



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
ENERGY INSTITUTE

NÍZKOTEPLTNÍ VYTÁPĚNÍ

LOW TEMPERATURE HEATING SYSTEM

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. JAKUB HRUBÝ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JIŘÍ HEJČÍK, Ph.D.

BRNO 2013

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav

Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Jakub Hrubý

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

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

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

Nízkoteplotní vytápění

v anglickém jazyce:

Low temperature heating system

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Účinnost tepelného čerpadla závisí nejen na teplotě zdroje, ale také na teplotě dodávané (topné) vody, přičemž účinnost tepelného čerpadla roste s poklesem této teploty. Použitím nízkoteplotního vytápění lze tedy vylepšit účinnost tepelného čerpadla a tím snížit náklady na vytápění.

Cíle diplomové práce:

Cílem práce je navrhnout nízkoteplotní otopnou soustavu multifukční dřevostavby, kde je zdrojem tepla tepelné čerpadlo země – voda.

Seznam odborné literatury:

[1] INCROPERA, Frank P. Fundamentals of heat and mass transfer. 5th ed. New York: J. Wiley, c2002, xix, 981 s. ISBN 04-713-8650-2.

[2] CHYSKÝ, Jaroslav. Větrání a klimatizace. Vyd. 3., zcela přeprac. Praha: Česká Matica technická, 1993, 490 s. ISBN 80-901-5740-8.

[3] <http://www.vytapenioptiheat.cz/>

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jiří Hejčík, Ph.D.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2012/2013.

V Brně, dne 20.11.2012

L.S.

doc. Ing. Zdeněk Skála, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá návrhem nízkoteplotní otopné soustavy do multifunkční dřevostavby. Zdrojem tepla pro podlahové vytápění je tepelné čerpadlo typu země-voda. Po krátkém úvodu do problematiky a teoretickém rozboru použitých zařízení a systémů následuje praktická část. Její součástí jsou výpočty, návrhy a řešení všech součástí otopné soustavy. Důležité výsledky výpočtů jsou seřazeny do přehledných tabulek. Důraz je kladen na stručnost, výstižnost a grafickou interpretaci. Závěrem práce nabízí různá ekonomická srovnání provozu navržené otopné soustavy včetně odhadu návratnosti investice oproti jiným systémům.

ABSTRACT

The aim of this thesis is to design a low temperature heating system which will be operating in multifunctional wooden house. Ground source heat pump being the producer of the energy in this system, while the underfloor heating being the consumer. After a short brief on theoretical level of used systems and devices, there comes a practical part of equations, designing and finding of a best solutions for all necessary parts of heating system. All important generated data are packed in a lucid charts. Thesis is trying to be somewhat brief but factual, and just a little bit stylish. At the end of the work there are some economical conclusions of used system like annual energy consumption cost, payback periods comparisons to other systems etc.

KLÍČOVÁ SLOVA

Podlahové vytápění, nízkoteplotní vytápění, tepelné čerpadlo země-voda

KEYWORDS

Underfloor heating, Low temperature heating, ground source heat pump

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Hrubý, J. *Nízkoteplotní vytápění: Diplomová práce*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 111 s. Vedoucí práce Ing. Jiří Hejčík, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma *Nízkoteplotní vytápění* vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

23. května 2013

.....
Jakub Hrubý

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto Ing. Jiřímu Hejčíkovi, Ph.D. za cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce.

OBSAH

1 ÚVOD	11
2 NÍZKOTEPLTNÍ VYTÁPĚNÍ.....	12
2.1 Historie	12
2.2 Zařazení nízkoteplotních otopných soustav	13
2.3 Vývoj a výhody	14
2.4 Tepelná pohoda	15
3 PODLAHOVÉ VYTÁPĚNÍ.....	18
3.1 Vodní	18
3.1.1 Konstrukce a typy	18
3.1.2 Materiály potrubí.....	20
3.2 Elektrické.....	21
3.2.1 Režimy	21
3.2.2 Topné prvky	23
4 TEPELNÁ ČERPADLA TYPU ZEMĚ-VODA.....	25
4.1 Typy a princip.....	25
4.2 Účinnost	27
5 VSTUPNÍ DATA PRO NÁVRH NÍZKOTEPLTNÍ OS	29
5.1 Popis objektu	29
5.2 Konstrukce obvodových stěn, tepelné vlastnosti.....	30
5.2.1 Podlaha 1. NP	30
5.2.2 Obvodová stěna 1.NP.....	31
5.2.3 Podlaha 2. NP	32
5.2.4 Obvodová stěna 2. NP	32
5.2.5 Střecha	33
5.2.6 Souhrn součinitelů prostupu tepla všech konstrukcí	34
6 TEPELNÉ ZTRÁTY BUDOVY	35
6.1 Ztráty prostupem	36
6.2 Ztráty větráním.....	36
6.3 Tepelný příkon na zátap	38
6.4 Souhrn tepelných ztrát.....	38
7 PODLAHOVÉ VYTÁPĚNÍ OPTIHEAT	40
7.1 Popis systému.....	40
7.2 Součásti	40
8 PROJEKTOVÁNÍ OTOPNÝCH PLOCH	43
8.1 Tepelně technický výpočet	43
8.2 Návrh podlahových smyček	48

8.3 Výpočet hydraulických ztrát	48
9 NÁVRH OBĚHOVÉHO ČERPADLA.....	52
10 NÁVRH ZDROJE TEPLA	53
10.1 Tepelné čerpadlo Danfoss	53
10.2 Pokus o odhad reálného COP	54
11 NÁVRH REGULACE	57
12 NÁVRH POJISTNÝCH ZAŘÍZENÍ OS.....	59
12.1 Pojistný ventil	59
12.2 Expanzní nádoba	59
13 EKONOMIE PROVOZU A NÁVRATNOST INVESTICE.....	61
14 ZÁVĚR.....	66
15 SEZNAM OBRÁZKŮ.....	67
16 SEZNAM TABULEK	68
17 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	69
18 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	72
19 SEZNAM PŘÍLOH.....	74

1 ÚVOD

Současná technicky vyspělá doba s sebou přináší širokou paletu možností a důmyslných řešení ve snaze usnadnění lidského života. Problematika kvalitního bydlení v našich zeměpisných podmínkách, kde musíme vzít v úvahu delší dobu trvání topné sezóny, generuje stále větší nabídku moderních variant otopných systémů. Využití správných zařízení a korektní návrh dané soustavy přináší majiteli či uživateli nemalé úspory.

Při projektování jsou důležité jednak všeobecné faktory - ekonomické, ekologické, regulační, a faktory specifické, týkající se výkonnosti konkrétního navrženého systému a individuálních požadavků majitele či provozovatele otopné soustavy, včetně nároků na pohodu prostředí. Vizualní stránka hraje rovněž významnou roli. Ve snaze po vytvoření co možná nejideálnějšího modelu otopné soustavy je nutné tyto požadavky co nejlépe skloubit, což bude i cílem této práce.

Předkládaná práce se zabývá návrhem nízkoteplotní otopné soustavy pro multifunkční dřevostavbu, momentálně ve fázi výstavby, s plánovanou dobou dokončení v průběhu letních měsíců tohoto roku. Půjde o nízkoteplotní otopnou soustavu tvořenou podlahovým vytápěním systémem OPTIHeat (kap. 6) s více zónovou regulací, kdy zdroj tepla bude zajišťovat tepelné čerpadlo typu země-voda. Cíle diplomové práce se shodují s požadavky investora, s důrazem na specifické požadavky na vnitřní návrhové teploty některých místností.

Teoretická část se zabývá problematikou nízkoteplotního vytápění zejména popisem dostupných druhů systémů, se zacílením specificky na podlahový typ. Následuje teoretický nástin funkce tepelných čerpadel typu země-voda a rozbor druhů a faktorů ovlivňujících jejich účinnost.

Praktická část řeší konkrétní návrh nízkoteplotní otopné soustavy od výpočtů tepelných ztrát objektu přes projektování podlahového topení, vinuti podlahových smyček, hydraulické výpočty, návrhy nezbytných zařízení systému a způsob regulace otopné soustavy.

Závěr práce tvoří výpočty roční potřeby tepla, ekonomické zhodnocení provozu navržené otopné soustavy, odhad návratnosti investice a odhad reálného průměrného ročního topného faktoru použitého tepelného čerpadla.

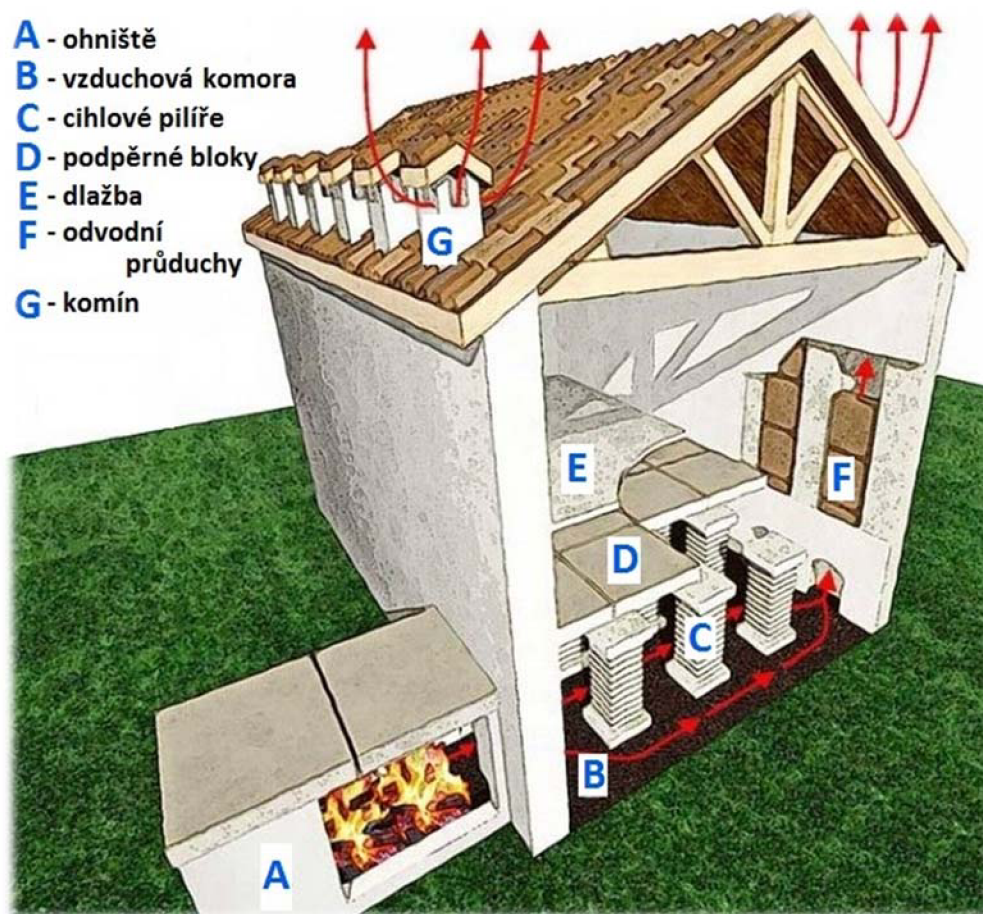
Mnoho parametrů celého projektu bylo specificky určeno investorem. Veškeré výpočty v rámci projektování otopné soustavy byly provedeny v programu Excel. Nejdůležitější výstupy jsou seřazeny do tabulek a komentovány v jednotlivých kapitolách návrhu. Detailní parametry výpočtů byly seřazeny do jednotlivých příloh na konci této práce.

2 NÍZKOTEPLTNÍ VYTÁPĚNÍ

2.1 Historie

Vytápění obydlí se stalo nezbytnou potřebou člověka již v dobách dávno minulých. Jeho historie se začala psát se vznikem prvních civilizací. Myšlenka vyhřívání lidských příbytků pramenila z objevu ohně a porozumění vlastnostem slunečního záření.

První důmyslnější systém, který by se dal považovat za pra-předchůdce moderního, nízkoteplotního vytápění využívali již starověcí Římané. Tento systém, vynalezený přibližně v 1. Století př. n. l., nesl název „Hypokaust“ (lat. Hypocaustum). Jednalo se v podstatě o podlahové vytápění. Konkrétně nebyl tento systém součástí samotné podlahy, ale byl pod ní. Ohniště umístěné pod objektem vně budovy ohřívalo vzduch, který následně proudil soustavou sofistikovaných dutin pod podlahou. Palivem bylo dřevo nebo dřevěné uhlí. Takto vytápěná podlaha budovy byla vystavěna na cihlových pilířích kruhového nebo čtvercového tvaru, tvořící soustavu dutin. Spodní strana podlahy byla navíc mírně skloněna, aby byl umožněn lepší tok vzduchu od ohniště k okrajovým zdem budovy. Vertikální průduchy ve zdech odváděly spaliny pomocí komína ven z objektu (obr. 1) Vnitřní mikroklima nebylo nijak kontaminováno



Obr. 1 Římský systém podlahového vytápění – Hypokaust [14]

spalinami. Podlaha byla ohřívána konvekcí a v systému byl komínový tah. Hypokaust se využíval hlavně v domech bohatších vrstev a také v typických římských lázních (lat. *Thermae*), kde vyhříval přímo vodní plochy. [7], [16]

Podobný, avšak méně sofistikovaný systém, známý též pod názvem „Ondol“, byl využíván přibližně ve stejné době také na území, kde leží dnešní Korea. V tomto případě tvořila „ohniště“ samotná kuchyň realizována o úroveň níže od hlavní obytné místnosti, pod kterou byly vedeny průduchy pro ohřev podlahy odpadním teplem nejčastěji z vaření. Obě tyto varianty byly využívány v různých formách a vylepšeních prakticky až do počátku 20. Století.

První teplovodní podlahové vytápění bylo realizováno v 18. století ve Francii. Přelom 19. a 20. století byl charakteristický různými pokusy s nuceným oběhem vody nebo páry v potrubí. V období po 2. světové válce představil americký vynálezce William Levitts podlahové vytápění s nuceným oběhem vody v měděném potrubí. Jeho systém byl namontován v několika tisíci domech. Díky špatným teplo-izolačním vlastnostem tehdejších budov musela mít topná voda vysokou teplotu. Tento faktor měl za následek mnohé zdravotní komplikace uživatelů. Od té doby byl tento typ vytápění pod drobnohledem v laboratořích a předmětem mnoha testování. Později byly stanoveny nezbytné hygienické limity pro maximální povrchové teploty. V posledních 20 letech novodobé historie spolu se zrychleným vývojem nových materiálů, především plastů, dochází k velkému rozmachu velkoplošného vytápění. [7], [16]

2.2 Zařazení nízkoteplotních otopných soustav

V současnosti lze otopné soustavy rozdělit dle několika kritérií. Pro nízkoteplotní otopné soustavy je stěžejní zařazení zejména podle maximální teploty otopného media [12]:

- | | |
|-------------------------|-----------------|
| 1) Nízkoteplotní | do 65 °C |
| 2) Teplovodní | 65-110 °C |
| 3) Horkovodní | 110 °C a více |

Samotné nízkoteplotní systémy jsou obvykle realizovány po celé ploše některé z ohraničujících stěn místnosti. Proto jsou mnohdy také nazývány velkoplošné a lze je dále dělit právě podle umístění na:

- 1) Stropní
- 2) Stěnové
- 3) Podlahové**

Dle převažující formy přenosu tepla z otopného tělesa (plochy) do místnosti rozlišujeme soustavy na převážně konvektivní a převážně sálavé

Převážně konvektivní

Sem se řadí například klasická desková, trubková a článková otopná tělesa (podíl konvektivní složky je obvykle v rozmezí 65–80 %). Vzduch je významně ohříván

konvekcí - prouděním okolo vyhřívaných ploch tělesa. Plynulým ohřevem vzduchu po výšce teplosměnné plochy dochází ke snížení hustoty vzduchu a vytvoření účinného vztlaaku. Ohřátý vzduch poté předává teplo ochlazovaným stěnám obvodových konstrukcí. Konvektivní vytápění je charakteristické vyšší vnitřní teplotou vzduchu než průměrnou povrchovou teplotou okolních stěn. Rozdíl bude tím vyšší, čím horší bude zateplení stěn. [4]

Převážně sálavé

Soustavy nízkoteplotní podlahové, stropní, stěnové a vytápění závěsnými sálavými zářiči. Nejnižší podíl sálavé složky je u podlahového vytápění asi 55 %. U dalších typů poměr roste se zvyšující se povrchovou teplotou. Tepelný tok je přenášen do místnosti radiací takovým způsobem, že objekty „viditelné“ otopnou plochou jsou osálány a teprve od nich se ohřívá vzduch v místnosti. U podlahového řešení je významná i konvektivní složka, kdy se vzduch ohřívá přímo od rozehrátého povrchu a stoupá vzhůru. Důsledkem převažující sálavé složky je vyšší teplota povrchů uvnitř místnosti, nežli samotná vnitřní teplota vzduchu.[4]

Typické operativní povrchové teploty, maximální vyzařované tepelné toky a přibližné poměry konvektivní a sálavé složky jednotlivých typů převážně sálavého vytápění dle tab. 1.

Tab. 1 Porovnání typických povrchových teplot a tepelných toků velkoplošných vytápění [12]

Otopná plocha	Povrchová teplota [°C]	Tepelný tok [W/m ²]	Poměr sálavé složky [%]
Stropní	40-45	150-208	80
Stěnová	55-60	350-490	65
Podlahová	25-34	60-120	55

V poslední řadě lze nízkoteplotní soustavy, stejně tak jako jiné otopné soustavy, dělit dle druhu použitého teponosného média na:

- 1) Vodní
- 2) Vzduchové
- 3) Elektrické (dráty se zahřívají vlivem elektrického odporu)

V rozdělení byly vždy zvýrazněny volby, kam svými vlastnostmi spadá navrhovaná nízkoteplotní otopná soustava.

2.3 Vývoj a výhody

Díky evoluci materiálů a pokrokům ve stavebnictví spolu s požadavky na co nejvyšší efektivitu a úsporu energií získávají obálky nových budov stále lepší tepelně-izolační vlastnosti. Součinitel prostupu tepla U_k stavebních konstrukcí tedy trendově stále klesá. Tyto inovace a také systémy zpětného získávání tepla umožňují vývoj a zvýšenou aplikaci nízkoteplotních soustav.

Kvůli nízké povrchové teplotě, která je například u nejrozšířenější podlahové varianty omezena hygienickými limity na max. 29 °C pro obytné místnosti a pro koupelny na max. 34 °C. Požadovaný tepelný výkon soustavy u takto nízkých teplot soustavy je třeba vykompenzovat velkou otopnou plochou, obvykle přes celou podlahu vytápěné místnosti. Stejně tak tepelný spád přívodního a vratného potrubí je daleko nižší, než u tradičního vytápění pomocí deskových nebo článkových otopných těles. Standardní hodnota spádu v přívodní a vratné větvi podlahového topení je 45/35 °C oproti 75/65 °C u běžných převážně konvektivních soustav. Nižší provozní teploty znamenají nižší tepelné ztráty a větší potenciál využití nízkopotenciálních zdrojů resp. obnovitelných zdrojů. Vysoké uplatnění s těmito systémy nalézají především tepelná čerpadla a solární panely. Další výhodou velkoplošných soustav je, že stejný koncept může být také využit v létě ke chlazení objektů. V tomto případě se jedná o systémy vysokoteplotní, neboť teplota media v chladicím potrubí je blízká k teplotě požadované uvnitř místnosti. Vůbec nejideálnějším řešením je v průběhu zimy využití nízkoteplotního podlahového vytápění resp. vysokoteplotního stropního chlazení v průběhu nejparnějších měsíců. [3], [4], [5]

Závěrem lze říct, že jsou tyto moderní formy přívodu nebo odvodu tepla z objektu velice efektivní. Velká otopná plocha umožňuje snížení vnitřní teploty místnosti při zachování stejného komfortu. Systém je celkově mnohem úspornější než tradiční radiátory. Tepelná pohoda v objektech je mnohem vyšší, k čemuž přispívá i menší tvorba nežádoucích průvanů a víření prachu vlivem nižšího teplotního gradientu. Ohřátý vzduch má tendenci pouze stoupat vzhůru a nevytváří silnou cirkulaci a nepříjemný studený proud v oblasti nohou a chodidel jako u převážně konvektivních soustav. Navíc nejsou tyto otopné soustavy vázány pouze na jeden typ zdroje tepla. Je třeba také vyzdvihnout, že velkoplošné vytápění nikterak esteticky a dispozičně nenarušuje interiér jako některé konvenční radiátory. Těmito všemi výhodami jsou nízkoteplotní soustavy předurčeny do všech moderních, nízkoeenergetických a ekologických domů. [3], [7], [10]

Co se týče záporných vlastností, opět zde figuruje vyšší pořizovací cena jako u všech inovací. Složitější je projektování i samotné přizpůsobení na míru dané budově a také opravy a změny již hotového systému.

Jak už bylo zmíněno nejčastěji používanou teplotonosnou lákou při provozu nízkoteplotních soustav, je voda. Především pro své fyzikální vlastnosti a jasně definované chování v rámci užívaných teplot v těchto systémech. [3]

2.4 Tepelná pohoda

Hlavním cílem jakéhokoliv vytápění je vytvořit tepelnou pohodu prostředí. Ta je definována jednak subjektivním pocitem komfortu a spokojenosti člověka s mikroklimatem uvnitř místnosti. Ve stavu, kdy se člověk cítí tepelně neutrálně vzhledem k vnějšímu prostředí, nedochází k pocení, pocitům chladu nebo vnímání nepříjemných průvanů. Dále lze tepelnou pohodu definovat jako vyrovnanost tepelných toků na straně člověka (metabolický tepelný tok) a na straně prostředí (tepelný tok, kterým je člověk ochlazován, případně ohříván). Do tepelné bilance významně promlouvá součet tepelných toků přenášených sáláním, konvekcí, vedením, vypařováním a také dýcháním. [10]

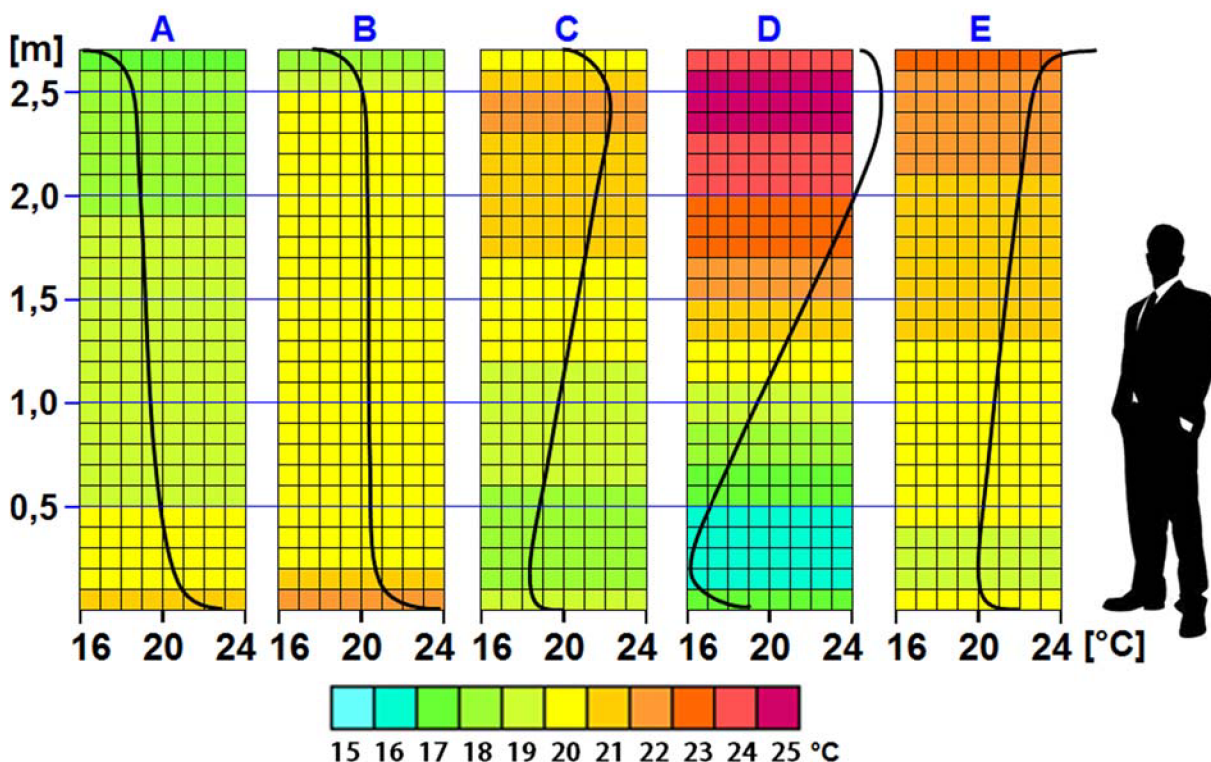
Vnější faktory ovlivňující tepelnou pohodu prostředí jsou:

- Teplota vzduchu t_i [$^{\circ}\text{C}$]
- Rychlost proudění vzduchu w [m/s]
- Střední radiační teplota t_r [$^{\circ}\text{C}$]
- Relativní vlhkost vzduchu ϕ [%]

Faktory vnitřní (na straně člověka):

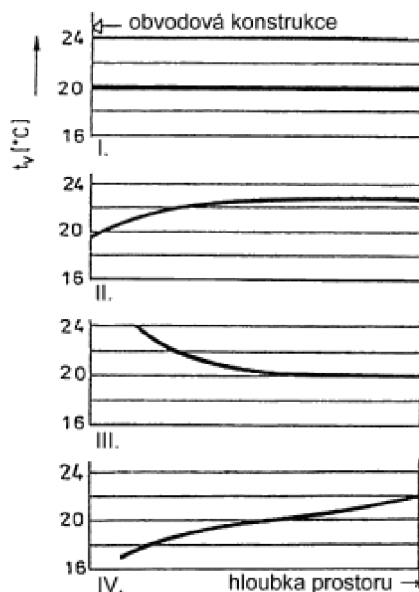
- Tepelný odpor oděvu R_{od} [clo; $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$]
- Aktivita a její intenzita q_m [met; W/m^2]
- Individuální dispozice člověka a účinnost termoregulace organismu

U sálavého vytápění je důležité z hlediska tepelné pohody předcházet situacím, kdy vzniká v daném prostředí významná asymetrie teplot. Nežádoucí je příliš studená či teplá podlaha, vyšší rychlost proudění vzduchu a s ní spojené nepříjemné průvany. Komplexní zhodnocení tepelné pohody v praxi lze vyjádřit pomocí vertikálních a horizontálních teplotních řezů místnosti. Na obr. 2 je zobrazeno porovnání vertikálních rozložení teplot u nejpoužívanějších druhů vytápění. První sloupec vlevo znázorňuje teoreticky idealizovaný stav. Tento teplotní profil by měl působit na člověka nejpříjemněji. [3], [10]



Obr. 2 Vertikální teplotní profil v místnosti u různých forem vytápění; A – ideální průběh teplot, B – podlahové vytápění, C – vytápění radiátory, D – teplovzdušné vytápění (konvektor), E – stropní vytápění [31]

Z obrázku je patrné, že nejbližší ideálu má podlahové vytápění. To je dáno hlavně nejvyšší povrchovou teplotou otopné plochy a pro člověka nejpříjemnějším umístěním. Vyšší teplota podlahy je žádoucí především v obytných budovách, kde se vyskytují neobutí lidé. Teplotní profil je po výšce velmi vyrovnaný a téměř splňuje ideální požadavek na mírně nižší teploty v úrovni hlavy. Neméně důležitý horizontální teplotní řez místnosti směrem od ochlazované obvodové konstrukce lze vidět na obrázku 3. U podlahového vytápění je pozorovatelný opět téměř ideální profil, který je dán velkou otopnou plochou, obvykle přes celou místnost. Drobný pokles teploty v bezprostřední blízkosti konstrukce může být částečně vyrovnán hustější lokální pokládkou podlahových trubic. [3], [4]



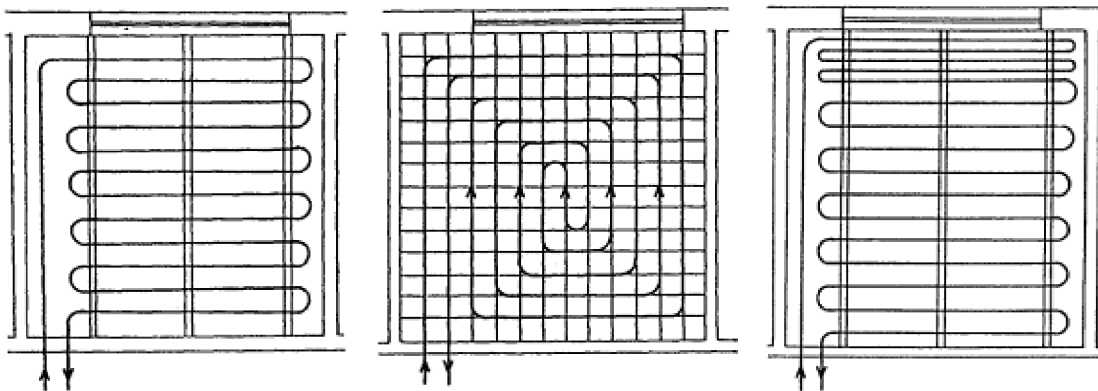
Obr. 3 Horizontální teplotní profil v místnosti u různých forem vytápění; I. – ideální průběh teplot, II. – podlahové vytápění, III. – článkový radiátor, IV. – stropní vytápění [4]

3 PODLAHOVÉ VYTÁPĚNÍ

3.1 Vodní

3.1.1 Konstrukce a typy

Výběr variant podlahového topení je značně široký. Základní princip a konstrukce je však totožná a zaleží spíše na daném objektu a konkrétní aplikaci při výběru nejvhodnější z nich. Otopnou plochu tvoří podlaha, ve které je vinutý „topný had“. Teplonosnou látkou může být voda, méně častěji elektřina nebo i vzduch v případě podlahových konvektorů. Pro vinutí trubíc jsou nejčastěji využívány tvary meandru nebo plošné spirály (obr. 4). Často je při pokládce provedeno lokální zhuštění trubíc, aby byly vyrovnány větší tepelné ztráty u chladnějších částí místnosti např. v okolí vnějších stěn nebo rozměrných oken (obr. 4). [7]

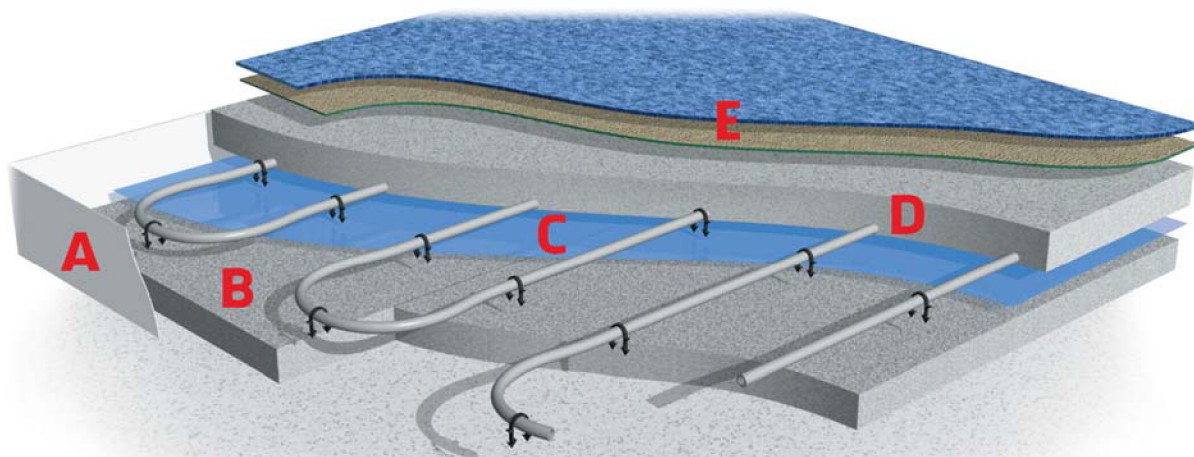


Obr. 4 Způsoby pokládky potrubí podlahového vytápění; zleva – ve tvaru meandru, ve tvaru plošné spirály, plošná spirála včetně zhuštění v okrajové zóně [4]

Dále se rozlišuje způsob uložení otopných trubíc v samotné podlaze. Častější formou je tzv. „mokrý“ způsob pokládky, kdy jsou trubice přímo zality ve vrstvě betonu. Typické složení vrstev tohoto typu konstrukce vystihuje obr. 5.

U „suchého“ způsobu pokládky je potrubí uloženo přímo do izolační vrstvy, nebo do mezery mezi izolací a betonovou vrstvou. Ve druhém případě je potrubí uloženo v hliníkové kapse, která napomáhá vyrovnanějším teplotám a lepšímu přestupu tepla do podlahy.

Rozložení dalších vrstev podlahy je u obou typů pokládky jinak velmi podobné. Výhodou „suchého“ způsobu je nižší a lehčí profil, avšak díky vzduchové kapse v bezprostřední blízkosti trubíc nedosahuje takových měrných tepelných toků jako „mokrý“ způsob. Především váha konstrukce celé podlahy může být důležitý faktor u některých instalací a rekonstrukcí vytápění. [7], [12]



Obr. 5 Rozložení vrstev u „mokrého“ způsobu pokládky; A - obvodová tepelně-izolační dilatační deska, B – tepelně-akustická izolace na nosné konstrukci, C – reflexní fólie + hydroizolace, D – otopný had zalitý v betonové vrstvě, E – nášlapná + podlahová krytina [19]

Návrhový tepelný výkon otopného hadu na pokrytí tepelných ztrát v místnosti počítá s přesnou roztečí jednotlivých trubíc. Splnění této podmínky klade nároky na zkušenost projektanta v návrhu vinutí, která jsou mnohdy velmi složitá. Taktéž samotná instalace vyžaduje pečlivost. V praxi usnadňuje pokládku a dodržení navrhované rozteče řada přípevňovacích systémů, z nichž nejpoužívanější jsou:

- Upevnění do plastových lišt (*obr. 7*)
- Přivazování nebo přípevňování plastovými příchytkami na síť, či přímo do izolační vrstvy
- Vtlačováním do systémové desky (*obr. 6*)

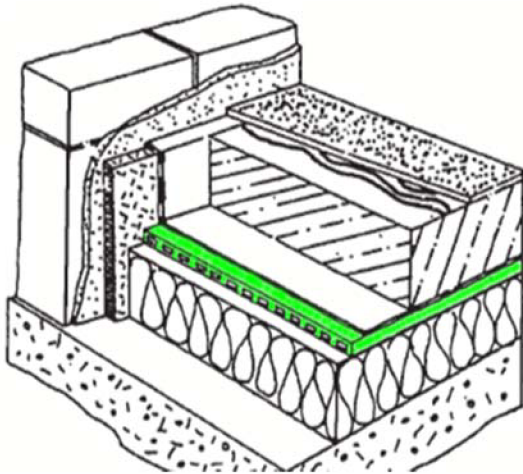


Obr. 6 Systémová deska [32]

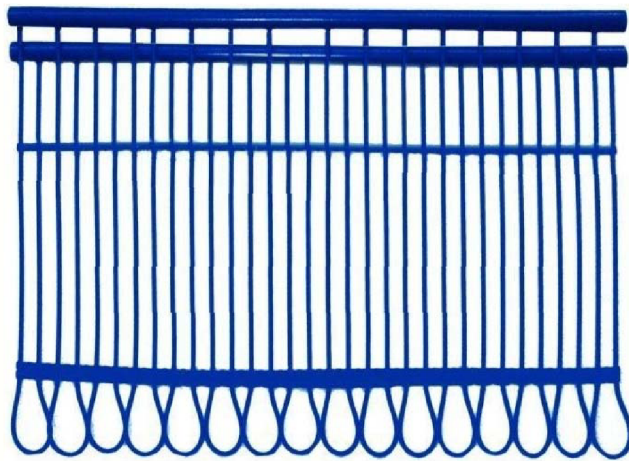


Obr. 7 Přípevňovací plastová lišta [18]

K alternativním řešením podlahového topení na bázi vody patří také kapilární rohože (*obr. 9*) a modulové klima desky (*obr. 8*). Otopné medium proudí těmito moduly pomocí úzkých kanálků. Instalace a konstrukce je jednodušší, levnější a soustava má rychlejší odezvu na změnu teploty media. Rozměry kanálků vykazují velké požadavky na čistotu vody. Kapilární rohože, vzhledem ke své velmi nízké váze, nalézají uplatnění především při stropním nebo stěnovém vytápění, či chlazení, kde hraje roli každý kilogram. [7]



Obr. 8 Modulové klima desky [7]



Obr. 9 Kapilární rohož [17]

3.1.2 Materiály potrubí

Při konfrontaci s podlahovým potrubím se lze setkat s těmito materiály:

- 1) Nerezová ocel
- 2) Měď
- 3) Plasty
- 4) Kombinace materiálů (vícevrstvé)

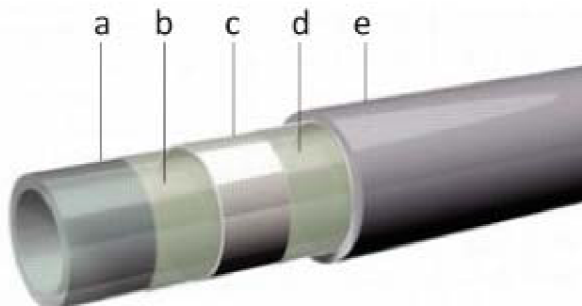
Nerezová ocel se v dnešní době používá už jen sporadicky. Velkým neduhem materiálu je problematická stránka spojování. Tento nedostatek je ve velké míře potlačen u potrubí z mědi, které se využívá velmi často. Svařované spoje nevykazují žádné známky nestability a křehkosti. Materiál si zachovává výbornou korozivzdornost, pevnost a umožňuje tenkostěnné provedení. Aktuální je však evoluce a aplikace plastových potrubí. Jedná se o makromolekulární vysoce ohebné látky. Instalace je jednoduchá, hmotnost a cena nízká. Je nutno dbát na pokyny výrobce hlavně z hlediska provozních teplot. Při nedodržení mohou vykazovat známky křehnutí, rychlejšího stárnutí, či tavení. Obecně mají tyto hmoty velmi specifické vlastnosti a nejvhodnější výběr se může lišit od konkrétní aplikace. Nejpoužívanější jsou plasty na bázi polyetylenu. K těm nejznámějším patří: [7]

- Polyetylen třídy A (PEXa) (obr. 10)
- Polypropylen (PP-B)
- Polypropylen (PP-R)
- Polybuten (PB)
- Chlorovaný polyvinylchlorid (C-PVC)
- Polyvinylidenfluorid (PVDF)



Obr. 10 Plastové potrubí polyethylen PEXa [21]

Vícevrstvé materiály pro „otopné hady“ spojují výborné vlastnosti plastických hmot a nízkou teplotní roztažnost kovů. Na *obr. 11* je vícevrstvé potrubí PEX-AL-PEX. Na plastovém potrubí (a) je navinutý tenký hliníkový plášť (c) a ochranná plastová vrstva (e), spojeno vrstvy pojiva (b, d).



Obr. 11 Vícevrstvé plastové potrubí PEX-AL-PEX [21]

3.2 Elektrické

S elektrickým vytápěním jako hlavním zdrojem tepla se lze obvykle setkat tam, kde není dostupná žádná jiná energetická alternativa. Soustava je provozně nejnákladnější. Na druhou stranu pořizovací náklady jsou oproti jiným zdrojům téměř zanedbatelné. Své užití nalézá především jako doplňkový zdroj energie nebo v nízkoenergetických domech a dřevostavbách, kde jsou tepelné ztráty velmi nízké. Spousta jiných zdrojů by zde byla předimenzovaných a pracovaly neefektivně. Systém pokládky a rozložení podlahových vrstev je podobný jako u vodního podlahového vytápění.

3.2.1 Režimy

Dle typu skladby podlahové plochy lze elektrická vytápění, která jsou realizována topnými kabely, rohožemi nebo fóliemi, rozdělit na 3 různé režimy [7], [22]:

Plně akumulční

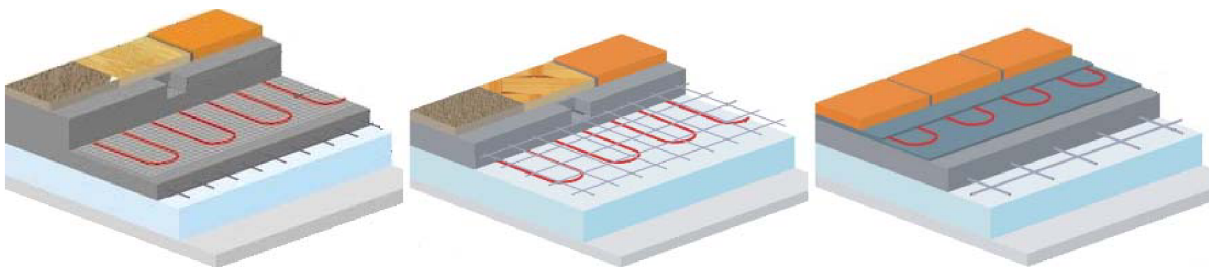
Akumulaci zajišťuje betonová vrstva tloušťky 90-150 mm nad 50-60 mm tepelné izolace. Topné články jsou umístěny do 2/3 od povrchu betonové vrstvy. Instalovaný tepelný příkon je 160-200 W/m². Systém je velmi těžce regulovatelný. (*obr. 12*)

Poloakumulační

Uložení topných článků v polovině betonové vrstvy o tloušťce 60-90 mm. Instalovaný tepelný příkon je 120-160 W/m². Vlastnostmi je velmi podobný předchozímu typu. (obr. 12)

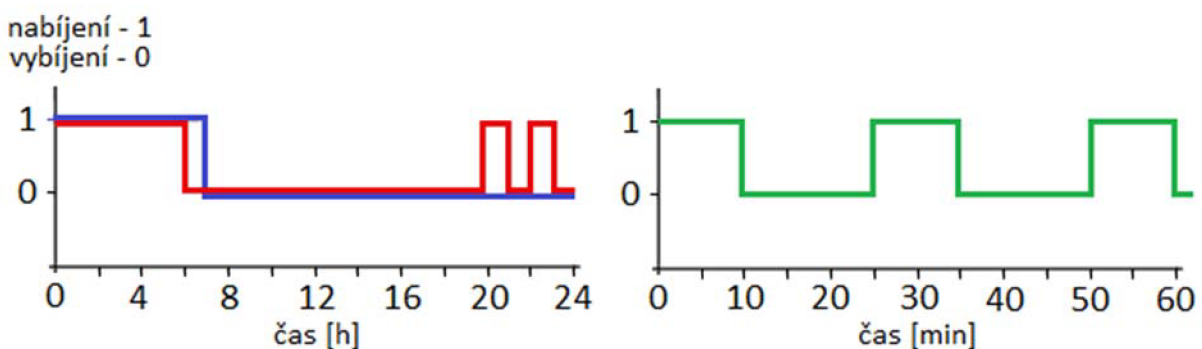
Přímotopný

Betonová vrstva o tloušťce max. 50 mm. Samotné topné prvky jsou umístěny bezprostředně pod podlahovou krytinou, zalité v tenké vrstvě nivelační stěrky. Elektrické kabely jsou malého průměru a kladeny blízko u sebe, aby bylo dosaženo rovnoměrného prohřátí nášlapné vrstvy. Tento režim je nejpoužívanější a umožňuje jak hlavní vytápění, tak lokální komfortní např. v blízkosti sprchových koutů a van. (obr. 12)



Obr. 12 Režimy elektrického vytápění; zleva - plně akumuláční, poloakumuláční, přímotopný [22]

Všechny tři režimy jsou charakteristické tím, že pracují v cyklech nabíjení (elektrickými kabely prochází proud a předává teplo do akumuláční vrstvy) a vybíjení (kabely jsou odpojeny, akumuláční vrstva předává teplo do prostoru a postupně se ochlazuje). Čím tlustší akumuláční vrstva, tím delší intervaly jednotlivých period a tím horší regulace. Typické provozní cykly jednotlivých režimů jsou zobrazeny na obr. 13. U akumuláčních režimů dochází k nabíjení a odběru elektrické energie v noci, když je nejnižší zatížení elektrické sítě (nízký tarif – NT). Z hlediska finančních nákladů za rok na jednotlivé režimy platí přímá úměra – čím více akumulace, tím dražší provoz. [7], [22]

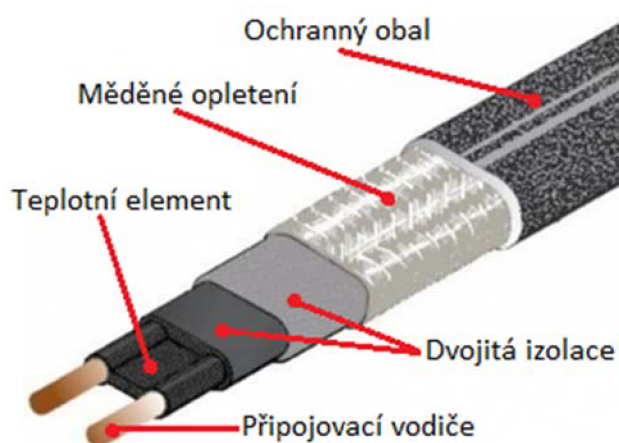


Obr. 13 Provozní cykly elektrického vytápění; plně akumuláční (modře), poloakumuláční (červeně), přímotopný (zeleně) [7]

3.2.2 Topné prvky

Topný kabel

Dostupné jsou jednožilové a dvoužilové kabely. Okolo odporového jádra, kde dochází k přímé přeměně elektrické energie na tepelnou, je izolační obal a ochranná vrstva. Zvláštním případem jsou samoregulační dvoužilové vodiče (obr. 14). Jádra jsou spojena teplotně závislým odporovým elementem. Výkon kabelu se zvyšuje a klesá v závislosti na jeho teplotě. Pro velkoplošné vytápění se používají vodiče s tepelným výkonem 10-20 W/m. Základními předpoklady kvalitního topného kabelu jsou dobré elektroizolační vlastnosti, vysoká tepelná vodivost, ohebnost a životnost. [7]



Obr. 14 Elektrický topný kabel – vrstvy [18]

Topná rohož

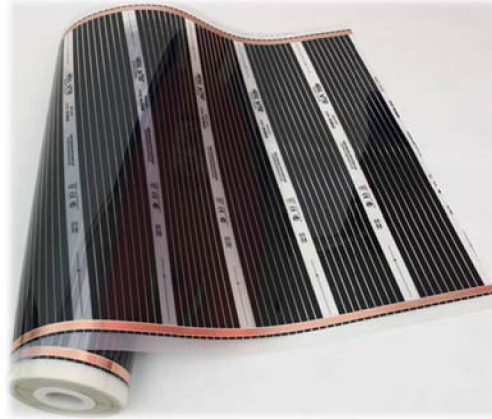
Kompaktní provedení topného kabelu již připevněného na nosnou síť v konstantní rozteči. (obr. 15) Dostupné délky až 20m. Nabízené měrné tepelné výkony jsou v rozmezí 80-160 W/m². Vyšší výkony nacházejí uplatnění zejména jako lokální, občasné komfortní vytápění, nikoliv po celé ploše místnosti, či budovy. Provedení zajišťuje jednoduchou instalaci. [22]



Obr. 15 Elektrická topná rohož [18]

Topná fólie

Vodiče jsou zalisovány v polyesterové fólii. (obr. 16) Velkou výhodou je minimální tloušťka a to pouze 0,4 mm. Pokládka je možná přímo pod dřevěné nebo laminátové podlahy. Dostupný rozsah měrných tepelných výkonů je 40-200 W/m². [22]



Obr. 16 Elektrická topná fólie [23]

4 TEPELNÁ ČERPADLA TYPU ZEMĚ-VODA

4.1 Typy a princip

Princip funkce TČ země-voda je stejný jako u všech ostatních druhů tepelných čerpadel. Zařízení v tomto případě využívá energii obsaženou v zemi a pomocí kolektoru a teplotonosné látky ji předává v TČ do vody, která se ohřívá. Teplo v hloubkách do 10 m je naakumulováno v průběhu letních měsíců především působením slunečního záření a vyššími teplotami okolního vzduchu. Ve větších hloubkách se již jedná o geotermální zdroj energie a teplota je v těchto místech na průběhu ročního období nezávislá. V zimním období, tedy v době zvýšených požadavků objektu na teplo, především na vytápění, se půda v bezprostřední blízkosti kolektoru ochlazuje. Naopak v letních měsících se půda v povrchových vrstvách tepelně regeneruje. Existují dva druhy kolektorů pro jímání energie ze země. [2], [3]

Plošný kolektor

Teplo je ze země odebíráno pomocí horizontálně uloženého trubkového tepelného výměníku (obr. 17). Plastové potrubí se ohřívá od okolní půdy a předává teplo nemrznoucí teplotonosné látce, která v něm koluje. V podmínkách ČR je trubkové lože obvykle uloženo ve hloubce 1-2 m v závislosti na lokalitě a typu místních hornin. Na geologické povaze také závisí celková délka trubek zemního výměníku. Na 1 kW tepelného výkonu je potřeba 20-100 m potrubí. Čím vlhčí půda tím lepší přenos tepla a kratší výměník. Ten by měl být uložen v tzv. nezámrazné hloubce typické pro dané místo. Nevýhodou tohoto typu může být částečné znehodnocení pozemku vlivem podchlazení, což může do jisté míry ovlivnit růst rostlin. Dále v místě nad kolektorem nelze stavět další budovy, skleník ani bazén. Případně je nutno omezit i výskyt vyšších stromů nad kolektorem, které jej mohou svými hlubokými kořeny poškodit. [2], [3]



Obr. 17 Plošný kolektor [34]

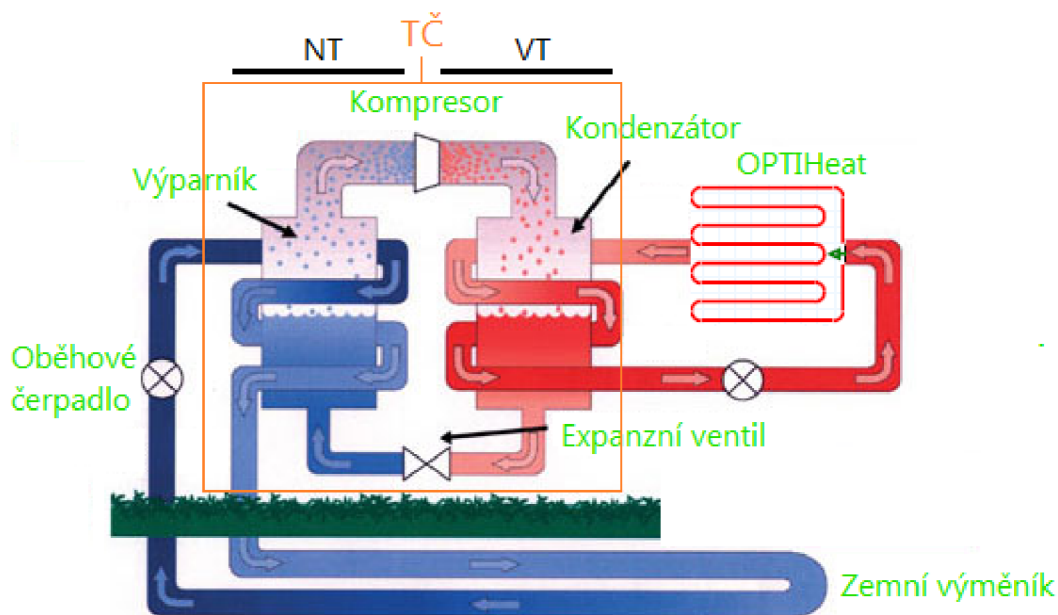
Vertikální hlubinný vrt

Při použití vertikálního vrtu jako kolektoru tepla (*obr. 18*) bývá využito jedné nebo více hlubinných sond, které jsou tvořeny svazkem měděných trubek s plastovým povlakem. Tyto kolektory je též možno považovat za geotermální, neboť jsou vrty hluboké obvykle až 150 m. Rekordmanem v ČR je dle [33] hlubinný vrt ve Strakonici hluboký 245 m. Vrt má obvykle průměr 130-220 mm, ve kterém jsou umístěny sondy utěsněné cementovou nebo jílocementovou směsí. Výhodou této varianty je jímání tepla z hornin o vyšší teplotě, s čímž narůstá efektivita celého systému. Průměrná teplota v hloubce 100 m pod povrchem se pohybuje okolo 10 °C. Vrt nezabírá tolik místa na pozemku. K negativům naopak patří, že ne všude je možný, považuje se za vodní dílo a k výstavbě jsou nutná povolení. Cenová realizace této varianty je asi 3krát dražší, než u plošného kolektoru. [2], [3]



Obr. 18 Hlubinný vrt [34]

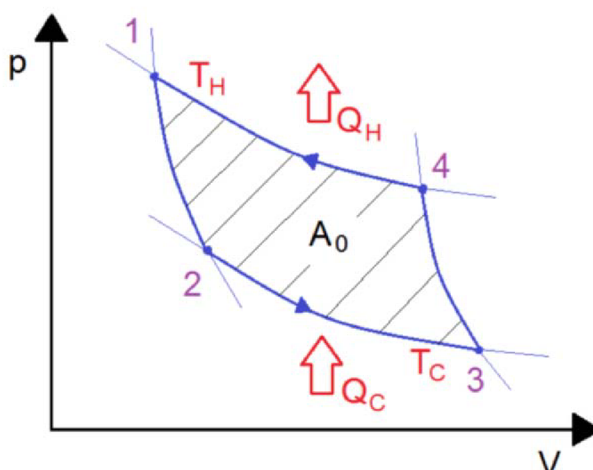
V řešené dřevostavbě bude TČ primárním okruhem napojeno na plošný zemní kolektor. V tomto okruhu bude kolovat nemrznoucí směs Etanolu a vody. Primární okruh končí ve výparníku TČ, který slouží také jako výměník tepla. Zde je tepelná energie z primárního okruhu předána chladicí kapalině cirkulující v sekundárním okruhu (okruh TČ). Kapalina se díky této energii dostává do varu a mění se na plyn, který je poté možno jednoduše stlačit pomocí kompresoru. Děj přechází do vysokotlaké fáze (VT). Plyn o vysoké teplotě a tlaku obsahuje velké množství tepelné energie. Tu následně odevzdává v kondenzátoru, který opět funguje jako tepelný výměník. Chladivo se mění opět na kapalinu a předává tepelnou energii vodě topného okruhu (podlahové vytápění), případně ohřevu TUV. Odtud chladicí kapalina putuje expanzním ventilem, snižuje se jeho teplota a tlak. Proces se dostává do nízkotlaké fáze a začíná na novo vstupem do výparníku (*obr. 19*). [2], [13]



Obr. 19 Schéma oběhu tepelného čerpadla země-voda [26]

4.2 Účinnost

Pro zhodnocení účinnosti lze pracovní cyklus TČ idealizovat jako obrácený Carnotův cyklus (obr. 20). Přívod tepla Q_c (vstup nemrznoucí směsi ze zemního kolektoru do TČ) se realizuje při nižší teplotě T_c (izotermický děj ve výparníkovém výměníku). Následuje adiabatická komprese a ohřev. Odvod užitečného tepla Q_H do otopné soustavy se realizuje při vyšší teplotě T_H (izotermický děj v kondenzátorovém výměníku). Následuje adiabatická expanze a cyklus se opakuje. [9]



Obr. 20 Obrácený Carnotův cyklus [9]

Aby tento cyklus mohl fungovat, je mu třeba dodat práci A_0 (pohon kompresoru). Z obrázku je patrné, že velikost práce je úměrná vyšrafované ploše uvnitř p-V diagramu. Chceme-li zvýšit účinnost TČ je nutno tuto pluchu zredukovat. To je možné u TČ typu země-voda snížením rozdílu teplot mezi vstupem ze zemního kolektoru T_c a výstupem do otopné soustavy T_H na minimum. Prakticky řečeno je pro maximální

účinnost důležitý korektní návrh zemního výměníku a ryze nízkoteplotní otopná soustava. Účinnost provozu TČ resp. jeho hospodárnost vyjadřuje topný faktor (COP): [9]

$$\varepsilon_{top} = \frac{|Q_H|}{|A_0|} = \frac{|Q_H|}{|Q_H| - Q_C} \quad [-]$$

Pro Carnotův cyklus:

$$\varepsilon_{top} = \frac{T_H}{T_H - T_C} \quad [-]$$

Topný faktor TČ je vždy vyšší než 1 (obvykle 2-5) a udává kolikrát více užitečné tepelné energie je TČ schopno vytvořit z energie spotřebované na pohon kompresoru. U technických specifikací vyrobených TČ musí být vždy uvedeny podmínky, za kterých byl COP stanoven (teplota vstupní a výstupní kapaliny). Samostatná hodnota topného faktoru má velmi malou vypovídací hodnotu.

5 VSTUPNÍ DATA PRO NÁVRH NÍZKOTEPLTNÍ OS

5.1 Popis objektu

Projektovaná nízkoteplotní otopná soustava bude osazena do multifunkční dřevostavby. Objekt se nachází v obci Nedvědice (Jihomoravský kraj), 35 km severozápadně od Brna, na úpatí kopců Českomoravské vrchoviny. Stavba byla započata na konci podzimu minulého roku, kdy byly zahájeny výkopové práce, položeny základy včetně základové desky a následně postavena zděná garáž. Letos začátkem dubna po dlouhé zimě byly obnoveny stavební práce, které pokračovaly sestavením roubení 1. NP a trémového skeletu viz *obr. 21*. Dokončení stavby je odhadováno někdy v průběhu letních měsíců tohoto roku.



Obr. 21 Fotografie dřevostavby (datum pořízení snímku - 8. 4. 2013)

Aktualizace



Obr. 22 Fotografie dřevostavby (datum pořízení snímku - 19. 5. 2013)

Dispozičně je dřevostavba řešena jako 6+kk, bez podsklepení. Součástí objektu je garáž. Multifunkční využití stavby naznačuje kromě bydlení také podnikatelskou činnost. V 1. NP jsou klasické obytné prostory včetně prodejny (skladu hotových výrobků). V 2. NP jsou místnosti uzpůsobené přípravě a výrobě termooblečení. Pro lepší představu rozložení místností viz narýsované půdorysy obou podlaží v poslední příloze v závěru této práce.

Základní stavební materiály dřevostavby

Základová deska: *beton hutný*

Konstrukce objektu (roubení, trámy, desky, krovy): *dřevo z borovice*

Vnitřní příčky: *dřevo z borovice, YTONG pórobeton, sádkokartón*

Primární teploizolační obvodová vrstva: *konopná izolace*

Sekundární tepelně-akustická izolace podlah: *polystyrén*

Obvodová stěna garáže: *YTONG pórobeton*

5.2 Konstrukce obvodových stěn, tepelné vlastnosti

V této kapitole jsou provedeny výpočty součinitelů prostupu tepla jednotlivých obvodových konstrukcí. Vrstvy každé konstrukce včetně tloušťek a tepelných odporů jsou seřazeny do jednotlivých tabulek.

5.2.1 Podlaha 1. NP

Tab. 2 Skladba a tepelný odpor vrstev podlahy 1. NP

Název materiálu	Tloušťka d [m]	Součinitel tepelné vodivosti λ [W/m.K]
Podlahová krytina*	-	-
Nivelační stěrka Weber.niv PRO	0,002	1,16
Betonový potěr včetně podlahového topení	0,01	1,16
Fólie PE Giacomini R984	0,00015	0,5
Betonová mazanina	0,005	1,2
Polystyren (STYROTRADE EPS 150 S)	0,13	0,035
Heraklit (dřevocementové desky)	0,045	0,35
Radonelast (izolace proti zemní vlhkosti a radonu)	0,0045	0,21
Základová deska (beton)	0,1	1,2

*) variabilita podlahových krytin v závislosti na místnosti:

- Keramická dlažba: zádveří, chodba, koupelna, komora
- Plovoucí dřevěná podlaha: obývací pokoj +KK
- Koberec: ložnice, prodejna (sklad)

Výpočet součinitele prostupu tepla stěny:

$$U_k = \frac{1}{R_{se} + R_{si} + \sum_i^n R_i} \quad [W/m^2 \cdot K]$$

$$U_k = \frac{1}{R_{se} + R_{si} + \sum_i^n \frac{d_i}{\lambda_i}} \quad [W/m^2 \cdot K]$$

kde R_{se} , R_{si} jsou tepelné odpory při přestupu tepla mezi stěnou a vzduchem na vnitřní a vnější straně a R_i jsou tepelné odpory jednotlivých sériově řazených vrstev stěny.

Výsledný součinitel prostupu tepla U_k po dosazení pro typ konstrukce: Základy, podlaha 1. NP

$$U_k = 0,237 - 0,255 \text{ W/m}^2 \cdot K$$

(rozmezí hodnot dle typu použité podlahové krytiny viz příloha A)

5.2.2 Obvodová stěna 1.NP

Tab. 3 Skladba a tepelný odpor vrstev obvodové stěny 1. NP

Název materiálu	Tloušťka d [m]	Součinitel tepelné vodivosti λ [W/m.K]
Trám (dřevo měkké)	0,097	0,18
Konopná izolace	0,1	0,04
Trám (dřevo měkké)	0,097	0,18

Výsledný součinitel prostupu tepla U_k po dosazení pro typ konstrukce: Obvodová konstrukce 1. NP

$$U_k = 0,267 \text{ W/m}^2 \cdot K$$



Obr. 23 Detailní pohled na roubení 1. NP včetně konopné izolace

5.2.3 Podlaha 2. NP

Tab. 4 Skladba a tepelný odpor vrstev stropu 1. NP

Název materiálu	Tloušťka d [m]	Součinitel tepelné vodivosti λ [W/m.K]
Podlahová krytina*	-	-
Lepidlo	0,002	1,16
Betonový potěr včetně podlahového topení, Weber.bat 30 MP	0,01	1,16
OSB Superfinish ECO	0,022	0,096
Polystyren kročejový - STYRPFLOOR T5	0,1	0,039
Desky	0,03	0,18

*) variabilita podlahových krytin v závislosti na místnosti:

Keramická dlažba: chodba, sociální zařízení, koupelna, WC

PVC: stříhárna, šicí dílna

Koberec: kancelář

Výsledný součinitel prostupu tepla U_k po dosažení pro tento typ konstrukce:

$$U_k = 0,3 - 0,308 \text{ W/m}^2\text{K}$$

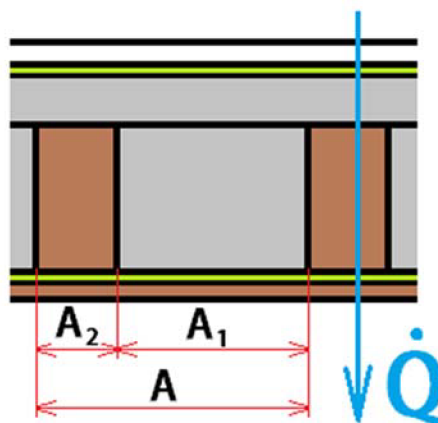
(rozmezí hodnot dle typu použité podlahové krytiny viz příloha A)

5.2.4 Obvodová stěna 2. NP

Tab. 5 Skladba a tepelný odpor vrstev obvodové stěny 2. NP

Název materiálu	Tloušťka d [m]	Součinitel tepelné vodivosti λ [W/m.K]
Sádrokarton	0,0125	0,22
Parotěsná fólie	0,0002	-
Konopná izolace	0,06	0,04
Konopí + dřevěné trámy	0,16	výpočet
Paropropustná fólie	0,0005	-
Pobití - latě	0,03	0,18

Schématický horizontální řez stěnou dle obr. 24.



Obr. 24 Horizontální řez stěnou

Výpočet součinitele prostupu tepla stěnou včetně paralelně řazených tepelných odporů (Konopí + dřevěné trámy)

$$U_k = \frac{1}{R_{se} + R_{si} + \sum_i^n \frac{d_i}{\lambda_i} + R_{paralel}} \quad [W/m^2.K]$$

$$U_k = \frac{1}{R_{se} + R_{si} + \sum_i^n \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\frac{A_1/A}{d_{p1}/\lambda_{p1}} + \frac{A_2/A}{d_{p2}/\lambda_{p2}}}} \quad [W/m^2.K]$$

kde A, A₁, A₂ jsou rozměry konstrukcí dle obr. 24 a d_{p1}, d_{p2} resp. λ_{p1}, λ_{p2} jsou jejich tloušťky resp. tepelné vodivosti

Výsledný součinitel prostupu tepla U_k po dosazení pro tento typ konstrukce:

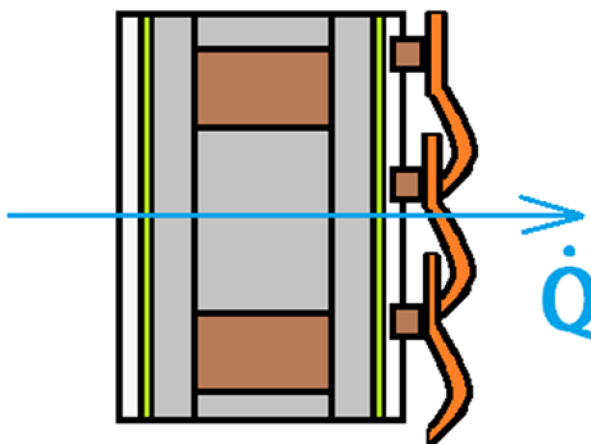
$$U_k = 0,208 \text{ W/m}^2.K$$

5.2.5 Střecha

Tab. 6 Skladba a tepelný odpor vrstev střechy

Název materiálu	Tloušťka d [m]	Součinitel tepelné vodivosti λ [W/m.K]
Sádrokarton	0,0125	0,22
Parotěsná fólie	0,0002	-
Konopná izolace	0,04	0,04
Konopná izolace + krokve	0,16	výpočet
Konopná izolace	0,04	0,04
Paropropustná fólie	0,0005	-
Vzduchová mezera	0,07	0,21
Střešní taška	0,015	1,36

Schématický horizontální řez střechou dle obr. 25.



Obr. 25 Horizontální řez střechou

Výsledný součinitel prostupu tepla U_k po dosazení pro tento typ konstrukce:

$$U_k = 0,201 \text{ W/m}^2\text{K}$$

5.2.6 Souhrn součinitelů prostupu tepla všech konstrukcí

Tab. 7 Souhrn součinitelů prostupu tepla jednotlivých konstrukcí

Stavební část	Součinitel prostupu tepla U_k [W/m ² .K]
Základy, podlaha 1. NP	0,237-0,255
Obvodová stěna 1. NP	0,267
Strop 1. NP / podlaha 2. NP	0,3-0,308
Obvodová stěna 2. NP	0,208
Vnitřní příčka roubená	1,226
Vnitřní příčka YTONG pórobeton	0,988
Vnitřní příčka sádkartón	1,806
Stěna u garáže (dřevo + YTONG)	0,179
Vnitřní dveře 80/197	2,2
Vnitřní dveře 70/197	2,2
Vnitřní dveře protipožární 80/197	2,5
Venkovní dveře (vchodové) 95/220	1,3
Okno 60/60	1,5
Okno 85/125	1,5
Okno 95/135	1,5
Okno střešní VELUX 78/140	1,4

6 TEPELNÉ ZTRÁTY BUDOVY

Výpočet tepelných ztrát dřevostavby byl proveden dle normy ČSN EN 12831. [1]

Lokalita stavby se nachází mezi Brnem a Žďárem nad Sázavou. Klimatickými podmínkami má místo blíže Žďáru nad Sázavou. Byla stanovena venkovní výpočtová teplota $\theta_e = -15 \text{ °C}$ a roční průměrná teplota vzduchu $\theta_{me} = 3,6 \text{ °C}$ (pro otopné období $\theta_{np,e} = 13 \text{ °C}$). Průměrná délka otopného období je 245 dnů.

Byly stanoveny vnitřní výpočtové teploty $\theta_{int,i}$ jednotlivých místností, jejich podlahové plochy a objemy prostoru viz *tab. 8*. Teploty byly určeny s ohledem na normu a individuální požadavky investora.

Tab. 8 Parametry místnosti a vnitřní návrhové teploty

Místnost	Značka	Plocha místnosti	Objem místnosti	Vnitřní teplota
		A [m ²]	V [m ³]	$\theta_{int,i}$ [°C]
OBYV. +KK	101+102	27,6	69,0	22*
KOMORA	103	3,15	7,9	20
WC	104	1,35	3,4	24
KOUPELNA	105	8,55	21,4	24
CHODBA	106	6,1	15,3	20
PRODEJNA/SKLAD	107	12,95	32,4	20
ZÁDVEŘÍ	108	5,95	14,9	18
LOŽNICE	109	14	35,0	20
GARÁŽ	110	39	93,6	nevytápěná
CHODBA2	201	5,65	14,7	18
PODESTA	202	0,85	2,2	nevytápěná
ŠÍCÍ DÍLNA	203	21,1	43,2	23*
STŘÍHÁRNA	204	35,35	76,6	23*
SOCIÁLNÍ ZÁZEMÍ	205	2,25	5,9	20
POKOJ - KANCELÁŘ	206	13,9	28,5	20
WC	207	2,06	3,6	20
ÚKLID KOMORA	208	2,06	3,6	20
Celkem		201,9	471,0	-
Celkem bez Garáže		162,9	377,4	-

*) Hodnoty požadované investorem

Celková návrhová tepelná ztráta Φ_i vytápěného prostoru (i), je dána rovnicí

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

Celkový návrhový tepelný příkon $\Phi_{HL,i}$ pro vytápěný prostor (i)

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

kde $\Phi_{T,i}$ – návrhová tepelná ztráta vytápěného prostoru (i) prostupem tepla [W],
 $\Phi_{V,i}$ – návrhová tepelná ztráta vytápěného prostoru (i) větráním [W],
 $\Phi_{RH,i}$ – tepelný příkon na zátok vytápěného prostoru (i) s přerušovaným vytápěním [W]

6.1 Ztráty prostupem

Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla $\Phi_{T,i}$ vytápěného prostoru (i):

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

kde $H_{T,ie}$ – součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do exteriéru (e) přes obalovou konstrukci budovy [W/K],
 $H_{T,iue}$ – součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do exteriéru (e) přes nevytápěný prostor (u) [W/K],
 $H_{T,ig}$ – součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do země (g) za ustáleného stavu [W/K]
 $H_{T,ij}$ – součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do sousedního prostoru vytápěného na jinou teplotu [W/K]
 $\theta_{int,i}$ – vnitřní výpočtová teplota vytápěného prostoru (i) [°C]
 θ_e – venkovní výpočtová teplota [°C]

6.2 Ztráty větráním

Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ vytápěného prostoru (i):

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

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

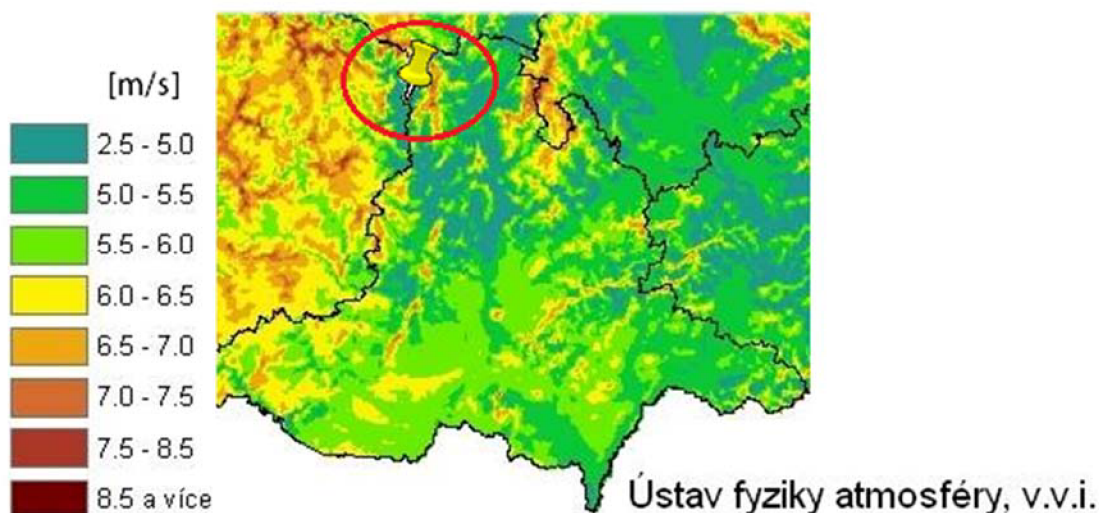
Tepelná ztráta větráním je závislá na objemovém toku \dot{V}_i vzduchu přivedeném do vytápěného prostoru (i) infiltrací a nuceným nebo přirozeným větráním.

V řešené dřevostavbě bude výměna vzduchu probíhat převážně přirozeným větráním. Stěžejní hodnota pro určení tepelné ztráty větráním se získá z rovnice:

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

kde $\dot{V}_{inf,i}$ – objemový tok vzduchu přivedený do vytápěného prostoru (i) infiltrací
 $\dot{V}_{min,i}$ – minimální objemový tok vzduchu přiváděný do vytápěného prostoru (i) daný hygienickými limity uvedenými v tab. 9

Hodnota $\dot{V}_{inf,i}$ zaleží především na umístění stavby v krajině, síle větrů v dané oblasti a těsnosti samotné stavby. Řešená dřevostavba leží v údolní krajině s nijak významnou větrnou expozicí (obr. 26). Navíc se v její blízkosti vyskytuje několik staveb a stromů o podobné či větší výšce plnicích funkcí větrolamů. V moderních „těsných“ novostavbách, za kterou je považována i řešená dřevostavba je dominantní hodnota $\dot{V}_{min,i}$ s níž bude počítáno.



Obr. 26 Větrná mapa jihomoravského kraje - průměrná roční rychlost přízemních větrů s vyznačenou lokalitou dřevostavby [35]

Tab. 9 Požadavky na větrání obytných budov dle ČSN EN 15665 [8]

Požadavek	Trvalé větrání (průtok venkovního vzduchu)			Nárazové větrání (průtok odsávaného vzduchu)		
	Intenzita větrání [1/h]	Dávka venkovního vzduchu na osobu [m ³ /h]	Místnost považovaná za pracoviště [m ³ /h/os]	Kuchyně [m ³ /h]	Koupelny [m ³ /h]	WC [m ³ /h]
Minimální hodnota	0,3	15	25	100	50	25
Doporučená hodnota	0,5	25		150	90	50

Z hlediska větrání je nutno zabezpečit v dřevostavbě nárazový nucený odtah pomocí ventilátorů v místnostech

1. NP: WC, koupelna, kuchyňský kout (digestoř nad sporákem)
2. NP: WC

Základní návrhové hodnoty rychlostí výměny vzduchu v jednotlivých místnostech dřevostavby udává tab. 10. Místnosti 203 a 204 jsou považovány za pracoviště, proto musí být splněn limit min. přívodu vzduchu 25 m³/h na osobu. Na obou pracovištích je průměrný výskyt 1 osoby. Dále zvýšené hodnoty v místnostech 104 + 105 (zvýšená vlhkost) a 107 (výskyt zákazníků).

Tab. 10 Návrhové hodnoty intenzity výměny vzduchu v jednotlivých místnostech

Místnost			Nejnižší intenzita výměny vzduchu $n(V_i)$ [1/h]
1.NP	101+102	Obýv. pokoj + KK	0,5
	103	Komora	0,3
	104+105	WC/koupelna	1,0
	106	Chodba	0,5
	107	Prodejna (sklad)	1,0
	108	Zádveří	0,5
	109	Ložnice	0,5
2.NP	201	Chodba	0,3
	203	Šicí dílna	0,6
	204	Stříhárna	0,5
	205+207+208	SZ/WC/komora	0,5
	206	Kancelář	0,5

6.3 Tepelný příkon na zátáp

Návrhový tepelný příkon na zátáp $\Phi_{RH,i}$ potřebný k vyrovnání vlivu přerušovaného vytápění ve vytápěném prostoru (i):

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

kde A_i – plocha podlahy vytápěného prostoru (i) [m²]
 f_{RH} – korekční faktor vyjadřující závislost na době zátápu a uvažovaném snížení vnitřní teploty prostoru v době přerušování vytápění [-]

V řešené dřevostavbě byla nejprve plánovaná doba nočního útlumu otopné soustavy v rozmezí 4-6 h. S ohledem na nízkou hmotnost konstrukce budovy a předpokládaný pokles teploty během této doby o max. 1-2 °C a následnou dobu zátápu 3 h, byl dle normy stanoven korekční faktor $f_{RH} = 6$. Po další diskuzi s investorem a po zhodnocení závěrů z [25], bylo rozhodnuto o nepřerušovaném vytápění. Tepelné čerpadlo bude dodávat teplo do soustavy nejvýše 22 h denně v rámci nízkého tarifu (NT) pro odběr elektřiny a nejdelší odstávka v průběhu dne nebude vyšší než 1 h. Výsledný korekční faktor $f_{RH} = 0$. Z čehož vyplývá i celkový příkon na zátáp $\Phi_{RH,i} = 0 W$.

6.4 Souhrn tepelných ztrát

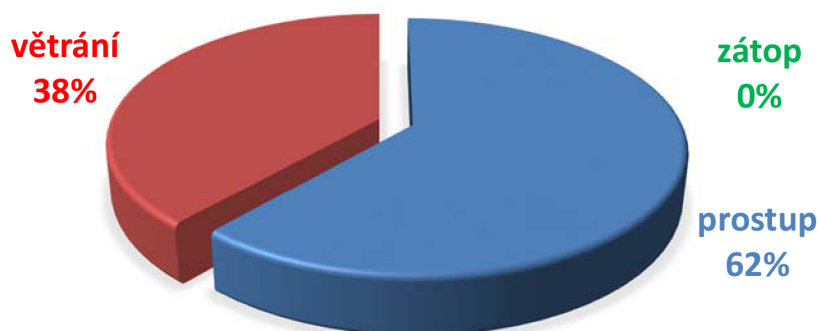
V následující tab. 11 je vyobrazeno shrnutí tepelných ztrát jednotlivých místností a budovy jako celku. V rámci zjednodušení při stejné vnitřní návrhové teplotě byly pro výpočet sloučeny v jeden celek tyto místnosti:

1. NP - WC + koupelna (104 + 105)
2. NP - sociální zázemí + WC + komora (205 + 207+ 208)

Z vypočtených hodnot v *tabulce 11* je patrné, že v některých místnostech nedochází k tepelným ztrátám, ale naopak k ziskům. Prostupy tepla ze sousedních místností převyšují tepelnou ztrátu. Tyto prostory nebude nutno vytápět. Taktéž vnitřní teplota v těchto místnostech bude v praxi nepatrně vyšší, než je teplota návrhová.

Tab. 11 Souhrn tepelných ztrát budovy

Místnost			Tepelná ztráta Φ_i [W]		zátop $\Phi_{RH,i}$ [W]	Celkem $\Phi_{HL,i}$ [W]
			prostup $\Phi_{T,i}$ [W]	větrání $\Phi_{V,i}$ [W]		
1.NP	101+102	Obýv. pokoj + KK	788	434	0	1222
	103	Komora	-34	28	0	-6
	104+105	WC/koupelna	358	328	0	687
	106	Chodba	156	47	0	203
	107	Prodejna (sklad)	371	385	0	757
	108	Zádveří	101	83	0	184
	109	Ložnice	384	208	0	593
2.NP	201	Chodba	-56	49	0	-7
	203	Šicí dílna	636	335	0	971
	204	Stříhárna	999	495	0	1493
	205+207+208	SZ/WC/komora	53	78	0	131
	206	Kancelář	470	169	0	640
Celkem Φ_{HL} pro budovu:			4228	2640	0	6868



Obr. 27 Graf procentuálního zastoupení jednotlivých složek tepelných ztrát

Detailní výpočet tepelných ztrát jednotlivých místností lze nalézt v příloze A.

7 PODLAHOVÉ VYTÁPĚNÍ OPTIHEAT

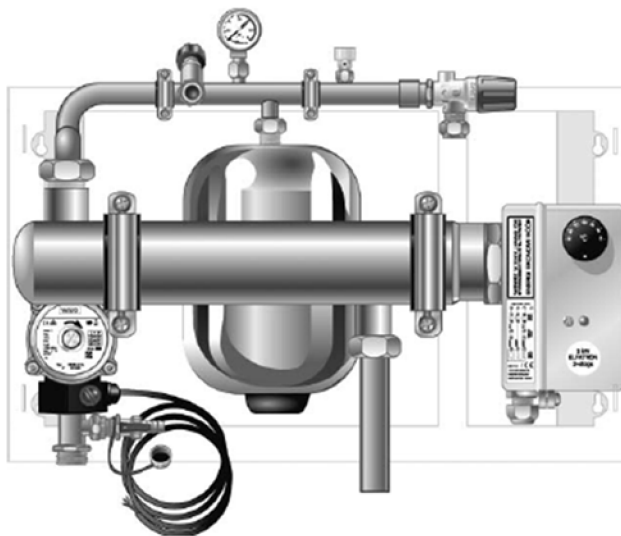
7.1 Popis systému

OPTIHeat je systém nízkoteplotního podlahového vytápění původem ze Švédska. Výrobce uvádí, že dokáže uspořit až 40 % nákladů na vytápění oproti klasickým podlahovým systémům. Toho je docíleno především velmi nízkou teplotou cirkulujícího média, která je nižší, než teplota lidského těla. Za ideálních podmínek lze dosáhnout tepelné pohody a požadované teploty vnitřního vzduchu v místnosti 20 °C střední teplotou otopného média jen o 2 °C vyšší, tedy 22 °C. Voda koluje v systému vysokou rychlostí, neboť teplotní spád přívodního a vratného potrubí činí pouze 3 °C. Díky těmto vlastnostem reagují „otopné hady“ velmi pružně na pokyny regulace. OPTIHeat je uzpůsoben pro napojení na jakýkoliv tepelný zdroj. Nejlépe však spolupracuje s tepelnými čerpadly, u kterých dokáže navýšit topný faktor oproti standardním podmínkám provozu a naplno tak využít nízkopotenciální zdroj tepelné energie. Systém je vhodný jak do menších prostor domů a bytů, tak do velkoplošných hal s plochou přesahující 1000 m². Ideální volbou je také pro rekonstrukce, kdy jej lze položit přímo na stávající podlahu a nezvýšit tak celkový profil o více jak 2 cm. [24]

7.2 Součásti

Centrální jednotka OptiFlow

Jedná se o řídicí jednotku a soubor všech potřebných komponent pro vytápění ohřev TUV a regulaci. (obr. 28) Zařízení je přímo napojeno na zdroj tepla. Skládá z termostaticky ovládaného elektrického topného tělesa, které spolu s deskovým výměníkem zajišťuje ohřev TUV, nebo i samotné vytápění, není-li k dispozici žádný jiný tepelný zdroj. Další důležitou součástí je oběhové čerpadlo. Nechybí ani manometr, pojistný ventil a expanzní nádoba o objemu 8 l. [24]



Obr. 28 Centrální jednotka OptiFlow [24]

V řešené dřevostavbě nebude jednotka OptiFlow využita. Vzhledem k její vysoké ceně a jiným požadavkům investora na regulaci a ohřev TUV bude výhodnější samostatný návrh dílčích komponent.

Dílčí rozdělovače OptiSplit

Mosazné rozdělovače jsou připojeny ke hlavnímu rozdělovači centrální jednotky. Každý dílčí vytápěcí okruh má svůj rozdělovač OptiSplit (Obr. 29), který může mít 5, 10, 15, 20, 25 nebo 30 vývodů. Vytápěný okruh je rovnoměrně rozdělen na určitý počet „otopných hadů“ o stejné délce tvořených potrubím OptiFlex. Přebývajících vývody jsou zaslepeny. [24]



Obr. 29 Napojení potrubí OptiFlex na rozdělovač OptiSplit [24]

Podlahové potrubí OptiFlex

Z potrubí jsou vytvořeny klasické otopné „hady“ podlahového vytápění. Materiálem těchto trubiček je vysoce ohebný EPDM plast (ethylen propylendien monomer). Laicky řečeno „guma“. Vnější a vnitřní průměry potrubí činí 9 mm resp. 5 mm. Při takto malých rozměrech je průměrný objem vody v potrubí na 100 m² vytápěné plochy jen asi 14 l. Dohřátí tohoto objemu vody o pouhé 3 °C tepelného spádu naznačuje velkou úsporu energie. Základní myšlenkou pokládky potrubí je rozdělení otopné plochy do co nejvíce smyček. Nutností je dodržení konstantní délky u každé z nich. Mezi jednotlivými smyčkami už není na rozdělovači OptiSplit žádný regulační

člen, proto požadavek jednotné délky definuje shodné třecí ztráty. Standardní dodávaná délka potrubí činí 35 nebo 50 m, kterou lze dále dle potřeby dělit. [24]

Další technické specifikace OptiFlex:

- | | |
|---------------------------|-------------------------|
| - Tepelný výkon | až 120 W/m ² |
| - Maximální tlak | 6 MPa |
| - Maximální teplota média | 90 °C |
| - Životnost | až 80 let |

8 PROJEKTOVÁNÍ OTOPNÝCH PLOCH

8.1 Tepelně technický výpočet

Základním předpokladem při výpočtu je, že střední povrchová teplota podlahy otopné plochy nepřekročí zákonem dané hygienické limity. V místech kde se vyskytují neobutí lidé, nesmí povrchová teplota podlahy překročit 29 °C. Výjimku tvoří koupelny a plovárny, tj. místa kde člověk chodí převážně bos. Zde je nejvyšší přípustná povrchová teplota zvýšena až na max. 34 °C. Doporučené povrchové teploty podlah různých krytin vyjadřuje *tab. 12*. Dalším nutným předpokladem je pokrytí tepelných ztrát vytápěného prostoru daným podlahovým okruhem. Ne vždy je možné tyto předpoklady splnit pouze samotným podlahovým systémem, a proto častěji ve starších stavbách slouží tento typ vytápění pouze jako doplňkový. [7]

Tab. 12 Doporučené povrchové teploty pro různé podlahové krytiny [12]

Podlahový materiál	Doporučené rozmezí povrchové teploty podlahy t_p (°C)
Textilie	21,0 až 28,0
Korek	23,0 až 28,0
Dřevo - borovice	22,5 až 28,0
Dřevo - dub	24,5 až 28,0
PVC na betonu	25,5 až 28,0
Linoleum na dřevě	24,0 až 28,0
Plynobeton	26,0 až 28,5

Střední povrchová teplota podlahy θ_p se vypočítá z rovnice [7]:

$$\theta_p = \frac{\Lambda_a}{\alpha_p} \cdot (\theta_m - \theta_i) \cdot \frac{\operatorname{tgh}\left(m \frac{l}{2}\right)}{m \frac{l}{2}} + \theta_i \quad [^{\circ}\text{C}]$$

- Kde
- θ_m - střední teplota otopné vody [°C]
 - θ_i - vnitřní výpočtová teplota místnosti [°C]
 - m - charakteristické číslo podlahy [1/m]
 - Λ_a - tepelná propustnost vrstev nad osou trubek podlahového topení [W/m².K]
 - α_p - celkový součinitel přestupu tepla (sálání, konvekce) na povrchu otopné plochy (obvykle 12 W/m².K)
 - l - rozteč trubek [m]

Charakteristické číslo podlahy m dle rovnice:

$$m = \sqrt{\frac{2 \cdot (\Lambda_a + \Lambda_b)}{\pi^2 \cdot \lambda_d \cdot d}}$$

kde Λ_b - tepelná propustnost vrstev pod osou trubek podlahového topení [W/m².K]
 λ_a - součinitel tepelné vodivosti materiálu mezi trubkami, ve kterém jsou zalaty [W/m.K]
 d - vnější průměr trubek [m]

Výpočet tepelné propustnosti vrstvy nad osou trubek:

$$\Lambda_a = \frac{1}{\sum \frac{a}{\lambda_a} + \frac{1}{\alpha_p}} \quad [\text{W/m}^2 \cdot \text{K}]$$

kde a - tloušťka jednotlivých vrstev nad osou trubek [m]
 λ_a - součinitel tepelné vodivosti jednotlivých vrstev nad osou trubek [W/m.K]

Výpočet tepelné propustnosti vrstvy pod osou trubek:

$$\Lambda_b = \frac{1}{\sum \frac{b}{\lambda_b} + \frac{1}{\alpha'_p}} \quad [\text{W/m}^2 \cdot \text{K}]$$

kde b - tloušťka jednotlivých vrstev pod osou trubek [m]
 λ_b - součinitel tepelné vodivosti jednotlivých vrstev pod osou trubek [W/m.K]
 α'_p - součinitel přestupu tepla na spodní straně otopné podlahy (obvykle 8 W/m².K)

Měrný tepelný výkon otopné plochy do místnosti (vzhůru):

$$\dot{q} = \alpha_p (\theta_p - \theta_i) \quad [\text{W/m}^2]$$

Měrný tepelný tok otopné plochy dolů

Tento tepelný tok je nežádoucí. Je dobré jej omezit dostatečnou tepelnou izolací pod otopnými trubkami. V přízemí se jedná o ztrátový tepelný tok. V 1. patře jde o ztrátový tepelný tok a zároveň tepelný zisk do místností o patro níž.

$$\dot{q}' = \Lambda_b \frac{\alpha'_p}{\Lambda_a} (\theta_p - \theta_i) + \Lambda_b (\theta_i - \theta'_i) \quad [\text{W/m}^2]$$

kde θ'_i - teplota pod podlahou [°C]

Celková otopná plocha pro místnosti ležící pod jinými vytápěnými místnostmi:

$$S_P = \frac{\dot{Q}_C}{\dot{q} + \dot{q}'}, \quad [\text{m}^2]$$

- pod nevytápěnými:

$$S_P = \frac{\dot{Q}_C}{\dot{q}} \quad [\text{m}^2]$$

kde \dot{Q}_C - celková tepelná ztráta místnosti [W]

Šířka okraje otopné plochy:

- Udává vzdálenost první trubky podlahového topení od stěny vymezející okrajovou plochu

$$r = \frac{2,3}{m} \quad [m]$$

Celkový tepelný příkon otopné plochy:

$$\dot{Q}_{PC} = (\dot{q} + \dot{q}') \cdot S_P \quad [W]$$

Skutečný tepelný výkon podlahové plochy $\dot{Q}_{PC,skut}$ je vyšší o tepelný tok dodaný okrajovou plochou \dot{Q}_O

$$\dot{Q}_{PC,sk} = \dot{Q}_{PC} + \dot{Q}_O \quad [W]$$

$$\dot{Q}_O = \dot{Q}_P \cdot \frac{O_p}{S_p} \cdot \frac{0,448 \cdot l}{tgh\left(m \cdot \frac{l}{2}\right)} \quad [W]$$

Kde O_p - obvod otopné plochy vymezené okrajovými trubkami [m]

S_p - otopná plocha vymezená okrajovými trubkami [m²]

Nábytek postavený na otopné ploše může snížit tepelný tok otopné plochy:

- Nábytek na vysokých nohách nemá vliv na tepelný výkon
- Na nízkých nohách snižuje výkon o 50 %
- Nábytek se soklem, či přímo položený na podlaze snižuje výkon o 90 % a více (je možno tepelný tok úplně zanedbat)

Pro přehlednost definice veškerého užitečného tepelného výkonu dodaného do místnosti:

$$\dot{Q}_{PC,all} = \dot{q} \cdot S_p + \dot{Q}_O - \dot{Q}_N + \dot{Q}_P'' \quad [W]$$

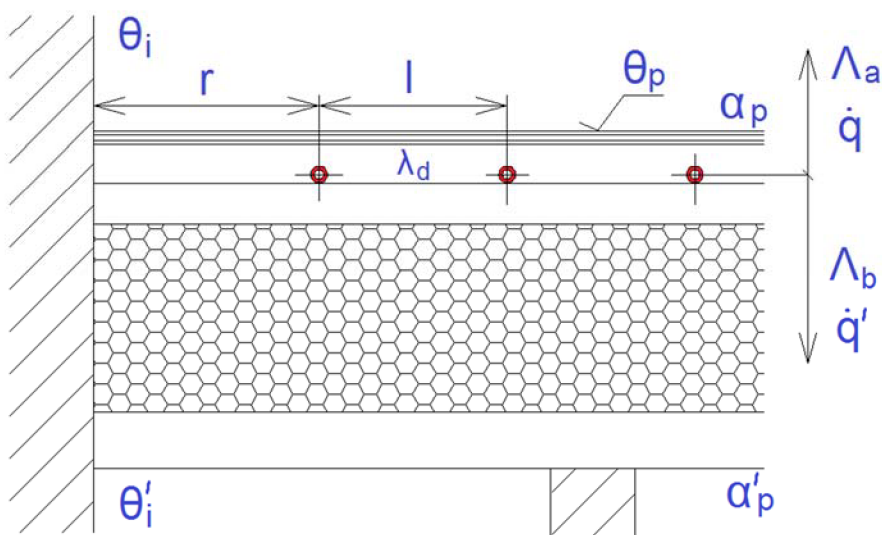
Kde \dot{Q}_N - tepelný tok pohlcený nábytkem [W]
 \dot{Q}_P'' - tepelný tok dodaný do místnosti z podlahového topení o patro výš [W]

Schématický náčrt řezu podlahou dle [7] pro tepelně technický výpočet demonstruje obr. 30. Modelově pro obrázek posloužila skladba podlahy šicí dílny. Na obrázku není znázorněn tepelně izolační dilatační pas u stěny. Tloušťky jednotlivých vrstev jsou v měřítku.

Vrstvy od shora dolů:

- podlahová krytina PVC (2 mm)
- fólie Ewifoam Universol (3 mm)
- betonový potěr včetně trubic podlahového topení (20 mm)
- desky OSB Superfinish ECO (22 mm)
- polystyrén kročejový (100 mm)
- dřevěné desky (30 mm)
- dřevěný trám

Skladba podlahy se dle patra a dle místností drobně liší (variabilita podlahových krytin). Metoda uložení trubic podlahového topení je všude stejná. Jedná se o „mokrý“ způsob pokládky – zalití trubek do 20 mm betonového potěru.



Obr. 30 Řez podlahovou plochou v šicí dílně

Stěžejním pilířem výpočtu bylo navrhnout nejnižší možný dostačující tepelný spád otopné soustavy. Nejprve proběhlo několik marných pokusů o optimalizaci tepelných výkonů podlahových ploch při tepelném spádu 33/30 °C, při kterém nebylo možno dosáhnout požadovaných návrhových vnitřních teplot určitých místností. Tepelný spád byl postupně zvýšen až na finální hodnotu **35/32 °C**, která vyhovuje

požadavkům všech místností. Navíc teplota vody 35 °C na vstupu do soustavy je výhodná z hlediska porovnání topných faktorů tepelných čerpadel, jež jsou mnohdy právě pro tuto teplotu cejchovány. Stručné shrnutí výsledků výpočtu jednotlivých podlahových okruhů nabízí *tab. 13*. Kompletní výpočty a parametry lze nalézt v příloze **C**.

Tab. 13 Tepelné výkony podlahových okruhů

Místnost			Tepelný výkon [W]		Pokrytí ztrát [%]	Rozteč [mm]
			Do místnosti (včetně $-\dot{Q}_N$)	Celkově okruh		
1.NP	101+102	Obyv. pokoj + KK	1227	1316	100,4	150
	103	Komora	0	0	-	-
	104+105	WC/koupelna	678	718	98,8	100
	106	Chodba	209	257	103,0	*
	107	Prodejna (sklad)	757	785	100,0	100
	108	Zádveří	214	293	116,0	*
	109	Ložnice	613	790	103,5	150
2.NP	201	Chodba	0	0	-	-
	203	Šicí dílna	992	1190	102,1	200
	204	Střihárna	1595	2001	106,8	200
	205+207+208	SZ/WC/komora	160	181	122,2	*
	206	Kancelář	662	747	103,4	150
Celkem pro budovu:			7107	8279	-	-

*) V těchto místnostech nebude vytvořen klasický otopný had

Snahou bylo držet rozteč potrubí v optimálním intervalu od 100 mm do 200 mm. Vůbec nejideálnější se z hlediska poměru užitečného tepelného výkonu a spotřeby materiálu a vody jevila rozteč 150 mm. Pod touto hranicí již příliš narůstá délka trubíc, objem vody v okruhu a u tepelného výkonu dochází ke zvýšení již jen nepatrně. Při roztečích nad 200 mm se naopak zvolna začíná projevovat tepelná nehomogenita podlahy. V průměru bylo dosaženo komfortního 5% předdimenzování otopných okruhů v budově. Velkým nepřítelem podlahového topení se stal nábytek umístěný bezprostředně na podlaze a u některých místností zásadně promluvil do dimenzování. Zvláště v místnosti 107, kde pokrývá navrhovaný výkon podlahového topení tepelnou ztrátu velmi těsně, se doporučuje instalace regálů na vysokých nohách.

V komunikačních prostorech a pomocných místnostech (106, 108, 205+207), nebude vzhledem k velmi nízkým tepelným ztrátám vytvořen klasický otopný had. Tepelný výkon u těchto okruhů je pouze orientační. Podlahové topení zde budou zajišťovat zbylé smyčky vytažené z okolních místností. Mírné podkročení vnitřní návrhové teploty u těchto místností bude v praxi tolerováno.

V místnosti 104+105 zbývá na pokrytí tepelné ztráty 11 W tepelného příkonu. Z tohoto důvodu i z praktického hlediska se doporučuje instalace elektrického topného žebříku např. Thermal Trend K-E 450/960 300 W.

8.2 Návrh podlahových smyček

Projektování podlahových smyček probíhalo paralelně s výpočtem tlakových ztrát (kap. 7.4). Jelikož švédský systém podlahového topení OPTIHeat počítá s vysokorychlostním prouděním kapaliny v okruzích, dochází i k relativně vysokým třecím ztrátám. Vnitřní průměr potrubí podlahových smyček je pouze 5 mm.

Návrh vinutí podlahových smyček probíhal v programu LoopCAD. Aby byla otopná soustava dobře regulovatelná a tlakové ztráty okruhů v přípustných mezích bylo navrženo celkem 51 podlahových smyček, každá o délce 17,5 m a v místnosti 203 byla snížena navrhovaná rozteč potrubí z 200 mm na 150 mm. V softwaru LoopCAD se ukázalo, že se do jednotlivých místností reálně vejde o něco více potrubí, než bylo stanoveno podle tepelně technického výpočtu (při zachování stejné rozteče a velikosti okrajové zóny). Program šikovně počítá i délku potrubí spotřebovanou na oblouky a přípoje. Díky většímu počtu smyček a vyššímu obsahu potrubí na místnost dojde k lepšímu rozložení navrhovaného tepelného výkonu a zmenšení rychlosti proudění resp. tlakových ztrát v jednotlivých smyčkách. Celkem bylo využito 892,5 m podlahového potrubí OptiFlex a 8 rozdělovačů OptiSplit. Při této délce je objem vody obsažený v otopných „hadech“ pouze 17,5 l. Rozvody v mědi je nutno od TČ po rozdělovače tepelně izolovat.

Výkresy návrhu vinutí podlahových smyček včetně rozdělovačů a přípojek ke zdroji pro obě podlaží lze shlédnout v poslední příloze na konci této práce.

8.3 Výpočet hydraulických ztrát

V otopné soustavě při proudění vody jakožto viskózní kapaliny vznikají tlakové ztráty. Rozeznáváme ztráty třením a místními odpory. Celkové tlakové ztráty lze pak vyjádřit pomocí vztahu [7]:

$$\Delta p_z = \Delta p_\lambda + \Delta p_\xi \quad [Pa]$$

kde Δp_z - celková tlaková ztráta okruhu [Pa]
 Δp_λ - tlaková ztráta třením [Pa]
 Δp_ξ - tlaková ztráta místními odpory [Pa]

Pro výpočet tlakových ztrát je nezbytné nejprve stanovit celkový hmotnostní tok vody otopnou soustavou resp. dílčí hmotnostní toky všech pod-okruhů:

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}_{PC}}{c \cdot \Delta t} \quad [kg/s]$$

kde \dot{Q}_{PC} - celkový tepelný výkon okruhu [W]
 c - měrná tepelná kapacita vody [J/kgK]
 Δt - teplotní spád soustavy [°C]

Vypočtená hodnota hmotnostního toku otopnou soustavou:

$$\dot{m} = 0,66 \text{ kg/s}$$

Objemový průtok při střední teplotě otopné vody 33,5 °C:

$$\dot{V} = 2,39 \text{ m}^3/\text{h}$$

Tlaková ztráta třením

Velikost ztráty je závislá především na délce potrubí l a rychlosti proudící kapaliny w . Základní rovnice nabývá tvar:

$$\Delta p_\lambda = R \cdot l \quad [\text{Pa}]$$

kde R - měrná tlaková ztráta [Pa/m]
 l - délka potrubí [m]

Měrná tlaková ztráta:

$$R = \frac{\lambda}{d_i} \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho \quad [\text{Pa}/\text{m}]$$

kde λ - součinitel třecí ztráty [-]
 d_i - vnitřní průměr potrubí [m]
 ρ - hustota vody [kg/m³]

Ve všech částech potrubí, včetně podlahových smyček navrhované soustavy, se na základě Reynoldsova čísla jedná o turbulentní režim proudění. Pro výpočet součinitele třecí ztráty jednotlivých okruhů byl proto použit vzorec dle Calebrooka [11]. Ve vzorci vystupuje hodnota k [mm], která značí drsnost potrubí (měděné = 0,0063; plastové = 0,001).

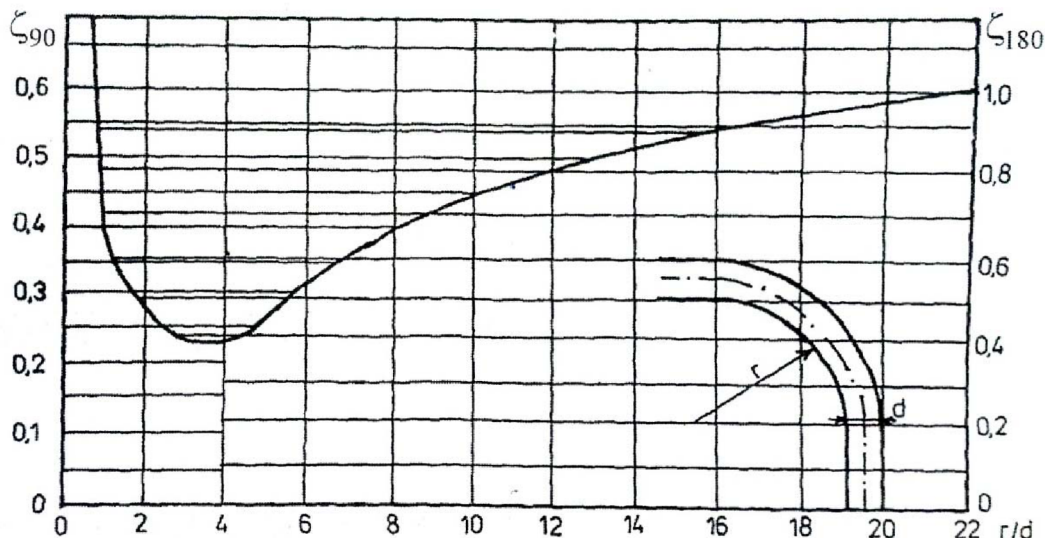
Tlaková ztráta místními odpory

Ztrátu vyvolává jakákoliv překážka nebo změna směru při proudění kapaliny. Místními odpory v potrubí mohou být např. kolena, tvarovky, T-kusy, změny průřezu, ventily nebo rozdělovače. Ztráta je dána rovnicí:

$$\Delta p_\xi = \Sigma \xi \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho \quad [\text{Pa}]$$

kde $\Sigma \xi$ - je suma součinitelů místních odporů v celém okruhu [-]

U podlahových smyček tvoří místní odpory pouze oblouky vinutí otopného „hadu“. Hodnoty součinitelů lze odvodit pomocí diagramu na *obrázku 31*. Pro pokládku jsou typické úhly oblouků zejména 90° a 180°. Místní ztráty ve větších obloucích se zanedbávají. [7]



Obr. 31 Součinitel místního odporu pro oblouk 90° a 180° [7]

Suma odporů pro podlahovou smyčku se vypočítá ze vzorce:

$$\Sigma \xi = n_{90} \cdot \xi_{90} + n_{180} \cdot \xi_{180} \quad [-]$$

kde n_{90}, n_{180} - počet oblouků o úhlu 90° resp. 180° [-]
 ξ_{90}, ξ_{180} - součinitel místních ztrát oblouku o úhlu 90° resp. 180° [-]

V tabulce 14 je shrnutí vypočtených tlakových ztrát na jednotlivých okruzích. Detailní výpočty tlakových ztrát všech prvků otopné soustavy lze nalézt v příloze D. Jak je z tabulky patrné, nejnevýhodnější cestu má kapalina přes rozdělovač OptiSplit5 umístěný ve 2. NP zajišťující vytápění šicí dílny. Vzniká zde celková tlaková ztráta $\Delta p_z = 36023 \text{ Pa}$. Na tuto hodnotu bude třeba doregulovat ostatní rozdělovače dle tab. 15. Parametry ventilu jsou popsány v kap. 10.

Tab. 14 Celkové tlakové ztráty na jednotlivých okruzích

Okruh přes rozdělovač	Hm. tok	Smyček	Tlaková ztráta				
	m [kg/h]	počet [-]	rozdělovač [Pa]	ventil [Pa]	přípojky [Pa]	smyčka [Pa]	$\Sigma \Delta p_z$ [Pa]
OptiSplit1	377,8	8	1800	892	1400	31543	35635
OptiSplit2	279,9	6	1000	490	996	30565	33051
OptiSplit3	309,8	7	1300	600	1823	27657	31379
OptiSplit4	226,9	5	700	322	1757	29173	31952
OptiSplit5	341,6	7	1600	729	1780	31913	36023
OptiSplit6	287,2	6	1200	516	1769	31360	34844
OptiSplit7	287,2	6	1200	516	1817	31274	34807
OptiSplit8	266,4	6	900	444	1943	28353	31639

Tab. 15 Zaregulování soustavy

Okruh přes rozdělovač	Tlaková ztráta	Tlaková diference	Zaregulování
	$\Sigma \Delta p_z$ [Pa]	[Pa]	Zdvih ventilu [mm]
OptiSplit1	35635	387	6,3
OptiSplit2	33051	2972	5,2
OptiSplit3	31379	4643	5,2
OptiSplit4	31952	4041	5,0
OptiSplit5	36023	0	6,5 (plně otevřený ventil)
OptiSplit6	34844	1178	5,6
OptiSplit7	34807	1216	5,6
OptiSplit8	31639	4384	5,1

9 NÁVRH OBĚHOVÉHO ČERPADLA

Volba cirkulačního čerpadla závisí na maximálním objemovém toku vody otopnou soustavou a na maximálních tlakových ztrátách:

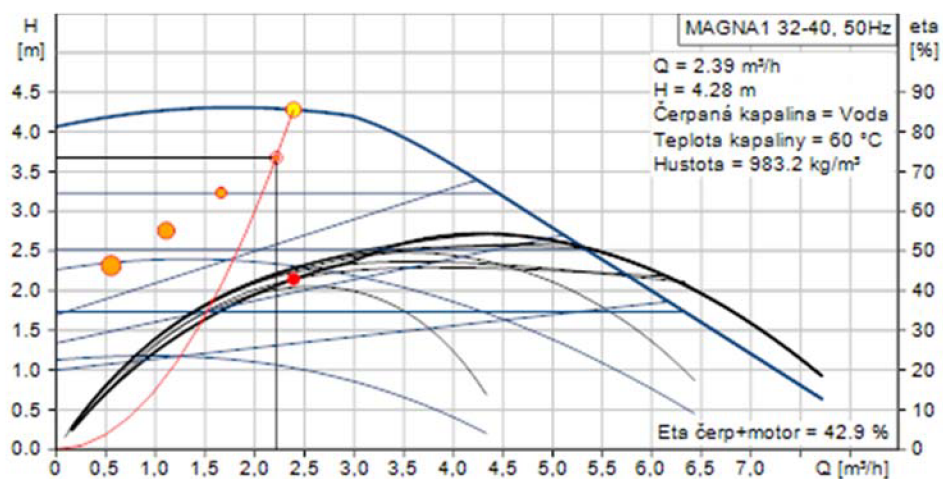
$$\dot{V}_{max} = 2,39 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\Delta p_{z,max} = 36023 \text{ Pa}$$

Navržené oběhové čerpadlo:

GRUNDFOS MAGNA1 32-40

Na obr. 32 je graf průtokové charakteristiky navrženého čerpadla – modrá křivka. Červená křivka znázorňuje charakteristiku otopné soustavy. V místě průtnutí obou křivek leží pracovní bod čerpadla.



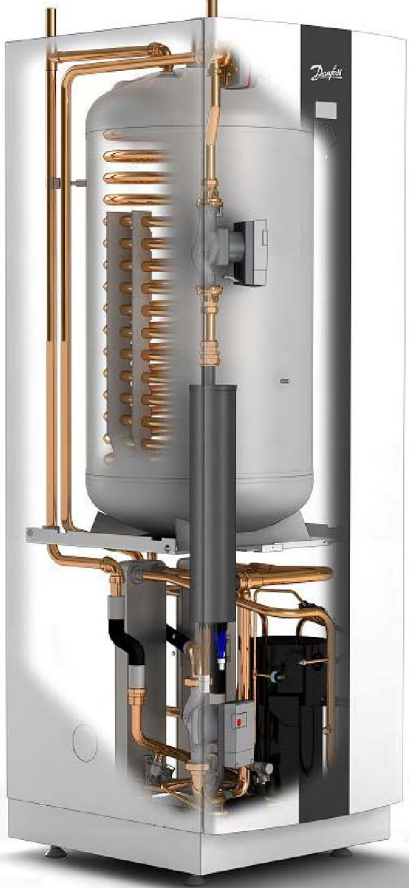
Obr. 32 Průtoková charakteristika čerpadla Grundfos Magna1 32-40 [15]

10 NÁVRH ZDROJE TEPLA

10.1 Tepelné čerpadlo Danfoss

Pro řešenou dřevostavbu bylo navrženo TČ **Danfoss DHP-H 8**, které bude pracovat v monovalentním režimu. Technické specifikace uvádí *tab. 16*. Prakticky vzhledem k výkonu podlahových smyček bude na bivalentní režim připadat jen asi 1 % ročního provozu, což je zanedbatelná část. TČ je vybaveno elektrickou topnou spirálou o výkonu 4,5 kW automaticky regulovatelnou ve 3 stupních po 1,5 kW. Velmi sporadicky a v extrémních případech tedy dojde k jejímu zapnutí na maximálně první výkonový stupeň. Zvažována byla také nejnižší výkonová varianta této série a to DHP-H 6, která by však už musela pracovat v řádném bivalentním režimu a spotřebovala by podstatně více elektrické energie. Nehledě na to, že nižší varianta má nižší topný faktor o 0,3 a cenová úspora činí jen 5 000 Kč.

Tab. 16 Technické parametry navrženého TČ [13]

Parametr	Poznámka	Obrázek
Chladicí látka	R407c 1,3 kg	
Připojovací napětí	230 V	
Jm. výkon kompresoru	3,6 kW	
Jm. výkon cirk. čerpadel	0,2 kW	
Tepelný výkon	7,51 kW (B0W35)*	
Tepelný výkon vestavěného el. topného tělesa	4,5 kW (1,5/3,0/4,5)	
Topný faktor COP (vč. cirkulač. čerpadel)	4,34 (B0W35)*	
Elektrický příkon	1,7 kW (B0W35)*	
Teplota na výstupu	Max/min 60/20 °C	
Zásobník vody	180 l	
Hladina akustického tlaku	44 dB(A) (B0W45)*	
Rozměry [mm]	690x596x1845	
Váha	229 kg	
Váha (včetně náplně)	409 kg	

*) z anglického Brine to Water, teplota solanky na vstupu do TČ a teplota vody na výstupu z TČ

Návrh zemního plošného kolektoru nebyl součástí této práce. Výpočet proběhl externě po geologickém průzkumu na pozemku u dřevostavby a po návrhu tepelného čerpadla. Dodané parametry jsou v následující *tabulce 17*

Tab. 17 Parametry plošného zemního kolektoru

Parametr	Údaj
Materiál potrubí	polyetylen
Dimenze potrubí	DN42
Rozteč potrubí	1 m
Délka potrubí	320 m
Plocha kolektoru	320 m ²
Hloubka uložení kolektoru pod povrchem	1,2 m

10.2 Pokus o odhad reálného COP

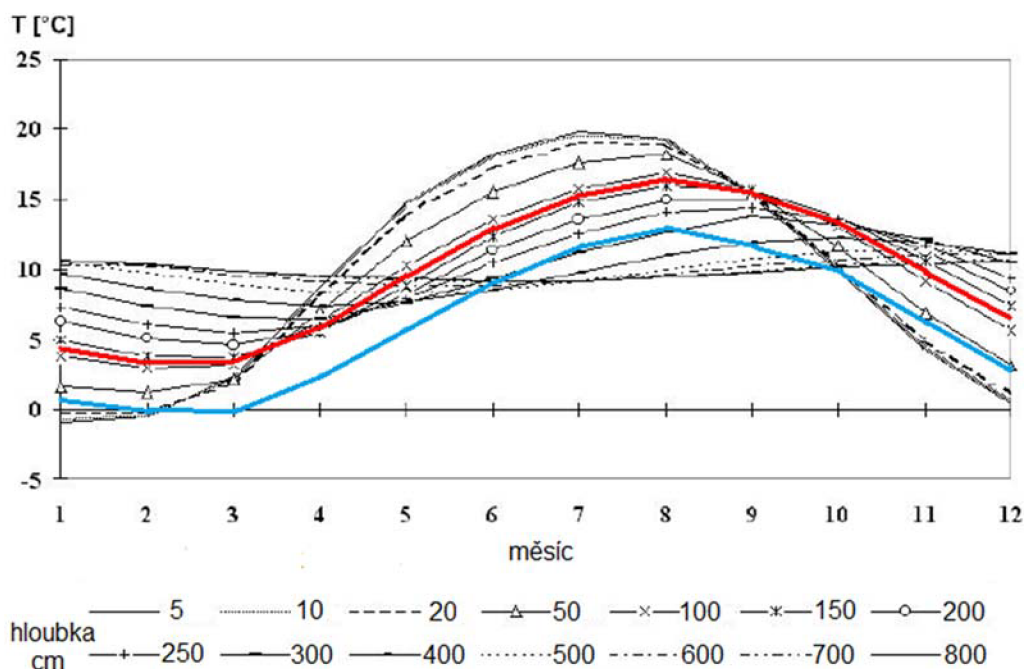
Jak již bylo zmíněno, výrobce TČ Danfoss DHP-H udává COP 4,34 při podmínkách BOW35. Otázkou ale je, jaký bude reálný průměrný roční COP případně reálný průměrný COP v průběhu otopného období pro oblast instalace TČ (Nedvědice). Pokusem o odhad těchto hodnot se zabývá tato kapitola.

V kap. 3 byly vysvětleny podmínky ovlivňující efektivnost provozu TČ typu země-voda. Teplota výstupní vody z TČ je 35 °C. Tato teplota je požadovaná podlahovým systémem OPTIHeat a nelze ji měnit. Určení teploty nemrznoucí kapaliny (solanka) na vstupu do TČ ze zemního kolektoru je teoreticky značně problematické. Teplota solanky závisí především na ročním průběhu teploty půdy v místě položení zemního kolektoru. V tomto případě je pokládka výměníku realizována v hloubce 1,2 m. Samotnou teplotu půdy v této hloubce ovlivňuje roční průběh venkovní teploty resp. množství slunečního záření. Čím větší hloubka, tím delší časový skluz mezi maximy a minimy venkovní a půdní teploty a tím menší kolísání teplot pod povrchem.

Při získání správných klimatických dat, teplot půdní vrstvy a typických teplot solanky na vstupu do TČ lze přibližně odhadnout faktor COP v různých časových úsecích.

Pro oblast Nedvědice náleží průměrná roční teplota vzduchu dle [24] na 7-8 °C. Zbývá tedy získat data o teplotách v půdní vrstvě z této oblasti, nebo z oblasti s podobnými klimatickými podmínkami.

Na portálu slovenského hydrometeorologického ústavu byla nalezena zpráva z experimentálního měření teploty půdní vrstvy v různých hloubkách z města Stropkov (obr. 33). Měření probíhalo v letech 1984-1997. Ve městě Stropkov je průměrná roční teplota vzduchu 7,7 °C. Lze ho tedy označit za klimaticky srovnatelné s Nedvědicemi. [25]



Obr. 33 Průměrný roční průběh teploty zeminy v různých hloubkách (Stropkov; 1984-1997) [25]

Na obrázku 33 je červenou křivkou zvýrazněn průběh teplot ve hloubce 1,2 m.

Parametry červené křivky

Průměrná roční teplota:	9,7 °C
Průměrná teplota v otopném období (245 dnů)	7,7 °C
Průměrná teplota mimo ot. období (120 dnů)	13,5 °C

Z grafu je patrné, že se plošným kolektorům daří vcelku dobře přibližně do prosince, kdy je využívána energie naakumulovaná v průběhu léta. Nejhorší situace pro TČ země-voda nastává ke konci zimy, kdy je půda nejchladnější.

Pro odhad COP stále chybí teplota solanky na vstupu do TČ. Tato teplota je vždy nižší, než naměřené teploty půdy v dané hloubce. Kolektor okolní půdu ochlazuje a pro úplné vyrovnání teplot by byl nutný nekonečně dlouhý výměník. Odhad této teploty lze přibližně stanovit na základě článku [26]. U 70 % z 20 dotázaných majitelů plošných kolektorů se na konci zimy pohybovala teplota solanky na vstupu do TČ v rozmezí 0-2,6 °C. [26]

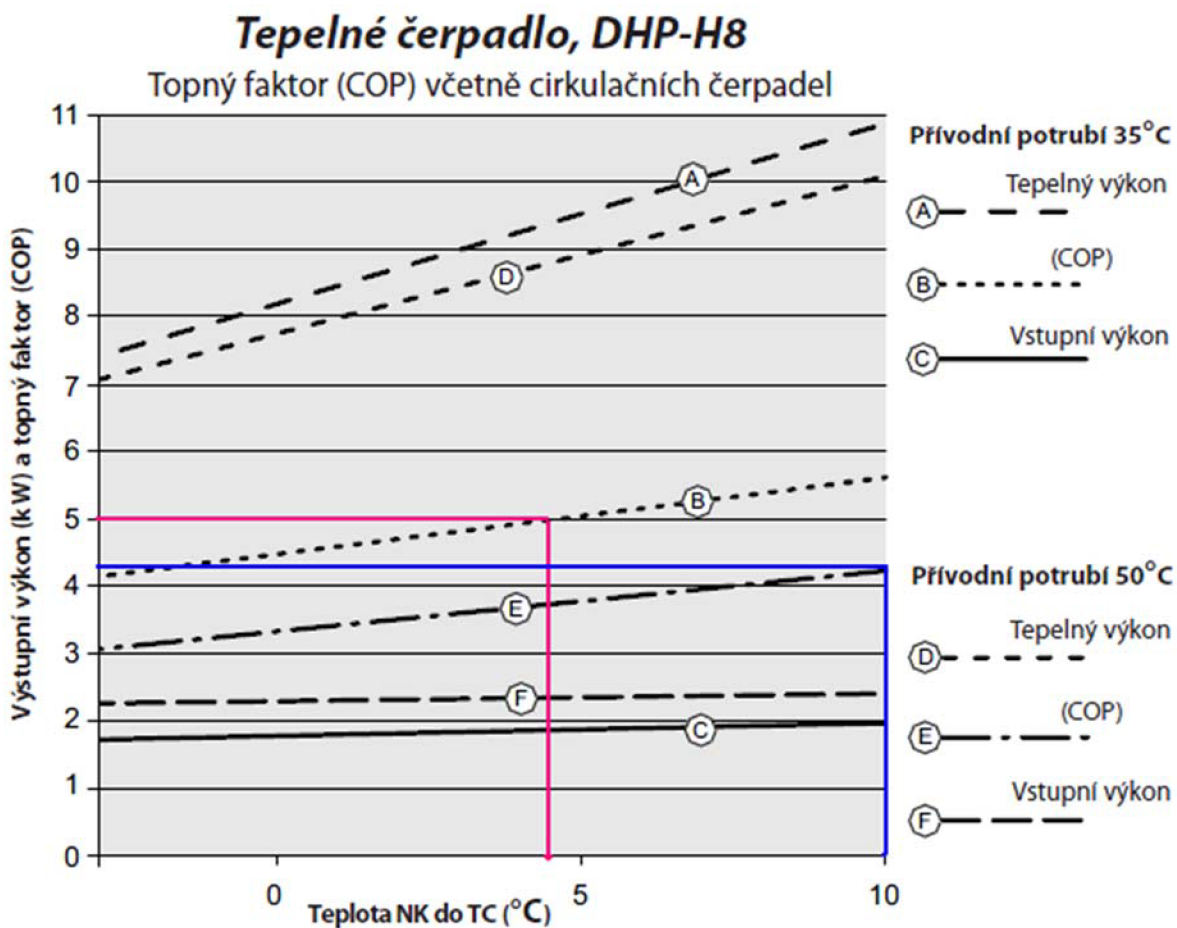
Berme horší mez, tedy teplotu 0 °C jako stěžejní a proložme jí červenou křivku na obrázku 33. Dostáváme křivku modrou – pravděpodobný roční průběh teploty solanky na vstupu do TČ.

Parametry modré křivky

Průměrná roční teplota:	6,4 °C
Průměrná teplota v otopném období (245 dnů)	4,4 °C
Průměrná teplota mimo ot. období (120 dnů)	10,2 °C

Z těchto hodnot a pomocí grafu závislosti tepelného výkonu čerpadla na vstupní teplotě solanky již lze odhadnout reálný topný faktor.

Na obrázku 34 je graf průběhu COP pro navržené TČ Danfoss DHP-H 8 dle [13]. Růžová křivka znázorňuje odhadovaný průměrný topný faktor v rámci otopného období (vstup solanky o teplotě 4,4 °C), který by mohl dosáhnout hodnoty až 5,0. Modrá křivka počítá s možností přenastavení tepelného čerpadla na výstupní teplotu 50 °C na ohřev TUV mimo topnou sezonu. Odhadovaný topný faktor pro tuto variantu je asi 4,25.



Obr. 34 Graf závislosti COP na teplotě vstupní vody pro čerpadlo Danfoss DHP-H 8 [13]

11 NÁVRH REGULACE

Regulace pokojové teploty ve dřevostavbě bude probíhat v několika zónách pomocí prostorových termostatů. Každý rozdělovač OptiSplit spolu se svými podlahovými smyčkami definuje jednu regulační zónu. Celkově bude tedy v budově 8 zón. Hlavním motorem a mozkem celé regulace bude regulační systém *Living by Danfoss*. Systém se skládá s těchto prvků:

Danfoss Link CC

- centrálně umístěná řídicí jednotka (obr. 35)



Obr. 35 Danfoss Link CC [13]

Danfoss Link RS

- pokojový prostorový snímač teploty umístěný v každé regulované zóně (obr. 36)



Obr. 36 Danfoss Link RS [13]

Danfoss Link HC

- centrálně umístěná řídicí jednotka podlahových okruhů. (obr. 37)



Obr. 37 Danfoss Link HC [13]

Všechny 3 zařízení spolu komunikují bezdrátově. Řídící jednotka Link CC sbírá údaje o teplotách z prostorových termostatů Link RS. Centrálně umístěné zařízení disponuje mnoha inteligentními funkcemi. Umožňuje také nastavení různých úsporných režimů nebo vlastních otopných schémat. Tím dokáže do jisté míry eliminovat dobu náběhu podlahových okruhů. Jednotka dále komunikuje s TČ DHP-H a řídící jednotkou Link HC a vydává jim pokyny.

Aby bylo možné regulovat jednotlivé podlahové zóny nezávisle, je před každým rozdělovačem OptiSplit osazen dvoucestný zónový regulační ventil HEIMEIER CV 216 MZ DN 20 včetně pohonu MC 15/24. Řídící jednotka podlahových okruhů Link HC bude ovládat 8 zónových ventilů prostřednictvím termoelektrických pohonů režimem ON/OFF.

Zvolený ventil disponuje rovnoprocentní regulační charakteristikou, maximální velikostí zdvihu 6,5 mm a hodnotou $K_v = 4,0$.

12 NÁVRH POJISTNÝCH ZAŘÍZENÍ OS

12.1 Pojistný ventil

Výpočet vychází z normy ČSN 06 0830. Řeší návrh pojistného ventilu a potrubí proti překročení hranice povoleného přetlaku v otopné soustavě.

V soustavě s TČ se nepředpokládá vznik páry. Rovnice pro výpočet minimální plochy průřezu sedla pojistného ventilu má tvar:

$$S_o = \frac{2 \cdot \dot{Q}_p}{\alpha_w \cdot \sqrt{p_{ot}}} \quad [mm^2]$$

kde $\dot{Q}_p = \dot{Q}_n$ - pojistný výkon ventilu = tepelný výkon zdroje [kW]
 α_w - výtokový součinitel ventilu [-]
 p_{ot} - otevírací tlak ventilu [kPa]

Minimální vnitřní průměr pojistného potrubí:

$$d_v = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{\dot{Q}_p} \quad [mm]$$

Tab. 18 Parametry pro výpočet pojistného ventilu

Parametr	Hodnota
Celkový tepelný výkon TČ	12 kW (7,5 + 4,5)
Výtokový součinitel	0,444
Otevírací tlak	300 kPa

Návrhové hodnoty po dosažení z *tab. 18*:

$$S_o = 3,12 \text{ mm}^2$$

$$d_v = 12 \text{ mm}$$

Navržený ventil:

DUCO MEIBES 1/2" x 3/4" KD (DN = 15 mm, $S_o = 113 \text{ mm}^2$, $\alpha_w = 0,444$)

12.2 Expanzní nádoba

Výpočet objemu expanzní tlakové nádoby vychází dle [5] ze vzorce:

$$V_{ex} = 1,3 \cdot V_0 \cdot n \cdot \frac{1}{\eta} \quad [m^3]$$

kde V_0 - objem vody v celé otopné soustavě [l]
 n - součinitel zvětšení objemu (tabelovaná hodnota) [-]
 η - stupeň využití expanzní nádoby [-]

Stupeň využití expanzní nádoby je definován:

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

kde $p_{h,dov,A}$ - nejvyšší dovolený tlak v soustavě = otevírací tlak pojistného ventilu [kPa]
 $p_{d,A}$ - hydrostatický absolutní tlak [kPa]

Absolutní hydrostatický tlak:

$$p_{d,A} = h \cdot \rho \cdot g + p_B \quad [kPa]$$

kde h - výška od expanzní nádoby po nejvyšší bod otopné soustavy [m]
 ρ - hustota vody [kg/m³]
 g - gravitační zrychlení [m/s²]
 p_B - barometrický tlak [kPa]

Tab. 19 Parametry pro výpočet expanzní nádoby

Parametr	Hodnota
Celkový objem vody v otopné soustavě	79,8 l
Součinitel zvětšení objemu	0,00575
Otevírací tlak pojistného ventilu	300 kPa
Výška vodního sloupce	2,9 m
Hustota vody	994,8 kg/m ³
Gravitační zrychlení	9,81 m/s ²
Barometrický tlak	101,325 kPa

Návrhová hodnota minimálního objemu expanzní nádoby po dosažení z *tab. 19*:

$$V_{ex} = 1,05 \text{ l}$$

Navržená expanzní nádoba:

REFLEX NG 8/6 o objemu 8 l.

13 EKONOMIE PROVOZU A NÁVRATNOST INVESTICE

Pro zhodnocení finanční nákladnosti provozu navržené nízkoteplotní otopné soustavy je třeba nejdříve určit celkovou roční potřebu tepla dřevostavby. Výpočet roční potřeby tepla na vytápění byl stanoven podle denostupňové metody [5]:

$$Q_{VYT,r} = \frac{\varepsilon}{\eta_o \cdot \eta_r \cdot \eta_k} \cdot \frac{24 \cdot \dot{Q}_c \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} \quad [GJ]$$

- kde t_{is} - průměrná vnitřní teplota v budově [°C]
 t_e - venkovní výpočtová teplota [°C]
 \dot{Q}_c - celková tepelná ztráta budovy [kW]
 ε - součinitel provozu [-]
 η_o - účinnost obsluhy (regulace) [-]
 η_r - účinnost rozvodů [-]
 η_k - účinnost kotle [-]
 D - počet denostupňů

Počet denostupňů je definován:

$$D = d \cdot (t_{is} - t_{es})$$

- kde d - počet dnů otopného období
 t_{es} - průměrná venkovní teplota v otopném období

Tab. 20 Parametry pro výpočet roční potřeby tepla na vytápění

Parametr	Hodnota
Průměrná vnitřní teplota	21,36 °C
Venkovní výpočtová teplota	-15 °C
Průměrná venkovní teplota v otopném období	3,6 °C
Celková tepelná ztráta budovy	6,868 kW
Součinitel provozu (prostorový termostat)	0,63
Účinnost obsluhy	1
Účinnost rozvodů	0,97
Počet dnů otopného období	245

Vypočtená hodnota roční potřeby tepla pro dřevostavbu po dosazení z tab. 20:

$$\dot{Q}_{VYT,r} = 46,12 \text{ GJ} = 12,811 \text{ MWh}$$

Výrobce navrženého TČ Danfoss DHP-H udává topný faktor (COP) zařízení 4,34. Při zachování podmínek B0W35 lze tedy teoreticky získat z 1 kWh elektrické energie 4,34 kWh energie tepelné. Idealizací provozu při zanedbání příkonu na zapnutí přídatných topných spirál TČ, k jejichž zapnutí by mělo reálně docházet velmi sporadicky, a uvažování 100% monovalentního provozu a při uvažování konstantní

teploty nemrznoucí kapaliny na výstupu ze zemního kolektoru, lze stanovit roční odběr elektrické energie tepelným čerpadlem:

$$Q_{VYT\check{c},r} = \frac{Q_{VYT,r}}{COP} \quad [GJ]$$

Po dosazení:

$$\dot{Q}_{VYT\check{c},r} = 2,952 \text{ MWh}$$

Při hodnocení celkové spotřeby energií tvoří podstatnou složku také roční potřeba tepla na přípravu TUV, kterou lze stanovit dle [5] z rovnice:

$$\dot{Q}_{TUV,r} = Q_{TUV,d} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{TUV,d} \cdot \frac{t_2 - t_{svl}}{t_2 - t_{svz}} \cdot (N - d) \quad [MWh]$$

kde $Q_{TUV,d}$ - denní potřeba tepla pro ohřev TUV [kWh]
 t_2 - požadovaná teplota vody na výstupu z ohříváče [°C]
 t_{svl} - teplota vody na vstupu do ohříváče v létě [°C]
 t_{svz} - teplota vody na vstupu do ohříváče v zimě [°C]

Denní potřebu $Q_{TUV,d}$ lze spočítat z:

$$\dot{Q}_{TUV,d} = (1 + z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1)}{3600} \quad [MWh]$$

kde z - součinitel energetických ztrát systému [-]
 V_{2p} - předpokládaný denní odběr TUV [m³]
 t_1 - průměrná teplota vody na vstupu do ohříváče [°C]

V dřevostavbě bude ohřev TUV probíhat ve dvou fázích. Nejprve dojde k ohřátí v zásobníku TČ na 35 °C. Tudiž na stejnou teplotu, kterou požaduje systém OPTIHeat při vstupu do otopné soustavy. Důvodem je zachování co nejvyššího COP. Poté bude voda externě dohřáta na požadovanou teplotu 50 °C v elektrickém boileru. Dohřevem o pouhých 15 °C se ušetří velká část energie. Předpokládaný denní odběr TUV byl stanoven na 0,18 m³

Vypočtena roční potřeba tepla na ohřev TUV

1. fáze TČ

$$\dot{Q}_{TUV\check{c},r} = 0,612 \text{ MWh}$$

2. fáze boiler

$$\dot{Q}_{TUVB,r} = 1,597 \text{ MWh}$$

Vzhled k tomu, že v dřevostavbě nejsou žádné plynové spotřebiče, tvoří poslední složku spotřeby energií odběr všech instalovaných elektrických přístrojů. Budovy vytápěné pomocí TČ mají nárok na snížené sazby za elektrickou energii. Konkrétně se jedná o dvoutarifní sazbu D 56d, kterou tvoří NT (22 h/den) a VT (2 h/den). Platnost VT je operativní a obvykle probíhá v několika kratších časových úsecích. Vytápění se realizuje výhradně v NT. Z tohoto hlediska instalace TČ nepřímo ušetří nezanedbatelný obnos i za spotřebu jiných elektrických zařízení.

V dřevostavbě byla odhadnuta denní spotřeba elektrických přístrojů na 6,5 kWh, kde cca 8% spotřeby (0,5 kWh) bude připadat na VT. Roční spotřeba je tedy:

1. V rámci VT

$$\dot{Q}_{ELVT,r} = 0,183 \text{ MWh}$$

2. V rámci NT

$$\dot{Q}_{ELVT,r} = 2,19 \text{ MWh}$$

Dle sazebníku E.ON byly vypočteny roční finanční náklady na jednotlivé složky provozu dřevostavby *tab. 22*.

Tab. 21 Roční náklady na energie

Položka odběru	Roční odběr [MWh]	Cena za odběr (E.ON sazba D 56d) VT - 3496,91 Kč/MWh NT - 2686,36 Kč/MWh
Vytápění	2,952	7930,-
Ohřev TUV	2,209	5934,-
El. spotřebiče	2,19	6521,-
Celkem	7,351	20 386,-

Uvedené ceny jsou s DPH. V ceně elektřiny jsou zahrnuty všechny položky kromě paušální měsíční platby za elektrický jistič. (Ceny tarifů platné k 1. 1. 2013)

Investiční náklady na realizaci uvedené varianty:

TČ Danfoss DHP-H8	210 000 Kč
Zemní kolektor + další náklady	45 000 Kč
Dotace E.ON na TČ	- 60 000 Kč
<i>Celkem</i>	<i>195 000 Kč</i>

Návratnost investice

Pro odhad návratnosti investice provozu TČ poslouží srovnání s jinými obvyklými typy vytápění. Počáteční podmínky všech variant jsou totožné, definuje je řešená dřevostavba. První variantu, již vypočtených hodnot ročních nákladů na energie při vytápění pomocí TČ, označme jako **VYT-TČ**. Druhá varianta - vytápění pomocí plynového kotle, označení **VYT-PLYN**. Třetí varianta – vytápění elektrickým přímotopem, označení **VYT-EL**. Čtvrtá varianta – vytápění stejným TČ s upraveným režimem a odhadovaným reálným COP, označení **VYT-TČ+**.

Provozní podmínky dalších variant

VYT-PLYN

- Počáteční investice 25 000 Kč (standardní plynový kotel, 92% účinnost)
- Vytápění a ohřev TUV plynovým kotlem
- Ostatní spotřebiče jsou elektrické

VYT-EL

- Počáteční investice 0 Kč
- Vytápění a ohřev TUV el. přímotopem (boilerem)
- Ostatní spotřebiče jsou elektrické
- 16 % elektrické spotřeby je realizováno ve VT

VYT-TČ+

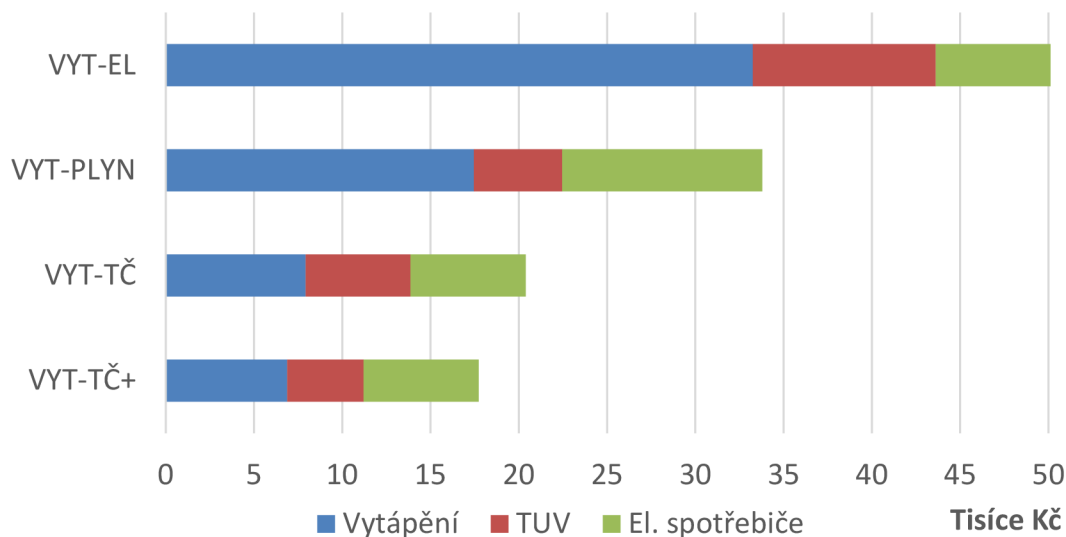
- Varianta vychází ze závěrů kap. 10.2
- COP v otopném období 5,0; dohřev TUV boilerem
- Mimo otopné období TČ přenastaveno na teplotu vody na výstupu 50 °C → COP 4,28 (bez dohřevu v boileru)
- Další parametry totožné s **VYT-TČ**

Vypočítané hodnoty ročních provozních nákladů na energie, tak jak by se zachovaly jednotlivé varianty vytápění v řešené dřevostavbě, uvádí *tab. 22*. Grafické zpracování je v *obr. 38*.

Tab. 22 Srovnání ročních nákladů na energie jednotlivých variant

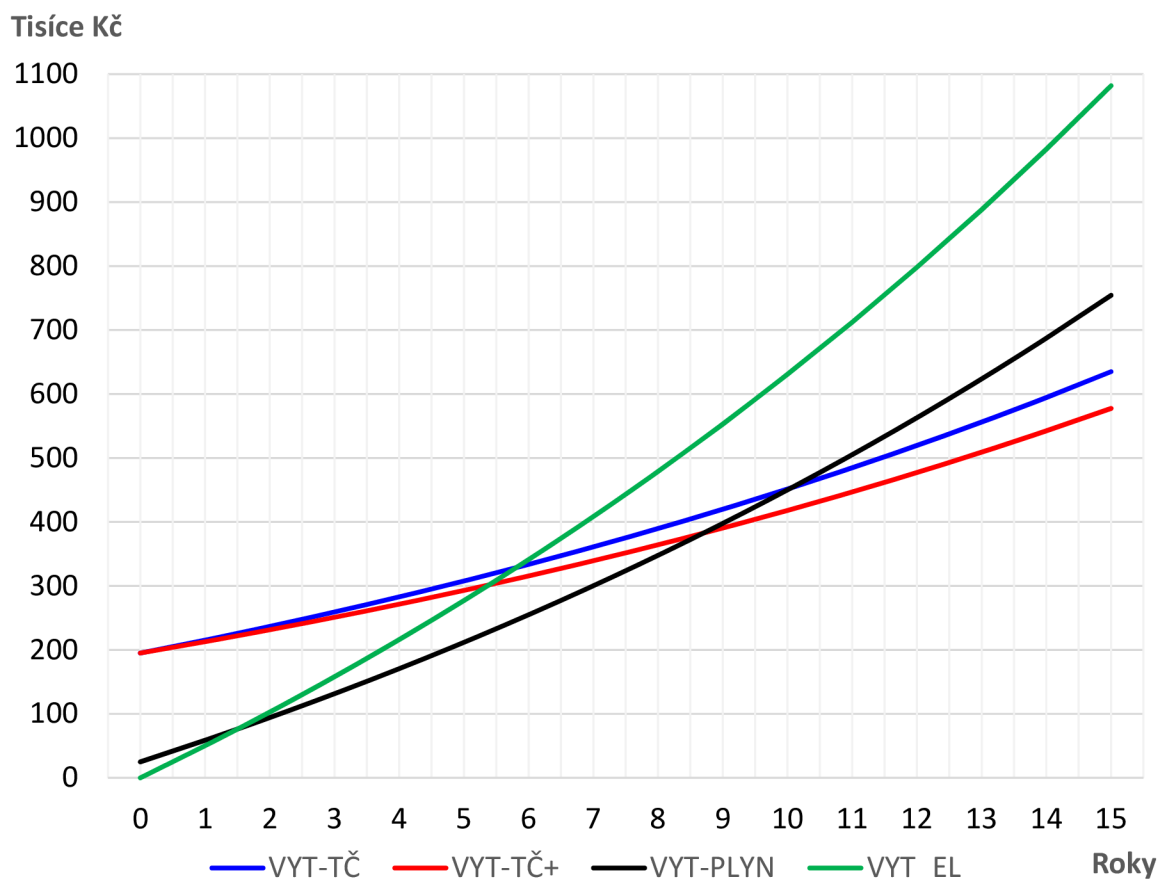
		VYT-TČ	VYT-PLYN	VYT-EL	VYT-TČ+
sazba	El.	D 56d (22/2)	D 02d	D 45d (20/4)	D 56d (22/2)
	Plyn	-	15-20 MWh/rok	-	-
Tarif E.ON Kč/MWh	NT	2686,36	-	2595,61	2686,36
	VT	3496,91	4779,56	3609,44	3496,91
	Plyn	-	1253,32	-	-
Vytápění		7930,-	17454,-	33255,-	6883,-
Ohřev TUV		5934,-	5002,-	10359,-	4322,-
El. spotřebiče		6521,-	11340,-	6528,-	6521,-
Celkem		20 386,-	33 795,-	50 142,-	17 727,-

Uvedené ceny jsou s DPH. V ceně elektřiny jsou zahrnuty všechny položky kromě paušální měsíční platby za elektrický jistič a plynoměr (Ceny tarifů platné k 1. 1. 2013)



Obr. 38 Srovnání ročních nákladů na energie jednotlivých variant

Návratnost investice výše uvedených variant při průměrném ročním zdražování energií o 5% srovnává graf na obr. 39. Z grafu je patrné, že průsečíky jednotlivých křivek definují návratnost jedné varianty vůči druhé. Pro základní variantu vytápění tepelným čerpadlem (VYT-TČ) vychází návratnost investice vůči vytápění elektrickým přímotopem asi na 5 a $\frac{3}{4}$ roku. Vzhledem k variantě s plynovým kotlem asi na 10 let. U upravené varianty TČ (VYT-TČ+) vychází návratnost investice v porovnání s plynovým kotlem již jen na 8 a $\frac{3}{4}$ roku.



Obr. 39 Graf srovnání kumulativních nákladů na energie za 15 let

14 ZÁVĚR

Při návrhu nízkoteplotní otopné soustavy se vycházelo z tepelné ztráty objektu, která činí 6,9 kW. Měrná tepelná ztráta dřevostavby je přibližně 19 W/m^3 , což už je hodnota téměř hraniční pro zajištění tepelné pohody pouze nízkoteplotní soustavou. Tento fakt byl rozhodující už při návrhu teplotního spádu, který musel být zvýšen z původně plánovaných $33/30 \text{ }^\circ\text{C}$ na $35/32 \text{ }^\circ\text{C}$.

Při projektování podlahového vytápění systémem OPTIHeat se bylo nutno vyrovnat s nerovnoměrně rozloženým požadovaným měrným tepelným výkonem podlahových okruhu, který se v jednotlivých místnostech pohyboval od 47 W/m^2 až po 90 W/m^2 . To bylo vyřešeno využitím 8 rozdělovačů OptiSplit a rozvinutím celkem 892,5 m potrubí OptiFlex. Podlahové potrubí má vnitřní průměr pouze 5 mm, což je charakteristické pro systém OPTIHeat a jeho vysokorychlostní proudění topné vody v okruzích. Marketingově tento fakt vypadá oslnivě, ale z hlediska třecích ztrát je situace horší. Možná nebylo zcela rozlousknuto firemní tajemství pokládky, také chybělo více informací a zkušeností s tímto systémem. Každopádně díky vyšším třecím ztrátám bylo nakonec úspěšně navrženo celkem 51 podlahových smyček a firemní filozofie pokládky „co nejvíce smyček na co nejmenší plochu“ byla splněna do puntíku.

Vyšší počet rozdělovačů byl užitečný při návrhu regulace, která bude komfortní osmizónová na bázi systému Living by Danfoss. Pro bezproblémový chod bezdrátové komunikace mezi regulací a zdrojem tepla bylo od stejné firmy navrženo i tepelné čerpadlo typu země-voda.

TČ má dle technických specifikací výrobce topný faktor 4,34 při podmínkách B0W35, což už je velmi slušná hodnota. Ze závěrů *kap. 10.2* však vyplývá, že by TČ mohlo v průběhu otopného období dosahovat průměrné hodnoty COP až 5,0.

Myšlenka spojení ryze nízkoteplotního podlahového vytápění a TČ je, dá se říct, ideální. Co však mnohé na prvním místě zajímá, jsou investiční náklady, spotřeba energií a návratnost investice. Touto problematikou se dopodrobna zabývá *kap. 13*. Ze závěrů vyplývá max. 10 letá návratnost investice oproti ostatním běžně používaným typům soustav. Škoda stále velmi vysokých pořizovacích cen TČ. I přesto je však navrhované řešení jedno z nejúspěšnějších, jaké je momentálně v ČR dostupné, a za 20 let, na které se odhaduje životnost TČ, se bohatě vyplatí.

15 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1	Římský systém podlahového vytápění – Hypokaust [14]	12
Obr. 2	Vertikální teplotní profil v místnosti u různých forem vytápění [31].....	16
Obr. 3	Horizontální teplotní profil v místnosti u různých forem vytápění [4]	17
Obr. 4	Způsoby pokládky potrubí podlahového vytápění [4]	18
Obr. 5	Rozložení vrstev u „mokrého“ způsobu pokládky [19]	19
Obr. 6	Systémová deska [32]	19
Obr. 7	Přípevňovací plastová lišta [18]	19
Obr. 8	Modulové klima desky [7]	20
Obr. 9	Kapilární rohož [17].....	20
Obr. 10	Plastové potrubí polyethylen PEXa [21]	21
Obr. 11	Vícevrstvé plastové potrubí PEX-AL-PEX [21]	21
Obr. 12	Režimy elektrického vytápění [22]	22
Obr. 13	Provozní cykly elektrického vytápění [7].....	22
Obr. 14	Elektrický topný kabel – vrstvy [18].....	23
Obr. 15	Elektrická topná rohož [18]	23
Obr. 16	Elektrická topná fólie [23].....	23
Obr. 17	Plošný kolektor [34]	25
Obr. 18	Hlubinný vrt [34].....	26
Obr. 19	Schéma oběhu TČ typu země-voda [26]	27
Obr. 20	Obrácený Carnotův cyklus [9].....	27
Obr. 21	Fotografie dřevostavby 8. 4. 2013	29
Obr. 22	Fotografie dřevostavby 19. 5. 2013	29
Obr. 23	Fotografie roubení 1. NP včetně konopné izolace.....	31
Obr. 24	Horizontální řez stěnou obvodovou stěnou 2. NP	32
Obr. 25	Horizontální řez střechou.....	34
Obr. 26	Větrná mapa Jihomoravského kraje [35]	37
Obr. 27	Graf podílu složek jednotlivých tepelných ztrát.....	39
Obr. 28	Centrální jednotka OptiFlow [24]	40
Obr. 29	Napojení potrubí OptiFlex na rozdělovač OptiSplit [24]	41
Obr. 30	Řez podlahovou plochou v šicí dílně	46
Obr. 31	Součinitel místního odporu pro oblouk 90° a 180° [7].....	50
Obr. 32	Průtoková charakteristika oběhového čerpadla Grundfos MAGNA1 32-40 [15]....	52
Obr. 33	Průměrný roční průběh teploty zeminy v různých hloubkách [25]	55
Obr. 34	Graf závislosti COP na teplotě vstupní vody [13]	56
Obr. 35	Danfoss Link CC [13].....	57
Obr. 36	Danfoss Link RS [13].....	57
Obr. 37	Danfoss Link HC [13].....	57
Obr. 38	Srovnání ročních nákladů na energie jednotlivých variant	65
Obr. 39	Graf srovnání kumulativních nákladů na energie v období 15 let.....	65

16 SEZNAM TABULEK

Tab. 1	Porovnání povrchových teplot a tepelných toků velkoplošných vytápění [12]	14
Tab. 2	Skladba a tepelný odpor vrstev podlahy 1. NP	30
Tab. 3	Skladba a tepelný odpor vrstev obvodové stěny 1. NP	31
Tab. 4	Skladba a tepelný odpor vrstev stropu 1. NP	32
Tab. 5	Skladba a tepelný odpor vrstev obvodové stěny 2. NP	32
Tab. 6	Skladba a tepelný odpor vrstev střechy	33
Tab. 7	Souhrn součinitelů prostupu tepla jednotlivých konstrukcí	34
Tab. 8	Parametry místností a vnitřní návrhové teploty	35
Tab. 9	Požadavky na větrání obytných budov dle ČSN EN 15665	37
Tab. 10	Návrhové hodnoty intenzity výměny vzduchu v jednotlivých místnostech.....	38
Tab. 11	Souhrn tepelných ztrát budovy	39
Tab. 12	Doporučené povrchové teploty pro různé podlahové krytiny	43
Tab. 13	Tepelné výkony podlahových okruhů	47
Tab. 14	Celkové tlakové ztráty na jednotlivých okruzích	50
Tab. 15	Zaregulování soustavy.....	51
Tab. 16	Technické parametry navrženého TČ.....	53
Tab. 17	Parametry plošného zemního kolektoru	54
Tab. 18	Parametry pro výpočet pojistného ventilu	59
Tab. 19	Parametry pro výpočet expanzní nádoby	60
Tab. 20	Parametry pro výpočet roční potřeby tepla na vytápění	61
Tab. 21	Roční náklady na energie	63
Tab. 22	Srovnání ročních nákladů u různých druhů vytápění.....	64

17 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Označení	Jednotka	Název veličiny
A	m ²	Plocha místnosti
A_i	m ²	Plocha podlahy vytápěného prostoru
A₀	W	Dodaná práce
a	m	Tloušťka jednotlivých vrstev nad osou trubek
b	m	Tloušťka jednotlivých vrstev pod osou trubek
c	[J/kgK]	Měrná tepelná kapacita vody
D	-	Počet denostupňů
d	-	Počet dnů otopného období
d	m	Tloušťka
d_{out}	m	Vnější průměr trubek
d_v	mm	Minimální vnitřní průměr pojistného potrubí
f_{RH}	-	Korekční faktor pro zátop
g	m/s ²	Gravitační zrychlení
h	m	Výška od expanzní nádoby po nejvyšší bod otopné soustavy
H_{V,i}	W/K	Součinitel tepelné ztráty větráním
H_{T,ij}	W/K	Součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do sousedního prostoru vytápěného na jinou teplotu
H_{T,ig}	W/K	Součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do země (g) za ustáleného stavu
H_{T,ie}	W/K	Součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do exteriéru (e) přes obalovou konstrukci budovy
H_{T,iue}	W/K	Součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do exteriéru (e) přes nevytápěný prostor (u)
k	mm	Drsnost potrubí
K_v	-	Charakteristické průtokové číslo ventilu
l	m	<i>Rozteč trubek</i>
m	1/m	Charakteristické číslo podlahy
\dot{m}	Kg/s	Hmotnostní tok
n₉₀, n₁₈₀	-	Počet kolen
n	-	Součinitel zvětšení objemu (tabelovaná hodnota)
n(Vi)	1/h	Nejnižší intenzita výměny vzduchu
O_p	m	Obvod otopné plochy vymezené okrajovými trubkami
p_B	kPa	Barometrický tlak
p_{d,A}	kPa	Hydrostatický absolutní tlak
p_{h,dov,A}	kPa	Nejvyšší dovolený tlak v soustavě = otevírací tlak pojistného ventilu
p_{ot}	kPa	Otevírací tlak ventilu
Q_{VYT,r}	GJ	Roční potřeba tepla na vytápění
Q_{TUVč,r}	GJ	Roční potřeba tepla na ohřev TUV
Q_C	W	Celková tepelná ztráta místnosti
Q_N	W	Tepelný tok pohlcený nábytkem [W]
Q_n	kW	Tepelný výkon zdroje
Q_O	W	tepelný tok dodaný okrajovou plochou
Q_p	kW	Pojistný výkon ventilu
Q_p''	W	Tepelný tok dodaný do místnosti z podlahového topení o patro výš
Q_{PC,all}	W	Veškerý tepelný výkon dodaný do místnosti

Q_H	J	Užitečné teplo
Q_C	J	Dodané teplo
\dot{Q}_c	kW	Celková tepelná ztráta budovy
q_m	met; W/m ²	Aktivita a její intenzita
\dot{q}	W/m ²	Měrný tepelný výkon otopné plochy do místnosti (vzhůru)
\dot{q}'	W/m ²	Měrný tepelný tok otopné plochy dolů
R	Pa/m	Měrná tlaková ztráta
R_i	m ² .K/W	R_i jsou tepelné odpory jednotlivých sériově řazených vrstev stěny
R_{od}	clo; m ² .K/W	Tepelný odpor oděvu
R_{se}	m ² .K/W	Tepelný odpor přestupu tepla na vnější straně
R_{si}	m ² .K/W	Tepelný odpor přestupu tepla na vnitřní straně
r		Šířka okraje otopné plochy
S_p	m ²	Celková otopná plocha pro místnosti ležící pod jinými vytápěnými místnostmi
T_H	°C	Teplota teplého zásobníku
T_C	°C	Teplota studeného zásobníku
Δt	°C	Teplotní spád soustavy
t_{is}	°C	Průměrná vnitřní teplota
t_e	°C	Venkovní výpočtová teplota
t_i	°C	Teplota vzduchu
t_r	°C	Střední radiční teplota
t_p	°C	Doporučené rozmezí povrchové teploty podlahy
U_k	W/m ² .K	Součinitel prostupu tepla
V	m ³	Objem místnosti
\dot{V}	m ³ /h	Objemový tok
\dot{V}_i	m ³ /h	Objemovém toku vzduchu přivedeném do vytápěného prostoru (i) infiltrací
$\dot{V}_{inf,i}$	m ³ /h	Objemový tok vzduchu přivedený do vytápěného prostoru (i) infiltrací
$\dot{V}_{min,i}$	m ³ /h	Minimální objemový tok vzduchu přiváděný do vytápěného prostoru (i) daný hygienickými limity uvedenými
V_{ex}	dm ³	objem expanzní tlakové nádoby
V_0	dm ³	Objem vody v celé otopné soustavě
w	m/s	Rychlost proudění
α_p	W/m ² .K	Celkový součinitel přestupu tepla (sálání, konvekce) na povrchu otopné plochy
α'_p	W/m ²	Součinitel přestupu tepla na spodní straně otopné podlahy
α_w	-	Výtokový součinitel ventilu
Δp_z	Pa	Celková tlaková ztráta
Δp_λ	Pa	Tlaková ztráta třením
Δp_ξ	Pa	Tlaková ztráta místními odpory
η	-	Stupeň využití expanzní nádoby
η_o	-	Účinnost obsluhy
η_r	-	Účinnost rozvodů
η_k	-	Účinnost kotle
ϵ_{top}	-	Topný faktor
θ_e	°C	Venkovní výpočtová teplota
θ_i	°C	Vnitřní výpočtová teplota místnosti
θ'_i	°C	Teplota pod podlahou

θ_{int}	°C	Vnitřní výpočtové teploty jednotlivých místností
$\theta_{int,i}$	°C	Vnitřní výpočtová teplota vytápěného prostoru (i)
θ_m	°C	Střední teplota otopné vody
θ_{me}	°C	Roční průměrná teplota vzduchu
$\theta_{np,e}$	°C	Teplota charakterizující otopné období
θ_p	°C	Střední povrchová teplota podlahy
λ	W/m.K	Součinitel tepelné vodivosti
λ	-	Součinitel třecí ztráty
λ_a	W/m.K	Součinitel tepelné vodivosti jednotlivých vrstev nad osou trubek
λ_b	W/m.K	Součinitel tepelné vodivosti jednotlivých vrstev pod osou trubek
λ_d	W/m.K	Součinitel tepelné vodivosti materiálu mezi trubkami, ve kterém jsou zalaty
Λ_a	W/m ² .K	Tepelná propustnost vrstev nad osou trubek podlahového topení
Λ_b	W/m ² .K	tepelná propustnost vrstev pod osou trubek podlahového topení
ρ	kg/m ³	Hustota vody
ξ	-	Součinitel místního odporu
ϕ	%	Relativní vlhkost vzduchu
Φ_i	W	Tepelná ztráta
$\Phi_{HL,i}$	W	Celkový návrhový tepelný příkon
$\Phi_{T,i}$	W	Návrhová tepelná ztráta vytápěného prostoru (i) prostupem tepla
$\Phi_{V,i}$	W	Návrhová tepelná ztráta vytápěného prostoru (i) větráním
$\Phi_{RH,i}$	W	Tepelný příkon na zátap vytápěného prostoru (i) s přerušovaným vytápěním

18 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] ČSN EN 12 831. *Tepelné soustavy v budovách: Výpočet tepelného výkonu*. Praha: Český normalizační institut, 2005
- [2] SRDEČNÝ, Karel a Jan TRUXA. *Tepelná čerpadla*. 1. vyd. Praha: EkoWATT, 2009, 71 s. ISBN 978-80-87333-02-0.
- [3] PETRÁŠ, Dušan. *Nízkoteplotní vytápění a obnovitelné zdroje energie*. 1. vyd. Bratislava: Jaga, 2008, 207 s. ISBN 978-80-8076-069-4.
- [4] BAŠTA, Jiří. *Otopné plochy*. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2001, 328 s. ISBN 80-010-2365-6.
- [5] TOPINFO S.R.O. TzB-info: *Stavebnictví, úspory energií, technická zařízení budov* [online]. Praha, 2001-2013 [cit. 2013-05-10]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/>
- [6] DUFKA, Jaroslav. *Vytápění domů a bytů*. 2., zcela přeprac. vyd. Praha: Grada, 2004, 99 s. ISBN 80-247-0642-3.
- [7] BAŠTA, Jiří. *Velkoplošné sálavé vytápění: podlahové, stěnové a stropní vytápění a chlazení*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2010. Stavitel, 128 s. ISBN 978-80-247-3524-6.
- [8] CHYSKÝ, Jaroslav. *Větrání a klimatizace*. Vyd. 3., zcela přeprac. Praha: Česká Matica technická, 1993, 490 s. ISBN 80-901-5740-8.
- [9] PAVELEK, Milan. *Termomechanika*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2003. 288 s. ISBN 80-214-2409-5
- [10] CHARVÁT, Pavel. *Přednášky z předmětu ITP: Technika prostředí*. Brno, 2011.
- [11] HABÁN, Vladimír. *Přednášky z předmětu LPO: Potrubní technika*. Brno, 2011.
- [12] KATOLICKÝ, Jaroslav. *Přednášky z předmětu IVT: Vytápění*. Brno, 2012.
- [13] Danfoss: *Tepelná technika* [online]. 2012 [cit. 2013-04-29]. Dostupné z: <http://cz.danfoss.com>
- [14] Fitzpatrick Architects [online]. Texas, 2009 [cit. 2013-04-10]. Dostupné z: <http://www.jfitzarchitect.com/blog/wp-content/uploads/2010/11/hypocaust-corrected3-950x643.jpg>
- [15] Grundfos: *Oběhová čerpadla, čerpadlo pro otopné systémy, čerpadla pro klimatizace* [online]. 2002 [cit. 2013-04-20]. Dostupné z: <http://cz.grundfos.com/>
- [16] BEAN, Robert, Bjarne OLESEN a Kwang Woo KIM. *History of Radiant Heating and Cooling Systems*. ASHRAE Journal. 2010,
- [17] LuLuSoSo.com [online]. 2011 [cit. 2013-03-15]. Dostupné z: http://www.lulusoso.com/upload/20110929/capillary_tube_mat_for_ceiling_heating_cooling.jpg
- [18] Javora: *Úsporné elektrické podlahové vytápění* [online]. 2010 [cit. 2013-04-20]. Dostupné z: <http://www.podlahove-topeni.cz/cz/>
- [19] Interior Design Ideas: *All about home interior design* [online]. 2009 [cit. 2013-05-12]. Dostupné z: <http://www.designinteriorideas.com/wp-content/uploads/2012/09/underfloor-heating-system-layers.jpeg>

- [20] TECHNITRACE system: *Heating cables manufacturer* [online]. 2012 [cit. 2013-05-10]. Dostupné z: <http://www.heating-cables-technitrace.com/index.php/self-regulating-heating-cables/>
- [21] Floorheating Direct [online]. 2012 [cit. 2013-05-12]. Dostupné z: <http://www.floorheating-direct.co.uk/products/1-1-water+based+heating+products/6-1-heating+pipes>
- [22] Podlahové vytápění [online]. 2010 [cit. 2013-05-12]. Dostupné z: <http://www.podlahove-vytapeni.eu/13899/podlahove-topeni-pouziti/>
- [23] Heat Plus: *Sauvage control system* [online]. 2007 [cit. 2013-05-12]. Dostupné z: <http://www.heat-plus.cz/UserFiles/Image/prouzkova%20obr.%20prezentace.jpg>
- [24] OPTIHeat [online]. 2006 [cit. 2013-05-12]. Dostupné z: www.vytapenioptiheat.cz
- [25] TOPINFO S.R.O. TZB-info: *Stavebnictví, úspory energií, technická zařízení budov* [online]. Praha, 2001-2013 [cit. 2013-05-10]. Dostupné z <http://vytapeni.tzb-info.cz/tepelna-čerpadla/9598-prerusovane-vytapeni-tepelny-m-čerpadlem-ano-ci-ne>
- [26] ASCL: *American coalition for sustainable living* [online]. 2010 [cit. 2013-05-12]. Dostupné z: <http://www.agreenamerica.org/images/groundsource2.jpg>
- [27] IVT: *Tepelná čerpadla* [online]. 2013 [cit. 2013-05-12]. Dostupné z: <http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/jak-funguji-zemni-kolektory-v-praxi>
- [28] MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ ČESKÉ REPUBLIKY. *Povodí Moravy, s. p.* [online]. Media Age Digital, s.r.o., 2010 [cit. 2013-05-21]. Dostupné z: http://www.pmo.cz/pop/2009/Dyje/end/a-popis/mapy/ma_1_8f.jpg
- [29] DUNAJSKÝ, Elemír. *Slovenský hydrometeorologický ústav* [online]. Košice, 2009 [cit. 2013-05-21]. Dostupné z: http://www.shmu.sk/File/sms/dunajsky_teplota.pdf
- [30] BLÁHA, Marek. *Jak fungují plošné zemní kolektory pro tepelná čerpadla v praxi?* TZB-info: *Stavebnictví, úspory energií, technická zařízení budov* [online]. 2009, č. 6 [cit. 2013-05-21]. Dostupné z: <http://vytapeni.tzb-info.cz/tepelna-čerpadla/5719-jak-funguji-plosne-zemni-kolektory-pro-tepelna-čerpadla-v-praxi>
- [31] TOPINFO S.R.O. TZB-info: *Stavebnictví, úspory energií, technická zařízení budov* [online]. Praha, 2001-2013 [cit. 2013-05-10]. Dostupné z <http://vytapeni.tzb-info.cz/podlahove-vytapeni>
- [32] TOPINFO S.R.O. TZB-info: *Stavebnictví, úspory energií, technická zařízení budov* [online]. Praha, 2001-2013 [cit. 2013-05-10]. Dostupné z <http://vytapeni.tzb-info.cz/docu/clanky/0088/008835o1.jpg>
- [33] IVT: *Tepelná čerpadla* [online]. 2013 [cit. 2013-05-12]. Dostupné z: <http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/jak-se-vrtal-nejhlubsi-vrt-pro-tepelne-čerpadlo-v-cr>
- [34] BURÁŇ, Petr. *BP Solar* [online]. 2013 [cit. 2013-05-12] Dostupné z: <http://www.bpsolar.cz/index.php?id=templates/nabidka-sluzeb/tepelna-čerpadla-zeme-voda>
- [35] Ústav fyziky atmosféry AV ČR, v.v.i.: *Akademie věd ČR* [online]. 2009 [cit. 2013-05-23]. Dostupné z: <http://www.ufa.cas.cz/struktura-ustavu/oddeleni-meteorologie/projekty-egp/vetrna-energie/vetrna-mapa.html>

19 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A	Výpočet součinitelů prostupu tepla	str. 75
Příloha B	Výpočet tepelných ztrát	str. 79
Příloha C	Výpočet podlahového vytápění	str. 91
Příloha D	Výpočet tlakových ztrát	str. 101
Příloha E	Půdorys 1. NP, 2. NP	str. 108
Příloha F	Návrh vinutí podlahových smyček	str. 110

Zkratky

OS	otopná soustava
TČ	tepelné čerpadlo
COP	topný faktor (Coefficient of performance)
NT	nízkotlaká fáze <i>kap. 4.1</i> ; nízký tarif <i>kap. 13</i>
VT	vysokotlaká fáze <i>kap. 4.1</i> ; vysoký tarif <i>kap. 13</i>
B0W35	teplota nemrzoucí směsi (solanka) na vstupu do TČ 0 °C, teplota na výstupu vody z TČ 35 °C (Brine to Water)
TUV	teplá užitková voda
1. NP	první nadzemní podlaží
2. NP	druhé nadzemní podlaží

Příloha A

Kódy		Popis	d	λ	R	U_k
Stavební část	Materiál		m	W/m·K	m ² ·K/W	W/m ² ·K
Kódy stavebních částí	Označení stavebních částí					
	Kód	Název vnitřní laminární vrstvy			R_{si}	
	Kód	Název materiálu	d_1	λ_1	$R_1 = d_1 / \lambda_1$	
	
	Kód	Název materiálu	d_n	λ_n	$R_n = d_n / \lambda_n$	
	Kód	Název vnější laminární vrstvy			R_{se}	
	Celková trouška a U_k			$\sum d_i$		$\sum R_i$
DREVO_20	Roubení (vnější obvodová stěna 1. patro)					
		Odpor přestupu tepla na vnitřní straně stěny R_{si}			0,13	
		Trám (dřevo měkké)	0,097	0,18	0,5389	
		Konopí (izolace)	0,1	0,04	2,5	
		Trám (dřevo měkké)	0,097	0,18	0,5389	
		Odpor přestupu tepla na vnější straně stěny R_{se}			0,04	
	Celková trouška a součinitel prostupu tepla U_k			0,294		3,7478
STRECHA	Krovy (zkosení stropu 2. patro - střecha)					
		Odpor přestupu tepla na vnitřní straně stěny R_{si}			0,13	
		Sádrokarton	0,0125	0,22	0,0568	
		Parotěsná fólie	0,0002			
		Konopí	0,04	0,04	1	
		Konopí (+ krokve)	0,16		2,7412	
		Konopí	0,04	0,04	1	
		Paropropustná fólie	0,0005			
		Vzduchová mezera	0,07	0,21		
		Střešní taška	0,015	1,36		
		Odpor přestupu tepla na vnější straně stěny R_{se}			0,04	
	Celková trouška a součinitel prostupu tepla U_k			0,3382		4,968
2P_OBALKA	Štít (vnější obvodová stěna 2. patro)					
		Odpor přestupu tepla na vnitřní straně stěny R_{si}			0,13	
		Sádrokarton	0,0125	0,22	0,0568	
		Parotěsná fólie	0,0002			
		Konopí	0,06	0,04	1,5	
		Konopí (+krokve)	0,16		2,9179	
		Paropropustná fólie	0,0005			
		Pobití - latě	0,03	0,18	0,1667	
		Odpor přestupu tepla na vnější straně stěny R_{se}			0,04	
	Celková trouška a součinitel prostupu tepla U_k			0,2632		4,8114

		Příčka 2. patro (vzduch)			
2P_PRICKA	Odpor přestupu tepla na vnitřní straně stěny R_{si}				0,13
	Sádrokarton	0,0125	0,22	0,0568	
	Vzduch	0,1		0,18	
	Sádrokarton	0,0125	0,22	0,0568	
	Odpor přestupu tepla na vnější straně stěny R_{se}				0,13
	Celková trouška a součinitel prostupu tepla U_k	0,125		0,5536	1,80624

		Příčka 1. patro - roubená (dřevo)			
DREVO_10	Odpor přestupu tepla na vnitřní straně stěny R_{si}				0,13
	Trám (měkké dřevo)	0,1	0,18	0,5556	
	Odpor přestupu tepla na vnější straně stěny R_{se}				0,13
	Celková trouška a součinitel prostupu tepla U_k	0,1		0,8156	1,22616

		Příčka 1/2 patro (YTONG)			
YTONG_10	Odpor přestupu tepla na vnitřní straně stěny R_{si}				0,13
	Omítka	0,01	0,88	0,0114	
	YTONG (pórobeton)	0,1	0,137	0,7299	
	Omítka	0,01	0,88	0,0114	
	Odpor přestupu tepla na vnější straně stěny R_{se}				0,13
	Celková trouška a součinitel prostupu tepla U_k	0,12		1,0127	0,9875

		Podlaha/základy (DŘEVO - obyvak)			
ZAKLADY/POD LAHA_P	Odpor přestupu tepla na vnitřní straně stěny R_{si}				0,17
	Dřevěná podlaha	0,015	0,22	0,0682	
	Fólie pod plovoucí podlahu Ewi Viscotech 2000	0,0011		0,01	
	Nivelační stěrka např. Weber.niv PRO	0,002	1,16	0,0017	
	Potěr + podlahové topení, Weber.bat 30 MPa	0,01	1,16	0,0086	
	Fólie PE pod podlahovku, Giacomini R984	0,0002	0,5	0,0003	
	Betonová mazanina	0,007	1,2	0,0058	
	Polystyren (STYROTRADE EPS 150 S)	0,12	0,035	3,4286	
	Heraklit	0,045	0,35	0,1286	
	Radonelast	0,0045	0,21	0,0214	
	Základová deska	0,1	1,2	0,0833	
	Celková trouška a součinitel prostupu tepla U_k	0,3048		3,9266	0,25468

		Podlaha/základy (KOBEREC - ložnice, prodejna/sklad)			
ZAKLADY/POD LAHA_K	Odpor přestupu tepla na vnitřní straně stěny R_{si}				0,17
	Koberec	0,006	0,065	0,0923	
	Nivelační stěrka např. Weber.niv PRO	0,002	1,16	0,0017	
	Potěr s podlahovkou, Weber.bat 30 MPa	0,01	1,16	0,0086	
	Fólie PE pod podlahovku, Giacomini R984	0,0002	0,5	0,0003	
	Betonová mazanina	0,007	1,2	0,0058	
	Polystyren (STYROTRADE EPS 150 S)	0,13	0,035	3,7143	
	Heraklit	0,045	0,35	0,1286	
	Radonelast	0,0045	0,21	0,0214	
	Základová deska	0,1	1,2	0,0833	
	Celková trouška a součinitel prostupu tepla U_k	0,3047		4,2264	0,23661

		Podlaha/základy (DLAŽBA - kuchyně, koupelna, chodba, komora)		
ZAKLADY/ PODLAHA_D	Odpor přestupu tepla na vnitřní straně stěny R_{si}			0,17
	Dlažba	0,008	1,01	0,0079
	Nivelační stěrka např. Weber.niv PRO	0,002	1,16	0,0017
	Potěr s podlahovkou, Weber.bat 30 MPa	0,01	1,16	0,0086
	Fólie PE pod podlahovkou, Giacomini R984	0,0002	0,5	0,0003
	Betonová mazanina	0,005	1,2	0,0042
	Polystyren (STYROTRADE EPS 150 S)	0,13	0,035	3,7143
	Heraklit	0,045	0,35	0,1286
	Radonelast	0,0045	0,21	0,0214
	Základová deska	0,1	1,2	0,0833
	Celková trouška a součinitel prostupu tepla U_k	0,3047		4,1404

		Strop 1. patro/podlaha (PVC - stříhárna, dílna)		
STROP/ PODLAHA_L	Odpor přestupu tepla na vnitřní straně stěny R_{si}			0,17
	PVC - Novofloor Extra	0,002	0,16	0,0125
	Fólie Ewifoam Universol	0,003	0,3	0,01
	Nivelační stěrka	0,002	1,16	0,0017
	Potěr s podlahovkou, Weber.bat 30 MPa	0,01	1,16	0,0086
	OSB Superfinish ECO	0,022	0,096	0,2292
	Polystyren kročejový - STYRPFLOOR T5	0,1	0,039	2,5641
	Desky	0,03	0,18	0,1667
	Odpor přestupu tepla na vnitřní straně stěny R_{si}			0,1
	Celková trouška a součinitel prostupu tepla U_k	0,169		3,2628

		Strop 1. patro/podlaha (DLAŽBA - SZ, WC, komora, chodba)			
STROP/ PODLAHA_D	Odpor přestupu tepla na vnitřní straně stěny R_{si}			0,17	
	Dlažba	0,008	1,01	0,0079	
	Lepidlo	0,002	1,16	0,0017	
	Potěr s podlahovkou, Weber.bat 30 MPa	0,01	1,16	0,0086	
	OSB Superfinish ECO	0,022	0,096	0,2292	
	Polystyren kročejový - STYRPFLOOR T5	0,1	0,039	2,5641	
	Desky	0,03	0,18	0,1667	
	Odpor přestupu tepla na vnitřní straně stěny R_{si}			0,1	
	Celková trouška a součinitel prostupu tepla U_k	0,172		3,2482	0,30786

		Strop 1. patro/podlaha (Koberec - kancelář)		
STROP/ PODLAHA_K	Odpor přestupu tepla na vnitřní straně stěny R_{si}			0,17
	Koberec	0,006	0,065	0,0923
	Lepidlo	0,002	1,16	0,0017
	Potěr s podlahovkou, Weber.bat 30 MPa	0,01	1,16	0,0086
	OSB Superfinish ECO	0,022	0,096	0,2292
	Polystyren kročejový - STYRPFLOOR T5	0,1	0,039	2,5641
	Desky	0,03	0,18	0,1667
	Odpor přestupu tepla na vnitřní straně stěny R_{si}			0,1
Celková trouška a součinitel prostupu tepla U_k	0,17		3,3326	0,30007

		Stěna u garáže 1. patro				
DREVO_20/YT ONG_25		Odpor přestupu tepla na vnitřní straně stěny R_{si}			0,13	
		Trám (dřevo měkké)	0,097	0,18	0,5389	
		Konopí (izolace)	0,1	0,04	2,5	
		Trám (dřevo měkké)	0,097	0,18	0,5389	
		YTONG (pórobeton)	0,25	0,137	1,8248	
		Omítka	0,01	0,88	0,0114	
		Odpor přestupu tepla na vnější straně stěny R_{se}			0,04	
		Celková trouška a součinitel prostupu tepla U_k			0,554	5,584

DVERE_IN80/1 97	Vnitřní dveře 80/197					
	U_k					2,2
DVERE_IN70/1 97	Vnitřní dveře 70/197					
	U_k					2,2
DVERE_PPOZA R80/197	Vnitřní dveře protipožární 80/197					
	U_k					2,3
DVERE_OUT95 /220	Venkovní dveře (vchodové) 95/220					
	U_k					1,3
OKNO_60/60	Okno 60/60					
	U_k					1,5
OKNO_85/135	Okno 85/125					
	U_k					1,6
OKNO95/135	Okno 95/135					
	U_k					1,5
OKNO_VELUX7 8/140	Okno VELUX 78/140					
	U_k					1,4

Příloha B

OBÝVACÍ POKOJ + KK

101+102

Teplotní údaje			
Venkovní výpočtová teplota	θ_e	[°C]	-15
Vnitřní výpočtová teplota	$\theta_{int,i}$	[°C]	22
Výpočtový rozdíl teplot	$\theta_{int,i} - \theta_e$	[°C]	37

TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM								
Tepeelné ztráty přímo do venkovního prostředí								
	Kód konstrukce	A_k [m ²]	U_k [W/m ² ·K]	ΔU_{tb} [W/m ² ·K]	U_{kc} [W/m ² ·K]	e_k [-]	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ [W/K]	
	DREVO_20	23,095	0,2668	0,05	0,3168	1	7,3171	
	OKNO_95/135	2,565	1,5	0,4	1,9	1	4,8735	
	DVERE_OUT95/220	2,09	1,3	0,4	1,7	1	3,553	
Celkový součinitel tepelné ztráty, přímo do venkovního prostředí					$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$		[W/K]	15,74
Tepeelné ztráty přes nevytápěné prostory								
	Kód konstrukce	A_k [m ²]	U_k [W/m ² ·K]	ΔU_{tb} [W/m ² ·K]	U_{kc} [W/m ² ·K]	b_u [-]	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$ [W/K]	
Celkové tepelné ztráty přes nevytápěné prostory					$H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$		[W/K]	0,00
Tepeelné ztráty zeminou								
	Kód konstrukce	Výpočet B'	A_g [m ²]	P [m]	$\beta' = 2 \cdot A_g / P$ [m]			
			27,6	11,5	4,80			
			U_k [W/m ² ·K]	$U_{equiv,k}$ [W/m ² ·K]	A_k [m ²]	$A_k \cdot U_{equiv,k}$ [W/K]		
	ZEMINA_PODLAHA		0,2547	0,17	27,6	4,692		
Celkem ekvivalentní stavební části					$\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}$		[W/K]	
Korekční činitel			f_{g1} [-]	f_{g2} [-]	G_w [-]	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ [-]		
			1,45	0,50	1,00	0,72		
Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou					$H_{T,ij} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$		[W/K]	3,38
Tepeelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílné teploty								
	Kód konstrukce	f_{ij} [-]	A_k [m ²]	U_k [W/m ² ·K]	ΔU_{tb} [W/m ² ·K]	U_{kc} [W/m ² ·K]	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$ [W/K]	
do komora	DREVO_10	0,0541	7,3710	1,226	0,05	1,276	0,5085	
	DVERE_IN70/197	0,0541	1,3790	2,200	0,5	2,700	0,2013	
do chodba	DREVO_10	0,0541	7,6740	1,226	0,05	1,276	0,5294	
	DVERE_IN80/197	0,0541	1,5760	2,200	0,5	2,700	0,2300	
do ložnice	DREVO_10	0,0541	8,4240	1,226	0,05	1,276	0,5811	
	DVERE_IN80/197	0,0541	1,5760	2,200	0,5	2,700	0,2300	
do stříharna	STROP/PODLAHA_L	-0,0270	21,450	0,306	0,05	0,356	-0,2067	
do soc. wc. kom	STROP/PODLAHA_D	0,0541	5,2500	0,308	0,05	0,358	0,1016	
Celkový součinitel tepelné ztráty přes prostory s rozdílnými teploty					$H_{T,ig} = \sum_k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$		[W/K]	2,18
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupu					$H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}$		[W/K]	21,30
Návrhová tepelná ztráta prostupem					$\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$		[W]	788

TEPELNÉ ZTRÁTY VĚTRÁNÍM				
Vnitřní objem	V_i	[m ³]	69,00	
Nejmenší intenzita výměny vzduchu	n_{min}	[h ⁻¹]	0,50	
Celkový součinitel tepelné ztráty větráním			$H_{V,i} = 0,34 \cdot V_i \cdot n_{min}$ [W/K]	11,73
Návrhová tepelná ztráta větráním			$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]	434
Celková tepelná ztráta větráním a prostupem			$\Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}$ [W]	1222
Zátopový tepelný výkon				
Podlahová plocha	A_i	[m ²]	27,60	
zátopový součinitel	f_{RH}	[W/m ²]	0	
Celkový zátopový tepelný výkon			$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH}$ [W]	0
Návrhový tepelný výkon			$\Phi_{HL,i} = \Phi_i + \Phi_{RH,i}$ [W]	1222

KOMORA

103

Teplotní údaje			
Venkovní výpočtová teplota	θ_e	[°C]	-15
Vnitřní výpočtová teplota	$\theta_{int,i}$	[°C]	20
Výpočtový rozdíl teplot	$\theta_{int,i} - \theta_e$	[°C]	35

TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM							
Tepeelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
	Kód konstrukce	A_k [m ²]	U_k [W/m ² ·K]	ΔU_{tb} [W/m ² ·K]	U_{kc} [W/m ² ·K]	e_k [-]	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ [W/K]
	DREVO_20	2,25	0,2668	0,05	0,31682	1	0,7129
Celkový součinitel tepelné ztráty, přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$							[W/K]
							0,71
Tepeelné ztráty přes nevytápěné prostory							
	Kód konstrukce	A_k [m ²]	U_k [W/m ² ·K]	ΔU_{tb} [W/m ² ·K]	U_{kc} [W/m ² ·K]	b_u [-]	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$ [W/K]
Celkové tepelné ztráty přes nevytápěné prostory $H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$							[W/K]
							0,00
Tepeelné ztráty zeminou							
	Kód konstrukce	Výpočet B'	A_g [m ²]	P [m]	$B' = 2 \cdot A_g / P$ [m]		
			3,15	0,9	7,00		
			U_k [W/m ² ·K]	$U_{equiv,k}$ [W/m ² ·K]	A_k [m ²]	$A_k \cdot U_{equiv,k}$ [W/K]	
	ZEMINA_PODLAHA		0,2415	0,165	3,15	0,5198	
Celkem ekvivalentní stavební části $\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}$							[W/K]
Korekční činitele							
		f_{g1} [-]	f_{g2} [-]	G_w [-]	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ [-]		
		1,45	0,47	1,00	0,68		
Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou $H_{T,ij} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$							[W/K]
							0,35
Tepeelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílné teploty							
	Kód konstrukce	f_{ij} [-]	A_k [m ²]	U_k [W/m ² ·K]	ΔU_{tb} [W/m ² ·K]	U_{kc} [W/m ² ·K]	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$ [W/K]
do koupelna	DREVO_10	-0,1143	8,75	1,226	0,05	1,276	-1,2762
do chodba (stejná teplota)	DREVO_10	-0,0571	7,174	1,226	0,05	1,276	-0,5232
do obývací + kk	DVERE_IN80/197	-0,0571	1,576	2,200	0,5	2,700	-0,2432
do kancelar	STROP/PODLAHA_K	0,0000	1,575	0,300	0,05	0,350	0,0000
do soc. wc kom.	STROP/PODLAHA_D	0,0000	1,225	0,308	0,05	0,358	0,0000
Celkový součinitel tepelné ztráty přes prostory s rozdílnými teplotami $H_{T,ig} = \sum_k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$							[W/K]
							-2,04
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupu $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}$							[W/K]
							-0,98
Návrhová tepelná ztráta prostupem $\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$							[W]
							-34

TEPELNÉ ZTRÁTY VĚTRÁNÍM				
Vnitřní objem	V_i	[m ³]	7,88	
Nejmenší intenzita výměny vzduchu	n_{min}	[h ⁻¹]	0,30	
Celkový součinitel tepelné ztráty větráním $H_{V,i} = 0,34 \cdot V_i \cdot n_{min}$				[W/K]
				0,80
Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$				[W]
				28
Celková tepelná ztráta větráním a prostupem $\Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}$				[W]
				-6
Zátopový tepelný výkon				
Podlahová plocha	A_i	[m ²]	3,15	
zátopový součinitel	f_{RH}	[W/m ²]	0	
Celkový zátopový tepelný výkon $\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH}$				[W]
				0
Návrhový tepelný výkon $\Phi_{HL,i} = \Phi_i + \Phi_{RH,i}$				[W]
				-6

WC + koupelna

104 +105

Teplotní údaje			
Venkovní výpočtová teplota	θ_e	[°C]	-15
Vnitřní výpočtová teplota	$\theta_{int,i}$	[°C]	24
Výpočtový rozdíl teplot	$\theta_{int,i} - \theta_e$	[°C]	39

TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM								
Teplotné ztráty přímo do venkovního prostředí								
	Kód konstrukce	A_k [m ²]	U_k [W/m ² ·K]	ΔU_{tb} [W/m ² ·K]	U_{kc} [W/m ² ·K]	e_k [-]	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ [W/K]	
	DREVO_20	6,530	0,267	0,05	0,317	1	2,069	
	OKNO_60/60	0,720	1,500	0,5	2,000	1	1,440	
	DREVO_20/YTONG_25	1,625	0,179	0,05	0,229	1	0,372	
Celkový součinitel tepelné ztráty, přímo do venkovního prostředí					$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$		[W/K]	3,88
Teplotné ztráty přes nevytápěné prostory								
	Kód konstrukce	A_k [m ²]	U_k [W/m ² ·K]	ΔU_{tb} [W/m ² ·K]	U_{kc} [W/m ² ·K]	b_u [-]	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ [W/K]	
	DREVO_20/YTONG_25	7,5	0,179	0,05	0,229	0,8	1,375	
Celkové tepelné ztráty přes nevytápěné prostory					$H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$		[W/K]	1,37
Teplotné ztráty zeminou								
	Kód konstrukce	Výpočet B'	A_g [m ²]	P [m]	$B' = 2 \cdot A_g / P$ [m]			
			9,9	3,55	5,58			
			U_k [W/m ² ·K]	$U_{equiv,k}$ [W/m ² ·K]	A_k [m ²]	$A_k \cdot U_{equiv,k}$ [W/K]		
	ZEMINA_PODLAHA		0,242	0,17	9,9	1,683		
Celkem ekvivalentní stavební části			$\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}$				[W/K]	
	Korekční čísel	f_{g1} [-]	f_{g2} [-]	G_w [-]	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ [-]			
		1,45	0,52	1,00	0,76			
Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou					$H_{T,ij} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$		[W/K]	1,28
Teplotné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílné teploty								
	Kód konstrukce	f_{ij} [-]	A_k [m ²]	U_k [W/m ² ·K]	ΔU_{tb} [W/m ² ·K]	U_{kc} [W/m ² ·K]	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$ [W/K]	
	do komora	0,103	8,75	1,226	0,05	1,276	1,1453	
	do chodba	0,103	5,871	1,226	0,05	1,276	0,7684	
	DVERE_IN70/197	0,103	1,379	2,200	0,5	2,700	0,3819	
	do kancelar	0,103	10,15	0,300	0,05	0,350	0,3644	
Celkový součinitel tepelné ztráty přes prostory s rozdílnými teploty					$H_{T,ig} = \sum_k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$		[W/K]	2,66
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupu					$H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}$		[W/K]	9,19
Návrhová tepelná ztráta prostupem					$\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$		[W]	358

TEPELNÉ ZTRÁTY VĚTRÁNÍM					
Vnitřní objem	V_i	[m ³]	24,75		
Nejmenší intenzita výměny vzduchu	n_{min}	[h ⁻¹]	1,00		
Celkový součinitel tepelné ztráty větráním			$H_{V,i} = 0,34 \cdot V_i \cdot n_{min}$	[W/K]	8,42
Návrhová tepelná ztráta větráním			$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$	[W]	328
Celková tepelná ztráta větráním a prostupem			$\Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}$	[W]	687
Zátopový tepelný výkon					
Podlahová plocha	A_i	[m ²]	9,90		
zátopový součinitel	f_{RH}	[W/m ²]	0		
Celkový zátopový tepelný výkon			$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH}$	[W]	0
Návrhový tepelný výkon			$\Phi_{HL,i} = \Phi_i + \Phi_{RH,i}$	[W]	687

CHODBA

106

Teplotní údaje			
Venkovní výpočtová teplota	θ_e	[°C]	-15
Vnitřní výpočtová teplota	$\theta_{int,i}$	[°C]	20
Výpočtový rozdíl teplot	$\theta_{int,i} - \theta_e$	[°C]	35

TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM								
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí								
	Kód konstrukce	A_k [m ²]	U_k [W/m ² K]	ΔU_{tb} [W/m ² K]	U_{kc} [W/m ² K]	e_k [-]	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ [W/K]	
Celkový součinitel tepelné ztráty, přímo do venkovního prostředí							$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ [W/K]	0,00
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory								
	Kód konstrukce	A_k [m ²]	U_k [W/m ² K]	ΔU_{tb} [W/m ² K]	U_{kc} [W/m ² K]	b_u [-]	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$ [W/K]	
	DREVO_20/YTONG_25	3,174	0,1791	0,05	0,2291	0,80	0,5817	
	DVERE_PPOZAR80/197	1,576	2,3	0,50	2,80	0,80	3,5302	
	STROP/PODLAHA_D	1	0,3079	0,05	0,3579	0,40	0,1431	
Celkové tepelné ztráty přes nevytápěné prostory							$H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ [W/K]	4,26
Tepelné ztráty zeminou								
	Kód konstrukce	Výpočet B'	A_g [m ²]	P [m]	$B' = 2 \cdot A_g / P$ [m]			
			95	39	4,87			
			U_k [W/m ² K]	$U_{equiv,k}$ [W/m ² K]	A_k [m ²]	$A_k \cdot U_{equiv,k}$ [W/K]		
	ZEMINA_PODLAHA		0,2415	0,17	6,1	1,037		
Celkem ekvivalentní stavební části							$\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}$ [W/K]	
	Korekční činitelé	f_{g1} [-]	f_{g2} [-]	G_w [-]	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ [-]			
		1,45	0,47	1,00	0,68			
Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou							$H_{T,ij} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ [W/K]	0,70
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílné teploty								
	Kód konstrukce	f_{ij} [-]	A_k [m ²]	U_k [W/m ² K]	ΔU_{tb} [W/m ² K]	U_{kc} [W/m ² K]	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$ [W/K]	
do komora (stejná teplota)				1,449	0,05	1,499	0	
do obyvak+KK	DREVO_10	-0,0571	7,674	1,226	0,05	1,276	-0,5596	
	DVERE_IN80/197	-0,0571	1,576	2,200	0,50	2,700	-0,2432	
do zadveri	DREVO_10	0,0571	4,25	1,226	0,05	1,276	0,3099	
	DVERE_IN80/197	0,0571	1,576	2,200	0,50	2,700	0,2432	
do sklad	YTONG_10	0	7,674	0,988	0,05	1,038	0	
	DVERE_PPOZAR80/197	0	1,576	2,300	0,50	2,800	0	
do koupelna	DREVO_10	-0,1143	5,871	1,226	0,05	1,276	-0,8563	
	DVERE_IN70/197	-0,1143	1,379	2,200	0,50	2,700	-0,4255	
do chodba	STROP/PODLAHA_D	0,5143	5,662	0,308	0,05	0,358	1,0421	
Celkový součinitel tepelné ztráty přes prostory s rozdílnými teplotami							$H_{T,ig} = \sum_k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$ [W/K]	-0,49
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem							$H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}$ [W/K]	4,47
Návrhová tepelná ztráta prostupem							$\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]	156

TEPELNÉ ZTRÁTY VĚTRÁNÍM				
Vnitřní objem	V_i	[m ³]	7,88	
Nejmenší intenzita výměny vzduchu	n_{min}	[h ⁻¹]	0,50	
Celkový součinitel tepelné ztráty větráním			$H_{V,i} = 0,34 \cdot V_i \cdot n_{min}$ [W/K]	1,34
Návrhová tepelná ztráta větráním			$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]	47
Celková tepelná ztráta větráním a prostupem			$\Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}$ [W]	203
Zátopový tepelný výkon				
Podlahová plocha	A_j	[m ²]	6,10	
zátopový součinitel	f_{RH}	[W/m ²]	0	
Celkový zátopový tepelný výkon			$\Phi_{RH,i} = A_j \cdot f_{RH}$ [W]	0
Návrhový tepelný výkon			$\Phi_{HL,i} = \Phi_i + \Phi_{RH,i}$ [W]	203

ZÁDVEŘÍ

108

Teplotní údaje			
Venkovní výpočtová teplota	θ_e	[°C]	-15
Vnitřní výpočtová teplota	$\theta_{int,i}$	[°C]	18
Výpočtový rozdíl teplot	$\theta_{int,i} - \theta_e$	[°C]	33

TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM										
Tepeelné ztráty přímo do venkovního prostředí										
	Kód konstrukce	A_k [m ²]	U_k [W/m ² ·K]	ΔU_{tb} [W/m ² ·K]	U_{kc} [W/m ² ·K]	e_k [-]	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ [W/K]			
	DREVO_20	2,16	0,2668	0,05	0,3168	1	0,6843			
	DVERE_OUT95/220	2,09	1,30	0,50	1,80	1	3,7620			
Celkový součinitel tepelné ztráty, přímo do venkovního prostředí							$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$	[W/K]		
4,45										
Tepeelné ztráty přes nevytápěné prostory										
	Kód konstrukce	A_k [m ²]	U_k [W/m ² ·K]	ΔU_{tb} [W/m ² ·K]	U_{kc} [W/m ² ·K]	b_u [-]	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$ [W/K]			
0,00										
Celkové tepelné ztráty přes nevytápěné prostory							$H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$	[W/K]		
0,00										
Tepeelné ztráty zemínou										
	Kód konstrukce	Výpočet B'	A_g [m ²]	P [m]	$B' = 2 \cdot A_g / P$ [m]					
	ZEMINA_PODLAHA		5,95	1,7	7,00					
			U_k [W/m ² ·K]	$U_{equiv,k}$ [W/m ² ·K]	A_k [m ²]	$A_k \cdot U_{equiv,k}$ [W/K]				
	ZEMINA_PODLAHA		0,2415	0,165	5,95	0,9818				
Celkem ekvivalentní stavební části							$\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}$	[W/K]		
Korekční činitele							f_{g1}	f_{g2}	G_w	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$
							[-]	[-]	[-]	[-]
							1,45	0,44	1,00	0,63
Celkový součinitel tepelné ztráty zemínou							$H_{T,ij} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$	[W/K]		
0,62										
Tepeelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílné teploty										
	Kód konstrukce	f_{ij} [-]	A_k [m ²]	U_k [W/m ² ·K]	ΔU_{tb} [W/m ² ·K]	U_{kc} [W/m ² ·K]	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$ [W/K]			
do sklad	YTONG_10	-0,0606	8,750	0,988	0,05	1,038	-0,5502			
do chodba	DREVO_10	-0,0606	2,674	1,226	0,05	1,276	-0,2068			
	DVERE_IN80/197	-0,0606	1,576	2,200	0,50	2,700	-0,2579			
do ložnice	DREVO_10	-0,0606	8,750	1,226	0,05	1,276	-0,6768			
do síci dílna	STROP/PODLAHA_L	-0,1515	5,950	0,306	0,05	0,356	-0,3214			
Celkový součinitel tepelné ztráty přes prostory s rozdílnými teplotami							$H_{T,ij} = \sum_k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$	[W/K]		
-2,01										
Celkový součinitel tepelné ztráty prostu							$H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ij}$	[W/K]		
3,05										
Návrhová tepelná ztráta prostupem							$\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$	[W]		
101										

TEPELNÉ ZTRÁTY VĚTRÁNÍM			
Vnitřní objem	V_i	[m ³]	14,88
Nejmenší intenzita výměny vzduchu	n_{min}	[h ⁻¹]	0,50
Celkový součinitel tepelné ztráty větráním			$H_{V,i} = 0,34 \cdot V_i \cdot n_{min}$
			[W/K]
Návrhová tepelná ztráta větráním			$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$
			[W]
Celková tepelná ztráta větráním a prostupem			$\Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}$
			[W]
Zátopový tepelný výkon			
Podlahová plocha	A_i	[m ²]	5,95
zátopový součinitel	f_{RH}	[W/m ²]	0
Celkový zátopový tepelný výkon			$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH}$
			[W]
Návrhový tepelný výkon			$\Phi_{HL,i} = \Phi_i + \Phi_{RH,i}$
			[W]
			184

LOŽNICE

109

Teplotní údaje			
Venkovní výpočtová teplota	θ_e	[°C]	-15
Vnitřní výpočtová teplota	$\theta_{int,i}$	[°C]	20
Výpočtový rozdíl teplot	$\theta_{int,i} - \theta_e$	[°C]	35

TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM							
Tepeelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
	Kód konstrukce	A_k [m ²]	U_k [W/m ² ·K]	ΔU_{tb} [W/m ² ·K]	U_{kc} [W/m ² ·K]	e_k [-]	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ [W/K]
	DREVO_20	16,185	0,2668	0,05	0,3168	1	5,1278
	OKNO_95/135	2,565	1,50	0,40	1,90	1	4,8735
Celkový součinitel tepelné ztráty, přímo do venkovního prostředí						$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ [W/K]	
10,00							
Tepeelné ztráty přes nevytápěné prostory							
	Kód konstrukce	A_k [m ²]	U_k [W/m ² ·K]	ΔU_{tb} [W/m ² ·K]	U_{kc} [W/m ² ·K]	b_u [-]	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ [W/K]
Celkové tepelné ztráty přes nevytápěné prostory						$H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ [W/K]	
0,00							
Tepeelné ztráty zeminou							
	Kód konstrukce	Výpočet B'			A_g [m ²]	P [m]	$B' = 2 \cdot A_g / P$ [m]
	ZEMINA_PODLAHA				14	7,9	3,54
		U_k [W/m ² ·K]	$U_{equiv,k}$ [W/m ² ·K]	A_k [m ²]	$A_k \cdot U_{equiv,k}$ [W/K]		
		0,2745	0,17	14	2,38		
Celkem ekvivalentní stavební části					$\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}$ [W/K]		
Korekční činitele					f_{g1} [-]	f_{g2} [-]	G_w [-]
					1,45	0,47	1,00
Celkový součinitel tepelné ztráty zemí					$H_{T,ij} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ [W/K]		
1,62							
Tepeelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílné teploty							
	Kód konstrukce	f_{ij} [-]	A_k [m ²]	U_k [W/m ² ·K]	ΔU_{tb} [W/m ² ·K]	U_{kc} [W/m ² ·K]	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$ [W/K]
do zadveri	DREVO_10	0,0571	8,750	1,226	0,05	1,276	0,6381
do obyvaku	DREVO_10	-0,0571	8,424	1,226	0,05	1,276	-0,6143
	DVERE_IN80/197	-0,0571	1,576	2,200	0,50	2,700	-0,2432
do střiřarna	STROP/PODLAHA_L	-0,0857	13,650	0,306	0,05	0,356	-0,4171
Celkový součinitel tepelné ztráty přes prostory s rozdílnými teploty:						$H_{T,ig} = \sum_k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$ [W/K]	
-0,64							
Celkový součinitel tepelné ztráty prost						$H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}$ [W/K]	
10,98							
Návrhová tepelná ztráta prostupem						$\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]	
384							

TEPELNÉ ZTRÁTY VĚTRÁNÍM			
Vnitřní objem	V_i	[m ³]	35,00
Nejmenší intenzita výměny vzduchu	n_{min}	[h ⁻¹]	0,50
Celkový součinitel tepelné ztráty větráním			$H_{V,i} = 0,34 \cdot V_i \cdot n_{min}$ [W/K]
5,95			
Návrhová tepelná ztráta větráním			$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]
208			
Celková tepelná ztráta větráním a prostupem			$\Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}$ [W]
593			
Zátopový tepelný výkon			
Podlahová plocha	A_i	[m ²]	14,00
zátopový součinitel	f_{RH}	[W/m ²]	0
Celkový zátopový tepelný výkon			$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH}$ [W]
0			
Návrhový tepelný výkon			$\Phi_{HL,i} = \Phi_i + \Phi_{RH,i}$ [W]
593			

CHODBA2

201

Teplotní údaje			
Venkovní výpočtová teplota	θ_e	[°C]	-15
Vnitřní výpočtová teplota	$\theta_{int,i}$	[°C]	18
Výpočtový rozdíl teplot	$\theta_{int,i} - \theta_e$	[°C]	33

TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM								
Tepeelné ztráty přímo do venkovního prostředí								
	Kód konstrukce	A_k [m ²]	U_k [W/m ² ·K]	ΔU_{tb} [W/m ² ·K]	U_{kc} [W/m ² ·K]	e_k [-]	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ [W/K]	
Celkový součinitel tepelné ztráty, přímo do venkovního prostředí							$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ [W/K]	0,00
Tepeelné ztráty přes nevytápěné prostory								
	Kód konstrukce	A_k [m ²]	U_k [W/m ² ·K]	ΔU_{tb} [W/m ² ·K]	U_{kc} [W/m ² ·K]	b_u [-]	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ [W/K]	
	YTONG_10	3,364	0,9875	0,05	1,0375	0,3	1,0470	
	DVERE_POZAR80/197	1,576	2,20	0,50	2,70	0,3	1,2766	
	STRECHA	5,650	0,2013	0,05	0,2513	0,8	1,1358	
Celkové tepelné ztráty přes nevytápěné prostory							$H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ [W/K]	3,46
Tepeelné ztráty zeminou								
	Kód konstrukce	Výpočet B'	A_g [m ²]	P [m]	$B' = 2 \cdot A_g / P$ [m]			
			U_k [W/m ² ·K]	$U_{equiv,k}$ [W/m ² ·K]	A_k [m ²]	$A_k \cdot U_{equiv,k}$ [W/K]		
Celkem ekvivalentní stavební části							$\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}$ [W/K]	
	Korekční činitelé	f_{g1} [-]	f_{g2} [-]	G_w [-]	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ [-]			
Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou							$H_{T,ij} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ [W/K]	0,00
Tepeelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílné teploty								
	Kód konstrukce	f_{ij} [-]	A_k [m ²]	U_k [W/m ² ·K]	ΔU_{tb} [W/m ² ·K]	U_{kc} [W/m ² ·K]	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$ [W/K]	
do síci dílna	2P_PRICKA	-0,1515	6,172	1,806	0,05	1,856	-1,7359	
	DVERE_IN80/197	-0,1515	1,576	2,200	0,50	2,700	-0,6447	
do striharna	2P_PRICKA	-0,1515	3,364	1,806	0,05	1,856	-0,9461	
	DVERE_IN80/197	-0,1515	1,576	2,200	0,50	2,700	-0,6447	
do soc zazemi	2P_PRICKA	-0,0606	3,704	1,806	0,05	1,856	-0,4167	
	DVERE_IN70/197	-0,0606	1,379	2,200	0,50	2,700	-0,2257	
do kancelar	2P_PRICKA	-0,0606	1,479	1,806	0,05	1,856	-0,1664	
	DVERE_IN80/197	-0,0606	1,576	2,200	0,50	2,700	-0,2579	
do chodba	STROP/PODLAHA_D	-0,0606	5,662	0,308	0,05	0,358	-0,1228	
Celkový součinitel tepelné ztráty přes prostory s rozdílnými teplotami							$H_{T,ig} = \sum_k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$ [W/K]	-5,16
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem							$H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}$ [W/K]	-1,70
Návrhová tepelná ztráta prostupem							$\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]	-56

TEPELNÉ ZTRÁTY VĚTRÁNÍM				
Vnitřní objem	V_i	[m ³]	14,69	
Nejmenší intenzita výměny vzduchu	n_{min}	[h ⁻¹]	0,30	
Celkový součinitel tepelné ztráty větráním			$H_{V,i} = 0,34 \cdot V_i \cdot n_{min}$ [W/K]	1,50
Návrhová tepelná ztráta větráním			$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]	49
Celková tepelná ztráta větráním a prostupem			$\Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}$ [W]	-7
Zátopový tepelný výkon				
Podlahová plocha	A_i	[m ²]	5,65	
zátopový součinitel	f_{RH}	[W/m ²]	0	
Celkový zátopový tepelný výkon			$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH}$ [W]	0
Návrhový tepelný výkon			$\Phi_{HL,i} = \Phi_i + \Phi_{RH,i}$ [W]	-7

ŠICÍ DÍLNA

203

Teplotní údaje			
Venkovní výpočtová teplota	θ_e	[°C]	-15
Vnitřní výpočtová teplota	$\theta_{int,i}$	[°C]	23
Výpočtový rozdíl teplot	$\theta_{int,i} - \theta_e$	[°C]	38

TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM								
Tepeelné ztráty přímo do venkovního prostředí								
	Kód konstrukce	A_k [m ²]	U_k [W/m ² ·K]	ΔU_{tb} [W/m ² ·K]	U_{kc} [W/m ² ·K]	e_k [-]	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ [W/K]	
	STRECHA	17,1357	0,2013	0,05	0,2513	1	4,3060	
	2P_OBALKA	9,6263	0,2078	0,05	0,2578	1	2,4821	
	OKNO_85/125	1,0625	1,60	0,50	2,1	1	2,2313	
Celkový součinitel tepelné ztráty, přímo do venkovního prostředí					$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$		[W/K]	9,02
Tepeelné ztráty přes nevytápěné prostory								
	Kód konstrukce	A_k [m ²]	U_k [W/m ² ·K]	ΔU_{tb} [W/m ² ·K]	U_{kc} [W/m ² ·K]	b_u [-]	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$ [W/K]	
	YTONG_10	7,735	0,98750385	0,05	1,037504	0,4	3,210036911	
	STRECHA	8,979565	0,2012892	0,05	0,251289	0,8	1,805174154	
Celkové tepelné ztráty přes nevytápěné prostory					$H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$		[W/K]	5,02
Tepeelné ztráty zeminou								
	Kód konstrukce	Výpočet B'	A_g [m ²]	P [m]	$B' = 2 \cdot A_g / P$ [m]			
			U_k [W/m ² ·K]	$U_{equiv,k}$ [W/m ² ·K]	A_k [m ²]	$A_k \cdot U_{equiv,k}$ [W/K]		
Celkem ekvivalentní stavební části					$\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}$		[W/K]	
Korekční činitel			f_{g1} [-]	f_{g2} [-]	G_w [-]	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ [-]		
Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou					$H_{T,ij} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$		[W/K]	0,00
Tepeelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílné teploty								
	Kód konstrukce	f_{ij} [-]	A_k [m ²]	U_k [W/m ² ·K]	ΔU_{tb} [W/m ² ·K]	U_{kc} [W/m ² ·K]	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$ [W/K]	
do chodba	2P_PRICKA	0,1316	6,172	1,806	0,050	1,856	1,5075	
	DVERE_IN80/197	0,1316	1,576	2,200	0,500	2,700	0,5599	
do stříharna (stejná teplota)	2P_PRICKA							
	DVERE_IN80/197							
do zadveri	STROP/PODLAHA_L	0,1316	5,950	0,306	0,050	0,356	0,2791	
do sklad	STROP/PODLAHA_L	0,0789	12,950	0,306	0,050	0,356	0,3645	
Celkový součinitel tepelné ztráty přes prostory s rozdílnými teplotar					$H_{T,ig} = \sum_k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$		[W/K]	2,71
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupe					$H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}$		[W/K]	16,75
Návrhová tepelná ztráta prostupem					$\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$		[W]	636

TEPELNÉ ZTRÁTY VĚTRÁNÍM					
Vnitřní objem	V_i	[m ³]	43,16		
Nejmenší intenzita výměny vzduchu	n_{min}	[h ⁻¹]	0,60		
Celkový součinitel tepelné ztráty větráním			$H_{V,i} = 0,34 \cdot V_i \cdot n_{min}$	[W/K]	8,80
Návrhová tepelná ztráta větráním			$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$	[W]	335
Celková tepelná ztráta větráním a prostupem			$\Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}$	[W]	971
Zátopový tepelný výkon					
Podlahová plocha	A_i	[m ²]	21,10		
zátopový součinitel	f_{RH}	[W/m ²]	0		
Celkový zátopový tepelný výkon			$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH}$	[W]	0
Návrhový tepelný výkon			$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{RH,i}$	[W]	971

STŘÍHÁRNA

204

Teplotní údaje			
Venkovní výpočtová teplota	θ_e	[°C]	-15
Vnitřní výpočtová teplota	$\theta_{int,i}$	[°C]	23
Výpočtový rozdíl teplot	$\theta_{int,i} - \theta_e$	[°C]	38

TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM								
Teplotné ztráty přímo do venkovního prostředí								
	Kód konstrukce	A_k [m ²]	U_k [W/m ² ·K]	ΔU_{tb} [W/m ² ·K]	U_{kc} [W/m ² ·K]	e_k [-]	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ [W/K]	
	STRECHA	19,8900	0,2013	0,05	0,2513	1	4,9981	
	OKNO_VELUX78/140	1,0920	1,4000	0,50	1,9000	1	2,0748	
	OKNO_VELUX78/140	1,0920	1,4000	0,50	1,9000	1	2,0748	
	2P_OBALKA	22,1214	0,2078	0,05	0,2578	1	5,7038	
	OKNO_85/125	1,0625	1,6000	0,50	2,1000	1	2,2313	
	OKNO_85/125	1,0625	1,6000	0,50	2,1000	1	2,2313	
Celkový součinitel tepelné ztráty, přímo do venkovního prostředí					$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$		[W/K]	19,31
Teplotné ztráty přes nevytápěné prostory								
	Kód konstrukce	A_k [m ²]	U_k [W/m ² ·K]	ΔU_{tb} [W/m ² ·K]	U_{kc} [W/m ² ·K]	b_u [-]	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$ [W/K]	
	STRECHA	19,7496	0,2013	0,05	0,2513	0,80	3,9703	
Celkové tepelné ztráty přes nevytápěné prostory					$H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$		[W/K]	3,97
Teplotné ztráty zeminou								
	Kód konstrukce	Výpočet B'	A_g [m ²]	P [m]	$B' = 2 \cdot A_g / P$ [m]			
			U_k [W/m ² ·K]	$U_{equiv,k}$ [W/m ² ·K]	A_k [m ²]	$A_k \cdot U_{equiv,k}$ [W/K]		
Celkem ekvivalentní stavební části					$\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}$		[W/K]	
	Korekční činitelé	f_{g1} [-]	f_{g2} [-]	G_w [-]	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ [-]			
Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou					$H_{T,ij} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$		[W/K]	0,00
Teplotné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílné teploty								
	Kód konstrukce	f_{ij} [-]	A_k [m ²]	U_k [W/m ² ·K]	ΔU_{tb} [W/m ² ·K]	U_{kc} [W/m ² ·K]	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$ [W/K]	
do chodba	2P_PRICKA	0,1316	3,364	1,806	0,05	1,856	0,8216	
	DVERE_IN80/197	0,1316	1,576	2,200	0,50	2,700	0,5599	
do síci dílna (stejná teplota)	2P_PRICKA							
	DVERE_IN80/197							
do soc. wc. Kom	2P_PRICKA	0,0789	7,051	1,806	0,05	1,856	1,0332	
do obyvak+kk	STROP/PODLAHA_L	0,0263	21,450	0,306	0,05	0,356	0,2012	
do ložnice	STROP/PODLAHA_L	0,0789	13,650	0,306	0,05	0,356	0,3842	
Celkový součinitel tepelné ztráty přes prostory s rozdílnými teplotami					$H_{T,ig} = \sum_k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$		[W/K]	3,00
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem					$H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}$		[W/K]	26,28
Návrhová tepelná ztráta prostupem					$\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$		[W]	999

TEPELNÉ ZTRÁTY VĚTRÁNÍM								
Vnitřní objem		V_i	[m ³]	76,57				
Nejmenší intenzita výměny vzduchu		n_{min}	[h ⁻¹]	0,50				
Celkový součinitel tepelné ztráty větráním					$H_{V,i} = 0,34 \cdot V_i \cdot n_{min}$		[W/K]	13,02
Návrhová tepelná ztráta větráním					$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$		[W]	495
Celková tepelná ztráta větráním a prostupem					$\Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}$		[W]	1493
Zátopový tepelný výkon								
Podlahová plocha		A_i	[m ²]	35,35				
zátopový součinitel		f_{RH}	[W/m ²]	0				
Celkový zátopový tepelný výkon					$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH}$		[W]	0
Návrhový tepelný výkon					$\Phi_{HL,i} = \Phi_i + \Phi_{RH,i}$		[W]	1493

SOCIÁLNÍ ZÁZEMÍ + WC + KOMORA

205

Teplotní údaje			
Venkovní výpočtová teplota	θ_e	[°C]	-15
Vnitřní výpočtová teplota	$\theta_{int,i}$	[°C]	20
Výpočtový rozdíl teplot	$\theta_{int,i} - \theta_e$	[°C]	35

TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM							
Teplotné ztráty přímo do venkovního prostředí							
	Kód konstrukce	A_k [m ²]	U_k [W/m ² ·K]	ΔU_{tb} [W/m ² ·K]	U_{kc} [W/m ² ·K]	e_k [-]	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ [W/K]
	STRECHA	5,2525	0,2013	0,05	0,2513	1	1,3199
	2P_OBALKA	1,1136	0,2078	0,05	0,2578	1	0,2871
Celkový součinitel tepelné ztráty, přímo do venkovního prostředí					$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$		[W/K]
Teplotné ztráty přes nevytápěné prostory							
	Kód konstrukce	A_k [m ²]	U_k [W/m ² ·K]	ΔU_{tb} [W/m ² ·K]	U_{kc} [W/m ² ·K]	b_u [-]	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ [W/K]
	STRECHA	2,6639	0,2013	0,05	0,2513	0,8	0,5355
Celkové tepelné ztráty přes nevytápěné prostory					$H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$		[W/K]
Teplotné ztráty zeminou							
	Kód konstrukce	Výpočet B'	A_g [m ²]	P [m]	$B' = 2 \cdot A_g / P$ [m]		
			U_k [W/m ² ·K]	$U_{equiv,k}$ [W/m ² ·K]	A_k [m ²]	$A_k \cdot U_{equiv,k}$ [W/K]	
Celkem ekvivalentní stavební části					$\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}$		[W/K]
Korekční činitel			f_{g1} [-]	f_{g2} [-]	G_w [-]	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ [-]	
Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou					$H_{T,ij} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$		[W/K]
Teplotné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílné teploty							
	Kód konstrukce	f_{ij} [-]	A_k [m ²]	U_k [W/m ² ·K]	ΔU_{tb} [W/m ² ·K]	U_{kc} [W/m ² ·K]	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$ [W/K]
do kancelare (stejná teplota)	2P_PRICKA						
do chodba	2P_PRICKA	0,0571	3,704	1,806	0,05	1,856	0,3929
	DVERE_IN70/197	0,0571	1,379	2,200	0,50	2,700	0,2128
do střižarna	2P_PRICKA	-0,0857	7,051	1,806	0,05	1,856	-1,1218
do obyvak+kk	STROP/PODLAHA_D	-0,0571	5,250	0,308	0,05	0,358	-0,1074
do komora	STROP/PODLAHA_D	0	1,225	0,308	0,05	0,358	0
Celkový součinitel tepelné ztráty přes prostory s rozdílnými teplotami					$H_{T,ig} = \sum_k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$		[W/K]
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem					$H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}$		[W/K]
Návrhová tepelná ztráta prostupem					$\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$		[W]

TEPELNÉ ZTRÁTY VĚTRÁNÍM			
Vnitřní objem	V_i	[m ³]	13,13
Nejmenší intenzita výměny vzduchu	n_{min}	[h ⁻¹]	0,50
Celkový součinitel tepelné ztráty větráním		$H_{v,i} = 0,34 \cdot V_i \cdot n_{min}$	
		[W/K]	2,23
Návrhová tepelná ztráta větráním		$\Phi_{v,i} = H_{v,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$	
		[W]	78
Celková tepelná ztráta větráním a prostupem		$\Phi_{T,i} + \Phi_{v,i}$	
		[W]	131
Zátopový tepelný výkon			
Podlahová plocha	A_j	[m ²]	6,37
zátopový součinitel	f_{RH}	[W/m ²]	0
Celkový zátopový tepelný výkon		$\Phi_{RH,i} = A_j \cdot f_{RH}$	
		[W]	0
Návrhový tepelný výkon		$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{RH,i}$	
		[W]	131

KANCELÁŘ

206

Teplotní údaje			
Venkovní výpočtová teplota	θ_e	[°C]	-15
Vnitřní výpočtová teplota	$\theta_{int,i}$	[°C]	20
Výpočtový rozdíl teplot	$\theta_{int,i} - \theta_e$	[°C]	35

TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM							
Tepeelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
	Kód konstrukce	A_k [m ²]	U_k [W/m ² ·K]	ΔU_{tb} [W/m ² ·K]	U_{kc} [W/m ² ·K]	e_k [-]	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ [W/K]
	STRECHA	10,2280	0,2013	0,05	0,2513	1	2,5702
	OKNO_VELUX78/140	1,0920	1,40	0,50	1,90	1	2,0748
	2P_OBALKA	8,3881	0,2078	0,05	0,2578	1	2,1628
	OKNO_85/125	1,0625	1,60	0,50	2,10	1	2,2313
Celkový součinitel tepelné ztráty, přímo do venkovního prostředí						$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ [W/K]	
9,04							
Tepeelné ztráty přes nevytápěné prostory							
	Kód konstrukce	A_k [m ²]	U_k [W/m ² ·K]	ΔU_{tb} [W/m ² ·K]	U_{kc} [W/m ² ·K]	b_u [-]	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ [W/K]
	YTONG_10	7,7350	0,9875	0,05	1,0375	0,4	3,2100
	STRECHA	5,9240	0,2013	0,05	0,2513	0,8	1,1909
Celkové tepelné ztráty přes nevytápěné prostory						$H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ [W/K]	
4,40							
Tepeelné ztráty zeminou							
	Kód konstrukce	Výpočet B'	A_g [m ²]	P [m]	$\beta = 2 \cdot A_g / P$ [m]		
			U_k [W/m ² ·K]	$U_{equiv,k}$ [W/m ² ·K]	A_k [m ²]	$A_k \cdot U_{equiv,k}$ [W/K]	
Celkem ekvivalentní stavební části						$\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}$ [W/K]	
Korekční činitelé			f_{g1} [-]	f_{g2} [-]	G_w [-]	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ [-]	
Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou						$H_{T,ij} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ [W/K]	
0,00							
Tepeelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílné teploty							
	Kód konstrukce	f_{ij} [-]	A_k [m ²]	U_k [W/m ² ·K]	ΔU_{tb} [W/m ² ·K]	U_{kc} [W/m ² ·K]	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$ [W/K]
do soc.wc.kom. (stejná teplota)	2P_PRICKA						
do chodba	2P_PRICKA	0,0571	1,479	1,806	0,05	1,856	0,1569
	DVERE_IN80/197	0,0571	1,576	2,200	0,50	2,700	0,2432
do koupelna+wc	STROP/PODLAHA_K	-0,1143	10,150	0,300	0,05	0,350	-0,4061
do komora	STROP/PODLAHA_K	0	1,575	0,300	0,05	0,350	0
Celkový součinitel tepelné ztráty přes prostory s rozdílnými teplotami						$H_{T,ig} = \sum_k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$ [W/K]	
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem						$H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}$ [W/K]	
Návrhová tepelná ztráta prostupem						$\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]	
						470	

TEPELNÉ ZTRÁTY VĚTRÁNÍM			
Vnitřní objem	V_i	[m ³]	28,47
Nejmenší intenzita výměny vzduchu	n_{min}	[h ⁻¹]	0,50
Celkový součinitel tepelné ztráty větráním			$H_{V,i} = 0,34 \cdot V_i \cdot n_{min}$ [W/K]
Návrhová tepelná ztráta větráním			$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]
Celková tepelná ztráta větráním a prostupem			$\Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}$ [W]
			640
Zátopový tepelný výkon			
Podlahová plocha	A_i	[m ²]	13,90
zátopový součinitel	f_{RH}	[W/m ²]	0
Celkový zátopový tepelný výkon			$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH}$ [W]
Návrhový tepelný výkon			$\Phi_{HL,i} = \Phi_i + \Phi_{RH,i}$ [W]
			640

Příloha C

Podlahové vytápění pro OBYV +KK

101+102

Teplota v místnosti	t_i	22 °C
Střední povrchová teplota podlahové plochy	t_p	26,5 °C
Teplota zeminy pod základy	t_i'	6,0 °C
Střední teplota otopné vody	t_m	33,5 °C
Maximální povrchová teplota podlahy (hygienický limit)	t_{pmax}	29 °C
Měrná tepelná kapacita vody	c_p	4180 J/kgK
Hustota vody	ρ	994,759 kg/m ³
Teplota vody přívod	t_{in}	35 °C
Teplota vody zpátečka	t_{out}	32 °C
Tepelná ztráta místnosti	Q_{zC}	1222 W
Podlahová plocha místnosti	A	27,6 m ²
Tepelná propustnost vrstev podlahy směrem vzhůru	Λ_a	5,6625 W/m ² K
Tepelná propustnost vrstev podlahy směrem dolů	Λ_b	0,2634 W/m ² K
Tepelná vodivost materiálu obklopujícího trubky	λ_d	1,16 W/mK
Součinitel přestupu tepla na povrchu podlahy (vzhůru)	α_p	12 W/m ² K
Součinitel přestupu tepla na spodní straně podlahy (dolů)	α'_p	8 W/m ² K
Vnější průměr potrubí	d	0,009 m
Rozteč potrubí	l	0,15 m
Vnitřní průměr potrubí	d_{in}	0,005 m
Charakteristické číslo podlahy	m	10,725 m ⁻¹
Velikost okrajové zóny	r	0,214 m
Čistá otopná plocha	S_p	20,014 m ²
Obvod okraje čisté otopné plochy	O_p	19,620 m
Poměr O_p/S_p		0,9803
plocha nábytku	S_n	0 m ²
Měrný tepelný tok otopné plochy (bez okrajů)	q	53,955 W/m ²
Korigovaný měrný tepelný tok (tok do země)	q'	5,887 W/m ²
Pozadovaný měrný tepelný tok podlahového topení	$q_{pož}$	61,066 W/m ²
Měrný tepelný tok přes nábytek	q_n	0,000 W/m ²
Poměr tepelných toků	Q_o/Q_p	0,099 -
Celkový tepelný výkon trubek (všechny směry)	Q_c	1316,062 W
Celkový tepelný výkon do místnosti	Q_p	1186,59428 W
Skutečný tepelný výkon (s nábytkem)	$Q_{c\ skut}$	1186,6 W
$Q_{c\ skut} + Q'$ od podlahového topení z místnosti o patro výše		1226,9 W
Zbývající tepelný výkon na pokrytí tepelných ztrát	Q_z	-4,683 W
Hmotnostní tok topné vody	m	377,817 kg/h
Rychlost proudění topné vody	w	5,373 m/s
Délka otopného hadu (podlahového topení)	L	133,427 m
Pokrytí tepelných ztrát místnosti		100,4 %

Podlahové vytápění pro WC + koupelnu

104+105

Teplota v místnosti	t_i	24 °C
Střední povrchová teplota podlahové plochy	t_p	30,5 °C
Teplota zeminy pod základy	t_i'	6,0 °C
Střední teplota otopné vody	t_m	33,5 °C
Maximální povrchová teplota podlahy (hygienický limit)	t_{pmax}	34 °C
Měrná tepelná kapacita vody	c_p	4180 J/kgK
Hustota vody	ρ	994,759 kg/m ³
Teplota vody přívod	t_{in}	35 °C
Teplota vody zpátečka	t_{out}	32 °C
Tepelná ztráta místnosti	Q_{zC}	687 W
Podlahová plocha místnosti	A	9,9 m ²
Tepelná propustnost vrstev podlahy směrem vzhůru	Λ_a	9,4038 W/m ² K
Tepelná propustnost vrstev podlahy směrem dolů	Λ_b	0,2450 W/m ² K
Tepelná vodivost materiálu obklopujícího trubky	λ_d	1,16 W/mK
Součinitel přestupu tepla na povrchu podlahy (vzhůru)	α_p	12 W/m ² K
Součinitel přestupu tepla na spodní straně podlahy (dolů)	α'_p	8 W/m ² K
Vnější průměr potrubí	d	0,009 m
Rozteč potrubí	l	0,1 m
Vnitřní průměr potrubí	d_{in}	0,005 m
Charakteristické číslo podlahy	m	13,685 m ⁻¹
Velikost okrajové zóny	r	0,168 m
Čistá otopná plocha	S_p	7,749 m ²
Obvod okraje čisté otopné plochy	O_p	11,455 m
Poměr O_p/S_p		1,4784
plocha nábytku	S_n	0,25 m ²
Měrný tepelný tok otopné plochy (bez okrajů)	q	77,588 W/m ²
Korigovaný měrný tepelný tok (tok do země)	q'	5,759 W/m ²
Pozadovaný měrný tepelný tok podlahového topení	q_{poz}	88,618 W/m ²
Měrný tepelný tok přes nábytek	q_n	38,794 W/m ²
Poměr tepelných toků	Q_o/Q_p	0,111 -
Celkový tepelný výkon trubek (všechny směry)	Q_c	717,813 W
Celkový tepelný výkon do místnosti	Q_p	668,2180833 W
Skutečný tepelný výkon (s nábytkem)	$Q_{c skut}$	658,5 W
$Q_{c skut} + Q'$ od podlahového topení z místnosti o patro výše		678,1 W
Zbývající tepelný výkon na pokrytí tepelných ztrát	Q_z	8,533 W
Hmotnostní tok topné vody	m	206,071 kg/h
Rychlost proudění topné vody	w	2,931 m/s
Délka otopného hadu (podlahového topení)	L	77,488 m
Pokrytí tepelných ztrát místnosti		98,8 %

Podlahové vytápění pro CHODBU

106

Teplota v místnosti	t_i	20 °C
Střední povrchová teplota podlahové plochy	t_p	23,1 °C
Teplota zeminy pod základy	t_i'	6,0 °C
Střední teplota otopné vody	t_m	33,5 °C
Maximální povrchová teplota podlahy (hygienický limit)	t_{pmax}	29 °C
Měrná tepelná kapacita vody	c_p	4180 J/kgK
Hustota vody	ρ	994,759 kg/m ³
Teplota vody přívod	t_{in}	35 °C
Teplota vody zpátečka	t_{out}	32 °C
Tepelná ztráta místnosti	Q_{zC}	203 W
Podlahová plocha místnosti	A	6,1 m ²
Tepelná propustnost vrstev podlahy směrem vzhůru	Λ_a	9,4038 W/m ² K
Tepelná propustnost vrstev podlahy směrem dolů	Λ_b	0,2450 W/m ² K
Tepelná vodivost materiálu obklopujícího trubky	λ_d	1,16 W/mK
Součinitel přestupu tepla na povrchu podlahy (vzhůru)	α_p	12 W/m ² K
Součinitel přestupu tepla na spodní straně podlahy (dolů)	α'_p	8 W/m ² K
Vnější průměr potrubí	d	0,009 m
Rozteč potrubí	l	0,5 m
Vnitřní průměr potrubí	d_{in}	0,005 m
Charakteristické číslo podlahy	m	13,685 m ⁻¹
Velikost okrajové zóny	r	0,168 m
Čistá otopná plocha	S_p	4,260 m ²
Obvod okraje čisté otopné plochy	O_p	8,895 m
Poměr O_p/S_p		2,0881
plocha nábytku	S_n	0,6 m ²
Měrný tepelný tok otopné plochy (bez okrajů)	q	37,027 W/m ²
Korigovaný měrný tepelný tok (tok do země)	q'	4,074 W/m ²
Pozadovaný měrný tepelný tok podlahového topení	$q_{pož}$	47,726 W/m ²
Měrný tepelný tok přes nábytek	q_n	0,000 W/m ²
Poměr tepelných toků	Q_o/Q_p	0,469 -
Celkový tepelný výkon trubek (všechny směry)	Q_c	257,161 W
Celkový tepelný výkon do místnosti	Q_p	231,6714724 W
Skutečný tepelný výkon (s nábytkem)	$Q_{c\ skut}$	209,5 W
$Q_{c\ skut} + Q'$ od podlahového topení z místnosti o patro výše		209,5 W
Zbývající tepelný výkon na pokrytí tepelných ztrát	Q_z	-6,1 W
Hmotnostní tok topné vody	m	73,826 kg/h
Rychlost proudění topné vody	w	1,050 m/s
Délka otopného hadu (podlahového topení)	L	8,520 m
Pokrytí tepelných ztrát místnosti		103,0 %

Podlahové vytápění pro sklad/prodejnu

107

Teplota v místnosti	t_i	20 °C
Střední povrchová teplota podlahové plochy	t_p	25,4 °C
Teplota zeminy pod základy	$t_{i'}$	6,0 °C
Střední teplota otopné vody	t_m	33,5 °C
Maximální povrchová teplota podlahy (hygienický limit)	t_{pmax}	29 °C
Měrná tepelná kapacita vody	c_p	4180 J/kgK
Hustota vody	ρ	994,759 kg/m ³
Teplota vody přívod	t_{in}	35 °C
Teplota vody zpátečka	t_{out}	32 °C
Tepelná ztráta místnosti	Q_{zC}	757 W
Podlahová plocha místnosti	A	13,0 m ²
Tepelná propustnost vrstev podlahy směrem vzhůru	Λ_a	5,2431 W/m ² K
Tepelná propustnost vrstev podlahy směrem dolů	Λ_b	0,2449 W/m ² K
Tepelná vodivost materiálu obklopujícího trubky	λ_d	1,16 W/mK
Součinitel přestupu tepla na povrchu podlahy (vzhůru)	α_p	12 W/m ² K
Součinitel přestupu tepla na spodní straně podlahy (dolů)	α'_p	8 W/m ² K
Vnější průměr potrubí	d	0,009 m
Rozeč potrubí	l	0,1 m
Vnitřní průměr potrubí	d_{in}	0,005 m
Charakteristické číslo podlahy	m	10,321 m ⁻¹
Velikost okrajové zóny	r	0,223 m
Čistá otopná plocha	S_p	9,940 m ²
Obvod okraje čisté otopné plochy	O_p	12,617 m
Poměr O_p/S_p		1,2694
plocha nábytku	S_n	0 m ²
Měrný tepelný tok otopné plochy (bez okrajů)	q	65,103 W/m ²
Korigovaný měrný tepelný tok (tok do země)	q'	5,457 W/m ²
Pozadovaný měrný tepelný tok podlahového topení	$q_{pož}$	76,133 W/m ²
Měrný tepelný tok přes nábytek	q_n	0,000 W/m ²
Poměr tepelných toků	Q_o/Q_p	0,120 -
Celkový tepelný výkon trubek (všechny směry)	Q_c	785,365 W
Celkový tepelný výkon do místnosti	Q_p	724,6280913 W
Skutečný tepelný výkon (s nábytkem)	$Q_{c\ skut}$	724,6 W
$Q_{c\ skut} + Q'$ od podlahového topení z místnosti o patro výše		757,1 W
Zbývající tepelný výkon na pokrytí tepelných ztrát	Q_z	-0,3 W
Hmotnostní tok topné vody	m	225,464 kg/h
Rychlost proudění topné vody	w	3,206 m/s
Délka otopného hadu (podlahového topení)	L	99,397 m
Pokrytí tepelných ztrát místnosti		100,0 %

Podlahové vytápění pro ZÁDVEŘÍ

108

Teplota v místnosti	t_i	18 °C
Střední povrchová teplota podlahové plochy	t_p	21,5 °C
Teplota zeminy pod základy	$t_{i'}$	6,0 °C
Střední teplota otopné vody	t_m	33,5 °C
Maximální povrchová teplota podlahy (hygienický limit)	t_{pmax}	29 °C
Měrná tepelná kapacita vody	c_p	4180 J/kgK
Hustota vody	ρ	994,759 kg/m ³
Teplota vody přívod	t_{in}	35 °C
Teplota vody zpátečka	t_{out}	32 °C
Tepelná ztráta místnosti	Q_{zC}	184 W
Podlahová plocha místnosti	A	6,0 m ²
Tepelná propustnost vrstev podlahy směrem vzhůru	Λ_a	9,4038 W/m ² K
Tepelná propustnost vrstev podlahy směrem dolů	Λ_b	0,2450 W/m ² K
Tepelná vodivost materiálu obklopujícího trubky	λ_d	1,16 W/mK
Součinitel přestupu tepla na povrchu podlahy (vzhůru)	α_p	12 W/m ² K
Součinitel přestupu tepla na spodní straně podlahy (dolů)	α'_p	8 W/m ² K
Vnější průměr potrubí	d	0,009 m
Rozteč potrubí	l	0,5 m
Vnitřní průměr potrubí	d_{in}	0,005 m
Charakteristické číslo podlahy	m	13,685 m ⁻¹
Velikost okrajové zóny	r	0,168 m
Čistá otopná plocha	S_p	4,315 m ²
Obvod okraje čisté otopné plochy	O_p	9,055 m
Poměr O_p/S_p		2,0986
plocha nábytku	S_n	1,65 m ²
Měrný tepelný tok otopné plochy (bez okrajů)	q	42,512 W/m ²
Korigovaný měrný tepelný tok (tok do země)	q'	3,679 W/m ²
Pozadovaný měrný tepelný tok podlahového topení	$q_{pož}$	42,698 W/m ²
Měrný tepelný tok přes nábytek	q_n	0,000 W/m ²
Poměr tepelných toků	Q_o/Q_p	0,471 -
Celkový tepelný výkon trubek (všechny směry)	Q_c	293,217 W
Celkový tepelný výkon do místnosti	Q_p	269,86291 W
Skutečný tepelný výkon (s nábytkem)	$Q_{c\ skut}$	199,7 W
$Q_{c\ skut} + Q'$ od podlahového topení z místnosti o patro výše		213,7 W
Zbývající tepelný výkon na pokrytí tepelných ztrát	Q_z	-29,5 W
Hmotnostní tok topné vody	m	84,177 kg/h
Rychlost proudění topné vody	w	1,197 m/s
Délka otopného hadu (podlahového topení)	L	8,630 m
Pokrytí tepelných ztrát místnosti		116,0 %

Podlahové vytápění pro Ložnici

109

Teplota v místnosti	t_j	20 °C
Střední povrchová teplota podlahové plochy	t_p	24,9 °C
Teplota zeminy pod základy	t_i'	6,0 °C
Střední teplota otopné vody	t_m	33,5 °C
Maximální povrchová teplota podlahy (hygienický limit)	t_{pmax}	29 °C
Měrná tepelná kapacita vody	c_p	4180 J/kgK
Hustota vody	ρ	994,759 kg/m ³
Teplota vody přívod	t_{in}	35 °C
Teplota vody zpátečka	t_{out}	32 °C
Tepelná ztráta místnosti	Q_{zC}	593 W
Podlahová plocha místnosti	A	14,0 m ²
Tepelná propustnost vrstev podlahy směrem vzhůru	Λ_a	5,2431 W/m ² K
Tepelná propustnost vrstev podlahy směrem dolů	Λ_b	0,2449 W/m ² K
Tepelná vodivost materiálu obklopujícího trubky	λ_d	1,16 W/mK
Součinitel přestupu tepla na povrchu podlahy (vzhůru)	α_p	12 W/m ² K
Součinitel přestupu tepla na spodní straně podlahy (dolů)	α'_p	8 W/m ² K
Vnější průměr potrubí	d	0,009 m
Rozteč potrubí	l	0,15 m
Vnitřní průměr potrubí	d_{in}	0,005 m
Charakteristické číslo podlahy	m	10,321 m ⁻¹
Velikost okrajové zóny	r	0,223 m
Čistá otopná plocha	S_p	10,856 m ²
Obvod okraje čisté otopné plochy	O_p	13,217 m
Poměr O_p/S_p		1,2175
plocha nábytku	S_n	4 m ²
Měrný tepelný tok otopné plochy (bez okrajů)	q	59,372 W/m ²
Korigovaný měrný tepelný tok (tok do země)	q'	5,278 W/m ²
Pozadovaný měrný tepelný tok podlahového topení	$q_{pož}$	54,589 W/m ²
Měrný tepelný tok přes nábytek	q_n	25,000 W/m ²
Poměr tepelných toků	Q_o/Q_p	0,126 -
Celkový tepelný výkon trubek (všechny směry)	Q_c	790,272 W
Celkový tepelný výkon do místnosti	Q_p	725,7512824 W
Skutečný tepelný výkon (s nábytkem)	$Q_{c\ skut}$	588,3 W
$Q_{c\ skut} + Q'$ od podlahového topení z místnosti o patro výše		613,1 W
Zbývající tepelný výkon na pokrytí tepelných ztrát	Q_z	-20,5 W
Hmotnostní tok topné vody	m	226,872 kg/h
Rychlost proudění topné vody	w	3,226 m/s
Délka otopného hadu (podlahového topení)	L	72,373 m
Pokrytí tepelných ztrát místnosti		103,5 %

Podlahové vytápění pro Šicí dílnu

203

Teplota v místnosti	t_i	23 °C
Střední povrchová teplota podlahové plochy	t_p	27,8 °C
Teplota zeminy pod základy	$t_{i'}$	19,2 °C
Střední teplota otopné vody	t_m	33,5 °C
Maximální povrchová teplota podlahy (hygienický limit)	t_{pmax}	29 °C
Měrná tepelná kapacita vody	c_p	4180 J/kgK
Hustota vody	ρ	994,759 kg/m ³
Teplota vody přívod	t_{in}	35 °C
Teplota vody zpátečka	t_{out}	32 °C
Tepelná ztráta místnosti	Q_{zC}	971 W
Podlahová plocha místnosti	A	21,1 m ²
Tepelná propustnost vrstev podlahy směrem vzhůru	Λ_a	8,2700 W/m ² K
Tepelná propustnost vrstev podlahy směrem dolů	Λ_b	0,3237 W/m ² K
Tepelná vodivost materiálu obklopujícího trubky	λ_d	1,16 W/mK
Součinitel přestupu tepla na povrchu podlahy (vzhůru)	α_p	12 W/m ² K
Součinitel přestupu tepla na spodní straně podlahy (dolů)	α'_p	8 W/m ² K
Vnější průměr potrubí	d	0,009 m
Rozteč potrubí	l	0,2 m
Vnitřní průměr potrubí	d_{in}	0,005 m
Charakteristické číslo podlahy	m	12,915 m ⁻¹
Velikost okrajové zóny	r	0,178 m
Čistá otopná plocha	S_p	17,819 m ²
Obvod okraje čisté otopné plochy	O_p	17,651 m
Poměr O_p/S_p		0,9906
plocha nábytku	S_n	2,5 m ²
Měrný tepelný tok otopné plochy (bez okrajů)	q	57,789 W/m ²
Korigovaný měrný tepelný tok (tok do země)	q'	2,738 W/m ²
Pozadovaný měrný tepelný tok podlahového topení	$q_{pož}$	54,486 W/m ²
Měrný tepelný tok přes nábytek	q_n	0,000 W/m ²
Poměr tepelných toků	Q_o/Q_p	0,103 -
Celkový tepelný výkon trubek (všechny směry)	Q_c	1189,935 W
Celkový tepelný výkon do místnosti	Q_p	1136,09907 W
Skutečný tepelný výkon (s nábytkem)	Qc skut	991,63 W
Zbývající tepelný výkon na pokrytí tepelných ztrát	Q_z	-20,72 W
Hmotnostní tok topné vody	m	341,608 kg/h
Rychlost proudění topné vody	w	4,858 m/s
Délka otopného hadu (podlahového topení)	L	89,097 m
Pokrytí tepelných ztrát místnosti		102,1 %

Podlahové vytápění pro Stříhárnu

204

Teplota v místnosti	t_i	23 °C
Střední povrchová teplota podlahové plochy	t_p	27,8 °C
Teplota zeminy pod základy	$t_{i'}$	21,2 °C
Střední teplota otopné vody	t_m	33,5 °C
Maximální povrchová teplota podlahy (hygienický limit)	t_{pmax}	29 °C
Měrná tepelná kapacita vody	c_p	4180 J/kgK
Hustota vody	ρ	994,759 kg/m ³
Teplota vody přívod	t_{in}	35 °C
Teplota vody zpátečka	t_{out}	32 °C
Tepelná ztráta místnosti	Q_{zC}	1493 W
Podlahová plocha místnosti	A	35,4 m ²
Tepelná propustnost vrstev podlahy směrem vzhůru	Λ_a	8,2700 W/m ² K
Tepelná propustnost vrstev podlahy směrem dolů	Λ_b	0,3237 W/m ² K
Tepelná vodivost materiálu obklopujícího trubky	λ_d	1,16 W/mK
Součinitel přestupu tepla na povrchu podlahy (vzhůru)	α_p	12 W/m ² K
Součinitel přestupu tepla na spodní straně podlahy (dolů)	α'_p	8 W/m ² K
Vnější průměr potrubí	d	0,009 m
Rozeč potrubí	l	0,2 m
Vnitřní průměr potrubí	d_{in}	0,005 m
Charakteristické číslo podlahy	m	12,915 m ⁻¹
Velikost okrajové zóny	r	0,178 m
Čistá otopná plocha	S_p	30,859 m ²
Obvod okraje čisté otopné plochy	O_p	24,503 m
Poměr O_p/S_p		0,7940
plocha nábytku	S_n	5,82 m ²
Měrný tepelný tok otopné plochy (bez okrajů)	q	57,789 W/m ²
Korigovaný měrný tepelný tok (tok do země)	q'	2,091 W/m ²
Pozadovaný měrný tepelný tok podlahového topení	$q_{pož}$	48,396 W/m ²
Měrný tepelný tok přes nábytek	q_n	0,000 W/m ²
Poměr tepelných toků	Q_o/Q_p	0,083 -
Celkový tepelný výkon trubek (všechny směry)	Q_c	2000,804 W
Celkový tepelný výkon do místnosti	Q_p	1930,93769 W
Skutečný tepelný výkon (s nábytkem)	$Q_c \text{ skut}$	1594,6 W
Zbývající tepelný výkon na pokrytí tepelných ztrát	Q_z	-101,15 W
Hmotnostní tok topné vody	m	574,393 kg/h
Rychlost proudění topné vody	w	8,169 m/s
Délka otopného hadu (podlahového topení)	L	154,296 m
Pokrytí tepelných ztrát místnosti		106,8 %

Podlahové vytápění pro Soc. zaz. + WC + Komora

205

Teplota v místnosti	t_i	20 °C
Střední povrchová teplota podlahové plochy	t_p	23,1 °C
Teplota zeminy pod základy	t_i'	21,0 °C
Střední teplota otopné vody	t_m	33,5 °C
Maximální povrchová teplota podlahy (hygienický limit)	t_{pmax}	29 °C
Měrná tepelná kapacita vody	c_p	4180 J/kgK
Hustota vody	ρ	994,759 kg/m ³
Teplota vody přívod	t_{in}	35 °C
Teplota vody zpátečka	t_{out}	32 °C
Tepelná ztráta místnosti	Q_{zC}	131 W
Podlahová plocha místnosti	A	6,4 m ²
Tepelná propustnost vrstev podlahy směrem vzhůru	Λ_a	9,4038 W/m ² K
Tepelná propustnost vrstev podlahy směrem dolů	Λ_b	0,3237 W/m ² K
Tepelná vodivost materiálu obklopujícího trubky	λ_d	1,16 W/mK
Součinitel přestupu tepla na povrchu podlahy (vzhůru)	α_p	12 W/m ² K
Součinitel přestupu tepla na spodní straně podlahy (dolů)	α'_p	8 W/m ² K
Vnější průměr potrubí	d	0,009 m
Rozteč potrubí	l	0,5 m
Vnitřní průměr potrubí	d_{in}	0,005 m
Charakteristické číslo podlahy	m	13,741 m ⁻¹
Velikost okrajové zóny	r	0,167 m
Čistá otopná plocha	S_p	2,710 m ²
Obvod okraje čisté otopné plochy	O_p	9,540 m
Poměr O_p/S_p		3,5203
plocha nábytku	S_n	0,5 m ²
Měrný tepelný tok otopné plochy (bez okrajů)	q	36,879 W/m ²
Korigovaný měrný tepelný tok (tok do země)	q'	0,523 W/m ²
Pozadovaný měrný tepelný tok podlahového topení	$q_{pož}$	48,446 W/m ²
Měrný tepelný tok přes nábytek	q_n	0,000 W/m ²
Poměr tepelných toků	Q_o/Q_p	0,790 -
Celkový tepelný výkon trubek (všechny směry)	Q_c	181,45 W
Celkový tepelný výkon do místnosti	Q_p	178,914448 W
Skutečný tepelný výkon (s nábytkem)	Qc skut	160,5 W
Zbývající tepelný výkon na pokrytí tepelných ztrát	Q_z	-29,2 W
Hmotnostní tok topné vody	m	52,091 kg/h
Rychlost proudění topné vody	w	0,741 m/s
Délka otopného hadu (podlahového topení)	L	5,420 m
Pokrytí tepelných ztrát místnosti		122,2 %

Podlahové vytápění pro Kancelář

206

Teplota v místnosti	t_i	20 °C
Střední povrchová teplota podlahové plochy	t_p	24,9 °C
Teplota zeminy pod základy	$t_{i'}$	21,0 °C
Střední teplota otopné vody	t_m	33,5 °C
Maximální povrchová teplota podlahy (hygienický limit)	t_{pmax}	29 °C
Měrná tepelná kapacita vody	c_p	4180 J/kgK
Hustota vody	ρ	994,759 kg/m ³
Teplota vody přívod	t_{in}	35 °C
Teplota vody zpátečka	t_{out}	32 °C
Tepelná ztráta místnosti	Q_{zC}	640 W
Podlahová plocha místnosti	A	13,9 m ²
Tepelná propustnost vrstev podlahy směrem vzhůru	Λ_a	5,2431 W/m ² K
Tepelná propustnost vrstev podlahy směrem dolů	Λ_b	0,3237 W/m ² K
Tepelná vodivost materiálu obklopujícího trubky	λ_d	1,16 W/mK
Součinitel přestupu tepla na povrchu podlahy (vzhůru)	α_p	12 W/m ² K
Součinitel přestupu tepla na spodní straně podlahy (dolů)	α'_p	8 W/m ² K
Vnější průměr potrubí	d	0,009 m
Rozteč potrubí	l	0,15 m
Vnitřní průměr potrubí	d_{in}	0,005 m
Charakteristické číslo podlahy	m	10,395 m ⁻¹
Velikost okrajové zóny	r	0,221 m
Čistá otopná plocha	S_p	10,809 m ²
Obvod okraje čisté otopné plochy	O_p	13,192 m
Poměr O_p/S_p		1,2204
plocha nábytku	S_n	1 m ²
Měrný tepelný tok otopné plochy (bez okrajů)	q	59,240 W/m ²
Korigovaný měrný tepelný tok (tok do země)	q'	2,115 W/m ²
Pozadovaný měrný tepelný tok podlahového topení	$q_{pož}$	59,170 W/m ²
Měrný tepelný tok přes nábytek	q_n	0,000 W/m ²
Poměr tepelných toků	Q_o/Q_p	0,126 -
Celkový tepelný výkon trubek (všechny směry)	Q_c	746,557 W
Celkový tepelný výkon do místnosti	Q_p	720,8231 W
Skutečný tepelný výkon (s nábytkem)	Qc skut	661,6 W
Zbývající tepelný výkon na pokrytí tepelných ztrát	Q_z	-22,0 W
Hmotnostní tok topné vody	m	214,322 kg/h
Rychlost proudění topné vody	w	3,048 m/s
Délka otopného hadu (podlahového topení)	L	72,062 m
Pokrytí tepelných ztrát místnosti		103,4 %

Příloha D

Tlakové ztráty podlahových smyček

OptiSplit1

101+102	Q	m			L	d	w	R	R* _l	ξ_{90}	n_{90}	ξ_{180}	n_{180}	l	$\Sigma\xi$	Z	R* _l + Z
	[W]	[kg/h]	[l/h]	[kg/s]	[m]	[m]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	-	-	-	-	[mm]	-	[Pa]	[Pa]
	1316	377,8	380	0,105	140,0	0,005	5,37										
Smyčka1	164,5	47,23	47,5	0,013	17,5	0,005	0,67	1708	29889	0,37	8	0,63	7	150	7,37	1654	31543
Smyčka2	164,5	47,23	47,5	0,013	17,5	0,005	0,67	1708	29889	0,37	8	0,63	5	150	6,11	1371	31260
Smyčka3	164,5	47,23	47,5	0,013	17,5	0,005	0,67	1708	29889	0,37	8	0,63	5	150	6,11	1371	31260
Smyčka4	164,5	47,23	47,5	0,013	17,5	0,005	0,67	1708	29889	0,37	10	0,63	5	150	6,85	1537	31426
Smyčka5	164,5	47,23	47,5	0,013	17,5	0,005	0,67	1708	29889	0,37	6	0,63	5	150	5,37	1205	31094
Smyčka6	164,5	47,23	47,5	0,013	17,5	0,005	0,67	1708	29889	0,37	6	0,63	5	150	5,37	1205	31094
Smyčka7	164,5	47,23	47,5	0,013	17,5	0,005	0,67	1708	29889	0,37	6	0,63	8	150	7,26	1629	31518
Smyčka8	164,5	47,23	47,5	0,013	17,5	0,005	0,67	1708	29889	0,37	4	0,63	6	150	5,26	1180	31069

OptiSplit2

104+105+ 106	Q	m			L	d	w	R	R* _l	ξ_{90}	n_{90}	ξ_{180}	n_{180}	l	$\Sigma\xi$	Z	R* _l + Z
	[W]	[kg/h]	[l/h]	[kg/s]	[m]	[m]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	-	-	-	-	[mm]	-	[Pa]	[Pa]
	975	279,9	281	0,078	105,0	0,005	3,98										
Smyčka1	162,5	46,65	46,9	0,013	17,5	0,005	0,66	1672,3	29265	0,25	10	0,43	6	100	5,08	1112	30377
Smyčka2	162,5	46,65	46,9	0,013	17,5	0,005	0,66	1672,3	29265	0,25	11	0,43	5	100	4,9	1073	30338
Smyčka3	162,5	46,65	46,9	0,013	17,5	0,005	0,66	1672,3	29265	0,25	10	0,43	5	100	4,65	1018	30283
Smyčka4	162,5	46,65	46,9	0,013	17,5	0,005	0,66	1672,3	29265	0,25	10	0,43	8	100	5,94	1300	30565
Smyčka5	162,5	46,65	46,9	0,013	17,5	0,005	0,66	1672,3	29265	0,25	6	0,43	7	100	4,51	987	30252
Smyčka6	162,5	46,65	46,9	0,013	17,5	0,005	0,66	1672,3	29265	0,25	12	0,43	2	100	3,86	845	30110

OptiSplit3

107+108	Q	m			L	d	w	R	R* _l	ξ_{90}	n_{90}	ξ_{180}	n_{180}	l	$\Sigma\xi$	Z	R* _l + Z
	[W]	[kg/h]	[l/h]	[kg/s]	[m]	[m]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	-	-	-	-	[mm]	-	[Pa]	[Pa]
	1079	309,8	311	0,086	122,5	0,005	4,41										
Smyčka1	154,1	44,25	44,5	0,012	17,5	0,005	0,63	1527,7	26735	0,25	4	0,43	5	100	3,15	621	27355
Smyčka2	154,1	44,25	44,5	0,012	17,5	0,005	0,63	1527,7	26735	0,25	6	0,43	5	100	3,65	719	27454
Smyčka3	154,1	44,25	44,5	0,012	17,5	0,005	0,63	1527,7	26735	0,25	8	0,43	5	100	4,15	818	27552
Smyčka4	154,1	44,25	44,5	0,012	17,5	0,005	0,63	1527,7	26735	0,25	6	0,43	5	100	3,65	719	27454
Smyčka5	154,1	44,25	44,5	0,012	17,5	0,005	0,63	1527,7	26735	0,25	10	0,43	4	100	4,22	831	27566
Smyčka6	154,1	44,25	44,5	0,012	17,5	0,005	0,63	1527,7	26735	0,25	8	0,43	5	100	4,15	818	27552
Smyčka7	154,1	44,25	44,5	0,012	17,5	0,005	0,63	1527,7	26735	0,25	17	0,43	1	100	4,68	922	27657

OptiSplit4

109	Q	m			L	d	w	R	R* _l	ξ_{90}	n_{90}	ξ_{180}	n_{180}	l	$\Sigma\xi$	Z	R* _l + Z
	[W]	[kg/h]	[l/h]	[kg/s]	[m]	[m]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	-	-	-	-	[mm]	-	[Pa]	[Pa]
	790	226,9	228	0,063	87,5	0,005	3,23										
Smyčka1	158,1	45,37	45,6	0,013	17,5	0,005	0,65	1594,7	27908	0,37	4	0,63	5	150	4,63	959	28866
Smyčka2	158,1	45,37	45,6	0,013	17,5	0,005	0,65	1594,7	27908	0,37	8	0,63	5	150	6,11	1265	29173
Smyčka3	158,1	45,37	45,6	0,013	17,5	0,005	0,65	1594,7	27908	0,37	6	0,63	3	150	4,11	851	28759
Smyčka4	158,1	45,37	45,6	0,013	17,5	0,005	0,65	1594,7	27908	0,37	6	0,63	3	150	4,11	851	28759
Smyčka5	158,1	45,37	45,6	0,013	17,5	0,005	0,65	1594,7	27908	0,37	8	0,63	3	150	4,85	1005	28912

OptiSplit5

203	Q	m			L	d	w	R	R*	ξ_{90}	n_{90}	ξ_{180}	n_{180}	l	$\Sigma\xi$	Z	R* + Z
	[W]	kg/h	[l/h]	[kg/s]	[m]	[m]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	-	-	-	-	[mm]	-	[Pa]	[Pa]
	1180	338,8	341	0,094	122,5	0,005	4,82										
Smyčka1	168,6	48,39	48,6	0,013	17,5	0,005	0,69	1744,1	30521	0,45	4	0,77	3	200	4,11	968	31489
Smyčka2	168,6	48,39	48,6	0,013	17,5	0,005	0,69	1744,1	30521	0,45	6	0,77	4	200	5,78	1362	31883
Smyčka3	168,6	48,39	48,6	0,013	17,5	0,005	0,69	1744,1	30521	0,45	4	0,77	5	200	5,65	1331	31852
Smyčka4	168,6	48,39	48,6	0,013	17,5	0,005	0,69	1744,1	30521	0,45	6	0,77	4	200	5,78	1362	31883
Smyčka5	168,6	48,39	48,6	0,013	17,5	0,005	0,69	1744,1	30521	0,45	6	0,77	3	200	5,01	1180	31701
Smyčka6	168,6	48,39	48,6	0,013	17,5	0,005	0,69	1744,1	30521	0,45	8	0,77	3	200	5,91	1392	31913
Smyčka7	168,6	48,39	48,6	0,013	17,5	0,005	0,69	1744,1	30521	0,45	6	0,77	3	200	5,01	1180	31701

OptiSplit6

204a	Q	m			L	d	w	R	R*	ξ_{90}	n_{90}	ξ_{180}	n_{180}	l	$\Sigma\xi$	Z	R* + Z
	[W]	kg/h	[l/h]	[kg/s]	[m]	[m]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	-	-	-	-	[mm]	-	[Pa]	[Pa]
	1000	287,2	289	0,08	105,0	0,005	4,08										
Smyčka1	166,7	47,87	48,1	0,013	17,5	0,005	0,68	1711,5	29951	0,37	6	0,63	3	150	4,11	947	30899
Smyčka2	166,7	47,87	48,1	0,013	17,5	0,005	0,68	1711,5	29951	0,37	8	0,63	5	150	6,11	1408	31360
Smyčka3	166,7	47,87	48,1	0,013	17,5	0,005	0,68	1711,5	29951	0,37	8	0,63	5	150	6,11	1408	31360
Smyčka4	166,7	47,87	48,1	0,013	17,5	0,005	0,68	1711,5	29951	0,37	6	0,63	5	150	5,37	1238	31189
Smyčka5	166,7	47,87	48,1	0,013	17,5	0,005	0,68	1711,5	29951	0,37	8	0,63	4	150	5,48	1263	31214
Smyčka6	166,7	47,87	48,1	0,013	17,5	0,005	0,68	1711,5	29951	0,37	8	0,63	3	150	4,85	1118	31069

OptiSplit7

204b	Q	m			L	d	w	R	R*	ξ_{90}	n_{90}	ξ_{180}	n_{180}	l	$\Sigma\xi$	Z	R* + Z
	[W]	kg/h	[l/h]	[kg/s]	[m]	[m]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	-	-	-	-	[mm]	-	[Pa]	[Pa]
	1000	287,2	289	0,08	105,0	0,005	4,08										
Smyčka7	166,7	47,87	48,1	0,013	17,5	0,005	0,68	1711,5	29951	0,37	6	0,63	3	150	4,11	947	30899
Smyčka8	166,7	47,87	48,1	0,013	17,5	0,005	0,68	1711,5	29951	0,37	7	0,63	5	150	5,74	1323	31274
Smyčka9	166,7	47,87	48,1	0,013	17,5	0,005	0,68	1711,5	29951	0,37	6	0,63	5	150	5,37	1238	31189
Smyčka10	166,7	47,87	48,1	0,013	17,5	0,005	0,68	1711,5	29951	0,37	6	0,63	5	150	5,37	1238	31189
Smyčka11	166,7	47,87	48,1	0,013	17,5	0,005	0,68	1711,5	29951	0,37	6	0,63	5	150	5,37	1238	31189
Smyčka12	166,7	47,87	48,1	0,013	17,5	0,005	0,68	1711,5	29951	0,37	7	0,63	5	150	5,74	1323	31274

OptiSplit8

205+206	Q	m			L	d	w	R	R*	ξ_{90}	n_{90}	ξ_{180}	n_{180}	l	$\Sigma\xi$	Z	R* + Z
	[W]	kg/h	[l/h]	[kg/s]	[m]	[m]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	-	-	-	-	[mm]	-	[Pa]	[Pa]
	928	266,4	268	0,074	105,0	0,005	3,79										
Smyčka1	154,7	44,4	44,6	0,012	17,5	0,005	0,63	1536,6	26891	0,37	5	0,63	5	150	5	992	27883
Smyčka2	154,7	44,4	44,6	0,012	17,5	0,005	0,63	1536,6	26891	0,37	8	0,63	3	150	4,85	962	27853
Smyčka3	154,7	44,4	44,6	0,012	17,5	0,005	0,63	1536,6	26891	0,37	8	0,63	3	150	4,85	962	27853
Smyčka4	154,7	44,4	44,6	0,012	17,5	0,005	0,63	1536,6	26891	0,37	8	0,63	3	150	4,85	962	27853
Smyčka5	154,7	44,4	44,6	0,012	17,5	0,005	0,63	1536,6	26891	0,37	8	0,63	7	150	7,37	1462	28353
Smyčka6	154,7	44,4	44,6	0,012	17,5	0,005	0,63	1536,6	26891	0,37	12	0,63	3	150	6,33	1255	28146

Tlakové ztráty přípojek k TČ

pripojka1										
úsek	Q	m	l	d	w	R	R*I	$\Sigma\xi$	Z	R*I + Z
	[W]	[kg/h]	[m]	[m]	[m/s]	Pa/m	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]
privod	8279	2376,6	5	0,05	0,3382	28,45	142	5	284,266	426,54
zpatecka	8279	2376,6	5	0,05	0,3378	28,49	142	5	283,956	426,39
									ΣR [Pa]	852,9

pripojka2										
úsek	Q	m	l	d	w	R	R*I	$\Sigma\xi$	Z	R*I + Z
	[W]	[kg/h]	[m]	[m]	[m/s]	Pa/m	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]
privod	975	279,9	1,5	0,026	0,1473	15,23	22,8	9,25	99,7587	122,61
zpatecka	975	279,9	1,5	0,026	0,1471	15,25	22,9	-0,27	-2,9087	19,965
									ΣR [Pa]	142,6

pripojka3										
úsek	Q	m	l	d	w	R	R*I	$\Sigma\xi$	Z	R*I + Z
	[W]	[kg/h]	[m]	[m]	[m/s]	Pa/m	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]
privod	7304	2096,7	1,5	0,05	0,2984	22,8	34,2	0,8	35,4004	69,606
zpatecka	7304	2096,7	1,5	0,05	0,298	22,83	34,2	1,18	52,1587	86,402
									ΣR [Pa]	156

pripojka4+stupacka										
úsek	Q	m	l	d	w	R	R*I	$\Sigma\xi$	Z	R*I + Z
	[W]	[kg/h]	[m]	[m]	[m/s]	Pa/m	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]
privod	4119	1182,5	4,3	0,039	0,2766	27,22	117	3,09	117,49	234,55
zpatecka	4119	1182,5	4,3	0,039	0,2763	27,25	117	1,96	74,4432	191,63
									ΣR [Pa]	426,2

pripojka5										
úsek	Q	m	l	d	w	R	R*I	$\Sigma\xi$	Z	R*I + Z
	[W]	[kg/h]	[m]	[m]	[m/s]	Pa/m	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]
privod	3185	914,35	0,5	0,039	0,2139	17,35	8,68	7,62	173,234	181,91
zpatecka	3185	914,35	0,5	0,039	0,2136	17,37	8,69	2,05	46,5541	55,239
									ΣR [Pa]	237,1

pripojka6										
úsek	Q	m	l	d	w	R	R*I	$\Sigma\xi$	Z	R*I + Z
	[W]	[kg/h]	[m]	[m]	[m/s]	Pa/m	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]
privod	1316	377,8	1,2	0,026	0,1988	25,57	30,7	9,73	191,182	221,87
zpatecka	1316	377,8	1,2	0,026	0,1986	25,6	30,7	7,07	138,766	169,48
									ΣR [Pa]	391,3

pripojka7										
úsek	Q	m	l	d	w	R	R*I	$\Sigma\xi$	Z	R*I + Z
	[W]	[kg/h]	[m]	[m]	[m/s]	Pa/m	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]
privod	1869	536,56	2	0,026	0,2824	47,06	94,1	1,48	58,6548	152,78
zpatecka	1869	536,56	2	0,026	0,282	47,12	94,2	3,88	153,603	247,83
									ΣR [Pa]	400,6

pripojka8										
úsek	Q	m	l	d	w	R	R*I	$\Sigma\xi$	Z	R*I + Z
	[W]	[kg/h]	[m]	[m]	[m/s]	Pa/m	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]
privod	790	226,79	1,2	0,026	0,1193	10,61	12,7	7,1	50,2731	63,011
zpatecka	790	226,79	1,2	0,026	0,1192	10,63	12,8	4,88	34,5163	47,268
									ΣR [Pa]	110,3

pripojka9										
úsek	Q	m	l	d	w	R	R*I	$\Sigma\xi$	Z	R*I + Z
	[W]	[kg/h]	[m]	[m]	[m/s]	Pa/m	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]
privod	1079	309,76	1,5	0,026	0,163	18,14	27,2	4,34	57,3266	84,537
zpatecka	1079	309,76	1,5	0,026	0,1628	18,16	27,2	4,88	64,3892	91,629
									ΣR [Pa]	176,2

pripojka10										
úsek	Q	m	l	d	w	R	R*I	$\Sigma\xi$	Z	R*I + Z
	[W]	[kg/h]	[m]	[m]	[m/s]	Pa/m	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]
privod	4119	1182,5	0,3	0,039	0,2766	27,22	8,17	1	38,0226	46,19
zpatecka	4119	1182,5	0,3	0,039	0,2763	27,25	8,18	1	37,9812	46,157
									ΣR [Pa]	92,35

pripojka11										
úsek	Q	m	l	d	w	R	R*I	$\Sigma\xi$	Z	R*I + Z
	[W]	[kg/h]	[m]	[m]	[m/s]	Pa/m	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]
privod	1190	341,63	2,5	0,026	0,1798	21,48	53,7	5,91	94,9521	148,66
zpatecka	1190	341,63	2,5	0,026	0,1796	21,51	53,8	3,11	49,912	103,68
									ΣR [Pa]	252,3

pripojka12										
úsek	Q	m	l	d	w	R	R*I	$\Sigma\xi$	Z	R*I + Z
	[W]	[kg/h]	[m]	[m]	[m/s]	Pa/m	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]
privod	2929	840,86	0,5	0,039	0,1967	14,99	7,5	1,42	27,3014	34,796
zpatecka	2929	840,86	0,5	0,039	0,1964	15,01	7,5	1,01	19,3975	26,901
									ΣR [Pa]	61,7

pripojka13										
úsek	Q	m	l	d	w	R	R*I	$\Sigma\xi$	Z	R*I + Z
	[W]	[kg/h]	[m]	[m]	[m/s]	Pa/m	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]
privod	928	266,41	3	0,026	0,1402	13,99	42	15,52	151,639	193,62
zpatecka	928	266,41	3	0,026	0,14	14,01	42	12,06	117,705	159,73
									ΣR [Pa]	353,3

pripojka14										
úsek	Q	m	l	d	w	R	R*I	$\Sigma\xi$	Z	R*I + Z
	[W]	[kg/h]	[m]	[m]	[m/s]	Pa/m	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]
privod	2001	574,45	1,5	0,039	0,1344	7,732	11,6	3,06	27,4583	39,056
zpatecka	2001	574,45	1,5	0,039	0,1342	7,74	11,6	1,05	9,41172	21,022
									ΣR [Pa]	60,08

pripojka15										
úsek	Q	m	l	d	w	R	R*I	$\Sigma\xi$	Z	R*I + Z
	[W]	[kg/h]	[m]	[m]	[m/s]	Pa/m	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]
privod	1001	287,22	1	0,026	0,1511	15,93	15,9	3,52	39,9761	55,902
zpatecka	1001	287,22	1	0,026	0,151	15,94	15,9	4,22	47,8737	63,817
									ΣR [Pa]	119,7

pripojka16										
úsek	Q	m	l	d	w	R	R*I	$\Sigma\xi$	Z	R*I + Z
	[W]	[kg/h]	[m]	[m]	[m/s]	Pa/m	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]
privod	1001	287,22	2,5	0,026	0,1511	15,93	39,8	3,52	39,9761	79,79
zpatecka	1001	287,22	2,5	0,026	0,151	15,94	39,9	4,22	47,8737	87,732
									ΣR [Pa]	167,5

Celkové tlakové ztráty

OptiSplit1										
101+102	Q	m	l	d	smyček	přípojky	R- rodělovač	R - ventil	R - přípojky	R -smyčka
	[W]	[kg/h]	[m]	[m]			[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]
	1316	377,8	0,25	0,04	8 z 10	1,3,5,6	1800	892,1602	1400,2804	31542,83
									ΣR [Pa]	35635,27

OptiSplit2										
104+105 +106	Q	m	l	d	smyček	přípojky	R- rodělovač	R - ventil	R - přípojky	R -smyčka
	[W]	[kg/h]	[m]	[m]			[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]
	975	279,9	0,25	0,04	6 z 10	1,2	1000	489,6384	995,49742	30565,395
									ΣR [Pa]	33050,53

OptiSplit3										
107+108	Q	m	l	d	smyček	přípojky	R- rodělovač	R - ventil	R - přípojky	R -smyčka
	[W]	[kg/h]	[m]	[m]			[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]
	1079	309,8	0,25	0,04	7 z 10	1,3,5,7,9	1300	599,6983	1822,8628	27656,813
									ΣR [Pa]	31379,37

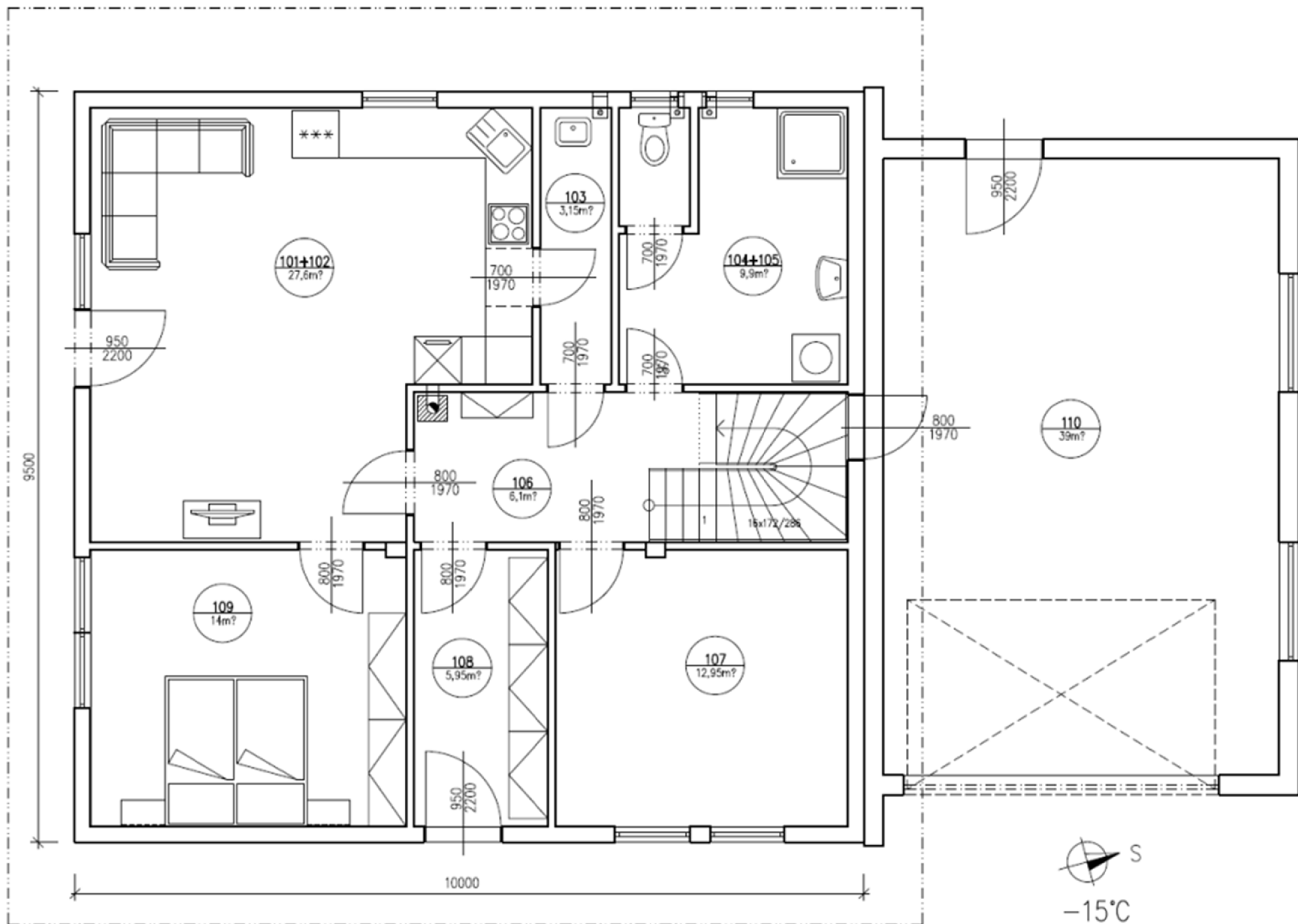
OptiSplit4										
109	Q	m	l	d	smyček	přípojky	R- rodělovač	R - ventil	R - přípojky	R -smyčka
	[W]	[kg/h]	[m]	[m]			[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]
	790	226,9	0,15	0,04	5 z 5	1,3,5,7,8	700	321,6942	1756,9758	29172,987
									ΣR [Pa]	31951,66

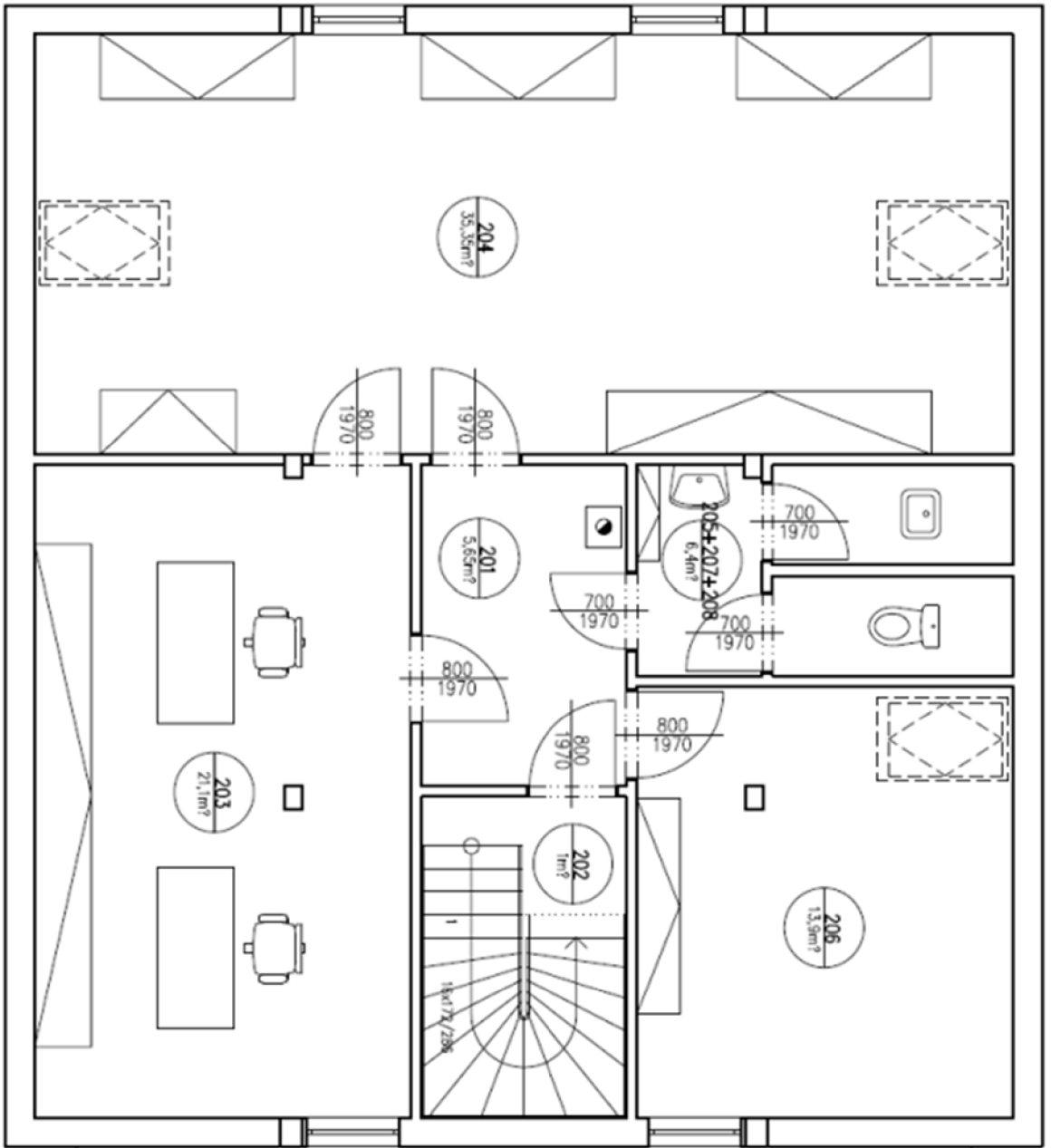
OptiSplit5										
203	Q	m	l	d	smyček	přípojky	R- rodělovač	R - ventil	R - přípojky	R -smyčka
	[W]	[kg/h]	[m]	[m]			[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]
	1190	341,6	0,25	0,04	7 z 10	1,3,4,10,11	1600	729,4304	1779,7985	31913,394
									ΣR [Pa]	36022,62

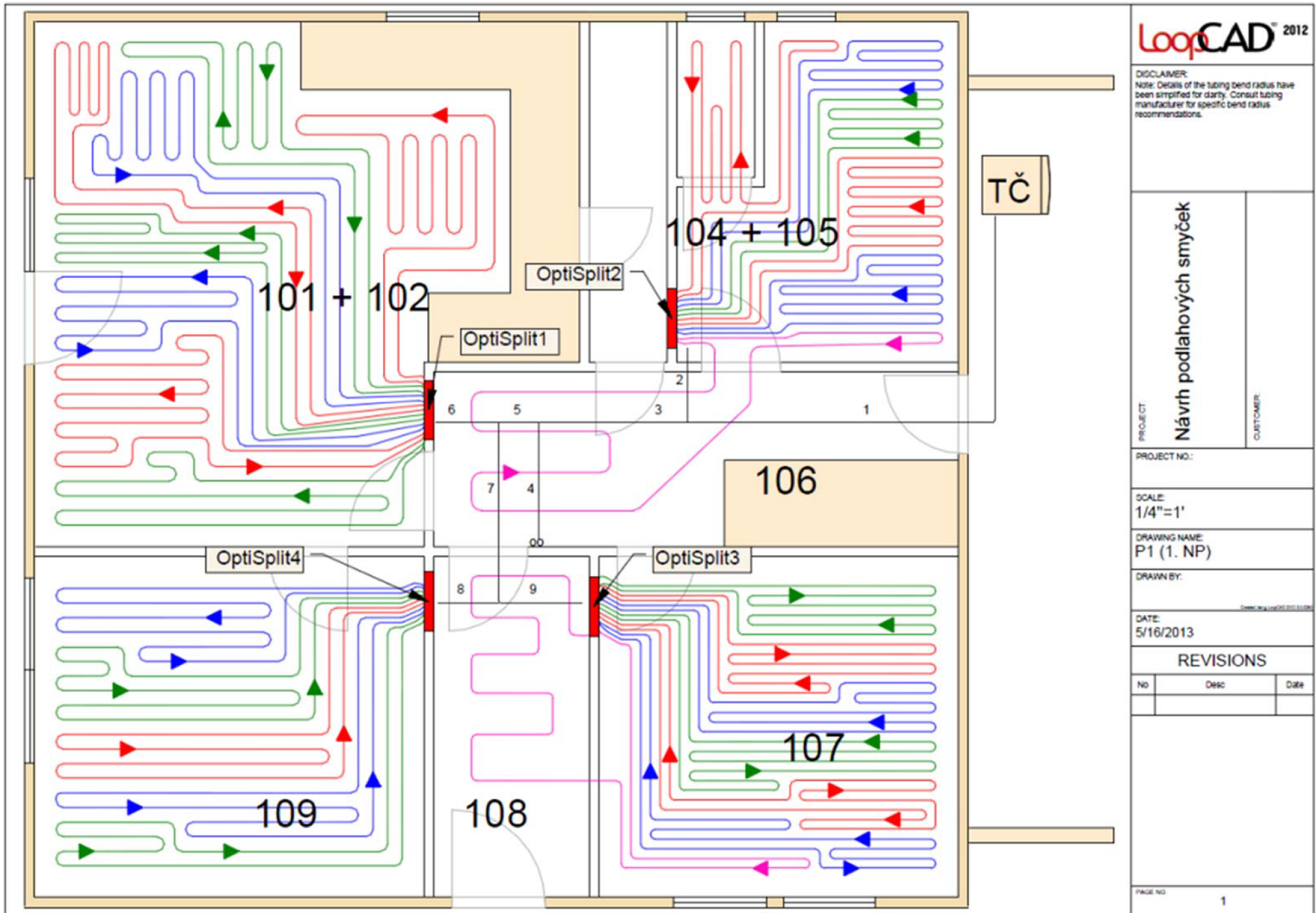
OptiSplit6										
204a	Q	m	l	d	smyček	přípojky	R- rodělovač	R - ventil	R - přípojky	R -smyčka
	[W]	[kg/h]	[m]	[m]			[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]
	1000	287,2	0,25	0,04	6 z 10	1,3,4,10,12,14,15	1200	515,5121	1768,96	31359,674
									ΣR [Pa]	34844,15

OptiSplit7										
204b	Q	m	l	d	smyček	přípojky	R- rodělovač	R - ventil	R - přípojky	R -smyčka
	[W]	[kg/h]	[m]	[m]			[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]
	1000	287,2	0,25	0,04	6 z 10	1,3,4,10,12,14,16	1200	515,5121	1816,7633	31274,394
									ΣR [Pa]	34806,67

OptiSplit8										
205+206	Q	m	l	d	smyček	přípojky	R- rodělovač	R - ventil	R - přípojky	R -smyčka
	[W]	[kg/h]	[m]	[m]			[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]
	928	266,4	0,25	0,04	6 z 10	1,3,4,10,12,13	900	443,6007	1942,5062	28352,729
									ΣR [Pa]	31638,84







DISCLAIMER:
Note: Details of the tubing bend radius have been simplified for clarity. Consult tubing manufacturer for specific bend radius recommendations.

PROJECT: **Návrh podlahových smyček**
CUSTOMER:

PROJECT NO.:

SCALE:
1/4"=1'

DRAWING NAME:
P1 (1. NP)

DRAWN BY:

DATE:
5/16/2013

REVISIONS

No	Desc	Date

DISCLAIMER:
Note: Details of the tubing bend radius have been simplified for clarity. Consult tubing manufacturer for specific bend radius recommendations.

PROJECT: **Návrh podlahových smyček**

CUSTOMER:

PROJECT NO.:

SCALE:
1/4"=1'

DRAWING NAME:
P1 (2. NP)

DRAWN BY:

DATE:
5/16/2013

REVISIONS

No	Desc	Date

PAGE NO

1

