



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

*FACULTY OF CIVIL ENGINEERING*

*INSTITUTE OF BUILDING SERVICES*

# OTOPNÉ SOUSTAVY V DOMECH S NÍZKOU POTŘEBOU TEPLA PRO VYTÁPĚNÍ

HEATING SYSTEMS IN BUILDINGS WITH LOW ENERGY CONSUMPTION FOR HEATING

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**BC. MARTIN JURÁČEK**

**VEDOUČÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**Ing. MARCELA POČINKOVÁ, Ph.D.**

BRNO 2015



# 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. Martin Juráček

**Název** Otopné soustavy v domech s nízkou potřebou tepla pro vytápění

**Vedoucí diplomové práce** Ing. Marcela Počinková, Ph.D.

**Datum zadání diplomové práce** 31. 3. 2014

**Datum odevzdání diplomové práce** 16. 1. 2015

V Brně dne 31. 3. 2014



doc. Ing. Jiří Hříš, CSc.  
Vedoucí ústavu



prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA  
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 (zadání, cíle práce, požadované výstupy)**

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.

#### **B. Aplikace tématu na zadané budově - koncepční řešení**

Návrh technického řešení ve 2 až 3 variantách v zadané specializaci (včetně doložených výpočtů) v rozpracovanosti rozšířeného projektu pro stavební povolení: 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.;

#### **C1. Experimentální řešení a zpracování výsledků**

Experiment realizovaný v laboratoři nebo reálné budově postihující dílčí část zadané problematiky.

### **Struktura bakalářské/diplomové práce**

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

  
.....  
Ing. Marcela Počínková, Ph.D.  
Vedoucí diplomové práce

## **Abstrakt**

Tato práce je zpracovaná jako návrh vytápění pro objekt seminárního centra Veronika v Hostětíně pro část objektu ubytovna. Tento stávající objekt je postaven v pasivním standartu. V části ubytovny je navrženo vytápění pomocí jednotrubkové otopné soustavy a přívod vzduchu přes rekuperátor bez ohřevu či chlazení přiváděného vzduchu. Zdroj tepla je výtopna na obnovitelné zdroje. Cílem této práce je analyzovat stávající jednotrubkovou otopnou soustavu a zjistit příčinu její neúplné funkčnosti. Dále navrhnout novou otopnou soustavu a to jednotrubkovou a dvoutrubkovou otopnou soustavu.

## **Klíčová slova**

Pasivní dům, energetická náročnost budovy, vytápění a větrání, jednotrubková otopná soustava, dvoutrubková otopná soustava, desková otopná tělesa, rekuperátor, výtopna na obnovitelné zdroje energie, čerpadlo, teplotní čidlo, teplotní spád.

## **Abstract**

This work is processed like a proposal of heating for a part of seminar centre in Hostětín names Veronika. This current object is built in passive standard. In a part of building there is heating which it is suggested with help by singletube heating system. There is intake of air by recuperator without heating or cooling of air. Heat source is boiler room functional on renewable. Target of this work is analyze of current singletube heating system and find out cause it's incompletely functionality. Further, design a new heating system which it suppose to be singletube and doubletube heating system.

## **Keywords**

Passive house, energy intensity of house, heating and ventilation, singletube, doubletube heating system, board heating body, recuperator, boiler room of renewable, pump, temperature sensor, temperature teaser

## **Bibliografická citace VŠKP**

Bc. Martin Juráček *Otopné soustavy v domech s nízkou potřebou tepla pro vytápění*. Brno, 2014. 104 s., 22 + 25 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce Ing. Marcela Počinková, Ph.D.

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 15.1.2015

.....  
podpis autora

Bc. Martin Juráček

# PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

## Prohlášení:

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

V Brně dne 15.1.2014

.....  
podpis autora

Bc. Martin Juráček

Poděkování:

Tímto bych chtěl poděkovat zejména své vedoucí diplomové práce Ing. Marcele Počinkové Ph.D. za pomoc, připomínky, cenné rady a také ochotu a trpělivost při zpracování této diplomové práce.

Dále bych chtěl poděkovat svojí rodině, že mi umožnila studovat vysokou školu a podpořila mě při studiu

## Obsah

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY.....	0
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING.....	0
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES .....	0
Abstrakt .....	3
Úvod .....	10
1. TEORETICKÁ ČÁST - VYTÁPĚNÍ PASIVNÍCH DOMŮ .....	11
1.1 Základní principy .....	11
1.1.1 Základní členění nízkoenergetických domů.....	11
1.1.2 Co je to pasivní dům .....	14
1.1.3 Úspora tepla .....	15
1.1.4 Koncepce a dispoziční řešení .....	16
1.1.5 Izolace konstrukcí .....	17
1.1.6 Výplně otvorů.....	18
1.1.7 Neprůvzdušnost.....	19
1.1.8 Zdroje tepla, příprava teplé vody .....	20
1.1.9 Spotřebiče.....	21
1.2 Větrání a vytápění .....	22
1.2.1 Větrání.....	22
1.2.2 Rekuperace – zpětné získávání tepla.....	24
1.2.3 Vytápění .....	27
2. PRAKTICKÁ ČÁST .....	32
2.1 Stávající objekt a jeho vytápění a větrání .....	32
2.1.1 Úvod.....	32
2.1.2 Vytápění .....	33
2.1.3 Větrání.....	35
2.2 Výpočet tepelného výkonu .....	36
2.2.1 Výpočet prostupu tepla .....	36
2.2.2 Přesný výpočet tepelných ztrát.....	44
2.3 Jednotrubková otopná soustava .....	70

2.3.1 Stávající jednotrubková otopná soustava .....	70
2.3.2 Zvýšení teploty topné vody v soustavě podle ekvitermní křivky .....	71
2.4 Varianta A: Návrh nové jednotrubkové otopné soustavy .....	73
2.4.1 Návrh otopných těles.....	73
2.4.2 Dimenzování jednotrubkové otopné soustavy .....	73
2.4.3 Návrh tepelné izolace .....	77
2.5 Varianta B: Návrh dvoutrubkové otopné soustavy .....	79
2.5.1 Návrh otopných těles.....	79
2.5.2 Dimenzování dvoutrubkové otopné soustavy .....	80
2.6 Technická zpráva .....	88
2.6.1 Úvod.....	88
2.6.2 Výpočtové hodnoty .....	88
2.6.3 Zdroj tepla .....	88
2.6.4 Systém vytápění objektu .....	90
2.6.5 Systém větrání objektu .....	91
2.6.6 Zkoušky a uvedení do provozu .....	91
2.6.7 Bezpečnost práce.....	92
3. Experimentální řešení a zpracování výsledků .....	93
3.1 Úvod.....	93
3.2 Schéma připojení čidel.....	93
3.3 Seznam pomůcek a měřících přístrojů.....	95
3.4 Měření .....	96
3.4.1 Dlouhodobé měření .....	96
3.4.2 Krátkodobé měření.....	98
3.5 Závěr z experimentu .....	100
Závěr.....	101
Seznam použitých zdrojů.....	102
Seznam použitých obrázků.....	103
Seznam použitých zkratk .....	104
Seznam příloh.....	105

## Úvod

Otázka úspor v oblasti bytové výstavby začala být v pravém slova smyslu diskutována počátkem sedmdesátých let 20. století, a to zejména v souvislosti s ropnou krizí a zvýšením cen energií. V současné době v Evropě spotřebovávají budovy na svůj provoz 40 % veškeré energie. Z toho dvě třetiny energie připadají na domácnosti. Jsou používány zastaralé kotle, málo účinné osvětlovací systémy, tepelná ochrana starších budov je špatná a aktuálně narůstá poptávka po klimatizacích. Tento, stále sílící trend by mohlo vyvážit využívání úspornějších, kvalitnějších a účinnějších zařízení. Dlouhodobě se usiluje o snížení na dodávkách ropy pro evropské země. Díky tomu se prosazuje využívání obnovitelných zdrojů energií. Vznik stavby, která se dnes označuje jako pasivní dům, předcházela výstavba s koncepcí solárních domů. Tyto domy byly navrhovány s velkými zásobníky tepla, ovšem nebyl kladen důraz na větrání a tepelnou ochranu budovy. První čtyři řadové domy byly postaveny v roce 1990 v německém městě Darmstadt. Počet pasivních domů v České republice se momentálně pohybuje kolem 1200 domů a z toho je několik domů určeno jako experimentální projekty. Oproti Německu, Rakousku a Švýcarsku a skandinávským zemím je to malý počet. Jen v Německu se počet pasivních domů každý rok zvyšuje o velké množství a momentálně se tam nachází přes 10 000 pasivních domů. Prognóza do roku 2010 činila 60 tisíc. Ve výstavbě energeticky úsporných staveb zaostáváme za vyspělými evropskými zeměmi, kde se tento styl výstavby stává běžným standardem. V současné době například překračuje poptávka po bydlení v pasivních domech jen v Rakousku 3x nabídku.

# 1. TEORETICKÁ ČÁST - VYTÁPĚNÍ PASIVNÍCH DOMŮ

## 1.1 Základní principy

### 1.1.1 Základní členění nízkoenergetických domů

- *Nízkoenergetické rodinné domy* - charakterizovány nízkou spotřebou tepla na vytápění. Měrná potřeba tepla na vytápění  $E_A \leq 50 \text{ kWh.m}^{-2}.\text{a}^{-1}$  a průměrný součinitel prostupu tepla nepřesahuje normově doporučenou hodnotu  $\leq 0,75 \cdot U_{em,N}$ . Neprůvzdušnost obálky je doporučena  $n_{50} = 1,5 \text{ h}^{-1}$ . V letních měsících musí být v obytných místnostech maximálně teplota  $27 \text{ }^\circ\text{C}$  a to bez strojního chlazení. Nízkoenergetický dům musí splnit dle vyhlášky 148/2007 Sb. klasifikační třídu C, ale vhodnější je aby splnil třídu B - úsporná.
- *b) Pasivní rodinné domy* – charakterizovány minimalizovanou potřebou energie za zajištění požadovaného stavu prostředí a minimalizovanou potřebou energie získanou z neobnovitelných zdrojů. Požadovaná měrná potřeba tepla na vytápění  $E_A \leq 15 \text{ kWh.m}^{-2}.\text{a}^{-1}$ . Průměrný součinitel prostupu tepla  $U_{em} \leq 0,25 \text{ W.m.K}^{-1}$ , ale doporučená je hodnota  $U_{em} \leq 0,20 \text{ W.m.K}^{-1}$ . Neprůvzdušnost obálky je doporučena  $n_{50} = 0,6 \text{ h}^{-1}$ . Jedním ze základních předpokladů pasivního domu je, že stínící prostředky a stavební řešení jsou takové, že chlazení v letním období není zapotřebí. Požadavky na splnění úrovně pasivního domu:

- součinitel prostupu tepla konstrukcí

Konstrukce	U (W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> )
střecha strmá na 45°	0,12 - 0,18
střecha strmá do 45° včetně	0,10 - 0,15
střecha plochá	0,10 - 0,15

okna svislá a ve strmé střeše	0,6 - 0,8
střešní okna s úhlem do 45° včetně	0,9
dveře z vytápěného prostoru do exteriéru	0,9
podlaha a stěna z vytápěného prostoru přilehlá k zemině bez vlivu zeminy	0,15-0,22

Tab.1 Výpis

- minimalizace tepelných mostů a vazeb s navrženým řešením
  - dokonalé utěsnění stavby, výplně otvorů s nízkým součinitelem spárové průvzdušnosti
  - využití tepelných zisků
  - zajištění přívodu čerstvého vzduchu
  - vytápění je možno provést otopnou soustavou s otopnými tělesy, podlahovým nebo stěnovým vytápěním v nízkoteplotním provozu
  - využití takových zdrojů, aby spotřeba primární energie neobnovitelných zdrojů byla co nejnižší
- c) *Dům blízký energeticky nulovému a dům energeticky nulový* - tyto domy jsou napojeny na obvyklé energetické sítě. Stavební požadavky odpovídají standartu řešení budovy pasivní. Rodinný dům blízký nulovému a nulový musí mít průměrný součinitel prostupu tepla  $U_{em} \leq 0,25 \text{ W.m.K}^{-1}$  a měrnou potřebu tepla na vytápění  $E_A \leq 20 \text{ kWh.m}^{-2}.\text{a}^{-1}$ . Na dosažení této úrovně oproti pasivnímu domu je zapotřebí větší využití zařízení a systému pro výrobu energie z obnovitelných zdrojů.

Podle vyhlášky 78 ze dne 22. Března 2013 jsou požadavky na energetickou náročnost budovy s téměř nulovou spotřebou energie, stanovené výpočtem na nákladově optimální úrovni jsou splněny, pokud hodnoty ukazatelů energetické náročnosti

hodnocené budovy nejsou vyšší než hodnoty ukazatelů energetické náročnosti pro referenční budovu.

Ukazatelé energetické náročnosti pro budovy s téměř nulovou spotřebou energie:

- neobnovitelná primární energie za tok
  - celková dodaná energie za rok
  - průměrný součinitel prostupu tepla
- 
- *d) Energeticky pozitivní dům* - objekt splňujícím vztahu ke stavebnímu řešení požadavky stejné jako pro dům pasivní. Bez uživatelské energie pro provoz elektrických spotřebičů je měrná roční bilance potřeby tepla a produkce anergie vyjádřena v hodnotách primární energie z neobnovitelných zdrojů menší nebo maximálně rovna nule a současně energetická produkce převyšuje energetickou spotřebu o 10%.
  - *e) Dům se zvýšenou energetickou nezávislostí* - objekt, který by měl mít zajištěnou za výpočtových provozních podmínek alespoň krátkodobou nezávislost na vnějších dodávkách energie. Z hlediska stavebního řešení musí splnit podmínky jako pasivní dům případně být ještě lepší. Potřebná je výroba energie pro provoz. Z nestabilních obnovitelných zdrojů je požadavek na akumulaci energie.
  - *f) Dům energeticky nezávislý* - stavební řešení podobné jako u domu se zvýšenou energetickou nezávislostí. Objekt by měl být schopen dlouhodobé nebo úplné nezávislosti na dodávkách vnějších energií za výpočtových provozních podmínek. Problémy jsou s akumulací vyrobené energie v delším časovém rozpětí.

### ***1.1.2 Co je to pasivní dům***

Mezinárodně uznávaný termín pasivní dům se používá pro uznávaný standart budov s velmi nízkou spotřebou energie a vysokým komfortem bydlení. Pasivní domy jsou základem pro téměř nulové domy, které budou povinné od roku 2020 podle Evropské směrnice o energetické náročnosti budov. Pasivní domy oproti stávajícím budovám spotřebují desetkrát méně energie na vytápění. V porovnání s novostavbami, které splňují současné normy je tato úspora až 85%. Kvalita a komfort vnitřního prostředí je nezměněná. Koncepce pasivního domu je velmi jednoduchá a to nepustit skoro žádné teplo ven a přitom co nejlépe využít tepelné zisky, které máme k dispozici. Tím výrazně snížíme výkon zdroje tepla, objemu technologií i celkové závislosti objektu na dodávkách energie. Radikální snížení potřeby tepla na vytápění u pasivních domů by nebylo možné bez mimořádně kvalitního zateplení bez tepelných mostů. Kvalitní výplně otvorů jsou nedílnou součástí pasivního domu, které se výrazně podílí na vytápění, proto je důležité provést jejich správný návrh. Ovšem srdcem pasivního domu je řízené větrání se zpětným získáváním tepla tzv. rekuperací, které se stará o čerstvý vzduch v obytných místnostech. Znečištěný vzduch se odvádí z míst jako kuchyně, koupelna či WC. Nesmí ale vznikat průvan a ani zbytečné tepelné ztráty větráním. Aby správně fungovala větrací jednotka a hlavně rekuperace, nesmí se větrat neřízeně netěsnostmi v konstrukcích. Vzduchotěsnost je jednou z hlavních podmínek pasivního domu. Kontroluje se v průběhu výstavby tlakovou zkouškou, tzv. Blower-door testem.

*Výhody pasivního domu:*

- vyšší komfort bydlení
- extrémně nízké náklady na vytápění
- stálý přívod čerstvého vzduchu bez průvanu
- žádné teplotní rozdíly v místnosti
- příjemné teploty v zimě i v létě
- kvalitní ochrana konstrukcí
- vyšší cena na trhu nemovitostí

Název pasivní dům vychází z principu využívání pasivních tepelných zisků v budově a to vnitřní a vnější zisky. Vnější jsou ze slunečního záření procházejícího okny a vnitřní jsou teplo vyzařováno lidmi a spotřebiči.



Obr. 1.1 Vizualizace pasivního domu Maple 20

### ***1.1.3 Úspora tepla***

Pasivní dům ročně spotřebuje maximálně 15 kilowatthodin na metr čtvereční vytápěné plochy. U běžné ho rodinného domu, který má podlahovou plochu kolem 120 metrů čtverečních, to dělá 1800 kilowatthodin. Pro vytápění místnosti o velikosti 20 metrů čtverečních stačí 200 wattů, pro porovnání tepelný výkon člověka v klidu je 80 wattů, výkon stolního počítače 250 wattů.

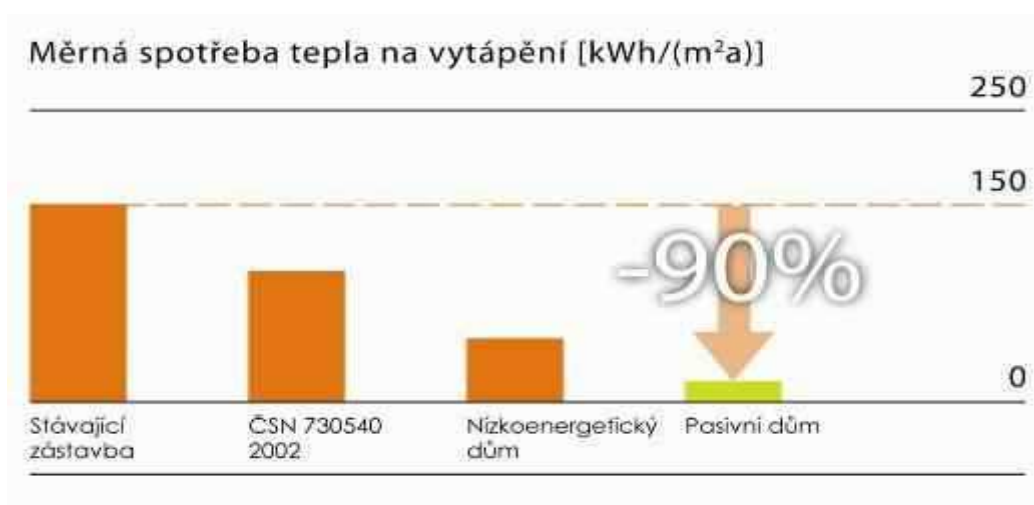
Z porovnání potřeby energie na vytápění jsou patrné rozdíly mezi různými standardy, v kterých jsou budovy u nás stavěny. Nezbytným stupněm vývoje pasivních domů byly nízkoenergetické domy. Hraniční hodnota měrné potřeby tepla na vytápění pro dosažení tohoto standardu je  $50\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ .

Pasivní domy musí splňovat několik požadavků:

- měrná roční potřeba tepla na vytápění je maximálně  $15\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

- neprůvzdušnost obálky budovy  $n_{50}$
- celková potřeba primární energie spojená s provozem budovy včetně domácích spotřebičů je nižší než  $120 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$
- topný příkon při nejnižší teplotě v exteriéru (v ČR přibližně  $-12 \text{ }^\circ\text{C}$ ):

$$P_{\text{vytápění, max}} = 10 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{a}$$



Obr. 1.22. Měrná spotřeba tepla na vytápění

#### 1.1.4 Koncepce a dispoziční řešení

Základ pasivního domu je v promyšleném návrhu. Vyladěním projektu v počáteční fázi můžeme ovlivnit cenu domu, provoz i jeho funkčnost. Je zde proto nezbytná optimalizace všech prvků, jako jsou tvar a velikost budovy, orientace vzhledem ke světovým stranám, vnitřní dispozice, konstrukční řešení, velikosti a umístění oken a návrh větrání a vytápění. Energetickou náročnost budovy definují dispozice a tvar budovy. Tyto všeobecné zásady u pasivních domů nabývají na důležitosti:

- *kompaktní tvar budovy* – snaha o co nejmenší poměr ochlazovaných konstrukcí k objemu budovy  $A/V$



Při stavbě pasivního domu lze použít všechny běžné konstrukční systémy, které musí zabezpečit dostatečný odpor prostupu tepla.

Tabulka pro součinitele prostupu tepla běžných a pasivních domů

Typ konstrukce	Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla U konstrukcí [W/(m <sup>2</sup> .K)]	Hodnota U konstrukcí pro pasivní domy [W/(m <sup>2</sup> .K)]
Obvodová stěna	0,30	0,10 - 0,15
Střecha	0,24	0,08 - 0,12
Podlaha na terénu	0,45	0,12 - 0,15
Okna	1,5	0,8

Jako tepelná izolace se může zvolit z běžně dostupných izolačních materiálů (polystyren, minerální vlna), přírodní alternativy (foukaná celulóza, dřevovláknité desky, lněné a konopné izolace, sláma nebo ovčí vlna) nebo vakuová izolace.

### 1.1.6 Výplně otvorů

Okna jsou tepelně nejslabším článkem u pasivního domu, ale jsou zdrojem solárních zisků a při správném návrhu jsou v topné sezóně docela zisková. Zisky jsou větší než tepelné ztráty. Okna u pasivního domu musí splňovat několik kritérií:

- $U_w$  hodnota celého okna včetně rámu musí být menší nebo rovna 0,80 W/(m<sup>2</sup>K)
- zasklení s trojskly vyplněné vzácným plynem, běžně dosahuje hodnot  $U_g < 0,6$  W/(m<sup>2</sup>K) s vysokou propustností slunečního záření
- minimalizovány tepelné mosty v místě osazení okna do stěny

Okna slouží jako sluneční kolektor. Pasivní solární zisky tvoří významný příspěvek k pokrytí potřeby tepla na vytápění až třetinový. Důležitým aspektem je vhodná orientace, velikost a kvalita prosklení. Ideální je jižní popřípadě jihozápadní nebo jihovýchodní orientace hlavní prosklené plochy a v ostatních stěnách budovy by mělo být oken co nejméně.



Obr. 1.4 Výška slunce v jednotlivých ročních obdobích

### ***1.1.7 Neprůvzdušnost***

Jednou z podmínek pasivního domu je vysoká míra těsnosti obálky. Malými otvory a netěsnostmi v obálce budovy uniká teplo současně s vlhkostí a vzniká nebezpečí, že vnitřní vlhkost bude kondenzovat uvnitř konstrukce a může ji poškodit. Netěsnost obálky současně ovlivňuje i efektivitu zpětného zisku tepla větracího systému, protože se vzduch vyměňuje netěsnostmi místo toho, aby procházel rekuperačním výměníkem. Vhodné je navrhnout v celém objektu vzduchotěsnou obálku bez zbytečných přerušení.

Ke kontrole, zda je stavba správně utěsněná, se provádí tzv. zkouška těsnosti čili Blower-door test. Princip je jednoduchý: ventilátor umístěný v dveřním nebo okenním otvoru vytváří podtlak nebo přetlak a současně se provádějí měření, výsledkem kterých je hodnota objemu vyměněného vzduchu za hodinu  $n_{50}$ . Hodnota  $n_{50}$  musí být menší než  $0,6 \text{ h}^{-1}$ . To znamená, že při stejném tlakovém rozdílu 50 Pa by se netěsnostmi nemělo za hodinu vyměnit více než 60 % celého objemu vzduchu v objektu.

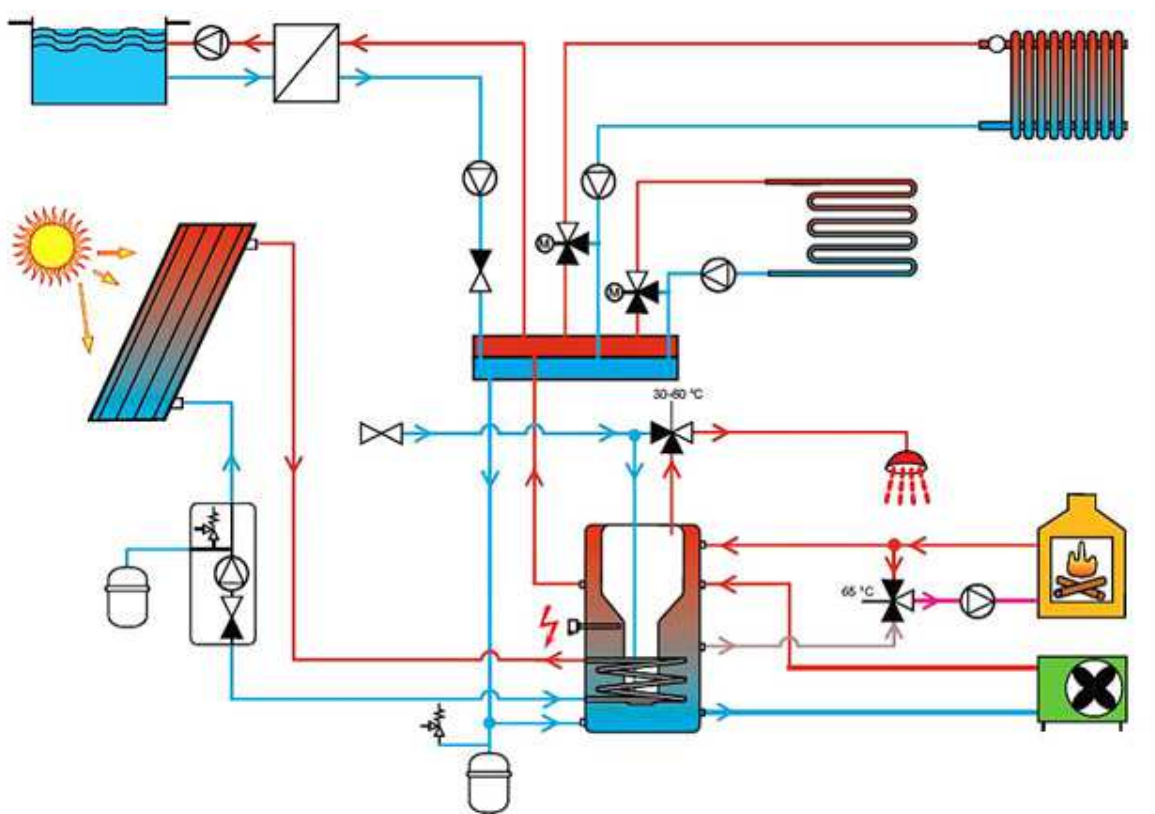


Obr. 1.5 Ukázka techniky Blower – door testu

### ***1.1.8 Zdroje tepla, příprava teplé vody***

Pasivní dům má velice nízké tepelné ztráty. Výpočty i praktické zkušenosti potvrdili, že i během nejchladnějšího období se tepelné ztráty pohybují v rozmezí 10 – 15 W/m<sup>2</sup>. V celkovém měřítku je v celoroční bilanci významnější příprava teplé vody než vytápění. Výhodou je radikálně nižší potřebný výkon zdroje tepla a i otopné soustavy. Tyto tepelné ztráty jde pokrýt mnoha alternativy jakou jsou elektrické ohřívač, kotle na tuhá paliva jako jsou peletky nebo kusové dřevo nebo plynový kotel ve spojení se zásobníkem tepla. Solární kolektory mohou tvořit vhodný doplněk levného zdroje tepla pro ohřev teplé vody. Také miniaturní tepelná čerpadla, která jsou dnes na trhu, tvoří velice zajímavý zdroj s levnými provozními náklady. Vzhledem k tomu, že potřebný topný výkon pro dohřev vzduchu je výrazně nižší než výkon potřebný k ohřevu vody, dimenzuje se zdroj tepla současně na základě požadavků na přípravu teplé vody a kompenzaci tepelných ztrát. Zásobník teplé vody je zpravidla využit na 100 % pouze několikrát během dne, a proto pro většinu času může být využit pro dohřev vzduchu. Integrovaný zásobník tepla, který se nejčastěji používá, spojuje více možností dohromady. Připojení více zdrojů v průběhu celého roku – solárních kolektorů, krbových kamínek, plynového kotle, tedy funkci akumulární nádrže, a současně více odběrů – topení nebo teplovzdušné vytápění, teplovodní žebřík, ohřev teplé vody a jiné.

Pro přípravu teplé vody lze použít kromě klasických způsobů i celou řadu alternativních zdrojů energie včetně zdrojů obnovitelných, jako např. solární energii, biomasu a jiné. Použití obnovitelných zdrojů výrazně snižuje spotřebu primární energie a závislost na dodávkách energie a je proto v pasivních domech ideálním řešením.



Obr. 1.6 Možné zdroje tepla pro vytápění

### 1.1.9 Spotřebiče

Při velmi nízké spotřebě energie k vytápění a přípravě teplé vody roste podíl spotřebičů na celkové energetické náročnosti budov. Díky moderním úsporným spotřebičům lze spotřebu elektřiny výrazně snížit. Je ovšem nutné dodržet základní principy při výběru a plánování spotřebičů:

- nejdůležitější je výběr vhodných spotřebičů (s třídou účinnosti A, A+), to samé platí při výběru domovní techniky (čerpadla, ventilátory)
- použití úsporných zářivek na osvětlení (úspora 70 – 80 %)

- při plánování dávat pozor na zařízení, které neustále spotřebovávají elektřinu (i když v malém množství) – domovní telefon, bezdrátový telefon, spotřebiče v pohotovostním režimu
- v případě efektivního zdroje tepla na ohřev vody pak připojení myčky nádobí a pračky na přívod teplé vody snižuje spotřebu elektřiny potřebné k ohřevu vody ve spotřebiči

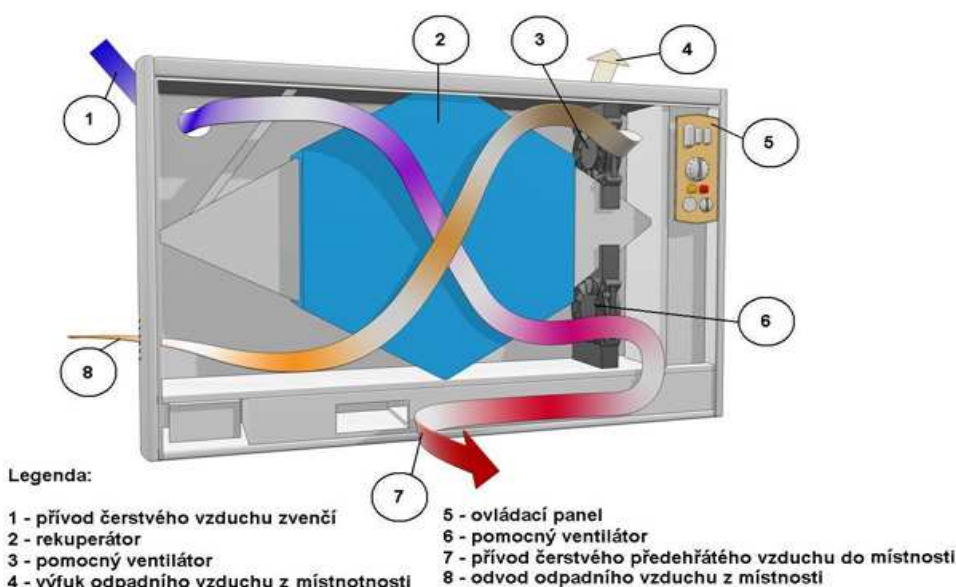
## 1.2 Větrání a vytápění

### 1.2.1 Větrání

U pasivního domu se stará o potřebnou výměnu vzduchu systém řízeného větrání se zpětným ziskem tepla z odpadního vzduchu (tzv. rekuperací). Rekuperace je zásadní pro vysoký komfort, neboť eliminuje tepelné ztráty a další nevýhody spojené s větráním okny. U řízeného větrání je čerstvý vzduch jednoduše ohříván bez dalších úprav v rekuperačním výměníku odpadním teplým vzduchem s účinností až 90 %. Kromě toho má systém řadu výhod:

- vysoký komfort - díky rekuperaci tepla proudí do místnosti vzduch blízky teplotě místnosti a nevytváří se teplotní rozdíly
- stále čerstvý vzduch bez průvanu – dávkování je relativně přesné a odtah odpadního vzduchu z míst s produkcí škodlivin (WC, koupelna, digestoř) po průchodu výměníkem tepla budovu ihned opouští
- snížená prašnost – vzduch v interiéru je neustále čištěn průchodem přes filtry vzduchotechnické jednotky
- snížená hlučnost zvenku – není třeba větrat okny
- úspora energie - účinnost rekuperačního výměníku tepla minimálně 75 %

Aby fungoval systém perfektně, je nutné jej správně navrhnut a provést. Vhodné je rozdělení budovy na tři zóny – přívod vzduchu (obytné místnosti), transport vzduchu (chodby, schodiště) a odtah odpadního vzduchu (koupelna, WC, kuchyň). Rozvody by měly být co nejpřímější a nejkratší s ohledem na tlakové ztráty i možnost případného čištění. Větrací rozvody lze za určitých okolností použít i pro tzv. teplovzdušné vytápění, tj. vytápění pomocí ohřátého vzduchu.



Obr. 1.7 Princip rekuperátoru

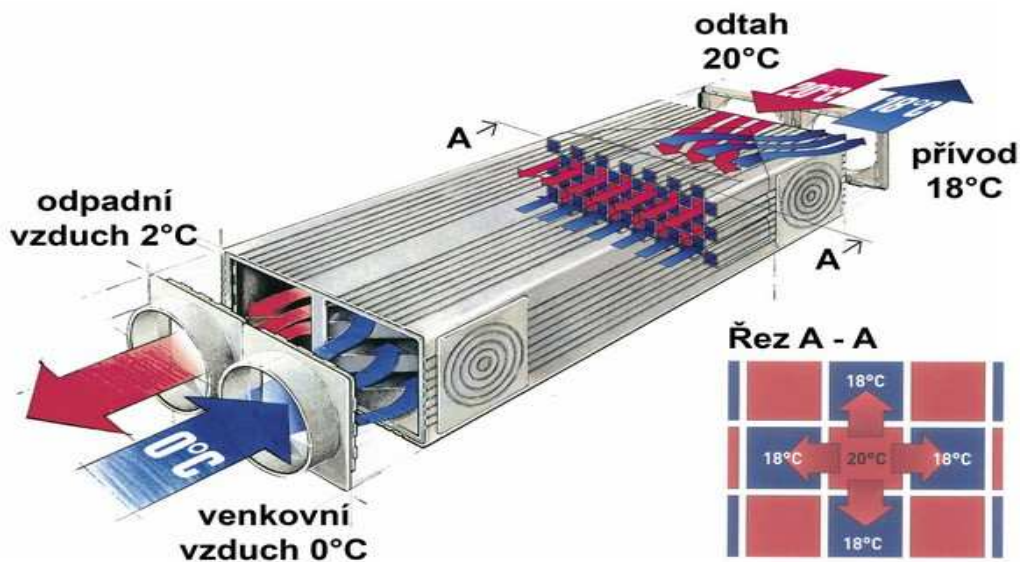
*Centrální větrání* obsahuje jednu větrací jednotku s rekuperací pro celý objekt (nebo ucelenou část u větších objektů). Tuto koncepci větrání využívá většina rodinných domů i větší objekty, jako jsou bytové domy nebo stavby veřejného vybavení. Výhodou je společná údržba u větších objektů, nevýhodou pak větší průměry rozvodů a složitější regulovatelnost na úrovni jednotlivých bytů nebo částí.

*Decentrální větrání* používá se na odvětrání jednotlivých místností (nebo bytových jednotek) samostatnými menšími větracími jednotkami. Tohle řešení je použitelné hlavně u prostorů, kde není místo pro vedení stoupacích rozvodů – např. kanceláře, rekonstruované objekty, panelové domy a podobně. Výhodou je vynikající regulovatelnost a jednoduchost vedení

s minimálním počtem a délkou rozvodů. Nevýhodou je nutnost řešit více prostupů fasádou, a také údržba se týká více jednotek.

### 1.2.2 Rekuperace – zpětné získávání tepla

Přiváděný venkovní čerstvý vzduch prochází přes rekuperační výměník uvnitř vzduchotechnické jednotky, do kterého z druhé strany vstupuje teplý odpadní vzduch z objektu. Oba dva vzduchy jsou od sebe dokonale odděleny soustavou kanálků, aby nedocházelo ke zpětnému průniku pachů z odváděného do přívodního vzduchu. Přes stěny kanálů teplo z odpadního vzduchu přechází do přívodního, který je tak předehříván. Tepelné ztráty větráním u pasivního domu bez použití nuceného větrání s rekuperací jsou příliš velké. Při intenzitě výměny vzduchu  $n = 0,5 \text{ h}^{-1}$  činí tepelné ztráty větráním kolem  $30 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ . Použitím nuceného větrání s rekuperací s účinností nad 80 % se tyto ztráty sníží na hodnotu 5 až  $8 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ . Hodnoty účinnosti rekuperace se můžou pohybovat v rozmezí 0 – 100%. Reálně dosažitelná hodnota účinnosti je až 95 % a za výborné je považována účinnost rekuperace nad 80 %.

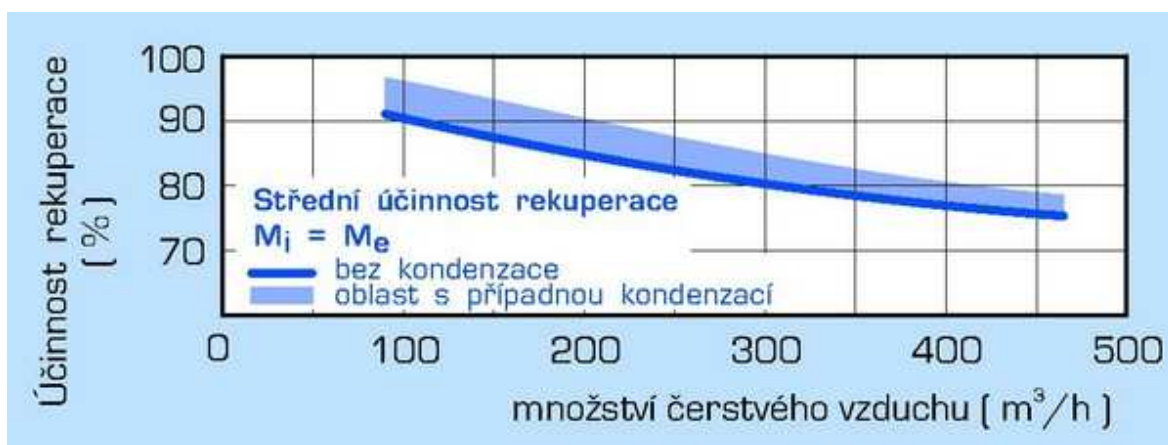


Obr. 1.8 Rekuperátot

Účinnost zpětného získávání tepla je závislá na :

- účinnosti samotného rekuperačního výměníku
- průtoku vzduchu
- využití kondenzačního tepla
- stupni neprůvzdušnosti objektu

Ovšem účinnost, kterou nám garantují výrobci je měřena v ideálních podmínkách, teda při provozu systému je potřeba počítat s nižší účinností. Také pokud je průtok vzduchu větší, než pro jaký byla dimenzována daná jednotka, účinnost rekuperace klesá. Při větším výkonu než udávaném účinnost klesá, v některých případech až více než o třetinu. Představu o průběhu účinnosti v závislosti na objemu větraného vzduchu nám udává křivka účinnosti.




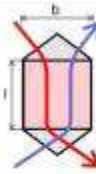
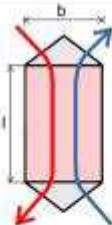
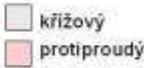



Obr. 1.9 Účinnost rekuperátoru

Na správné fungování systému větrání mají zásadní vliv:

- těsnost a materiál rozvodů
- délka, průměr a trasování vedení
- správné umístění a použití distribučních elementů
- výběr jednotky
- vyregulování systému na potřebné průtoky.

Výměníky – v minulosti se používaly křížové deskové výměníky s účinností 50–70 % ale dnes jsou nahrazovány protiproudými kanálovými výměníky, které dosahují účinnost až 95 %. Mezi proudy vzduchu je více styčných ploch, přes kterou je výměna tepla realizována a účinnost rekuperace klesá s narůstajícím objemem větraného vzduchu pomaleji.

### › REKUPERAČNÍ VÝMĚNÍKY, TYPY, ÚČINNOSTI

Schéma				 □ křížový ■ protiproudý
Typ výměníku	křížový	křížový protiproudý	protiproudý	
Plocha výměníku [m <sup>2</sup> ]	4 – 10	6 – 14	17 – 60	
Profil proudění (řez)				
Účinnost rekuperace [%] efektivní účinnost dle PHPP	50 – 70	70 – 85 {60 – 75}	85 – 99 {75 – 92}	

Obr. 1.10 Typy rekuperačních výměníků

Výhody nuceného větrání s rekuprací:

- 80% až 95% úspora energie oproti běžnému větrání během topné sezóny
- neustále čerstvý vzduch bez překračování koncentrace obsahu CO<sub>2</sub>
- vysoký komfort – teplý vzduch bez průvanu a ochlazování konstrukcí
- bez hlukového zatížení – větrání se zavřenými okny
- kontinuální odvod vlhkosti – ochrana proti plísním
- bezobslužný provoz

Výsledkem je, že pasivní dům bez rekuperace, by velmi těžko dosahoval potřebných parametrů ke splnění pasivního standartu.

### **1.2.3 Vytápění**

I při vysoké účinnosti rekuperátoru má dům tepelné ztráty, které je potřeba pokrýt. Je potřeba do domu dodat teplo. V pasivních domech jsou využívány dvě koncepce distribuce tepla:

- teplovzdušné vytápění
- dělený systém větrání a vytápění klasickými zdroji tepla

*Teplovzdušné vytápění* – rozvod vzduchu lze současně využít k distribuci tepla a nahradit tím klasickou otopnou soustavu. Teplo dodávané vzduchu slouží nejen pro samotné dohřátí vzduchu, ale hlavně k pokrytí tepelných ztrát místností. Teplovzdušné vytápění lze realizovat jen u objektů s velmi nízkou tepelnou ztrátou. Omezení vyplývá z faktu, že vzduch jako teplonosná látka má nízkou schopnost vést teplo a současně je maximální teplota vzduchu z hygienických důvodů omezena na 50 °C. Při vyšší teplotě již dochází k rozkladu částic prachu, což zhoršuje kvalitu vzduchu. Ohřev vzduchu zpravidla zajišťuje nízkoteplotní teplovodní výměník zapojený do systému na ohřev teplé vody, případně elektrický ohřívač. Samotný ohřívač může být umístěn centrálně pro všechny větve nebo před každou výstkou, což zajišťuje lepší regulovatelnost teplot v místnostech. U teplovzdušného systému je nutné tepelně izolovat rozvody. Výhodou teplovzdušného vytápění oproti sálavým zdrojům tepla je pružnost systému reagovat na změny teplot. Takový systém pak vykazuje větší úspory na vytápění, protože tepelné zisky, ať už solární nebo vnitřní, jsou tak využívány efektivněji. Naopak nevýhodou zůstává nemožnost regulovat teploty na úrovni jednotlivých místností. Také intenzita větrání se zde navrhuje primárně na tepelné ztráty, které je ohřátým vzduchem potřeba pokrýt, a ne na hygienicky potřebnou výměnu vzduchu. K nízké schopnosti vzduchu vést teplo se prakticky využívá pouze systém teplovzdušného vytápění s cirkulací (tzv. dvouzónové větrací jednotky) Jednou větví navíc oproti běžnému větracímu systému je z obytných místností vzduch odsáván, znova dohříván a vracen zpět. Odpadní znečištěný vzduch je v domě vyměňován za čerstvý buď nárazově (po užití WC nebo kuchyně), nebo

směšováním určitého hygienicky potřebného množství pomocí klapky v jednotce. To umožňuje systému pokrýt i vyšší tepelné ztráty pomocí cirkulace bez narušení hygieny vnitřního prostředí a vysušování vzduchu. V letním období tento výkonnější systém zase umožňuje větší chladicí výkon díky většímu objemu větracího vzduchu. Určitou nevýhodou je složitější rozvodný systém (jedna větev navíc pro cirkulaci), rozvody o větším průměru a také vyšší spotřeba elektřiny na ventilátory.



*Kombinace nuceného větrání a klasického vytápění* – při použití konceptu samotného nuceného větrání s rekuperací se dohřev vzduchu realizuje klasickým způsobem – radiátory, stěnovým nebo podlahovým topením. V koupelně se standardně navrhuje topný žebřík nebo podlahové topení. Je ovšem nutno zabezpečit kvalitní regulaci a přiměřený výkon těchto zdrojů. V konečném výsledku je možné se dostat na podobné pořizovací náklady jako u teplovzdušného vytápění. Část tepla ohřívá vzduch a další tvoří sálavou složku. Řešení poskytuje dobrou regulovatelnost, při krátkých rozvodech a nízké pořizovací ceně. Pro objekty, kde je požadováno, aby byla regulovatelná každá místnost zvlášť, je realizace odděleného topného systému nutností. Výhodou je, že teplo produkované sálavými systémy je pro uživatele příjemnější (fyzicky jsme zvyklí na sálavou složku tepla), a někdy lze

dosáhnout snížení vnitřní teploty v obytných místnostech při dosažení stejné tepelné pohody jako u teplovzdušného systému. Možnost je také využití krbu nebo kamen s nuceným větráním ale je nutné zabránit vzniku podtlaku, aby nedocházelo k nedokonalému spalování a nasávání spalin do objektu. Pro bezpečnost provozu kamen v pasivním domě je zásadní navrhnout:

- rovnotlaký nebo ideálně mírně přetlakový režim – zabezpečí správné fungování spalovacího zařízení a vyloučí nebezpečí otravy unikajícími plyny
- externí přívod vzduchu do kamen – zaručí oddělení zařízení od vnitřního vzduchu
- ochranu větrací jednotky proti poruše ventilátoru přiváděného vzduchu formou vypnutí celé jednotky. Zabrání se tím vytvoření podtlaku v místnosti.

Další možnosti jak zefektivnit vytápění pasivního domu:

- zemní registr
- topné fólie
- krb nebo kamna
- tepelné čerpadlo
- sluneční energie

Zemní registr – neboli výměník tepla se stane součástí tepelné ochrany pasivního domu.

Tento vzduchový a nebo solankový výměník, slouží v zimním období jako ochrana pro rekuperační jednotku. Výměník tepla slouží tedy především k tomu, aby o několik stupňů ohřál čerstvý vzduch nasávaný zvenku. Využívá při tom principu stálého tepla země, které je v zimě v hloubce 1,5 až 2 metrů konstantní – cca okolo 4 až 8 stupňů. Vzduch nebo kapalina v zemním potrubí přebírá teplo ze země a předeřívá vzduch, který pak vchází do rekuperační jednotky, v níž se dále ohřívá na pokojovou teplotu.

Topné fólie – tento systém se aplikuje buď do stěnového či stropního systému

v sádkartonových konstrukcích anebo se integrují do podlahy. Díky maximální ploše

topného povrchu dokážou rovnoměrně vytopit místnost a navíc nekladou žádné nároky na prostor. Jejich výhodou je i energetická úspora, která vzniká díky oteplení konstrukcí a zajištění tepelné pohody už při nižší teplotě vnitřního prostředí. Kromě úspory na energiích se navíc přímotopné fólie mohou pochlubit i příznivou cenou a možností jednoduché individuální regulovatelnosti.

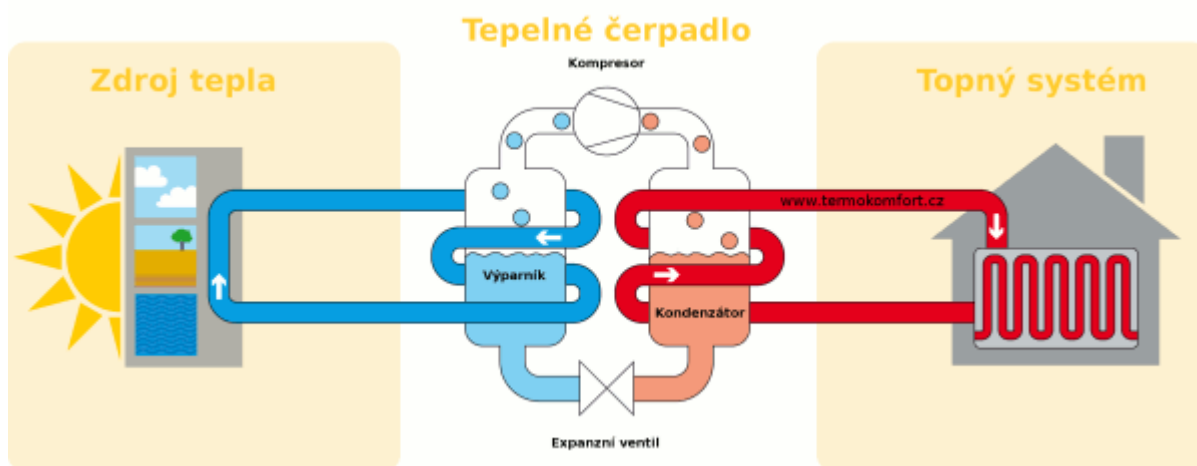


Obr. 1.11 Topná fólie

**Kamna nebo krb** - kamna mohou být provedena ve formě kamen na biomasu. Je možné tedy spalovat spalovat biomasu v podobě pelet, štěpek, slámy nebo dřeva.

- Krb je využíván pod podmínkou malého výkonu. Při velkém výkonu může dojít k přetopení interiéru. Možnost je ovšem zde napojit ohřev teplé vody. Při tomto využití je možné získat k ohřevu zásobníku až 80% tepla z krbu a 20% proudí do vzduchu. Nevýhodou krbu v pasivním domě je vznik tepelných mostů a přehřátí interiéru

Tepelné čerpadlo – zdroje energie pro tepelné čerpadla jsou voda, vzduch nebo zemina. Jedná se tedy o vytápění obnovitelným zdrojem energie. Tepelné čerpadlo pracuje na principu získávání tepla z okolního prostředí, a to nejčastěji pomocí kapaliny. Po odebrání tepla z půdy, vzduchu či vody se tekutá kapalina ohřeje a přemění do plynného stavu. Následně přechází do kompresoru, kde je díky zvýšenému tlaku ještě více ohřána. Svoje teplo pak odevzdá topné kapalině, která ohřívá dům v radiátorech. Plynná látka pak znovu kondenzuje a celý proces se neustále opakuje. Na trochu odlišném principu pracuje tepelné čerpadlo země/voda, které využívá energie z hornin získané prostřednictvím hlubinného vrtu.



Obr. 1.12 Princip tepelného čerpadla

Sluneční energie – přes fotovoltaické panely je možné vyrábět elektřinu na vytápění ale nejčastěji se používají k ohřevu teplé užitkové vody

## 2. PRAKTICKÁ ČÁST

### 2.1 Stávající objekt a jeho vytápění a větrání

#### 2.1.1 Úvod

Stávající hotel se nachází v obci Hostětín ve Zlínském kraji. Výpočtová venkovní teplota - 12°C, průměrná teplota v topném období je 3,6°C. Podle tabulky se určí počet topných dní a je jich 233. Objekt se skládá z 2 hlavních částí. První část je seminární centrum a druhá část je ubytovna, která je řešena v praktické části diplomové práce. V ubytovací části v 1.NP jsou 4 pokoje pro hosty 2 x pro 2 osoby a 2x pro 3 osoby, dále je tu dílna a pokoj na čisté prádlo (rezerva). Ve 2.NP se nachází pokoje 4 x pro 2 osoby, 1 x pro 3 osoby a 1 x pro 4 osoby. V této části analyzuji stávající otopnou soustavu jednotrubkovou a dále provádím návrh nové jednotrubkové otopné soustavy a klasické dvoutrubkové otopné soustavy. Objekt je částečně podsklepený a zde se nachází technická místnost, ve které je umístěna výměňková stanice, rozdělovač a sběrač a vzduchotechnické jednotky.



### 2.1.2 Vytápění

Hlavním zdrojem tepla pro vytápění a ohřev teplé vody do hotelu je z centrální výtopny na obnovitelné zdroje v obci Hostětín. Do objektu hotelu je přivedena přípojka z teplovodní sítě obce. Tato přípojka je napojena ze společné teplovodní přípojky pro vedlejší rodinný dům a pro moštárnu. Pro vykrytí odběrových špiček a pro zajištění dostatečného zásobení teplem se uvažuje s využitím akumulční nádoby. V době sníženého odběru se bude automaticky dobíjet akumulční nádoba. Odběr tepla pro hotel potom probíhá už z akumulční nádoby. Doplnkovým zdrojem tepla pro nabíjení akumulční nádoby je také solární systém umístěný na moštárně. Havarijním zdrojem tepla je olejový parní kotel v moštárně. Hlavní zdroj tepla (výměník na přípojce topné vody z centrálního rozvodu) a strojovna s rozdělovačem a sběračem, z něhož jsou vyvedeny jednotlivé topné okruhy jsou umístěny v 1.PP hotelu. Akumulční nádoba, která je využita pro hotel se nachází mimo objekt a je propojena se zdrojem tepla v technické místnosti. Oběh topné vody na sekundární straně výměňkové stanice zajišťují oběhová čerpadla v topných větvích. Ze sdruženého rozdělovače a sběrače je vyvedeno šest samostatných topných větví: Čtyři topné větve jsou opatřeny směšovači a regulátory pro ekvitermní regulaci topné vody:

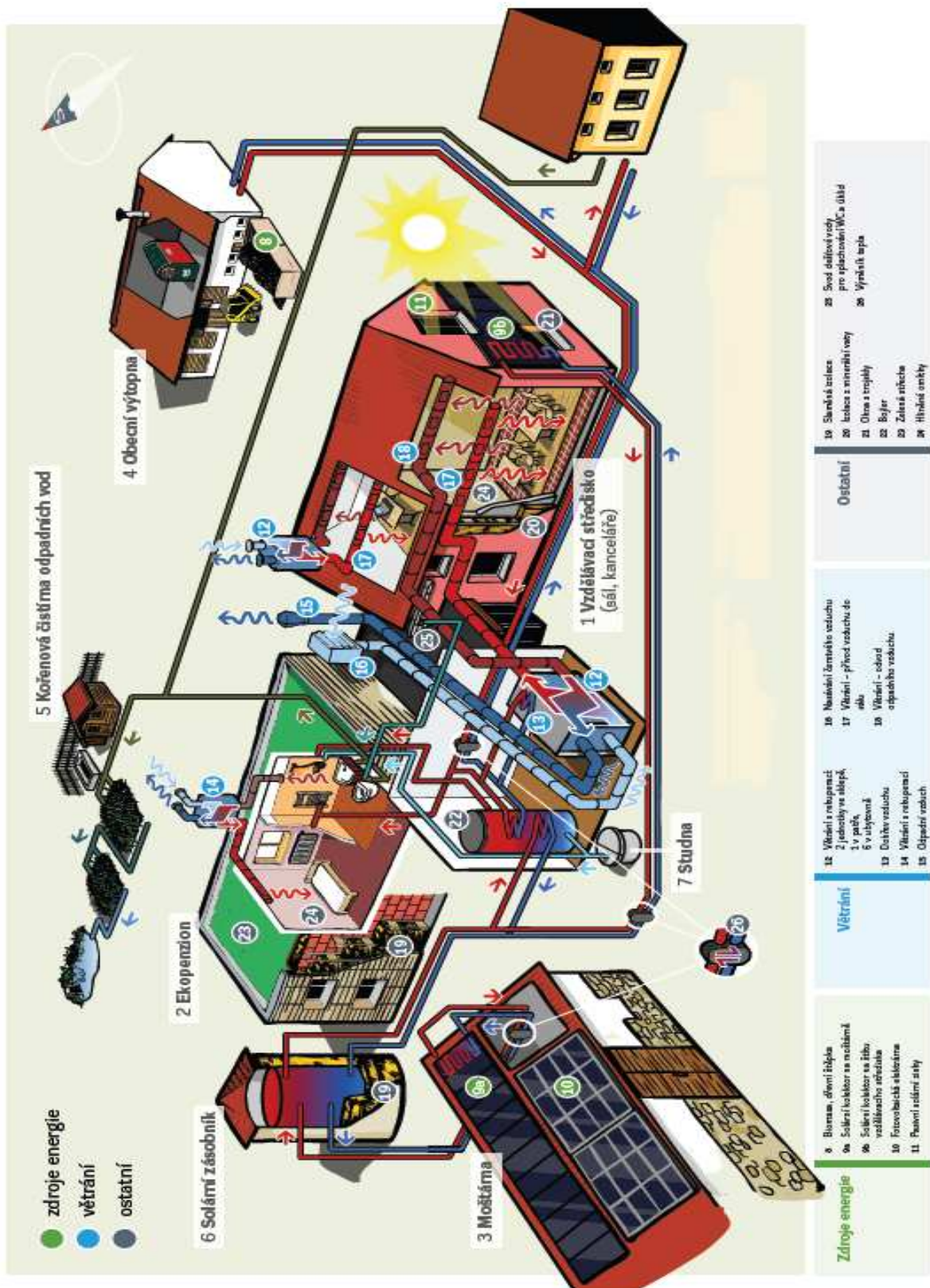
- 2x topná větev pro vytápění ubytovací části
- 1x topná větev pro přednáškový sál;
- 1x topná větev pro kuchyň a kanceláře;

Další dvě topné větve jsou bez směšování:

- 1x topná větev pro vzduchotechniku
- 1x topná větev pro přípravu TV v boileru

Stávající vypočtené a navržené hodnoty:

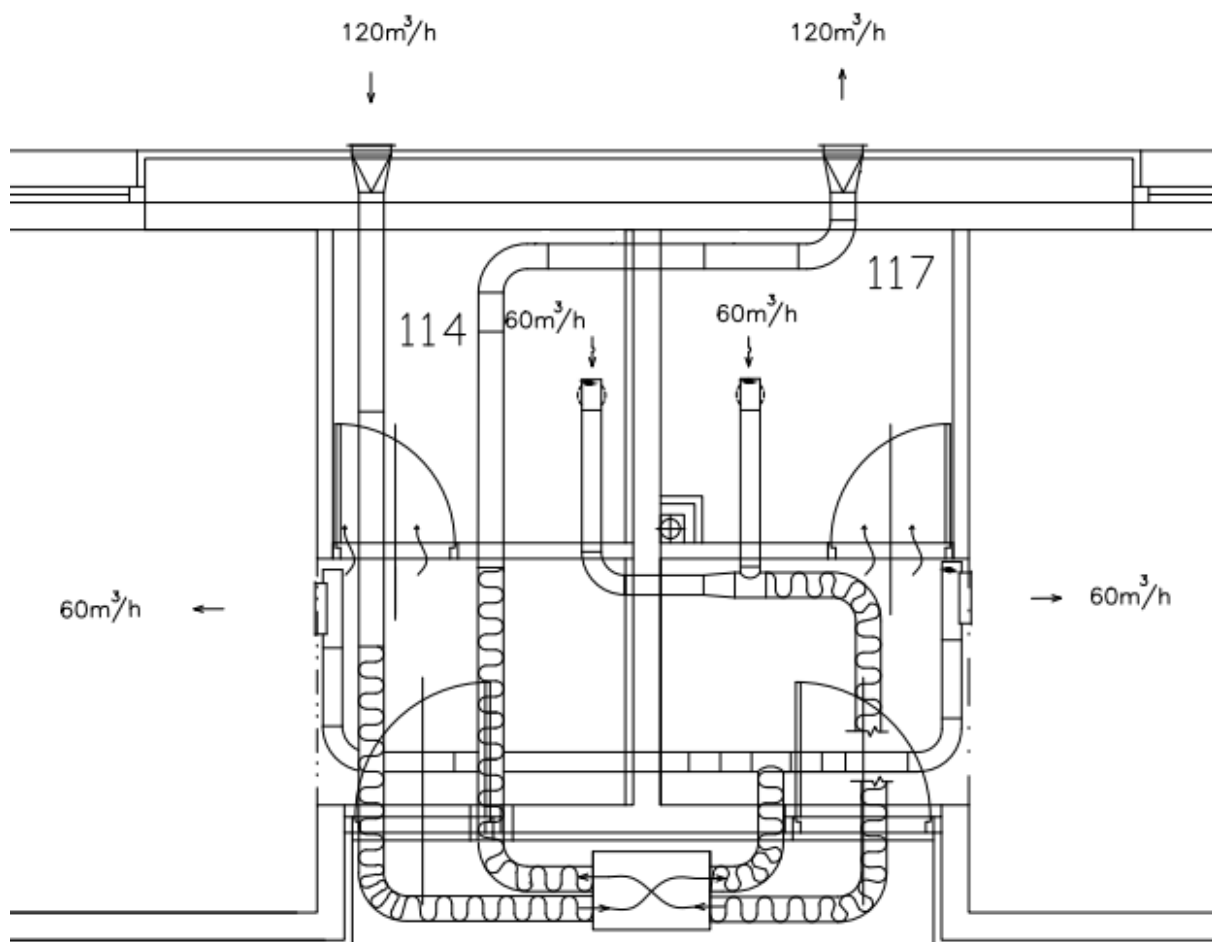
- Tepelná ztráta ubytovny - 8,3 kW
- Teplota topného média: - primár 80/40°C  
- sekundár 50/40°C



Obr. 2.2 Nákres pasivního centra Veronika v Hostětíně s technologiemi

### 2.1.3 Větrání

V části ubytovny vzduchotechnické zařízení zajišťuje nucený přívod a odvod vzduchu. Samostatná kompaktní jednotka s rekuperací tepla s protiproudým rekuperačním výměníkem je osazena ke každé dvojici pokojů v 1.NP a v 2.NP. Tato jednotka nezajišťuje ohřev ani chlazení vzduchu, slouží tedy pouze k přívodu čerstvého vzduchu do místností.



Obr. 2.3 Půdorys vzduchotechniky u dvou pokojů

## 2.2 Výpočet tepelného výkonu

### 2.2.1 Výpočet prostupu tepla

Součinitel potřebný k výpočtu tepelných ztrát. Součinitel prostupu tepla nám určuje množství tepla, které projde plochou  $1 \text{ m}^2$  stavební konstrukce při rozdílu teplot prostředí před a za konstrukcí o  $1 \text{ K}$ . Součinitel prostupu tepla je dán vztahem:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}} = \frac{1}{R_{Si} + R + R_{Se}} = \frac{1}{R_T}$$

$R$  je tepelný odpor stěny a je dán:

$$R = \sum_1^n \frac{d}{\lambda}$$

$\lambda$  je součinitel tepelné vodivosti, který nám vyjadřuje schopnost vrstvy materiálu vést teplo, to je vidět na obr. 2.1. Tato hodnota nám říká jaké je množství tepla proudícího vrstvou o tloušťce  $1 \text{ m}$  při rozdílu povrchových teplot  $1 \text{ K}$ . Jednotka je  $\text{W/mK}$

$R_{Si}$  je odpor při přestupu tepla na vnitřní straně

$R_{Se}$  je odpor při přestupu tepla na venkovní straně

$\alpha_i$  je součinitel prostupu tepla na vnitřní straně

$\alpha_e$  je součinitel prostupu tepla na venkovní straně

$d$  je tloušťka stavební konstrukce

Výpočet  $U$  - KCE A - Nosná stěna 1 - SO1

Skladba	d (m)	$\lambda$ (Wm/K)
Omítka hliněná	0,02	0,76
Porotherm 17,5 P+D	0,175	0,33
Sláma	0,4	0,045
Dřevěný obklad	0,07	0,18

$$R = \sum(d/\lambda) = 0,02/0,76 + 0,175/0,33 + 0,4/0,045 + 0,07/0,18 = 9,834 \text{ m}^2\text{K}^{-1}\text{W}^{-1}$$

$$R_T = R_{Si} + R + R_{Se} = 0,13 + 9,647 + 0,04 = 10,004 \text{ m}^2\text{K}^{-1}\text{W}^{-1}$$

$$U = 1/R_T = 1/10,004 = \underline{0,1 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}}$$

Při výpočtu součinitele prostupu tepla více vrstvou konstrukcí  $U = \underline{0,12 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}}$

## TYP KONSTRUKCE

stěna obvodová    jednoplášťová konstrukce

Tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce  $R_{si}$  0,13 m<sup>2</sup>K/W     $\theta_0 = 20.18$  °C

$j$	Materiál	$d$ [m]	$\lambda_u$ [W/mK]	$R_j$ [m <sup>2</sup> K/W]	$\theta_j$ [°C]	
1	<input checked="" type="checkbox"/> Omítka hliněná	0,02	0,76	0,026	20,09	↓
2	<input checked="" type="checkbox"/> Porotherm 17,5 P+D	0,175	0,33	0,53	18,36	↑ ↓
3	<input checked="" type="checkbox"/> Sláma	0,4	0,045	8,889	-10,6	↑ ↓
4	<input checked="" type="checkbox"/> dřevěný obklad	0,07	0,18	0,389	-11,87	↑

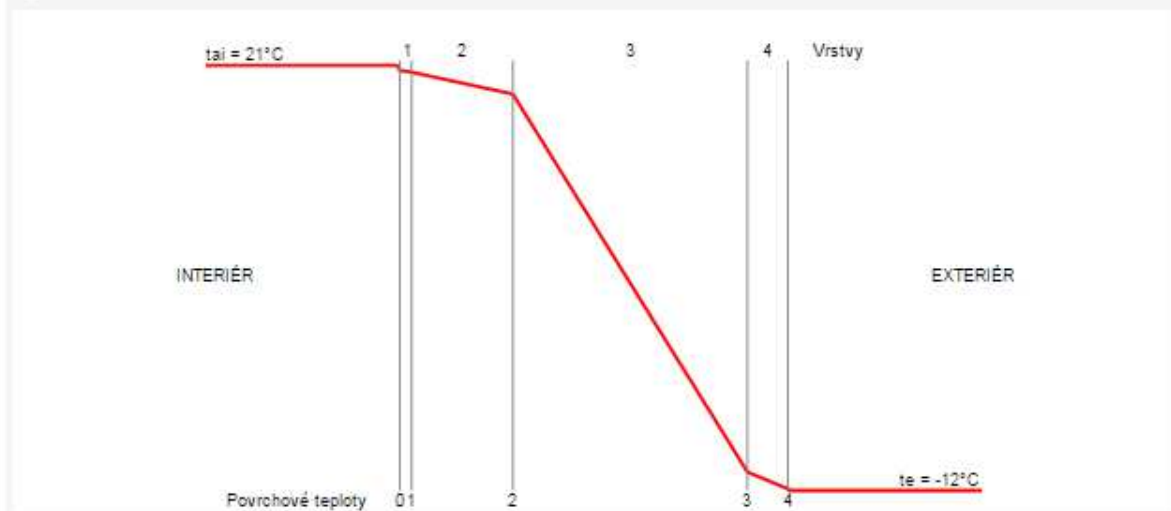
Tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce  $R_{se}$  0,04 m<sup>2</sup>K/W     $\theta_e = -12$  °C

[Přidat vrstvu konstrukce](#)

Celková tloušťka konstrukce  $d = 0,665$  m

Tepelný odpor konstrukce  $R = 9,83$  m<sup>2</sup>K/W

### Graf průběhu teplot v konstrukci



### KCE B - Nosná stěna 2 - SO2

Skladba	$d$ (m)	$\lambda$ (Wm/K)
Omítka hliněná	0,02	0,76

Porotherm 17,5 P+D	0,175	0,33
Minerální vlna	0,28	0,040
Omítka váp. cem.	0,02	0,9

$$R = \sum(d/\lambda) = 0,02/0,76 + 0,175/0,33 + 0,28/0,040 + 0,02/0,9 = 7,58 \text{ m}^2\text{K}^{-1}\text{W}^{-1}$$

$$R_T = R_{Si} + R + R_{Se} = 0,13 + 7,58 + 0,04 = 7,75 \text{ m}^2\text{K}^{-1}\text{W}^{-1}$$

$$U = 1/R_T = 1/7,75 = \underline{0,13 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}}$$

#### KCE C - Nosná stěna 3 a - SO3

Skladba	d (m)	$\lambda$ (Wm/K)
Omítka hliněná	0,02	0,76
Železobeton	0,16	1,58
Minerální vlna	0,28	0,040
Omítka váp. cem.	0,02	0,9

$$R = \sum(d/\lambda) = 0,02/0,76 + 0,16/1,58 + 0,28/0,040 + 0,02/0,9 = 7,328 \text{ m}^2\text{K}^{-1}\text{W}^{-1}$$

$$R_T = R_{Si} + R + R_{Se} = 0,13 + 7,328 + 0,04 = 7,5 \text{ m}^2\text{K}^{-1}\text{W}^{-1}$$

$$U = 1/R_T = 1/7,5 = \underline{0,13 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}}$$

#### KCE C - Nosná stěna 3 a+b SO3

Skladba	d (m)	$\lambda$ (Wm/K)
---------	-------	------------------

Omítka hliněná	0,02	0,76
Železobeton	0,20	1,58
Minerální vlna	0,28	0,036
Omítka váp. cem.	0,02	0,9

$$R = \sum(d/\lambda) = 0,02/0,76 + 0,20/1,58 + 0,28/0,036 + 0,02/0,9 = 7,953 \text{ m}^2 \text{ K}^{-1} \text{ W}^{-1}$$

$$R_T = R_{Si} + R + R_{Se} = 0,13 + 7,953 + 0,04 = 8,123 \text{ m}^2 \text{ K}^{-1} \text{ W}^{-1}$$

$$U = 1/R_T = 1/8,123 = \underline{0,123 \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-1}}$$

$$R = \sum(d/\lambda) = 0,02/0,76 + 0,20/1,58 + 0,28/0,036 + 0,02/0,9 = 7,953 \text{ m}^2 \text{ K}^{-1} \text{ W}^{-1}$$

$$R_T = R_{Si} + R + R_{Se} = 0,13 + 7,953 + 0,13 = 8,213 \text{ m}^2 \text{ K}^{-1} \text{ W}^{-1}$$

$$U = 1/R_T = 1/8,213 = \underline{0,122 \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-1}}$$

#### KCE D - Nosná příčka a - SN1

Skladba	d (m)	$\lambda$ (Wm/K)
Omítka hliněná	0,02	0,76
Porotherm 17,5 P+D	0,175	0,33
Omítka hliněná	0,02	0,76

$$R = \sum(d/\lambda) = 0,02/0,76 + 0,175/0,33 + 0,02/0,76 = 0,636 \text{ m}^2 \text{ K}^{-1} \text{ W}^{-1}$$

$$R_T = R_{Si} + R + R_{Se} = 0,13 + 0,636 + 0,13 = 0,896 \text{ m}^2 \text{ K}^{-1} \text{ W}^{-1}$$

$$U = 1/R_T = 1/0,896 = \underline{1,116 \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-1}}$$

#### KCE E - Nosná příčka b - SN2

Skladba	d (m)	$\lambda$ (Wm/K)
Omítka hliněná	0,02	0,76
Porotherm 24 P+D	0,24	0,37
Omítka hliněná	0,02	0,76

$$R = \sum(d/\lambda) = 0,02/0,76 + 0,24/0,37 + 0,02/0,76 = 0,701 \text{ m}^2\text{K}^{-1}\text{W}^{-1}$$

$$R_T = R_{Si} + R + R_{Se} = 0,13 + 0,701 + 0,13 = 0,961 \text{ m}^2\text{K}^{-1}\text{W}^{-1}$$

$$U = 1/R_T = 1/0,961 = \underline{1,04 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}}$$

#### KCE F - Nosná příčka mezipokojová - SN3

Skladba	d (m)	$\lambda$ (Wm/K)
Omítka hliněná	0,02	0,76
Porotherm 17,5 P+D	0,175	0,33
Minerální vlna	0,04	0,036
Omítka hliněná	0,02	0,76

$$R = \sum(d/\lambda) = 0,02/0,76 + 0,175/0,33 + 0,04/0,036 + 0,02/0,76 = 1,694 \text{ m}^2\text{K}^{-1}\text{W}^{-1}$$

$$R_T = R_{Si} + R + R_{Se} = 0,13 + 1,694 + 0,13 = 1,954 \text{ m}^2\text{K}^{-1}\text{W}^{-1}$$

$$U = 1/R_T = 1/1,954 = \underline{0,512 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}}$$

#### KCE G - Příčky a přizdívky - SN4

Skladba	d (m)	$\lambda$ (Wm/K)
Omítka hliněná	0,02	0,76
Porotherm 17,5 P+D	0,175	0,33
Omítka váp. cem.	0,02	0,9

$$R = \sum(d/\lambda) = 0,02/0,76 + 0,175/0,33 + 0,02/0,9 = 0,579 \text{ m}^2\text{K}^{-1}\text{W}^{-1}$$

$$R_T = R_{Si} + R + R_{Se} = 0,13 + 0,579 + 0,13 = 0,839 \text{ m}^2\text{K}^{-1}\text{W}^{-1}$$

$$U = 1/R_T = 1/0,839 = \underline{1,192 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}}$$

#### KCE H - Střecha 1 - Sch1

Skladba	d (m)	$\lambda$ (Wm/K)
Podhled Knauf D111	0,10	0,38
Deska z aglomerovaného dřeva	0,025	0,13
Sláma	0,40	0,045
Deska z aglomerovaného dřeva (srovnávací)	0,018	0,13
Spádové desky z minerální vlny	0,02-0,15	0,039
Hydroizolace mPVC	0,002	0,16
Štěrkopísek	0,04	0,93
Zemina	0,10	1,4

$$R = \sum(d/\lambda) = 0,1/0,38 + 0,025/0,13 + 0,40/0,045 + 0,018/0,13 + 0,07/0,039 + 0,002/0,16 + 0,04/0,93 + 0,10/1,4 = 11,405 \text{ m}^2\text{K}^{-1}\text{W}^{-1}$$

$$R_T = R_{Si} + R + R_{Se} = 0,10 + 11,405 + 0,04 = 11,545 \text{ m}^2\text{K}^{-1}\text{W}^{-1}$$

$$U = 1/R_T = 1/11,545 = \underline{0,09 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}}$$

### KCE I - Střecha 2 - Sch2

Skladba	d (m)	$\lambda$ (Wm/K)
Kačírek	0,05	
Hydroizolace mPVC	0,001	0,16
Izolační desky z min. rohož	0,38	0,036
Skladba	0,075	0,036
Sádrokartonový podhled	0,013	0,38

$$R = \sum(d/\lambda) = 0,001/0,16 + 0,38/0,036 + 0,075/0,036 + 0,013/0,38 = 12,679 \text{ m}^2\text{K}^{-1}\text{W}^{-1}$$

$$R_T = R_{Si} + R + R_{Se} = 0,10 + 12,649 + 0,07 = 12,849 \text{ m}^2\text{K}^{-1}\text{W}^{-1}$$

$$U = 1/R_T = 1/12,849 = \underline{0,078 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}}$$

### KCE J - Střecha 3 - Sch3

Skladba	d (m)	$\lambda$ (Wm/K)
Keramická taška		
Bednění	0,025	0,18
Minerální vlna	0,40	0,036
Sádrokartonový podhled	0,013	0,38

$$R = \sum(d/\lambda) = 0,025/0,18 + 0,4/0,036 + 0,013/0,38 = 11,284 \text{ m}^2\text{K}^{-1}\text{W}^{-1}$$

$$R_T = R_{Si} + R + R_{Se} = 0,10 + 11,284 + 0,07 = 11,454 \text{ m}^2\text{K}^{-1}\text{W}^{-1}$$

$$U = 1/R_T = 1/11,454 = \underline{0,087 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}}$$

Při výpočtu součinitele prostupu tepla více vrstvou konstrukcí  $U = \underline{0,11 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}}$

*Posouzení součinitele prostupu tepla*

Konstrukce	Vypočítané U (W/m <sup>2</sup> K)	U <sub>N,Rg</sub> (W/m <sup>2</sup> K)	U <sub>N,Rc</sub> (W/m <sup>2</sup> K)	Posouzení
Obvodová stěna ubytovací části omítnutá	0,13	0,30	0,20	Vyhoví
Obvodová stěna ubytovací části obložená dřevem	0,12	0,30	0,20	Vyhoví
Obvodová stěna seminární části	0,13	0,30	0,20	Vyhoví
Vodorovná střech	0,09	0,24	0,16	Vyhoví
Sedlová střecha	0,11	0,24	0,16	Vyhoví
Podlaha	0,23	0,60	0,40	Vyhoví
Okna	0,56	1,7	1,2	Vyhoví
Dveře	0,80	1,7	1,2	Vyhoví

**2.2.2 Přesný výpočet tepelných ztrát**

Přesný výpočet se provádí vypočtením tepelných ztrát pro jednotlivé místnosti a jejich součtem dostaneme tepelnou ztrátu celého objektu. Tepelné ztráty místností nám slouží k návrhu otopných těles a celková ztráta k návrhu zdroje tepla. Stanovují se pro

nejnepříznivější parametry exteriéru a výpočtové teploty interiéru. Metodiku výpočtu uvádí norma ČSN EN 12 831 Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu. Výpočet tepelné ztráty obsahuje tepelnou ztrátu prostupem tepla ( $\Phi_{T,i}$ ) a tepelnou ztrátu větráním ( $\Phi_{V,i}$ ).

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}$$

### Tepelná ztráta prostupem

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \times (\theta_{int,i} + \theta_e)$$

$H_{T,ie}$  – měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostoru

$H_{T,iue}$  - měrná tepelná ztráta do nevytápěného prostoru (ven přes nevytápěný prostor)

$H_{T,ig}$  - měrná tepelná ztráta do zeminy

$H_{T,ij}$  - měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou

### *Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostoru $H_{T,ie}$*

Měrná tepelná ztráta je pro konstrukce, které oddělují vytápěný prostor a prostor exteriéru. Počítají se do ní i tepelné mosty, které si zjednodušeně zvolíme. V této rekonstruované budově jsem volil tento korekční součinitel  $\Delta U = 0,1$ . Tento součinitel náleží běžným tepelným mostům.

$$U_{k\epsilon} = U_k + \Delta U$$

$$H_{T,ie} = \sum(A_k \times U_{k\epsilon} \times e_k)$$

### **Měrná tepelná ztráta do nevytápěného prostoru (ven přes nevytápěný prostor) $H_{T,iue}$**

V budově nám tato ztráta nastává u nevytápěného schodišťového prostoru.

$$H_{T,iue} = \sum(A_k \times U_k \times b_u) + \sum(\Psi_l \times l_l \times b_u)$$

Jestliže známe teplotu  $\theta_u$  v nevytápěném prostoru, použijeme pro výpočet součinitele  $b_u$  vztah

$$b_u = \frac{\theta_{int,i} - \theta_u}{\theta_{int,i} - \theta_e}$$

### **Měrná tepelná ztráta do zeminy $H_{T,ig}$**

Tato ztráta vzniká prostupem tepla podlahou nebo stěnou, která je v kontaktu se zemínou. Stanovuje se buď přesně podle EN ISO 13370, nebo zjednodušeným způsobem.

$$H_{T,ig} = f_{g1} \times f_{g2} \times (\sum A_k \times U_{equie,k}) \times G_w$$

$f_{g1}$  – opravný součinitel, uvažující roční změny průběhu venkovní teploty (1,45)

$f_{g2}$  – opravný součinitel, který zahrnuje rozdíl mezi roční průměrnou venkovní teplotou a výpočtovou venkovní teplotou

$$f_{g2} = (\theta_{int,i} - \theta_{m,e}) / (\theta_{int,i} - \theta_e)$$

$G_w$  – opravný součinitel na vlivu spodní vody. Je-li předpokládaná hladina méně než 1 m od úrovně podlahy suterénu, uvažuje se 1,15. Jinak je roven 1.

$U_{equie,k}$  – ekvivalentní součinitel prostupu tepla konstrukce v kontaktu se zemínou

přibližné stanovení prostupu tepla

- zjednodušený výpočet

$$U_z = \frac{1}{\frac{1}{R_{st}} + \sum \frac{d}{\lambda} + \frac{d}{\lambda_z}}$$

- stanovení podle ČSN EN 12 831

Součinitel prostupu tepla bez vlivu zeminy

$$U = \frac{1}{R_{st} + \sum \frac{d}{\lambda}}$$

Charakteristické číslo B' (pro podlahu na zemině)

$$B' = \frac{A_g}{(0,5 \times P)}$$

A<sub>g</sub> - plocha místnosti

P - obvod na hranici venkovního prostředí

**Měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou H<sub>T,ij</sub>**

(sousední vytápěný prostor)

$$H_{T,ij} = \sum (f_{ij} \times A_K \times U_k)$$

f<sub>ij</sub> – součinitel redukce teploty. Zahrnuje teplotu přilehlého prostoru a venkovní výpočtovou teplotou

$$f_{ij} = \frac{(\theta_{int,i} - \theta_j)}{(\theta_{int,i} - \theta_e)}$$

### **Tepelná ztráta větráním**

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \times (\theta_{int,i} - \theta_e)$$

$H_{V,i}$  je měrná tepelná ztráta větráním

$$H_{V,i} = V_i \times \rho \times c = V_i \times 0,34$$

U výpočtu záleží, jestli má objekt přirozené větrání nebo nucené větrání. V našem případě se jedná o objekt s přirozeným větráním, tudíž počítáme s přírodním vzduchem, který má tepelně technické parametry platné pro venkovní vzduch. Objemový tok vzduchu se stanoví vyšší z hodnot:

$$V_i = \max z$$

- $V_{inf,i}$  - v důsledku proudění vzduchu šterbinami a spárami pláště budovy
- $V_{min,i}$  - požadovaného z hygienických důvodů

### ***Nejmenší požadované množství vzduchu z hygienických důvodů***

$$V_{min,i} = n_{min} \times V$$

$n_{min}$  - nejmenší intenzita výměny vzduchu (25 m<sup>3</sup>/h na osobu,  $n = 0,3$  až  $0,6$  h<sup>-1</sup> u obytných budov v užívaných místnostech,  $1$  h<sup>-1</sup> kuchyně)

$V$  - objem vytápěného prostoru

### ***Infiltrace pláštěm budovy***

$$V_{inf,i} = 2 \times V_m \times n_{50} \times e_i \times \varepsilon_i$$

$n_{50}$  - stupeň těsnosti obvodového pláště budovy

$e$  - stínící součinitel

$\varepsilon$  - korekční součinitel na výšku od úrovně terénu

Ukázka výpočtu tepelných ztrát

### Místnost č.201 Pokoj

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{kc}$	$e_k$	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$
SO1	Venkovní stěna	15,49	0,1	0,05	0,15	1	2,32
OZ1	Okno ztrojené	2,28	0,56	0	0,56	1	1,28
Sch1	Střecha	14,84	0,09	0,05	0,14	1	2,08
<b><math>\Sigma</math></b>							<b>5,68</b>

### Tepelná ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty

Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$f_{ij}$	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$		
SN3	Stěna neochlazovaná	14,84	0,512	0,156	1,19		
DN	Dveře neochlazované	1,6	2	0,156	0,50		
SN4	Stěna do koupelny	9,21	1,192	-0,111	-1,22		
DN	Dveře do koupelny	1,4	2	-0,111	-0,31		
<b><math>\Sigma</math></b>							<b>0,16</b>

Celková tep. Ztráta prostupem					
	$\theta_i$	$\theta_e$	$\theta_i - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$ (W)
	20	-12	32	5,83	<b>186,66</b>

<b>Teplotná ztráta větráním - přirozené větrání</b>				
Objem místnosti V (m <sup>3</sup> )	Výpočtová venkovní teplota $\theta_e$	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_i$	Hygienické požadavky dle počtu osob	
			n osob	V <sub>min,i</sub> (m <sup>3</sup> /h)
38,58	-12	20	3	90
Počet nechr. otvorů	n50	Činitel zaclonění e	Teplota za rekuperátorem	Množství vzduchu infiltrací V <sub>inf,i</sub> (m <sup>3</sup> /h)
1	0,7	0,02	10,4	1,08024

#### Výpočet teplotné ztráty větráním

max. z V <sub>min</sub> V <sub>inf</sub>	H <sub>v,i</sub>	$\theta_i - \theta_e$	Návrhová tep. Ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ (W)
90	30,6	9,6	<b>293,76</b>

### Místnost č.202 Chodba

<b>Teplotné ztráty přímo do venkovního prostředí</b>							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A <sub>k</sub>	U <sub>k</sub>	$\Delta U$	U <sub>kc</sub>	e <sub>k</sub>	A <sub>k</sub> ·U <sub>kc</sub> ·e <sub>k</sub>
SO1	Venkovní stěna	2,11	0,12	0,05	0,17	1	0,36
OZ1	Okno ztrojené	2,28	0,56	0	0,56	1	1,28
DO1	Dveře ochlazované	1,6	0,8	0	0,8	1	1,28
OZ2	Světlík	1,53	0,8	0	0,8	1	1,22
Sch1	Střecha	40,72	0,09	0,05	0,14	1	5,70
<b>Σ</b>							<b>9,84</b>

#### Teplotné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty

Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A <sub>k</sub>	U <sub>k</sub>	f <sub>ij</sub>	A <sub>k</sub> ·U <sub>kc</sub> ·b <sub>u</sub>		
SN3	Stěna neochlazovaná	89,42	0,512	-0,156	-7,14		
DN	Dveře neochlazované	9,6	2	-0,156	-3,00		
Pdl	Podlaha	4,05		-0,156	0,00		
<b>Σ</b>							<b>-10,14</b>

**Celková tep. Ztráta prostupem**

	$\theta_i$	$\theta_e$	$\theta_i - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$ (W)
	15	-12	27	-0,30	<b>-8,02</b>

Tepelná ztráta větráním - přirozené větrání				
Objem místnosti V (m3)	Výpočtová venkovní teplota $\theta_e$	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_i$	Hygienické požadavky	
			n (h-1)	V <sub>min,i</sub> (m3/h)
105,87	-12	20	0,5	52,935
Počet nechr. otvorů	n50	Činitel zaclonění e	Výškový korekční činitel	Množství vzduchu infiltrací V <sub>inf,i</sub> (m3/h)
1	0,6	0,02	1	2,54088

#### Výpočet tepelné ztráty větráním

max. z V <sub>min</sub> V <sub>inf</sub>	H <sub>v,i</sub>	$\theta_i - \theta_e$	Návrhová tep. Ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ (W)
52,935	17,9979	32	<b>575,9328</b>

### Místnost č.203,6 Pokoj

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A <sub>k</sub>	U <sub>k</sub>	$\Delta U$	U <sub>kc</sub>	e <sub>k</sub>	A <sub>k</sub> ·U <sub>kc</sub> ·e <sub>k</sub>
SO1	Venkovní stěna	5,52	0,12	0,05	0,17	1	0,94
OZ1	Okno ztrojené	2,28	0,56	0	0,56	1	1,28
Sch1	Střecha	16,27	0,09	0,05	0,14	1	2,28
<b>Σ</b>							<b>4,49</b>

#### Tepelná ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty

Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A <sub>k</sub>	U <sub>k</sub>	f <sub>ij</sub>	A <sub>k</sub> ·U <sub>kc</sub> ·b <sub>u</sub>		
SN3	Stěna neochlazovaná	24,56	0,512	0,156	1,96		
DN	Dveře neochlazované	1,6	2	0,156	0,50		
SN4	Stěna do koupelny	9,21	1,192	-0,111	-1,22		
DN	Dveře do koupelny	1,4	2	-0,111	-0,31		
<b>Σ</b>							<b>0,93</b>

Celková tep. Ztráta prostupem					
	$\theta_i$	$\theta_e$	$\theta_i - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$ (W)
	20	-12	32	5,42	<b>173,58</b>

Tepelná ztráta větráním - přirozené větrání				
Objem místnosti V (m3)	Výpočtová venkovní teplota $\theta_e$	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_i$	Hygienické požadavky dle počtu osob	
			n osob	V <sub>min,i</sub> (m3/h)
42,3	-12	20	2	60
Počet nechr. otvorů	n50	Činitel zaclonění e	Teplota za rekuperátorem	Množství vzduchu infiltrací V <sub>inf,i</sub> (m3/h)
1	0,7	0,02	10,4	1,1844

#### Výpočet tepelné ztráty větráním

max. z V <sub>min</sub> V <sub>inf</sub>	H <sub>v,i</sub>	$\theta_i - \theta_e$	Návrhová tep. Ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ (W)
60	20,4	9,6	<b>195,84</b>

### Místnost č.214 Pokoj

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{kc}$	$e_k$	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$
SO1	Venkovní stěna	5,52	0,12	0,05	0,17	1	0,94
OZ1	Okno ztrojené	2,28	0,56	0	0,56	1	1,28
Sch1	Střecha	16,27	0,09	0,05	0,14	1	2,28
<b>Σ</b>							<b>4,49</b>

#### Tepelná ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty

Stavební konstrukce						
Č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$f_{ij}$	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$	
SN3	Stěna neochlazovaná	16,78	0,512	0,156	1,34	
DN	Dveře neochlazované	1,6	2	0,156	0,50	
SN4	Stěna do koupelny	9,21	1,192	-0,111	-1,22	
DN	Dveře do koupelny	1,4	2	-0,111	-0,31	

$\Sigma$	<b>0,31</b>
----------	-------------

Celková tep. Ztráta prostupem					
	$\theta_i$	$\theta_e$	$\theta_i - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$ (W)
	20	-12	32	4,80	<b>153,70</b>

Tepelná ztráta větráním - přirozené větrání				
Objem místnosti V (m <sup>3</sup> )	Výpočtová venkovní teplota $\theta_e$	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_i$	Hygienické požadavky dle počtu osob	
			n osob	V <sub>min,i</sub> (m <sup>3</sup> /h)
42,3	-12	20	2	60
Počet nechr. otvorů	n50	Činitel zaclonění e	Teplota za rekuperátorem	Množství vzduchu infiltrací V <sub>inf,i</sub> (m <sup>3</sup> /h)
1	0,7	0,02	10,4	1,1844

#### Výpočet tepelné ztráty větráním

max. z V <sub>min</sub> V <sub>inf</sub>	H <sub>v,i</sub>	$\theta_i - \theta_e$	Návrhová tep. Ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ (W)
60	20,4	9,6	<b>195,84</b>

### Místnost č.204,5,13,17 Koupelna

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A <sub>k</sub>	U <sub>k</sub>	$\Delta U$	U <sub>kc</sub>	e <sub>k</sub>	A <sub>k</sub> ·U <sub>kc</sub> ·e <sub>k</sub>
SO1	Venkovní stěna	4,99	0,12	0,05	0,17	1	0,85
Sch1	Střecha	3,84	0,09	0,05	0,14	1	0,54
$\Sigma$							<b>1,39</b>

#### Tepelná ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty

Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A <sub>k</sub>	U <sub>k</sub>	f <sub>ij</sub>	A <sub>k</sub> ·U <sub>kc</sub> ·b <sub>u</sub>		
SN4	Příčka		8,79	1,192	0,111	1,16	
DN2	Dveře neochlazované		1,4	2	0,111	0,31	
$\Sigma$							<b>1,47</b>

#### Celková tep. Ztráta prostupem

	$\theta_i$	$\theta_e$	$\theta_i - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$ (W)
	24	-12	36	2,86	<b>102,95</b>

Tepelná ztráta větráním - přirozené větrání				
Objem místnosti V (m3)	Výpočtová venkovní teplota $\theta_e$	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_i$	Hygienické požadavky dle počtu osob	
			n osob	$V_{min,i}$ (m3/h)
9,98	-12	24	2	60
Počet nechr. otvorů	n50	Činitel zaclonění e	Teplota odváděného vzduchu	Množství vzduchu infiltrací $V_{inf,i}$ (m3/h)
1	0,7	0,02	20	0,27944

#### Výpočet tepelné ztráty větráním

max. z $V_{min}$ $V_{inf}$	$H_{v,i}$	$\theta_i - \theta_e$	Návrhová tep. Ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ (W)
60	20,4	4	<b>81,6</b>

### Místnost č.212,16 Koupelna

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{kc}$	$e_k$	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$
SO1	Venkovní stěna	4,99	0,12	0,05	0,17	1	0,85
Sch1	Střecha	3,84	0,09	0,05	0,14	1	0,54
<b><math>\Sigma</math></b>							<b>1,39</b>

#### Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty

Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$f_{ij}$	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$		
SN4	Příčka	8,79	1,192	0,111	1,16		
DN2	Dveře neochlazované	1,4	2	0,111	0,31		
<b><math>\Sigma</math></b>							<b>1,47</b>

Celková tep. Ztráta prostupem					
	$\theta_i$	$\theta_e$	$\theta_i - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$ (W)

	24	-12	36	2,86	<b>102,95</b>
--	----	-----	----	------	---------------

<b>Tepelná ztráta větráním - přirozené větrání</b>				
Objem místnosti V (m <sup>3</sup> )	Výpočtová venkovní teplota $\theta_e$	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_i$	Hygienické požadavky dle počtu osob	
			n osob	V <sub>min,i</sub> (m <sup>3</sup> /h)
9,98	-12	24	3	90
Počet nechr. otvorů	n50	Činitel zaclonění e	Teplota odváděného vzduchu	Množství vzduchu infiltrací V <sub>inf,i</sub> (m <sup>3</sup> /h)
1	0,7	0,02	20	0,27944

#### **Výpočet tepelné ztráty větráním**

max. z V <sub>min</sub> V <sub>inf</sub>	H <sub>v,i</sub>	$\theta_i - \theta_e$	Návrhová tep. Ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ (W)
90	30,6	4	<b>122,4</b>

### Místnost č.207 Špinavé prádlo

<b>Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí</b>							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A <sub>k</sub>	U <sub>k</sub>	$\Delta U$	U <sub>kc</sub>	e <sub>k</sub>	A <sub>k</sub> ·U <sub>kc</sub> ·e <sub>k</sub>
SO1	Venkovní stěna	11,09	0,1	0,02	0,12	1	1,33
Sch1	Střecha	4,23	0,087	0,02	0,107	1	0,45
<b>Σ</b>							<b>1,78</b>

#### **Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty**

Stavební konstrukce					
Č.k.	Popis	A <sub>k</sub>	U <sub>k</sub>	f <sub>ij</sub>	A <sub>k</sub> ·U <sub>kc</sub> ·b <sub>u</sub>
SN3	Stěna neochlazovaná	7,02	0,512	-0,185	-0,66
<b>Σ</b>					<b>-0,66</b>

<b>Celková tep. Ztráta prostupem</b>					
	$\theta_i$	$\theta_e$	$\theta_i - \theta_e$	H <sub>T,i</sub>	Návrhová ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$ (W)
	15	-12	27	1,12	<b>30,20</b>

Tepelná ztráta větráním - přirozené větrání				
Objem místnosti V (m <sup>3</sup> )	Výpočtová venkovní teplota $\theta_e$	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_i$	Hygienické požadavky	
			n (h-1)	V <sub>min,i</sub> (m <sup>3</sup> /h)
11	-12	15	0,5	5,5
Počet nechr. otvorů	n50	Činitel zaclonění e	Výškový korekční činitel	Množství vzduchu infiltrací V <sub>inf,i</sub> (m <sup>3</sup> /h)
0	0	0,02	1	0

#### Výpočet tepelné ztráty větráním

max. z V <sub>min</sub> V <sub>inf</sub>	H <sub>v,i</sub>	$\theta_i - \theta_e$	Návrhová tep. Ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ (W)
5,5	1,87	27	<b>50,49</b>

### Místnost č.211 Pokoj

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A <sub>k</sub>	U <sub>k</sub>	$\Delta U$	U <sub>kc</sub>	e <sub>k</sub>	A <sub>k</sub> ·U <sub>kc</sub> ·e <sub>k</sub>
SO1	Venkovní stěna	21,09	0,12	0,05	0,17	1	3,59
OZ1	Okno ztrojené	2,28	0,56	0	0,56	1	1,28
Sch1	Střecha	23,33	0,09	0,05	0,14	1	3,27
<b>Σ</b>							<b>8,13</b>

#### Tepelná ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty

Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A <sub>k</sub>	U <sub>k</sub>	f <sub>ij</sub>	A <sub>k</sub> ·U <sub>kc</sub> ·b <sub>u</sub>		
SN3	Stěna neochlazovaná	17,54	0,512	0,156	1,40		
DN	Dveře neochlazované	1,6	2	0,156	0,50		
SN4	Stěna do koupelny	9,21	1,192	-0,111	-1,22		
DN	Dveře do koupelny	1,4	2	-0,111	-0,31		
Pdl	Podlaha	23,33		0,156	0,00		
<b>Σ</b>							<b>0,37</b>

#### Celková tep. Ztráta prostupem

	$\theta_i$	$\theta_e$	$\theta_i - \theta_e$	H <sub>T,i</sub>	Návrhová ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$ (W)
	20	-12	32	8,50	<b>271,97</b>

<b>Teplná ztráta větráním - přirozené větrání</b>				
Objem místnosti V (m <sup>3</sup> )	Výpočtová venkovní teplota $\theta_e$	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_i$	Hygienické požadavky dle počtu osob	
			n osob	V <sub>min,i</sub> (m <sup>3</sup> /h)
60,66	-12	20	3	90
Počet nechr. otvorů	n50	Činitel zaclonění e	Teplota za rekuperátorem	Množství vzduchu infiltrací V <sub>inf,i</sub> (m <sup>3</sup> /h)
1	0,7	0,02	10,4	1,69848

#### Výpočet tepelné ztráty větráním

max. z V <sub>min</sub> V <sub>inf</sub>	H <sub>v,i</sub>	$\theta_i - \theta_e$	Návrhová tep. Ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ (W)
90	30,6	9,6	<b>293,76</b>

### Místnost č.215 Pokoj

<b>Teplné ztráty přímo do venkovního prostředí</b>							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A <sub>k</sub>	U <sub>k</sub>	$\Delta U$	U <sub>kc</sub>	e <sub>k</sub>	A <sub>k</sub> ·U <sub>kc</sub> ·e <sub>k</sub>
SO1	Venkovní stěna	19,65	0,12	0,05	0,17	1	3,34
OZ1	Okno ztrojené	2,28	0,56	0	0,56	1	1,28
Sch1	Střecha	19,82	0,09	0,05	0,14	1	2,77
<b>Σ</b>							<b>7,39</b>

#### Teplná ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty

Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A <sub>k</sub>	U <sub>k</sub>	f <sub>ij</sub>	A <sub>k</sub> ·U <sub>kc</sub> ·b <sub>u</sub>		
SN3	Stěna neochlazovaná	7,76	0,512	0,156	0,62		
DN	Dveře neochlazované	1,6	2	0,156	0,50		
SN4	Stěna do koupelny	9,21	1,192	-0,111	-1,22		
DN	Dveře do koupelny	1,4	2	-0,111	-0,31		
<b>Σ</b>							<b>-0,41</b>

<b>Celková tep. Ztráta prostupem</b>					
	$\theta_i$	$\theta_e$	$\theta_i - \theta_e$	H <sub>T,i</sub>	Návrhová ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$

					(W)
	20	-12	32	6,98	<b>223,41</b>

<b>Tepelná ztráta větráním - přirozené větrání</b>				
Objem místnosti V (m <sup>3</sup> )	Výpočtová venkovní teplota $\theta_e$	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_i$	Hygienické požadavky dle počtu osob	
			n osob	V <sub>min,i</sub> (m <sup>3</sup> /h)
51,53	-12	20	3	90
Počet nechr. otvorů	n50	Činitel zaclonění e	Teplota za rekuperátorem	Množství vzduchu infiltrací V <sub>inf,i</sub> (m <sup>3</sup> /h)
1	0,7	0,02	10,4	1,44284

#### Výpočet tepelné ztráty větráním

max. z V <sub>min</sub> V <sub>inf</sub>	H <sub>v,i</sub>	$\theta_i - \theta_e$	Návrhová tep. Ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ (W)
90	30,6	9,6	<b>293,76</b>

### Místnost č.101,18 Pokoj

<b>Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí</b>							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A <sub>k</sub>	U <sub>k</sub>	$\Delta U$	U <sub>kc</sub>	e <sub>k</sub>	A <sub>k</sub> ·U <sub>kc</sub> ·e <sub>k</sub>
SO1	Venkovní stěna	19,65	0,12	0,05	0,17	1	3,34
OZ1	Okno ztrojené	2,28	0,56	0	0,56	1	1,28
Sch1	Střecha	19,82	0,09	0,05	0,14	1	2,77
<b>Σ</b>							<b>7,39</b>

#### Tepelná ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty

Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A <sub>k</sub>	U <sub>k</sub>	f <sub>ij</sub>	A <sub>k</sub> ·U <sub>kc</sub> ·b <sub>u</sub>		
SN3	Stěna neochlazovaná	7,76	0,512	0,156	0,62		
DN	Dveře neochlazované	1,6	2	0,156	0,50		
SN4	Stěna do koupelny	9,21	1,192	-0,111	-1,22		
DN	Dveře do koupelny	1,4	2	-0,111	-0,31		
<b>Σ</b>							<b>-0,41</b>

#### Tepelná ztráta zeminou

Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	$A_k$	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	$f_{g1}$	$f_{g2}$	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$
PO1	Podlaha na terénu	24,14	0,155	3,74	1,45	0,51	0,74
				<b>Σ</b>	<b>3,74</b>		

Celková měrná tep. Ztráta zeminou	<b>2,77</b>
-----------------------------------	-------------

Celková tep. Ztráta prostupem					
	$\theta_i$	$\theta_e$	$\theta_i - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$ (W)
	20	-12	32	9,75	<b>311,96</b>

Tepelná ztráta větráním - přirozené větrání				
Objem místnosti V (m3)	Výpočtová venkovní teplota $\theta_e$	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_i$	Hygienické požadavky dle počtu osob	
			n osob	$V_{min,i}$ (m3/h)
51,53	-12	20	3	90
Počet nechr. otvorů	n50	Činitel zaclonění e	Teplota za rekuperátorem	Množství vzduchu infiltrací $V_{inf,i}$ (m3/h)
1	0,7	0,02	10,4	1,44284

#### Výpočet tepelné ztráty větráním

max. z $V_{min}$ $V_{inf}$	$H_{v,i}$	$\theta_i - \theta_e$	Návrhová tep. Ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ (W)
90	30,6	9,6	<b>293,76</b>

### Místnost č.102,17 Pokoj

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{kc}$	$e_k$	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$
SO1	Venkovní stěna	5,52	0,12	0,05	0,17	1	0,94
OZ1	Okno ztrojené	2,28	0,56	0	0,56	1	1,28
						<b>Σ</b>	<b>2,22</b>

#### Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty

Stavební konstrukce					
Č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$f_{ij}$	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$

SN3	Stěna neochlazovaná	16,78	0,512	0,156	1,34
DN	Dveře neochlazované	1,6	2	0,156	0,50
SN4	Stěna do koupelny	9,21	1,192	-0,111	-1,22
DN	Dveře do koupelny	1,4	2	-0,111	-0,31
				<b>Σ</b>	<b>0,31</b>

### Tepelná ztráta zeminou

Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	$A_k$	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	$f_{g1}$	$f_{g2}$	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$
PO1	Podlaha na terénu	16,26	0,155	2,52	1,45	0,51	0,74
				<b>Σ</b>	<b>2,52</b>		

Celková měrná tep. Ztráta zeminou	<b>1,86</b>
-----------------------------------	-------------

### Celková tep. Ztráta prostupem

	$\theta_i$	$\theta_e$	$\theta_i - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$ (W)
	20	-12	32	4,39	<b>140,45</b>

### Tepelná ztráta větráním - přirozené větrání

Objem místnosti V (m <sup>3</sup> )	Výpočtová venkovní teplota $\theta_e$	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_i$	Hygienické požadavky dle počtu osob	
			n osob	$V_{min,i}$ (m <sup>3</sup> /h)
42,28	-12	20	2	60
Počet nechr. otvorů	n50	Činitel zaclonění e	Teplota za rekuperátorem	Množství vzduchu infiltrací $V_{inf,i}$ (m <sup>3</sup> /h)
1	0,7	0,02	10,4	1,18384

### Výpočet tepelné ztráty větráním

max. z $V_{min}$ $V_{inf}$	$H_{v,i}$	$\theta_i - \theta_e$	Návrhová tep. Ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ (W)
60	20,4	9,6	<b>195,84</b>

## Místnost č.105 Čisté prádlo

### Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí

Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{kc}$	$e_k$	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$

SO1	Venkovní stěna	5,52	0,12	0,05	0,17	1	0,94
OZ1	Okno ztrojené	2,28	0,56	0	0,56	1	1,28
						<b>Σ</b>	<b>2,22</b>

### Tepelná ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty

Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$f_{ij}$	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$		
SN3	Stěna neochlazovaná	24,35	0,512	0,156	1,94		
DN	Dveře neochlazované	1,6	2	0,156	0,50		
SN4	Stěna do koupelny	9,21	1,192	-0,111	-1,22		
DN	Dveře do koupelny	1,4	2	-0,111	-0,31		
						<b>Σ</b>	<b>0,91</b>

### Tepelná ztráta zeminou

Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	$A_k$	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	$f_{g1}$	$f_{g2}$	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$
PO1	Podlaha na terénu	16,26	0,155	2,52	1,45	0,41	0,59
				<b>Σ</b>	<b>2,52</b>		

Celková měrná tep. Ztráta zeminou **1,50**

### Celková tep. Ztráta prostupem

	$\theta_i$	$\theta_e$	$\theta_i - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$ (W)
	15	-12	27	4,63	<b>124,96</b>

### Tepelná ztráta větráním - přirozené větrání

Objem místnosti V (m <sup>3</sup> )	Výpočtová venkovní teplota $\theta_e$	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_i$	Hygienické požadavky dle počtu osob	
			n osob	$V_{min,i}$ (m <sup>3</sup> /h)
42,28	-12	20	2	60
Počet nechr. otvorů	n50	Činitel zaclonění e	Teplota za rekuperátorem	Množství vzduchu infiltrací $V_{inf,i}$ (m <sup>3</sup> /h)
1	0,7	0,02	10,4	1,18384

### Výpočet tepelné ztráty větráním

max. z $V_{min}$ $V_{inf}$	$H_{v,i}$	$\theta_i - \theta_e$	Návrhová tep. Ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ (W)
60	20,4	9,6	<b>195,84</b>

## Místnost č.106 Špinavé prádlo

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{kc}$	$e_k$	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$
SO1	Venkovní stěna	4,24	0,1	0,05	0,15	1	0,64
<b><math>\Sigma</math></b>							<b>0,64</b>

### Tepelná ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty

Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$f_{ij}$	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$		
SN4	Nosná stěna	7,22	1,116	-0,185	-1,49		
<b><math>\Sigma</math></b>							<b>-1,49</b>

### Tepelná ztráta zeminou

Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	$A_k$	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	$f_{g1}$	$f_{g2}$	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$
PO1	Podlaha na terénu	4,19	0,155	0,65	1,45	0,41	0,59
				<b><math>\Sigma</math></b>	<b>0,65</b>		
Celková měrná tep. Ztráta zeminou							<b>0,39</b>

### Celková tep. Ztráta prostupem

	$\theta_i$	$\theta_e$	$\theta_i - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$ (W)
	15	-12	27	-0,85	<b>-23,08</b>

### Tepelná ztráta větráním - přirozené větrání

Objem místnosti V (m <sup>3</sup> )	Výpočtová venkovní teplota $\theta_e$	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_i$	Hygienické požadavky dle počtu osob	
			n osob	$V_{min,i}$ (m <sup>3</sup> /h)
9,98	-12	24	2	60
Počet nechr. otvorů	n50	Činitel zaclonění e	Teplota odváděného vzduchu	Množství vzduchu infiltrací $V_{inf,i}$ (m <sup>3</sup> /h)
1	0,7	0,02	20	0,27944

### Výpočet tepelné ztráty větráním

max. z $V_{min}$ $V_{inf}$	$H_{v,i}$	$\theta_i - \theta_e$	Návrhová tep. Ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ (W)

60	20,4	4	<b>81,6</b>
----	------	---	-------------

### Místnost č.103,4,16 Koupelna

<b>Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí</b>							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{kc}$	$e_k$	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$
SO1	Venkovní stěna	4,99	0,1	0,02	0,12	1	0,60
<b><math>\Sigma</math></b>							<b>0,60</b>

### Tepelná ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty

Stavební konstrukce						
Č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$f_{ij}$	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$	
SN4	Příčka	8,79	1,192	0,111	1,16	
DN2	Dveře neochlazované	1,4	2	0,111	0,31	
<b><math>\Sigma</math></b>						<b>1,47</b>

### Tepelná ztráta zeminou

Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	$A_k$	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	$f_{g1}$	$f_{g2}$	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$
PO1	Podlaha na terénu	3,84	0,155	0,60	1,45	0,55	0,80
<b><math>\Sigma</math></b>				<b>0,60</b>			
Celková měrná tep. Ztráta zeminou							<b>0,47</b>

### Celková tep. Ztráta prostupem

	$\theta_i$	$\theta_e$	$\theta_i - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$ (W)
	24	-12	36	2,07	<b>74,61</b>

### Tepelná ztráta větráním - přirozené větrání

Objem místnosti $V$ (m <sup>3</sup> )	Výpočtová venkovní teplota $\theta_e$	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_i$	Hygienické požadavky dle počtu osob	
			n osob	$V_{min,i}$ (m <sup>3</sup> /h)
9,98	-12	24	2	60
Počet nechr. otvorů	n50	Činitel zácloňení e	Teplota odváděného vzduchu	Množství vzduchu infiltrací $V_{inf,i}$ (m <sup>3</sup> /h)

1	0,7	0,02	20	0,27944
---	-----	------	----	---------

#### Výpočet tepelné ztráty větráním

max. z $V_{min}$ $V_{inf}$	$H_{v,i}$	$\theta_i - \theta_e$	Návrhová tep. Ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ (W)
60	20,4	4	<b>81,6</b>

### Místnost č.104 Úklid

#### Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí

Stavební konstrukce

Č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{kc}$	$e_k$	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$
SO1	Venkovní stěna	4,99	0,1	0,02	0,12	1	0,60
<b><math>\Sigma</math></b>							<b>0,60</b>

#### Tepelná ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty

Stavební konstrukce

Č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$f_{ij}$	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$
SN4	Příčka	8,79	1,192	0,111	1,16
DN2	Dveře neochlazované	1,4	2	0,111	0,31
<b><math>\Sigma</math></b>					<b>1,47</b>

#### Tepelná ztráta zeminou

Stavební konstrukce

Č.k.	Popis	$A_k$	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	$f_{g1}$	$f_{g2}$	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$
PO1	Podlaha na terénu	3,84	0,155	0,60	1,45	0,41	0,59
<b><math>\Sigma</math></b>				<b>0,60</b>			

Celková měrná tep. Ztráta zeminou

**0,35**

#### Celková tep. Ztráta prostupem

$\theta_i$	$\theta_e$	$\theta_i - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$ (W)
15	-12	27	2,07	<b>55,96</b>

#### Tepelná ztráta větráním - přirozené větrání

Objem místnosti V (m3)	Výpočtová venkovní teplota $\theta_e$	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_i$	Hygienické požadavky dle počtu osob	
			n osob	$V_{min,i}$ (m3/h)

9,98	-12	24	2	60
Počet nechr. otvorů	n50	Činitel zaclonění e	Teplota odváděného vzduchu	Množství vzduchu infiltrací $V_{inf,i}$ (m <sup>3</sup> /h)
1	0,7	0,02	20	0,27944

#### Výpočet tepelné ztráty větráním

max. z $V_{min}$ $V_{inf}$	$H_{v,i}$	$\theta_i - \theta_e$	Návrhová tep. Ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ (W)
60	20,4	4	<b>81,6</b>

### Místnost č.119,20 Koupelna

#### Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí

##### Stavební konstrukce

Č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{kc}$	$e_k$	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$
SO1	Venkovní stěna	4,99	0,1	0,02	0,12	1	0,60
<b><math>\Sigma</math></b>							<b>0,60</b>

#### Tepelná ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty

##### Stavební konstrukce

Č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$f_{ij}$	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$
SN4	Příčka	8,79	1,192	0,111	1,16
DN2	Dveře neochlazované	1,4	2	0,111	0,31
<b><math>\Sigma</math></b>					<b>1,47</b>

#### Tepelná ztráta zeminou

##### Stavební konstrukce

Č.k.	Popis	$A_k$	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	$f_{g1}$	$f_{g2}$	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$
PO1	Podlaha na terénu	3,84	0,155	0,60	1,45	0,55	0,80
<b><math>\Sigma</math></b>				<b>0,60</b>			

Celková měrná tep. Ztráta zeminou

**0,47**

#### Celková tep. Ztráta prostupem

$\theta_i$	$\theta_e$	$\theta_i - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$ (W)
24	-12	36	2,07	<b>74,61</b>

Tepelná ztráta větráním - přirozené větrání				
Objem místnosti V (m <sup>3</sup> )	Výpočtová venkovní teplota $\theta_e$	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_i$	Hygienické požadavky dle počtu osob	
			n osob	V <sub>min,i</sub> (m <sup>3</sup> /h)
9,98	-12	24	3	90
Počet nechr. otvorů	n50	Činitel zaclonění e	Teplota odváděného vzduchu	Množství vzduchu infiltrací V <sub>inf,i</sub> (m <sup>3</sup> /h)
1	0,7	0,02	20	0,27944

#### Výpočet tepelné ztráty větráním

max. z V <sub>min</sub> V <sub>inf</sub>	H <sub>v,i</sub>	$\theta_i - \theta_e$	Návrhová tep. Ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ (W)
90	30,6	4	<b>122,4</b>

### Místnost č.114 Dílna

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A <sub>k</sub>	U <sub>k</sub>	$\Delta U$	U <sub>kc</sub>	e <sub>k</sub>	A <sub>k</sub> ·U <sub>kc</sub> ·e <sub>k</sub>
SO1	Venkovní stěna	0,96	0,1	0,02	0,12	1	0,12
OZ1	Okno ztrojené	4,32	0,56	0	0,56	1	2,42
<b>Σ</b>							<b>2,53</b>

#### Tepelná ztráta zeminou

Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A <sub>k</sub>	U <sub>equiv,k</sub>	A <sub>k</sub> ·U <sub>equiv,k</sub>	f <sub>g1</sub>	f <sub>g2</sub>	f <sub>g1</sub> ·f <sub>g2</sub> ·G <sub>w</sub>
PO1	Podlaha na terénu	20,19	0,155	3,13	1,45	0,41	0,59
				<b>Σ</b>	<b>3,13</b>		
Celková měrná tep. Ztráta zeminou							<b>1,86</b>

#### Celková tep. Ztráta prostupem

$\theta_i$	$\theta_e$	$\theta_i - \theta_e$	H <sub>T,i</sub>	Návrhová ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$ (W)
20	-12	32	4,39	<b>140,64</b>

#### Tepelná ztráta větráním - přirozené větrání

Objem	Výpočtová	Výpočtová	Hygienické požadavky
-------	-----------	-----------	----------------------

místnosti V (m3)	venkovní teplota $\theta_e$	vnitřní teplota $\theta_i$	n (h-1)	Vmin,i (m3/h)
52,49	-12	15	0,5	26,245
Počet nechr. otvorů	n50	Činitel zaclonění e	Výškový korekční činitel	Množství vzduchu infiltrací Vinf,i(m3/h)
1	0,7	0,02	1	1,46972

#### Výpočet tepelné ztráty větráním

max. z Vmin Vinf	Hv,i	$\theta_i - \theta_e$	Návrhová tep. Ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ (W)
26,245	8,9233	27	<b>240,9291</b>

### Místnost č.115 Chodba

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{kc}$	$e_k$	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$
SO1	Venkovní stěna	3,21	0,1	0,02	0,12	1	0,39
DO1	Dveře ochlazované	1,6	0,8	0	0,8	1	1,28
<b><math>\Sigma</math></b>							<b>1,67</b>

#### Tepelná ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty

Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$f_{ij}$	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$		
SN3	Stěna do pokoje	4,1	0,512	-0,185	-0,38835		
SN3	Stěna do koupelny	5,2	0,512	-0,333	-0,88658		
Pdl	Podlaha	6,95		-0,185	0,00		
<b><math>\Sigma</math></b>							<b>-1,27</b>

#### Tepelná ztráta zeminou

Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	$A_k$	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	$f_{g1}$	$f_{g2}$	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$
PO1	Podlaha na terénu	6,95	0,155	1,08	1,45	0,41	0,59
<b><math>\Sigma</math></b>				<b>1,08</b>			

Celková měrná tep. Ztráta zeminou	<b>0,64</b>
-----------------------------------	-------------

<b>Celková tep. Ztráta prostupem</b>
--------------------------------------

	$\theta_i$	$\theta_e$	$\theta_i - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$ (W)
	20	-12	32	1,03	<b>32,98</b>

Tepelná ztráta větráním - přirozené větrání				
Objem místnosti V (m <sup>3</sup> )	Výpočtová venkovní teplota $\theta_e$	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_i$	Hygienické požadavky	
			n (h <sup>-1</sup> )	V <sub>min,i</sub> (m <sup>3</sup> /h)
18,07	-12	20	0,5	9,035
Počet nechr. otvorů	n50	Činitel zaclonění e	Výškový korekční činitel	Množství vzduchu infiltrací V <sub>inf,i</sub> (m <sup>3</sup> /h)
1	0,7	0,02	1	0,50596

#### Výpočet tepelné ztráty větráním

max. z V <sub>min</sub> V <sub>inf</sub>	H <sub>v,i</sub>	$\theta_i - \theta_e$	Návrhová tep. Ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ (W)
9,035	3,0719	32	<b>98,3008</b>

## Místnost č.121 Chodba

#### Tepelná ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty

Stavební konstrukce					
Č.k.	Popis	A <sub>k</sub>	U <sub>k</sub>	f <sub>ij</sub>	A <sub>k</sub> ·U <sub>kc</sub> ·b <sub>u</sub>
SN3	Stěna do pokoje	48,53	0,512	-0,185	-4,59676
DN1	Dveře do pokojů	6,4	2	-0,185	-2,368
<b>Σ</b>					<b>-6,96</b>

#### Tepelná ztráta zeminou

Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A <sub>k</sub>	U <sub>equiv,k</sub>	A <sub>k</sub> ·U <sub>equiv,k</sub>	f <sub>g1</sub>	f <sub>g2</sub>	f <sub>g1</sub> ·f <sub>g2</sub> ·G <sub>w</sub>
PO1	Podlaha na terénu	24,48	0,155	3,79	1,45	0,41	0,59
<b>Σ</b>				<b>3,79</b>			

Celková měrná tep. Ztráta zeminou	<b>2,26</b>
-----------------------------------	-------------

Celková tep. Ztráta prostupem					
	$\theta_i$	$\theta_e$	$\theta_i - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$ (W)

	20	-12	32	-4,71	<b>-150,69</b>
--	----	-----	----	-------	----------------

<b>Tepelná ztráta větráním - přirozené větrání</b>				
Objem místnosti V (m <sup>3</sup> )	Výpočtová venkovní teplota $\theta_e$	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_i$	Hygienické požadavky	
			n (h-1)	V <sub>min,i</sub> (m <sup>3</sup> /h)
63,65	-12	20	0,5	31,825
Počet nechr. otvorů	n50	Činitel zaclonění e	Výškový korekční činitel	Množství vzduchu infiltrací V <sub>inf,i</sub> (m <sup>3</sup> /h)
0	0	0,02	1	0

#### **Výpočet tepelné ztráty větráním**

max. z V <sub>min</sub> V <sub>inf</sub>	H <sub>v,i</sub>	$\theta_i - \theta_e$	Návrhová tep. Ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ (W)
31,825	10,8205	32	<b>346,256</b>

#### *Výpis tepelných ztrát jednotlivých místností*

Místnost	Název	Tepelný výkon pro tepelné ztráty prostupem	Tepelný výkon pro tepelné ztráty větráním	Zátopný tepelný výkon	Celkový tepelný výkon
101	Pokoj	312	294	0	606
102	Pokoj	141	196	0	337
103	Koupelna	75	82	0	157
104	Úklid	56	82	0	138
105	Čisté prádlo	125	196	0	321
106	Špinavé prádlo	-23	51	0	28
114	Dílna	142	241	0	383
115	Chodba	34	98	0	132
116	Koupelna	75	82	0	157
117	Pokoj	141	196	0	337
118	Pokoj	312	294	0	606
119	Koupelna	75	122	0	197
120	Koupelna	75	122	0	197

121	Chodba	-149	346	0	197
201	Pokoj	187	294	0	481
202	Chodba	-8	576	0	568
203	Pokoj	174	196	0	370
204	Koupelna	103	82	0	185
205	Koupelna	103	82	0	185
206	Pokoj	174	196	0	370
207	Špinavé prádlo	31	51	0	82
211	Pokoj	272	294	0	566
212	Koupelna	103	122	0	225
213	Koupelna	103	82	0	185
214	Pokoj	154	196	0	350
215	Pokoj	223	294	0	517
216	Koupelna	103	122	0	225
217	Koupelna	103	82	0	185

**Celková tepelná ztráta ubytovací části je 8287 W**

## **2.3 Jednotrubková otopná soustava**

Tento typ soustavy se navrhuje převážně pro nízkopodlažní budovy. Otopná soustava protéká postupně přes všechna tělesa a tím se snižuje teplota vody protékajícím tělesem, a proto se musí při stejném tepelném výkonu otopného tělesa zvětšovat jeho plocha. Při návrhu této soustavy se volí obvykle teplotní spád 10K. Tělesa je možné regulovat pomocí regulační obtokové armatury.

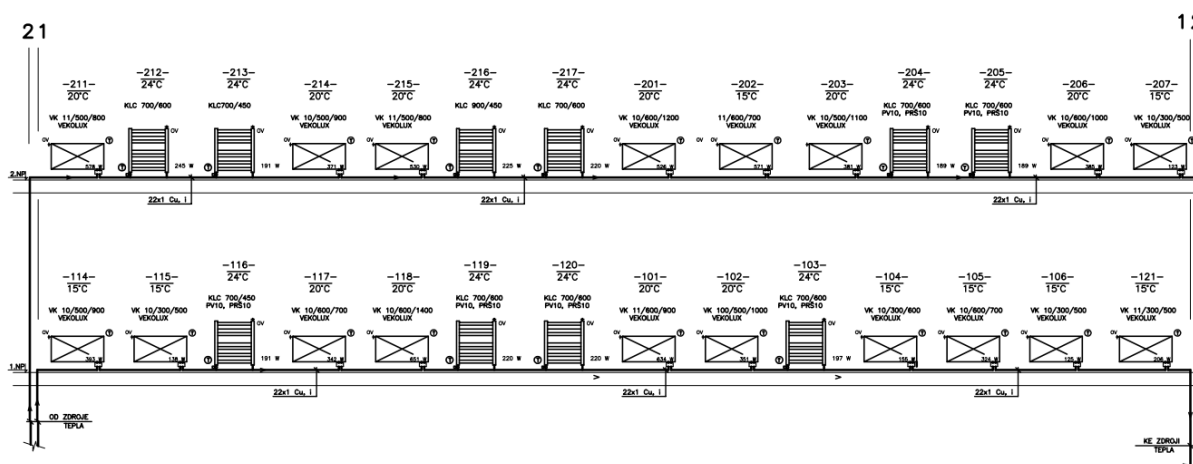
### **2.3.1 Stávající jednotrubková otopná soustava**

V ubytovací zóně je navržena jednotrubková otopná soustava s obtokem. Je navržena pro každé patro jedna větev z rozdělovače. Navržena je na teplotní spád 50/40°C s výpočtovou venkovní teplotou -12°C. Při experimentálním měření, které probíhalo týden (viz. Část 3

Experiment) bylo zjištěno, že navržená soustava není schopna fungovat při nejméně příznivých podmínkách (v pokojích je zima).

Možnosti řešení špatně navržené jednotrubkové soustavy:

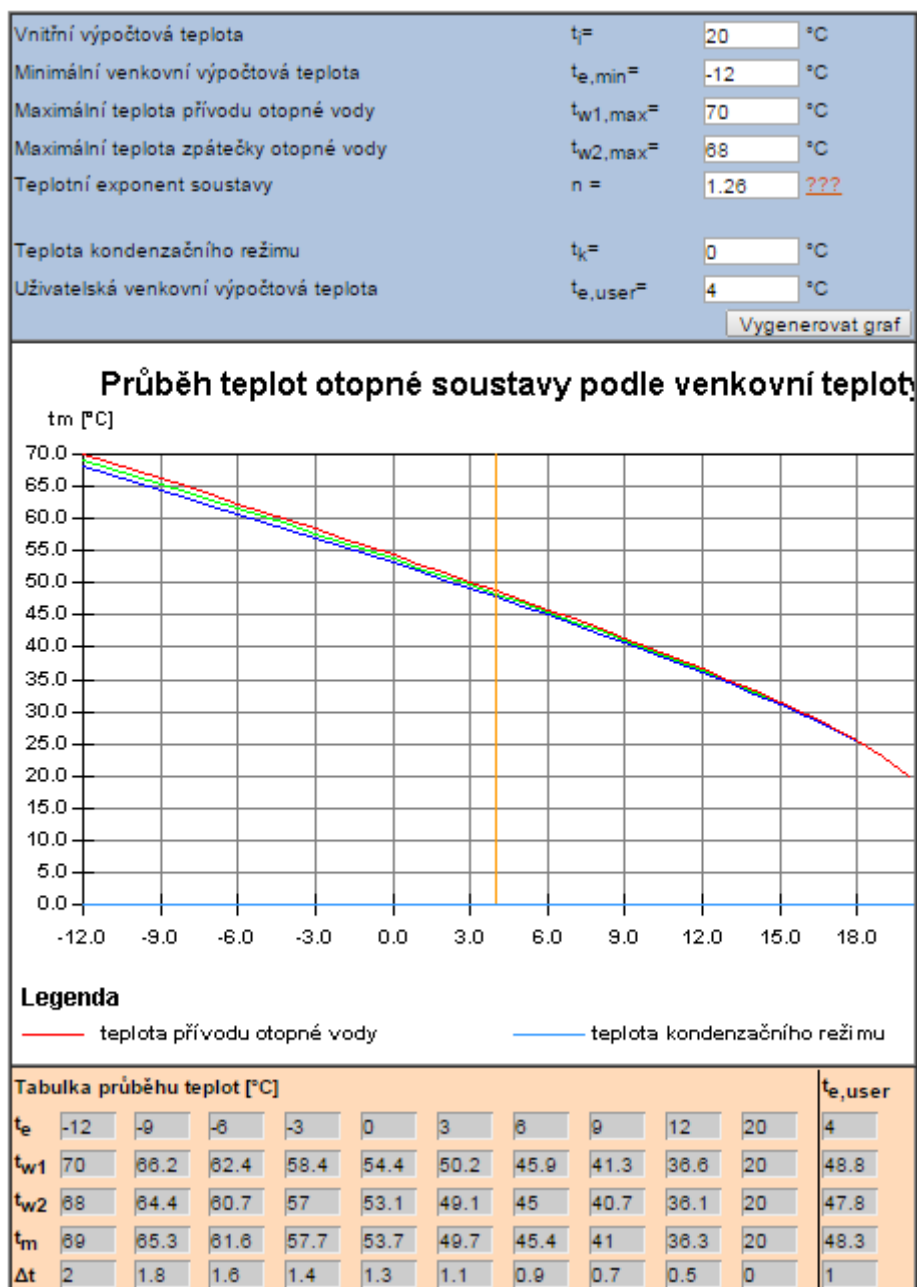
- a) Zvýšení teploty topné vody v soustavě podle ekvitemní křivky
- b) Návrh nové jednotrubkové otopné soustavy



Obr. 2.4 Schéma jednotrubkové otopné soustavy

### 2.3.2 Zvýšení teploty topné vody v soustavě podle ekvitemní křivky

Při experimentálním měření bylo zjištěno (viz. Část 3 Experiment), že stávající otopná soustava pracuje s přívodní teplotou vody kolem 48°C a teplota exteriéru se pohybovala kolem +4°C. Při tomto poznatku a zadání do ekvitemní křivky nám vychází teplota na přívodu přibližně 70°C. Toto měřené otopné těleso se nachází až jako 8 v pořadí na této otopné soustavě. Tudíž na výstupu z rozdělovače by musela být teplota otopné vody kolem 84°C což není možné dosáhnout, protože z centrální výtopy je teplota vody 80/40°C.



Obr. 2.5 Vykreslení ekvitermní křivky u měřeného tělesa

Závěr z této analýzy je, že nejde realizovat zvýšení otopné vody podle ekvitermní křivky, z důvodu přívodu nízké teploty primární otopné vody z centrální výtopny.

## 2.4 Varianta A: Návrh nové jednotrubkové otopné soustavy

### 2.4.1 Návrh otopných těles

Otopné topné těleso je tepelný výměník, který se nachází ve vytápěcí soustavě a předává se jím teplo do místnosti. Tyto výměníky mají za úkol pokrýt tepelnou ztrátu dané místnosti. Návrh otopných těles je od firmy KORADO produktová řada deskových otopných těles VK (VENTIL KOMPAKT) a v koupelnách je navrženo trubkové otopné těleso KORALUX LINEAR CLASIK M. Teplotní spád pro otopnou soustavu je 65/55 °C. Tabulka s výpisem otopných těles v jednotlivých místnostech je uvedena v tabulce pro dimenzování viz kapitola 2.3.4 Dimenzování jednotrubkové otopné soustavy

### 2.4.2 Dimenzování jednotrubkové otopné soustavy

Potrubní síť slouží k dopravě otopného média k otopným tělesům a zpátky. Hlavním cílem je navrhnout páteřní rozvod pro jednotlivé větve z rozdělovače. U jednotrubkového systému nám proudí do každého otopného tělesa většinou stejné množství topné vody. Toto množství regulujeme pomocí armatury Vekolux a to buď 35% a nebo 50% zatékání. V našem případě jsem zvolil 50% zatékání. Díky tomu nám do každého tělesa vstupuje stejné množství hmotnostního průtoku M. Určení hmotnostních průtoku.

$$M = Q / (1,163 \times \Delta t)$$

Dále je nutné vypočítat u každého otopného tělesa teplotu vratu do páteřního rozvodu  $t_{w2}$  a to vztahem

$$t_{w2} = t_{w1} - \Delta t_{w1-w2}$$

$t_{w1}$  – teplota přívodu z páteřního rozvodu

$\Delta t_{w1-w2}$  – rozdíl teplot přívodu a vratu do otopného tělesa. Vypočítá se ze vztahu

$$\Delta t_{w1-w2} = Q / (c \times M)$$

Dále je potřebné vypočítat teplotu vody v páteřním rozvodu za prvním otopným tělesem. Tuto teplotu vypočteme z teploty vody před vstupem do armatury vekolux a z teploty, která vychází z otopného tělesa.

$$T_h = (t_{w1} + t_{w2}) / 2$$

V páteřním rozvodu je stejná tlaková ztráta třením. Tlaková ztráta třením se vypočte ze vztahu  $R \times l$ , kde  $R$  je měrná ztráta třením (Pa/m) a určuje se z tabulek nebo z diagramů a to podle teplotního rozmezí, materiálu potrubí a hmotnostního průtoku. Z této tabulky navrhne dimenzi pro páteřní rozvod a odečteme průtokovou rychlost v potrubí  $w$  (m/s).

Při sečtení tlakových ztrát, ztrát vřazených odporů a tlakové ztráty ventilu vekolux u otopných těles  $\Delta p_{\text{vekolux}}$  dostaneme výsledek tlakové ztráty základního okruhu  $\Delta p_o$ . Na tento výsledek navrhne oběhové čerpadlo. Pro čerpadlo musí platit.

$$\sum (R \times l + Z + n \times \Delta p_{\text{vekolux}}) \leq \Delta p_c$$

Při výpočtu hydraulického posouzení vyšlo díky velkému průtoku  $M$  a velké tlakové ztrátě na vekoluxu  $\Delta p_{\text{vekolux}}$  veliké tlakové ztráty, na které není možné navrhnout čerpadlo standartního rozsahu.

1.NP

### Hydraulické posouzení

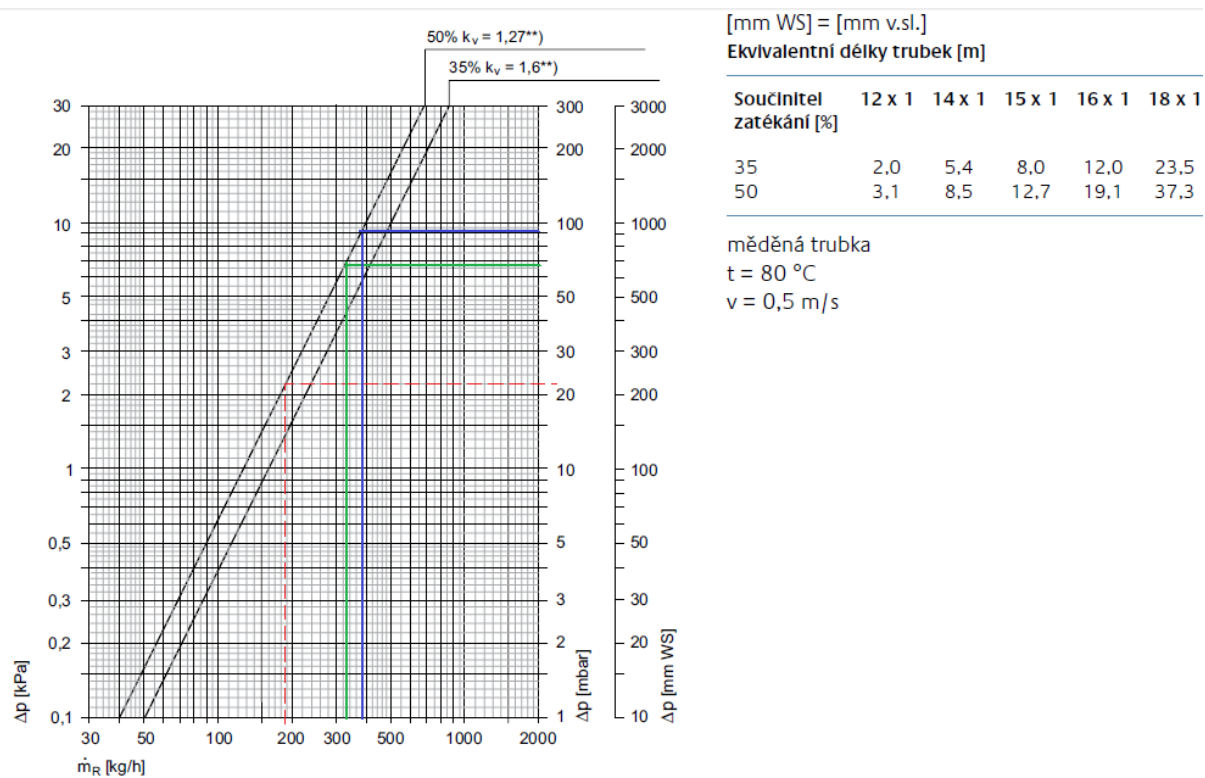
Kolena		Potrubí		Potrubí + termo. Hlavice		Armatura Vekolux	
n	41	d	22x1	$\Delta p_{\text{arm}}$	3450	n	14
$\xi$	1,3	w	0,291			$\Delta p_{\text{vekolux}}$	6750
$n \cdot \xi$	53,3	R	67	L	59,0	$n \cdot \Delta p_{\text{vekolux}}$	94500
$\Sigma \xi$	53,3	Z	2206,649	$R \cdot L$	3953	$\Delta p_o$	104109,6

## 2.NP

### Hydraulické posouzení

Kolena		Potrubí		Potrubí + termo. Hlavice		Armatura Vekolux	
n	35	d	22x1	$\Delta p_{\text{arm}}$	5250	n	14
$\xi$	1,3	w	0,345			$\Delta p_{\text{Vekolux}}$	9500
$n \cdot \xi$	45,5	R	91	L	63,5	$n \cdot \Delta p_{\text{Vekolux}}$	133000
$\Sigma \xi$	45,5	Z	2647,705	R*L	5778,5	$\Delta p_0$	146676,2

Graf na odvození tlakové ztráty armatury vekolux



## Výpočet průměru potrubí jednotrubkového otopného systému 1.NP

### Shrnutí vstupních parametrů výpočtu

Celkový tepelný výkon	3793	W
Vstupní teplota vody z rozdělovače	65	°C
Vratná teplota vody do sběrače	55	°C
Teplotní spád okruhu	10	K
Délka okruhu	59	m
Celkový hmotnostní průtok okruhem	0,09059	kg/s
		326,1237163
Navržený průměr kmenové trubky	22x1	mm

Jmenovitý teplotní spád (65/55/20°C), n=1,3

Otopné těleso	Typ místnosti	$t_i$ [°C]	$Q_{ztr}$ [W]	$\alpha_{ot}$ [W]	$M_{ot}$ [kg/s]	$t_{w1}$ [°C]	$t_{w2}$ [°C]	$\Delta t_{w1-w2}$ [°C]	Teplota v hlavním rozvodu $t_h$ [°C]	$Q_N$ [K]	OT Radik VK/Koralux Linear Classic
114	Dílna	15	383	0,5	163,06	65	62,980	2,020	63,990	393	10/500/900
115	Chodba	15	132	0,5	163,06	63,990	63,294	0,696	63,642	138	10/300/500
116	Koupelna	24	157	0,5	163,06	63,642	62,814	0,828	63,228	191	KLC 700/450
117	Pokoj	20	337	0,5	163,06	63,228	61,451	1,777	62,340	342	10/600/700
118	Pokoj	20	606	0,5	163,06	62,340	59,144	3,196	60,742	651	10/600/1400
119	Koupelna	24	197	0,5	163,06	60,742	59,703	1,039	60,223	220	KLC 700/600
120	Koupelna	24	197	0,5	163,06	60,223	59,184	1,039	59,703	220	KLC 700/600
101	Pokoj	20	606	0,5	163,06	59,703	56,508	3,196	58,105	634	11/600/900
102	Pokoj	20	337	0,5	163,06	58,105	56,328	1,777	57,217	351	10/500/1000
103	Koupelna	24	157	0,5	163,06	57,217	56,389	0,828	56,803	197	KLC 700/600
104	Úklid	15	138	0,5	163,06	56,803	56,075	0,728	56,439	155	10/300/600
105	Čisté prádlo	15	321	0,5	163,06	56,439	54,746	1,693	55,593	324	10/600/700
106	Špinavé prádlo	15	28	0,5	163,06	55,593	55,445	0,148	55,519	125	10/300/500
121	Chodba	15	197	0,5	163,06	55,519	54,480	1,039	55,000	206	11/300/500

## Výpočet průměru potrubí jednotrubkového otopného systému

### Shrnutí vstupních parametrů výpočtu

Celkový tepelný výkon	4514	W		
Vstupní teplota vody z rozdělovače	65	°C		
Vratná teplota vody do sběrače	55	°C		
Teplotní spád okruhu	10	K		
Délka okruhu	63,5	m		
Celkový hmotnostní průtok okruhem	0,10781	kg/s	388,1156	kg/h
Navržený průměr kmenové trubky	22x1	mm		

Jmenovitý teplotní spád (65/55/20°C), n=1,3

Otopné těleso	Typ místnosti	$t_i$ [°C]	$Q_{zTR}$ [W]	$\alpha_{OT}$ [W]	$M_{OT}$ [kg/s]	$t_{w1}$ [°C]	$t_{w2}$ [°C]	$\Delta t_{w1-w2}$ [°C]	Teplota v hlavním rozvodu	$Q_N$ [K]	OT Radik VK/Koralux Linear Clasic
211	Pokoj	20	566	0,5	194,0578	65	62,492	2,508	63,746	578	11/500/800
212	Koupelna	24	225	0,5	194,0578	63,746	62,749	0,997	63,248	245	KLC 700/600
213	Koupelna	24	185	0,5	194,0578	63,248	62,428	0,820	62,838	191	KLC 700/450
214	Pokoj	20	349	0,5	194,0578	62,838	61,291	1,546	62,065	371	10/500/900
215	Pokoj	20	518	0,5	194,0578	62,065	59,769	2,295	60,917	530	11/500/800
216	Koupelna	24	225	0,5	194,0578	60,917	59,920	0,997	60,418	225	KLC 900/450
217	Koupelna	24	185	0,5	194,0578	60,418	59,599	0,820	60,009	220	KLC 700/600
201	Pokoj	20	505	0,5	194,0578	60,009	57,771	2,238	58,890	526	10/600/1200
202	Chodba	15	568	0,5	194,0578	58,890	56,373	2,517	57,631	571	11/600/700
203	Pokoj	20	368	0,5	194,0578	57,631	56,001	1,631	56,816	381	10/500/1100
204	Koupelna	24	185	0,5	194,0578	56,816	55,996	0,820	56,406	189	KLC 700/600
205	Koupelna	24	185	0,5	194,0578	56,406	55,587	0,820	55,996	189	KLC 700/600
206	Pokoj	20	368	0,5	194,0578	55,996	54,366	1,631	55,181	385	10/600/1000
207	Špínavé prádlo	15	82	0,5	194,0578	55,181	54,818	0,363	55,000	123	10/300/500


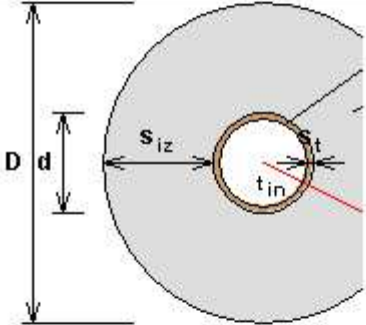
### 2.4.3 Návrh tepelné izolace

V potrubí nám vzniká tepelná ztráta média vedeného v potrubí. Toto teplo se uvolňuje do volného prostředí. Jak velkou tepelnou ztrátu budeme mít, závisí na materiálu, ze kterého je potrubí vyrobeno a tedy na jeho součiniteli tepelné vodivosti. Dále závisí také na teplotě média, teplotě v okolí potrubí, délce potrubí. Abychom dosáhli co nejmenší tepelné ztráty,

navrhujeme na potrubí tepelnou izolaci, která eliminuje tepelné ztráty. Podle vyhlášky číslo 193/2007 jsme povinni navrhnout pro rozvody vytápění a TUV tepelnou izolaci, která definuje tak zvaný „určující součinitel prostupu tepla“ v závislosti na DN izolovaných rozvodů. Tepelná izolace pro vnitřní rozvody z měděného potrubí se určuje podle vnějšího průměru potrubí nejbližšího vnějšího průměru řady DN. Výpočet je prováděn pomocí [www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz).

Příklad návrhu tepelné izolace na DN 22 softwarem

### Tepelná ztráta potrubí s izolací kruhového průřezu

<b>Izolace</b> ROCKWOOL - FLEXOROCK Rozměry izolace - 1.25 Tloušťka $s_{iz}$ = 25 mm Souč. tepelné vodivosti $\lambda_{iz}$ = 0.037 W / m K	 <p>Rozsah provozních teplot není uveden</p>
<b>Trubka</b> Měď Rozměry trubky - 22x1 Průměr $d$ = 22 mm Tloušťka stěny $s_t$ = 1 mm Souč. tepelné vodivosti $\lambda_t$ = 372 W / m K	
 <p><math>D = d + 2 s_{iz} = 72 \text{ mm}</math></p>	<b>Potrubí</b> Teplota média $t_{in}$ = 50 °C Teplota v okolí potrubí $t_{out}$ = 20 °C Relativní vlhkost vzduchu $m$ = 65 % 7.77 Teplota rosného bodu $t_w$ = 13.6 °C Součinitel přestupu tepla na vnějším povrchu $\alpha_e$ = 10 W / m <sup>2</sup> K Délka potrubí $l$ = 60 m
Určující souč. prostupu tepla (dle vyhl. 193/2007)	DN 20 - DN 32 => $U_{0,193/2007} = 0.18 \text{ W / m K}$
Součinitel prostupu tepla izolovaného potrubí	$U_0 = 0.179 \leq 0.18 \text{ W / m K}$ => VYHOVUJE požadavkům vyhlášky č. 193/2007
Povrchová teplota izolovaného potrubí	$t_{p,iz} = 22.4 \text{ °C} > t_w$ => na povrchu potrubí nedochází ke kondenzaci
Tepelná ztráta potrubí bez izolace	$Q_p = 1244 \text{ W}$
Tepelná ztráta potrubí s izolací	$Q_{iz} = 322.3 \text{ W}$
Energetická úspora izolovaného potrubí	74 %
<b>Střední spotřeba izolace</b>	8.8553 m <sup>2</sup> - platí pro plošnou izolaci

Obr. 2.6 Navržení tepelné izolace na hlavní potrubí

## 2.5 Varianta B: Návrh dvoutrubkové otopné soustavy

### 2.5.1 Návrh otopných těles

Návrh otopných těles je od firmy KORADO produktová řada deskových otopných těles VK (VENTIL KOMPAKT) a v koupelnách je navrženo trubkové otopné těleso KORALUX LINEAR CLASIK M. Teplotní spád pro otopnou soustavu je 50/40 °C

Číslo místnosti	Název	Tepelná ztráta $Q_c$ (W)	$t_i$ (°C)	Návrh	Skutečný výkon OT
101	Pokoj	606	20	21/500/1400	615
102	Pokoj	337	20	11/600/900	359
103	Koupelna	157	24	KLC 900/750	178
104	Úklid	138	15	KLC 700/750	150
105	Čisté prádlo	321	15	10/600/1100	340
106	Špinavé prádlo	28	15	10/300/500	83
114	Dílna	383	15	10/600/1400	433
115	Chodba	132	15	10/600/500	155
116	Koupelna	157	24	KLC 900/600	160
117	Pokoj	337	20	11/600/900	359
118	Pokoj	606	20	22/600/1000	656
119	Koupelna	197	24	KLC 1220/600	200
120	Koupelna	197	24	KLC 1220/600	200
121	Chodba	197	15	10/600/700	217
201	Pokoj	481	20	21/600/1000	505
202	Chodba	568	15	22/600/700	589
203	Pokoj	370	20	11/600/1000	399
204	Koupelna	185	24	KLC 1220/600	200
205	Koupelna	185	24	KLC 1220/600	200
206	Pokoj	370	20	11/600/1000	399
207	Špinavé prádlo	82	15	10/300/500	83
211	Pokoj	566	20	21/600/1200	606
212	Koupelna	225	24	KLC 12250/750	249
213	Koupelna	185	24	KLC 1220/600	200
214	Pokoj	350	20	11/600/900	359
215	Pokoj	517	20	11/600/1400	558
216	Koupelna	225	24	KLC 1220/750	249
217	Koupelna	185	24	KLC 1220/600	200

### 2.5.2 Dimenzování dvoutrubkové otopné soustavy

Potrubní síť slouží k dopravě otopného média k otopným tělesům a zpátky. Hlavním cílem je navrhnout profily potrubí, jmenovité světlosti armatur a nastavení regulačních prvků tak ,aby při požadovaném průtoku byla celková tlaková ztráta okruhu stejně velká jako tlak, který máme k dispozici. Nejprve si rozdělíme otopnou soustavu na jednotlivé úseky a zvolíme nejnepříznivější otopné těleso, které bývá většinou nejvzdálenější od zdroje, ale bere se také v potaz, jakou překonává dopravovanou výšku a jaký má výkon. Změna každého úseku je při změně hmotnostního průtoku  $M$ . Určení hmotnostních průtoků pro jednotlivé úseky.

$$M = Q / (1,163 \times \Delta t)$$

U každého úseku je jiná tlaková ztráta a ztráta vřazenými odpory. Tlaková ztráta třením se vypočte ze vztahu  $R \times l$ , kde  $R$  je měrná ztráta třením (Pa/m) a určuje se z tabulek nebo z diagramů a to podle teplotního rozmezí, materiálu potrubí a hmotnostního průtoku. Z této tabulky navrhne dimenze pro jednotlivé úseky a také odečteme průtokovou rychlost v potrubí  $w$  (m/s). Rychlost by se měla volit podle umístění potrubí (přípojky k otopným tělesům  $w = 0,2$ m/s, stoupačky a horizontální rozvody  $w = 0,3$  až  $0,7$ m/s, u zdroje (R+S)  $w = 0,5$  až  $1,0$ m/s).

Ztráty vřazenými odpory vypočítáme ze vzorce.

$$Z = \Delta p_{\xi} = \sum \xi \times \frac{w^2}{2} \times \rho$$

$\xi$  - součinitel vřazených odporů, kde jednotlivé hodnoty jsou uvedeny v tabulce pro různé armatury a ty se potom sečtou pro jednotlivý úsek

$w$  - rychlost proudění vody v potrubí (m/s)

$\rho$  - hustota vody

Při sečtení tlakových ztrát, ztrát vřazených odporů a tlakové ztráty ventilu  $\Delta p_{RV}$  u otopného tělesa dostaneme výsledek tlakové ztráty základního okruhu  $\Delta p_{DIS}$ . Na tento výsledek navrhne oběhové čerpadlo. Pro čerpadlo musí platit.

$$\Sigma(R \times l + Z + \Delta p_{RV}) < \Delta p_{\xi}$$

Na konec dimenzujeme zbylé části potrubí, které nejsou v základním okruhu. Jsou to úseky, které se odpojují od základního okruhu a vedou k jednotlivým otopným tělesům.

Venkovní teplota -12°C					STAVBA: Centrum Veronica, Hostětín								
OT místnost č 106, 10/300/500 , teplotní spád 50/40													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		11	12	13
Úsek	Tepelný výkon	Průtočné množství	Délka úseku	Průměr potrubí	w	R	R . l	$\Sigma \xi$	Z	Přednastavení	$\Delta p_{PRV}$	R . L + Z + $\Delta p_{PRV}$	$\Delta p_{DIS}$
	Q	m	l	d									
	W	kg . h <sup>-1</sup>	m	Dxt	m . s <sup>-1</sup>	Pa . m <sup>-1</sup>	Pa		Pa		Pa	Pa	Pa
1	83	7	3,8	10x1	0,039	13	48	5,9	4	TRV(3)	100	153	153
2	423	36	4,4	12x1	0,130	27	119	0,9	7			126	279
3	573	49	7,8	12x1	0,176	70	546	0,9	14			560	839
4	751	65	4,4	12x1	0,233	111	488	1,2	32			520	1359
5	1100	95	1,8	15x1	0,200	63	113	0,9	18			131	1490
6	1327	114	13,0	15x1	0,241	82	1066	3,8	108			1174	2664
7	1942	167	4,8	18x1	0,233	60	288	0,9	24			312	2976
8	2142	184	7,8	18x1	0,256	72	562	0,9	29			590	3566
9	2342	201	13,0	18x1	0,279	83	1079	3,8	145			1224	4790
10	2998	258	6,2	22x1	0,230	45	279	0,9	23			302	5092
11	3357	289	4,4	22x1	0,256	55	242	0,9	29			271	5363
12	3517	302	16,6	22x1	0,266	59	979	6,1	211			1190	6553
13	3672	316	4,0	22x1	0,281	64	256	3,5	135			391	6944
14	4105	353	16,6	22x1	0,315	78	1295	44,5	2159			3454	10398

OT místnost č 206, 11/600/1000 , teplotní spád 50/40													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		11	12	13
1	399	34	0,4	10x1	0,189	62	25	3,3	58	TRV(6)	234	316	316

OT místnost č 205, 1220/600/50 , teplotní spád												
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

50/40														
1	200	17	1,4	10x1	0,096	31	43	5,9	27	TRV(3)	1007	1077	1077	

OT místnost č 204, 1220/600/50 , teplotní spád 50/40													
1	200	17	1,4	10x1	0,096	31	43	5,9	27	TRV(3)	1693	1763	1763

OT místnost č 203, 11/600/1000 , teplotní spád 50/40													
1	399	34	0,4	10x1	0,189	62	25	3,3	58	TRV(3)	2107	2189	2189

OT místnost č 202, 22/600/700 , teplotní spád 50/40													
1	589	51	1,2	12x1	0,180	75	90	5,9	93	TRV(3)	3672	3855	3855

OT místnost č 201, 21/600/1000 , teplotní spád 50/40													
1	505	43	0,4	10x1	0,153	55	22	3,3	38	TRV(3)	4243	4303	4303

OT místnost č 217, 1220/600/50 , teplotní spád 50/40													
1	200	17	1,4	10x1	0,096	31	43	5,9	27	TRV(2)	5047	5117	5117

OT místnost č 216, 1220/750/50 , teplotní spád 50/40													
1	249	21	1,4	10x1	0,115	38	53	5,9	38	TRV(2)	6746	6837	6837

OT místnost č 215, 11/600/1400 , teplotní spád 50/40													
1	558	48	0,4	12x1	0,172	67	27	3,3	48	TRV(3)	7133	7208	7208

OT místnost č 214, 11/600/900 , teplotní spád 50/40													
1	359	31	0,4	10x1	0,175	57	23	3,3	49	TRV(2)	7462	7534	7534

OT místnost č 213, 1220/600/50 , teplotní spád 50/40													
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

1	200	17	1,4	10x1	0,096	31	43	5,9	27	TRV(2)	8059	8129	8129
---	-----	----	-----	------	-------	----	----	-----	----	--------	------	------	------

OT místnost č 212, 1220/750/50 , teplotní spád 50/40													
1	249	21	1,4	10x1	0,115	38	53	5,9	38	TRV(2)	8543	8634	8634

OT místnost č 211, 21/600/1200 , teplotní spád 50/40													
1	606	52	0,4	12x1	0,186	75	30	3,3	56	TRV(3)	13716	13802	13802

Venkovní teplota -12°C						STAVBA: Centrum Veronica, Hostětín							
OT místnost č 106, 10/300/500 , teplotní spád 50/40													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		11	12	13
Úsek	Tepelný výkon	Průtočné množství	Délka úseku	Průměr potrubí	w	R	R . l	$\Sigma \xi$	Z	Přednastavení	$\Delta p_{RV}$	$R . L + Z + \Delta p_{RV}$	$\Delta p_{DIS}$
	Q	m	l	d									
	W	kg . h <sup>-1</sup>	m	Dxt	m . s <sup>-1</sup>	Pa . m <sup>-1</sup>	Pa		Pa		Pa	Pa	Pa
1	83	7	3,8	10x1	0,039	13	48	5,9	4	TRV(3)	100	153	153
2	423	36	4,4	12x1	0,130	27	119	0,9	7			126	279
3	573	49	7,8	12x1	0,176	70	546	0,9	14			560	839
4	751	65	4,4	12x1	0,233	111	488	1,2	32			520	1359
5	1100	95	1,8	15x1	0,200	63	113	0,9	18			131	1490
6	1327	114	13,0	15x1	0,241	82	1066	3,8	108			1174	2664
7	1942	167	4,8	18x1	0,233	60	288	0,9	24			312	2976
8	2142	184	7,8	18x1	0,256	72	562	0,9	29			590	3566
9	2342	201	13,0	18x1	0,279	83	1079	3,8	145			1224	4790
10	2998	258	6,2	22x1	0,230	45	279	0,9	23			302	5092

11	3357	289	4,4	22x1	0,256	55	242	0,9	29			271	5363
12	3517	302	16,6	22x1	0,266	59	979	6,1	211			1190	6553
13	3672	316	4,0	22x1	0,281	64	256	3,5	135			391	6944
14	4105	353	16,6	22x1	0,315	78	1295	44,5	2159			3454	10398

OT místnost č 105, 1/600/1100 , teplotní spád 50/40													
1	340	29	0,4	10x1	0,163	54	22	3,3	43	TRV(6)	215	279	279

OT místnost č 104, 700/750/50 , teplotní spád 50/40													
1	150	13	1,4	10x1	0,074	24	34	9,5	25	TRV(3)	780	839	839

OT místnost č 103, 900/750/50 , teplotní spád 50/40													
1	178	15	1,4	10x1	0,085	28	39	5,9	21	TRV(3)	1299	1359	1359

OT místnost č 102, 11/600/900 , teplotní spád 50/40													
1	359	31	0,4	10x1	0,175	57	23	3,3	49	TRV(3)	1418	1490	1490

OT místnost č 121, 10/600/700 , teplotní spád 50/40													
1	217	19	10,0	10x1	0,108	35	350	8,5	48	TRV(2)	2266	2664	2664

OT místnost č 101, 21/500/1400 , teplotní spád 50/40													
1	615	53	0,4	12x1	0,189	79	32	3,3	58	TRV(4)	2887	2976	2976

OT místnost č 120, 1220/600/50 , teplotní spád 50/40													
1	200	17	1,4	10x1	0,099	31	43	5,9	28	TRV(2)	3494	3566	3566

OT místnost č 119, 1220/600/50 , teplotní spád 50/40													
1	200	17	1,4	10x1	0,099	31	43	5,9	28	TRV(2)	4718	4790	4790

OT místnost č 118, 22/600/1000 , teplotní spád 50/40														
1	656	56	0,4	12x1	0,201	87	35	3,3	65	TRV(3)	4992	5092	5092	

OT místnost č 117, 11/600/900 , teplotní spád 50/40													
1	359	31	0,4	10x1	0,175	57	23	3,3	49	TRV(3)	5291	5363	5363

OT místnost č 116, 900/600/50 , teplotní spád 50/40													
1	160	14	1,4	10x1	0,077	26	36	5,9	17	TRV(2)	6499	6553	6553

OT místnost č 115, 10/600/500 , teplotní spád 50/40													
1	155	13	2,6	10x1	0,074	24	62	5,9	16	TRV(2)	6866	6944	6944

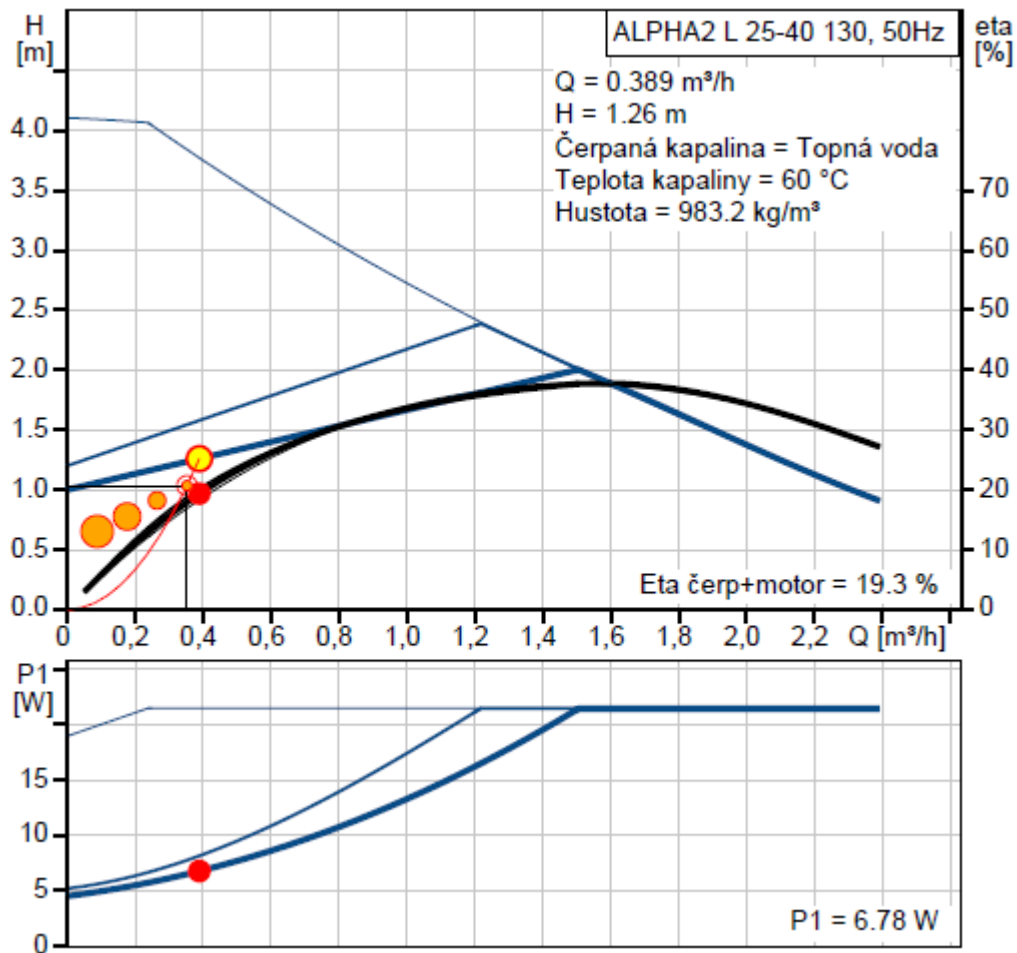
OT místnost č 114, 10/600/4200 , teplotní spád 50/40													
1	433	37	0,4	12x1	0,198	76	30	3,3	63	TRV(2)	10304	10398	10398

Návrh elektronicky regulovaného oběhového čerpadla s proměnnými otáčkami. Pracuje tak, že když se v místnosti zvýší teplota nad požadovanou mez, automaticky se zavřou termostatické hlavice a tím se zvýší tlak v systému, v tu chvíli čerpadlo sníží otáčky.

Topná větev 1 – pokoje na 1. NP

Průtok - 0,353 m<sup>3</sup>/h

Tlak - 10,4 kPa

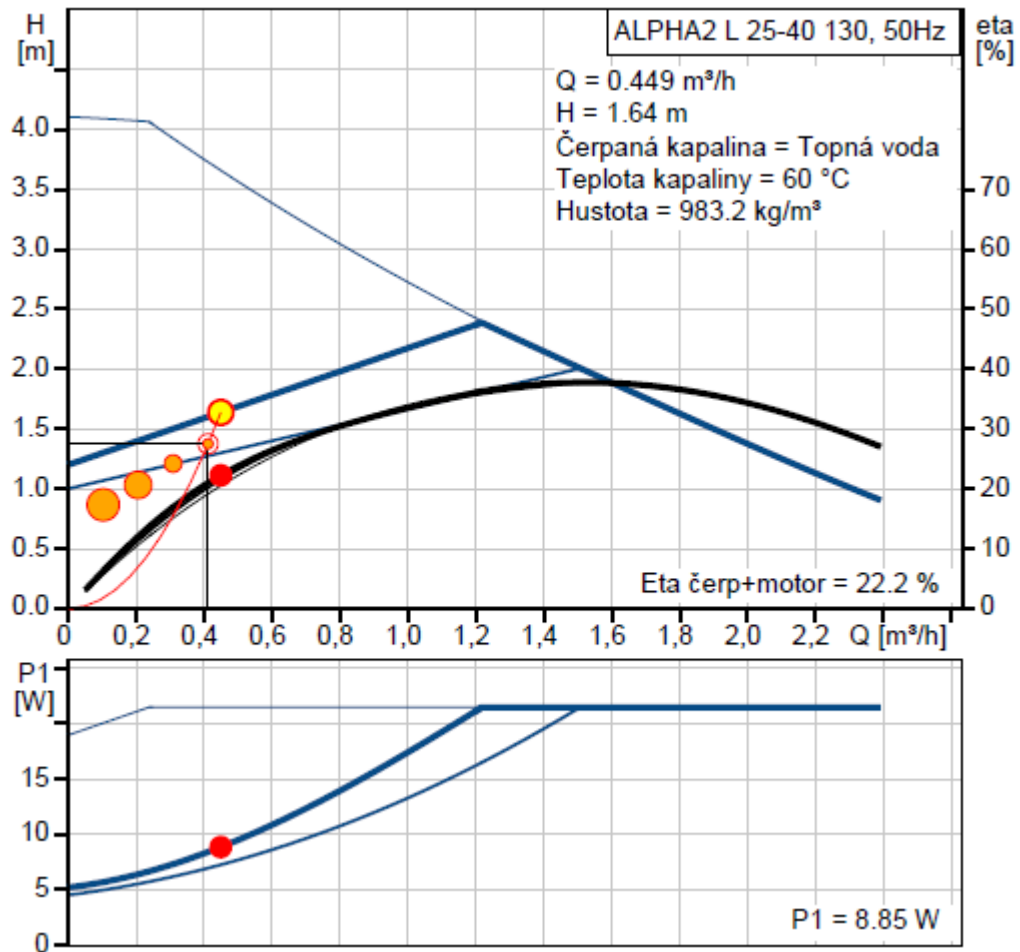


Obr. 2.7 Pracovní bod čerpadla na topné větvi 1

Topná větev 2 – pokoje na 2:NP

Průtok - 0,412 m<sup>3</sup>/h

Tlak - 13,8 kPa



Obr. 2.8 Pracovní bod čerpadla na topné větvi 2

## 2.6 Technická zpráva

### 2.6.1 Úvod

Řešený objekt je zásobován teplem pro vytápění a potřeby vzduchotechniky z předávací stanice, která je umístěna v 1.PP. Produkce topné vody je řešena dodávkou z centrální výtopy pro celou obec Hostětín. Tento projekt řeší pouze vytápění ubytovací části, která je vytápěna pouze otopnými tělesy. Celý systém vytápění je koncipován v souladu s požadavky na moderní, úsporný a automatický podružný zdroj tepla a topný systém při současné minimalizaci provozních i investičních nákladů. Projekt respektuje hygienické požadavky. Tato část projektové dokumentace navazuje na další část PD - na elektro a měření a regulaci (MaR) a vzduchotechniku.

### 2.6.2 Výpočtové hodnoty

Tepelná ztráta ubytovny	- 8,3 kW
Teplota topného média:	- primár 80/40°C
	- sekundár 50/40°C
Venkovní výpočtová teplota	-12°C
Vnitřní výpočtová teplota	- 20°C

### 2.6.3 Zdroj tepla

#### *Koncepce*

Hlavním zdrojem tepla pro vytápění a ohřev teplé vody seminárního centra je centrální výtopy na obnovitelné zdroje v obci Hostětín. Do objektu seminárního centra je přivedena přípojka z teplovodní sítě obce (ve skutečnosti je objekt napojen na společnou přípojku topné vody pro Moštárnu a rodinný dům). Na patě objektu je umístěn výměník. Pro vykrytí odběrových špiček a pro zajištění dostatečného zásobení teplem se uvažuje s využitím akumulacní nádoby. V době sníženého odběru se bude automaticky dobíjet akumulacní nádoba. Odběr tepla pro hotel potom probíhá už z akumulacní nádoby. Doplňkovým zdrojem

tepla pro nabíjení akumulací nádoby je také solární systém umístěný na moštárně. Havarijním zdrojem tepla je olejový parní kotel v moštárně.

### *Umístění zdroje tepla*

Hlavní zdroj tepla a strojovna s rozdělovačem a sběračem, z něhož jsou vyvedeny jednotlivé topné okruhy jsou umístěny v samostatném k tomuto účelu vymezeném prostoru v suterénu seminárního centra. Rozmístění zařízení ve strojovně je na půdorysu výkresu.

### *Přípojka topné vody*

Přípojka topné vody je přivedena k výměníku. Je ukončena uzavíracími kohouty jak na přívodu tak i vratu. Před výměníkem je nainstalované fakturační měření, regulátor diferenčního tlaku, regulační ventil a další armatury jako jsou vypouštěcí ventil, filtr, tlakoměr, teploměr atd.

### *Sekundární strana*

Oběh topné vody na sekundární straně výměňkové stanice zajišťují jednotlivá oběhová čerpadla na topných větvích. Oběhová čerpadla jsou dimenzována na tlakové ztráty.

Z rozdělovače a sběrače je vyvedeno šest samostatných topných větví. Čtyři z nich jsou opatřeny směšovači a regulátory pro ekvitermní regulaci topné vody:

- 2x topná větev pro vytápění ubytovací části
- 1x topná větev pro přednáškový sál;
- 1x topná větev pro kuchyň a kanceláře;

Další dvě topné větve jsou bez směšování:

- 1x topná větev pro vzduchotechniku
- 1x topná větev pro přípravu TV v boileru

## **2.6.4 Systém vytápění objektu**

### *Rozvodné potrubí*

Navržené potrubí je z mědi. Spoje jsou pájené. Dimenze viz výpočet dimenzí. Součástí potrubí je závěsná technika se stropními tyčovými závěsy s objímkou. Rozvody se opatří izolací z pouzder z minerální vlny s povrchovou úpravou Al folií, neizolované rozvody (viditelné stoupačky a přípojky k OT) se opatří dvojnásobným nátěrem s 1x emailováním. Tloušťky izolací budou v souladu s vyhláškou č. 193/2007 Sb. Průchody přes požární úseky se opatří požárně odolným tmelem s certifikátem.

Veškeré potrubí bude instalováno dle zvyklostí oboru - bude vedeno ve spádu 0,4% pro odvzdušnění a vypouštění, nejvyšší místa budou opatřena odvzdušňovacími ventily, nejnižší místa vypouštěcími kohouty. Na vhodných místech potrubí budou osazeny teploměry. Před čerpadly budou instalovány závitové filtry.

### *Otopná tělesa*

Otopnou plochu budou tvořit desková a trubková otopná tělesa od firmy

Korado. Desková tělesa byla navržena ve všech pokojích. Otopná tělesa jsou typu Radik VK a jejich součástí jsou odvzdušňovací ventily. Trubková otopná tělesa byla navržena do koupelen k jednotlivým pokojům. Tyto koupelňová tělesa jsou typu Koralux Linear Clasic.

### *Regulace teploty topné vody*

Navržená automatická regulace je základním předpokladem komfortního a zároveň hospodárného vytápění. Navržené zařízení – regulační systém dle specifikace MaR - zajistí ekvitermní regulaci topné vody v každé topné větvi pro vytápění samostatně. Elektro zapojení regulačního systému řší samostatná část projektové dokumentace elektro a MaR. Na regulačním zařízení se nastaví požadovaný průběh vytápění v každé funkční části objektu

(útlumy v noci, v nepřítomnosti atd.). Vyhovující křivka pro každou topnou větev se samostatně nastaví v rámci zkušebního provozu.

Venkovní čidlo teploty je nutno vhodně umístit s ohledem na zabránění jeho teplotního ovlivnění a jeho poškození nepovolanými osobami. Umístí se na severovýchodní až severozápadní fasádu cca 3 m nad terén na teplotně neovlivňované místo proti případnému oslunění musí být dostatečně zastíněno.

### **2.6.5 Systém větrání objektu**

Větrání objektu je provedeno nuceným větráním. Vždy pro dva sousedící pokoje je nad podhledem rekuperátor, který slouží k ohřevu přiváděného vzduchu odpadním vzduchem. Vzduch je nasáván přes fasádu, kde je i odvod. Přiváděný vzduch není nijak ohříván ani chlazen. Slouží pouze pro výměnu vzduchu v místnosti. Výměna vzduchu je uvažována 30m<sup>3</sup>/h.

### **2.6.6 Zkoušky a uvedení do provozu**

Dle normy ČSN 06 0310 musí být každé smontované zařízení před provedením do provozu propláchnuto a následovně odzkoušeno. Propláchnutí se provádí především u zařízení, u kterých by nashromážděné nečistoty mohly vést k jejich poškození. Dále se provádí 24hodinový provoz oběhových čerpadel. Před uvedením do provozu se musí provést nastavení seřizovacích armatur a armatur na OT, a naplnit systém vodou. O provedení zkoušek se provede zápis. Jako zkouška ÚT se provádí zkouška těsnosti (tlaková) a provozní (dilatační topná). Soustava se naplní vodou, odvzdušní a provádí se tlaková zkouška a kontroluje se, zda nedošlo k úniku topné látky nebo k poklesu hladiny v expanzní nádobě. Pokud by se objevily netěsnosti, musí se opravit a zkouška se opakuje.

Po ukončení montážních prací se provede kontrola kompletnosti soustavy, tlaková zkouška v předepsané době, hydronické vyvážení soustavy s nastavením vyvaž. ventilů, regulátorů průtoku a pracovních křivek čerpadel. Závěrem se uskuteční topná zkouška v délce 72 hodin.

### ***2.6.7 Bezpečnost práce***

Při práci je nutné dodržet veškeré bezpečnostní předpisy a normy. Jde především o NV č. 591/2008 Sb. o bližších minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na staveništích a NV č. 362/2005 Sb. O bližších požadavcích na bezpečnost a o ochranu zdraví při práci na pracovištích s nebezpečím pádu z výšky do hloubky. Práce musí být provedena dle ČSN 06 0310 ÚT – projektování a montáž, a všech souvisejících norem a předpisů. Práce smí provádět pouze firma nebo organizace, která má veškerá platná oprávnění těchto činností.

## 3. Experimentální řešení a zpracování výsledků

### 3.1 Úvod

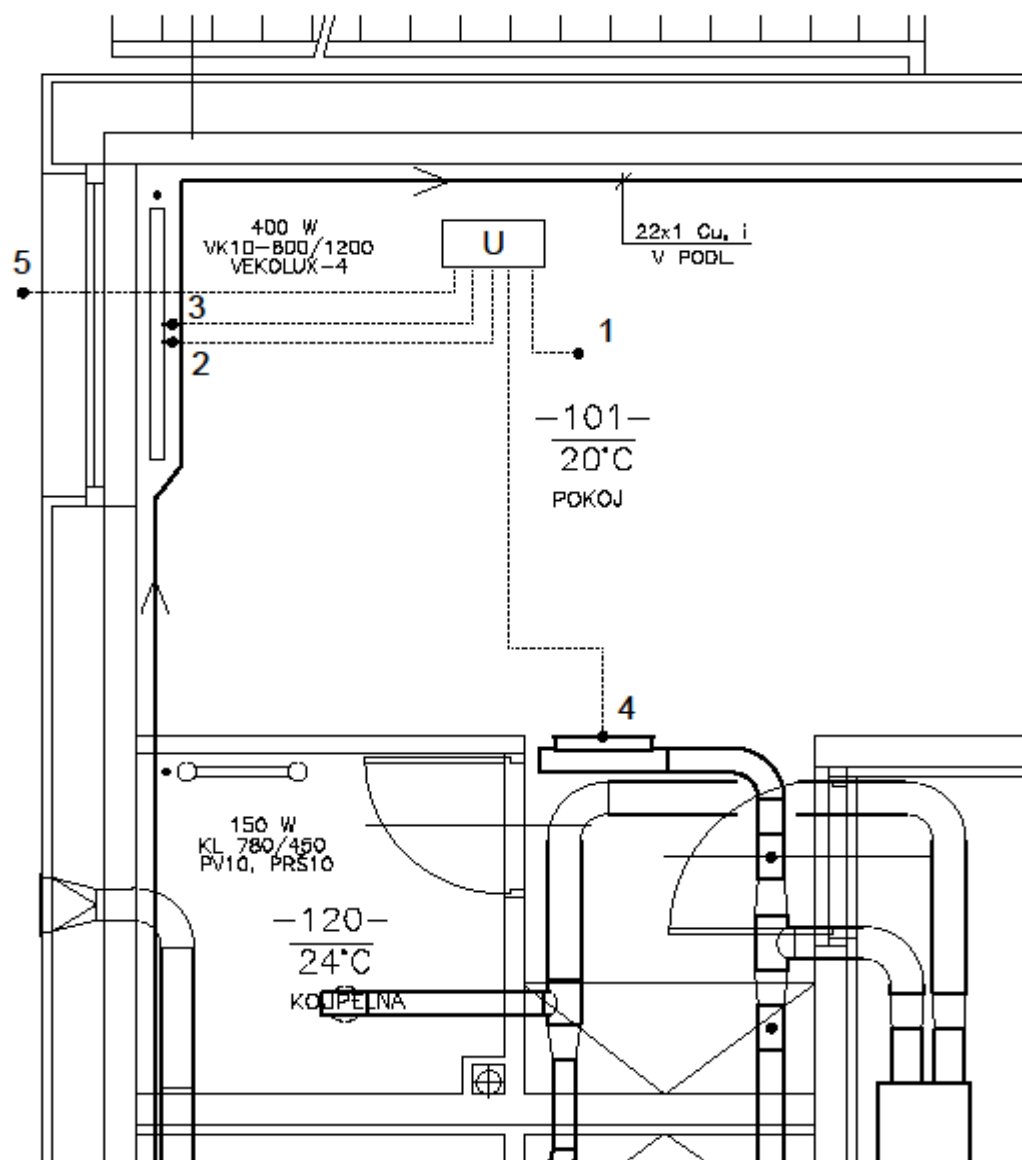
Experiment probíhal na stávajícím seminárním centru Veronika v Hostětíně v topném období. Cílem tohoto experimentu bylo naměřit hodnoty teplot v pokoji, na přívodním potrubí k otopnému tělesu, na vratném potrubí k otopnému tělesu a teplotu přívodního vzduchu přes rekuperátor. Dále jsem měřil relativní vlhkost v pokoji a odečetl venkovní teploty. Měření probíhalo na dvě části. První část bylo dlouhodobé měření těchto hodnot, které probíhalo přibližně týden a krátkodobé měření, které proběhlo v jeden den, kdy jsem změřil tyto teploty ve většině místností. Tyto hodnoty jsem použil k analýze jejich stávající jednotrubkové otopné soustavy.

### 3.2 Schéma připojení čidel

- schéma měření

Legenda: U – snímací ústředna Ahlborn

1. Vnitřní teplota
2. Teplota přívodu
3. Teplota vratu
4. Teplota přiváděného vzduchu za rekuperátorem
5. Venkovní teplota



Obr. 3.1 Schéma zapojení měřených veličin

### 3.3 Seznam pomůcek a měřících přístrojů

- měřící ústředna Ahlborn Almemo 3290
- dataloger Comet teploměr – vlhkoměr
- 3 přiložná čidla
- Stávající otopná soustava a vzduchotechnika



Obr. 3.2 Měřící ústředna Ahlborn ALMEMO



Obr. 3.3 Dataloger Comet

## 3.4 Měření

### 3.4.1 Dlouhodobé měření

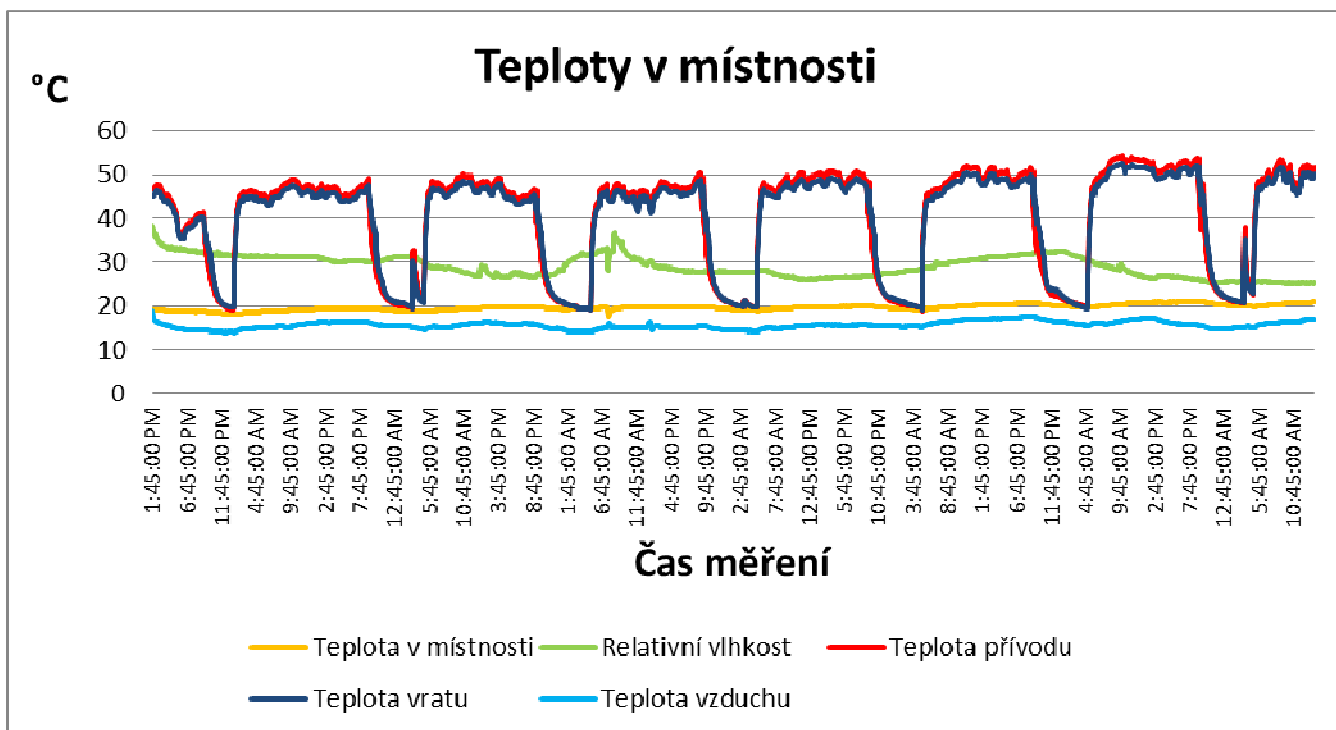
Nejdříve jsem provedl připojení všech čidel na dané pozice tzn. Na přívod a vrat k otopnému tělesu a na koncový prvek vzduchotechniky na snímání teploty přiváděného vzduchu za rekuperátorem. Potom jsem napojil tyto čidla do měřící ústředny AHLBORN ALMEMO 3290. Nastavil a zapnul jsem přístroj dataloger Comet teploměr – vlhkoměr na ukládání teploty uvnitř místnosti a měření relativní vlhkosti. To Všechno probíhalo za chodu ubytovny a plné obsazenosti tohoto pokoje. Po týdenním měření jsem z měřících přístrojů získal data ke zpracování viz níže, ze kterých jsem vytvořil graf průběhu teplot.

#### Ukázka dat

Datum měření	Čas měření	Teplota v místnosti °C	Relativní Vlhkost v místnosti %	Teplota přívodu OT °C	Teplota vratu OT °C	Teplota přivodu vzduchu přes rekuperátor °C	Venkovní teplota vzduchu
4.12.2013	1:45:00 PM	19,2	38,4	46,6	45,2	18,8	-2,0
4.12.2013	1:50:00 PM	19,2	37,3	46,6	45,1	17,6	-2,0
4.12.2013	1:55:00 PM	19,2	36,7	46,7	45,3	17,0	-2,0
4.12.2013	2:00:00 PM	19,2	36,1	46,9	45,5	16,6	-2,0
4.12.2013	2:05:00 PM	19,1	35,8	47,1	45,7	16,5	-2,0
4.12.2013	2:10:00 PM	19,1	35,5	47,3	45,8	16,4	-2,0
4.12.2013	2:15:00 PM	19,1	36,3	47,5	46,1	16,4	-2,0
4.12.2013	2:20:00 PM	19,1	35,8	47,6	46,2	16,3	-2,0
4.12.2013	2:25:00 PM	19,1	35,6	47,6	46,2	16,3	-2,0
4.12.2013	2:30:00 PM	19,1	34,9	47,5	46,1	16,2	-2,0
4.12.2013	2:35:00 PM	19,1	34,8	47,4	46,0	16,2	-2,0

4.12.2013	2:40:00 PM	19,1	34,8	47,2	45,8	16,1	-2,0
4.12.2013	2:45:00 PM	19,1	34,7	47,2	45,8	16,1	-2,0
4.12.2013	2:50:00 PM	19,0	34,4	47,3	45,9	16,0	-2,0
4.12.2013	2:55:00 PM	19,0	34,3	47,4	46,0	16,0	-2,0
4.12.2013	3:00:00 PM	19,0	34,2	46,5	45,2	15,9	-2,0
4.12.2013	3:05:00 PM	19,0	34,0	46,1	44,8	15,9	-2,0
4.12.2013	3:10:00 PM	19,0	33,9	46,1	44,8	15,8	-2,0
4.12.2013	3:15:00 PM	19,0	33,8	46,2	44,8	15,8	-2,0
4.12.2013	3:20:00 PM	19,0	33,8	45,9	44,6	15,8	-2,0
4.12.2013	3:25:00 PM	19,0	33,8	45,5	44,3	15,7	-2,0
4.12.2013	3:30:00 PM	19,0	33,6	45,2	43,9	15,7	-2,0
4.12.2013	3:35:00 PM	19,0	33,5	45,1	43,8	15,7	-2,0
4.12.2013	3:40:00 PM	18,9	33,7	45,2	43,9	15,6	-2,0

Graf



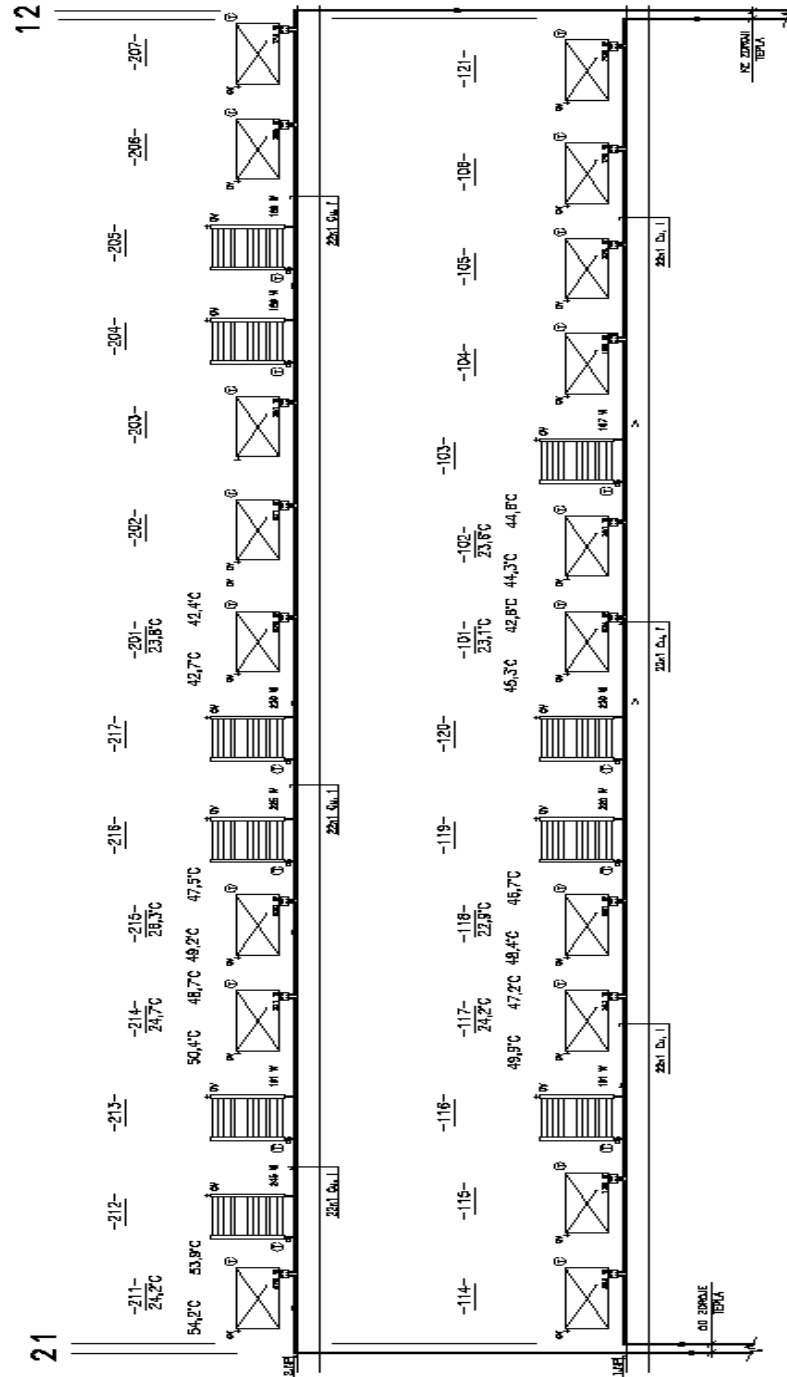
Obr. 3.4 Grafické zpracování naměřených dat

### 3.4.2 Krátkodobé měření

Nejdříve jsem provedl připojení všech čidel na dané pozice tzn. Na přívod a vrat k otopnému tělesu, na koncový prvek vzduchotechniky na snímání teploty přiváděného vzduchu za rekuperátorem a na teplotu v místnosti. Potom jsem napojil tyto čidla do měřicí ústředny AHLBORN ALMEMO 3290. Tohle měření probíhalo pouze v pokojích, které nebyly obsazené. Před zapnutím jsem nechal čidla teplotně ustálit a až poté jsem zapl přístroj na měření. V každém pokoji jsem měřil přibližně kolem 5 min. Po zpracování dat jsem udělal průměrné hodnoty těchto teplot viz níže.

Číslo místnosti	Čas měření	Teplota v místnosti °C	Teplota přívodu OT °C	Teplota vratu OT °C	Teplota přívod vzduchu přes rekuperátor °C	Venkovní teplota
117	Průměr	+0024,2	+0049,9	+0047,2	+0021,5	4
118	Průměr	+0022,9	+0048,4	+0046,7	+0018,9	4
101	Průměr	+0023,1	+0045,3	+0042,8	+0019,2	4
102	Průměr	+0023,6	+0044,3	+0044,6	+0019,2	4
211	Průměr	+0024,2	+0054,2	+0053,9	+0020,6	4
214	Průměr	+0024,7	+0050,4	+0048,7	+0020,9	4
215	Průměr	+0026,3	+0049,2	+0047,5	+0018,5	4
201	Průměr	+0023,8	+0042,7	+0042,4	+0017,0	4

MONTÁŽNÍ SCHÉMA ÚT – UBÝTOVNA



### 3.5 Závěr z experimentu

Z dlouhodobého měření a naměřených hodnot jsem došel k závěru, že stávající navržená jednotrubková otopná soustava není schopná pracovat při výpočtové venkovní teplotě  $-12^{\circ}\text{C}$  při navrženém teplotním spádu  $50/40^{\circ}\text{C}$ . Toto posouzení je graficky zpracováno na obrázku 2.5 na straně 72, kde je vidět, že při regulaci podle ekvitermní křivky, by musela do tělesa vstupovat otopná voda s teplotou  $70^{\circ}\text{C}$  při teplotě exteriéru  $-12^{\circ}\text{C}$ . Toto měřené těleso se navíc nachází až jako 8. těleso v řadě jednotrubkové soustavy. To znamená, že do prvního tělesa by musela vstupovat topná voda z rozdělovače o teplotě kolem  $85^{\circ}\text{C}$ , což není možné dosáhnout, protože teplotní spád na primárním okruhu, který je dodáván z výtopny na obnovitelné zdroje, je  $80/40^{\circ}\text{C}$ .

Z krátkodobého měření je vidět, že ani teplotní spád není dodržen dle projektu. Na jedné větvi, která vede teplo do místnosti 211, jsem naměřil vstupní teplotu  $54,2^{\circ}\text{C}$  na topném tělese, které je první v řadě na této větvi. V místnosti 117 jsem na tělese, které je čtvrté v druhé otopné větvi, naměřil  $49,9^{\circ}\text{C}$ . To znamená, že na prvním tělese je teplota přiváděné vody přibližně  $56^{\circ}\text{C}$ . Hodnoty jsem naměřil při exteriérové teplotě  $+4^{\circ}\text{C}$ , při čemž je soustava navržena na výpočtovou teplotu  $-12^{\circ}\text{C}$ .

## Závěr

Výsledkem této diplomové práce je analýza stávající otopné soustavy, která je součástí pasivního seminárního centra Veronika v Hostětíně a návrh nových dvou řešení otopných soustav v ubytovně.

Posuzoval jsem stávající otopnou jednotrubkovou soustavu, kterou jsem shledal jako nevyhovující, z důvodů špatného návrhu. Tohle posouzení jsem provedl pomocí měření (experimetu) teploty přívodní otopné vody do tělesa. Provedeným měřením jsem zjistil, že vzhledem k vysoké teplotě exteriéru, byla teplota přívodní vody do otopné soustavy zbytečně vysoká. Současně jsem zjistil podle svých výpočtů, že pokud bude v exteriéru teplota  $-12^{\circ}\text{C}$  musí být do této jednotrubkové otopné soustavy přiváděna otopná voda teploty přibližně  $85^{\circ}\text{C}$ .

Dále jsem se zabýval návrhem nových variant řešení: varianta A - nová jednotrubková otopná soustava a varianta B - nová dvoutrubková otopná soustava. Poté jsem provedl výpočet tepelných ztrát jednotlivých místností. Tyto ztráty jsou pokryty nově navrženými otopnými tělesy. Otopná tělesa jsou umístěna pod okny. Rozvody k otopným tělesům jsou z mědi. Rozvody jsou svedeny do technické místnosti, kde se nachází rozdělovač a sběrač. Pro každé patro je z něj určena jedna otopná větev. Zdrojem tepla je centrální výtopna na obnovitelné zdroje energie s teplotním spádem  $80/40^{\circ}\text{C}$ .

Jako vhodnou variantu jsem vyhodnotil variantu B - nová dvoutrubková otopná soustava. Výpočty, které jsem provedl, vycházely ve variantě A veliké tlakové ztráty díky armaturám vekolux a velkému množství otopných těles zapojených za sebou. Nově navržená soustava pracuje s otopnou vodou  $50/40^{\circ}\text{C}$

## Seznam použitých zdrojů

- [1]. Ing. Marcela Počinková ; TZB II - Vytápění budov [studijní opory]
- [2]. Rudolf Jauschowitz, Prof. Dipl.-Ing.; Srdce teplovodního topení, hydraulika, 2004
- [3]. M. Počinková, D. Čuprová a O. Rubinová; Úsporný dům, 2012
- [4]. Jan Tywoniak a kolektiv; Nízkoenergetické domy 3, 2012
- [5]. Pasivní domy; <http://www.pasivnidomy.cz/> [online]
- [6]. Penzion Veronika; <http://hostetin.veronica.cz/> [online]
- [7]. České stavby; <http://www.ceskestavby.cz/> [online]
- [8]. Ing. Marcela počínková, BT02, VUT FAST Brno, Ústav technických zařízení budov. Přednášky a cvičení; <http://www.fce.vutbr.cz/TZB/pocinkova.m/> [online]
- [9]. Wikipedie otevřená encyklopedie; <http://cs.wikipedia.org> [online]
- [10]. Herz, s.r.o.; <http://www.herz.cz/> [online]
- [11]. <http://www.stavebnicadprojekt.cz> [online]
- [12]. TZB - info; <http://www.tzb-info.cz/> [online]
- [13]. Divize Isover, Saint-Gobain Construction Products CZ a.s.; <http://www.isover.cz> [online]
- [14]. ROCKWOOL, a.s; <http://www.rockwool.cz> [online]
- [15]. Claygar s.r.o.; <http://www.claygar.cz> [online]
- [16]. Knauf Praha spol. s r.o.; <http://www.knauf.cz> [online]
- [17]. Wienerberger cihlářský průmysl, a. s.; <http://www.wienerberger.cz/> [online]
- [18]. <http://www.nazeleno.cz/> [online]
- [19]. Korado, a.s.; <http://www.korado.cz> [online]
- [20]. Grundfos; <http://www.grundfos.cz/> [online]
- [20]. <http://www.hoffmann.cz/> [online]

## **Seznam použitých obrázků**

- Obr. 1.1 Vizualizace pasivního domu Maple 20
- Obr. 1.22. Měrná spotřeba tepla na vytápění
- Obr. 1.3 Schéma koncepce pasivního domu
- Obr. 1.4 Výška slunce v jednotlivých ročních obdobích
- Obr. 1.5 Ukázka techniky Blower – door testu
- Obr. 1.6 Možné zdroje tepla pro vytápění
- Obr. 1.7 Princip rekuperátoru
- Obr. 1.8 Rekuperátot
- Obr. 1.9 Účinnost rekuperátoru
- Obr. 1.10 Typy rekuperačních výměníků
- Obr. 1.11 Topná fólie
- Obr. 1.12 Princip tepelného čerpadla
- Obr. 2.1 Vizualizace pasivního centra Veronika v Hostětíně
- Obr. 2.2 Nákres pasivního centra Veronika v Hostětíně s technologiemi
- Obr. 2.3 Půdorys vzduchotechniky u dvou pokojů
- Obr. 2.4 Schéma jednotrubkové otopné soustavy
- Obr. 2.5 Vykreslení ekvitermní křivky u měřeného tělesa
- Obr. 2.6 Navržení tepelné izolace na hlavní potrubí
- Obr. 2.7 Pracovní bod čerpadla na topné větvi 1
- Obr. 2.8 Pracovní bod čerpadla na topné větvi 2
- Obr. 3.4 Grafické zpracování naměřených dat
- Obr. 3.3 Dataloger Comet
- Obr. 3.2 Měřící ústředna Ahlborn ALMEMO
- Obr. 3.1 Schéma zapojení měřených veličin

## Seznam použitých zkratek

t	teplota	[K]
Q	tepelný výkon	[W]
m	hmotnostní průtok	[kg/h]
$\Delta p$	střední hodnota pro tlak	[Pa]
n	násobná výměna vzduchu za hodinu	[m <sup>3</sup> /h]
H <sub>s</sub>	spalné teplo	[kWh/m <sup>3</sup> ]
H <sub>i</sub>	výhřevnost plynu	[kWh/m <sup>3</sup> ]
A	plocha	[m <sup>2</sup> ]
U	součinitel prostupu tepla konstrukcí	[W/m <sup>2</sup> .K]
U <sub>em</sub>	střední hodnota prostupu tepla	[W/m <sup>2</sup> .K]
e	korekční součinitel	[-]
H	měrná tepelná ztráta	[W/K]
f	součinitel redukce teploty	[-]
$\theta$	teplota	[°C]
$\Phi$	návrhová tepelná ztráta	[W]
$\varepsilon$	výškový korekční činitel	[-]
V	objem místnosti	[m <sup>3</sup> ]
n <sub>50</sub>	stupeň těsnosti obvodového pláště budovy	[-]
l	délka	[m]
R	tlaková ztráta	[Pa]
w	rychlost	[m/s]
$\Sigma \xi$	suma vřazených odporů	[-]
Z	tlaková ztráta vřazených oporů	[Pa]
$\rho$	hustota	[kg/m <sup>3</sup> ]
c	měrná tepelná kapacita	[J/kg.K]
t	střední hodnota tepla	[K]
h	výška	[m]
g	tíhové zrychlení	[m/s <sup>2</sup> ]
d	průměr	[mm]
k	objemový průtok armatury	[m <sup>3</sup> /h]
DN	dimenze potrubí	[mm]

## **Seznam příloh**

**Příloha 1 – dlouhodobé měření**

**Příloha 2 – krátkodobé měření**

**Příloha 3 – výkresová dokumentace**







