdušné vytápění a větrání. Obsahují základní části stejné jako u kapalinového, tzn. absorpční vrstvu, transparentní krycí vrstvu, vrstvu tepelné izolace. Transparentní vrstvu tvoří buď sklo a nebo fólie. Mají mnohem větší rozměry než kolektory kapalinové. Jejich konstrukce je zpravidla rámová vytlisovaná z plechů se zadním plechovým krytem.

Existují buď s mezerou mezi transparentní vrstvou a absorbérem a nebo bez ní.

Koncentrační (soustředující) kolektory

Kolektory jsou vhodné pro ohřev nad 150 °C. Jde o trubicový kolektor doplněný zrcadly, kterými se zvyšuje hustota slunečního záření dopadajícího na absorbér. Jsou doplněny polohovacím zařízením pro měnící se orientaci.

Vakuové kolektor**a) Trubicové**

Kolektor s nejvyšší účinností při vysokých teplotách (nad 100 °C), mají absorbér uzavřený ve skleněné trubici, kde je vakuum, bez kterého by byla omezena funkčnost tohoto kolektoru. To eliminuje tepelné ztráty do okolí a ztráty vedením vzduchem a tím zvyšuje účinnost při dosažení vyšších vstupních teplot.

b) Ploché

Jde o běžný plochy kolektor, který má mezi vanou kolektoru a čelní plochou rozpěrky umožňující vyčerpat vzduch. Jde tak trochu o technický a cenový kompromis mezi vakuovým trubicovými a plochým kolektorem.

Ovšem samotný kolektor k využití sluneční energie nestačí, je zapotřebí mnoha prvků, které společně tvoří solární systém.

A.3.3.2 Solární systémy

Základem solárních soustav jsou celkové využití tepelné zisky, z nichž je možné odvodit další parametry pro hodnocení.

A.3.3.2.1 Prvky solárních systémů:

- Kolektor (přijímá záření a přeměňuje jej na teplo)
- Zásobník (uchovává teplo pro použití v době, kdy slunce nesvítí)
- Transparentní systém (který dopravuje teplo z kolektoru do zásobníku)
- Regulační zařízení (zajišťuje, aby se v době, kdy slunce svítí teplo přenášelo do zásobníku a v opačném případě, aby teplo ze zásobníku neohřívalo kolektor. Spíná také doplňkový zdroj v době, kdy poklesne teplota zásobníku pod nastavenou hodnotu)
- Záložní zdroj (pokryje potřebu tepla v době, kdy slunce nesvítí)
- Pomocná zařízení (spojovací potrubí, ventily, expanzní nádoba, apod.)

A.3.3.2.2 Rozdělení solárních systémů:

Dle využití sluneční energie:

- ohřev teplé vody
- k vytápění budov
- ohřev vody v bazénech
- k výrobě elektrické energie
- k větrání průmyslových objektů (solární komín).

Dle média, které teplo přenáší:

- Kapalinové
- Vzduchové

Tepelná energie je transportována pomocí teplotnosné látky. Výběr jedné z těchto látek je ovlivněno především tím, na co bude kolektor použit. Pro vytápění lze použít oba druhy médií, ovšem k ohřevu vody je vhodnější pouze kapalinový kolektor.

Nejběžnějšími jsou *systémy kapalinové*, využívající jako teponosnou látku vodu či nemrznoucí směs s nízkým bodem tuhnutí a vyšším bodem varu.

Výhodou kapalinových systému je, že díky velké tepelné kapacitě vody se navrhuji menší průměry potrubních sítí.

Vzduchové systémy naopak mají velké průřezy rozváděcích kanálů.

U kolektorů pro přímý ohřev vzduchu dopadající sluneční paprsky ohřívají absorpční plochu vzduchového kolektoru. Při nahřátí tohoto absorbéru na cca 33°C se automaticky uvádí do provozu ventilátor, který ve spodní části nasává chladný vzduch z objektu a vhání do místnosti vzduch ohřátý ze slunečního kolektoru.

Systémy využívající vzduch se uplatňují pro sušení vlhkých materiálů, zejména pak v zemědělství a také pro teplovzdušné vytápění a větrání budov. Jsou více rozšířené např. ve Spojených státech amerických. U nás se uplatňují spíše v pasivních a nízkoenergetických domech s nuceným větráním s rekuperací. Často používají spíše ve vytápění v kombinaci s ústředním vytápěním, nebo elektrickým přímotopným vytápěním.

Teplo se nejčastěji akumuluje ve vodě, která buď přímo slouží jako teplá užitková voda a odvádí se ze systému, nebo proudí jako otopná voda uzavřeným okruhem spotřebičů, kde odevzdává teplo.

Spojovacím článkem mezi okruhem kolektorů a spotřebičů je zásobník tepla. Okruh kolektorů, který představuje primární část celého zařízení, se skládá z vlastních slunečních kolektorů, ze zásobníku tepla a z potrubního rozvodu mezi kolektory a zásobníkem. Pro cirkulaci teponosné kapaliny je do systému zakomponováno oběhové čerpadlo. Pro zabezpečení a regulaci využíváme expanzní nádobu, pojistný ventil, odvzdušňovací ventil, filtry, atd. [13]

Dle kolektorového okruhu

- Otevřený
- Uzavřený

V uzavřeném kolektorovém okruhu se teplotonosná kapalina nemísí s vodou v zásobníku. Pokud je teplotonosnou látkou voda, může být okruh také otevřený, tzn. bez výměníku tepla. Pak se voda proudící kolektory smísí s vodou v zásobníku. To se ovšem využívá pouze u jednoduchých zařízení pro ohřev užitkové vody, například pro přímý ohřev vody v bazénech.

Dle velikosti kolektorových ploch

- Maloplošné (pole do 15 m²)
- Velkoplošné

Dle cirkulace teplotonosné kapaliny v okruhu

- Přirozená

K oběhu teplotonosné kapaliny je využívána gravitace mezi kolektorem a zásobníkem. Proto se zásobník umísťuje výše než kolektory. Kapalina proudí systémem díky rozdílným hustotám ohřáté a chladné kapaliny.

Využívají se pro velmi jednoduché malé solární systémy určené převážně pro sezonní ohřev.

Výhodou těchto systémů je nižší pořizovací cena, jednoduchost, nezávislost na vnějším zdroji energie, vyšší spolehlivost (nehrozí výpadek čerpadla).

Nevýhodou je špatná regulace průtoku teplotonosné látky kolektorem a tím i nižší účinnost celého zařízení.

- Nucená

K cirkulaci teplotonosné látky využívají oběhové čerpadlo.

Výhodou těchto systémů je přesná regulace průtoku teplotonosné látky kolektorem, a tím i vyšší účinnost přenosu tepla. Kompenzace zmenšení průtoku vlivem hydraulických ztrát změnou otáček čerpadla, snížení průtoku škrcením. Nevýhodou je vyšší pořizovací cena, složitost systému, závislost na vnějším zdroji a v důsledku možnosti výpadku čerpadla je i nižší spolehlivost.

Dle počtu okruhů

- Jednookruhové

Ohřívají vodu přímo, bez výměníku tepla. Výhodou těchto okruhů jsou, vysoký účinnost přenosu tepla, nižší pořizovací cena a jednoduchost systému. Oproti tomu nevýhodou je využití pouze pro sezónní provoz (bazény), dále zanášení systému, korozi systému, tvorbě bakterií, aj.

- Dvouokruhové systémy

Pracují s výměníkem tepla a dvěma nezávislými okruhy. Okruh první rozvádí ohřátou teplotou látku od kolektoru do výměníku tepla, druhý odebírá teplo z výměníku a vede jej k místu spotřeby (solární zásobník). [14]

A.3.3.2.1 Solární systémy vhodné pro vytápění objektů

Solární systémy využíváme k vytápění objektů, aniž bychom o tom věděli, jde o tzv. pasivní využívání, a to přes prosklené stěny místností a stěny domů.

Solární systém požaduje doplňkový zdroj energie (kotel, čerpadlo) a využívání je vhodné spíše v dobře zaizolovaných objektech a nízkoenergetických a pasivních domech. V jiných případech, je spíše vhodné využít solární systém pouze pro ohřev vody.

Energii dodává v nejchladnějších měsících velmi málo, zásobuje teplem pouze v okrajových měsících otopného období.

- Ploché (trubicové) kolektory - přitápění a ohřev teplé vody
- Pasivní solární ohřev budov (novostavby RD a menších obytných budov, administrativní budovy, hotely, aj.)

A.3.4 Energie prostředí a geotermální energie

A.3.4.1 Energie prostředí

Všude kolem nás se vyskytuje tepelná energie prostředí, kterou můžeme využít. Jen díky nízké teplotě není tato energie využívána přímo. V létě při otevření okna využíváme energii prostředí k ohřevu vzduchu v interiéru, ovšem jinak je tomu v zimě, kdy nám prostředí tepelnou energii odebírá.

Jednou z možností vytápění a ohřevu vody je využití energie prostředí. Jedná se tepelnou energii vzduchu, vody a půdy.

Tuto energii lze u nás výhradně využít pomocí tepelných čerpadel.

A.3.4.2 Geotermální energie

Slovo geotermální pochází ze dvou řeckých slov Geo (země) a therme (teplo). Synonymem je „teplota země“. Teplota ve vnitrozemí je výsledkem formování planety z prachu a plynů před více než čtyřmi miliardy let. Nepřetržité radioaktivní rozkládání prvků v horninách regeneruje teplo a díky tomu se stává geotermální energie obnovitelným zdrojem. Ovšem některé zdroje geotermální energie jsou vyčerpatelné v horizontu desítek let.

Základním médiem, které přenáší teplo z vnitrozemí na povrch je voda nebo pára.

Geotermální voda proniká od dešťů hluboko skrz pukliny a tam se zahřívá a cirkuluje zpět k povrchu, kde se objevuje ve formě gejzírů.

Potenciál geotermální vody je ohromný je jí 5000 krát více než můžeme dostat například z energie ropy a plynu.

V přírodě se geotermální energie nejčastěji objevuje ve formě sopek, pramenů vroucí vody a gejzírů.

Geotermální energii lze v příznivých podmínkách využívat k vytápění nebo výrobě elektřiny v geotermálních elektrárnách.

Toto využití je ale poměrně náročné, protože horká voda z vrtů je značně mineralizována a díky tomu jsou výrazně zanášena technologická zařízení, což vede k časté výměně potrubí a čištění systémů. Také tepelný spád je ovlivněn geologickou nestabilitou oblasti.

První geotermální elektrárna byla uvedena do provozu v Itálii v roce 1904. V dnešní době se nejvýznamněji používá této energie na Islandu (vytápění domů, skleníku, bazénu atd.) Tato energie najde své využití také v řadě dalších států a to v USA, Velké Británii, Francii, Švýcarsku, Německu, na Novém Zélandu a také se uvažuje o výstavbě geotermálních elektráren v Austrálii. V České republice jsou nejvhodnější lokalitou Severní Čechy. U nás se této energie využívá spíše ve větších objektech (školy, zoo, bazény). Využití v rodinných domech je momentálně téměř nulové.

Výroba elektrické energie

Nejvýznamnější využívání geotermální energie je pro výrobu elektrické energie. Využívá se vřelé vody a páry ze země. Chladná voda se vpumpuje do vřelých žulových hornin které se nachází blízko povrchu a na povrch vychází vřelá pára, která je větší než 200°C a je pod velkým tlakem a na tomto základě se roz pohybují generátory.

A.3.5 Tepelné čerpadlo

Tepelné čerpadlo (TČ), je zařízení, které odebírá teplo o poměrně nízké teplotě a převádí ji na teplotu vyšší. Toto teplo je dále využíváno pro potřeby vytápění a ohřevu teplé užitkové vody nebo bazénu. Pro přečerpání tepla na vyšší teplotní úroveň a pro provoz tepelného čerpadla je třeba dodat určité množství energie. TČ spotřebovává jednu třetinu svého výkonu ve formě elektrické energie pro pohon kompresoru. Přírodní nízkopotenciální teplo je obsaženo v okolním vzduchu, zemi, povrchové vodě.

Princip TČ vychází z druhého zákona termodynamiky. Kelvinova a Clausiova formulace nejlépe popisuje princip TČ.

- Kelvinova formulace. Nelze získávat ze soustavy neživých látek práci tím, že ji ochlazujeme pod teplotu nejchladnější látky v okolí.
- Clausiova formulace – Teplo nemůže samovolně přecházet z tělesa o teplotě nižší na těleso o teplotě vyšší.

TČ se dělí na čtyři fáze:

1. Vypařování – chladivo kolující v TČ odebírá teplo ze vzduchu, vody nebo země, tím se změní skupenství z kapalného na plynné a následně se odpaří.
2. Komprese – kompresor stlačí prudce plynné chladivo ohřáté o několik stupňů a díky fyzikálnímu principu komprese (při vyšším tlaku stoupá teplota) se znásobí přírůstek tepla na vyšší teplotní hladinu.
3. Kondenzace – zahřáté chladivo předá pomocí druhého výměníku teplo vodě v otopné soustavě, poté se ochladí a zkondenzuje. Teplo z otopné soustavy sálá do okolí a ochlazená kapalina v topném okruhu putuje zpět k druhému výměníku pro opětovné zahřátí.
4. Expanze – chladivo putuje průchodem přes expanzní ventil nazpátek k prvnímu výměníku, kde se opět ohřeje.

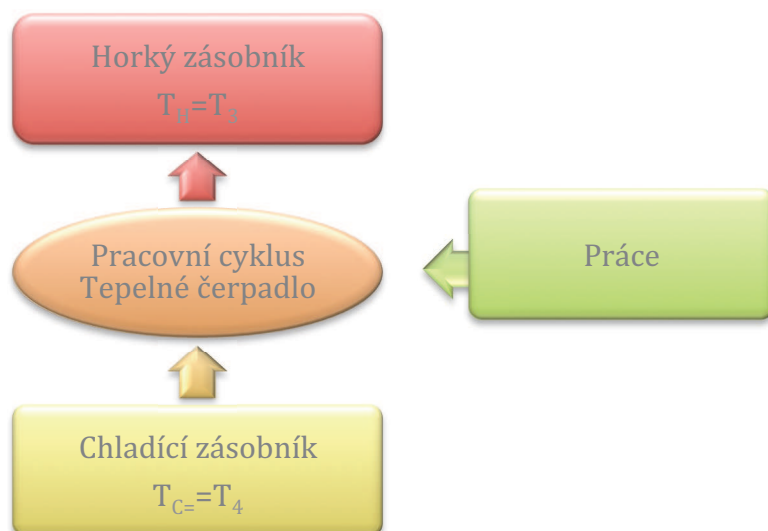
Cyklus se stále opakuje. [15]

Cykly se zpravidla sleduje přeměna tepla v práci. Tepelné čerpadlo pracuje na principu obráceného Carnotova cyklu (vkládá se energie - práce a cílem je získat teplo/chlad).

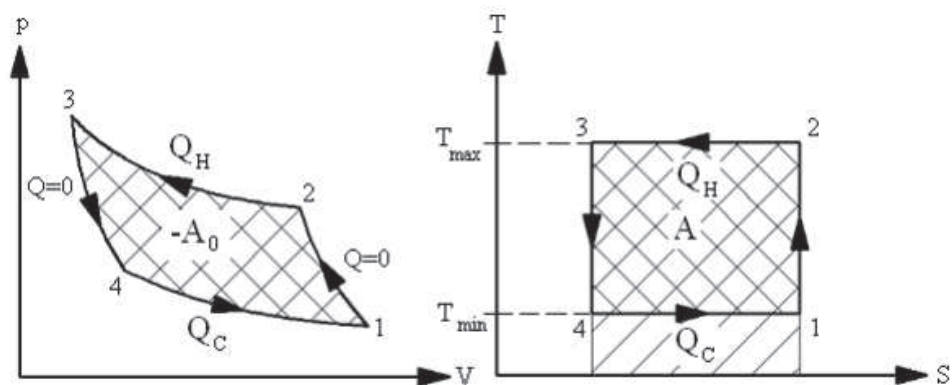
Hodnocení TČ dle kritérií

- energetických = termodynamická
- ekonomických

$$\eta = \frac{T_b}{T_b - T_a} > 1 \quad \begin{array}{l} T_b \dots \text{vstupní údaje} \\ \eta \dots \text{účinnost TČ} \end{array} \quad (1.1.)$$



Obr.6: Pracovní diagram TČ



Obr.7: p-V a T-s diagram obráceného Carnotova cyklu [17]

A.3.5.1 Kompresorové tepelné čerpadlo

Kompresorové TČ je nejvyžívanější druh tepelných čerpadel. Princip TČ je, že se v uzavřeném okruhu využívá změny skupenství chladiva závislé na tlaku a teplotě. Chladivo se ve výparníku odpařuje teplem z prostředí a pomocí kompresoru se stlačuje a kondenzuje za vyšší teploty. V této fázi se odebere teplo pro libovolné využití a natlakované chladivo je expanzním ventilem vráceno na začátek cyklu.

Tyto čerpadla se díky kompresoru řadí mezi ekonomicky nákladnější a to je jejich značnou nevýhodou. Základní druhy kompresoru řadíme na [16]:

- Pístový
- Spirálový
- Rotační
- Šroubový

A.3.5.2 Sorpční tepelná čerpadla

Součástí těchto TČ je tzv. termokompresor. Ten je místo elektrickou energií, pohánět tepelnou energií, která je vyšší než teplota vycházející z čerpadla. Princip tepelného pohonu je v termo-chemickém postupu, a to sorpcí. Jedná se o pohlcování plynu kapalinou (absorpce), nebo pevnou látkou (adsorpce) . Používá se ve většině případech roztok vody a amoniaku. Výhodou těchto čerpadel je, tichý chod a větší spolehlivost.

Sorpční čerpadla se v praxi příliš nevyžívají, ačkoli mají nesporné výhody, jejich největším nedostatkem je použití amoniaku, který je jedovatý a hořlavý. [16]

A.3.5.3 Topný faktor

Topný faktor je číslo, které udává kolikrát více energie získáváme, než do čerpadla vložíme.

Abychom určili vhodnost TČ, je hlavním porovnávacím měřítkem topný faktor ε_T (označován i jako COP). Efektivita energetických zařízení je určena dle jejich účinnosti. Tu vyjadřuje poměr mezi přivedenou energií a získanou energií. Účinnost je vždy větší než 1 (100 %), což je ovlivněno ztrátami zařízení.

$$\varepsilon = \frac{Q_s}{W} = \frac{T_k}{|T_k| - T_v} \quad (1.2.)$$

ε_T Topný faktor [-]

Q_s Získané teplo k vytápění [kWh]

W Spotřebovaná práce kompresoru [kWh]

T_k Teplota kondenzační

T_v Teplota vypařování

Topný faktor se mění v závislosti na okolní teplotě, proto by mělo být u každého čerpadla napsáno, pro jaké teploty odpovídá topný faktor. Vyšší hodnoty topného faktoru jsou dosaženy při vysokých teplotách exteriéru a nižších teplotách interiéru.

A.3.5.4 Zdroje tepelné energie

Zdrojů tepla může být několik. Tepelné čerpadlo odebírá tep. energii z prostředí.



A.3.5.4.1 Půdní vrstva

Půdní vrstva, patří k jednomu ze zdrojů tepla. Teplo, které je akumulováno (většina energie pochází z energie sluneční) v půdní vrstvě, odebíráme pomocí zemních kolektorů. Ty můžeme instalovat na zahradu nebo jakýkoliv pozemek patřící vytápěnému objektu. Kolektor umísťujeme do dostatečné hloubky, aby nebyly poškozeny prorůstajícími kořínky rostlin a ovlivněny promrzáním půdy. Umísťuje se v hloubce 1,5 – 2 m dostatečně daleko od základů objektu. Trubky půdního kolektoru jsou od sebe vzdáleny min. 0,6 m, doporučuje se 1 m. Jsou většinou z polyethylenu, v nichž proudí nemrznoucí směs. Výhodou kolektorů je nižší pořizovací cena oproti např. zemním vrtům. Nevýhodou je nutnost dostatečně velkého pozemku (nad 200 m²) a omezení jeho využití.

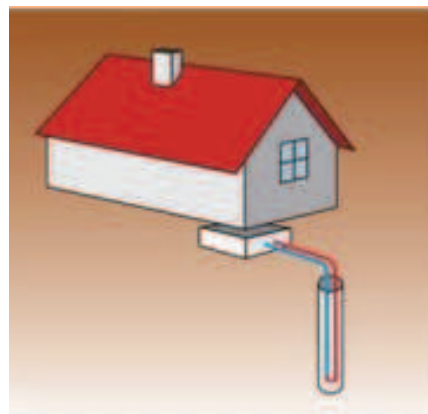


Obr. 8: Půdní vrstva (Ekowatt) [20]

A.3.5.4.2 Podlaží

Dalším zdrojem tepla je podlaží domů. Akumulovaná energie hornin se čerpá pomocí hlubinných vrtů. V každém z vrtů je uloženo svisle plastové potrubí s nemrznoucí kapalinou. Vrt je obvykle o průměru 15 cm a délka vrtu je cca 15 metrů na 1 kW výkonu. Proto se mnohdy volí více kratších vrtů.

Výhodou tohoto typu získávání tepla, je mírně se pohybující topný faktor. Nevyužívá velkého prostoru na pozemku. Vrt lze využívat pro chlazení interiéru v letních měsících, kdy teplo odebrané z objektu ukládáme do vrtů. Nevýhodou je vysoká pořizovací cena (náklady na stavební práce) a také potřeba stavebního povolení.

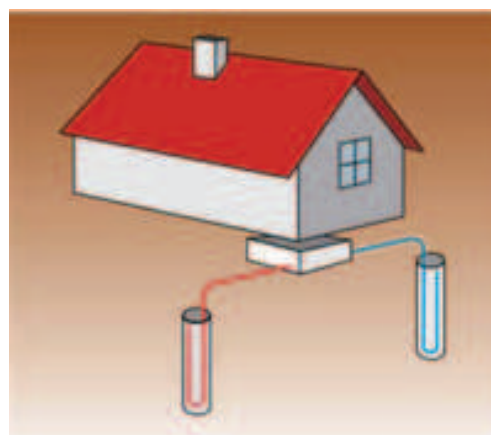


Obr. 9: Podlaží (Ekowatt) [20]

A.3.5.4.3 Podzemní voda

Podzemní voda, může být další zdrojem tepla pro tepelné čerpadlo. Podzemní voda, má poměrně vysokou teplotu a tepelnou kapacitu. Tepelná čerpadla pro podzemní vodu, jako primární zdroj, dosahují nejvyššího průměrného ročního topného faktoru s nejnižšími náklady. Jsou zapotřebí dvě studny umístěné v dostatečné vzdálenosti od sebe. Voda pro ochlazení je odebírána

ze zdrojové studny a ochlazená se vrací do vsakovací studny (pro doplňování podzemní vody). Podzemní voda je přímo čerpána do tepelného čerpadla, kde předává svoji tepelnou energii. Vysoká průměrná teplota vody je parametrem, který zvyšuje topný faktor. Tento systém vyžaduje dostatečné množství vody, které se kontroluje nejméně měsíční čerpací zkouškou, to se provádí tak, že se do zdrojové studny vloží čerpadlo s průtokem nastaveným tak, aby simulovala skutečný odběr čerpadla. To je nevýhodou



Obr. 10: Podzemní voda (Ekowatt) [20]

systému s podzemní vodou a také není vhodný pro všechny lokality. Důležité je minerální složení vody, které může způsobit v horších případech zanášení výměníku TČ. Další nevýhodou je nepřetržitý provoz oběhového čerpadla a nutnost geologického průzkumu.

A.3.5.4.4 Povrchová voda

Využití povrchových vod jako primárního zdroje tepelného čerpadla můžeme rozdělit to tří skupin: přímý odběr tekoucí vody, nepřímý odběr tepla z tekoucí vody a nepřímý odběr tepla ze stojaté vody.

Přímý odběr tekoucí vody, doprava k tepelnému čerpadlu, její ochlazení a návrat



vody zpět do toku. Odběr je vázán na majitele či správce povodí. Kvůli chladným měsícům,

Obr. 11: Povrchová voda (Ekowatt) [20]

kdy je voda chladnější, je třeba správná konstrukce primární strany TČ a výparníku, aby nezamrzl. V praxi se tento systém téměř nevyskytuje.

Nepřímý odběr tepla z tekoucí vody je totožný s odběrem tepla z půdní vrstvy. Na dno vodního toku je vložen kolektor, jehož polyetylenové trubky jsou vyplněny médiem (nemrznoucí a ekologicky nezávadná směs). Opět musí být vše schváleno majitelem či správcem vodního toku. Kolektor musí mít dostatečnou délku, aby se na jeho povrchu nevytvářela v zimních měsících námraza.

Nepřímý odběr tepla stojatým vodám je stejně jako předchozí případ řešen polyetylenovým potrubím s ekologicky nezávadnou a nemrznoucí směsí, které je položeno na dně. Délka hadic je kratší než v případě zemních výměníků. Většinou v rybnících či vodních nádržích. Je důležitá dostatečná hloubka zdroje, aby nebyla poškozena či ovlivněna příroda. Výhodou je, v případě velké vodní plochy, dobrý a stálý topný faktor, protože voda na dně je stabilní, okolo 4 °C. V případě malého průtoku může docházet k zamrznutí či podchlazení vody. Opět je třeba povolení od vlastníka či správce.

A.3.5.4.5 Vnější vzduch

Vnější vzduch, jako hlavní zdroj pro TČ, je využitelný v oblastech s mírnějším podnebím a malým počtem mrazových dnů. Obsah energie ve vzduchu je závislý na vlhkosti a vlhkost je závislá na teplotě. Při nízkých teplotách je topný faktor nízký. Venkovní jednotka s ventilátorem nasává venkovní



Obr. 12: Vnější vzduch

vzduch a dopraví ho k tepelnému čerpadlu. Použitý vzduch se odvádí v dostatečné vzdálenosti od nasávaného vzduchu. Tento zdroj umožňuje ohřívat vodu i vzduch. V případě ohřívání je vzduch vháněn přímo do místnosti a má funkci také klimatizace. Výhodou je přímý ohřev vzduchu a nižší pořizovací cena a jednoduchá instalace a minimální požadavky na prostor. Z ekonomického hlediska je tento systém spíše nevhodný pro vytápění objektu, pro svůj nízký topný faktor v období největší potřeby tepla. Nevýhodou také může být hluk a spotřeba energie z ventilátoru obsaženého v jednotce.

A.3.5.4.6 Vnitřní vzduch

Vnitřní vzduch jako primární zdroj pro tepelné čerpadlo je poslední užívanou variantou a je konkurencí jinému druhu zpětnému získávání tepla, a to rekuperaci. Výhodou je, že odpadní teplo má stále relativně vysokou teplotu, což zajišťuje dobrý topný faktor (díky malým rozdílům teplot vstupního a výstupního vzduchu v čerpadle) a je ideální pro provoz čerpadla. Je nutné mít zde ale větrací systém,



Obr. 13: Vnitřní vzduch (Ekowatt) [20]

který vyměňuje vnitřní vzduch a ten je před vypuštěním z objektu ochlazován pomocí tepelného čerpadla. Nevýhodou je množství vnitřního vzduchu, který nestačí na pokrytí tepelných potřeb pro daný objekt. Z tohoto důvodu je vhodné využívat tento typ čerpadla u nízkoenergetických a pasivních domů. Výhodou oproti rekuperačním jednotkám je možná aplikace i v době, kdy není potřeba topit, ale naopak ochlazovat. Při správné volbě tepelného čerpadla a správném zapojení vzduchotechnických rozvodů, můžeme dosáhnout požadovaného ochlazení objektu a odpadního teplo tak využít k přípravě teplé vody.

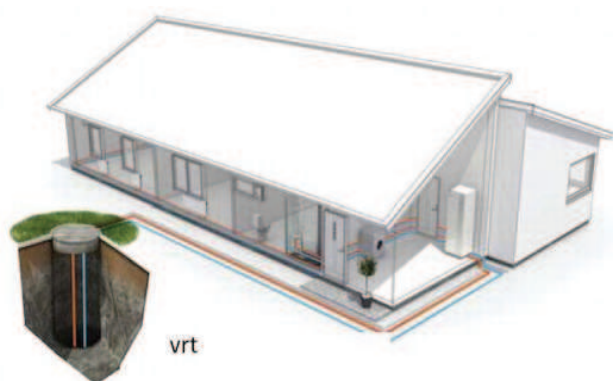
V praxi se využívá i případ, že čerpadlo ochlazuje vzduch vystupující z rekuperační jednotky a tím využívá veškeré teplo ze vzduchu. Tento princip je ovšem nákladný se složitějším provozem. [18,19]

A.3.5.5 Tepelné čerpadlo obecně rozdělit na 3 typy:

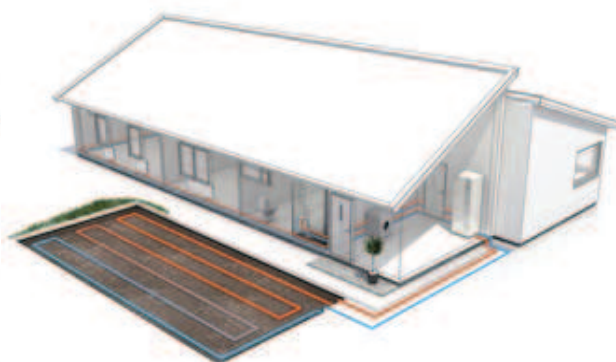
1. Země – voda

V plastové trubce, několik set metrů dlouhé (zemním kolektoru), cirkuluje nemrznoucí směs, která se průchodem zemí "ohřívá" o několik stupňů Celsia (v nezámrazné hloubce je stálá teplota cca. 4°C). Poté putuje do výměníku tepelného čerpadla (výparníku), kde se ochladí, tj. odebere se tepelný přírůstek a ochlazená kapalina míří zpět do kolektoru kde se zahřeje. Tento cyklus se neustále opakuje.

Výhodou je stabilní topný výkon, dlouhodobá životnost, tichý chod. Nevýhodou jsou vysoké náklady.[21]



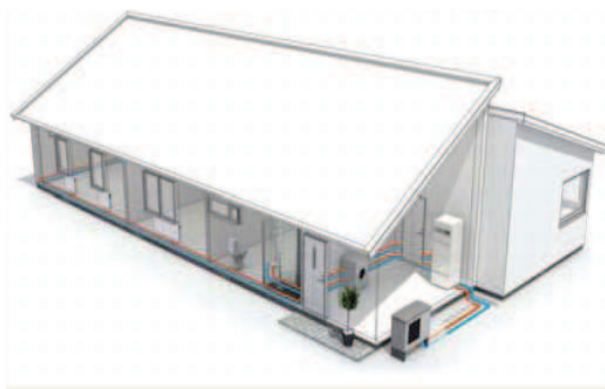
Obr. 15: Vrt (Miava)



Obr. 14: Plošný kolektor (Miava)

2. Vzduch – voda

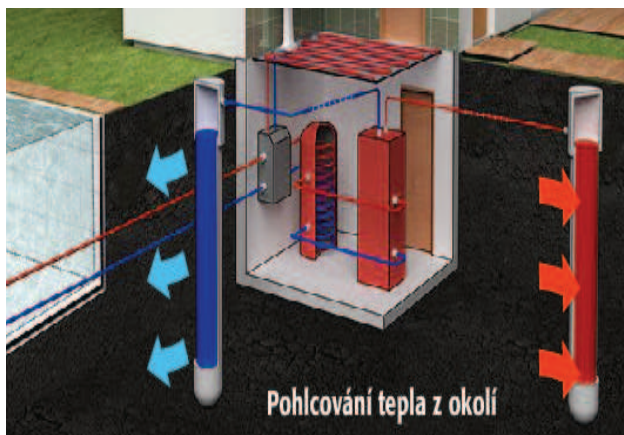
Vnější jednotkou (výparníkem s ventilátorem) umístěnou venku, je nasáván vzduch, ze kterého je odebírána tepelná energie a znovu je tento ochlazený vzduch vyháněn do venkovního prostoru. Vnitřní jednotka, umístěná v objektu, zabezpečuje výrobu topné vody a teplé užitkové vody. Výhodou je cena, všestranné využití, jednoduchá instalace. Ovšem za nižších teplot je menší účinnost. Průměrný roční topný faktor je téměř neměnný a je stejný, jako u systému čerpadla země – voda. [21].



Obr.16: Vzduch-voda (Miava)

2. Voda - voda

Pro tento systém je přírodním zdrojem povrchová, podzemní a nebo spodní voda. Ze zdroje (většinou ze studny) odebíráme vodu. Necháme ji projít výměníkem tepelného čerpadla (výparníkem), který u ní odebere část tepla a zase ji vracíme zpět do země druhou (vsakovací) studnou.



Obr.17: Voda-voda [21]

Vzdálenost mezi vrty by měla být min. 10 m, nejlépe ve směru podzemních proudů zdrojová (vsakovací) studna. Výhodou je vysoký topný faktor, nižší pořizovací náklady. Nevýhodou je počet vhodných lokalit, požadavky na chemické složení. Tento typ čerpadel je neúčinnější díky vlastnostem podzemní vody.

A.3.6 Energie biomasy

Biomasa patří mezi hlavní složky při využívání obnovitelných zdrojů energie v České republice i v Bosně a Hercegovině.

Je to hmota biologického původu (rostlinného i živočišného). Bez energie slunce by nemohla existovat, jelikož fotosyntéza poháněná energií slunce je nezbytně nutná pro rostliny a rostliny jsou primárně potřebné pro život živočichů. Energie z biomasy představuje nejen odstraňování zbytkových látek způsobem vhodným pro životní prostředí, ale také produkci zaměřené pěstovaných energetických nosičů významných pro odlehčení zemědělského trhu [10].

A.3.6.1 Rozdělení biomasy

A.3.6.1.1 Odpadní biomasa

- Z lesního hospodářství - zbytky po těžbě dříví (pařezy, kořeny, kůra, větve, šišky, atd.)
- Z průmyslové výroby - spalitelné odpady z dřevařských závodů (piliny, hobliny, kůra), odpady z pivovarů, mlékáren a lihovarů, cukrovarů
- Ze zemědělské výroby, údržba zeleně – rostlinné odpady (kukuřičná sláma, obilná sláma, seno, zbytky údržbě trávníků, odpady sadů, vinic, aj.)
- Ze živočišné výroby – hnůj, kejda, zbytky krmiv.
- Komunální organické odpady – kaly, tuhý organický komunální odpad (čajové sáčky, skořápky z vajíček, zbytky ovoce, atd.) [10]

A.3.6.1.2 Biomasa záměrně pěstovaná pro energetické účely

V dnešní době se kromě krmných a potravinářských zemědělských plodin pěstují záměrně i rostliny čistě pro energetické využití. Výběr vhodných energetických plodin je dán mnoha faktory:

- Účel a způsob využití
- Druhu půdy, kde se nachází tzv. energetické plantáže
- Možnosti sklizně a její dopravy
- Klimatické podmínky [10]

A.3.6.2 Způsob získávání energie z biomasy

V získávání energie z biomasy převládá v suchých procesech spalování, tedy termomechanická přeměna. Podle druhu je spalována přímo, nebo ze spalovat kapalně či plynné produkty z jejího zpracování.

- Spalování biomasy
- Výrobu kapalných paliv
- Výrobu plyných paliv

V mokřích procesech pak dominuje výroba bioplynu anaerobní fermentací. Z dalších procesů je nejpoužívanější výroba bioolejů získávaných ze semen olejnatých rostlin v surovém stavu [10].

Primárním účelem spalování biomasy je výroba tepla. Ovšem v posledních letech je výrazný vzestup i výroby elektřiny spolu-spalováním biomasy.

A.3.6.3 Biomasa pro vytápění

Co se týče vytápění biomasou, dominuje rostlinná složka nad živočišnou. Spalování biomasy je pro výrobu tepla nejběžnější. Druhotně vyrobená paliva z biomasy, zejména bioplyn, lze také využívat pro výrobu tepla. Ovšem nejčastěji je bioplyn využíván při kombinované výrobě elektřiny a tepla. Nejběžnější je spalování biomasy tuhé rostlinné složky. Zdroje biomasy lze dělit:

- Biomasa zbytková

Ta je tvořena převážně lesními odpady, ty jsou zpracovány štěpkovači, nebo je z nich produkováno palivové dřevo. K dopravě zbytkové biomasy je třeba logistiky, což ji dělá poměrně neefektivní.

- Biomasa záměrně produkováná

Zahrnuje rychle rostoucí plodiny, které mají vyšší produkci, než běžně pěstované rostliny. Jedná se zejména o vrby, topoly, travu, řepku. Využití má velký potenciál, ovšem zabírá místo pro pěstování potravinových plodin.

A.3.6.4 Paliva pro biomasu

Vlastnosti paliv ovlivňují výrazně průběh spalování. Vlhkost a výhřevnost je dominantní vlastností paliva. Platí, že čím větší vlhkost, tím menší výhřevnost.

V domácnostech se využívají tyto paliva:

- Tvrdé dřevo – listnaté stromy, mají velmi dobrou výhřevnost.

Dá se využít pro otevřená ohniště i uzavřené kotle. Výhodou je nízký obsah popelu.

- Měkké dřevo – jehličnaté stromy a některé listnaté stromy (lípa, bříza). Výhřevnost těchto paliv je nižší. Nevýhodou je velké množství pryskyřice, což způsobuje praskání dřeva a to není žádoucí u otevřených topenišť.

- Dřevní štěpka – drobné špalíčky zpracované štěpkovačem z dřevního odpadu. Výhřevnost závisí na dřevu, ze kterého je zpracována. Existují speciální kotle na spalování štěpky, ovšem dá se spalovat ve všech typech kotlů.
- Pelety - velmi oblíbené spolu s briketami. Jsou vyrobené lisováním vysušených pilin na malé válečky (u pelet) a větší kvádry (u briket). Vysoká výhřevnost je předností těchto paliv, ovšem nevýhodou je vyšší cena. Brikety se využívají spíše v krbech. Pro pelety používáme automatické kotle.
- Sláma – palivo vyžadující speciální kotle, které nejsou zatím příliš rozšířené. Většinou je zpracována v balících, které se vkládají do kotle. Tyto kotle jsou vhodně pro větší objekty. Jejich výkon je přes 30 kW. Využívá se zejména ve vesnicích, kde jsou balíky slámy ekonomicky výhodnější.
- Ostatní paliva – obilí, hořčice, mák. Spalují se v zařízeních určených pro pelety. Mají menší výhřevnost. Jsou využívány především jako potraviny.

A.3.6.5 Spalování – princip

Spalování

= přeměna chemické energie v energii tepelnou; oxidace paliv

= vznikají zplodiny → produkty hoření (plyn, popel) a kouřové plyny (dříve spaliny)

= spalovací děje → dynamické procesy, které popisují průběh spalování se vznikem tepla.

Hoření = oxidační proces

Základní vlastnosti paliv = z chemického složení vyplývá → výhřevnost

→ spalovací teplota

→ spalné teplo

Základní prvky = C, H, O, N, S, popel, H₂O

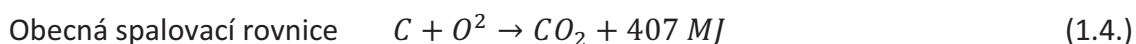
Cílem analýzy paliv jsou hmotnostní podíly jednotlivých složek $\rightarrow W$.

Balance se popisuje zpravidla rovnicí. (hmotnostní zlomky)

$$W_c + W_{H_2} + W_{O_2} + W_N + W_S + W_{H_2O} + W_a = 1 \quad (1.3.)$$

Veličiny = molární hmotnost, kg mol, Nm³ = 1/22,41 kg/mol

Děje popisují spalovací rovnice:



Spalné teplo = uvolněné teplo, přičemž H₂O vzniká hořením, je součástí paliva, je v kapalném stavu $\rightarrow$ kondenzují. Získá se měřením

Výhřevnost = uvolněné teplo hořením se zmenší o výparné teplo, nutné k odpaření vody, voda je ve skupenství plynném. Spočítá se ze spalného tepla pomocí empirických vztahů.

Druhy spalování

- Dokonalé = zplodiny obsahují jen CO₂, SO₂ a H₂O + popel
- Nedokonalé = Při spalování vzniká CO, C, S + popel. Řešení analogické k spalování dokonalému, výsledky se korigují vzdušným součinitelem
 $\lambda = 0,8 - 2,0$

Specifický proces při spalování biomasy a její charakteristické vlastnosti, vyžadují speciální konstrukci spalovacích zařízení. Při spalování je velmi důležitá velikost spalovacího prostoru, uspořádání a dimenzování topenišť a konstrukce

Spalovací proces dřeva probíhá v následujících fázích:

1. Sušení – odpařování vody z paliva
2. Pyrolýza – uvolňování prchavé složky z paliva
3. Spalování plynné složky paliva
4. Spalování pevných látek, zejména uhlíku

A.3.6.6 Základní faktory ovlivňující spalování biomasy

Protože se sušením nemění obsah sušiny ve dřevě, která je rozhodující pro množství získaného tepla, zvýšení výhřevnosti je dáno jen snížením obsahu vody, která by se při spalování musela odpařit a která by část vzniklého tepla v páře odnesla. Teplota hoření nesmí klesnout pod 600 °C z důvodu dokonalého spálení směsi uvolněné prchavé hořlaviny a přivedeného předeřhřátého spalovacího vzduchu. Optimální teplota spalování biopaliv je kolem 900 °C, neměla by však překročit 1200 °C s ohledem na tvorbu NO_x. K směsi hořících plynů musí být přiveden pokud možno předeřhřátý sekundární spalovací vzduch, který zajistí dokonalé promísení a spálení všech hořlavých složek směsi. Protože v zájmu dobře vedeného spalovacího procesu je maximální využití energie paliva, a tedy jeho dokonalé vyhoření, kdy po spalování nezbydou žádné nespálené zbytky hořlavin (nedopal), je reálný spalovací proces prováděn s větším množstvím spalovacího vzduchu, než je teoretické. Jedná se tedy o spalování s přebytkem vzduchu. Hořící směs plynů nesmí být nikde ochlazována, Přestup tepla do teplosměnného média může následovat až po vyhoření plynů. Vnitřní povrch by měl být šamotový, protože šamotová vyzdívka napomáhá k dokonalému vyhoření uvolněných hořlavých plynů.

Kvalitním spalováním dřeva není zatěžováno životní prostředí. Spalování dřevních plynů probíhá v širokém rozmezí spalovacích teplot. [23]

Spalování biomasy lze považovat za problematické. Pro dosažení největší účinnosti je potřeba správný poměr primárního a sekundárního vzduchu, dobře vyřešená konstrukce topeniště a optimální vlhkost paliva. Při omezení přívodu vzduchu dochází ke zpomalení hoření a snížení výkonu a také velmi klesne účinnost a tvoří se škodliviny (oxidy dusíku, aromatické uhlovodíky, saze)

A.3.6.7 Zařízení pro spalování biomasy

A.3.6.7.1 Krby, krbové vložky, krbová kamna

Dnešní doba nabízí širokou škálu zařízení pro spalování biomasy. Tato zařízení jsou výrobcům nabízena s nutností obsluhy, ale i zcela automatizovaná. Zařízení nelze používat jakékoliv, každé má své vlastní specifikace. Základní rozdělení je na lokální a ústřední topidla.

Krby, krbové vložky

Krb patří mezi nejstarší způsob vytápění. Dříve byl jediný krb a to krb otevřený s účinností okolo 15 - 20 %.

Základní konstrukcí je otevřené topeniště s roštem a komín. V dnešní době již nejsou krby využívány pro vytápění, ale spíše pro vizuální efekt.

Dělí se na:

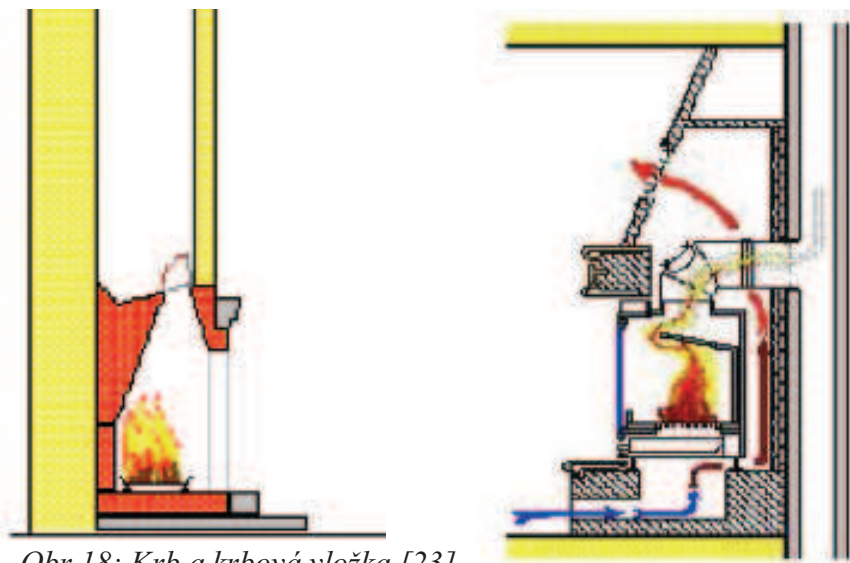
- otevřené
- uzavřené

Uzavřené jsou krby s krbovou vložkou. Plamen a horké spaliny odcházejí z ohniště přes zrcadlo (zadní stranu ohniště) do komína. Tepelná energie je předávána z ohniště do vytápěného prostoru trojím způsobem:

- zářením
- konvekci
- ohříváním vody či jiného média

Regulací přiváděného vzduchu a instalací tepelného výměníku (teplovodní či vzduchový) dosahuje vysoké účinnosti. Teplovodní výměníky mohou sloužit i k ohřevu vody.

Krbové vložky jsou ve většině případech konstruovány a dimenzovány na minimální spotřebu paliva, tedy jejich absolutní výkon nelze až na výjimky dostatečně akumulovat.



Obr.18: Krb a krbová vložka [23]

Krbová kamna

Tvoří určitý druh krbové vložky. Jsou více variabilní oproti krbu a krbovým vložkám. Palivem je zejména tvrdé dřevo nebo brikety. Ovšem dnes již existují i zcela automatizovaná krbová kamna na pelety. Jsou vhodné pro vytápění jedné místnosti a zejména pro vizuální efekt (oheň). Používají se spíše jako doplňkový zdroj, nebo v místnostech u chat či chalup, které je třeba rychle vytopit. V nízkoenergetických domech se dá už uvažovat se zapojením akumulční nádrže, která umožňuje provozovat krbová kamna nebo krbovou vložku jako jediný zdroj při vysoké účinnosti.



Obr.19: Krbová kamna

A.3.6.7.2 Kachlová kamna

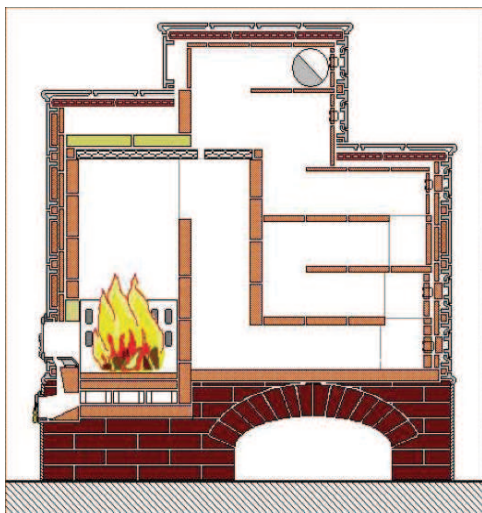
Jsou to topidla zkonstruována za účelem pravidelného dodávání tepelné energie do místností. V kachlových kamnech topíme dřívím. Jednou z mnoha jejich výhod je vysoká účinnost (až 90 %).

Kachlová kamna dělíme do tří skupin:

- Lehká kamna – to jsou kamna, která mají za úkol v krátkém čase vytopit určitý prostor. Mají omezenou akumulární schopnost (zhruba na 1-5 hodin), ale veliký výkon na malé ploše. Proto jsou vhodná zejména do chat a chalup.
- Středně těžká – používají se jako alternativní zdroj tepla v domech s centrálním topením pro přechodová období (jaro, podzim), kdy už je chladnější počasí, ale stále se ještě nevyplatí roztápet kotel ústředního topení. Jejich akumulární doba se pohybuje okolo 5 – 12 hodin. Jde o topení pohotové a provozně ekonomické.
- Těžká – těžká kamna se kupodivu používají jako hlavní zdroj tepla pro celý dům, nebo pro jeho významnou obytnou část, převážně v horských oblastech, ale nejen tam. Jejich akumulace je 12 – 24 hodin, mnohdy i více. Přitom spotřeba dřeva je minimální.



Obr.20: Kachlová kamna [23]



Obr.21: Kachlová kamna (řez) [23]

Kamna jsou vždy dominantou místnosti, jejich část je často funkčně propojena s interiérem jako opěradlo lavice, lze na nich sedět, někdy i ležet. Dnešní moderní pojetí využívá špičkových kachlářských a kamnářských výrobků. Kamna se stávají dominantou objektů a to i dnešních moderních domů.

Pro správný návrh je třeba ovládat zejména tzv. „kamnařinu“. Kamnář, po důsledné analýze tepelné potřeby a výpočtu, může dospět k závěru, jak mají být kamna veliká (jakou mají mít plochu), kolik mají vážit, jaké mají mít tahy a kolik se v nich stopí dřeva.[23]

A.3.6.7.3 Ústřední kotle

Jde o nejběžnější způsob vytápění. Kotle jsou založeny na principu ohřívání vody, která proudí v ústředním topení.

U nízkoenergetických objektů lze používat jako teplotnosné medium vzduch. Minimální výkon kotlů je 7 kW. Pro nízkoenergetické domy se doporučuje instalace akumulční nádrže, která pomáhá regulovat výkon. Výrobci nabízí jednoduché kotle na kusové dřevo s menší účinností i plně automatické zplyňovací kotle na pelety s účinností okolo 90%. Nabídka kotlů je rozmanitá, účinnost vysoká, spalování paliva je kvalitní. Pořizovací cena kotlů není příliš vysoká. Jako palivo lze použít palivové dřevo, brikety, pelety a u větších kotlů štěpka a sláma.

A.3.7 Předávání tepelné energie

A.3.7.1 Teplo

Teplo je část vnitřní energie, kterou těleso přijme nebo odevzdá při tepelné výměně druhému tělesu.

Teplo je energie ekvivalentní energii mechanické. Vyjadřuje, jak se změní vnitřní energie, tj. součet pohybových a polohových energií částic tělesa, jestliže se toto těleso ochladí nebo zvýší svoji teplotu.

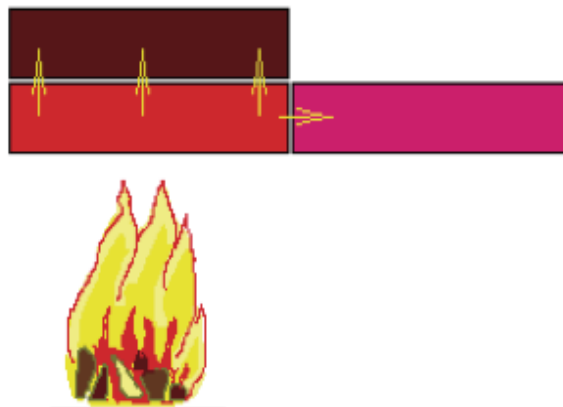
Základní jednotka pro energii, práci a teplo je joule [J]. Sdílením tepla se označuje přenos energie z oblasti

Přenos tepla:

- Vedením - kondukce
- Prouděním – konvekce
- Sáláním - radiace

A.3.7.1.1 Šíření tepla vedením

Sdílení tepla vedením souvisí s tepelným pohybem a vzájemným energetickým působením molekul, atomů, iontů a elektronů. Teplo se přenáší vedením nejen v tuhých, ale i v kapalných a plynných tělesech. Vedení tepla je jediný způsob šíření tepla v pevných tělesech.



Obr.22: Šíření tepla vedením [23]

Podle rychlosti vedení tepla se pevné látky dělí na tepelné vodiče a tepelné izolanty. [23]

A.3.7.1.2 Šíření tepla prouděním (konvekci)

Mechanismus přenosu, kdy se uplatní pohyb molekul, zpravidla prouděním.

Formy pohybu molekul jsou:

- Kondukce – náhodný pohyb molekul (difúze)
- Advekce – pohyb shluků molekul

Super pozice dějů tvoří konvekci $\Rightarrow$ kondukce + advekce = konvekce

Dominantní fyzikální faktory proudění:

c, ρ, λ, α , dynamická η a kinematická ν viskozita, objemová roztažnost u plynů, sloučitelnost u kapalin



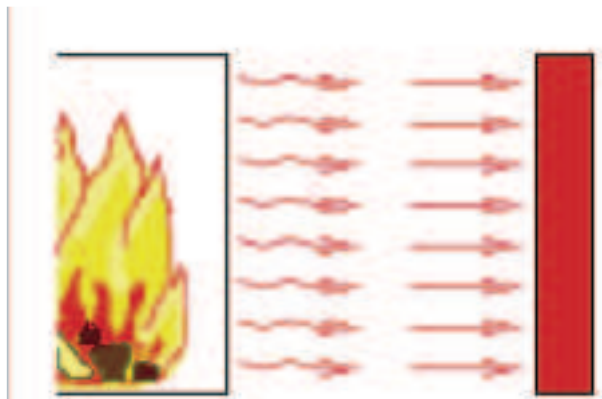
Obr.23: Šíření tepla konvekci[23]

Sdílení tepla konvekci je proces, který souvisí s prouděním tekutiny. Podle druhu sil, které proudění způsobují, dělíme konvekci na volnou a nucenou. Nejčastějším typem volné konvekce je přirozené proudění, vyvolané působením gravitačního pole na nerovnoměrně prohřátou tekutinu.

Pohyb tekutiny, zapříčiněný povrchovými silami, se nazývá nucená konvekce. Mezi povrchové síly se řadí síly tlakové a síly třecí. Mohou být vyvolány ventilátorem, čerpadlem, tahem komína, pohybem tuhého tělesa.

A.3.7.1.3 Šíření tepla zářením (sáláním)

Sdílení tepla zářením se uskutečňuje pomocí elektromagnetického vlnění. Tepelná energie tělesa se mění v elektromagnetické vlnění, které se šíří prostorem, je



pohlcováno povrchy okolních těles, kde se opět promění v tepelnou energii. Na rozdíl od předchozích dvou způsobů sdílení tepla není záření vázáno na hmotné prostředí, může probíhat i ve vakuu. [23]

Obr.24: Šíření tepla sáláním [23]

A.3.7.2 Předávání tepelné energie do vytápěných prostor

Ve vytápěných prostorech dochází ke sdílení tepla prouděním a zářením. Každé topidlo vydává oba tyto druhy tepla, ovšem v odlišných poměrech.

A.3.7.2.1 Volná i nucená konvekce

Se vzrůstajícím teplem se zvětšuje objem většiny látek. Zvětší-li se objem, zmenší se objemová hmotnost. Z toho vyplývá, že je-li vzduch ohříván, stává se lehčím a je studeným vzduchem vytlačován vzhůru.

Na tomto principu je postavena většina teplovzdušných systémů. Postaví-li se do místnosti intenzivní zdroj tepla a zajistí-li se okolo něj proudění vzduchu, potom se chladný vzduch od podlahy o tepelný vzduch ohřívá a je vytlačován do horní části místnosti. Teplý vzduch lze jímat a transportovat izolovaným potrubím i do jiných místností, dokonce dosti vzdálených. Existují i pomocné ventilátory, které zprostředkují transport většího objemu teplého vzduchu, či na delší vzdálenosti. Tyto systémy pracují na principu cirkulace vzduchu. Je třeba ovšem zabezpečit stejné množství vzduchu zpět ke zdroji [23].

A.3.7.2.2 Sálavé teplo (šíření tepla zářením)

Sálavé teplo, je teplo, které se šíří rovnoměrně všemi směry zdroje. Toto teplo neprohřívá vzduch, ale přímo předměty, od kterých je teprve druhotně ohříván vzduch.

Pro objekty trvale obydlené je jednoznačně vhodný sálavý akumulací systém vytápění. Hlavně z hlediska zdravotního a z hlediska účinnosti (tedy provozních nákladů). Pro objekty přechodně obydlené je vhodné použít lehký sálavý systém, případně můžeme použít i otevřený teplovzdušný systém. Případně kombinaci obou systémů [23].

A.4 Experimentální řešení

Experimentální řešení slouží k ověření teoretických poznatků.

Fyzikální děje není vždy možné stanovit výpočtem, proto je nutno stanovit je experimentálně. Výsledkem experimentů pak mohou být například konstanty pro návrh zařízení na principu modelování.

Hlavní úkoly experimentálního řešení

1. ověřování výsledků výpočtového modelování (ověření vazby mezi výpočtovým a experimentálním modelováním)
2. náhrada výpočtu (získání podkladů pro dimenzování a posuzování konstrukce, jejíž výpočtové modelování je příliš obtížné, zdlouhavé, či nemožné)
3. monitorování a diagnostika (sledování namáhání, poškození přičemž monitorování dovolí identifikaci vlastností)
4. získávání nových poznatků (k získání poznatků a objevení nových zákonitostí)

[3]

Experimentálním řešením u zadaného tématu bylo měření intenzity slunečního záření pomocí pyranometru.

Intenzita slunečního záření je fyzikální veličina s jednotkou W/m^2 .

Veličina je definovaná součtem intenzity rozptýleného (difúzního) a přímého slunečního záření dopadajícího na vodorovnou plochu. Její velikost a počet jednotlivých složek slunečního záření se mění v závislosti na výšce Slunce nad horizontem, oblačnosti a míře znečištění atmosféry. [1]

Intenzitu slunečního záření měříme pomocí pyranometru. Jedná se o čidlo, jehož měření je založeno na principu teplotní difference vzniklé slunečním zářením na černé a bílé ploše. Na připevněných termočláncích vzniká napětí, které je přímo závislé na intenzitě slunečního záření. [2]

Měřicí přístroje a pomůcky použité k experimentu

- Pyranometr SG 0013, výrobce J.Tlušťák
- Zaznamenávací ústředna Ahlborn ALMEMO 3290-8
- Controlotron System 1010 DP UNIFLOW
- Počítač
- Software EXEL

Čidla a snímače

- Odporové dráty Pt100 (určené pro měření teploty), Ahlborn 4ks
- Pro měření intenzity slunečního záření, Ahlborn 1ks

Sledované veličiny

- Teplota t $[^{\circ}\text{C}]$
- Intenzita sluneční radiace I $[\text{W}/\text{m}^2]$

Popis měření:

Na střeše rodinného domu byl instalován snímač slunečního záření, pyranometr. Snímač byl upevněn k střešní konstrukci (pod úhlem cca 15°). Úhel byl zvolen dle určitého typu solárního kolektoru, kvůli přesnějšímu simulování skutečné plochy kolektoru, na které budou po realizaci dopadat sluneční paprsky. Umístění snímače bylo voleno s ohledem na co nejmenší stínění prvků střešní konstrukce, okolní zástavby, zalesnění okolí atd. Z důvodů vystavení připojovacího kabelu povětrnostním podmínkám, byl na kabelu připevněn ochranný obal, aby bylo zabráněno poškození přístrojové techniky vodou.

A.5 Řešení využívající výpočetní techniku a modelování

A.5.1.1 Microsoft Word

Program byl použit pro zpracování textové části této diplomové práce.

A.5.1.2 Microsoft Exel

Program byl použit pro zpracování veškerých výpočtů, tabulek a grafů této diplomové práce. Je použit v části B a C.

A.5.1.3 AutoCAD Architecture 2008

Jedná se o software pro 2D a 3D projektování a konstruování v oblasti strojírenské konstrukce, stavební projekce a architektury.

Tímto softwarem byla zpracována výkresová dokumentace diplomové práce.

A.5.1.4 CalA

Softwarem CalA je možné simulovat různé fyzikální jevy. Hlavní využití je však v oblasti simulace 2D ustáleného i neustáleného sdílení tepla vedením s přestupem a vnitřními zdroji tepla. Tento fyzikální jev je využitelný při řešení mnoha technických úloh, či problémů. Ve stavebnictví jej lze využít jako fyzikálního modelu pro simulaci sdílení tepla v neprůsvitných materiálech.

V oblasti technických zařízení budov lze tímto softwarem simulovat například variantní konstrukční řešení podlahového, stěnového a stropního vytápění, či chlazení. [4]

Tento software je použit v části C – Experimentální řešení a zpracování výsledků. Pomocí toho softwaru bylo simulováno podlahové vytápění pro zadaný objekt.

A.5.1.5 Bsim

Bsim je integrovaný počítačový program pro analýzu budov. Byl vyvinut v dánském výzkumném institutu v Aalborg University. Bsim obsahuje sbírku pokročilých nástrojů pro simulaci a výpočet např. vnitřního klimatu, spotřeby energie, světlení, přirozené a nucené ventilace.

Všechny výpočty jsou prováděny za stálých podmínek. Budova, která má být v BSim nasimulována, může být rozdělena do libovolného počtu zón. Každá zóna obsahuje libovolné množství místností. Hodnoty pro exteriér jsou brány z klimatických podmínek dané oblasti. Pro každou budovu je možné vyhodnotit teplotní bilanci zóny, tj. teplotní toky skrze konstrukce, vnitřní zisky oken a různých zdrojů a systémů energie. Vzduch dodávaný z ventilačních systémů atd. Konstrukce je považována za homogenní, pokud není tloušťka vrstev příliš silná. Tepelná kapacita a skladba jednotlivých konstrukcí lze individuálně zadat. Budova je v BSim modelována z jednoduchých geometrických tvarů, které se v případě složitosti konstrukce dělí ještě do uzlů. Pro simulaci je nutné definovat každou konstrukci a její koeficienty tepelné vodivosti a také uvést všechny systémy použité v objektu. Simulace se může provádět pro celý rok, nebo pouze pro vybraný časový úsek (týden, měsíc). Výstupem z programu je energetická bilance budovy a k ní příslušný graf. BSim nabízí také hodnocení vnitřního klimatu.

B Aplikace tématu na zadané budově

B.1 Popis objektu

Novostavba rodinného domu se nachází v obci Bijeljina, která se leží v severovýchodní části Bosny a Hercegoviny v Republice Srbské (viz Obr.25). Obec má rozlohu 743 km² a celkový počet obyvatel 170 000. Bijeljina se neveřejně nazývá „Centrum východní Srbské republiky.“ Je to obec s přilehlými lesy a termálními prameny.

Rodinný dům je jednopodlažní, nepodsklepený, s obytným podkrovím, navržen jako jednogenerační a to pro 4-5osob.

Jedná se o samostatně stojící objekt o rozměrech 10,1 x 21,2 m na parcele č. 375/4, 3757/1, 3753/3, katastrálního území Skočis u Bijeljiny. Parcela má rozlohu 850 m², z toho zastavěná plocha činí 251,54 m².

V prvním nadzemním podlaží je pobytová zóna s garáží a ve druhém nadzemním podlaží jsou umístěny ložnice a dětské pokoje. Vstup (místnost č. 102) do objektu je na severní straně budovy. U zádveří je WC (místnost č. 111). Ze zádveří je přístup do obývacího pokoje (místnost č. 107), který je situován na jih, je spojený s kuchyní a jídelnou (místnost č. 109 a 108) ty jsou situovány na západ. Za jídelnou se nachází spíž (místnost č. 110) směřující na severní stranu. V obývacím pokoji je umístěno schodiště spojující první patro a podkroví. Za vstupem se nachází koupelna (místnost č. 103), situovaná na sever a za ní je pokoj pro hosty (místnost č. 106), přístupný z obývacího pokoje. Na východní straně domu je navržena garáž (místnost č. 104), která je určena pro dva osobní automobily. Za garáží se nachází technická místnost (místnost č. 105), která je určena pro technologii vytápění domu, přípravy TV a rozvody elektroinstalace.

Při výstupu ze schodiště se nachází chodba (místnost č. 201), ze které je přístup do všech místností v podkroví. Jsou zde umístěny dva pokoje směřující na jih (místnost č. 203 a 204), dále ložnice (místnost č. 205) a koupelna (místnost č. 202) situovaná na sever, samostatné WC (místnost č. 207) a technická místnost (místnost č. 206).

Rozmístění jednotlivých místností v objektu je znázorněno na Obr.26 a Obr. 27.

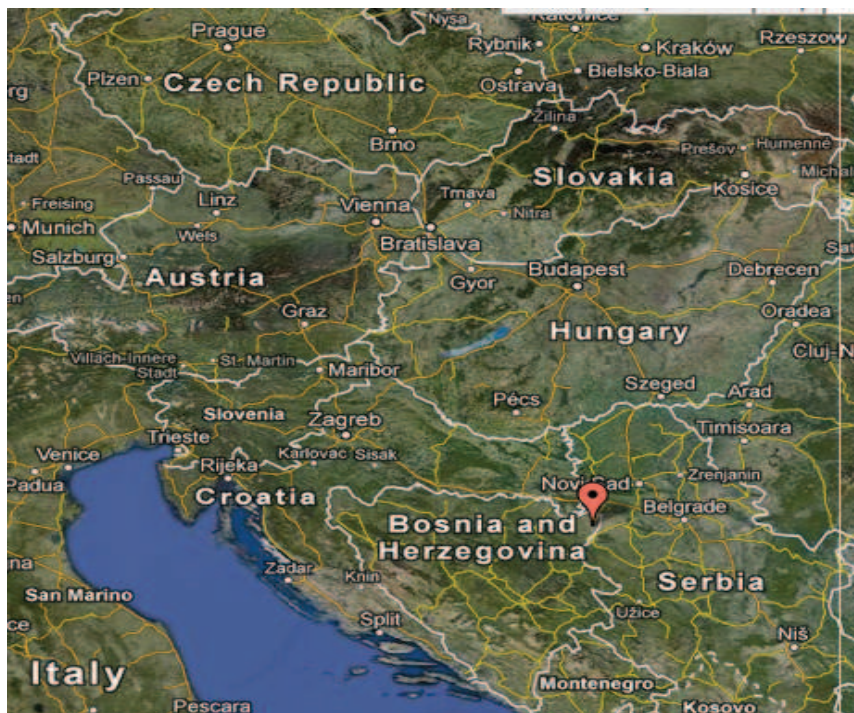
Celý objekt je navržen, jako dřevěný nosný skelet s obytným podkrovím a sedlovou střechou se spádem 40°. Jako střešní krytina je použita keramická taška.

Na objektu nejsou vikýře pouze střešní okna. Skladba obvodových stěn je tvořena z vnitřní strany sádkartonovými deskami upevněnými na ocelový rastroch a mezi nimi je 50 mm široká výplň tepelné izolace a ukončena parozábranou. Poté následuje OSB deska, minerální vata 160 mm mezi nosnou konstrukcí a OSB deska.

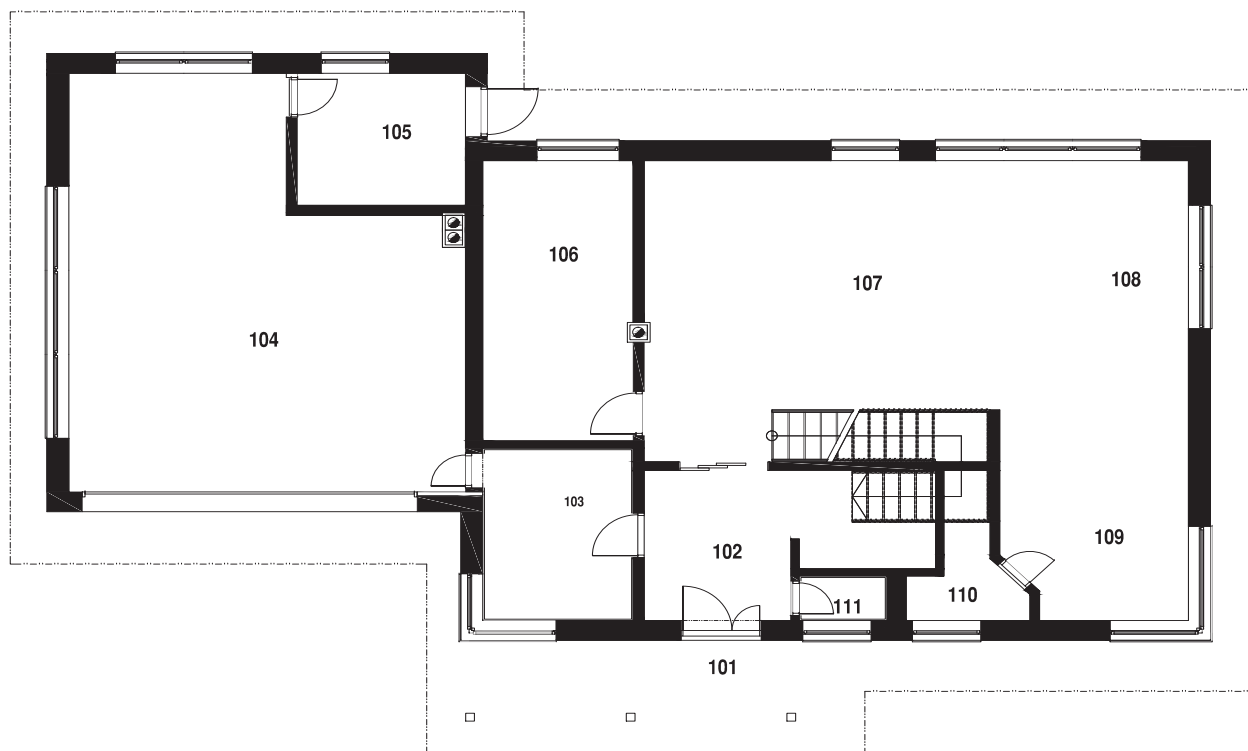
Poté se následuje izolace polystyrén tloušťky 150 mm se silikátovou omítkou. Podlahy v prvním nadzemním podlažím budou provedeny na betonovou podkladní mazaninu. Na ní bude provedena hydroizolace proti zemní vlhkosti a tepelná izolace - extrudovaný polystyren tl. 180 mm, na kterou je umístěna PE folie, anhydrid t. 50mm. Nášlapná vrstva je tvořena dle jednotlivých místností. Skladba střešní konstrukce je provedena z dřevěného krovu, na kterém jsou upevněny dřevěné trámký, mezi kterými je vložena 60 mm tlustá tepelná izolace a na ní ocelový rastr se sádkartonovým podhled. Mezi krokvemi je vložena 180 mm tepelná izolace z minerální vlny. Nad tepelnou izolaci se nachází paropropustná hydroizolace a nakonec je provedeno laťování s keramickou krytinou.

Jednotlivé stavební konstrukce jsou podrobněji popsány na Obr. 26,27.

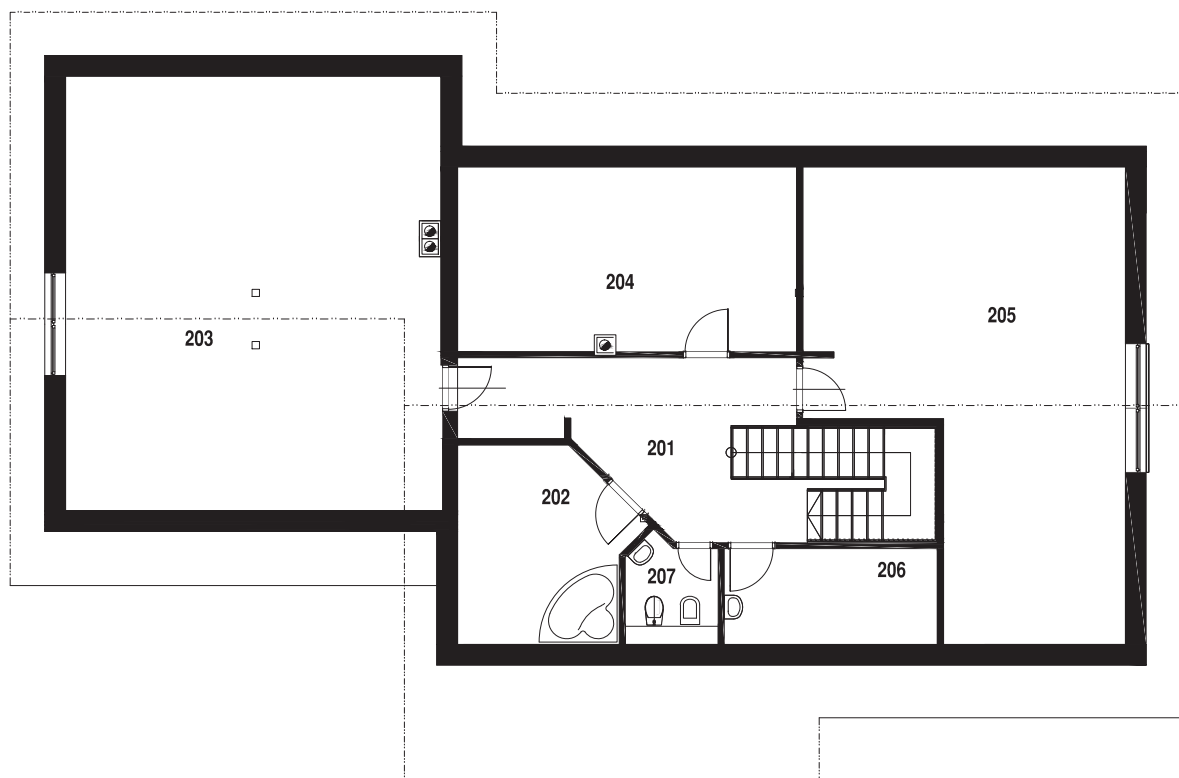
Okna jsou použita dřevěná, zasklená izolačním trojsklem, včetně střešních oken. Dveře jsou dřevěné bez skleněné výplně.



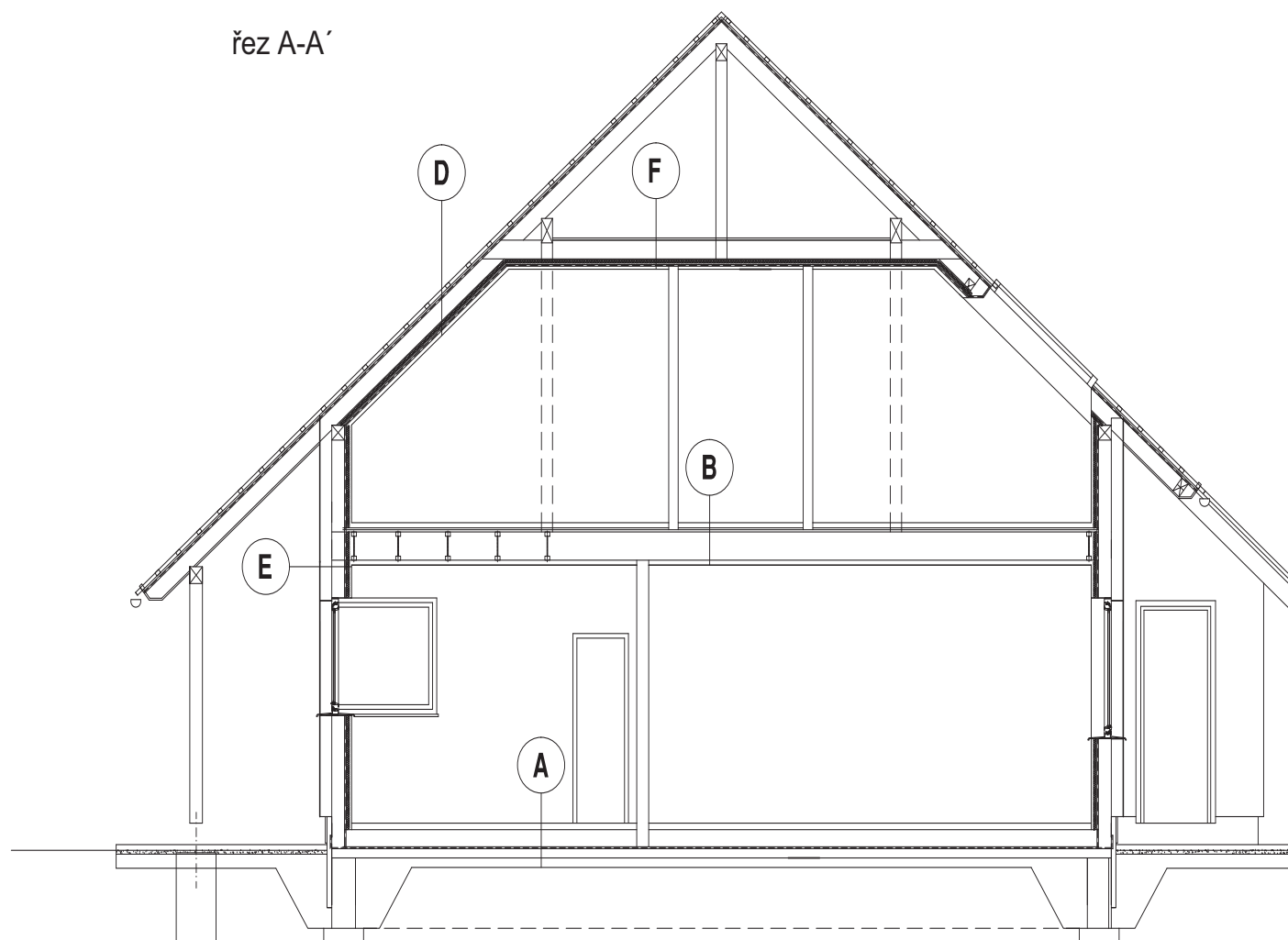
Obr. 25: Mapa pro lokalizaci objektu



Obr. 26: Schéma půdorysu 1.NP



Obr. 27: Schéma půdorysu 2.NP



Obr. 28: Schéma konstrukcí RD

A Konstrukce podlahy přilehlé k zemině

B Konstrukce stropu 1.NP

D Konstrukce střechy

E Konstrukce obvodového zdiva

F Konstrukce stropu 2.NP

Skladby konstrukcí jsou součástí přílohy (výkresové dokumentace, tepelný výkon objektu).

B.2 Výpočet tepelného výkonu

B.2.1 Základní údaje o stavbě:

Budova :	Rodinný dům
Počet obyvatel:	5
Klimatická zóna	III.
Místo stavby	Bosna a Hercegovina, Bijeljina – obec Padine
Návrhová venkovní teplota:	-18°C
Roční průměrná teplota:	4,1 °
Nadmořská výška:	91 m.n.m.
Poloha objektu v krajině:	Objekt je samostatně stojící
Délka otopného období:	210

Použité normy:

ČSN EN 12 831 – Tepelné soustavy v budovách

ČSN 73 0540 - Tepelná ochrana budov

B.2.1.1 Výpočet tepelných ztrát prostupem a větráním

Pro výpočet tepelných ztrát byla v programu Microsoft Excel vytvořena universální tabulka, kterou byly počítány tepelné ztráty všech místností zadaného objektu. Tabulka byla zkonstruována tak, aby respektovala ČSN EN 12831 Tepelné soustavy v budovách – VÝPOČET TEPELNÉHO VÝKONU. Tedy lze říci, že postup, který byl uplatněn na výpočtu tepelných ztrát místností souznívá krok po kroku se zmíněnou ČSN EN 12831 a výpočet lze brát jako ruční výpočet dle následujících vzorců.

Celková návrhová tepelná ztráta:

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} \quad (2.1.)$$

$\Phi_{T,i}$...celková tepelná ztráta prostupem tepla

$\Phi_{V,i}$...celková tepelná ztráta větráním prostoru

Φ_i ...celková návrhová tepelná ztráta prostoru

Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\Theta_{int,i} - \Theta_e) \quad (2.2.)$$

$\Phi_{T,i}$...celková tepelná ztráta prostupem tepla

$H_{T,ie}$...ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí pláštěm budovy

$H_{T,iue}$...ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí nevytápěným prostorem

$H_{T,ig}$...ztráta do zeminy z vytápěného prostoru

$H_{T,ij}$...ztráta z vytápěného prostoru do sousedních prostor vytápěných na rozdílnou teplotu

$\Theta_{int,i}$...výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru

Θ_e ...výpočtová venkovní teplota

Tepelná ztráta do venkovních prostor

$$H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum \psi \cdot \ell \cdot e \quad (2.3.)$$

Zjednodušená metoda pro stanovení lineárních tepelných ztrát:

$$U_{kc} = U_k + \Delta U \quad (2.4.)$$

A_k ...plocha stavební konstrukce

U_k ...součinitel prostupu tepla stavební části

e_k, e ...korekční součinitel vystavení povětrnostním vlivům

ℓ ...délka lineárních tepelných mostů

ψ ...činitel lineárních tepelných mostů

U_{kc} ...součinitel prostupu tepla zahrnující vliv tepelných mostů

ΔU ...korekční součinitel závisející na druhu stavební části

Tepelná ztráta nevytápěným prostorem

$$H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum \psi \cdot \ell \cdot b_u \quad (2.5.)$$

b_u ...teplotní korekční činitel

Tepelná ztráta nevytápěným prostorem

$$H_{T,ig} = f_{g_1} \cdot f_{g_2} \cdot \left(\sum A_k \cdot U_{equiv,k} \right) \cdot G_w \quad (2.6.)$$

$$f_{g_2} = \frac{\Theta_{int,i} - \Theta_{m,e}}{\Theta_{int,i} - \Theta_e}$$

f_{g_1} ...korekční činitel zohledňující vliv ročních změn venkovní teploty

f_{g_2} ...teplotní redukční činitel

A_k ...plocha stavební konstrukce přiléhající k zemině

$U_{equiv,k}$...korekční ekvivalentní součinitel prostupu tepla stavební části

G_w ...korekční činitel zohledňující vliv spodních vod

Ztráta nevytápěným prostorem

$$H_{T,ij} = \sum A_k \cdot U_k \cdot f_{i,j} \quad (2.7.)$$

$$f_{i,j} = \frac{\Theta_{int,i} - \Theta_{int,s}}{\Theta_{int,i} - \Theta_e}$$

(2.8.)

$f_{i,j}$...redukční teplotní činitel

Tepelná ztráta větráním

$$\Theta_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\Theta_{int,i} - \Theta_e) \quad (2.9.)$$

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot V_i \quad (2.10.)$$

$$V_i = \max(V_{inf,i}; V_{min,i}) \quad (2.11.)$$

$$V_{inf,i} = n_{min} \cdot V_i \quad (2.12.)$$

$$V_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i \quad (2.13.)$$

$H_{V,i}$...součinitel návrhové tepelné ztráty větráním

V_i ...objem vytápěné místnosti

$V_{inf,i}$...množství vzduchu infiltrací ve vytápěné místnosti

$V_{min,i}$...minimální množství vzduchu k provětrání z hygienických důvodů

n_{min} ...minimální intenzita výměny venkovního vzduchu

n_{50} ...intenzita výměny vzduchu při rozdílu tlaků 50 Pa

$e_{i,k}$...stínící činitel

ε_i ...výškový korekční činitel

Celková tepelná ztráta objektu

Tab. 3: Přehled tepelného výkonu objektu

Tepelný výkon objektu					
Číslo místnosti	Účel místnosti	Návrhová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$	Návrhová tepelná ztráta prostupem $\phi_{T,i} [W]$	Návrhová tepelná ztráta větráním $\phi_{V,i} [W]$	Návrhová tepelná ztráta $\phi_i [W]$
1NP					
102	Zádvěří	15°C	61,63	202,10	263,73
103	Koupelna	24°C	311,92	188,50	500,42
104	Garáž	15°C	969,01	799,14	1768,15
105	Technická místnost	15°C	155,65	126,51	282,16
106	Pokoj	20 °C	274,58	275,71	550,29
107	Obývací pokoj	20 °C	302,64	475,92	778,59
108	Jídelní kout	20 °C	749,45	319,22	1068,67
109	Kuchyňský kout	20°C	389,50	347,31	736,80
110	Spíž	10°C	-29,17	49,74	20,57
111	Wc	20°C	72,12	24,87	96,99
2NP					
201	Chodba	15°C	-108,86	348,38	239,53
202	Koupelna	24°C	308,97	193,44	502,41
203	Pokoj	20°C	1365,42	694,36	2059,78
204	Pokoj	20°C	310,12	353,84	663,97
205	Ložnice	20°C	947,57	697,62	1645,19
206	Technická místnost	20°C	215,19	100,56	315,75
207	Wc	20°C	82,56	47,71	130,28

Celková tepelná ztráta objektu činí **11,613 kW**.

B.2.1.2 Tepelný zátopový výkon

Jde o tepelný výkon požadovaný pro nahrazení účinku přerušovaného vytápění prostoru.

Výpočet je dle normy ČSN EN 12 831.

$$\phi_{RHI} = A_I * f_{RH} \quad [W] \quad (2.14.)$$

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]

Výkon na zátop se v tomto případě nepočítá, protože jde o nepřerušované vytápění .

B.2.1.3 Součinitel prostupu tepla a tepelný odpor konstrukcí

Pro výpočet tepelné ztráty objektu je třeba určit součinitel prostupu tepla jednotlivých stavebních konstrukcí. Součinitel tepelné vodivosti je, stejně jako tepelný odpor, uveden buď ve výkresové dokumentaci, nebo v katalogu výrobce.

Pro zadaný projekt byly některé hodnoty určeny dle podkladů výkresové dokumentace a ostatní hodnoty byly voleny softwarem Teplo 2009, Stavební fyzika Svoboda. Dle toho softwaru byly vypočteny součinitele prostupu tepla a tepelné odpory pro konstrukce zadaného objektu. Výpočet je součástí přílohy 2.

Tepelný odpor konstrukce R

$$\sum R_i = R_{si} + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_i} + R_{se} \quad [m^2.K/W] \quad (2.15.)$$

R_{se} tepelný odpor materiálu [$m^2.K/W$]

d tloušťka daného materiálu [m]

λ součinitel tepelné vodivosti [$W/m.K$]

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

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

Součinitel prostupu tepla konstrukcí

$$U_k = \frac{1}{\sum R_i} \quad [W/m^2.K] \quad (2.16.)$$

$\sum R_i$ celkový tepelný odpor materiálu [$m^2.K/W$]

B.2.1.4 Návrhový tepelný výkon

Návrhový tepelný výkon pro vytápěný prostor $\phi_{HL,i}$ je stanoven dle rovnice 2.17.

$$\phi_{HL,i} = \phi_{T,i} + \phi_{V,i} + \phi_{RH,i} \quad [W] \quad (2.18.)$$

$\phi_{T,i}$ návrhová tepelná ztráta prostupem tepla [W]

$\phi_{V,i}$ návrhová tepelná ztráta větráním [W]

$\phi_{RH,i}$ tepelný zátopový výkon [W]

Výpočet tepelného výkonu je uveden v příloze č.1. Jako souhrnný přehled je určena Tab.3.

B.3 Energetický štítek obálky budovy

Protokol k energetickému štítku obálky budovy

Identifikační údaje

Druh stavby	Rodinný dům
Adresa (místo, ulice, číslo, PSČ)	Bijeljina, Bosna a Hercegovina
Katastrální území a katastrální číslo	Skocić u Bijeljina
Provozovatel, popř. budoucí provozovatel	
Vlastník nebo společenství vlastníků, popř. stavebník	Bc. Daniela Štefková
Adresa	
Telefon / e-mail	

Charakteristika budovy

Objem budovy V – vnější objem vytápěné zóny budovy, nezahrnuje lodžie, římsy, atiky a základy	1025,89 m ³
Celková plocha A – součet vnějších ploch ochlazovaných konstrukcí ohraničujících objem budovy	774,95 m ²
Objemový faktor tvaru budovy A/V	0,755
Převažující vnitřní teplota v otopném období θ_{im}	20 °C
Vnější návrhová teplota v zimním období θ_e	-18 °C

Charakteristika energeticky významných údajů ochlazovaných konstrukcí

Ochlazovaná konstrukce	Plocha A_i [m ²]	Součinitel prostupu tepla U_i [W . m ⁻² .K ⁻¹]	Požadovaný (doporučený) součinitel prostupu tepla U_N [W . m ⁻² .K ⁻¹]	Činitel teplotní redukce b_i [-]	Měrná ztráta prostupem tepla $H_{Ti} = A_i \cdot U_i \cdot b_i$ [W.K ⁻¹]	
					skutečné	normové
Zdivo obvodové	240,10	0,10	0,30 (0,25)	1	24,97	72,03
Podlaha na terénu	207,42	0,19	0,45 (0,30)	0,66	25,33	61,60
Střecha	437,77	0,12	0,24 (0,16)	1	54,28	105,06
Okna	47,00	1,10	1,50 (1,20)	1	51,69	70,49
Dveře	29,65	1,20	1,70 (1,20)	1	35,58	50,40
Tepelné vazby mezi konstrukcemi	ΣA_i 961,93	ΔU_{tbm} 0,05	-	-	-	-
Celkem						191,85

Konstrukce splňují požadavky na součinitele prostupu tepla podle SN 73 0540-2.

Stanovení prostupu tepla obálkou

Průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em} = H_T/A$	W.m ⁻² .K ⁻¹	0,22
Požadovaný součinitel prostupu tepla $U_{em,N}$	W.m ⁻² .K ⁻¹	0,39
Průměrný součinitel prostupu tepla stavebního fondu $U_{em,s}$	W.m ⁻² .K ⁻¹	0,99

Klasifikační třídy prostupu tepla obálkou hodnocené budovy

Klasifikační třídy	Průměrný součinitel prostupu tepla budovy U_{em} [W/(m ² .K)]	Slovní vyjádření klasifikační třídy	Klasifikační ukazatel	
A	$U_{em} \leq 0,5 \cdot U_{em,N}$	Velmi úsporná	0,50	0,20
B	$0,5 \cdot U_{em,N} < U_{em} \leq 0,75 \cdot U_{em,N}$	Úsporná	0,75	0,30
C	$0,75 \cdot U_{em,N} < U_{em} \leq U_{em,N}$	Vyhovující	1,00	0,39
D	$U_{em,N} < U_{em} \leq 1,5 \cdot U_{em,N}$	Nevyhovující	1,50	0,59
E	$1,5 \cdot U_{em,N} < U_{em} \leq 2,0 \cdot U_{em,N}$	Nehospodárná	2,00	0,79
F	$2,0 \cdot U_{em,N} < U_{em} \leq 2,5 \cdot U_{em,N}$	Velmi nehospodárná	2,50	0,98
G	$U_{em} > 2,5 \cdot U_{em,N}$	Mimořádně nehospodárná	> 2,50	> 0,98

Klasifikace:

Datum vystavení energetického štítku: den / měsíc / rok:

Zpracovatel energetického štítku obálky budovy:

Adresa zpracovatele:

IČO:

Zpracoval: jméno, příjmení, titul, kvalifikace zpracovatele

Třída B - Úsporná

09.01.13

Bc. Daniela Štefková

Křídlovická 58, 60300 Brno

Daniela Štefková

Podpis:.....

Tento protokol a energetický štítek odpovídá směrnici evropského parlamentu a rady č. 2002/91/ES a prEN 15217.

Byl vypracován v souladu s ČSN 73 0540 a podle projektové dokumentace stavby dodané objednatelem.

	Referenční budova				Hodnocená budova			
Konstrukce	Plocha A [m ²]	Součinitel prostupu tepla U [W/(m ² .K)]	Redukční činitel b [-]	Měrná ztráta prostupem tepla H _T	Plocha A [m ²]	Součinitel prostupu tepla U [W/(m ² .K)]	Redukční činitel b [-]	Měrná ztráta prostupem tepla H _T
Celkem započitatelná plocha výplní otvorů ¹⁾	76,65	1,20	1,00	91,98	76,65	1,20	1,00	91,98
Celkem obvodové stěny po odečtení výplně otvorů	240,10	0,25	1,00	60,03	240,10	0,10	1,00	24,97
Zbývající část plochy výplně otvorů započtená jako obvodová stěna 1)	0	0,25	1,00	0,00	-	-	-	-
Střecha	437,77	0,24	1,00	105,06	437,77	0,12	1,00	54,28
Podlaha na terénu	207,42	0,30	0,66	41,07	207,42	0,19	0,66	25,33
Celkem	961,94	-	-	298,14	961,94	-	-	196,56
Tepelné vazby ²⁾		961,9397 × 0,05		48,10	961,9397 × 0,05		48,10	
Celková měrná ztráta prostupem tepla		-		346,24	-		244,66	
Průměrný součinitel prostupu tepla podle 5.3.4 a tab. 5		298,14 / 961,9397 + 0,02 = 0,38 × 0,75 =		0,38 0,29	244,66 / 961,9397		0,25	
Klasifikační třída obálky budovy podle přílohy C				0,25 / 0,38 = 0,66	VYHOVUJE POŽADOVANÉ HODNOTĚ			
					Třída B - Úsporná			

¹⁾ Započitatelnost velkých ploch výplň otvorů viz. 5.3.3²⁾ V případě referenční budovy je vliv tepelných vazeb podle 5.3.4 stanoven konstantní přírážkou 0,02. V případě hodnocené budovy se stanoví vliv tepelných vazeb co nejlepším dostupným výpočtem v souladu s ČSN 73 0540-4.

ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY

Typ budovy, místní označení Adresa budovy		Rodinný dům, k.ú. Skocić u Bijeljina Bijeljina,Bosna a Hercegovina, Skocić u Bije		Hodnocení obálky budovy			
Celková podlahová plocha		A _c = 391,8 m ²		stávající		doporučení	
CI Velmi úsporná A B C D E F G Mimořádně ne hospodárná							
KLASIFIKACE							
Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy U _{em,N} ve W/(m ² .K) U _{em} = H _T /A				0,22			
Požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla obálky budovy podle ČSN 73 0540-2 U _{em,N} ve W/(m ² .K)				0,39			
Klasifikační ukazatele CI a jim odpovídající hodnoty U _{em}							
CI		0,50	0,75	1,00	1,50	2,00	2,50
U _{em}		0,20	0,30	0,39	0,59	0,79	0,98
Platnost štítku do		10.01.14	Datum		09.01.13		
		Jméno a příjmení		Bc. Daniela Štefková			

B.4 Návrh otopné soustavy

Otopná soustava - zařízení objektu obsahující zdroj tepla, zabezpečovací zařízení, potrubní síť, otopná tělesa, armatury, aj.

Volba způsobu vytápění jednotlivých místností

Téměř u všech vytápěných místností je zvoleno podlahové vytápění. V místnostech, kde není dostatečně pokryt návrhový tepelný výkon podlahovým vytápěním, bude podlahové vytápění doplněno otopnými tělesy (viz Tab.4.). Návrh podlahového vytápění a otopných těles je součástí přílohy 2, 3.

Tab. 4: Přehled způsobu vytápění

Číslo místnosti	Účel místnosti	Návrhová vnitřní teplota $\theta_{\text{int},i}$ [$^{\circ}\text{C}$]	I.Otopná plocha	II.Otopná plocha
102	Zádvěří	15	Podlahové vytápění	
103	Koupelna	24	Podlahové vytápění	Otopné těleso
104	Garáž	15	-	Otopné těleso
105	Technická místnost	15	-	Otopné těleso
106	Pokoj	20	Podlahové vytápění	-
107	Obývací pokoj	20	Podlahové vytápění	-
108	Jídelní kout	20	Podlahové vytápění	-
109	Kuchyňský kout	20	Podlahové vytápění	Otopné těleso
110	Spíž	10	-	
111	Podlahové vytápění	20	Podlahové vytápění	-
201	Chodba	15	Podlahové vytápění	-
202	Koupelna	24	Podlahové vytápění	Otopné těleso
203	Pokoj	20	Podlahové vytápění	
204	Pokoj	20	-	Otopné těleso
205	Ložnice	20	-	Otopné těleso
206	Technická místnost	20	Podlahové vytápění	-
207	WC	20	Podlahové vytápění	-

B.4.1 Návrh podlahového vytápění

Nízkoteplotní podlahové vytápění bylo zvoleno jako způsob vytápění pro většinu místností. Místnosti č. 104, 105, 204, 205, budou vytápěny otopnými tělesy.

Tento způsob vytápění byl zvolen nejen z důvodu úspory místa, ale také je jím dosaženo optimálnějšího rozložení gradientu teploty v místnosti a to ve vertikálním i horizontálním směru. Teplo sálající z podlahy rovnoměrně ohřívá vzduch v místnosti a zamezuje pocitu suchého vzduchu. Optimální tepelný stav interiérů vytápěných tímto způsobem je většinou o 2 až 3 °C nižší než u konvekčního vytápění. V porovnání s otopnými tělesy spotřebuje podlahové vytápění i méně energie.

Výpočet podlahového vytápění

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

Výkon podlahového vytápění resp. hustota měrného tepelného toku směrem nahoru násobená vytápěnou plochou musí pokrýt korigovanou tepelnou ztrátu místnosti [24].

Návrh podlahového vytápění je součástí přílohy 2.

Tepelná rovnováha ve vytápěném prostoru

$$Q_p = S_p \cdot \alpha_p \cdot (t_m - t_i) = S_p \cdot q \quad [W] \quad (2.19.)$$

S_p velikost otopné plochy [m^2]

α_p celkový součinitel přestupu tepla [$W/m^2.K$]

t_m střední teplota otopné plochy [$^{\circ}C$]

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

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

Měrný tepelný výkon

$$t_p - t_i = \frac{\Lambda_a}{\alpha_p} * (t_m - t_i) * \frac{\tanh(m * \frac{l}{2})}{m * \frac{l}{2}} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (2.20.)$$

Λ_a tepelná propustnost vrstev nad trubkami [W/m.K]

α_p celkový součinitel přestupu tepla [W/m².K]

t_p střední teplota otopné plochy [°C]

t_m střední teplota otopné vody [°C]

t_i výpočtová vnitřní teplota [°C]

m charakteristické číslo podlahy [m⁻¹]

l rozteč trubek [m]

Celkový součinitel přestupu tepla α_p

$$\alpha_p = \alpha_{sp} + \alpha_{kp} \quad [W/m^2.K] \quad (2.21)$$

α_{sp} součinitel přestupu tepla sáláním

α_{kp} součinitel přestupu tepla prouděním

Charakteristické číslo m

$$m = \sqrt{\frac{2 * (\Lambda_a + \Lambda_b)}{\pi^2 * \lambda_d * d}} \quad [m^{-1}] \quad (2.22.)$$

Λ_a tepelná propustnost vrstev pod trubkami [W/m.K]

λ_d součinitel tepelné vodivosti

d vnější průměr trubek [m]

Tepelná propustnost vrstvy nad trubkami Λa

$$\Lambda a = \frac{l}{\frac{l}{\alpha_p} + \sum \frac{a}{\lambda_d}} \quad (2.23.)$$

a tloušťka jednotlivých vrstev nad osou trubek [m]

λ_d součinitel tepelné vodivosti jednotlivých [W/(m².K)]

Tepelná propustnost vrstvy pod trubkami Λb

$$\Lambda a = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_p} + \sum \frac{a}{\lambda_d}} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_p} + R_{str}} \quad (2.24.)$$

α_p součinitel přestupu tepla na spodní straně otopné podlahy [W/(m².K)]

R_{str} tepelný odpor stropní desky

Střední povrchová teplota podlahové otopné plochy nemá z fyziologických důvodů přestoupit hodnotu:

- $t_p = 27$ až 28 °C u místností pro trvalý pobyt (obytné místnosti, kanceláře, aj.)
- $t_p = 30$ až 32 °C u pomocných místností, kde člověk jen příležitostně přechází (předsíně, chodby, schodiště, ap.)
- $t_p = 32$ až 34 °C u místností, kde člověk převážně chodí bos (plovárny, lázně, ap., a u okrajových zón u ochlazovaných stěn).

Měrný tepelný výkon otopné plochy q

$$q = \alpha_p * (t_p - t_i) \quad [W/m^2] \quad (2.25.)$$

Měrný tepelný tok podlahové otopné plochy směrem dolů q' při stejných vnitřních teplotách

$$q' = \Lambda_b * \frac{\alpha_p}{\Lambda_a} * (t_p - t_i) \quad [W/m^2] \quad (2.26.)$$

Při rozdílných teplotách na obou stranách podlahy $t_i \neq t'_i$ se počítá měrný tepelný tok na spodní straně podlahy ze vztahu

$$q' = \Lambda_b * \frac{\alpha_p}{\Lambda_a} * (t_p - t_i) \quad [W/m^2] \quad (2.27.)$$

Pro místnosti ležícími pod jinými vytápěnými místnostmi - celková otopná plocha S_p

$$S_p = \frac{Q_c}{q + q'} \quad [m^2] \quad (2.28.)$$

Q_c celková tepelná ztráta místnosti počítaná podle ČSN EN 12 831

U místností, nad kterými není podlahové vytápění (např. nejvyšším podlaží)

$$S_p = \frac{Q_c}{q} \quad [m^2] \quad (2.29.)$$

Celkový tepelný příkon otopné plochy Q_{pc} je pro oba případy

$$Q_{pc} = (q + q') \cdot S_p \quad [W] \quad (2.30)$$

Šířka okraje r závisí na charakteristickém čísle podlahy m

$$r = \frac{2,3}{m} \quad [m] \quad (2.31.)$$

Tepelný výkon okrajové plochy Q_o je vyjádřen vztahem

$$Q_o = Q_p * \frac{Q_o}{S_p} * \frac{0,448.l}{l_{gh} \cdot (m * \frac{l}{2})} \quad [W] \quad (2.32.)$$

O_p obvod otopné podlahové plochy vymezený krajními trubkami [m]

S_p otopná podlahová plocha ohraničená krajní trubkou [m²]

[8]

Všechny výpočty týkající se podlahového vytápění jsou součástí přílohy č. 2.

B.4.2 Návrh trojcestného směšovacího ventilu

Trojcestný směšovací ventil se stará o směšování dvou teplotních vstupů s požadovaným teplotním výstupem. Třícestné směšovací ventily navrhujeme tam, kde zdroj tepla pracuje s vyšší provozní teplotou, než která je vyžadována otopnou soustavou, nebo tam, kde se otopná soustava skládá s více samostatných otopných okruhů s různými provozními teplotami. Trojcestný směšovací ventil je dán jmenovitým průtokem, tzv. k_v hodnotou:

$$k_v = V \cdot \sqrt{\frac{\Delta p_0}{\Delta p_v}} \quad (\text{m}^3/\text{h}) \quad (2.33.)$$

V objemový průtok armaturou [m^3/h]

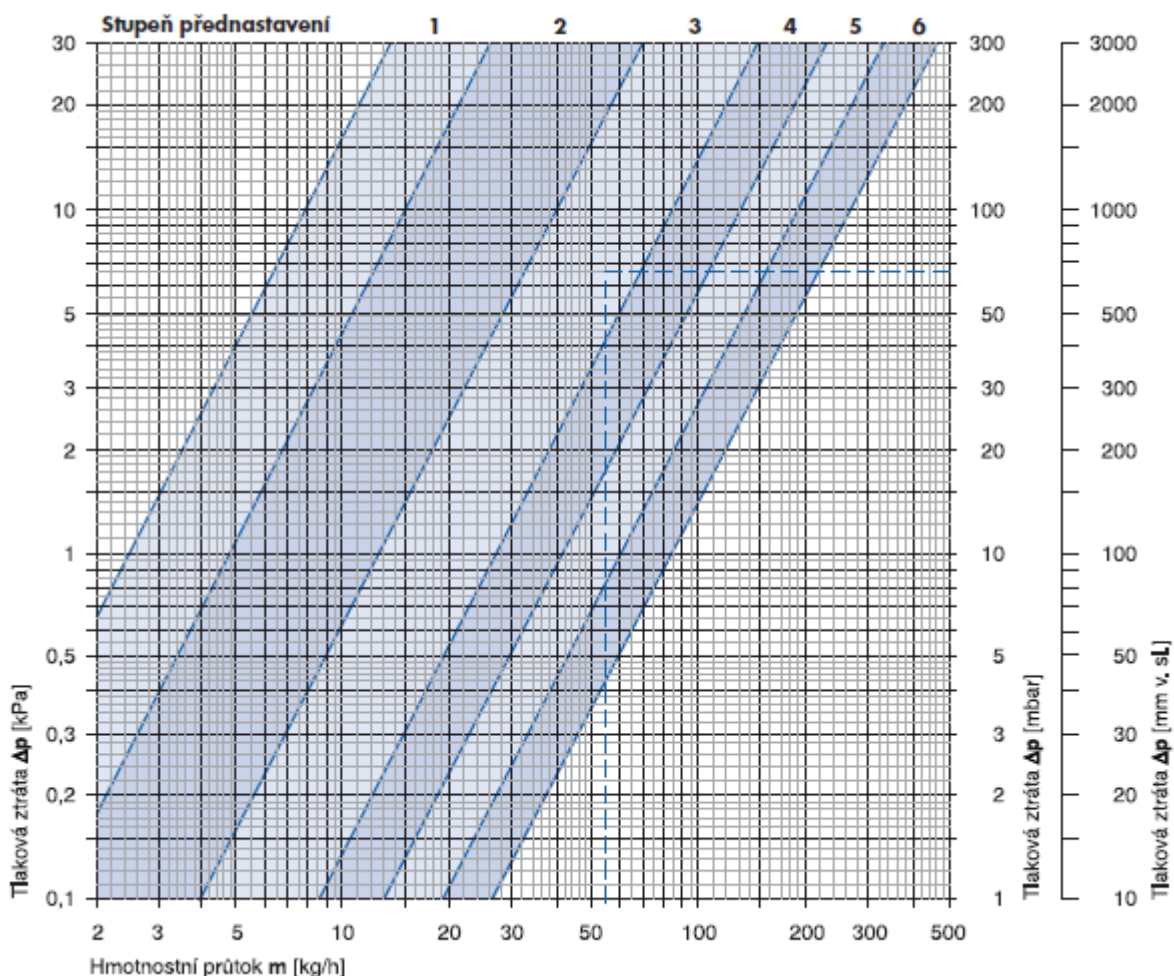
Δp_v tlaková ztráta ventilu (3 – 15 kPa) [kPa]

$\Delta p_0 = 100 \text{ kPa}$

Výpočet je součástí přílohy č. 4

B.4.3 Regulace jednotlivých otopných těles

Po návrhu otopných těles, potrubní sítě a nezbytných armatur otopné soustavy je nutné provést zaregulování a vyvážení jednotlivých otopných okruhů (otopných těles) pro správnou funkčnost otopného systému. Zaregulování jednotlivých otopných okruhů (otopných těles) se provádí na regulačním prvku otopného tělesa, v daném případě jsou použity otopná tělesa RADIK VK od firmy KORADO, jejichž regulačním prvkem je vestavěný regulační ventil (ventil kompaktní). Vestavěný regulační ventil má 6 regulačních poloh (6 – maximální průtok až 1 – minimální průtok), viz diagram vestavěného regulačního ventilu Obr. 29.



Obr.29: Diagram vestavěného regulačního ventilu

Při regulaci jednotlivých otopných okruhů (otopných těles) se postupuje výpočtem tlakových ztrát (tlakové ztráty třením v potrubní síti a tlakové ztráty vřazenými odpory) v jednotlivých úsecích otopné soustavy (úsek je dán změnou průtoku). Na vestavěném regulačním ventilu se zaregulovává tlakový rozdíl mezi dispozičním tlakem otopné soustavy a celkové tlakové ztrátě v daném otopném okruhu otopného tělesa. Dispoziční tlak otopné soustavy se stanoví z celkové tlakové ztráty otopného okruhu hydraulicky nejvzdálenějšího otopného tělesa, ke kterému je přičtena tlaková ztráta na vestavěném regulačním ventilu otopného tělesa při nastavení N6 (plně otevřený).

Návrhy jsou součástí přílohy č. 3

B.5 Zdroj tepla

B.5.1 Návrh zdroje tepla

1. Varianta – KOTEL NA TUHÁ PALIVA

Pro první variantu byl volen jako hlavní zdroj kotel na dřevo. Byl vybrán kotel od rakouské firmy froling S4 turbo (dřevosplyňující) o výkonu 15kW.

Protože je použit kotel na tuhá paliva, je doplněn celý návrh o akumulární nádobu. Jelikož se nejedná o plně automatický zdroj topení, bude použit náhradní zdroj a to kondenzační kotel na zemní plyn Viessmann Vitodens 300-W o jmenovitém výkonu 13kW.

Výkon kotle je vyšší než požadující výkon z důvodů, že kotel bude sloužit i pro přípravu teplé užitkové vody a taky z důvodu, že kotel v této kvalitě není na trhu o nižším výkonu. Kotel je vyroben z kvalitních komponentů a materiálů a několik desetiletí je vyvíjen do dnešní podoby.

Technické parametry kotle Froling S4 Turbo jsou znázorněny v kapitole B.6.2.6.

2. Varianta - TEPELNÉ ČERPADLO

Při návrhu otopné soustavy tohoto objektu byl kladen důraz na co nejvyšší účinnost výroby tepla. Byly zvoleny nízké teplotní spády tak, aby tepelné čerpadlo pracovalo s vysokou účinností. Tepelné čerpadlo bude pokrývat většinu potřeby tepla a vestavěný elektrokotel bude sloužit pro pokrytí špiček. Tepelné čerpadlo má vlastní systém měření a regulace, která bude zajišťovat ekvitermní regulaci směřováním u obou otopných větví v závislosti na venkovní teplotě. Podle čidla venkovní teploty se také bude spínat elektrokotel. Příprava TV je v ohřívači integrovaném v tepelném čerpadle o objemu 185 litrů.

Pro řešení objektu bylo navrženo tepelné čerpadlo IVT Greenline HE C11 o výkonu 10,3kW.

Návrh tepelného čerpadla

Navržené tepelné čerpadlo (TČ) pracuje na principu země/voda.

Tepelné čerpadlo využívá nízko-potencionálního zdroje energie ze zemních vrtů.

Při hloubkách více jak 10 m je teplota zeminy v průběhu roku téměř konstantní. Zároveň tento typ TČ nemá možnost operativně měnit teplotu otopné vody (řídící modul, zajišťuje ekvitermní regulaci samotných otopných větví), můžeme tedy uvažovat, že tepelné čerpadlo bude trvale pracovat za konstantních podmínek.

Těmito podmínkami jsou stálá teplota nemrznoucí směsi o hodnotě 10 °C a stálá teplota přívodu otopné vody (45 °C). TČ má za těchto velmi příznivých podmínek COP = 3,5 a výkon 9,9 kW. TČ má v sobě zabudovaný elektrokotel o výkonu 6 kW. Celkový výkon obou zdrojů tepla je tedy 15,9 kW.

Pro návrh tepelného čerpadla jsem použila program firmy IVT. Výpočet příkládám v příloze č. 6. Základním kritériem pro návrh TČ je návrh menšího výkonu čerpadla než je potřeba tepla pro vytápění a to z důvodu, že TČ mají omezenou regulaci (vypnuto a zapnuto) a v případě častého spínání a vypínání TČ dochází k opotřebení kompresorů a snížení jeho životnosti. U výrobků IVT je povoleno maximální sepnutí 6 krát za hodinu. V případě větší části roku, kdy se pohybují teploty nad bodem mrazu, by bylo tepelné čerpadlo předimenzované a docházelo by k častému spínání a vypínání. Proto se TČ dimenzují na 50 až 75% potřeby tepla. Požadavkem bylo TČ s integrovaným zásobníkem teplé vody a akumulací nádobou. V případě použití akumulací nádoby se výkon TČ zvyšuje.

Dle návrhu výrobce jsem navrhla čerpadlo o výkonu 10,3kW - IVT GREENLINE HE C11 Plus s integrovaným zásobníkem teplé vody.

Oběhová čerpadla

Jedná se o nucenou soustavu v obou dvou variantách, proto je zapotřebí do systému vložit oběhová čerpadla. Pro daný systém je volen výrobce čerpadel Grundfos - čerpadla Alpha elektricky regulovatelná. Čerpadla jsou vybavená frekvenčním měničem otáček zabezpečující konstantní diferenční tlak. Toho využijeme v případě, kdy budeme mít v zimním období sluneční zisky a dojde ke zvýšení teploty v interiéru. Automaticky se uzavřou termostatické hlavice osazené na jednotlivých otopných tělesech a zvýší se diferenční tlak v systému. U oběhových čerpadel jsem se snažila provést návrh nad 70% využitelnosti, ale nepřekročila jsem 90%.

Čerpadla jsem navrhovala podle průtoku v jednotlivých větvích a maximální tlakovou ztrátu. K návrhu jsem využila program firmy Grundfos Webcaps. Čerpadla, která budou zajišťovat oběh mezi kotlem a sběračem, jsou dodávána v sadě se základními komponenty výrobcem kotle. Tak je tomu i u tepelného čerpadla.

Viz příloha č. 5.

B.5.2 Akumulační nádoba

Akumulační zásobník plní v systému s tepelným čerpadlem (země/voda) tyto úkoly:

- Překlene dobu zablokování ze strany provozovatele napájecí sítě, čímž zaručí plynulou dodávku tepla.
- U systémů s malým oběhem vody zvýší minimální doby chodu tepelného čerpadla.

Kotel na tuhá paliva

Návrh objemu akumulčního zásobníku by měl mimo jiné respektovat požadavek provozu kotle na tuhá paliva na jmenovitý výkon po dobu min 2 hodiny. Objem akumulčního zásobníku se stanoví jako

$$V = \frac{3,6 \times 10^6 \cdot Q_k \cdot \Delta \tau}{\rho \cdot c \cdot (t_{\max} - t_w)} \quad (2.34)$$

$\Delta \tau$ doba provozu kotle (min, 2 hodiny)

Q_k je jmenovitý výkon kotle nebo výkon kotle, při kterém nedochází k výraznému zhoršení účinnosti, v kW;

ρ hustota vody, v kg/m³

c měrná kapacita vody v J/(kg.K)

$t_{\max}$ maximální teplota v akumulčním zásobníku (např. 85°C)

t_w požadovaná teplota otopné vody pro zajištění vytápění (např. 55°C)

Pro kotle s ručním přikládáním se objem akumulčního zásobníku navrhuje

50 až 70 l/kW instalovaného výkonu kotle. Pokud se zásobník použije u kotlů na pelety, navrhuje se velikost akumulátoru menší (cca 25 l/kW instalovaného výkonu).

Tepelné čerpadlo

Pro teoretický výpočet akumulátoru z hlediska omezení četnosti spínání tepelného čerpadla lze použít následující podmínky:

- během chodu tepelného čerpadla se teplota v akumulátoru nezvýší o více než 5 K nad požadovanou teplotu otopné vody z důvodu zachování úsporného provozu tepelného čerpadla;
- minimální doba chodu tepelného čerpadla je 10 min

Potom lze objem akumulátoru stanovit z množství energie, které TČ dodá za časový úsek do akumulátoru tepla pro zvýšení jeho teploty

$$Q_{\text{aku}} = \dot{Q}_{T\check{C}} \Delta\tau = V \cdot \rho \cdot \Delta t \quad (2.35)$$

Kde

$\dot{Q}_{T\check{C}}$ je tepelný výkon tepelného čerpadla ve W;

$\Delta\tau$ časový úsek, minimální doba chodu tepelného čerpadla, vs;

V objem akumulátoru, v m³

ρ hustota vody, v kg/m³

c měrná tepelná kapacita vody, v J/(kg.K)

Δt rozdíl teplot mezi koncem a počátkem nabíjení akumulátoru tepelným čerpadlem, zvýšení teploty v akumulátoru, v K.

Po úpravě lze pro požadovaný měrný objem akumulčního zásobníku vztažený k výkonu tepelného čerpadla použít následující vzorec :

$$Q_{\text{aku}} = \dot{Q}_{T\check{C}} \Delta\tau = V \cdot \rho \cdot \Delta t = \frac{V}{\dot{Q}_{T\check{C}}} = 1000 \frac{\Delta\tau}{c} \quad (2.36)$$

Návrh pro kotel na dřevo

$$V = \frac{3,6 \times 10^6 \cdot \dot{Q}_k \cdot \Delta \tau}{\rho \cdot c \cdot (t_{\max} - t_w)} \quad (2.37)$$

$\dot{Q}_k$ jmenovitý výkon kotle

$\Delta \tau$ doba provozu kotle předpoklad 3 hodiny

ρ hustota vody pro 60°C střední teplota je 983,3 kg/m³

c měrná tepelná kapacita vody J/(kg·K)

$t_{\max}$ maximální teplota v akumulční nádobě 85°C

t_w požadovaná teplota otopné vody 55°C

$$V = (3,6 \cdot 10^6 \cdot 15 \cdot 3) / (983,3 \cdot 4180 \cdot (85 - 55)) = 1,31 \text{ m}^3$$

Dle běžně užívaného výpočtu v praktickém použití se volí 50 – 80 l/kW.

Použiji akumulční nádobu o objemu 1500 l (1,5 m³).

Návrh pro tepelné čerpadlo

Protože chceme získat objem akumulční nádoby, musí být vzorec upraven.

$$Q_{\text{ak}} = \dot{Q}_{\text{TC}} \cdot \Delta \tau = V \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta t \quad \text{po úpravě} \quad \frac{V}{\dot{Q}_{\text{TC}}} = \frac{1000 \cdot \Delta \tau}{c \cdot \Delta t} \quad (2.38)$$

$\dot{Q}_{\text{TC}}$ výkon tepelného čerpadla 10,3 kW

$\Delta \tau$ minimální doba chodu tepelného čerpadla u tohoto typu čerpadla je blokáce aby nesesínalo více jak 6x za hodinu proto volím dobu 15 minut = 900s

c měrná tepelná kapacita vody J/(kg·K)

Δt rozdíl teplot mezi koncem a počátkem nabíjení akumulátoru 5K.

$$V/10,3 = (1000 \cdot 900) / (4180 \cdot 5) = 443 \text{ l}$$

Volím akumulční nádobu o objemu 500 l.

B.6 Návrh zabezpečovacího zařízení

B.6.1 Expanzní nádoba a pojistný ventil

Slouží k vyrovnaní změn objemové roztažnosti vody a udržení tlakové hladiny v předepsaných mezích.

Tlaková expanzní nádoba okruh kotle na tuhá paliva:

Celkový objem vody v systému je $V_0 = 2530 \text{ l}$.

Soustava je posouzena na nucený oběh.

Výška otopné soustavy je 5 m.

Nanometrická rovina je 1,5 m nad podlahou.

Výkon zdroje (kotle): $Q_p = 13 \text{ kW}$

Nejnižší provozní přetlak $p_{d,dov} = 55 \text{ kPa}$

Nejvyšší provozní přetlak $p_{h,dov} = 280 \text{ kPa}$

Teplotní spád 55/40; maximální teplota bez odběru tepla: $t_{max} = 85^\circ\text{C}$

Součinitel zvětšení z 10°C na 85°C

$$n = 0,032$$

$$p_{min} \geq 1,1 \cdot h \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-3} (+\Delta p_z)$$

$$p_{min} = 1,1 \cdot h \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-3} = 1,1 \cdot 5 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 10^{-3} = 53,96 \text{ kPa} \quad (2.39)$$

kde Δp_z ... ztráta tlaku rozvodu a mezi neutrálním a nejvyšším bodem

$$\text{Expanzní objem: } V_e = 1,3 \cdot V_0 \cdot n = 1,3 \cdot 2530 \cdot 0,032 = 105 \text{ l} \quad (2.40)$$

$$\text{Předběžný objem EN: } V_{ep} = \frac{V_e \cdot (p_{hp} + 100)}{p_{hp} - p_d} = \frac{105(280 + 100)}{280 - 55} = 177,3 \text{ l} \quad (2.41)$$

$$\text{Průměr expanzního potrubí: } d_p = 10 + 0,6 \cdot Q_p^{0,5} = 10 + 0,6 \cdot 177,3^{0,5} = 16 \text{ mm} \quad (2.42)$$

Navržená expanzní nádoba **reflex N200** o objemu 200l

Pojistný ventil okruhu kotle na tuhá paliva

Pojistným ventilem je okruh kotle standardně osazen. Nastavený otevírací přetlak je 300 kPa, ale vzhledem k tomu, že by měl mít každý zdroj tepla svůj pojistný ventil, bude jim osazena i akumulární nádrž.

Výpočet vychází z ČSN 06 0830 - Zabezpečovací zařízení pro ústřední vytápění a ohřívání užitkové vody. Výpočet řeší návrh pojistného ventilu a pojistného potrubí jako ochrany proti překročení nejvyššího dovoleného přetlaku. Předpokládá se teplovodní nebo horkovodní otopná soustava.

Průřez sedla pojistného ventilu je spočítán dle vzorce 2.43. Z výsledné hodnoty je přepočtem na průměr kruhu určen průřez ideálního pojistného sedla d_i (mm), poté je určeno d_o ze vzorce 2.44. A na závěr je navržen profil (vnitřní průměr) pojistného potrubí 2.45.

$$S_o = 2 \cdot Q_p / (\alpha_v \cdot \sqrt{p_{ot}}) \quad [\text{mm}^2] \quad (2.43)$$

$$d_o = a \cdot d_i \quad [\text{mm}] \quad (2.44)$$

$$d_p = 15 + 1,4 \cdot Q_p^{0,5} \quad [\text{mm}] \quad (2.45)$$

Výpočet

$$S_o = 2 \cdot 13 / (0,565 \cdot 1,26) = 23 \text{ mm}^2 \quad (\text{minimální průřez})$$

$$S_o = 113 \text{ mm}^2 \quad (\text{skutečný průřez sedla navrženého pojistného ventilu})$$

$$d_i = 20 \text{ mm}$$

$$d_o = 20 \text{ mm}$$

Navrhuji otevírací ventil Duko, 1,2"x3,4" KD otevírací přetlak $p_{ot}=300\text{kPa}$.

Průměr expanzního potrubí se navrhne pomocí vztahu (2.45).

$$d_p = 15 + 1,4 \cdot Q_p^{0,5} \quad [\text{mm}]$$

Výpočet

$$d_p = 15 + 1,4 \cdot 13^{0,5} = 20,4 \text{ mm}$$

Navrhuji potrubí Cu 22x1

Kde Q_p je pojistný výkon (kW)

Tlaková expanzní nádoba okruhu tepelného čerpadla:

Celkový objem vody v systému je $V_0 = 1510 \text{ l}$.

Soustava je posouzena na nucený oběh.

Výška otopné soustavy je 5 m.

Nanometrická rovina je 1,5 m nad podlahou.

Výkon zdroje (kotle): $Q_p = 15 \text{ kW}$

Nejnižší provozní přetlak $p_{d,dov} = 55 \text{ kPa}$

Nejvyšší provozní přetlak $p_{h,dov} = 280 \text{ kPa}$

Teplotní spád 55/40; maximální teplota bez odběru tepla: $t_{max} = 60^\circ\text{C}$

Součinitel zvětšení z 10°C na 60°C

$$n = 0,016$$

$$p_{d,dov} = 1,1 \cdot h \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-3} = 1,1 \cdot 5 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 10^{-3} = 54 \text{ kPa}$$

$$\text{Expanzní objem: } V_e = 1,3 \cdot V_0 \cdot n = 1,3 \cdot 1510 \cdot 0,016 = 31,4 \text{ l}$$

$$\text{Předběžný objem EN: } V_{ep} = \frac{V_e \cdot (p_{hp} + 100)}{p_{hp} - p_d} = \frac{31,4 \cdot (280 + 100)}{280 - 55} = 53,04 \text{ l}$$

$$\text{Průměr expanzního potrubí: } d_p = 10 + 0,6 \cdot Q_p^{0,5} = 10 + 0,6 \cdot 52,81^{0,5} = 14,37 \text{ mm}$$

Navržená expanzní nádoba **reflex N80** o objemu 80 l.

Pojistný ventil okruhu TČ

Výpočet vychází z ČSN 06 0830 - Zabezpečovací zařízení pro ústřední vytápění a ohřívání užitkové vody. Výpočet řeší návrh pojistného ventilu a pojistného potrubí jako ochrany proti překročení nejvyššího dovoleného přetlaku. Předpokládá se teplovodní nebo horkovodní otopná soustava.

Průřez sedla pojistného ventilu je spočítán dle vzorce 2.43. Z výsledné hodnoty je přepočtem na průměr kruhu určen průřez ideálního pojistného sedla d_i (mm), poté je určeno d_o ze vzorce 2.44. A na závěr je navržen profil (vnitřní průměr) pojistného potrubí 2.45.

$$S_o = 2 \cdot Q_p / (\alpha_v \cdot \sqrt{p_{ot}}) \quad [\text{mm}^2] \quad (2.43)$$

$$d_o = a \cdot d_i \quad [\text{mm}] \quad (2.44)$$

$$d_p = 15 + 1,4 \cdot Q_p^{0,5} \quad [\text{mm}] \quad (2.45)$$

Výpočet

$$S_o = 15 / (0,565 \cdot 1,26) = 27 \text{ mm}^2 \text{ (minimální průřez)}$$

$$S_o = 113 \text{ mm}^2 \text{ (skutečný průřez sedla navrženého pojistného ventilu)}$$

$$d_i = 20 \text{ mm}$$

$$d_o = 20 \text{ mm}$$

Navrhuji otevírací ventil Duko, 1,2"x3,4" KD otevírací přetlak $p_{ot}=300\text{kPa}$.

Průměr expanzního potrubí se navrhne pomocí vztahu (2.45).

$$d_p = 15 + 1,4 \cdot Q_p^{0,5} \quad [\text{mm}]$$

Výpočet

$$d_p = 15 + 1,4 \cdot 15^{0,5} = 19,4 \text{ mm}$$

Navrhuji potrubí Cu 22x1

Kde Q_p je pojistný výkon (kW)

B.6.2 Příloha technické listy

B.6.2.1 Technický list expanzní nádoby a pojistného ventilu

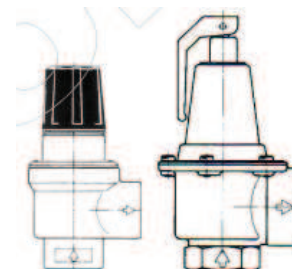
Expanzní nádoba:

1. Varianta : expanzní nádoba N200, firma REFLEX

2. Varianta : expanzní nádoba N80, firma REFLEX

Typ	Obj. číslo		Hmotnost	Ø D	H	h	A
3 bary / 120 °C	červená	bílá	kg	mm	mm	mm	
N 8	7202505	7202805	1,9	272	233	---	R ¾
N 12	7203306	7203505	2,6	272	315	---	R ¾
N 18	7204305	7204405	3,5	308	360	---	R ¾
N 25	7206305	7206405	4,6	308	480	---	R ¾
N 35	7208405	7208505	5,4	376	465	130	R ¾
6 barů / 120 °C							
N 50	7001000	7001100	12,5	441	495	175	R ¾
N 80	7001200	7001300	17,0	512	570	175	R 1
N 100	7001400	7001500	20,5	512	680	175	R 1
N 140	7001600	7001700	28,6	512	890	175	R 1
N 200	7213300	---	36,7	634	785	235	R 1
N 250	7214300	---	45,0	634	915	235	R 1
N 300	7215300	---	52,0	634	1085	235	R 1
N 400	7218000	---	65,0	740	1070	245	R 1
N 500	7218300	---	79,0	740	1290	245	R 1
N 600	7218400	---	85,0	740	1530	245	R 1
N 800	7218500	---	103,0	740	1995	245	R 1
N 1000	7218600	---	120,0	740	2410	245	R 1

↑ V_n celkový objem nádoby



Pojistný ventil:

1. Varianta: pojistný ventil DN 20, firma DUCO

2. Varianta: pojistný ventil DN 20, firma DUCO, otevírací přetlak $p_{ot}=300$ kPa.

Tabulka údajů pro výpočet dle ČSN 13 43 09

Označení	Jmenovitá světlost DN [mm]	Nejmenší průtočný průřez [mm²]	Zaručený výtokový součinitel α_s [-]	Otevírací tlak p_o [kPa] Při p_o do 300 kPa tolerance ± 10 % Při p_o nad 300 kPa tolerance ± 30 kPa
Typ DUCO				
Pro topení:				
1/2" x 3/4" KD	15	113	0,444	50;100;150;180;200;250;300;350;400;450;500;550
3/4" x 1" KD	20	176	0,565	50;100;150;180;200;250;300;350;400;450;500;550
1" x 1 1/4" KD	25	380	0,684	50;100;150;180;200;250;300;350;400;450;500;550
1 1/4" x 1 1/2" KD	32	804	0,693	50;100;150;200;250;300;350;400;450;500;550
1 1/2" x 2" KD	40	1017	0,549	50;100;150;200;250;300;350;400;450;500;550
2" x 2 1/2" KD	50	1589	0,576	50;100;150;200;250;300;350;400;450;500;550
1/2" x 3/4" KMD	15	113	0,444	50;100;150;200;250;300;350;400;450;500;550

B.6.2.2 Technické listy zdroje tepla

Technický list kotle na tuhá paliva Froling S4 turbo (dřevosplyňující):

Parametry / S4 Turbo	15	24	34	44	54	64
L Délka kotle	1125	1125	1215	1215	1215	1215
L1 Celková délka vč. turbíny	1300	1300	1390	1390	1390	1390
L1* Celková délka vč. turbíny					1600	1600
B Šířka kotle	570	570	670	670	670	670
B1 Celková šířka vč. servisovací	635	635	735	735	735	735
H Výška kotle	1565	1565	1565	1565	1565	1565
H1 Celková výška vč. komínové roupy	1610	1610	1610	1610	1610	1610
H1* Výška bez turbíny					1400	1400
H2 Výška napojení odkouření	1830	1830	1830	1830	1830	1830
H2* Výška napojení odkouření					1700	1700
H3 Napojení výstupu	1360	1360	1360	1360	1360	1360
H4 Napojení zpátečky	140	140	140	140	140	140
H5 Výška napojení vychlazení smyčky	970	970	970	970	970	970
Průměr komínu	150	150	150	150	150	150

* Výškový rozdíly jsou v milimetrech

Parametry / S4 Turbo	15	24	34	44	54	64
Jmenovitý výkon [kW]	15	24	34	44	54	64
Průtok [W]	105	125	110	110	180	180
Objem přikládání dřeva [l]	145	145	190	190	200	200
Přikládání dřeva (šířka, výška) [mm]	360 / 380	360 / 380	360 / 380	360 / 380	360 / 380	360 / 380
Objem vody [l]	115	115	175	175	170	170
Váha kotle [kg]	640	640	740	740	798	798

Technický list plynového kondenzačního kotle:

Vitodens 300-W (pokračování)

3.2 Technické údaje

Plynový kotel, provedení B a C, kategorie II _{2N3P}		Plynový topný kotel			
Rozmezí jmenovitého tepelného výkonu (údaje podle EN 677)					
$T_v/T_R = 50/30\text{ °C}$	kW	3,8-13,0	3,8-19,0	5,2-26,0	7,0-35,0
$T_v/T_R = 80/60\text{ °C}$	kW	3,5-11,8	3,5-17,2	4,7-23,7	6,4-32,0
Jmenovitý tepelný výkon při ohřevu pitné vody	kW	3,5-16,0	3,5-17,2	4,7-23,7	6,4-32,0
Jmenovité tepelné zatížení	kW	3,6-16,7	3,6-17,9	4,9-24,7	6,6-33,3
Identifikační číslo výrobku		CE-0085BR0433			
Druh krytí		IP X4D dle EN 60529			
Připojovací tlak plynu					
Zemní plyn	mbar	20	20	20	20
Zkapalněný plyn	mbar	50	50	50	50
Max. přípust. připojovací tlak plynu ^{*6}					
Zemní plyn	mbar	25,0	25,0	25,0	25,0
Zkapalněný plyn	mbar	57,5	57,5	57,5	57,5
Elektrický příkon (ve stavu při dodávce)		W	61	68	78
Hmotnost	kg	50	50	48	50
Objem výměníku tepla		l	3,8	5,0	5,6
Max. objemový tok (mezí hodnota pro použití hydraulického oddělení)		l/h	1000	1400	1600
Jmenovité oběhové množství vody při $T_v/T_R = 80/60\text{ °C}$		l/h	507	1018	1376
Membránová expanzní nádoba					
Objem	l	10	10	—	—
Vstupní tlak	bar	0,75	0,75	—	—
Připust. provozní tlak		bar	3	3	3
Připojka pojistného ventilu		Rp	¾	¾	¾
Rozměry					
Délka	mm	360	360	380	380
Šířka	mm	450	450	480	480
Výška	mm	850	850	850	850
Výška s kolenem kouřovodu	mm	1053	1053	1066	1066
Výška s podstavným zásobníkovým ohříváčem vody	mm	1925	1925	1925	1925
Plynová připojka		R	½	½	½
Jmenovitý příkon vztahovaný k max. zatížení plynem					
Zemní plyn E	m³/h	1,77	1,89	2,61	3,52
Zemní plyn LL	m³/h	2,05	2,20	3,04	4,10
Zkapalněný plyn P	kg/h	1,31	1,40	1,93	2,60
Charakteristiky spalín ^{*7}					
Skupina hodnot spalín dle G 635/G 636		G_{52}/G_{51}	G_{52}/G_{51}	G_{52}/G_{51}	G_{52}/G_{51}
Teplota (při teplotě vratné vody 30 °C)					
– při jmenovitém tepelném výkonu	°C	45	45	45	45
– při dílčím zatížení	°C	35	35	35	35
Teplota (při teplotě vratné vody 60 °C)					
– při jmenovitém tepelném výkonu	°C	68	68	70	70
Hmotnostní tok					
Zemní plyn					
– při jmenovitém tepelném výkonu	kg/h	29,7	31,8	43,9	59,2
– při dílčím zatížení	kg/h	6,4	6,4	8,7	11,7
Zkapalněný plyn					
– při jmenovitém tepelném výkonu	kg/h	28,6	30,6	42,3	57,0
– při dílčím zatížení	kg/h	6,2	6,2	8,4	11,3
Disponibilní tah		Pa	100	100	100
		mbar	1,0	1,0	1,0
Normovaný stupeň využití při $T_v/T_R = 40/30\text{ °C}$		%	až 98 (H_s)/109 (H_i)		

^{*6} Pokud je připojovací tlak plynu nad přípustným maximem připojovacího tlaku plynu, musí se zapojit před kotlové zařízení separátní regulátor tlaku plynu.

^{*7} Početní hodnoty k dimenzování odtahového systému dle ČSN EN 13384. Teploty spalín jako změřené hrubé hodnoty při teplotě spalovacího vzduchu 20 °C.

Teplota spalín při teplotě vratné vody 30 °C je rozhodující pro dimenzování zařízení pro odvod spalín.

Teplota spalín při teplotě zpátečky 60 °C slouží k určení rozsahu použití kouřovodů s maximálně přípustnými provozními teplotami.

Technický list tepelného čerpadla:

IVT Greenline C Plus

Tepelné čerpadlo určené pro odběr tepla z vrtu nebo plošného kolektoru. Zařízení je vybaveno bojlerem pro ohřev TUV, elektrokotlem s volitelným výkonem 3, 6, nebo 9 kW a ekvitermní regulací. Je vhodné pro rodinné domy s tepelnou ztrátou do 19 kW. Díky jedinečné koncepci má minimální nároky na montáž a prostor. Tepelné čerpadlo má vysoký topný faktor a mimořádně nízkou hlučnost.

Tepelné čerpadlo		IVT Greenline C 6 Plus	IVT Greenline C 7 Plus	IVT Greenline C 9 Plus	IVT Greenline C 11 Plus
Výkon při 0°C / 35°C ¹	kW	5,9	7,3	9,1	10,9
Příkon	kW	1,3	1,6	2	2,17
Topný faktor při 0°C / 35°C		4,5	4,6	4,6	5,02
Výkon při 0°C / 50°C ²	kW	5,4	6,9	8,4	10,1
Příkon	kW	1,7	2,1	2,6	2,9
Topný faktor při 0°C / 50°C		3,2	3,3	3,2	3,5
Množství teplé užitkové vody	l	165 (celkové množství vody 222 l)			
Množství topné vody	l	57			
Vestavěný elektrický kotel		Kaskádní spínání výkonu 3 – 6 – 9 kW			
Nominální průtok na studeném okruhu	l/s	0,3	0,38	0,46	0,57
Vestavěné čerpadlo - externí tlak	kPa	49	45	44	80
Nominální průtok na teplém okruhu	l/s	0,2	0,25	0,31	0,37
Vestavěné čerpadlo - externí tlak	kPa	36	36	34	33
Pojistka při dotopu 6 kW	A	16	16	16	20
Pojistka při dotopu 9 kW	A	20	20	20	25
Hmotnost	kg	200	201	210	218
Připojení na studeném okruhu	Cu	28	28	28	28
Připojení na teplém okruhu	Cu	22	22	22	22
Množství chladiva	kg	1,35	1,4	1,5	1,9
Chladicí médium		Bezfreonové chladivo R 407 C			
Rozměry	mm	600 x 600 x 1800			
Elektrické zapojení		400 V, N3 fáze			
Kompresor		Mitsubishi Scroll			
Max. vstupní teplota primárního okruhu		20°C			
Max. výstupní teplota topné vody		65°C			
Vestavěná regulace		Ekvitermní REGO 637			

¹ Při podmínkách + 35°C na výstupu z tepelného čerpadla a 0°C na vstupu do tepelného čerpadla. (podle evropské normy EN 255)

² Při podmínkách + 50°C na výstupu z tepelného čerpadla a 0°C na vstupu do tepelného čerpadla. (podle evropské normy EN 255)

Vybavení tepelného čerpadla (zahrnuto v ceně zařízení):

- Oběhová čerpadla primárního i sekundárního okruhu *instalováno uvnitř*
- Elektrický kotel s kaskádním spínáním o výkonu 3 – 6 – 9 kW *instalováno uvnitř*
- Nerezový dvouplášťový bojler 165 l pro ohřev TUV *instalováno uvnitř*
- Expanzní nádoba a pojistný ventil primárního okruhu, 2 x filterball, napouštěcí sestava *v příslušenství*
- Ekvitermní regulátor REGO 637 s řízením dotopového kotle, řízením ohřevu TUV v bojleru, diagnostikou poruch a dalšími funkcemi. Komunikace v českém jazyce. *instalováno uvnitř*
- Pružné hadice pro tlumení chvění tepelného čerpadla *instalováno uvnitř*
- Venkovní čidlo pro ekvitermní regulátor a čidlo pro ohřev TUV *v příslušenství*

B.7 Návrh solárního systému pro ohřev teplé vody

Pro přípravu teplé vody byl u první varianty zvolen jako dodatečný zdroj přes období, kdy nebude objekt vytápěn kotlem na dřevo, solární systém.

Systém je navržen tak, aby dostatečně pokryl množství teplé vody mimo otopné období. Lokalita, pro kterou je daný systém navržen se nachází na území Bosny a Hercegoviny. Vstupní data byla použita z části C (Experimentální řešení). Jedná se především o venkovní teplotu, intenzitu slunečního záření a měrný tepelný zisk.

Potřebný výkon k ohřevu vody, na který byla určena plocha solárního kolektoru, byl počítán pro 5 člennou rodinu. A byl navržen objem nádoby.

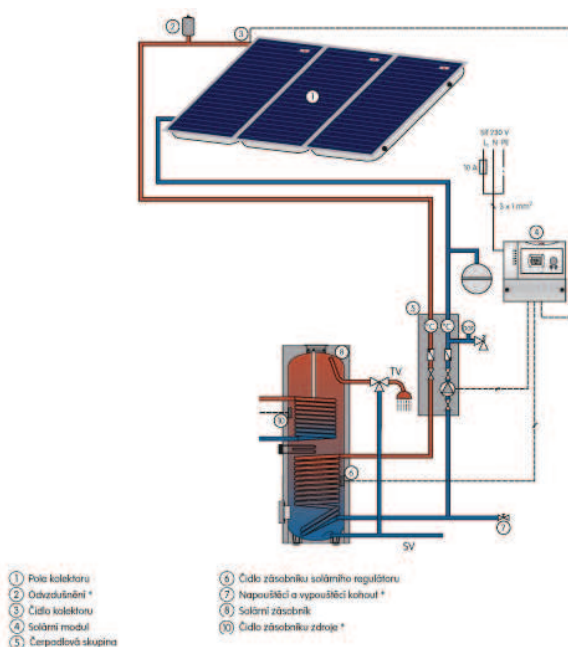
Během letních měsíců, kdy budou solární kolektory podávat největší výkony, a mohlo by dojít k přehřátí systému, bych doporučila investorovi zapojit do systému výměník na bazénovou vodu a ochlazovat systém tímto způsobem.

Zvolila jsem ploché solární kolektory TopSon F3-1 vyráběné firmou Wolf.

Výpočet je součástí přílohy č. 7.



Obr.28: Plochý solární kolektor



Obr.29: Schéma zapojení

B.7.1 Návrh expanzní nádoby pro solární systém

$$V_{EN} = (V_s + V \cdot \beta + V_k) \cdot \frac{p_e + 100}{p_e - p_o} \quad (2.46)$$

V_s - minimální objem teplotnosné látky nádrže dle podkladů výrobce	4,2l
V -objem soustavy (l)	31,5l
V_k -objem kolektoru (l)	1,7l
	(3kusy-5,1l)
Součinitel objemové roztažnosti teplotnosné látky β	0,0857 [-]

Volím maximální teplotu $t_{\max}=100^\circ\text{C}$, abych nepřesáhla teplotu ve výměníku 110°C . Minimální pracovní teplota je 10°C . Teplotnosnou látku jsem si zvolila Solarten Super a dle grafu jsem si určila β .

Dle podkladů výrobce maximální provozní přetlak 1 000 kPa pro solární kolektory.

Plnicí tlak za studena $10\text{-}20^\circ\text{C}$ - hustota kapaliny 1035kg/m^3

$$p_o = h_s \cdot \rho \cdot g + p_d (+p_c) = 5 \cdot 1035 \cdot 9,81 + 100 = 150\text{kPa}$$

$$p_e = p_{ot} \cdot 0,9 = 400 \cdot 0,9 = 360\text{kPa}$$

p_{ot} výrobce solárních kolektorů umožňuje 1000kPa, volím 400 kPa z důvodu, že systém obsahuje slabší komponenty, které by tlak neunesly

$$V_{EN} = (4,2 + 31,5 \cdot 0,0857 + 5,1) \cdot \frac{360 + 100}{360 - 150} = 26,28\text{l}$$

Navrhuji nádobu Reflex S o objemu 33l, maximální teplotě 120°C a tlaku 1 MPa.

Pojistný ventil je součástí čerpadlové sestavy.

Postup dimenzování potrubí

Doporučené množství na kolektorech 30-70 l/h.m² (velký průtok).

Volím 50l/h a od výrobce a z tabulky výrobce si najdu

50*6=300l/h dle tabulek navrhuji měděné potrubí Cu 22x1, pro zvolený průtok z tabulky zjišťuji $R=45,95 \text{ Pa/m}$ a rychlost $w=0,24\text{m/s}$.

Výpočet tlakových ztrát:

$$\Delta P_z = p_r + p_z + p_k + p_v + p_{a,jiné} = 45,95 \cdot 24,8(\text{m}) + 17,5 + 1700 \cdot 3 + 368 + 428 = 7,06 \text{ kPa}$$

$p_r = R \cdot l$ třením v potrubí

p_z vřazenými odpory

p_k ztráta kolektoru dle informací výrobce 17mBar=1700 Pa

p_v ztráta výměníku v zásobníku -368Pa

$p_{a,jiné}$ ztráta ostatní -428Pa

Použiji čerpadlovou skupinu S2 Solar3-3/4" s použitím oběhového čerpadla Wilo ST 25/6 180.

B.8 Návrh technického řešení

Pro zvolený objekt rodinného domu bylo navrženo teplovodní vytápění, s teplotou látkou připravovanou centrálně v technické místnosti (č. 105).

Jedná se o moderní novostavbu, proto bylo navrženo, do obytných místností pro komfort uživatele objektu podlahové vytápění. Výhodou podlahového vytápění je nižší teplotní spád, díky němuž pracuje tepelné čerpadlo efektivněji. Do místností, ve kterých nepokryje podlahové topení veškeré ztráty, jsou navržena otopná tělesa. Ta jsou navržena i u místností určených pro spaní. Dále budou osazena otopná tělesa v místnosti garáže. V místnostech koupelen budou namontována žebříková otopná tělesa.

Celý systém bude nucený, na jednotlivých okruzích budou nainstalována oběhová čerpadla.

Celý systém bude pracovat na ekvitermní regulaci, tudíž bude topná voda směřována.

V obou variantách budou stejné rozvody a tepelné plochy. Mění se pouze zdroje tepla a jejich zapojení.

První variantou je primárním zdrojem kotel na dřevo, jako záložní zdroj je navržen kondenzační kotel na zemní plyn. V 1.NP je hlavní rozvodné potrubí vedeno pod stropem, ve 2.NP je vedeno v podlaze.

B.9 Varianta 1

Z důvodu dobré dostupnosti kusového dřeva v lokalitě Bosny a Hercegoviny a jeho relativně nízké ceně, byl volen jako hlavní zdroj pro vytápění kotel na dřevo. Původní návrh využíval automatický kotel na dřevní pelety, ale z důvodu špatné dostupnosti tohoto produktu na místním trhu, bylo od této varianty upuštěno. Z důvodu potřeby malého výkonu na topení byl vyloučen i kotel na dřevní štěpku.

V této variantě bude proveden návrh vytápění domu kotlem na kusové dřevo, jako hlavním zdrojem. Protože jsou použity kotle na tuhá paliva, je doplněn celý návrh o akumulární nádobu. Protože se nejedná o plně automatický zdroj topení, bude použit náhradní zdroj a to kondenzační kotel na zemní plyn Viessmann Vitodens 300-W o jmenovitém výkonu 13kW. Jelikož se tato práce zabývá obnovitelnými zdroje energie, nebude zde hlouběji rozebrán.

Pro tuto variantu byl vybrán jeden z nejpropracovanějších kotlů na trhu, od rakouské firmy froling S4 turbo (dřevosplyňující) o výkonu 15kW.

Výkon kotle je vyšší než výkon požadovaný. Kotel bude sloužit i pro přípravu teplé užitkové vody, protože v této kvalitě není na trhu výrobek o nižším výkonu.

Kotel je vyroben z kvalitních komponentů a materiálů a několik desetiletí je vyvíjen do dnešní podoby.

Předností kotle je velmi vyspělá regulace, která umožňuje řízení jak celého topného systému, tak i samotného spalování. Aby nedocházelo k plýtvání paliva, je v komínu namontována lambda sonda, která hlídá zbytkový kyslík ve spalínách a podle této informace reguluje přívod vzduchu pro spalování díky regulaci otáček sacího ventilátoru. Velká ložná plocha umožní zvýšení intervalu mezi přikládáním paliva. Kotel je také vybaven samo zapalováním, jež se dá využít pro případ, kdy je vytopen objekt a současně je voda v akumulární nádobě zcela ohřátá na požadovanou teplotu, kotle utlumí svůj výkon a v případě potřeby zase začne topit.

Celé schéma kotle je na Obr. 30.

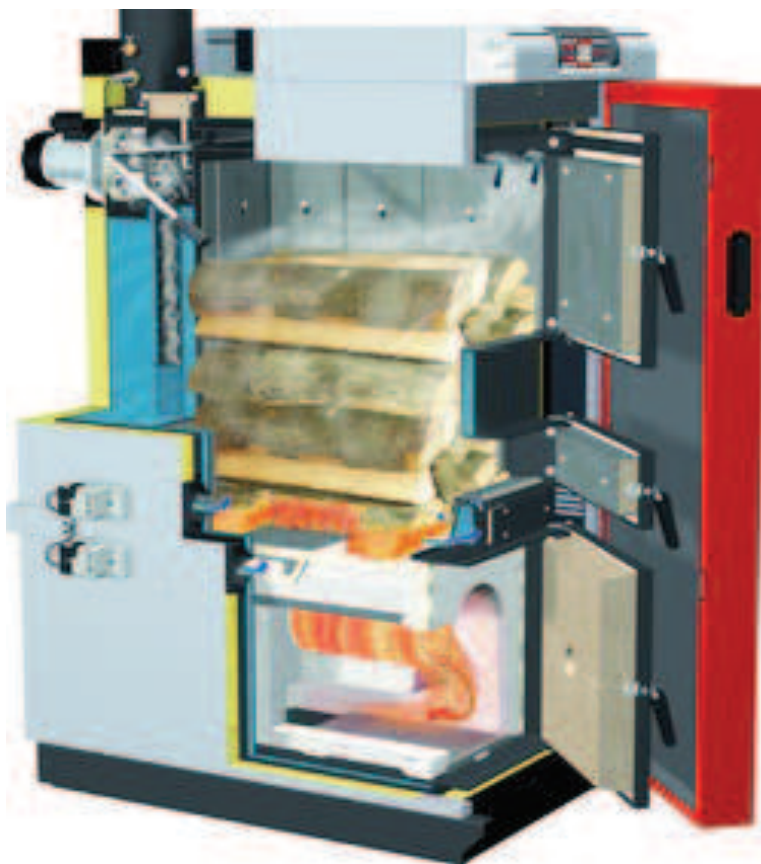
Po návrhu a prostudování obou zdrojů tepla, byl celý systém technicky vyřešen.

Teplota na výstupu z kotle nelze plně regulovat, proto musí použito směšování a akumulární nádoba.

Byla zvolena otopná tělesa a podlahové topení. Oba systémy pracují na jiném teplotním spád, a tudíž musí být navrženy dva samostatné okruhy. Třetí okruh bude sloužit k ohřevu teplé vody.

Všechny okruhy budou napojeny na společný rozdělovač sběrač. Aby nedošlo ke kondenzaci kotle, bude také osazeno směšování hned za kotlem pro případ zátopy, kdy by došlo k velkému rozdílu teplot na přívodu a vratu. Zapojení plynového kotle musí být provedeno přes trojcestný ventil na vratném potrubí, který bude sloužit pro přepínání kotle [25,26].

Protože celý systém bude navíc ohřívat teplou vodu, bude doplněn o solární systém pro přípravu teplé vody. Z důvodu možnosti přehřátí systému bude v letním období přebytečné teplo odváděno do venkovního bazénu.



Obr.30: Dřevosplyňující kotel - Froling S4 turbo

B.10 Varianta 2

Druhá varianta využívá energie ze země, tzn. využívá k získání energie tepelného čerpadla.

Využití energie ze země, bylo ideálnější variantou pro aplikaci na řešeném objektu, proto nebyla použita varianta vzduchového tepelného čerpadla. Při využití zemního tepelného čerpadla je zajištěna větší účinnost systému než u využití vzduchového čerpadla.

Pro využití zemního tepelného čerpadla, bylo voleno varianty vrtu. Varianta plošného kolektoru nebyla možná a to z důvodu nepříliš velkého pozemku.

Další z možností využití energie čerpadla, je pomocí studny, nebo vody z vodní nádrže. Pro tuto variantu nebyly v současné době ideální podmínky, a tudíž nebyl využit.

Celý systém je doplněn o akumulční nádrž.

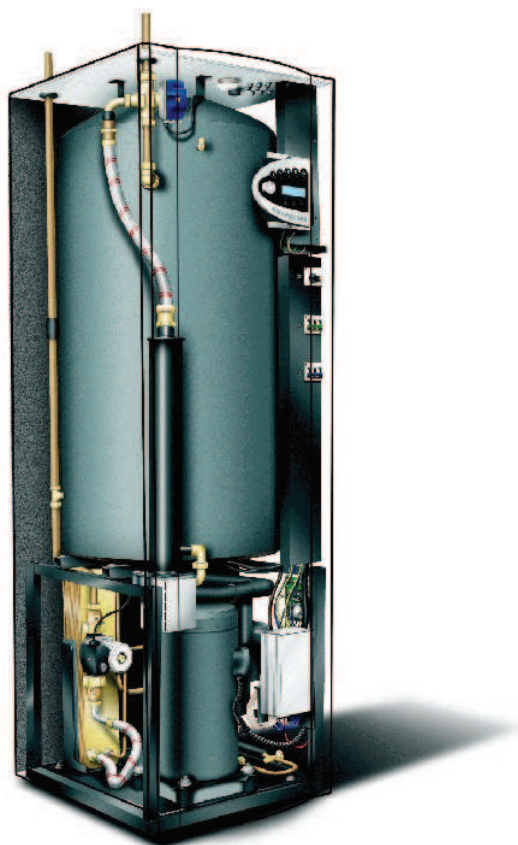
Tepelné čerpadlo bylo zvoleno od švédského výrobce tepelných čerpadel firmy IVT. Tato firma se zabývá čistě výrobou tepelných čerpadel a v minulých letech patřila k nejprodávanějším zemní tepelná čerpadla na našem trhu.

Pro řešený objekt bylo navrženo tepelné čerpadlo IVT Greenline HE C11 o výkonu 10,3kW.

Celkový výkon tepelného čerpadla nepokryje tepelný výkon objektu, ale díky integrovanému elektrickému kotli bude i v nejnižších teplotách zajištěn dostatečný výkon. Dle informací od výrobce, není vhodné pro práci kompresoru časté spínání a vypínání kotle. Proto je navržen tento typ kotle s nižším výkonem.

Celé tepelné čerpadlo se skládá z několika hlavních částí. Nejdůležitější je kompresor Scroll Mitsubishi Electric. Jedná se o tepelné čerpadlo s nerezovým dvouplášťovým zásobníkem pro ohřev teplé vody (225 l celkový objem, z toho 185 l užitková voda). Teplá voda na výstupu je směřována trojcestným ventilem, což zajistí maximální přípustnou teplotu teplé vody. Příprava teplé vody pomocí tepelného čerpadla může probíhat celoročně, tudíž není systém doplněn o žádné jiné zdroje.

Stejně jako předešlá varianta bude i tato varianta obsahovat dva topné okruhy. Ovšem u okruhu otopných těles nebude docházet ke směšování, tepelná tělesa jsou navržena na teplotní spád tepelného čerpadla a nemusí tedy docházet ke směšování. Okruh podlahového topení bude směšován. Oba okruhy budou napojeny na společný rozdělovač sběrač. Pro teplou vodu jsou vývody nainstalované přímo na tepelném čerpadle.



Obr.31: Tepelné čerpadlo IVT Greenline HE C11

B.11 Ideové řešení navazujících profesí TZB

Použití nadřazené regulace v tomto případě není nutná, v obou variantách jsou použita moderní zařízení s vyspělou regulací. Obě varianty pracují na principu ekvitermní regulace.

V obou případech bude osazeno na severní fasádě objektu teplotní čidlo dodané výrobcem, které bude umístěno tak, aby nedocházelo k ovlivňování čidla, například zisky okny a podobně.

V případě varianty kotle na dřevo bude regulace řídit jak trojcestné ventily, tak čerpadla, umístěna v kotli na dřevo. Systém řízení kotle froling Lambatronic S3200 je schopen ovládat až 18 na sobě nezávislých topných okruhů. V tomto případě jsou zde 3 okruhy a díky použití akumulární nádoby budou instalována elektronická teplotní čidla na nádrži, která budou určovat teplotu pro kotel. V případě natopení nádrže i objektu přechází kotel do fáze útlumu. Teplotní čidla budou umístěna také na zásobníkovém ohřívači, v případě natopení na potřebných 55° C řídicí jednotka zastaví oběhové čerpadlo pro přípravu teplé užitkové vody.

Teplotní čidlo se dále osadí na přívodní potrubí do topných okruhů za směšovací armaturou a na vratnou vodu do kotle z důvodu zátopu.

Všechny trojcestné ventily budou s elektropohonem od firmy ESBE a budou propojeny s řídicí jednotkou kotle.

Pro tento typ systému budou použita čerpadla Grundfos Alpha. Jsou to elektricky regulovatelná čerpadla. Čerpadla Alpha jsou s frekvenčním měničem zajišťující konstantní diferenční tlak.

Dále je možné systém doplnit o pokojový termostat s teploměrem RBG 3200, který umožní základní nastavení kotle a regulaci teploty v interiéru.

Veškeré prvky regulace, a to teplotní čidla vnější i vnitřní i ta, která se osazují na topné větve a nádrže, dodává firma Froling. Je možné je nahradit jinými výrobky o stejných parametrech. Jelikož jsou součástí dodávky, nemá tento krok žádný smysl.

Pro přípravu teplé užitkové vody pomocí solárních kolektorů bude také zajištěna regulace proti přehřátí zásobníkového ohřivače v případě chladnějších období tak, aby nedocházelo k ochlazování nádrže cirkulací vody do kolektoru.

K tomu slouží solární regulátor, zvolen byl typ TDC1+ firmy Sorel, který bude zapínat a vypínat oběhové čerpadlo.

Na regulátor budou napojeny dvě teplotní čidla. Čidlo teploty nádrže, Pt1000 ponorné čidlo TT/P4 do 95°C a teplotní čidlo na Pt100 ponorné čidlo TT/S2 do 180°C.

Varianta tepelného čerpadla, obsahuje ekvitermní regulátor REGO 1000 s řízením 2. topných okruhů, diagnostikou poruch, ochranou proti legionelle, časovým řízením a dalšími funkcemi.

V tomto případě jsou okruhy dva. Také musí být instalována elektronická teplotní čidla na akumulární nádrž, která budou informovat čerpadlo o stavu nádrže.

Teplotní čidla budou umístěna na obou topných okruzích.

B.12 Potřeba tepla pro vytápění a ohřev TV, výpočet nákladů

Prvním krokem pro určení nákladů na vytápění, je určení potřeby tepla na vytápění a ohřev teplé vody. Pro výpočet potřeby tepla na vytápění musíme znát rozdíl mezi vnitřní a vnější teplotou ale také počet dní topného období.

Dle vzorce (2.47) se určí počet denostupňů.

$$D = d * (t_{im} - t_{em}) \quad (2.47)$$

d- počet dnů topné sezony 210dní

t_{im} průměrná vnitřní teplota 20°C

t_{em} průměrná vnější teplota 4,1°C

$$D = d * (t_{im} - t_{em}) = 210 * (20 - 4,1) = 3339 \text{ denostupňů}$$

Roční potřebu tepla na vytápění dle vzorce (2.48)

$$E_v = 24 \cdot Q_c \cdot \epsilon \cdot D / (t_i - t_e) \quad [\text{Wh}] \quad (2.48)$$

$$E_v = 24 \cdot Q_c \cdot \epsilon \cdot D / (t_i - t_e) = 24 \cdot 11613 \cdot 0,84 \cdot 3339 / (20 + 18) = 20\,572,59 + 4380 = 24952,6 - 2623,03 = 22329,3 \text{ kWh}$$

Určení součinitele ϵ je možné podle vztahu:

$$\epsilon = \epsilon_n \cdot \epsilon_r \cdot \epsilon_u \cdot \epsilon_s \cdot \epsilon_t \quad (2.49)$$

ϵ_n součinitel nesoučasnosti pro moderní a nízkoenergetické domy - 0,75

ϵ_r součinitel regulace pro ekvitermní regulaci – 1,0

ϵ_u součinitel útlumů teplot bez útlumu – 1,0

ϵ_s součinitel vlivu otopného systému – teplovodní 1,0

ϵ_t součinitel zvýšení teploty o 2°C – 1,12

$$\epsilon = 0,75 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,12 = 0,84 \quad (-)$$

Q_c je výpočtová tepelná ztráta ve 11613 W

ϵ je opravný součinitel

D je počet denostupňů

t_i je vnitřní teplota - 20°C

t_e je vnější výpočtová teplota -18°C

Energie na výrobu teplé vody

Dále si musíme určit potřebu tepla na ohřev teplé vody, zvolila jsem si střední hodnotu a to 40 l/osoba na den pro teplotu 60°C k čemu potřebuju 2,4 kWh/os.den. Předpokládaný počet obyvatel je 5.

$$E_{tv} = \text{počet dní v roce} \cdot \text{počet osob} \cdot \text{množství tepla za den} = 365 \cdot 5 \cdot 2,4 = 4380 \text{ kWh}$$

Celková energie potřebná na výrobu tepla a teplé vody:

$$E = E_v + E_{tv} = 20572,59 + 4380 = 24952,6 \text{ kWh}$$

Energie potřebná k výrobě tepla a teplé vody

$$E_c = E_v + E_{tv} = 20\,572,59 + 4380 = 24952,6 \text{ kWh}$$

Množství paliva pro výrobu tepla a teplé vodyVarianta 1:

K výrobě tepla a teplé vody slouží kotel na tuhá paliva a kondenzační plynový kotel

$$\text{Množství paliva} = E_c - E_{sol} = 22329,56 \text{ kWh}$$

- tuto energii musí vyrobit kotel na dřevo a kondenzační kotel na plyn, aby pokryl celkovou potřebu tepla.

Primární zdroj tepla (kotel na tuhá paliva)

- vyrobí 95% energie z celkové energie potřebné k výrobě tepla a TV (bez solárního kolektoru).
- Primární zdroj vyrobí: 21213,08 kWh

Záložní zdroj (plynový kotel)

- vyrobí 5% z celkové energie.
- Sekundární zdroj: 1116,48 kWh

Zemní plyn:

- 1 m^3 plynu, vyrobí 9,44 kWh energie potřebné pro vytápění

$$1116,48 / 9,44 = 118,27 \text{ m}^3 / \text{rok (zemního plynu)}$$

$$118,27 * \text{cena} = 13,50 \text{ (BaH)} = \underline{1596,66 \text{ Kč}}$$

Dřevo :

$$- 21213,08 / 4,04 = 5251 \text{ kg / rok (dřeva)}$$

Účinnost kotle je 80% . Hodnota zohledňuje vlhkost dřeva a vliv spalování dřeva.

$$5251 / 0,80 = 6563,75 \text{ kg / rok} = 6563,75 * 2,25 \text{ (BaH)} = \underline{14769 \text{ Kč / rok}}$$

Celkové náklady pro Variantu 1

Pro variantu číslo jedna jsou náklady na vytápění vyčísleny na 16365Kč.

V případě, že bychom veškerou energii vyrobili kotlem na zemní plyn, byla by celková cena za energie 35 684,33Kč/rok.

Variantu 2

TČ slouží k výrobě tepla a TV.

Výrobce udává, že TČ dokáže pokrýt 95% celkové energie za rok, zbylých 5% energie ,je vyrobeno elektrokotlem.

- 3,5 kWh tepla potřebují 1kWh elektřiny

Celková energie TČ = 23704,97 kWh

Elektrokotel = 1247,63 kWh

El. energie potřebná pro pohon TČ:

6773 kWh el. + 1248=8020,5 -> celková el. Energie pro výrobu tepla a TV

$8020,5 * 2,80\text{Kč/kWh}(\text{nižší tarif}) = 22457\text{Kč/rok}$

V případě, že energii vyrábíme pouze elektrokotlem, celkové náklady by činili 69 867 Kč.

Náklady na pořízení

Pořizovací náklady jsou uvedeny bez DPH. Do ceny jsou zahrnuty pouze komponenty, které jsou u jednotlivých variant odlišné.

Variantu 1

Kotel na dřevo Froling S4 turbo	158000 Kč
Cena akumulční nádoby Rolf o objemu 1500 včetně izolace	36400 Kč
Zásobníkový ohřívač ANTIKOR - TV s 300	38 700 Kč.
Solární kolektory 3*19300	57900 Kč
Zapojení solárních kolektorů včetně materiálu	18500 Kč
Čerpadlová stanice pro solární kolektory S2 solar 3-3/4''	11300 Kč

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Aplikace obnovitelných zdrojů energie pro vytápění rodinného domu v Bosně a Hercegovině

Expanzní nádoba Reflex N200=	7200 Kč
Expanzní nádoba Reflex S 33 solár	2400 Kč
Kotel an zemní plyn wiessmann vitodens 300-w cena	41 850 Kč
Zapojení včetně materiálů	13 500 Kč
<u>Celkové náklady varianty 1- 372 250kč</u>	

Varianta 2

Cena tepelného čerpadla	224 000 Kč
Cena akumulční nádoby Rolf o objemu 500l včetně izolace	21400 Kč.
Cena vrtu včetně potrubí a propojení do objektu	194 400 Kč.
Zapojení včetně práce	5000 Kč
<u>Celkové náklady varianty 2- 444 800kč</u>	

Zbytek zařízení pro vytápění RD nebylo uvažováno.

Ceny jsou v základních sazbách beze slevy.

Pořizovací náklady jsou uvedeny bez DPH. Do ceny jsou zahrnuty pouze komponenty, které jsou u jednotlivých variant odlišné.

B.13 Hodnocení navržených variant řešení

Pro zvolený objekt rodinného domu bylo navrženo teplovodní vytápění, s teplotou látkou připravovanou centrálně v technické místnosti (č. 105).

Jedná se o moderní novostavbu, proto bylo navrženo, do obytných místností pro komfort uživatele objektu podlahové vytápění. Výhodou podlahového vytápění je nižší teplotní spád, díky němuž pracuje tepelné čerpadlo efektivněji. Do místností, ve kterých nepokryje podlahové topení veškeré ztráty, jsou navržena otopná tělesa. Ta jsou navržena i u místností určených pro spaní. Dále budou osazeny otopná tělesa v místnosti garáže. V místnostech koupelen budou namontována žebříková otopná tělesa.

Celý systém bude nucený, na jednotlivých okruzích budou nainstalována oběhová čerpadla.

Celý systém bude pracovat na ekvitermní regulaci, tudíž bude topná voda směřována.

V obou variantách budou stejné rozvody a tepelné plochy. Mění se pouze zdroje tepla a jejich zapojení.

Doporučuji první variantu. Jedná se o variantu, která není plně automatická, ale díky velké ložné ploše kotle se doba přikládání pohybuje i v minusových teplotách okolo 12 hodin. Tudíž stačí dvakrát denně přiložit, což je ve většině případů neomezuující. Díky kotli na plyn nemůže dojít k vymrznutí objektu.

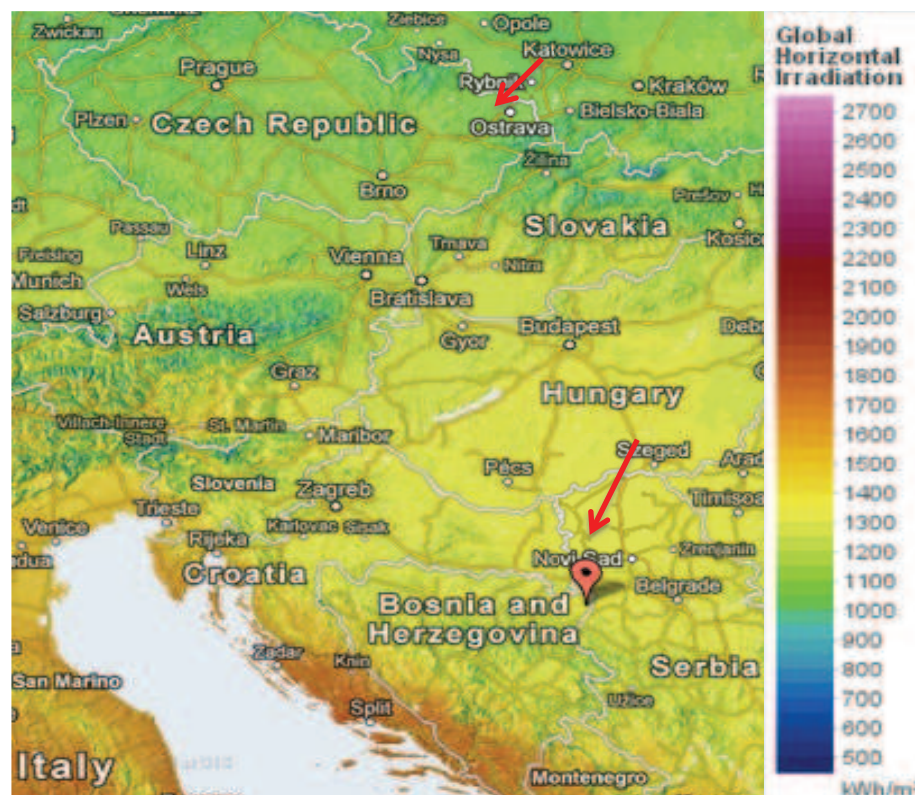
Tato varianta je výhodnější v celkových nákladech na výrobu tepla.

C Experimentální řešení a zpracování výsledků

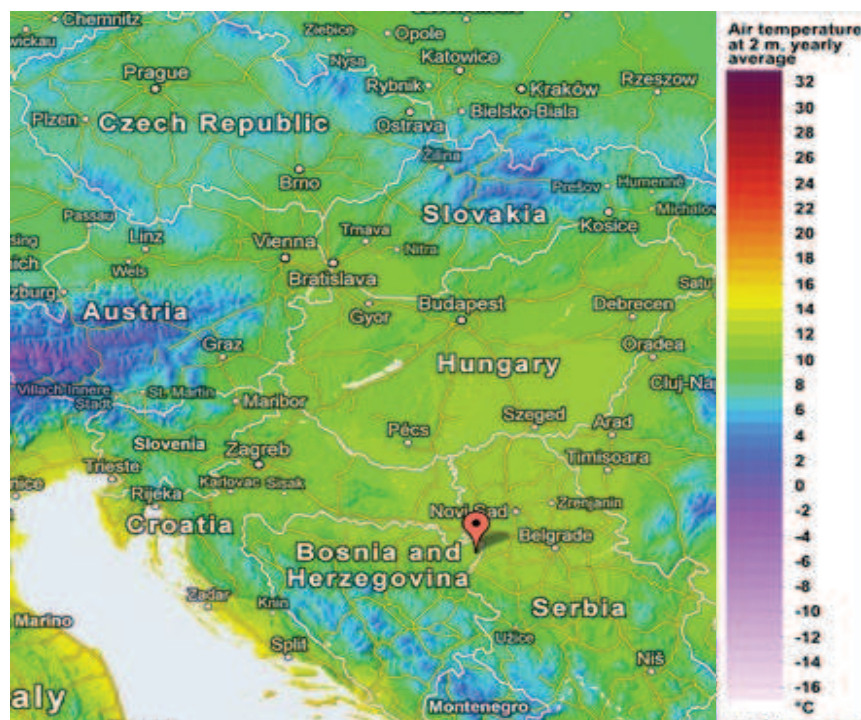
C.1 Cíle experimentu

Cílem experimentálního řešení bylo získání výsledků, které byly aplikovány v části B – Aplikace tématu na zadané budově. Výsledky naměřených hodnot, tj. intenzity slunečního záření a teploty vzduchu v exteriéru, byly použity při návrhu solárního systému pro ohřev teplé vody.

Druhá část experimentálního řešení se zabývá simulací stacionárního stavu podlahového vytápění v softwaru CalA.



Obr. 16: Mapa globálního záření



Obr. 17: Mapa teploty vzduchu



Obr. 29: Mapa krajinné oblasti

C.2 Popis

Objektem mého experimentálního měření byla novostavba rodinného domu, který se nachází v obci Bijeljina, jež leží v severovýchodní části Bosny a Hercegoviny (BaH) v Republice Srbské. Obec má rozlohu 743 km² a celkový počet obyvatel 170 000. Jde o obec s přilehlými lesy a termálními prameny.

Rodinný dům je jednopodlažní, nepodsklepený, s obytným podkrovím, navržen jako jednogenerační a to pro 4-5osob.

Experimentální měření probíhalo ve dvou variantách. První měření se uskutečnilo na parcele řešeného objektu, tzn. v obci Bijeljina (Bosna a Hercegovina), druhé měření probíhalo v obci Brunšperk (Česká Republika).

Měření pro oblast Bosny a Hercegoviny probíhalo v letních měsících, konkrétně v období srpen - září. Zbylé hodnoty pro ostatní měsíce v roce, byly doplněny z hodnot získaných ze společnosti SolarGis.

Měření v České Republice probíhalo v období od 10.-12.9. 2012.

Obě měření byla řešena zpracována v programu Exel a vynesena do grafů.

C.2.1 Popis používaných měřících zařízení

Měřící přístroje a pomůcky použité k experimentu

- Pyranometr SG 0013, výrobce J.Tlušťák
- Zaznamenávací ústředna Ahlborn ALMEMO 3290-8
- Controlotron System 1010 DP UNIFLOW
- Počítač
- Software EXEL

Čidla a snímače

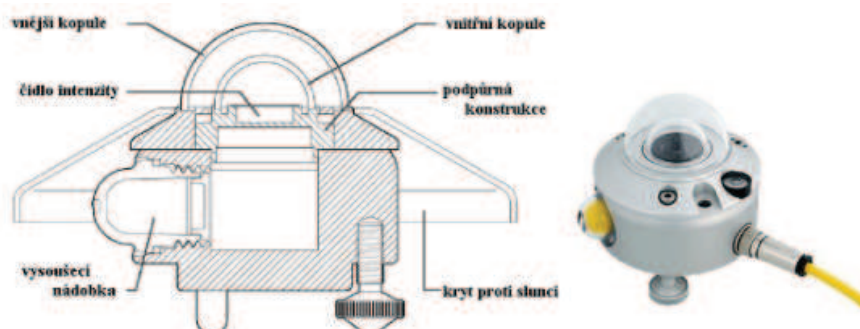
- Odporové dráty Pt100 (určené pro měření teploty), Ahlborn 4ks
- Pro měření intenzity slunečního záření, Ahlborn 1ks

Sledované veličiny

- Teplota t $[^{\circ}\text{C}]$
- Intenzita sluneční radiace I $[\text{W}/\text{m}^2]$

Základní údaje:

- Datum měření:
 - Bosna a Hercegovina – Bijeljina: 1.8.-12.9. 2012
 - Česká Republika – Brunšperk: 10.-12.9.2012
- úhel sklonu kolektoru (pro ČR) β : 30°
- azimutový úhel kolektoru γ : 15

*Obr.32: Pyranometr***Popis měření**

Na střeše rodinného domu byl instalován snímač slunečního záření, pyranometr. Snímač byl upevněn ke střešní konstrukci se sklonem stejným, jako byl sklon solárních kolektorů, na objektu (RD), který se nachází na území ČR, kde probíhalo druhé měření. Umístění snímače bylo voleno s ohledem na co nejmenší stínění prvků střešní konstrukce, okolní zástavby, zalesnění okolí atd. Z důvodů vystavení připojovacího kabelu povětrnostním podmínkám, byl na kabelu připevněn ochranný obal, aby bylo zabráněno poškození přístrojové techniky vodou.

Vyhodnocení výsledků

V grafu č. 6 jsou porovnány tři průběhy hodnot intenzity sluneční radiace. První je zastoupen oblastí Bosny a Hercegoviny, druhý Českou Republikou a poslední vypočtenými hodnotami podle Technického průvodce, viz [24]

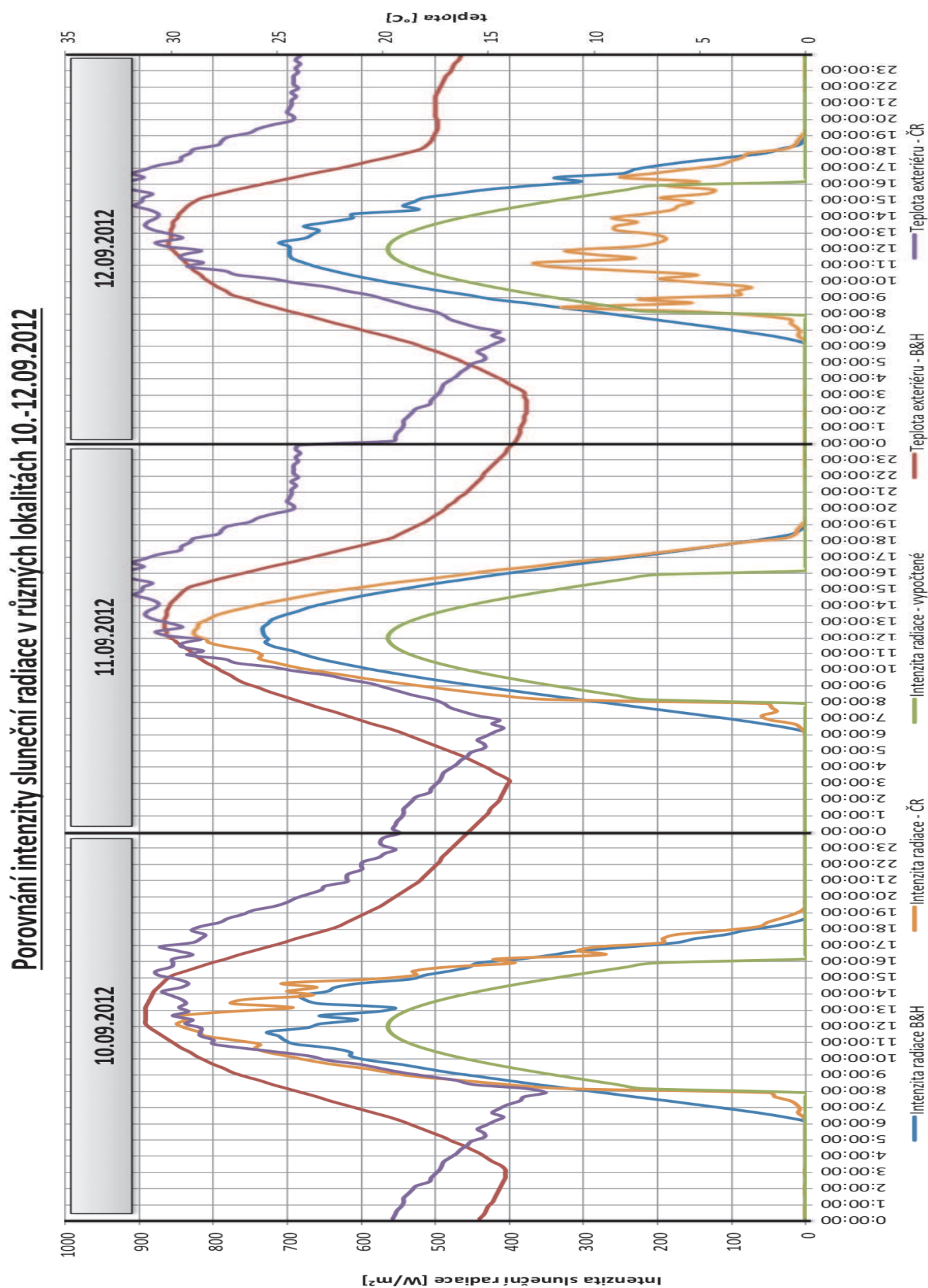
Z grafu 6 je patrné, že intenzita slunečního záření během 10.-11.9.2012 byla v BaH značně nižší (730 W/m^2), než v ČR (870 W/m^2). Ovšem 12.9., kdy bylo v ČR zataženo a intenzita sluneční radiace kolísala od 80 až k 560 W/m^2 , byla hodnota pro BaH vyšší (až 708 W/m^2). Z grafu je dále patrné, že v lokalitě Bosny a Hercegoviny byla teplota vzduchu a povětšinou i intenzita sluneční radiace nižší, než na území ČR.

Z Grafu. 7 a 8 lze rozeznat rozdíly v intenzitě slunečního záření a s ním souvisejících teplot pro typický zimní (Graf.7) a letní den (Graf. 8).

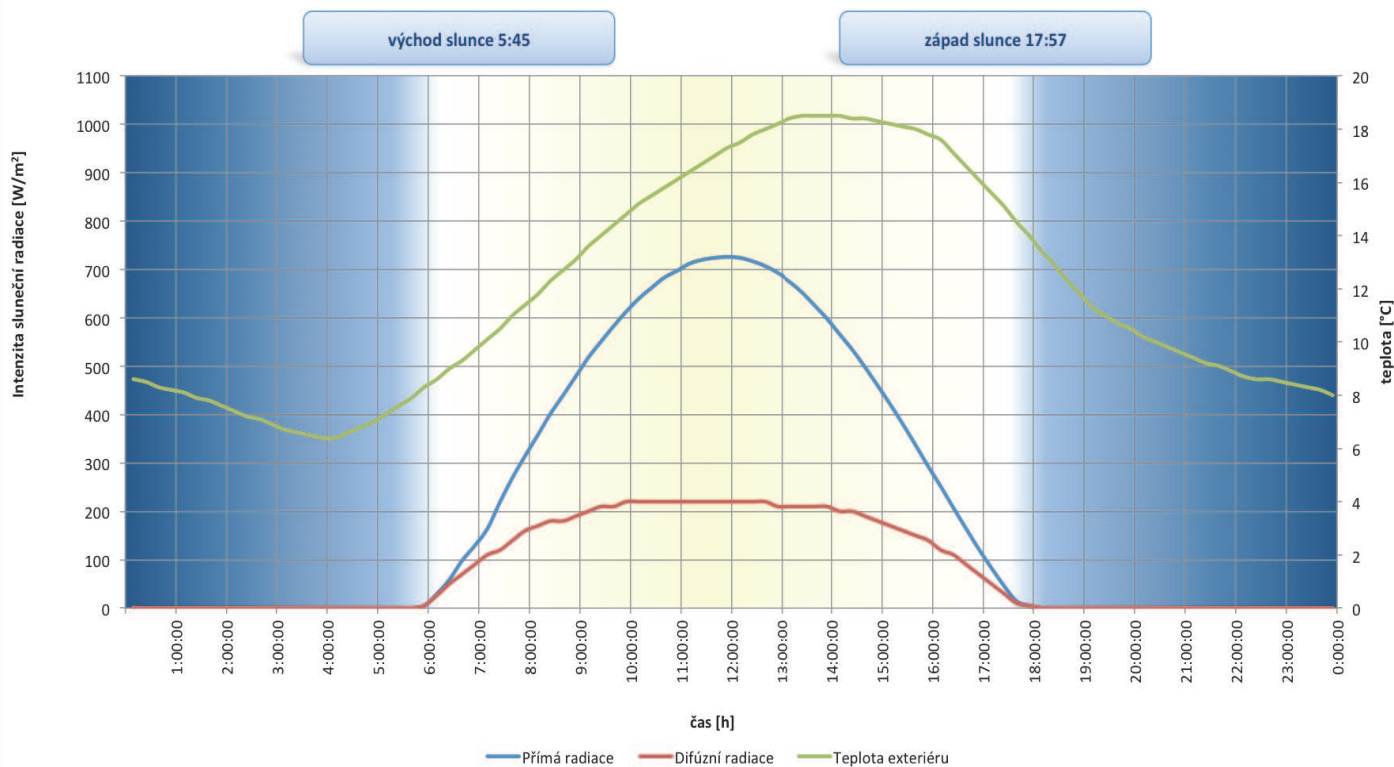
Dle intenzity sluneční radiace lze také poměrně dobře určit čas západu a východu slunce.

V grafu 9 jsou zobrazeny rozdíly intenzity slunečního záření a teplot exteriéru pro dny 10. a 11.9.2012, kdy probíhalo měření současně a je v něm také znázorněn časový rozdíl východu a západu slunce.

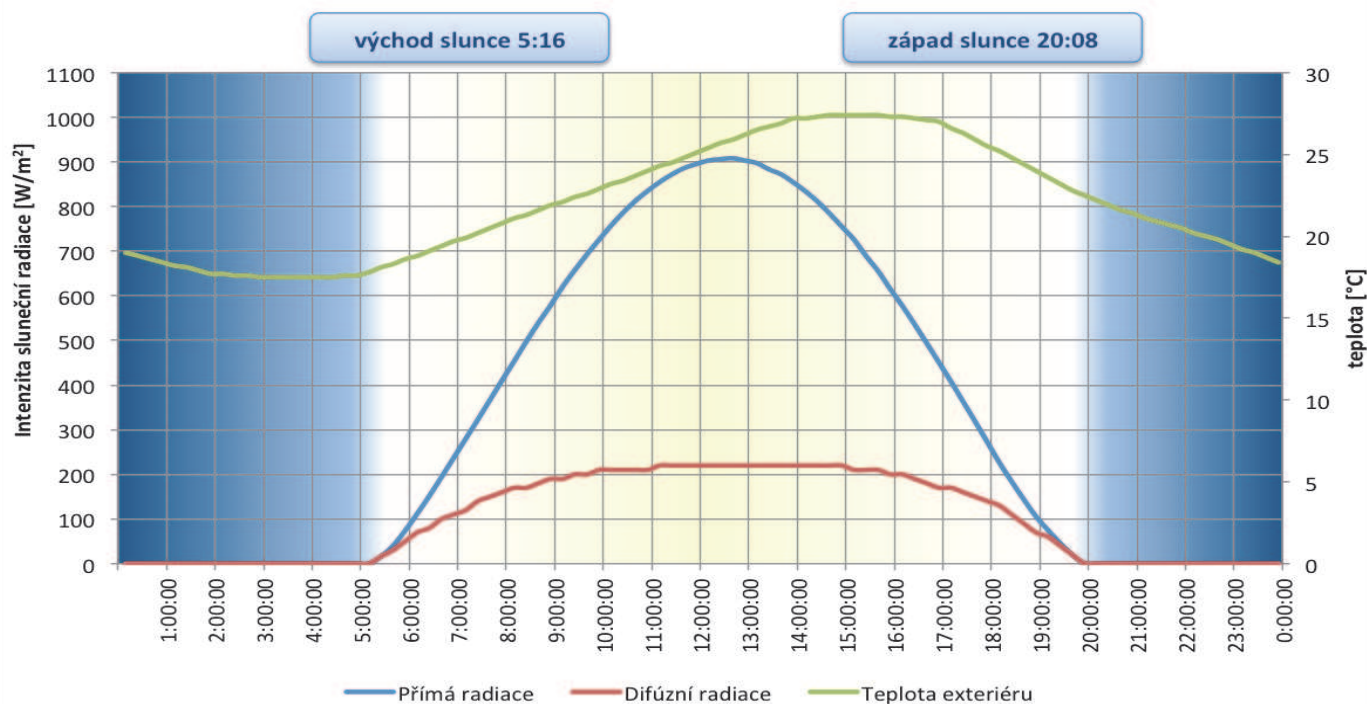
Graf 6: Porovnání intenzity sluneční radiace



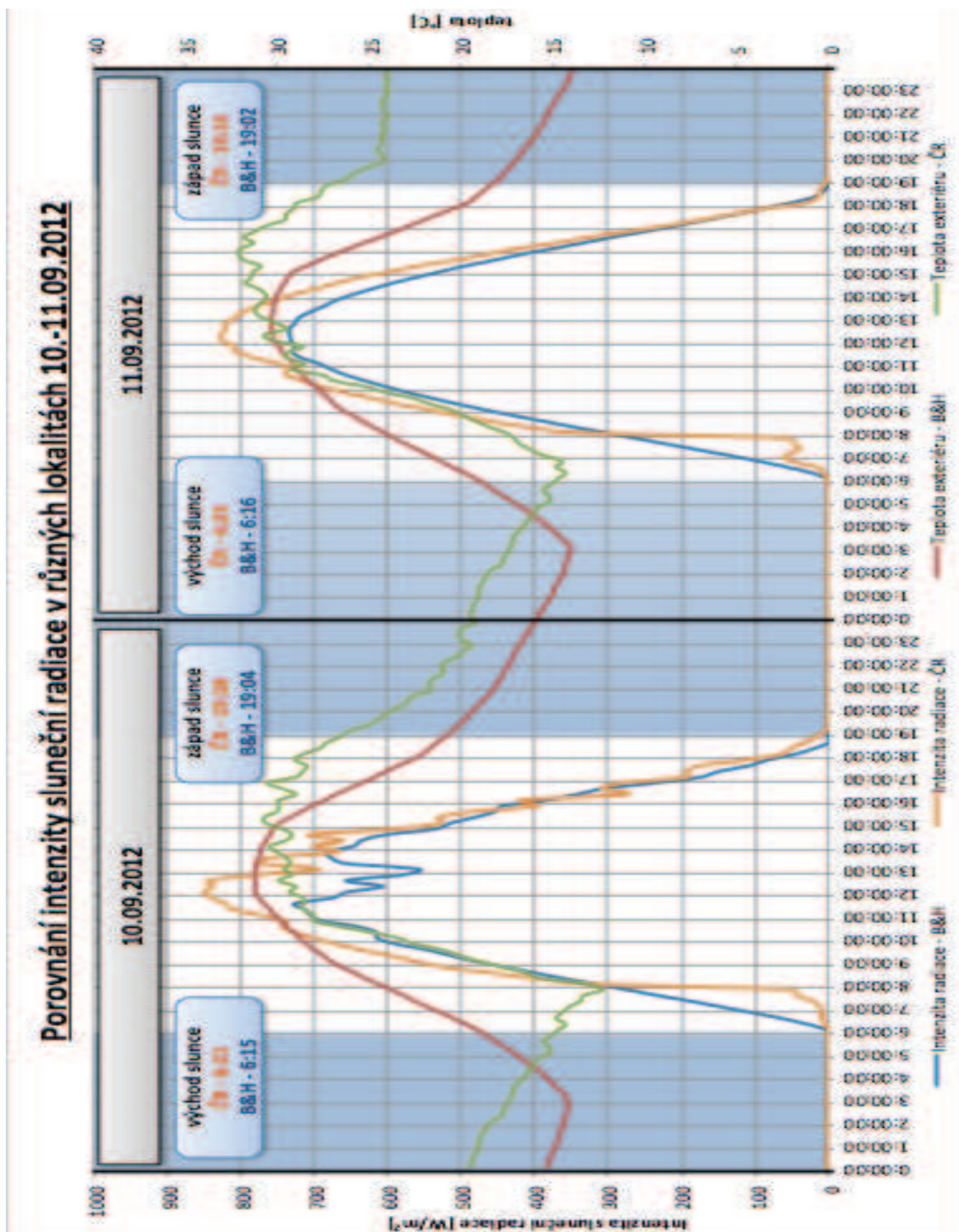
Graf 7: Průběh naměřených veličin pro typický zimní den

Průběh měřených veličin 21.03.2012

Graf 8: Průběh naměřených veličin pro obě lokality měření

Průběh měřených veličin 21.07.2012

Graf 9: Porovnání intenzity sluneční radiace v různých lokalitách 10.-11.9.



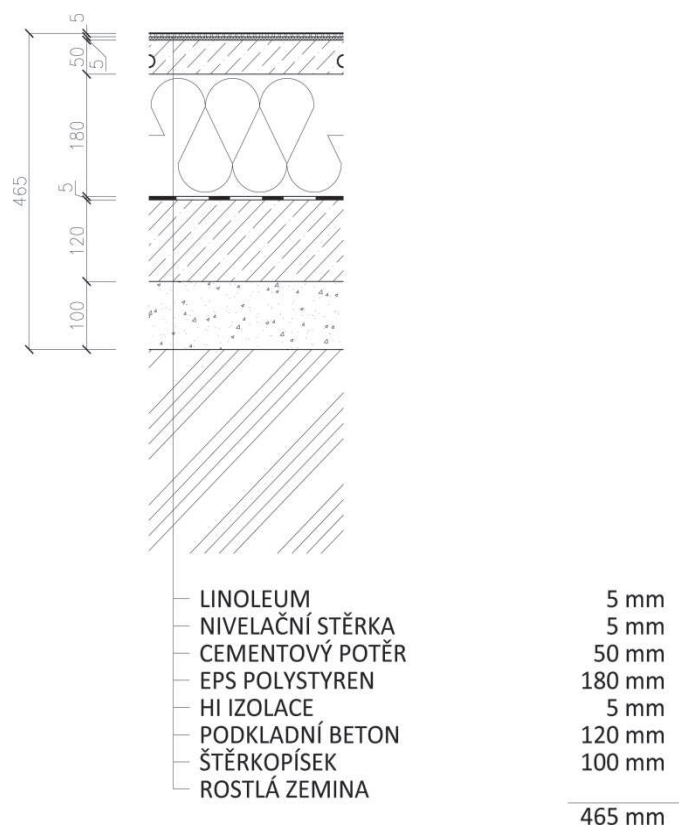
C.3 Simulace podlahového vytápění v softwaru CalA

Pro zvolený objekt rodinného domu bylo navrženo podlahové vytápění.

Proto byly v softwaru CalA (Calculation Area) provedeny simulace stacionárního stavu podlahového vytápění na dvou konstrukcích. Simulace jsou popsány ve dvou variantách, které reprezentují typické místnosti.

C.3.1 Varianta I.

Objekt je dvoupodlažní, nepodsklepený, a proto tedy byla vybrána první skladba na rostlém terénu (jedná se o skladbu s označením PDL1, která je navržena v místnosti č.106). Geometrie je patrná z následujícího obrázku Obr.31. Ve vrstvě cementového potěru je usazen otopný had. Jedná se o PE potrubí, které je ukotveno k distanční síti a proudí v nich otopná voda o teplotě 37 °C.



Obr. 31: Detail konstrukce podlahy

Vytvořený model v síťovém prostředí programu přesně kopíruje navržený stav a pro vyšší přesnost byl rozdělen na konečné plochy 1×1 mm.

Dále dbá geometrických požadavků při simulacích konstrukcí ve styku se zemínou, tedy že okrajová podmínka zeminy byla vložena v hloubce 3 m pod úroveň podlahy. Teplota zeminy ve zmíněné hloubce byla určena jako průměrná teplota v otopném období, kdy je uvažováno topení aktivní.

Výstupem programu je následující ČSN protokol obsahující potřebné informace a grafické výstupy.

Protokol výsledků řešeného 2D teplotního pole

podle normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009

CalA Professional verze 3.0

1. Identifikační údaje:

Název projektu: D:\DD\Nová složka\zem\podl_zem.cla

Datum: 10. ledna 2013

2. Vstupní údaje:

Počet buněk v rastru	300 x 3 000 ks	Buněk s materiálem	889 017 ks
Rozměr buňky ve směru X	0,001 m	Buněk s okrajovou podmínkou	783 ks
Rozměr buňky ve směru Y	0,001 m	Buněk s vnitřními zdroji	0 ks

Tabulka použitých materiálů	Barva	Objemová hmotnost ρ [kg/m ³]	Tepelná vodivost λ [W/(m·K)]	Tepelná kapacita c [J/(kg·K)]
M01 - linoleum		1200,00	0,170	1400,00
M02 - nivelační stěrka		1800,00	1,050	840,00
M03 - cementový potěr		2000,00	1,050	840,00
M04 - polyethylen		930,00	0,350	1470,00
M06 - TI - EPS - 180 - 1		30,00	0,030	2060,00
M07 - Hydroizolace		1400,00	0,160	960,00
M08 - Podkladní beton		2100,00	1,020	1020,00
M09 - štěrkopísek		1650,00	0,650	800,00
M31 - Půda písčitá vlhká		2000,00	2,300	920,00

Tabulka použitých okrajových podmínek	Barva	Délka L [m]	Teplota T [°C]	Souč. přestupu tepla α [W/(m ² ·K)]
P01 - Interiér - Podlaha ($t = 20^{\circ}\text{C}$, $\alpha = 6$)		0,300	20,000	6,000
P06 - Topná voda		0,064	37,000	300,000
P07 - Zemina		0,300	11,400	99999,000

3. Výsledky:

Max. teplota v konstrukci	$T_{max} = 36,699^{\circ}\text{C}$	Tepelný tok do konstrukce	$Q_{okr\ in} = 1392,27\ \text{W/m}$
Min. teplota v konstrukci	$T_{min} = 11,401^{\circ}\text{C}$	Tepelný tok do konstrukce	$Q_{zdr\ in} = 0,00\ \text{W}$
Max. povrchová teplota	$T_{p,max} = 36,79^{\circ}\text{C}$	Tepelný tok z konstrukce	$Q_{okr\ out} = -3,64\ \text{W/m}$
Min. povrchová teplota	$T_{p,min} = -268,07^{\circ}\text{C}$	Tepelný tok z konstrukce	$Q_{zdr\ out} = 0,00\ \text{W}$
Kritérium konvergence	Není číslo < 0,020	Suma tepelných toků	$Q_{sum} = 1388,63\ \text{W/m}$
Chyba výpočtu podle normy	$1\text{E}+000 < 0,001$	Počet řešených rovnic	889 017 rovnic

Kritérium konvergence - je rozdíl mezi tepelnými toky vstupujícími do konstrukce s hustotou sítě "n" a "2n", podělený sumou těchto tepelných toků v absolutní hodnotě, musí být menší než 2%. Kritérium konvergence tedy udává, zda je výpočetní síť dostatečně hustá podle požadavku normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009.

nesplněno

Chyba výpočtu podle normy - je součet všech tepelných toků vstupujících do konstrukce, podělený sumou těchto tepelných toků v absolutní hodnotě, musí být menší než 1%. Chyba výpočtu tedy udává, zda je výpočet dostatečně numericky zkonvergovaný podle požadavku normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009.

nesplněno

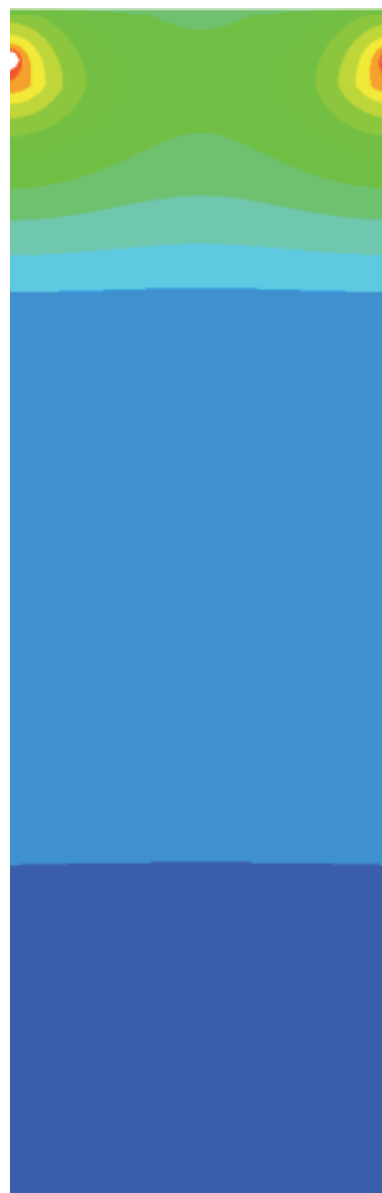
Tabulka použitých okrajových podmínek	Barva	Tepelný tok $Q_{okr}\ [\text{W/m}]$	Tepelný tok $Q_{okr}\ [\text{W/m}^2]$	Max. povrchová teplota $T_{max}\ [^{\circ}\text{C}]$	Min. povrchová teplota $T_{min}\ [^{\circ}\text{C}]$
P01 - Interiér - Podlaha		-0,988	-3,295	22,974	-268,067
P06 - Topná voda		139,174	2174,587	36,789	-180,105
P07 - Zemina		1250,443	4168,144	11,400	-1,114

4. Grafický výstup:

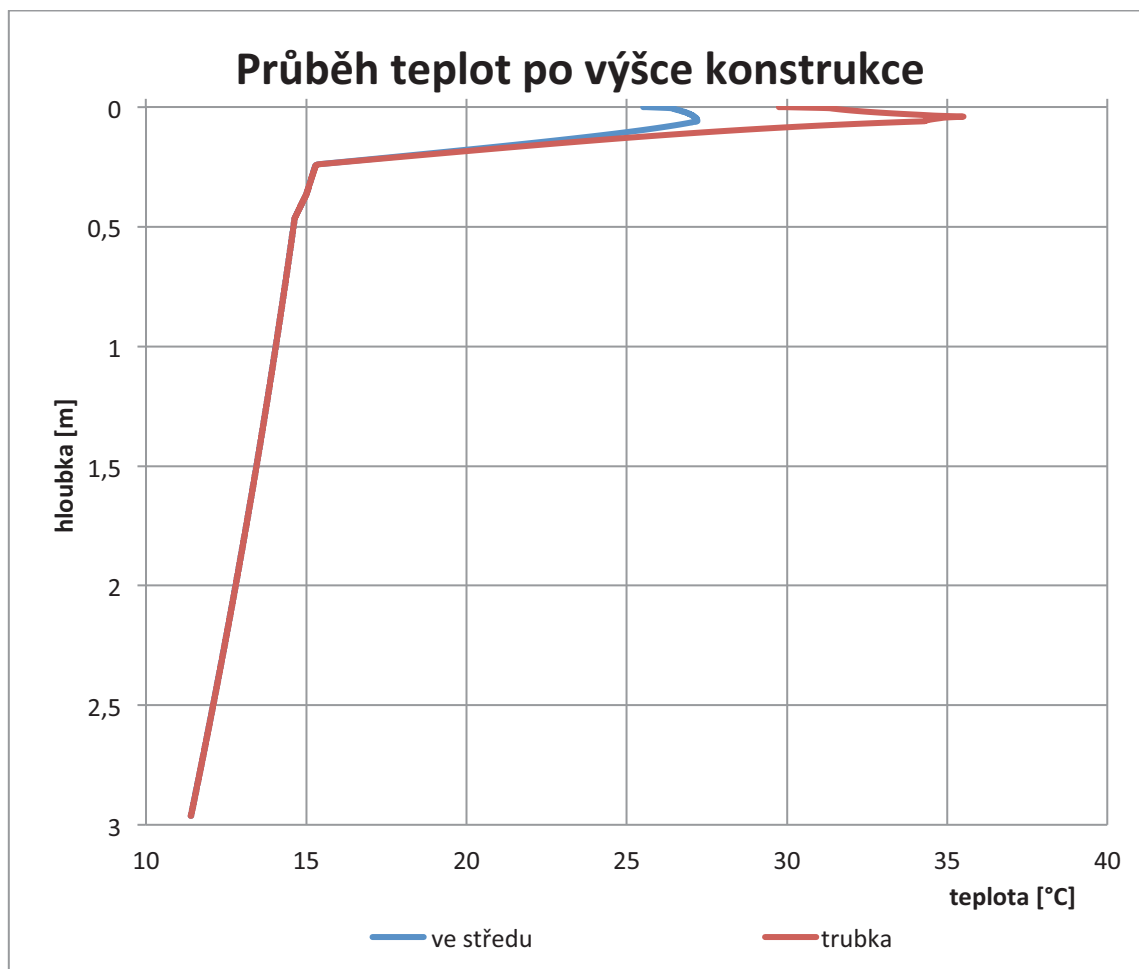
Zadaná geometrie konstrukce a
rozmístění materiálů



Výsledné 2D pole rozložení teplot

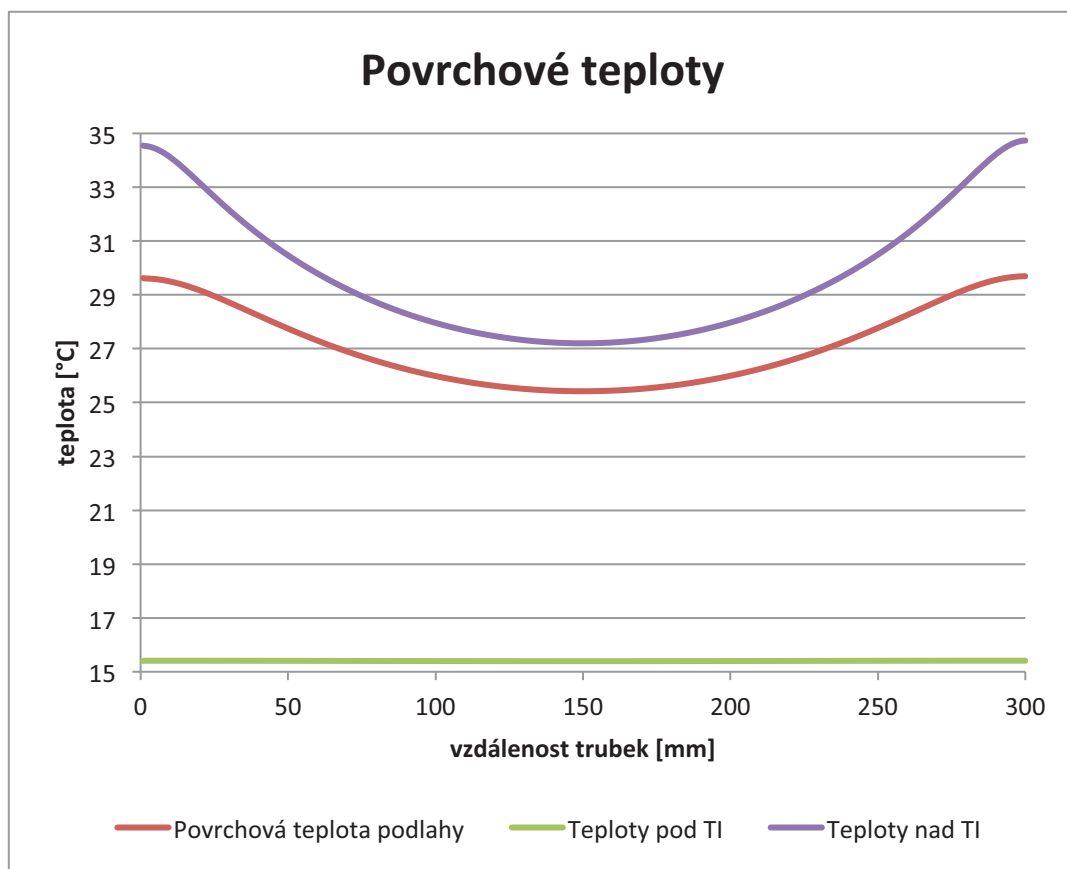


Jelikož geometrie neposkytuje příliš názorné zobrazení teplotního rozložení v grafickém výstupu, je třeba vytvořit grafy vystihující tepelný průběh v konstrukci. Graf 6 zobrazuje průběh teplot po výšce konstrukce ve středu mezi otopnými potrubími a v místě potrubí. Graf 7 znázorňuje průběh povrchových teplot podlahy, ze které ho je možné posoudit vhodnost systému podle nášlapné teploty.



Graf 6: Průběh teplot v konstrukci podlahy dle softwaru CalA

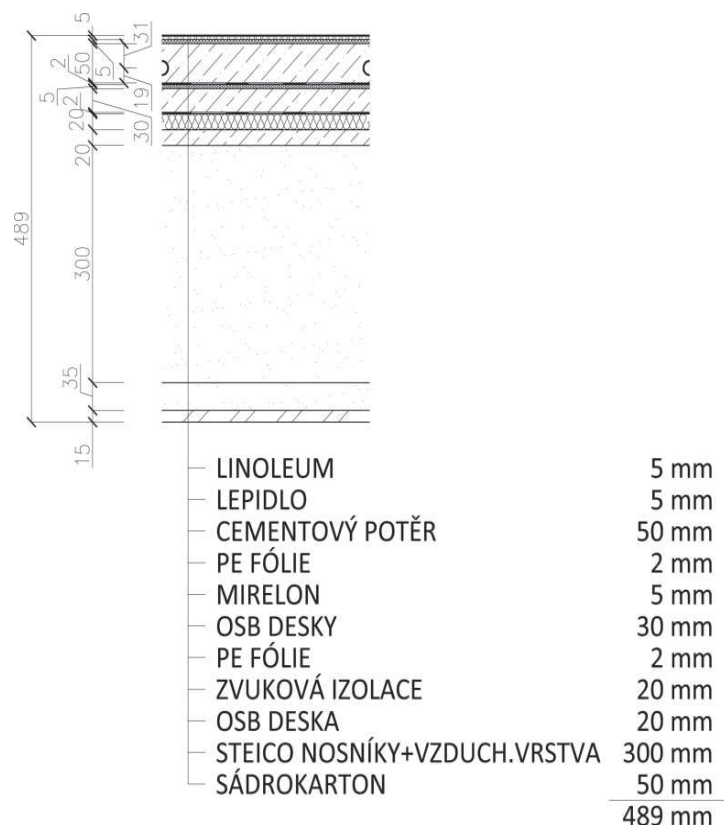
Z Grafu 6 je možné pozorovat, jak s rostoucí hloubkou teplota klesá až na hodnotu průměrné roční teploty v otopném období. V místě povrchu se teplota pohybuje mezi 25 až 30 °C a v místě uložení potrubí mezi 27 a 35 °C. Dále je také vidět, jaký efekt dodává celé konstrukci přítomnost tepelné izolace, která výrazným tepelným skokem (cca 10 °C) odděluje tepelně aktivovanou vrstvu cementového potěru a podkladní část, v níž teplota téměř lineárně klesá.



Graf 7: Povrchová teplota po délce konstrukce

C.3.2 Varianta II.

Druhou simulovanou variantou je skladba stropu nad 1.NP. Skladba se nachází v místnosti č.203. Její geometrie je zobrazena na následujícím obrázku včetně popisu a tloušťky jednotlivých vrstev.

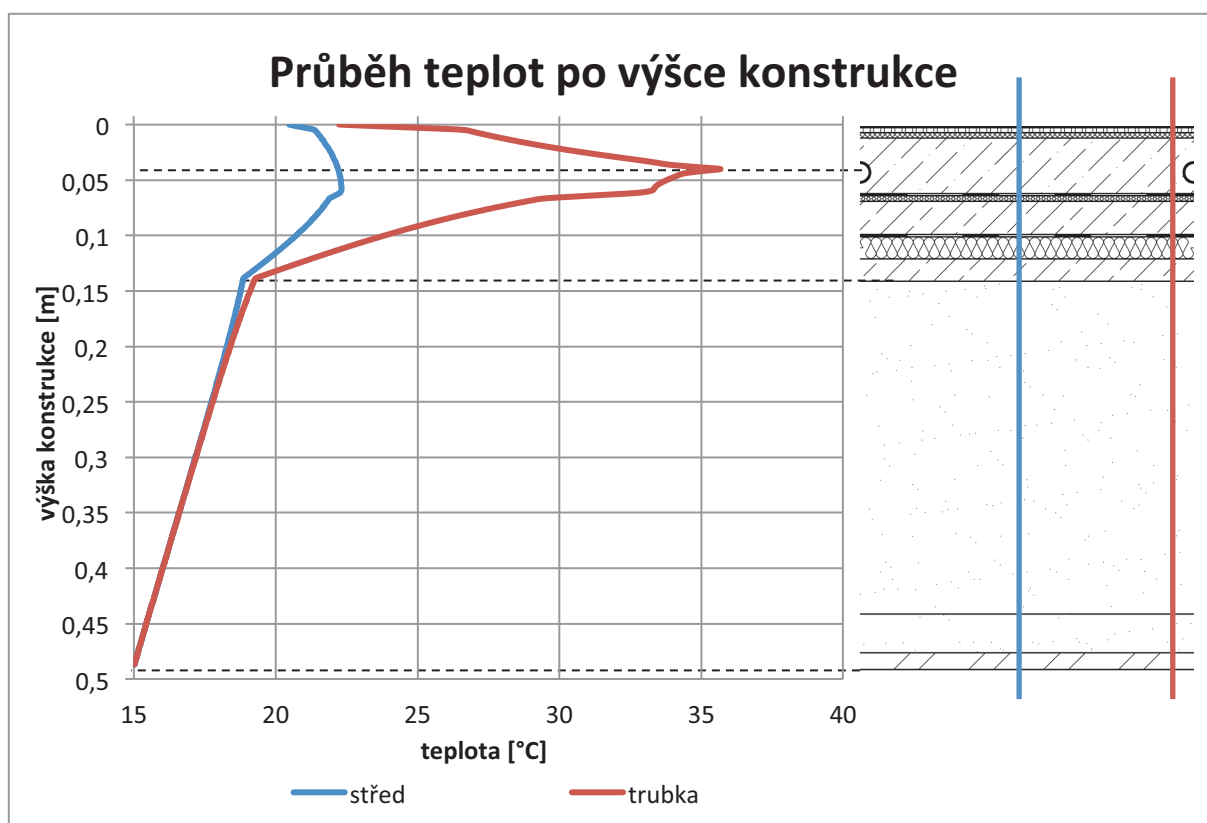


Obr. 30: Skladba konstrukce stropu nad 1.NP

Jelikož navržená dispozice objektu nemá jeden typický řez, který by postihoval celou plochu z hlediska okrajových podmínek, byla tato konstrukce vystavena dvěma simulačním procesům s rozdílnými okrajovými podmínkami na stropu (v 1.NP). Výstupem jsou stejně jako v první variantě grafy i generovaný protokol o průběhu teplot a tepelných toků v konstrukci s názornějším vizuálním rozložením teplot v konstrukci.

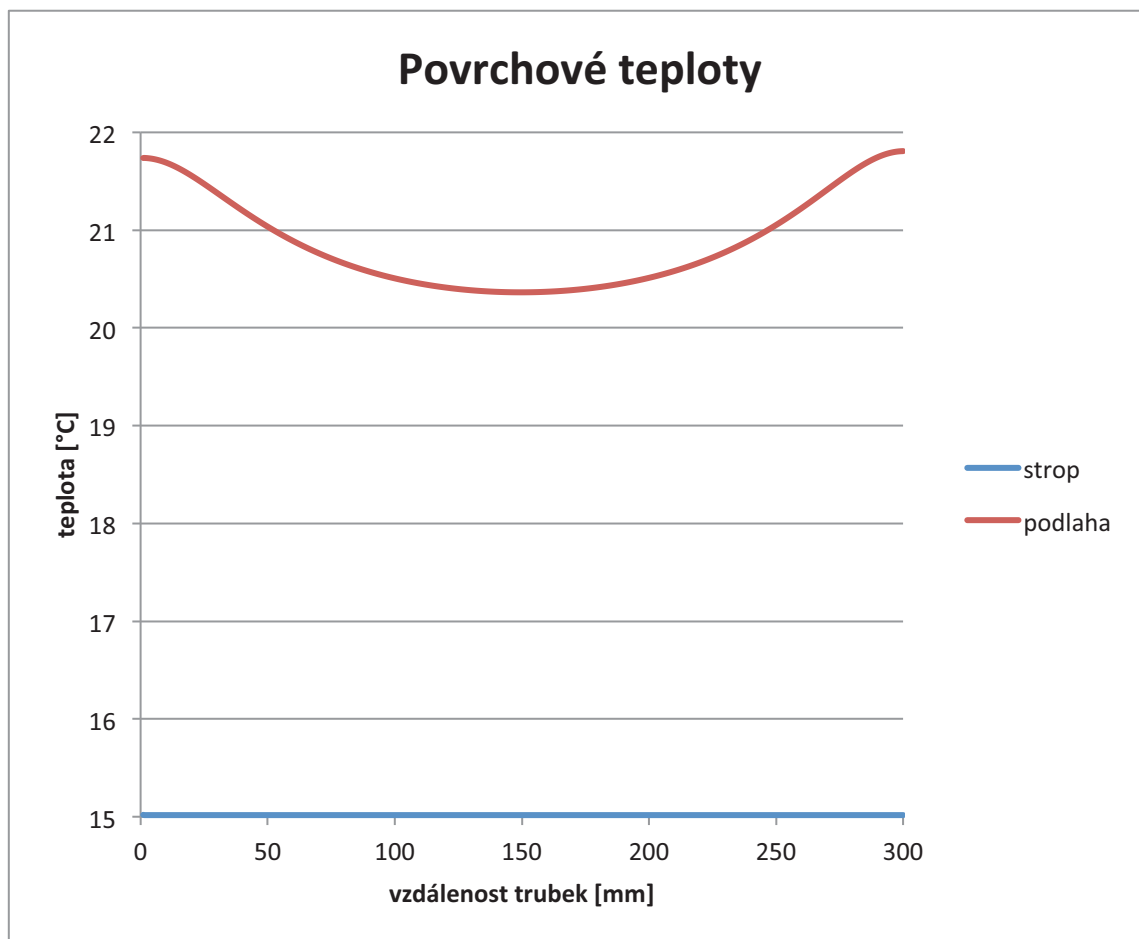
C.3.2.1 Teplota 15 °C v 1.NP

Tato část stropní konstrukce odděluje obytný pokoj s návrhovou teplotou 20 °C a garáž s návrhovou teplotou 15 °C. Průběh teplot po výšce prezentuje Graf 8, z něhož je evidentní, že uložení otopného hada o stejných parametrech topné vody do různých konstrukcí vyvolá velice odlišný průběh teplot.



Graf 8: Průběh teplot po výšce zadané konstrukce pro teplotu 15°C

V této variantě je průběh mnohem rozmanitější. Hlavní značný rozdíl oproti první variantě je při srovnání teplot ve výšce osazení potrubí. Ve středu mezi trubkami dosahuje teplota hodnot cca 22,5 °C, což je téměř o 5 °C než ve stejné výšce v konstrukci varianty 1.



Graf 9: Povrchové teploty

Graf 9 popisuje průběh teplot na povrchu konstrukce a dokazuje, že podlahové topení neovlivňuje výrazně prostor garáže, jelikož povrchová teplota na stropě garáže je téměř konstantní.

Protokol výsledků řešeného 2D teplotního pole

podle normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009

CalA Professional verze 3.0

1. Identifikační údaje:

Název projektu: D:\DD\Nová složka\strop\podl_strop_20-15.cla

Datum: 10. ledna 2013

2. Vstupní údaje:

Počet buněk v rastru	300 x 500 ks	Buněk s materiálem	146 214 ks
Rozměr buňky ve směru X	0,010 m	Buněk s okrajovou podmínkou	785 ks
Rozměr buňky ve směru Y	0,010 m	Buněk s vnitřními zdroji	0 ks

Tabulka použitých materiálů	Barva	Objemová hmotnost ρ [kg/m ³]	Tepelná vodivost λ [W/(m·K)]	Tepelná kapacita c [J/(kg·K)]
M06 - PE fólie		930,00	0,030	1470,00
M07 - Mirelon		20,00	0,010	840,00
M08 - OSB deska		400,00	0,030	1700,00
M09 - zvuková izolace		60,00	0,030	840,00
M12 - linoleum		1200,00	0,170	1400,00
M13 - nivelační stěrka		1800,00	1,050	840,00
M14 - cementový potěr		2000,00	1,050	840,00
M15 - polyetylen		930,00	0,350	1470,00
M36 - Sádrokarton		750,00	0,220	1060,00
M43 - Vzduchová vrstva		1,20	0,200	1010,00

Tabulka použitých okrajových podmínek	Barva	Délka L [m]	Teplota T [°C]	Souč. přestupu tepla α [W/(m ² ·K)]
P01 - Interiér - Podlaha ($t = 20^{\circ}\text{C}$, $\alpha = 6$)		3,000	20,000	9,400
P03 - Interiér - Strop ($t = 20^{\circ}\text{C}$, $\alpha = 10$)		3,000	15,000	13,000
P06 - Topná voda		0,650	37,000	300,000

3. Výsledky:

Max. teplota v konstrukci	$T_{max} = 36,702^{\circ}\text{C}$	Tepelný tok do konstrukce	$Q_{okr\ in} = 25,28\ \text{W/m}$
Min. teplota v konstrukci	$T_{min} = 15,023^{\circ}\text{C}$	Tepelný tok do konstrukce	$Q_{zdr\ in} = 0,00\ \text{W}$
Max. povrchová teplota	$T_{p,max} = 36,94^{\circ}\text{C}$	Tepelný tok z konstrukce	$Q_{okr\ out} = -25,26\ \text{W/m}$
Min. povrchová teplota	$T_{p,min} = 15,02^{\circ}\text{C}$	Tepelný tok z konstrukce	$Q_{zdr\ out} = 0,00\ \text{W}$
Kritérium konvergence	Není číslo $< 0,020$	Suma tepelných toků	$Q_{sum} = 0,02\ \text{W/m}$
Chyba výpočtu podle normy	$4\text{E-}004 < 0,001$	Počet řešených rovnic	146 214 rovnic

Kritérium konvergence - je rozdíl mezi tepelnými toky vstupujícími do konstrukce s hustotou sítě "n" a "2n", podělený sumou těchto tepelných toků v absolutní hodnotě, musí být menší než 2%. Kritérium konvergence tedy udává, zda je výpočetní síť dostatečně hustá podle požadavku normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009.

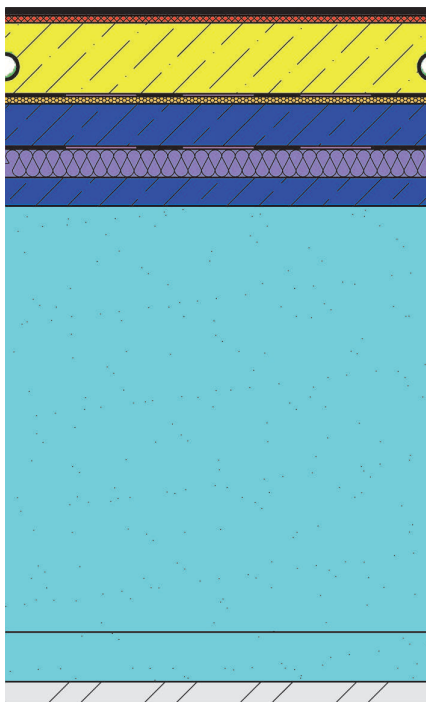
nesplněno

Chyba výpočtu podle normy - je součet všech tepelných toků vstupujících do konstrukce, podělený sumou těchto tepelných toků v absolutní hodnotě, musí být menší než 1%. Chyba výpočtu tedy udává, zda je výpočet dostatečně numericky zkonvergovaný podle požadavku normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009.

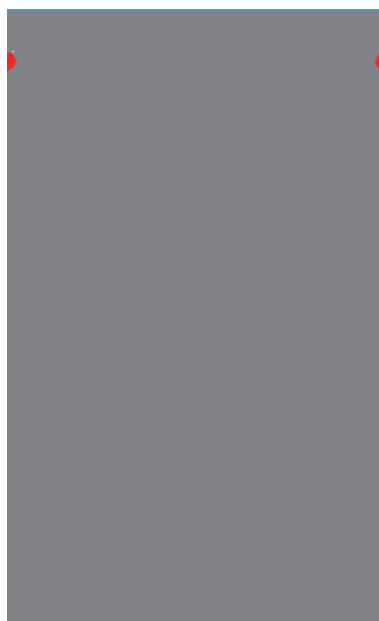
splněno

4. Grafický výstup:

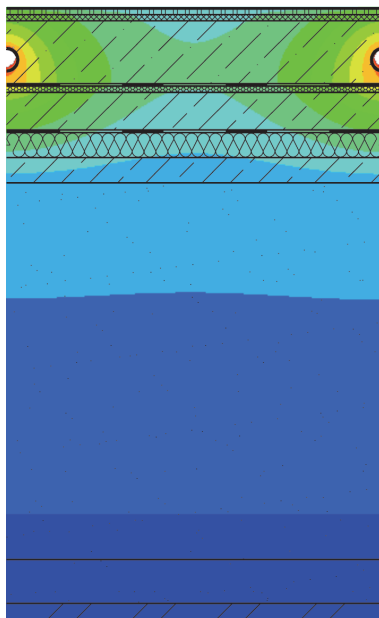
Zadaná geometrie konstrukce a rozmístění materiálů:



Zadané okrajové podmínky a vnitřní zdroje energie:



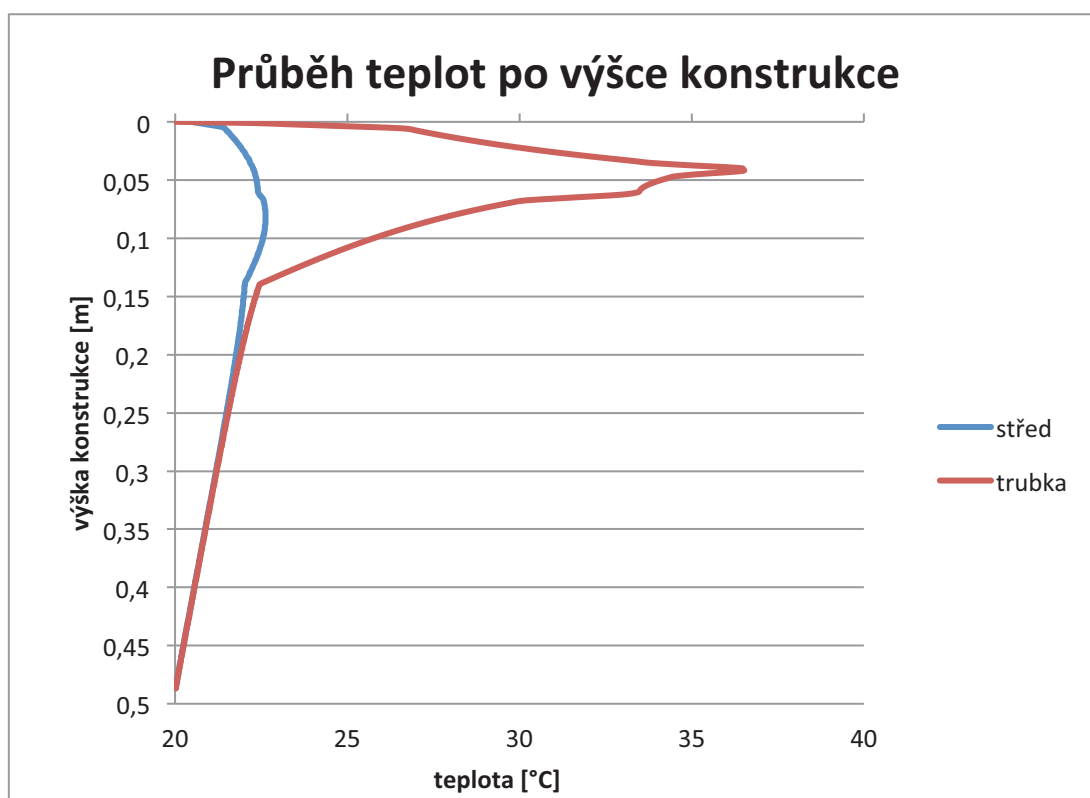
Výsledné 2D pole rozložení teplot:



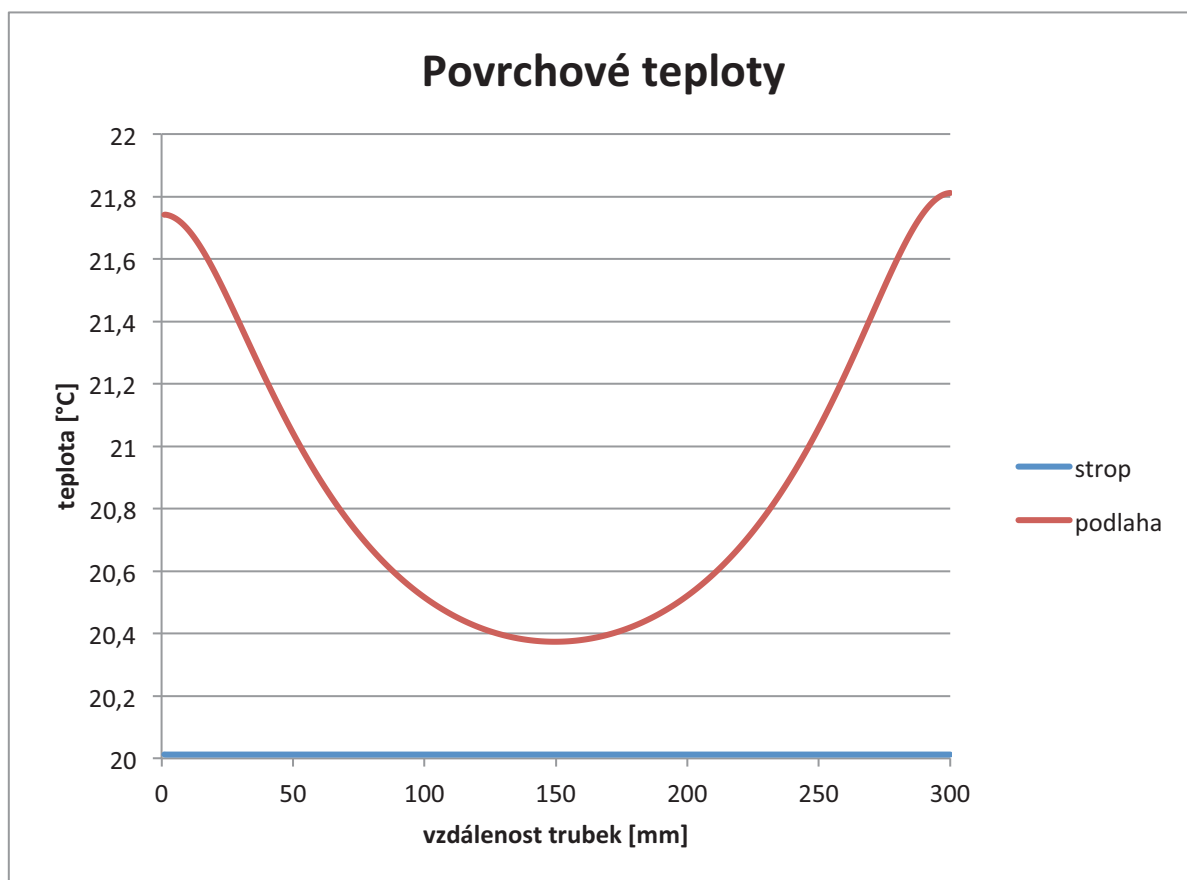


C.3.2.2 Teplota 20 °C v 1.NP

Poslední verzi numerické simulace v softwaru CalA byla skladba identická s variantou II a. Pouze okrajová podmínka na povrchu stropu změnila svou vstupní hodnotu. Tentokrát tedy model zobrazuje stav, kdy odděluje dva prostory identického charakteru, a tudíž i návrhových parametrů.



Graf 10: Průběh teplot v konstrukci – pro teplotu 20°C



Graf 11: Povrchové teploty v závislosti na teplotě a vzdálenosti

Grafy 10 a 11 zobrazují poměrně podobný průběh, jako tomu bylo ve variantě I (s garáží). Jen hodnoty teplot se liší. Tentokrát na spodní straně záklopu na nosnících se teplota pohybuje kolem 22 °C, varianta předchozí dosahovala hodnot cca 18 °C, což vypovídá o jistém rozdílu unikání tepelné energie vedením.

Protokol výsledků řešeného 2D teplotního pole

podle normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009

CalA Professional verze 3.0

1. Identifikační údaje:

Název projektu: D:\DD\Nová složka\strop\podl_strop.cla

Datum: 10. ledna 2013

2. Vstupní údaje:

Počet buněk v rastru	300 x 500 ks	Buněk s materiálem	146 214 ks
Rozměr buňky ve směru X	0,010 m	Buněk s okrajovou podmínkou	785 ks
Rozměr buňky ve směru Y	0,010 m	Buněk s vnitřními zdroji	0 ks

Tabulka použitých materiálů	Barva	Objemová hmotnost ρ [kg/m ³]	Tepelná vodivost λ [W/(m·K)]	Tepelná kapacita c [J/(kg·K)]
M06 - PE fólie		930,00	0,030	1470,00
M07 - Mirelon		20,00	0,010	840,00
M08 - OSB deska		400,00	0,030	1700,00
M09 - zvuková izolace		60,00	0,030	840,00
M12 - linoleum		1200,00	0,170	1400,00
M13 - nivelační stěrka		1800,00	1,050	840,00
M14 - cementový potěr		2000,00	1,050	840,00
M15 - polyetylen		930,00	0,350	1470,00
M36 - Sádrokarton		750,00	0,220	1060,00
M43 - Vzduchová vrstva		1,20	0,200	1010,00

Tabulka použitých okrajových podmínek	Barva	Tepelný tok Q_{okr} [W/m]	Tepelný tok Q_{okr} [W/m ²]	Max. povrchová teplota T_{max} [°C]	Min. povrchová teplota T_{min} [°C]
P01 - Interiér - Podlaha (t = 20°C , α = 6		-24,767	-8,256	21,811	20,374
P03 - Interiér - Strop (t = 20°C , α = 10		-0,380	-0,127	20,012	20,012
)		25,167	38,718	36,944	36,768
P06 - Topná voda					

3. Výsledky:

Max. teplota v konstrukci	$T_{max} = 36,704^{\circ}\text{C}$	Tepelný tok do konstrukce	$Q_{okr\ in} = 25,17\ \text{W/m}$
Min. teplota v konstrukci	$T_{min} = 20,015^{\circ}\text{C}$	Tepelný tok do konstrukce	$Q_{zdr\ in} = 0,00\ \text{W}$
Max. povrchová teplota	$T_{p,max} = 36,94^{\circ}\text{C}$	Tepelný tok z konstrukce	$Q_{okr\ out} = -25,15\ \text{W/m}$
Min. povrchová teplota	$T_{p,min} = 20,01^{\circ}\text{C}$	Tepelný tok z konstrukce	$Q_{zdr\ out} = 0,00\ \text{W}$
Kritérium konvergence	Není číslo $< 0,020$	Suma tepelných toků	$Q_{sum} = 0,02\ \text{W/m}$
Chyba výpočtu podle normy	$4\text{E-}004 < 0,001$	Počet řešených rovnic	146 214 rovnic

Kritérium konvergence - je rozdíl mezi tepelnými toky vstupujícími do konstrukce s hustotou sítě "n" a "2n", podělený sumou těchto tepelných toků v absolutní hodnotě, musí být menší než 2%. Kritérium konvergence tedy udává, zda je výpočetní síť dostatečně hustá podle požadavku normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009.

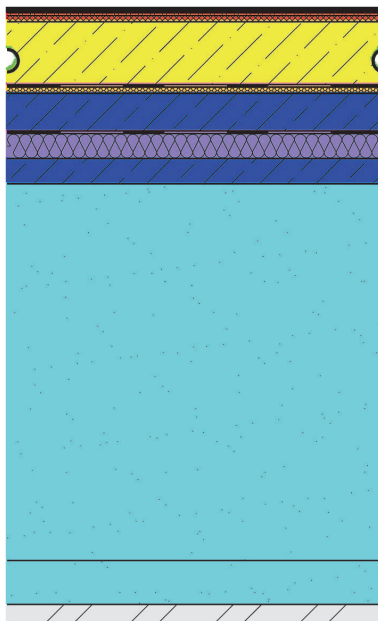
nesplněno

Chyba výpočtu podle normy - je součet všech tepelných toků vstupujících do konstrukce, podělený sumou těchto tepelných toků v absolutní hodnotě, musí být menší než 1%. Chyba výpočtu tedy udává, zda je výpočet dostatečně numericky zkonvergovaný podle požadavku normy ČSN EN ISO 10211:Březen 2009.

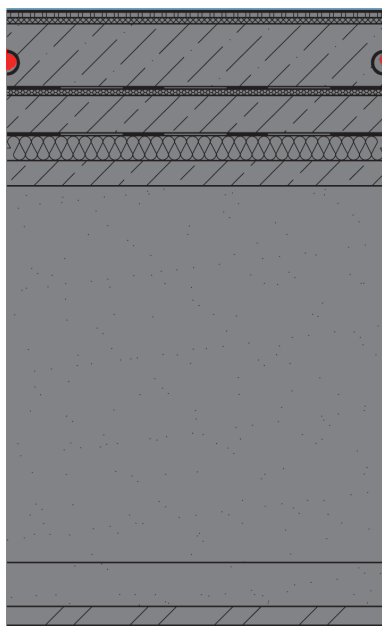
splněno

4. Grafický výstup:

Zadaná geometrie konstrukce a rozmístění materiálů:



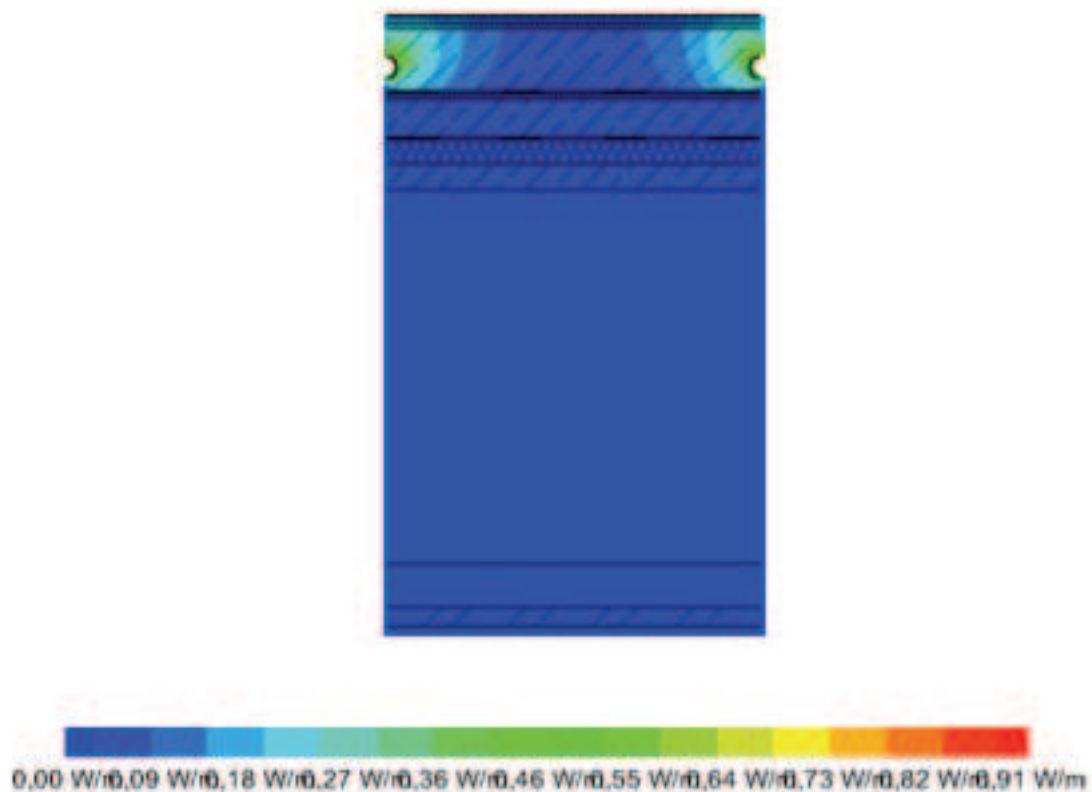
Zadané okrajové podmínky a vnitřní zdroje energie:



Výsledné 2D pole rozložení teplot:



Výsledné 2D pole rozložení tepelných toků



Závěr

Simulací typických skladeb s podlahovým vytápěním bylo prokázáno, že navržené skladby jsou vhodné a vyhovující pro tento systém vytápění, v případě stropní konstrukce výrazně neovlivňují místnosti v 1.NP sáláním stropu. Každý simulační výpočet je zatížen jistou chybou ϵ [W/m], jejichž výpis je v tabulce 1.

Tab. 5: Souhrn řešení

VARIANTY ŘEŠENÍ	CHYBA VÝPOČTU ϵ [W/m]
1. VARANTA: PODLAHA NA TERÉNU	-0,333815
2. VARIANTA: STROP 20°C/15°C	0,019167
3. VARIANTA: STROP 20°C/20°C	0,019839

Seznam tabulek

Tab. 1	Součinitel přestupu tepla (k), norma JUS.U.J5.510.
Tab. 2	Porovnání hodnot s předpisy a normami danými v okolních zemích
Tab. 3	Přehled tepelného výkonu objektu
Tab. 4	Přehled způsobu vytápění
Tab. 5	Souhrn řešení

Seznam obrázků

Obr.1	Mapa klimatických zón v zemích bývalé Jugoslávie [25]
Obr.2	Mapa teplotního rozložení (SolarGis) [24]
Obr.3	Pasivní využití energie ze slunce- MZK v Brně
Obr.4	Solární kolektor
Obr.5	Dělení solárního kolektoru
Obr.6	Pracovní diagram TČ
Obr.7	p-V a T-s diagram obráceného Carnotova cyklu [17]
Obr.8	Půdní vrstva (Ekowatt) [20]
Obr.9	Podlaží (Ekowatt) [20]
Obr.10	Podzemní voda (Ekowatt) [20]
Obr.11	Povrchová voda (Ekowatt) [20]
Obr.12	Vnější vzduch (Ekowatt) [20]
Obr.13	Vnitřní vzduch (Ekowatt) [20]
Obr.14	Vrt (Miava)
Obr.15	Plošný kolektor (Miava)
Obr.16	Vzduch-voda (Miava)
Obr.17	Voda-voda [21]
Obr.18	Krb a krbová vložka [23]
Obr.19	Krbová kamna
Obr.20	Kachlová kamna [23]
Obr.21	Kachlová kamna (řez) [23]
Obr.22	Šíření tepla vedením [23]
Obr.22	Šíření tepla vedením [23]
Obr.23	Šíření tepla konvekcí[23]
Obr.24	Šíření tepla sáláním [23]
Obr.25	Mapa pro lokalizaci objektu
Obr. 26	Schéma půdorysu 1.NP
Obr. 27	Schéma půdorysu 2.NP
Obr.28	Solární kolektor-plochy
Obr.29	Schéma zapojení

Obr.30 Dřevosplyňující kotel - Froling S4 turbo

Obr.31 Tepelné čerpadlo IVT Greenline HE C11

Obr.32 Pyranometr

Seznam použitých vzorců

- (1.1.) Účinnost TČ
- (1.2.) Topný faktor
- (1.3.) Bilance TČ
- (2.1.) Celková návrhová tepelná ztráta:
- (2.2.) Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla
- (2.3.) Tepelná ztráta do venkovních prostor
- (2.4.) Zjednodušená metoda pro stanovení lineárních tepelných ztrát:
- (2.5.) Tepelná ztráta nevytápěným prostorem
- (2.6.) Tepelná ztráta nevytápěným prostorem
- (2.7.) Ztráta nevytápěným prostorem
- (2.8.) Redukční teplotní činitel
- (2.9.) Tepelná ztráta větráním
- (2.10.) Součinitel návrhové tepelné ztráty větráním
- (2.11.) Objem vytápěné místnosti
- (2.12.) Množství vzduchu infiltrací ve vytápěné místnosti
- (2.13.) Minimální množství vzduchu k provětrání z hygienických důvodů
- (2.14.) Tepelný zátopový výkon
- (2.15.) Tepelný odpor konstrukce R
- (2.16.) Součinitel prostupu tepla konstrukcí
- (2.18.) Návrhový tepelný výkon
- (2.19.) Tepelná rovnováha ve vytápěném prostoru
- (2.20.) Měrný tepelný výkon
- (2.21.) Celkový součinitel přestupu tepla
- (2.22.) Charakteristické číslo
- (2.23.) Tepelná propustnost vrstvy nad trubkami
- (2.24.) Tepelná propustnost vrstvy pod trubkami Λb
- (2.25.) Měrný tepelný výkon otopné plochy q
- (2.26.) Měrný tepelný tok podlahové otopné plochy směrem dolů

- (2.27.) Pro místnosti ležícími pod jinými vytápěnými místnostmi - celková otopná plocha
- (2.28.) Pro místnosti ležícími pod jinými vytápěnými místnostmi - celková otopná plocha
- (2.29.) U místností, nad kterými není podlahové vytápění (např. nejvyšším podlaží)
- (2.30.) Celkový tepelný příkon otopné plochy Q_{pc} je pro oba případy
- (2.31.) Šířka okraje r závisí na charakteristickém čísle podlahy m
- (2.32.) Tepelný výkon okrajové plochy Q_o je vyjádřen vztahem
- (2.33.) Velikost objemu expanzní nádoby V_{et}
- (2.34.) Objem akumulární nádoby
- (2.35.) Objem akumulátoru
- (2.36.) Požadovaný měrný objem akumulárního zásobníku
- (2.37.) Objem akumulární nádoby
- (2.38.) Úprava vzorce pro objem akumulární nádoby
- (2.39.) Minimální tlak
- (2.40.) Expanzní objem
- (2.41.) Předběžný objem EN
- (2.42.) Průměr expanzního potrubí:
- (2.43.) Průřez sedla pojistného ventilu
- (2.44.) Průřez ideálního pojistného sedla
- (2.45.) Profil (vnitřní průměr) pojistného potrubí
- (2.46.) Objem expanzní nádoby pro solární systém
- (2.47.) Dennostupňová metoda
- (2.48.) Roční potřebu tepla na vytápění

Seznam použitých grafů

Graf 1	Průběh nárůstu populace na Zemi [9]
Graf 2	Podíl OZE na hrubé spotřebě energie (2006)
Graf 3	Výroba tepla z obnovitelných zdrojů energie, ČR v roce 2011 [TJ]
Graf 4	Výroba elektrické energie z OZE, ČR v roce 2011 [TJ]
Graf 5	Primární energetické zdroje využívané v ČR [2009]
Graf 6	Průběh teplot v konstrukci podlahy dle softwaru CalA
Graf 7	Povrchová teplota po délce konstrukce
Graf 8	Průběh teplot po výšce zadané konstrukce pro teplotu 15°C
Graf 9	Povrchové teploty
Graf 10	Průběh teplot v konstrukci – pro teplotu 20°C
Graf 11	Povrchové teploty v závislosti na teplotě a vzdálenosti

Seznam použitých zdrojů

- [1] HVĚZDÁRNA PLZEŇ – *Intenzita globálního slunečního záření*. [online].
[cit. 2012-12-16]. Dost. z :http://hvezdarna.plzen.eu/zatmeni/semn/czech/5_igsz.html
- [2] ENVitech Bohemia- *Čidlo slunečního záření*. [online]. [cit. 2012-12-16].
Dostupné z:<<http://www.envitech-bohemia.cz/domain/envitech-bohemia/files/rs-81.pdf>>
- [3] STUDIJNÍ OPORY-*Experimentální mechanika*. [online]. [cit. 2012-12-16]. Dostupné z:
<http://www.umt-old.fme.vutbr.cz/_studium_/opory/Experimentalni_mechanika.pdf>
- [4] ŠIKULA, Ondřej, *Manuál k softwaru CalA*. 1. vydání Brno: Tribun EU s.r.o., 2009. 43 s. ISBN 978-80-7399-879-0.
- [5] ALTERNATIVNÍ ZDROJE ENERGIE –*Obnovitelné zdroje energie*. [online]. [cit. 2012-12-9].
Dostupné z: <<http://www.alternativni-zdroje.cz/>>
- [6] MASTER THERM, *Tepelná čerpadla*, [online], [cit. 2012-12-28]. Dostupné z
<<http://www.mastertherm.cz>>
- [7] Tzbinfo – *Právní předpisy*. [online]. [cit. 2012-12-22]. Dostupné z: <<http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/zakon-c-180-2005-sb-o-podpore-vyroby-elektriny-z-obnovitelnych-zdroju-energie-a-o-zmene-nekterych-zakonu-zakon-o-podpore-vyuzivani-obnovitelnych-zdroju>>
- [8] TREUOVÁ Lea, *Velkoplošné převážně sálavé vytápění*. [online]. [cit. 2012-12-28].
Dostupné z: <<http://www.fce.vutbr.cz/TZB/treuova.l/>>
- [9] Databáze, SolarGis, *Populce obyvatelstva*. [online]. [cit. 2012-12-6]. Dostupné z:
<<http://www.solargis.com>>
- [10] BERANOVSKÝ, J., TRUXA, J. a kol. : *Alternativní energie pro váš dům*. 2. vyd. EkoWATT, ERA group spol. s r.o., 2004. 125 s. ISBN 80-86517-89-6.
- [11] Tzbinfo – *OZE*, [online]. [cit. 2012-12-22]. Dostupné z: <<http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/zakon-c-180-2005-sb-o-podpore-vyroby-elektriny-z-obnovitelnych-zdroju-energie-a-o-zmene-nekterych-zakonu-zakon-o-podpore-vyuzivani-obnovitelnych-zdroju>>

- [12] KOLEKTIV AUTORŮ. *Obnovitelné zdroje energie*. Praha: 2. Upravené a doplněné v. Praha: FCC PUBLIC, 2001. 208 s. ISBN 80-901985-8-9.
- [13] CIHELKA, J. *Solární tepelná technika,NTM*, Praha, 1994. s.208. ISBN-87-87669-74-1.
- [14] BROŽ, K.: Zařízení pro využití sluneční energie. 1. Vyd. Cech topenářů a instalatérů ČR, Brno 2001. 66 s. ISBN 80_86208-06-0
- [15] MIKITA KAPLAN, *Tepelná čerpadla*, [online],cit.[2012-12-26]. Dostupné z:<<http://www.kaplan.cz>>
- [16] NEJEDLÝ, Petr. 5 iluzí o obnovitelných zdrojích (komentář). *Nazeleno.cz* [online]. 23. 10. 2008 [cit. 2013-01-10]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/nazelenoplus/komentare-1/5-iluzi-o-obnovitelnych-zdrojich-komentar.aspx>
- [17] SOLAR-GROUP,FAQ,209,[online],[cit.2012-11-28].Dostupné z: <http://www.solar-group.cz/fag/>>
- [18] SRDEČNÝ Karel: Fotovoltaika v budovách. [online]. [cit. 2012-12-30]. Dostupné z: <http://ekowatt.cz/upload/185e8ebf18feb4362c73f87f56e58606/Fotovoltaika%20v%20budovach_web.pdf>
- [19] ŽERAVÍK Antonín: *Konstrukce a výroba tepelných čerpadel*. [online]. [cit. 2012-12-30]. Dostupné z: < <http://www.eltex-km.cz/> [20] www.ekowatt.cz>
- [20] MasterTherm, *Tepelná čerpadla*. [online]. [cit. 2012-12-30]. Dostupné z: <<http://www.mastertherm.cz/>>
- [21] GE-TRA S.R.O., GE-TRA s.r.o. - primární okruhy, tepelná čerpadla, studny | GE-TRA s.r.o.: [online], poslední aktualizace 18.3.2011 [cit. 2011-05-13]. Dostupné z URL:<<http://www.ge-tra.cz/>
- [23] PEŠEK, Vít., KÖNIG, Vilém: *Kamnářská technologie*.Horní Bříza, 2011. s.69. ISBN: 978-80-86821-64-1.
- [24] CHYSKÝ, Jaroslav a Karel HEMZAL. A KOLEKTIV. Větrání a klimatizace. Brno: BOLIT, 1993. ISBN 80-901574-0-8.
- [25] Klíčové indikátory ŽP ČR - energetika a průmysl. *ISSaR* [online]. [cit. 2013-01-09]. Dostupné z: <http://issar.cenia.cz/issar/page.php?id=1515>

[26] Co je to financování pomocí EPC. *ENERGOPLAN s.r.o. - projektová a inženýrská kancelář* [online]. [cit. 2013-01-09]. Dostupné z: <http://www.energoplan.cz/stranky/co-je-dobre-vedet/co-je-to-financovani-pomoci-epc.htm>

[27] BERANOVSKÝ, Jiří, Karel SRDEČNÝ a Jan TRUXA. Energetické audity - zákon a praxe. *TZB-info* [online]. 29.8.2001 [cit. 2013-01-09]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/643-energeticke-audity-zakon-a-praxe>

[28] NOSKIEVIČ, Pavel a Jaroslav KAMINSKÝ. Fakta a mýty o obnovitelných zdrojích (I). *TZB-info* [online]. 8.4.2004 [cit. 2013-01-10]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1925-fakta-a-myty-o-obnovitelnych-zdrojich-i>

Seznam použitých zkratk a symbolů

Značka	Jednotka	Význam
Q_c	[W]	celková tepelná ztráta
Q_p	[W]	tepelná ztráta prostupem tepla
Q_v	[W]	tepelná ztráta větráním
Q_{v1}	[W]	tepelná ztráta spárovou infiltrací
Q_{v2}	[W]	tepelná ztráta dle min. požadované intenzity výměny vzduchu
Q_o	[W]	základní tepelná ztráta prostupem
U	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$	součinitel prostupu tepla
S	[m ²]	celková plocha konstrukcí obklopující místnost
t_i	[°C]	výpočtová vnitřní teplota
t_e	[°C]	výpočtová venkovní teplota
R	$[m^2 KW^{-1}]$	tepelný odpor zdiva
α	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$	součinitel přestupu tepla
d	[m]	tloušťka vrstvy konstrukce
λ	$[W m^{-2} K]$	tepelná vodivost materiálu
t_m	[°C]	střední teplota otopné vody
q	$[W m^{-2}]$	měrný tepelný výkon otopné plochy
p_z	[Pa]	celková ztráta
p_λ	[Pa]	tlaková ztráta třením
p_ξ	[Pa]	tlaková ztráta místními odpory
M	$[kg s^{-1}]$	hmotnostní průtok
c	$[J kg^{-1} K^{-1}]$	měrná tepelná kapacita teplonosné látky
w	$[ms^{-1}]$	rychlost teplonosné látky
ρ	$[kg m^{-3}]$	hustota teplonosné látky
ξ	[-]	součinitel místního odporu pro plošnou spirálu
Q_{2z}	[kWh]	tepelné ztráty při ohřevu a distribuci teplé vody
Q_{2t}	[kWh]	teoretická potřeba tepla na ohřev vody

z	[per ⁻¹]	poměrná ztráta tepla při ohřevu a distribuci
Q_{2p}	[kWh]	teoretické teplo odebrané při ohřevu a distribuci TV
V_z	[m ³]	objem zásobníku
Q_{max}	[kWh]	největší možný rozdíl mezi dodávkou a odběrem tepla
θ_1	[°C]	teplota studené vody
θ_2	[°C]	teplota teplé vody
$Q_{TČ}$	[W]	výkon primárního zdroje, tedy TČ
AKN	[l]	objem akumulční nádrže
V_e	[m ³]	potřebný expanzní objem expanzní nádoby
p_h	[kPa]	předběžný nejvyšší provozní přetlak
p_d	[kPa]	nejnižší provozní přetlak
g	[m·s ⁻²]	gravitační konstanta
Q_{VYT}	[kWh/m ² rok]	roční spotřeba tepla
n_i	[os]	počet osob
η_o	[-]	účinnost obsluhy
η_k	[-]	účinnost kotle
η_r	[-]	účinnost rozvodu roku
d	[den]	počet dnů otopného období
D	[-]	počet denostupňů
t_{is}	[°C]	střední vnitřní teplota za topnou sezónu
t_{es}	[°C]	střední venkovní teplota za topnou sezónu
UT		ústřední topení
ZTI		profese zdravotní technika
VZT		profese vzduchotechnika
ELE		profese elektro
MaR		profese měření a regulace
KR		kapilární rohože
TV		teplá voda
TČ		tepelné čerpadlo
COP		topný faktor
TZ		technická zpráva

Seznam příloh

Příloha 1	Výpočet teplených ztrát
Příloha 2	Návrh podlahového vytápění
Příloha 3	Otopná tělesa (návrh a dimenze)
Příloha 4	Návrh trojcestného ventilu
Příloha 5	Oběhová čerpadla
Příloha 6	Návrh tepelného čerpadla
Příloha 7	Výpočet solárního kolektoru
Příloha 8	Technická zpráva

Výkresová část:

Příloha 01	Stavební část - Půdorys 1NP
Příloha 02	Stavební část - Půdorys 2NP
Příloha 03	Stavební část - Řez B-B'
Příloha 04	Vytápění- Montážní schéma-varianta 1
Příloha 05	Vytápění - Montážní schéma-varianta 2
Příloha 06	Vytápění - Půdorys 1NP - varianta 1
Příloha 07	Vytápění - Půdorys 1NP - varianta 2
Příloha 08	Vytápění – Půdorys 2NP- varianta 1
Příloha 09	Vytápění – Půdorys 2NP – varianta 2
Příloha 10	Vytápění – regulační schéma – varianta 1
Příloha 11	Vytápění – regulační schéma – varianta 2
Příloha 12	Vytápění – schéma zapojení – varianta 1
Příloha 13	Vytápění – schéma zapojení – varianta 2
Příloha 14	Situace