

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STROJNÍ
ÚSTAV TECHNIKY PROSTŘEDÍ

REKONSTRUKCE SOUBORU BUDOV

DIPLOMOVÁ PRÁCE

PETR STANOŠEK

5 – IB – 2020

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Stanošek** Jméno: **Petr** Osobní číslo: **321450**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávající katedra/ústav: **Ústav techniky prostředí**
Studijní program: **Inteligentní budovy**
Studijní obor: **bez oboru**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Rekonstrukce souboru budov

Název diplomové práce anglicky:

Retrofit of Building Cluster

Pokyny pro vypracování:

Proveďte analýzu rekonstrukce souboru bytových domů na sídlišti Barrandov. Uvažujte: a) soubor budov napojené na centralizované zásobování teplem a b) budovy s decentralními zdroji tepla (plynové kotle, tepelná čerpadla). Analyzujte vliv zateplení na ekonomické parametry rekonstrukce.

Seznam doporučené literatury:

- 1) TNI 73 0302 Energetické hodnocení solárních tepelných soustav - Zjednodušený výpočtový postup, ÚNMZ 2014.
- 2) TNI 73 0351 Energetické hodnocení soustav s tepelnými čerpadly - Zjednodušený výpočtový postup, ÚNMZ 2014
- 3) Podklady ke studiu předmětu Základy alternativních zdrojů energie, Alternativní zdroje energie, Základy zásobování teplem

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

doc. Ing. Tomáš Matuška, Ph.D., ústav techniky prostředí FS

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **30.04.2020**

Termín odevzdání diplomové práce: **31.07.2020**

Platnost zadání diplomové práce:

doc. Ing. Tomáš Matuška, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

doc. Ing. Vladimír Zmrhal, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

30.4.2020

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Souhrn

V této diplomové práci posuzuji vhodnost rozsahu tepelně technických opatření na souboru budov a porovnávám s možností využití CZT. Zohledňuji také finanční náročnost jednotlivých opatření pro úsporu energií.

Summary

In this diploma thesis I assess the suitability of the range of thermal technical measures on a set of buildings and compare with the possibility of using DH. I also take into account the financial demands of individual energy saving measures.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem: „Rekonstrukce souboru budov“ vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Tomáše Matušky, Ph.D., s použitím literatury, uvedené na konci mé diplomové práce v seznamu použité literatury.

V Praze 28. 07. 2020

Petr Stanošek

Obsah

Soupis značení.....	3
1. ÚVOD.....	6
1.1. Postup řešení a očekávané výsledky.....	6
1.2. Popis stávajícího stavu	6
1.3. Centrální zdroje tepla (CZT)	8
1.3.1. Způsoby výroby tepla	8
1.3.2. Způsoby distribuce tepla.....	8
1.3.3. Měření odebraného tepla.....	9
1.4. Legislativa.....	9
2. TEORETICKO-METODICKÁ ČÁST	10
2.1. Zhodnocení stávajícího stavu.....	10
2.1.1. Návrhový tepelný výkon.....	10
2.1.1.3. Návrhový tepelný výkon větráním	14
2.1.1.3.1. Stanovení měrné ztráty větráním	15
2.1.2. Bilance potřeb	16
2.1.2.1. Tepelné zisky	17
2.1.2.2. Vnitřní zisky	17
2.1.2.3. Solární zisky	17
2.1.3. Potřeba tepla na vytápění (VYT)	19
2.1.3.1. Tepelná ztráta	19
2.1.3.2. Potřeba tepla na vytápění.....	20
2.1.4. Potřeba tepla na přípravu teplé vody (TV).....	22
2.1.5. Spotřeba elektrické energie (EE).....	23
2.1.6. CZT – Tepelné ztráty distribucí.....	25
2.1.6.1. Návrh vodní distribuční sítě	25
2.1.6.2. Tepelná ztráta distribuční sítě.....	26
2.1.6.3. Cena tepla z CZT	29
2.2. Navrhované stavy.....	31
2.2.1. Varianta $U_{N,20}$ - Požadované hodnoty	32
2.2.2. Varianta $U_{rec,20}$ - Doporučené hodnoty	32
2.2.2.1. Návrh tepelného čerpadla.....	33
2.2.3. Varianta $U_{pas,20}$ - Pasivní hodnoty.....	38
3. ANALYTICKÁ ČÁST	39
4. ZÁVĚR.....	43

Zdroje	44
Citace.....	44
Přílohy	44
Soupis obrázků	44
Soupis tabulek	44
Soupis grafů.....	45

Soupis značení

Značka	Název	Jednotka
H	Měrná tepelná ztráta budovy	[W/K]
H _T	Měrná ztráta prostupem	[W/K]
H _{T,e}	Měrná ztráta prostupem obálkou budovy	[W/K]
H _{T,g}	Měrná ztráta prostupem zeminou	[W/K]
H _V	Měrná ztráta větráním	[W/K]
A _k	Plocha stavební části	[m ²]
λ _n	Součinitel tepelné vodivosti vrstvy	[W/m.K]
R	Tepelný odpor prostupem	[m ² .K/W]
U _i	Součinitel prostupu tepla i-té konstrukce	[W/m ² K]
U _{k,i}	Deklarovaný součinitel prostupu tepla i-té konstrukce	[W/m ² K]
U _{tb,i}	Přirážka zohledňující tepelné vazby a mosty	[W/m ² K]
φ _{HL,b}	Návrhový tepelný výkon	[W]
φ _{T,b}	Návrhový tepelný výkon prostupem	[W]
φ _{V,b}	Návrhový tepelný výkon větráním	[W]
H _{T,ie}	Měrný tepelný tok prostupem do vnějšího prostředí €	[W/K]
H _{T,iae}	Měrný tepelný tok prostupem přes nevytápěný prostor (a) vnějšího prostředí	[W/K]
Θ _{int}	Vnitřní výpočtová teplota	[°C]
Θ _e	Venkovní výpočtová teplota	[°C]
ΔU _{TB}	Přirážka na vliv tepelných vazeb	[W/m ² .K]
f _{U,k}	Opravný součinitel zohledňující povětrnostní vlivy a stavební části, které nebyly uvažovány při výpočtu U _k , pro ČR=1	[-]
f _{ie,k}	Teplotní opravný součinitel	[-]
R _{si}	Odpor při přestupu tepla na straně interiéru	[m ² .K/W]
R _{se}	Odpor při přestupu tepla na straně exteriéru	[m ² .K/W]
R _k	Odpor konstrukce	[m ² .K/W]
S _n	Tloušťka vrstvy	[m]
H _{T,ig}	Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného (i) do zeminy (g)	[W/K]
A _k	Plocha konstrukce ve styku se zeminou	[m ²]
U _{equip,k}	Ekvivalentní součinitel prostupu tepla konstrukcí (k) ve styku se zeminou	[W/m ² .K]
f _{ig,k}	Opravný teplotní součinitel	[-]
f _{GW,k}	Opravný činitel zohledňující vliv spodní vody	[-]
f _{Θann}	Opravný činitel zohledňující vliv změny teploty v průběhu roku	[-]
H _{T,iae}	Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného (i) přes nevytápěný prostor (a) do vnějšího prostředí (e)	[W/K]
A _k	Plocha konstrukce, přes kterou tepelný tok proudí	[m ²]
f _{iae,k}	Teplotní opravný součinitel zahrnující rozdíl teplot mezi nevytápěným prostorem a vnější výpočtovou teplotou	[-]
Θ _{int,i}	Vnitřní výpočtová teplota vytápěné části	[°C]
Θ _{iae,k}	Vnitřní výpočtová teplota nevytápěné části	[°C]
Θ _e	Venkovní výpočtová teplota	[°C]
φ _{V,b}	Návrhový tepelný výkon větráním budovy	[W]

V	Průtok vzduchu v objektu	[m ³ /h]
p.c	Tepelná kapacita vzduchu = 0,34	[Wh/m ³ .K]
V _f	Průtok vzduchu nuceným větráním	[m ³ /h]
η _{ZZT}	Účinnost výměníku zpětného získávání tepla	[-]
V _x	Průtok vzduchu infiltrací	[m ³ /h]
k	Počet osob	[ks]
0,7	Koeficient přítomnosti osob	[-]
c	Koeficient počtu osob na bytovou jednotku	[-]
b _j	Počet bytových jednotek v objektu	[ks]
0,8	Procento pro vnitřní objem budovy	[-]
V _e	Vnější objem budovy	[m ³]
n ₅₀	Intenzita výměny vzduchu – pro starší budovy = 4,5	[h ⁻¹]
e	Součinitel větrné expozice – pro bytové domy = 0,07	[-]
Q _G	Celkové tepelné zisky	[Wh]
Q _i	Vnitřní zisky	[Wh]
Q _s	Solární zisky	[Wh]
t	Časový úsek, pro který je výpočet veden	[h]
I _{s,j}	Úhrn slunečního záření z dané orientace (j)	[kW/m ²]
A _{s,n}	Účinná plocha zasklení	[m ²]
A _s	Účinná plocha zasklení	[m ²]
A	Plocha otvoru (dle dokumentace)	[m ²]
F _S	Korekční činitel trvalého stínění	[-]
F _C	Korekční činitel clonění	[-]
F _F	Korekční činitel rámu	[-]
g	Celková propustnost slunečního záření	[-]
Q _{L,m}	Ztráta tepla v daném měsíci	[Wh]
H _{T,b}	Měrný tepelný tok prostupem	[W/K]
H _{V,b}	Měrný tepelný tok větráním	[W/K]
Θ _{int}	Vnitřní požadovaná teplota	[°C]
Θ _{e,m}	Průměrná měsíční venkovní teplota	[°C]
t	Délka časového úseku (měsíc)	[h]
Q _H	Roční potřeba energie na vytápění	[W/h]
Q _{H,m}	Potřeba energie na vytápění v daném měsíci	[W/h]
Q _{L,m}	Ztráta tepla v daném měsíci	[Wh]
Q _{G,m}	Tepelný zisk v daném měsíci	[W/h]
η	Stupeň využití solárních zisků	[W]
C	Vnitřní tepelná kapacita budovy	[J/K]
H	Celkový měrný tepelný tok budovou	[W/K]
A _t	Vnitřní podlahová plocha všech podlaží	[m ²]
a	Numerický parametr závislý na časové konstantě	[-]
a ₀	Numerický parametr (pro měsíční interval = 1)	[-]
T	Časová konstanta	[h]
T ₀	Referenční časová konstanta	[h]
Q _{w,d}	Denní potřeba energie pro přípravu teplé vody	[kW/h]
V _{w,d}	Objem teplé vody za den	[m ³ /d]
ρ _w	Hustota vody	[kg/m ³]
c _w	Měrná tepelná kapacita vody	[J/kg.K]
Θ _{w,p}	Teplota odebírané vody	[°C]

$\Theta_{w,c}$	Teplota studené vody	[°C]
$V_{w,d}$	Objem vody za den	[l/d]
$V_{w,f,d}$	Objem teplé vody na osobu za den	[l/d]
f	Počet osob	[ks]
d_m	Počet dní daného měsíce	[d]
b_j	Počet bytových jednotek	[ks]
E_u	Roční spotřeba EE domácnosti	[kW/h]
$E_{aux,m}$	Měsíční spotřeba pomocné EE	[kW/h]
$E_{app,m}$	Měsíční statistická průměrná spotřeba EE domácnosti	[kW/h]
E_{app}	Roční spotřeba EE domácnosti	[kW/h]
$E_{app,m}$	Měsíční statistická průměrná spotřeba EE domácnosti	[kW/h]
f	Činitel podílu spotřeby EE v daném měsíci	[-]
b_j	Počet bytových jednotek v objektu	[ks]
M_W	Návrhový hmotnostní průtok	[kg/s]
k_z	Součinitel ztrát v síti (1,02)	[-]
Q_p	Přípojný výkon	[W/h]
t_{w1}	Teplota vody na vstupu	[°C]
t_{w2}	Teplota vody na vratném potrubí	[°C]
d	Průměr potrubí	[m]
w	Ekonomická rychlost vody je 0,5 až 2,0	[m/s]
ΔP	Tepelná ztráta přívodního a vratného potrubí	[W/m]
G	Tepelná vodivost potrubí v zemině	[W/m.K]
t_z	Průměrná teplota zeminy	[°C]
R_p	Tepelný odpor izolovaného potrubí	[m.K/W]
R_z	Tepelný odpor zeminy	[m.K/W]
R_t	Odpor teplotní výměny mezi přívodním a vratným potrubím	[m.K/W]
λ_z	Součinitel tepelné vodivosti zeminy	[W/m.K]
H	Hloubka uložení k horní hraně potrubí	[m]
A	Osová vzdálenost přívodního a vratného potrubí	[m]
0,0685	Konstanta zohledňující přechodový odpor zemského povrchu	[m ² .K/W]
$Q_{p,VYT,j}$	Celková j-(měsíční) potřeba tepla na vytápění	[kWh]
$Q_{p,TV,j}$	Celková j-(měsíční) potřeba tepla na přípravu teplé vody	[kWh]
T_j	Doba trvání výpočtového teplotního intervalu	[h]
$t_{em,j}$	Střední teplota v daném intervalu j	[°C]
$f_{VYT,j}$	Měsíční podíl potřeby tepla na vytápění	[-]
$f_{TV,j}$	Měsíční podíl potřeby tepla na přípravu teplé vody	[-]
t_{V1}	Teplota na vstupu do výparníku	[°C]
t_{K2}	Teplota na výstupu z kondenzátoru	[°C]
$t_{w1,N}$	Návrhová teplota otopné vody na přívodu	[°C]
$t_{w2,N}$	Návrhová teplota vratné otopné vody	[°C]
$t_{e,N}$	Výpočtová venkovní teplota	[°C]
t_i	Vnitřní teplota	[°C]
m	Teplotní exponent otopných ploch	[-]

1. ÚVOD

V posledních dvou dekádách je stálým a stále aktuálním tématem vhodnost decentralizace bytových domů z hlediska vytápění a případné přípravy teplé vody. Hlavními důvody pro odpojení se od centrálního zdroje tepla (CZT) je především úspora nákladů. Tato úspora je však u starších bytových domů podmíněna provedením dalších tepelně technických opatření, nutno započít také náklady na odpojení, zřízení a vybavení technické místnosti a v neposlední řadě je nutné dbát platné legislativy. Vhodnost možnosti odpojení od centrálního zdroje tepla je žádoucí podložit energetickým posudkem a ekonomickou bilancí navržených opatření.

1.1. Postup řešení a očekávané výsledky

Cílem mé práce není navrhnout taková opatření pro dosažení nízkooenergetického nebo pasivního standardu. Ale porovnat míru zateplení společně s náhradou zdroje na vytápění se stávajícími náklady na vytápění z centrálního zdroje tepla.

Z tepelně technického posouzení všech objektů se pokusím odhadnout navržený výkon stávajícího centrálního zdroje tepla.

Jako hodnoty míry zateplení jsem si vymezil normové hodnoty součinitelů prostupu tepla na požadované, doporučené hodnoty a hodnoty doporučené pro pasivní budovy.

Z návrhu zdroje tepla na vytápění a potřebách tepla na vytápění jednotlivých objektů v průběhu otopného období se pokusím vyčíslit ekonomickou náročnost na samotnou rekonstrukci objektů, výměnu zdroje a úsporu nákladů za energie.

Předpokládám, že zateplením a odpojením se od CZT se ušetří ročně za samotné energie. Nicméně výše nákladů na rekonstrukci a náklady spojené s odpojením se výrazně promítnou do doby návratnosti.

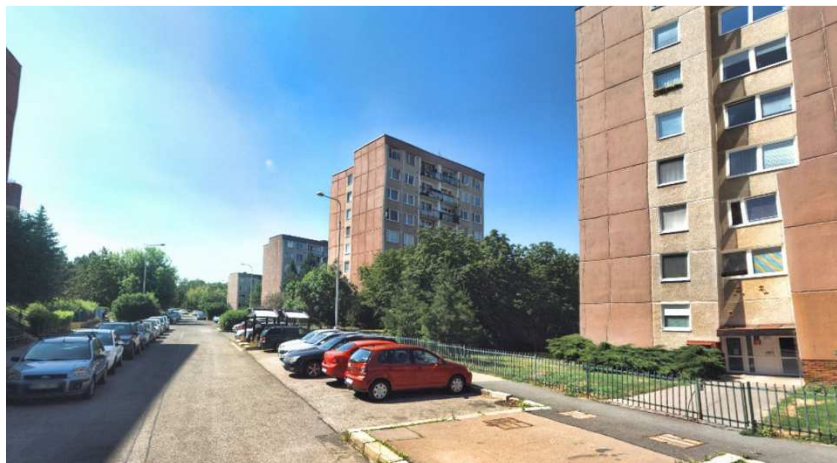
1.2. Popis stávajícího stavu

Odpovědět na vyvstávající otázky se pokusím na projektu souboru bytových objektů, které se nachází na Pražském sídlišti Barrandov. Jedná se o typovou panelovou zástavbu šesti objektů v konstrukčním systému OP 1.11 (Bodová sekce 3453B) z roku 1984. Čtyři z těchto objektů jsou osmipodlažní, jeden šestipodlažní a jeden objekt je čtyřpodlažní. Objekty jsou založeny na skalnatém podkladu bez spodní vody. Všechny objekty jsou shodně orientovány vůči světovým stranám se vstupem z ulice Lohnického z jihu. K dispozici je kopie výkresové dokumentace s typickými podlažními a technickou zprávou. V tuto chvíli jsou všechny objekty nezateplené a připojené k nedalekému centrálnímu zdroji tepla. Parametry tohoto zdroje nejsou známy a budou odvozeny na základě současného stavu objektů. Tento zdroj tepla poskytuje pomocí rozvodné sítě teplo určené pouze pro vytápění. Příprava teplé vody je realizována samostatně

v každé bytové jednotce pomocí elektricky vyhříváných bojlerů. Větrání je zajištěno infiltrací a podtlakově odvodem znečištěného vzduchu ventilátory v koupelně a toaletě na střechu skrz instalační šachty. Do objektů je zaveden plyn a také pitná voda. V suterénu se nachází technická místnost, kde jsou vyvedeny přípojky a měřící zařízení.



Obrázek 1 - Typický půdorys KS OP 1.11



Obrázek 2 – Fotografie objektů z ulice Lohnického

1.3. Centrální zdroje tepla (CZT)

1.3.1. Způsoby výroby tepla

Centrální zdroje tepla lze rozdělit dle mnoha parametrů. Základním dělením z pohledu způsobu výroby tepla je na výtopy, teplárny, paroplynové teplárny a kogenerační zdroje.

Výtopy, kde se energie získává spalováním paliv a následným ohřevem vody, která je určena pro distribuci ať už průmyslovou či občanskou, se vyznačují vysokou účinností přeměny tepla až 90 %. Nevýhodou ovšem je, že se výroba omezuje pouze na ohřev teplé vody.

V teplárnách se energie získaná spalováním použije pro ohřev vody na vysokotlakou páru, která následně roztáčí parní turbínu, která generuje primárně elektrickou energii. Pára, která prošla turbínou dále prochází výměníkem a ohřívá vodu pro distribuci.

V paroplynových teplárnách se vyrábí primárně elektřina. Hořením ve spalovací komoře plynové turbíny plyn zvětší svůj objem a mechanicky roztáčí turbínu, která generuje elektřinu. Horké spaliny dále ohřívají vodu na páru a prochází parní turbínou, která opět generuje elektřinu. Zbývající pára projde výměníkem a ohřeje vodu pro distribuci.

Kogenerační zdroj funguje na principu spalování plynu v pístovém motoru, který je chlazen olejem. Teplé spaliny a olej předávají teplo v kombinovaném výměníku, jež ohřívá distribuovanou vodu.

Dalšími provozovanými způsoby výroby tepla mohou být například tepelná čerpadla teplo získané solárními soustavami. Či spalováním tuhého komunálního odpadu (TKO).

1.3.2. Způsoby distribuce tepla

Na velikost výroby tepla má krom způsobu výroby tepla také vliv množství zásobovaných objektů a velikost distribuční sítě. Teplonosným médiem mezi zásobovanými objekty a zdrojem může být pára, teplá nebo horká voda. Toto médium je rozváděno izolovaným potrubím k samotným objektům či předávacím stanicím. Izolované trubky mohou být vedeny nad úroveň terénu, kde vlivem exteriérových podmínek mají větší tepelné ztráty. Nebo mohou být vedeny v zemi, kde sice nejsou vystaveny vnějším podmínkám, ale uložení do země je nákladné a je nutné zajistit vůli z důvodu roztažnosti ocelových trubek. Tepelná síť je vždy dvoutrubková, kde je jedna trubka přívodní a druhá vratná (tzv. zpátečka). Z předávacích stanic mohou být vedeny dva samostatné okruhy. Jeden určený pro vytápění objektu, druhý pak pro teplou vodu. Takovýto rozvod se pak nazývá čtyřtrubkový. Dodávka teplé vody je nepřetržitá, kdežto okruh pro vytápění se mimo topnou sezonu odstaví. Zajištění teplé vody může probíhat také společně v domovní výměňkové stanici, kde tepelná síť přivedená do objektu předává teplo jak pro vytápění, tak pro teplou vodu (moderní způsob).

1.3.3. Měření odebraného tepla

K měření odebraného tepla se používá kalorimetr, který je instalován v patě objektu na přívodním potrubí. Celková spotřeba tepla pro daný objekt je pak poměrově rozúčtována mezi bytové jednotky.

1.4. Legislativa

Při přechodu z centrálního zásobování teplem na plynovou domovní kotelnu je nutné respektovat požadavky Zákona 201/2012 Sb. Zákon o ochraně ovzduší v platném znění V § 16 odstavci (7) je uvedeno: *Právnícká a fyzická osoba je povinna, je-li to technicky možné, u nových staveb nebo při změnách stávajících staveb využít pro vytápění teplo ze soustavy zásobování tepelnou energií nebo zdroje, který není stacionárním zdrojem. Tato povinnost se nevztahuje na rodinné domy a stavby pro rodinnou rekreaci a na případy, kdy energetický posudek (EP) prokáže, že využití tepla ze soustavy zásobování tepelnou energií nebo zdroje energie, který není stacionárním zdrojem, není pro povinnou osobu ekonomicky přijatelné.*

Na základě Vyhlášky č. 480/2012 Sb. Vyhláška o energetickém auditu a energetickém posudku jsem schopen prokázat, že využití tepla z CZT není pro povinnou osobu ekonomicky přijatelné především nižšími ročními náklady na teplo dodané z jiného zdroje než dodané z CZT. Tato potřeba je vypočtena z průměru klimatických podmínek za 30 let. Dále musí být doložena technická, ekonomická a ekologická proveditelnost.

2. TEORETICKO-METODICKÁ ČÁST

2.1. Zhodnocení stávajícího stavu

2.1.1. Návrhový tepelný výkon

Popis metody

Pro energetickou bilanci je nutné stanovit potřeby tepla pro vytápění a přípravu teplé vody.

Při výpočtu tepelného výkonu byla použita základní metoda dle ČSN EN 12831-1:2018, která popisuje výpočet tepelného výkonu za ustáleného stavu vytápěných prostor, na které se vztahují vnitřní a vnější podmínky. Základní metoda je všestranným přístupem k dimenzování otopných soustav v nových budovách, tak v budovách s rozsáhlou rekonstrukcí.

Výpočet se provede jako jedno zónový (celý objekt se uvažuje jako jedna vytápěná zóna). Celý výpočetní postup je demonstrován na objektu č.2 (6 pater).

Vstupní údaje

Všechny objekty jsou typově stejné a jsou také stejně orientovány vůči světovým stranám. Rozdílné jsou pouze počty podlaží, kdy první objekt č.1 je 4 podlažní, objekt č.2 je 6 podlažní a zbývající 4 objekty jsou 8 podlažní. Z tohoto důvodu je vhodné vypočítat měrný tepelný tok jednoho typického podlaží a následně vynásobit dle počtu pater v jednotlivých objektech. Ostatní konstrukce jako střecha, 1. nadzemní podlaží a 1. podzemní podlaží jsou pro všechny objekty shodné. Hodnoty součinitelů odporu při prostupu tepla jednotlivých konstrukcí byly uvedeny v Technické zprávě a jsou uvedeny v (Tabulka 1).

Popis konstrukce	Tepelný odpor prostupem R [m ² .K/W]
Střešní konstrukce	3,01
Stěna vnější	1,50
Strop nad suterénem	0,10

Tabulka 1 – Hodnoty součinitelů tepelných odporů

Klimatické údaje

Dle ČSN EN 12831-1, Národní přílohy NA.1 jsou venkovní výpočtová teplota pro Prahu -12 [°C] a vnitřní výpočtová teplota v bytových objektech je 20 [°C]

2.1.1.1. Výpočet návrhového tepelného výkonu

Návrhový tepelný výkon je součtem návrhového tepelného výkonu prostupem a návrhového tepelného výkonu větráním budovy.

$$\phi_{HL,b} = \phi_{T,b} + \phi_{V,b} \quad (1)$$

kde

$\phi_{HL,b}$ návrhový tepelný výkon [W]

$\phi_{T,b}$	návrhový tepelný výkon prostupem	[W]
$\phi_{V,b}$	návrhový tepelný výkon větráním	[W]

2.1.1.2. Návrhový tepelný výkon prostupem

Návrhový tepelný výkon prostupem budovy z vytápěného prostoru do venkovního je vypočten na základě vnějších a vnitřních výpočtových teplot. Jedná se o součet všech měrných tepelných toků prostupem vynásobeným rozdílem výpočtových teplot.

$$\phi_{T,b} = (H_{T,ie} + H_{T,iae}) \cdot (\theta_{int} - \theta_e) = H_{T,b} \cdot (\theta_{int} - \theta_e) \quad (2)$$

kde

$\phi_{T,b}$	návrhový tepelný výkon prostupem budovy	[W]
$H_{T,ie}$	měrný tepelný tok prostupem do vnějšího prostředí (e)	[W/K]
$H_{T,iae}$	měrný tepelný tok prostupem přes nevytápěný prostor (a) vnějšího prostředí	[W/K]
θ_{int}	vnitřní výpočtová teplota	[°C]
θ_e	venkovní výpočtová teplota	[°C]

2.1.1.2.1. Výpočet měrných tepelných toků prostupem

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného (i) do venkovního (e) prostředí se vypočítá podle vzorce:

$$H_{T,ie} = \sum_k \langle A_k \cdot (U_k + \Delta U_{TB}) \cdot f_{U,k} \cdot f_{ie,k} \rangle \quad (3)$$

Kde je

$H_{T,ie}$	měrný tepelný tok prostupem z vytápěného (i) do venkovního (e) prostředí	[W/K]
A_k	plocha konstrukce	[m ²]
U_k	součinitel prostupu tepla konstrukcí	[W/m ² .K]
ΔU_{TB}	přirážka na vliv tepelných vazeb	[W/m ² .K]
$f_{U,k}$	opravný součinitel zohledňující povětrnostní vlivy a stavební části, které nebyly uvažovány při výpočtu U_k , pro ČR=1	[-]
$f_{ie,k}$	teplotní opravný součinitel	[-]

Součinitel prostupu tepla U_k je převrácenou hodnotou součtu tepelných odporů. Pro stanovení součinitele prostupu tepla je nutné dbát na správný směr tepelného toku. Směr toku je zohledněn pomocí přestupových odporů R_{se} a R_{si} .

$$U_k = \frac{1}{R_{si} + \sum_n R_k + R_{se}} = \frac{1}{R_{si} + \sum_n \frac{S_n}{\lambda_n} + R_{se}} \quad (4)$$

kde je

R_{si}	odpor při přestupu tepla na straně interiéru	[m ² .K/W]
R_{se}	odpor při přestupu tepla na straně exteriéru	[m ² .K/W]
R_k	odpor konstrukce	[m ² .K/W]
S_n	tloušťka vrstvy	[m]
λ_n	Součinitel tepelné vodivosti vrstvy	[W/m.K]

[m ² .K/W]	Směr tepelného toku		
	Nahoru	Vodorovně	dolů
R_{si}	0,10	0,13	0,17
R_{se}	0,04	0,04	0,04

Tabulka 2 – Smluvní odpory při přestupu tepla dle ČSN EN ISO 6946

Výpočet součinitele prostupu tepla pro obvodovou stěnu typického podlaží:

dle (4)

$$U_w = \frac{1}{R_{si} + R_k + R_{se}} = \frac{1}{0,13 + 1,5 + 0,04} = \mathbf{0,6} \text{ [W/m}^2 \cdot \text{K]}$$

Popis konstrukce	Vypočtený součinitel prostupu tepla U_k [W/m ² .K]
Střešní konstrukce	$U_R = 0,317$
Stěna vnější	$U_W = 0,6$
Strop nad suterénem	$U_S = 0,9$
Okna a dveře	$U_O = 2,9$

Tabulka 3 – Vypočtené součinitele prostupu tepla

Strop nad suterénem není zatížen vnějším prouděním vzduchu. Ve výpočtu byla volena hodnota $R_{se} = 0,08$ [m².K/W] dle ČSN EN ISO 6946, Příloha A.1.

Hodnota přírážky na vliv tepelných vazeb ΔU_{TB} zohledňuje vliv tepelných mostů. Hodnota je volena z přílohy B, tabulky B.1 ČSN EN ISO 12831-1 podle stáří objektu. Mnou volená hodnota odpovídá konstrukcím s běžnými tepelnými mosty u starších budov. Pro stávající stav $\Delta U_{TB} = 0,1$ [W/m².K].

Detailní zohlednění tepelných mostů lze vypočítat dle ČSN EN 12831-1, Příloha C. Nicméně pro mé účely je metoda přírážky na teplé vazby plně dostačující.

V našem případě uvažujeme suterén, který je částečně pod terénem jako nevytápěný prostor, přes který proudí tepelný tok do vnějšího prostředí z vytápěné nadzemní části. Velikost tohoto měrného toku lze vypočítat součtem

měrného tepelného toku nadzemních konstrukcí suterénu do vnějšího prostředí dle (3) a měrného tepelného toku do zeminy $H_{T,ig}$ (5).

$$H_{T,ig} = f_{\theta_{ann}} \sum_k \langle A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{ig,k} \cdot f_{GW,k} \rangle \quad (5)$$

kde je

$H_{T,ig}$	měrný tepelný tok prostupem z vytápěného (i) do zeminy (g)	[W/K]
A_k	plocha konstrukce ve styku se zeminou	[m ²]
$U_{equiv,k}$	Ekvivalentní součinitel prostupu tepla konstrukcí (k) ve styku se zeminou	[W/m ² .K]
$f_{ig,k}$	opravný teplotní součinitel	[-]
$f_{GW,k}$	opravný činitel zohledňující vliv spodní vody	[-]
$f_{\theta_{ann}}$	opravný činitel zohledňující vliv změny teploty v průběhu roku	[-]

Ekvivalentní součinitel prostupu tepla $U_{equiv,k}$ je potřeba vypočítat dle Přílohy E, kde do výpočtu vstupuje geometrický parametr podlahové plochy B' .

Druhým možným přístupem je použití vzorce (6) pro měrný tepelný tok do nebo přes sousední nevytápěný prostor $H_{T,iae}$

$$H_{T,iae} = \sum_k \langle A_k \cdot U_k \cdot f_{iae,k} \rangle \quad (6)$$

kde je

$H_{T,iae}$	měrný tepelný tok prostupem z vytápěného (i) přes nevytápěný prostor (a) do vnějšího prostředí (e)	[W/K]
A_k	plocha konstrukce přes kterou tepelný tok proudí	[m ²]
$f_{iae,k}$	teplotní opravný součinitel zahrnující rozdíl teplot mezi nevytápěným prostorem a vnější výpočtovou teplotou	[-]

Teplotní opravný součinitel je potřeba vypočítat z rovnice (7) kde teplota nevytápěného prostoru je volena dle Tabulky NA.4 – Teplota vnitřního vzduchu sousedních nevytápěných prostor, ČSN EN 12831-1.

Prověřeny byly oba přístupy výpočtu a nalezené hodnoty se příliš nelišily, proto je tento zjednodušený postup pro další výpočet plně dostačující. Výpočtová teplota pro sklepy a suterény +3 [°C] dle NA.4. Jelikož se v suterénu nachází technická místnost s výměňkovou domovní stanicí. A se započtením tepelných zisků od ležatých rozvodů vytápění je ve výpočtu uvažovaná teplota +5 [°C].

$$f_{iae,k} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{iae,k}}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad (7)$$

kde

$\theta_{int,i}$	vnitřní výpočtová teplota vytápěné části	[°C]
------------------	--	------

$\Theta_{iae,k}$	vnitřní výpočtová teplota nevytápěné části	[°C]
Θ_e	venkovní výpočtová teplota	[°C]

Výpočet měrného tepelného toku prostupem:

dle (7)

$$f_{iae,s} = \frac{20 - 5}{20 - (-12)} = \mathbf{0,468} [-]$$

dle (6)

$$H_{T,iae,s} = A_s \cdot (U_s + \Delta U_{TB}) \cdot f_{iae,s} = 365,4 \cdot (0,9 + 0,1) \cdot 0,468 = \mathbf{164,78} [W/K]$$

$$H_{T,b} = H_{T,R} + (P \cdot H_{T,W}) + H_{T,O} + H_{T,S} \quad (8)$$

kde

P počet podlaží posuzovaného objektu [-]

Popis konstrukce	Označení	Měrný tepelný tok [W/K]
Střešní konstrukce	$H_{T,R}$	145,53
Vnější stěna (typické podlaží)	$H_{T,W}$	141,33
Okna a dveře	$H_{T,O}$	192,96
Strop nad suterénem	$H_{T,S}$	164,78
Měrný tepelný tok 6. NP objektu	$H_{T,b}$	2 316,0

Tabulka 4 – Měrné tepelné toky prostupem

Výpočet tepelného výkonu prostupem:

dle (2)

$$\phi_{T,b} = H_{T,b} \cdot (\theta_{int} - \theta_e) = 2\,316 \cdot (20 - (-12)) = \mathbf{74,1} [kW]$$

2.1.1.3. Návrhový tepelný výkon větráním

$$\phi_{V,b} = H_{V,b} \cdot (\theta_{int} - \theta_e) \quad (9)$$

kde

$\phi_{V,b}$	návrhový tepelný výkon větráním budovy	[W]
Θ_{int}	vnitřní výpočtová teplota	[°C]
Θ_e	venkovní výpočtová teplota	[°C]

2.1.1.3.1. Stanovení měrné ztráty větráním

Reálná měrná ztráta větráním je odvozena od minimálního požadovaného objemového průtoku v místnostech a stanoví se na základě vzorce:

$$H_{V,b} = \dot{V} \cdot \rho \cdot c \quad (10)$$

kde

V	průtok vzduchu v objektu	[m ³ /h]
ρ.c	tepelná kapacita vzduchu = 0,34	[Wh/m ³ .K]

Průtok vzduchu v objektu je součtem průtoku způsobeném netěsnostmi okenních rámců (infiltrací) a průtokem nuceným (mechanickým). V objektech není navržená vzduchotechnická jednotka se zpětným získáváním tepla (ZZT). Nucené větrání je realizováno ventilátory v sociálním zázemí.

$$\dot{V} = \dot{V}_f \cdot (1 - \eta_{ZZT}) + \dot{V}_x \quad (11)$$

kde

V _f	průtok vzduchu nuceným větráním	[m ³ /h]
η _{ZZT}	účinnost výměníku zpětného získávání tepla	[-]
V _x	průtok vzduchu infiltrací	[m ³ /h]

Průtok vzduchu nuceným větráním se v průběhu otopného období uvažuje 25 [m³/h] čerstvého vzduchu na osobu, což je odvozeno od množství koncentrace CO₂ ve venkovním vzduchu.

Počet osob byl odhadnut pomocí statistického údaje vztaženému k bytové jednotce viz [1] Fotovoltaika pro budovy. Vypočtený počet osob dle bytových jednotek pomocí koeficientu 2,7 osoby na bytovou jednotku je pak zaokrouhlen nahoru na celé osoby.

$$\dot{V}_f = 0,7 \cdot k \cdot 25 = 0,7 \cdot c \cdot b_j \cdot 25 \quad (12)$$

kde

k	počet osob	[ks]
0,7	koeficient přítomnosti osob	[-]
c	koeficient počtu osob na bytovou jednotku	[-]
b _j	počet bytových jednotek v objektu	[ks]

$$\dot{V}_f = 0,7 \cdot k \cdot 25 = 0,7 \cdot 2,7 \cdot 25 \cdot 25 = \mathbf{1190} \text{ [m}^3\text{/h]}$$

Průtok vzduchu infiltrací stanoven vnějšího objemu budovy

$$\dot{V}_x = 0,8 \cdot V_e \cdot n_{50} \cdot e \quad (13)$$

kde

0,8	procento pro vnitřní objem budovy	[-]
V_e	vnější objem budovy	[m ³]
n_{50}	intenzita výměny vzduchu – pro starší budovy = 4,5	[h ⁻¹]
e	součinitel větrné expozice – pro bytové domy = 0,07	[-]

$$\dot{V}_x = 0,8 \cdot 6\,832,6 \cdot 4,5 \cdot 0,07 = \mathbf{1\,721,8} \text{ [m}^3/\text{h]}$$

Budova je velmi netěsná a průtok infiltrací pokrývá větší množství než nutné množství vzduchu na osobu. Dle (10) je tedy měrná ztráta větráním

$$H_{V,b} = \dot{V}_x \cdot \rho \cdot c = 1\,721,8 \cdot 0,34 = \mathbf{585,4} \text{ [W/K]}$$

Výpočet návrhového tepelného výkonu větráním:

dle (9)

$$\phi_{V,b} = H_{V,b} \cdot (\theta_{int} - \theta_e) = 585,4 \cdot (20 - (-12)) = \mathbf{18,7} \text{ [kW]}$$

Výpočet návrhového tepelného výkonu budovy:

dle (1)

$$\phi_{HL,b} = \phi_{T,b} + \phi_{V,b} = 74,1 + 18,7 = \mathbf{92,8} \text{ [kW]}$$

V tabulce (Tabulka 5) jsou vypočteny návrhové tepelné výkony ostatních objektů a celkový návrhový výkon souboru posuzovaných budov.

Označení	Návrhové tepelné výkony [kW]
$\phi_{HL,4}$	66,1
$\phi_{HL,6}$	92,8
$\phi_{HL,8}$	119,6
$\phi_{HL,4} + \phi_{HL,6} + (4 \cdot \phi_{HL,4})$	637,3

Tabulka 5 – Návrhové tepelné výkony objektů

2.1.2. Bilance potřeb

Popis

Bilance potřeb je provedena dle ČSN EN ISO 52016-1. Výpočet je veden dle měsíční metody.

Hodnoty tepelných zisků a potřeb jsou rovnou počítány v měsíčním intervalu.

Klimatické údaje

Vnitřní výpočtová teplota v bytových objektech je 20 °C

Průměrné měsíční klimatické teploty viz [Příloha 1]

2.1.2.1. Tepelné zisky

Tepelné zisky mohou být způsobeny pohybem osob (metabolické teplo), domácími spotřebiči, osvětlením či rozvody teplé vody. Tyto se nazývají vnitřními tepelnými zisky. Tepelné zisky způsobené slunečním zářením procházejícím přes prosklené prvky se nazývají solární zisky. Celkové tepelné zisky jsou pak součtem těchto zisků. Tyto zisky mohou pozitivně či negativně ovlivňovat potřeby energií na vytápění či chlazení.

$$Q_G = Q_i + Q_s \quad (14)$$

kde

Q_G	celkové tepelné zisky	[Wh]
Q_i	vnitřní zisky	[Wh]
Q_s	solární zisky	[Wh]

2.1.2.2. Vnitřní zisky

Stanovují se dle počtu osob a jejich přítomnost v zóně je upravena koeficientem. Počet osob byl statisticky odhadnut dle počtu bytových jednotek viz [1] Fotovoltaika pro budovy; Kamil Staněk.

$$Q_i = (0,7 \cdot k \cdot 100 + 100) \cdot t \quad (15)$$

kde

Q_i	vnitřní zisky	[Wh]
0,7	koeficient přítomnosti osob	[-]
k	počet osob	[ks]
t	časový úsek, pro který je výpočet veden	[h]

Výpočet vnitřních zisků:

Názorný výpočet je pro měsíc leden (31 dní).

dle (15)

$$Q_i = (0,7 \cdot 68 \cdot 100 + 100) \cdot 24 \cdot 31 = 3\,615,8 \text{ [kWh]}$$

2.1.2.3. Solární zisky

Solární zisky se stanoví z úhrnů slunečního záření viz [Příloha 1] procházející zasklenými plochami. Je zde nutné zohlednit propustnost výplní, jejich zastínění, a především orientaci ke světovým stranám.

$$Q_s = \sum_j I_{s,j} \cdot \sum_n A_{s,j} \quad (16)$$

kde

$I_{s,j}$	úhrn slunečního záření z dané orientace (j)	[kW/m ²]
-----------	---	----------------------

$A_{s,n}$ účinná plocha zasklení [m²]

Účinná plocha zasklení

$$A_s = A \cdot F_S \cdot F_C \cdot (1 - F_F) \cdot g \quad (17)$$

kde

A_s účinná plocha zasklení [m²]

A plocha otvoru (dle dokumentace) [m²]

F_S korekční činitel trvalého stínění [-]

F_C korekční činitel clonění [-]

F_F korekční činitel rámu [-]

g celková propustnost slunečního záření [-]

V technické zprávě k projektu bytového domu byla uvedena tloušťka okenních ráků a rámu okna 120 mm. Výpočtem poměru okno/rám byl nalezen průměrný korekční činitel 30 % tedy 0,3 [-].

Celková propustnost slunečního záření je uvažována pro zdvojené zasklení hodnotou 0,75 [-].

Demonstrativní výpočet je proveden pro všechna okna orientovaná na jih v 6 podlažním objektu za měsíc leden.

dle (17)

$$A_{s,jih} = 6.7,2 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot (1 - 0,3) \cdot 0,9 \cdot 0,75 = \mathbf{18,73} \text{ [m}^2\text{]}$$

Výpočet solárních zisků:

dle (16)

$$Q_{s,jih} = I_{s,jih,leden} \cdot A_{s,jih} = 159,9 \cdot 18,73 = \mathbf{2\,937,5} \text{ [kWh]}$$

Orientace	Označení	Solární zisk za leden [kWh]
Sever	$Q_{s,sever}$	303,1
Jih	$Q_{s,jih}$	2 937,5
Východ	$Q_{s,východ}$	3 753,9
Západ	$Q_{s,západ}$	3 654,4
Celkem	Q_s	10 648,9

Tabulka 6 – Solární zisky leden

Výpočet tepelných zisků za leden:

dle (14)

$$Q_{G,leden} = Q_i + Q_s = 3\,615,8 + 10\,648,9 = \mathbf{14\,264,8} \text{ [kWh]}$$

Měsíc	Tepelný zisk [kWh]
Leden	14 264,8
Únor	14 038,6
Březen	19 650,2
Duben	19 815,0
Květen	21 770,8
Červen	-
Červenec	-
Srpen	-
Září	19 378,7
Říjen	18 022,7
Listopad	13 966,6
Prosinec	13 564,1
Celkem Q_G	154,5 [MWh]

Tabulka 7 – Tepelné zisky v otopném období

2.1.3. Potřeba tepla na vytápění (VYT)

2.1.3.1. Tepelná ztráta

$$Q_{L,m} = (H_{T,b} + H_{V,b}) \cdot (\theta_{int} - \theta_{e,m}) \cdot t \quad (18)$$

kde

$Q_{L,m}$	ztráta tepla v daném měsíci	[Wh]
$H_{T,b}$	měrný tepelný tok prostupem	[W/K]
$H_{V,b}$	měrný tepelný tok větráním	[W/K]
θ_{int}	vnitřní požadovaná teplota	[°C]
$\theta_{e,m}$	průměrná měsíční venkovní teplota	[°C]
t	délka časového úseku (měsíc)	[h]

dle (18)

$$Q_{L,leden} = (2\,316,0 + 585,4) \cdot (20 - (-1,7)) \cdot 24 \cdot 31 = 46\,843,2 \text{ [kWh]}$$

Měsíc	Ztráta tepla [kWh]
Leden	46 843,2
Únor	40 165,2
Březen	35 402,2
Duben	22 352,7
Květen	12 952,0
Červen	-
Červenec	-
Srpen	-
Září	6 684,9

Říjen	22 666,0
Listopad	34 469,1
Prosinec	44 684,5
Celkem Q_L	266,2 [MWh]

Tabulka 8 – Ztráta tepla za otopné období

2.1.3.2. Potřeba tepla na vytápění

Jelikož je použitý interval měsíční, lze použít zjednodušenou výpočtovou metodu výpočtu potřeb tepla na vytápění.

Roční potřeba energie na vytápění se pak vypočítá součtem všech potřeb na vytápění z jednotlivých měsíců otopného období.

$$Q_H = \sum_{m=1}^{12} Q_{H,m} \quad (19)$$

kde

Q_H	roční potřeba energie na vytápění	[W/h]
$Q_{H,m}$	potřeba energie na vytápění v daném měsíci	[W/h]

Potřeba energie na vytápění v daném měsíci

$$Q_{H,m} = Q_{L,m} - \eta \cdot Q_{G,m} \quad (20)$$

kde

$Q_{H,m}$	potřeba energie na vytápění v daném měsíci	[W/h]
$Q_{L,m}$	ztráta tepla v daném měsíci	[Wh]
$Q_{G,m}$	tepelný zisk v daném měsíci	[W/h]
η	Stupeň využití solárních zisků	[W]

Stupeň využití solárních zisků η (24) vypovídá o dynamickém chování budovy a vypočítá se na základě **časové konstanty τ** (22) a **poměru tepelných ztrát a zisků γ** (21)

$$\gamma_m = \frac{Q_{G,m}}{Q_{L,m}} = \frac{10\,648,9}{46\,843,2} = 0,305 \quad (21)$$

$$\tau = \frac{C}{H} \cdot \frac{1}{3600} = \frac{165\,000 \cdot A_t}{H \cdot 3600} = \frac{165\,000 \cdot 6 \cdot 348,6}{2\,901,4 \cdot 3600} = 33,04 \quad [h] \quad (22)$$

kde

C	vnitřní tepelná kapacita budovy (zvolil jsem středně těžkou)	[J/K]
H	celkový měrný tepelný tok budovou	[W/K]

A_t vnitřní podlahová plocha všech podlaží [m²]

$$a = a_0 + \frac{\tau}{\tau_0} = 1 + \frac{33,04}{16} = \mathbf{3,065} [-] \quad (23)$$

kde

a numerický parametr závislý na časové konstantě [-]

a_0 numerický parametr (pro měsíční interval =1) [-]

τ časová konstanta [h]

τ_0 referenční časová konstanta [h]

Stupeň využití solárních zisků pro $\gamma \neq 1$

$$\eta = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{a+1}} = \frac{1 - 0,305^{3,065}}{1 - 0,305^{3,065+1}} = \mathbf{0,982} [-] \quad (24)$$

Tepelný zisk v měsíci lednu se tedy započte z 98,2 % v potřebě tepla na vytápění.

Je-li průměrná venkovní teplota větší než vnitřní požadovaná, je ztráta tepla rovna 0 a stupeň využití solárních zisků rovněž 0. Toto nastane pouze v měsíci červenci a srpnu.

Výpočet potřeby tepla na vytápění (leden):

dle (20)

$$Q_{H,leden} = 46\,843,2 - 0,982 \cdot 14\,264,8 = \mathbf{32\,839,8} [kWh]$$

Tepelný zisk pokryje až 30 % ztráty tepla v měsíci lednu. Je tedy zřejmé, že tepelné zisky mají významný podíl při bilancování potřeb.

Měsíc	Potřeba tepla na vytápění [kWh]
Leden	32 839,8
Únor	26 496,0
Březen	17 335,6
Duben	6 552,4
Květen	1 215,2
Červen	-
Červenec	-
Srpen	-
Září	170,0
Říjen	7 660,1
Listopad	21 037,2
Prosinec	31 366,8
Celkem Q_H	144,7 [MWh]

Tabulka 9 – Potřeba tepla na vytápění za otopné období

2.1.4. Potřeba tepla na přípravu teplé vody (TV)

Výpočtový postup dle [3] ČSN EN 12831-3 pro potřebu energie pro přípravu teplé vody lze zjednodušeně určit na základě obsazenosti zóny. Měrná denní spotřeba teplé vody je závislá na typu daného provozu dle [4] TNI 73 0331, Tabulka A.51. Tedy pro bytové domy je hodnota 30–45 l/den. Požadovaná teplota dle je 60 [°C]

Potřeba na přípravu teplé vody je zajištěna lokálně elektrickými bojlerly v každé bytové jednotce.

Demonstrativní výpočet je veden pro 6 podlažní objekt v měsíci lednu.

Celková potřeba energie pro přípravu teplé vody je definována jako součet potřeby energie pro přípravu a energie ztracené samotným ohříváčem a délkou rozvodů.

$$Q_{w,m} = Q_{w,p,m} + Q_{w,z,m} \quad (25)$$

Potřeba energie pro přípravu teplé vody

$$Q_{w,d} = V_{w,d} \cdot \rho_w \cdot c_w \cdot (\theta_{w,p} - \theta_{w,c}) \cdot \frac{1}{3600} \quad (26)$$

kde

$Q_{w,d}$	denní potřeba energie pro přípravu teplé vody	[kWh]
$V_{w,d}$	objem teplé vody za den	[m ³ /d]
ρ_w	hustota vody	[kg/m ³]
c_w	měrná tepelná kapacita vody	[J/kg.K]
$\theta_{w,p}$	teplota odebírané vody	[°C]
$\theta_{w,c}$	teplota studené vody	[°C]

Objem teplé vody

$$V_{w,d} = V_{w,f,d} \cdot f = 40 \cdot 68 = 2\,720 \text{ [l/d]} = 2,72 \text{ [m}^3\text{/d]} \quad (27)$$

kde

$V_{w,d}$	objem teplé vody za den	[l/d]
$V_{w,f,d}$	objem teplé vody na osobu za den	[l/d]
f	počet osob	[ks]

dle (26)

$$Q_{w,p,d} = 2,72 \cdot 1000 \cdot 4,182 \cdot (60 - 10) \cdot \frac{1}{3600} = 157,98 \text{ [kWh]}$$

Měsíční potřeba je pak násobena počtem dní v měsíci

$$Q_{w,p,m} = Q_{w,p,d} \cdot d_m = 157,98 \cdot 31 = \mathbf{4\,897,6} \text{ [kWh]} \quad (28)$$

Typická denní ztráta přímo elektricky ohřivaného zásobníku teplé vody je dle [4] TNI 73 0331 rovna $Q_{w,gen,d} = 10$ [Wh/d] uvažovaného podle velikosti objemu 150 [l].

Měsíční ztráta všech zásobníků je potom dána vztahem:

$$Q_{w,z,m} = Q_{w,gen,d} \cdot d_m \cdot bj = 10 \cdot 31 \cdot 25 = \mathbf{7,75} \text{ [kWh]} \quad (29)$$

kde

d_m počet dní daného měsíce [d]

bj počet bytových jednotek [ks]

dle (25)

$$Q_{w,leden} = 4\,897,6 + 7,75 = \mathbf{4\,905,3} \text{ [kWh]}$$

Celková potřeba energie je pak definována součtem všech měsíčních potřeb:

$$Q_w = \sum Q_{w,m} \text{ [kWh]} \quad (30)$$

Měsíc	Potřeba tepla na přípravu TV [kWh]
Leden	4 905,3
Únor	4 430,6
Březen	4 807,4
Duben	4 557,5
Květen	4 611,5
Červen	4 367,9
Červenec	4 415,6
Srpen	4 513,5
Září	4 462,7
Říjen	4 709,4
Listopad	4 652,3
Prosinec	4 905,3
Celkem Q_w	55,3 [MWh]

Tabulka 10 – Potřeby tepla pro přípravu TV

2.1.5. Spotřeba elektrické energie (EE)

Celková roční spotřeba uživatelské elektrické energie pro domácnosti je dána vztahem (31). Kde údaj o roční spotřebě elektrické energie české domácnosti je ze statistiky projektu REMODENCE. [1] Fotovoltaika pro budovy, Tabulka 4.18.

Činitel spotřeby elektrické energie je převzat z [4] TNI 73 0331, Tabulka A.74

$$E_u = \sum E_{aux,m} + \sum E_{app,m} \quad (31)$$

kde

E_u	roční spotřeba EE domácnosti	[kWh]
$E_{aux,m}$	měsíční spotřeba pomocné EE	[kWh]
$E_{app,m}$	měsíční statistická průměrná spotřeba EE domácnosti	[kWh]

Měsíční spotřeba EE

$$E_{app,m} = \frac{E_{app}}{12} \cdot f_m \cdot b_j \quad (32)$$

kde

E_{app}	roční spotřeba EE domácnosti	[kWh]
$E_{app,m}$	měsíční statistická průměrná spotřeba EE domácnosti	[kWh]
f	činitel podílu spotřeby EE v daném měsíci	[-]
b_j	počet bytových jednotek v objektu	[ks]

dle (32)

$$E_{app,leden} = \frac{2\,124}{12} \cdot 1,52 \cdot 25 = \mathbf{6\,726,0} \text{ [kWh]}$$

Pomocnou elektrickou energii se rozumí elektrická energie vynaložená na provoz domovních technologií jako jsou čerpadla, ventilátory a regulační prvky potřebné pro vytápění, chlazení a ohřev TV. Hodnota E_b je údaj pro bytové domy dle [4] TNI 73 0330.

$$E_{aux} = \sum E_b + 0,1 \cdot (V - 400) \cdot \frac{\sum E_b}{100} \quad (33)$$

kde

$\sum E_b$	součet základních hodnot spotřeby jednotlivých technologií	[kWh/rok]
V_e	vnější objem budovy	[m ³]

dle (33)

$$E_{aux} = 50 + 0,1 \cdot (6\,832,6 - 400) \cdot \frac{50}{100} = \mathbf{371,6} \text{ [kWh/rok]}$$

Měsíční díl pomocné EE je dále připočten k měsíční spotřebě EE.

Měsíc	Spotřeba EE [kWh]
Leden	6 757,0
Únor	5 562,2
Březen	4 633,0
Duben	3 792,2
Květen	3 128,5
Červen	2 907,2
Červenec	2 907,2
Srpen	3 128,5
Září	3 880,7
Říjen	4 588,7
Listopad	5 518,0
Prosinec	6 668,5
Celkem E_u	53,5 [MWh]

Tabulka 11 – Spotřeby EE

2.1.6. CZT – Tepelné ztráty distribucí

Na základě vypočtených návrhových tepelných výkonů jednotlivých objektů ve stávajícím stavu je nyní možné navrhnout dimenzi potrubní sítě a jejich tepelných ztrát do okolí. Ze součtu tepelných ztrát distribucí a všech objektů lze následovně navrhnout kotle pro výtopnu.

Pro následné finanční porovnání vzdáleného vytápění souboru budov sídliště Barrandov bylo nutné vypočítat návrhové tepelné výkony stávajících stavů jednotlivých objektů, navrhnout příslušné průměry rozvodného potrubí a tepelných ztrát přívodního a zpětného potrubí. Při návrhu rozvodné potrubní sítě bylo vycházeno z projekčních a produktových podkladů firmy FINTHERM [Příloha 2].

Na základě projektové dokumentace 6 podlažního objektu č. 2 byl zjištěn původní požadovaný teplotní spád **92,5/67,5 [°C]** na přívodním a vratném potrubí v patě objektu. Předpokladem je že se jedná o blokovou plynovou výtopnu, rozvodná síť dvoutrubková s nuceným oběhem, teplotnosnou látkou je voda. Výpočet distribuční sítě je pouze orientační, není zahrnut výpočet hydraulických ztrát.

2.1.6.1. Návrh vodní distribuční sítě

Na základě návrhových tepelných výkonů v patách jednotlivých objektů a požadovaného teplotního spádu je vypočten návrhový hmotnostní průtok.

Demonstrativní výpočet je proveden pro připojovací potrubí k 8 podlažnímu objektu.

$$M_W = \frac{k_z \cdot Q_P}{c \cdot (t_{w1} - t_{w2})} \quad (34)$$

kde

M_W	návrhový hmotnostní průtok	[kg/s]
k_z	součinitel ztrát v síti (1,02)	[-]
Q_p	přípojný výkon	[Wh]
c	měrná tepelná kapacita vody	[J/kg.K]
t_{w1}	teplota vody na vstupu	[°C]
t_{w2}	teplota vody na vratném potrubí	[°C]

dle (34)

$$M_{W,8p} = \frac{1,02 \cdot 119\,593}{4 \cdot 187 \cdot (92,5 - 67,5)} = \mathbf{1,17} \text{ [kg/s]}$$

Zjednodušený návrh vychází z rovnice kontinuity, kde je volena ekonomická rychlost proudění.

Minimální vnitřní průměr potrubí

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot M_W}{\pi \cdot w \cdot \rho}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,17}{\pi \cdot 1,0 \cdot 965,3}} = \mathbf{39,216} \text{ [mm]} \quad (35)$$

kde

d	průměr potrubí	[m]
M_W	návrhový hmotnostní průtok	[kg/s]
w	ekonomická rychlost vody je 0,5 až 2,0	[m/s]
ρ	hustota vody při dané teplotě	[kg/m ³]

V produktovém katalogu firmy FINTHERM [Příloha 2] jsem vybral trubku s kontaktní tloušťkou izolace Fintherm Standard DN40 (Izolační třída 2). Potrubí jsou ocelové bezešvé trubky izolované PUR pěnou se součinitelem tepelné vodivosti $\lambda_{PUR} = 0,026$ [W/m.K]

2.1.6.2. Tepelná ztráta distribuční sítě

Postup a značení koresponduje s projektantským manuálem firmy. Ztráta se určuje pro přívodní i vratné potrubí současně.

$$\Delta P = G \cdot (t_p + t_v - 2t_z) \quad (36)$$

kde

ΔP	tepelná ztráta přívodního a vratného potrubí	[W/m]
G	tepelná vodivost potrubí v zemině	[W/m.K]
t_p	teplota přívodního potrubí	[°C]
t_v	teplota vratného potrubí	[°C]

t_z průměrná teplota zeminy [°C]

Tepelná vodivost potrubí v zemině

$$G = \frac{1}{R_p + R_z + R_t} \quad (37)$$

kde

G tepelná vodivost potrubí v zemině [W/m.K]
 R_p tepelný odpor izolovaného potrubí [m.K/W]
 R_z tepelný odpor zeminy [m.K/W]
 R_t odpor teplotní výměny mezi přívodním a vratným potrubím [m.K/W]

Tepelné odpory

Tepelný odpor R_p je již vypočten katalogu výrobce pro jednotlivé průměry trubek.

$$R_z = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_z} \cdot \ln \frac{4(H + 0,0685 \cdot \lambda_z)}{D} = \mathbf{0,299} \text{ [m.K/W]} \quad (38)$$

$$R_t = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \lambda_z} \cdot \ln \left[1 + \left(\frac{2(H + 0,0685 \cdot \lambda_z)}{A} \right)^2 \right] = \mathbf{0,000995833} \text{ [m.K/W]} \quad (39)$$

kde

λ_z součinitel tepelné vodivosti zeminy [W/m.K]
H hloubka uložení k horní hraně potrubí [m]
A osová vzdálenost přívodního a vratného potrubí [m]
0,0685 Konstanta zohledňující přechodový odpor zemského povrchu [m².K/W]

Výpočet tepelné ztráty potrubí

dle (37)

$$G = \frac{1}{5,538 + 0,299 + 0,000995833} = \mathbf{0,1713} \text{ [W/m.K]}$$

dle (36)

$$\Delta P = 0,1713 \cdot (92,5 + 67,5 - 2 \cdot 1,0) = \mathbf{27,064} \text{ [W/m]}$$

Délka větve od objektu č.6 k uzlu č.5 je $L = 46$ m

$$P = \Delta P \cdot L = 27,064 \cdot 46 = \mathbf{1\,244,9} \text{ [W]} \quad (40)$$

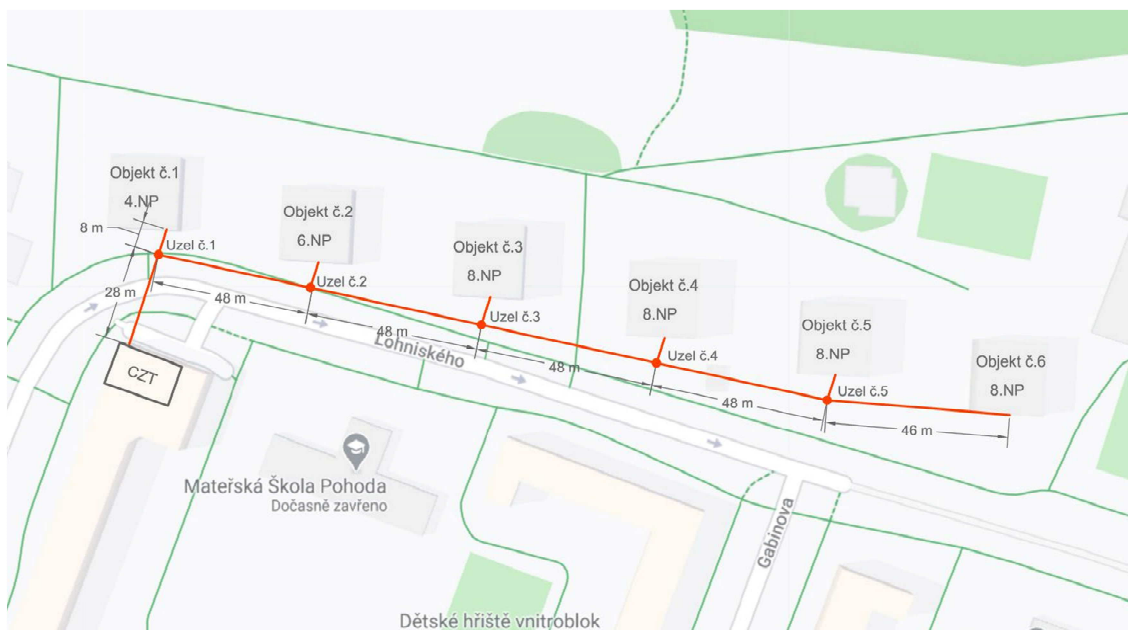
kde

P tepelná ztráta větve [W]

Označení	DN	L [m]	P [W]
Objekt 6 - Uzel 5	40	46	1 244,9
Objekt 5 - Uzel 5	40	8	216,5
Uzel 4 - Uzel 5	65	48	1 645,3
Objekt 4 - Uzel 4	40	8	216,5
Uzel 3 - Uzel 4	65	48	1 645,3
Objekt 3 - Uzel 3	40	8	216,5
Uzel 2 - Uzel 3	80	48	1 725,6
Objekt 2 (6.p) - Uzel 2	32	8	190,5
Uzel 1 - Uzel 2	80	48	1 725,6
Objekt 1 (4.p) - Uzel 1	32	8	190,5
CZT - Uzel 1	80	28	1 006,6
Celková ztráta tepla distribucí			10,024 [kW]

Tabulka 12 – Tepelná ztráta distribuční sítě

Navržená distribuční síť odpovídá běžným požadavkům teplovodních sítí. Celková délka rozvodů je 306 m.



Obrázek 3 – Distribuční síť CZT

Návrhový výkon výtopny je pak součtem ztráty distribucí a návrhových tepelných výkonů všech objektů.

$$\phi_{CZT} = \phi_{HL,CELK} + P_{CELK} = 637,3 + 10,024 = \mathbf{647,3 [kW]} \quad (41)$$

Ztráty distribuční sítě tvoří 2 % z celkového návrhového výkonu.

2.1.6.3. Cena tepla z CZT

Přímo citovaný text Energetického regulačního úřadu:

Dodavatel tepelné energie kalkuluje cenu tepelné energie v souladu s platnými cenovými předpisy, tj. v souladu se zákonem č. 526/1990 Sb., o cenách, ve znění pozdějších předpisů a s cenovým rozhodnutím Energetického regulačního úřadu k cenám tepelné energie pro příslušný kalendářní rok.

Cena tepelné energie v průběhu daného kalendářního roku je kalkulována jako předběžná a po jeho ukončení jako výsledná. Předběžná cena vychází z předběžné kalkulace, ve které lze uplatnit pouze předpokládané ekonomicky oprávněné náklady, přiměřený zisk a předpokládané množství tepelné energie v kalendářním roce. Výsledná cena vychází z výsledné kalkulace, která obsahuje skutečně uplatněné ekonomicky oprávněné náklady a odpovídá výnosům za tepelnou energii a skutečnému množství tepelné energie za ukončený kalendářní rok.

Dodavatel tepelné energie si pro jím provozovaná tepelná zařízení určuje cenové lokality, v rámci kterých samostatně kalkuluje cenu tepelné energie v souladu s cenovými předpisy.

Za ekonomicky oprávněné náklady v ceně tepelné energie se považují ekonomicky oprávněné náklady dle ustanovení § 2 odst. 7 písm. a) zákona č. 526/1990 Sb., o cenách, ve znění pozdějších předpisů, které nezbytně souvisejí s výrobou nebo rozvodem tepelné energie v kalendářním roce. Tyto ekonomicky oprávněné náklady kalkulované do ceny tepelné energie vycházejí z údajů v účetnictví dodavatele tvořeného v souladu s Českými účetními standardy dle zákona č. 563/1991 Sb., o účetnictví, ve znění pozdějších předpisů.

Tyto ekonomicky oprávněné náklady lze rozdělit na dvě základní skupiny:

- proměnné ekonomicky oprávněné náklady - tvořené převážně náklady na paliva; dále sem patří i nakoupená tepelná energie pro další rozvod, elektřina při výrobě nebo rozvodu tepelné energie, technologická voda a ostatní proměnné ekonomicky oprávněné náklady (např. poplatky za znečištění ovzduší či potřebný nákup emisních povolenek). Jejich výše v ceně tepelné energie je přímo závislá na množství tepelné energie.

- stálé ekonomicky oprávněné náklady - zahrnující u provozovaného majetku pro výrobu nebo rozvod tepelné energie zejména náklady na opravy, odpisy, nájemné, režijní náklady, mzdy a zákonné pojištění. Jejich výše v ceně tepelné energie není přímo závislá na množství tepelné energie.

Bližší vymezení některých ekonomicky oprávněných nákladů ve věcně usměrňované ceně tepelné energie včetně stanovení podmínek pro určení jejich výše lze nalézt v příloze č. 1 účinného cenového rozhodnutí k cenám tepelné energie.

Veškeré dodavatelem uplatňované ekonomicky oprávněné náklady související s výrobou nebo rozvodem tepelné energie musí být zahrnuty do ceny tepelné

energie. V rozporu s cenovými předpisy je postup dodavatele, při kterém některé náklady související s výrobou nebo rozvodem tepelné energie (např. opravy, elektrická energie a obsluha domovní předávací stanice) jsou odběratelům fakturovány samostatně.

Závazné podmínky pro kalkulaci a sjednání cen tepelné energie jsou uvedeny v cenovém rozhodnutí k cenám tepelné energie a vztahují se na všechny dodavatele tepelné energie, kterými jsou výrobce nebo distributor tepelné energie, který dodává tepelnou energii jiné osobě. ERÚ neschvaluje jednotlivým dodavatelům cenu tepelné energie, ale stanovuje obecně závazné podmínky pro její kalkulaci a sjednání.

Ve smlouvě o dodávce tepelné energie, resp. v cenovém ujednání, sjednává dodavatel tepelné energie s odběrateli výši ceny tepelné energie stanovenou v místě měření, termíny a způsob platby za odebranou tepelnou energii včetně záloh. V případě uplatňování dvousložkové ceny, sjednává jednotlivé složky ceny tepelné energie.

Cena tepelné energie může být sjednána jako:

- jednosložková cena, která je vztažena na jednotkové množství tepelné energie (Kč/GJ, Kč/kWh) nebo*
- dvousložková cena, která je tvořena proměnnou složkou ceny vztaženou na jednotkové množství tepelné energie (Kč/GJ, Kč/kWh) a stálou složkou ceny vztaženou na jednotkové množství tepelné energie (Kč/GJ, Kč/kWh) nebo na jednotku tepelného výkonu (Kč/kW), které odpovídají příslušnému rozvodnému nebo odběrnému tepelnému zařízení.*

V případě, že odběratel prokáže jinou trvalou potřebu množství tepelné energie nebo tepelného výkonu (např. zateplení objektu odběratele), kterou dodavateli doloží do 30. září kalendářního roku, není-li dohodnuto datum pozdější, je dodavatel povinen tyto změny zohlednit při stanovení stálé složky dvousložkové ceny tepelné energie odběratelům nejpozději od 1. ledna následujícího kalendářního roku.

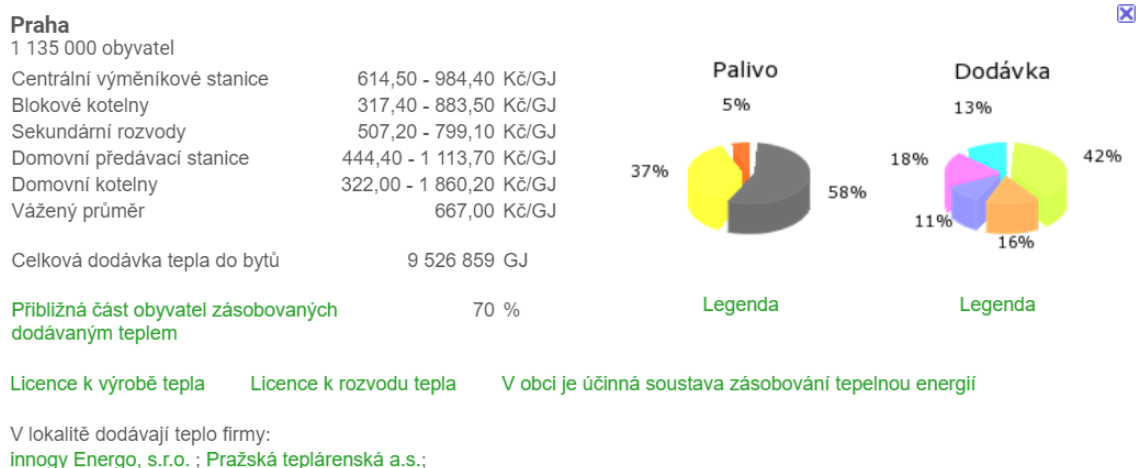
V rámci jedné cenové lokality jsou ceny tepelné energie nebo jejich složky tvořeny, sjednány a uplatňovány stejným způsobem pro všechna odběrná místa společně kalkulovaná na stejné úrovni předání.

Ve smlouvě o dodávce tepelné energie může být sjednána výše ceny tepelné energie, která se podle daných platebních podmínek při vyúčtování nemění, nebo předběžná výše ceny tepelné energie, jejíž výsledná výše se po ukončení kalendářního roku v souladu s jednoznačně definovanou cenovou doložkou či jiným obdobným ujednáním může při vyúčtování změnit.

ERÚ stanovuje v cenových rozhodnutích obecně závazná pravidla pro kalkulaci a sjednání ceny tepelné energie za účelem poskytnutí jisté ochrany konečnému spotřebiteli a zajištění spolehlivých a bezpečných dodávek tepelné energie za přijatelné ceny obsahující pouze nezbytné náklady při výrobě a rozvodu tepelné energie. Dodavatel dle cenového rozhodnutí ERÚ má povinnost zahrnovat

veškeré uplatňované náklady související s výrobou nebo rozvodem tepelné energie do kalkulace ceny tepelné energie.

Uplatňováním některých nákladů souvisejících s výrobou nebo rozvodem tepelné energie samostatně (např. elektrickou energii, opravy) vedle vyúčtování ceny tepelné energie (a to i v případě dohody dodavatele s odběrateli) se dodavatel tepelné energie dopustí porušení cenového rozhodnutí. Důvodem může být snaha o snížení ceny tepelné energie, které je však jen zdánlivé a projeví se nárůstem jiných nákladů mimo vyúčtování ceny tepelné energie.



Obrázek 4 – Sazebník cen pro Prahu (ZDROJ: naseteplo.cz)

2.2. Navrhované stavy

Míru zateplení obálek budov jsem volil dle požadavku na součinitele prostupu tepla podle ČSN 73 0540-2. Varianty míry zateplení jsou na hodnotách součinitelů prostupem požadovaných hodnot $U_{N,20}$, doporučených hodnot $U_{rec,20}$ a doporučených hodnotách pro pasivní standard $U_{pas,20}$.

Neposuzuji, zda objekt splní daný standard, pouze zohledňuji míru zateplení a ekonomiku.

Jelikož centrální zdroj tepla kryl pouze potřebu tepla na vytápění a potřeba tepla na přípravu teplé vody byla zajišťována samostatně elektrickými bojlerly. Jsou všechny nové stavy vyhodnoceny s domovním zdrojem zajišťující jak přípravu teplé vody, tak přípravu vody otopné.

Realizovat zateplení obálky budovy s využitím nízko potencionálního zdroje vytápění a přípravu teplé vody zajišťovat elektrickými bojlerly by nebylo příliš smysluplné.

Výpočty měrných tepelných toků, návrhových výkonů, tepelných zisků a potřeb respektují stejný postup a vzorce jako při posouzení stávajícího stavu. V hodnocení jednotlivých variant již podrobně nepopisují výpočetní postup, ale odkazují na použité vzorce a komentují rozdílné vstupy.

2.2.1. Varianta $U_{N,20}$ - Požadované hodnoty

V této variantě byly součinitele prostupu tepla nahrazeny požadovanými hodnotami $U_{N,20}$. Ty odpovídají tloušťkám tepelné izolace v tabulce (Tabulka 13).

Popis konstrukce	Hodnoty součinitelů prostupu tepla $U_{N,20,R}$ [W/m ² .K]	Hodnoty součinitele tepelné vodivosti λ_D [W/m.K]	Tloušťka izolantu [mm]
Střešní konstrukce	$U_{N,20,R} = 0,24$	0,037	40
Stěna vnější	$U_{N,20,W} = 0,3$	0,035	60
Strop nad suterénem	$U_{N,20,S} = 0,6$	-	-
Okna a dveře	$U_{N,20,O} = 1,5$	0,038	20

Tabulka 13 – Hodnoty součinitelů prostupu tepla $U_{N,20}$

Při výpočtu měrných tepelných toků prostupem již byla volena hodnota přírážky na vliv tepelných vazeb podle ČSN EN 12831-1, Příloha B, Tabulka B.1 jako pro budovy s optimalizovanými tepelnými mosty $\Delta U_{TB} = 0,05$ [W/m².K].

Jelikož se zateplením objektu utěsnila obálka budovy, změnila se také intenzita výměny vzduchu $n_{50} = 1,5$ (rekonstruované budovy). Z tohoto důvodu již infiltrace nepokrývá veškerou potřebu čerstvého vzduchu.

Větrání na požadovaný průtok čerstvého vzduchu je realizován přirozeným větráním okny.

Nové prosklené části výplní otvorů v této navrhované variantě mají stejnou hodnotu celkové propustnosti slunečního záření $g = 0,75$ [kWh/m²].

Potřeba tepla na přípravu teplé vody zůstává nezměněna. Příprava teplé vody se ovšem nyní odehrává centrálně v domovní kotelně nově navrženým zdrojem tepla.

Ve spotřebě elektrické energie se pozitivně projeví náhrada nově navrženým zdrojem pro přípravu teplé vody.

2.2.2. Varianta $U_{rec,20}$ - Doporučené hodnoty

V této variantě byly součinitele prostupu tepla nahrazeny požadovanými hodnotami $U_{rec,20}$. Ty odpovídají tloušťkám tepelné izolace uvedené v tabulce (Tabulka 14).

Popis konstrukce	Hodnoty součinitelů prostupu tepla $U_{rec,20,R}$ [W/m ² .K]	Hodnoty součinitele tepelné vodivosti λ_D [W/m.K]	Tloušťka izolantu [mm]
Střešní konstrukce	$U_{rec,20,R} = 0,16$	0,037	120
Stěna vnější	$U_{rec,20,W} = 0,25$	0,035	80
Strop nad suterénem	$U_{rec,20,S} = 0,4$	-	-
Okna a dveře	$U_{rec,20,O} = 1,2$	0,038	50

Tabulka 14 – Hodnoty součinitelů prostupu tepla $U_{rec,20}$

Při výpočtu měrných tepelných toků prostupem již byla volena hodnota přírážky na vliv tepelných vazeb podle ČSN EN 12831-1 – Příloha B; Tabulka B.1 jako pro budovy s optimalizovanými tepelnými mosty $\Delta U_{TB} = 0,05$ [W/m².K]

Také při zateplením na doporučené hodnoty se změní intenzita výměny vzduchu $n_{50} = 1,5$ (rekonstruované budovy). Z tohoto důvodu již infiltrace nepokrývá veškerou potřebu čerstvého vzduchu.

Větrání na požadovaný průtok čerstvého vzduchu je realizován přirozeným větráním okny.

Nové prosklené části výplní otvorů v této navrhované variantě mají hodnotu celkové propustnosti slunečního záření odpovídající dvojsklu se selektivním nízkoemisivním povrchem $g = 0,67$ [kWh/m²].

Potřeba tepla na přípravu teplé vody zůstává nezměněna, jelikož se nemění počet osob. Příprava teplé vody se ovšem nyní odehrává centrálně v domovní kotelně nově navrženým zdrojem tepla.

Ve spotřebě elektrické energie se pozitivně projeví náhrada nově navrženým zdrojem pro přípravu teplé vody.

2.2.2.1. Návrh tepelného čerpadla

Pro variantu doporučených hodnot ve čtyřpodlažním objektu je demonstrativně navrženo tepelné čerpadlo vzduch-voda. Toto TČ bude zajišťovat přednostní přípravu teplé vody a vytápění v průběhu otopného období.

Princip výpočtu TČ vychází z [5] TNI 73 0351. Norma přejímá takzvanou intervalovou metodu výpočtu z ČSN EN 15316-4-2. V této metodě bilancují vliv venkovních teplotních interval v dané lokalitě a hustotu jejich výskytu v daném období. Intervalem je 1K. Není vhodné používat metodu založenou na průměrné měsíční teplotě, jelikož průměrná měsíční teplota klesne pod nulu pouze v lednu a prosinci.

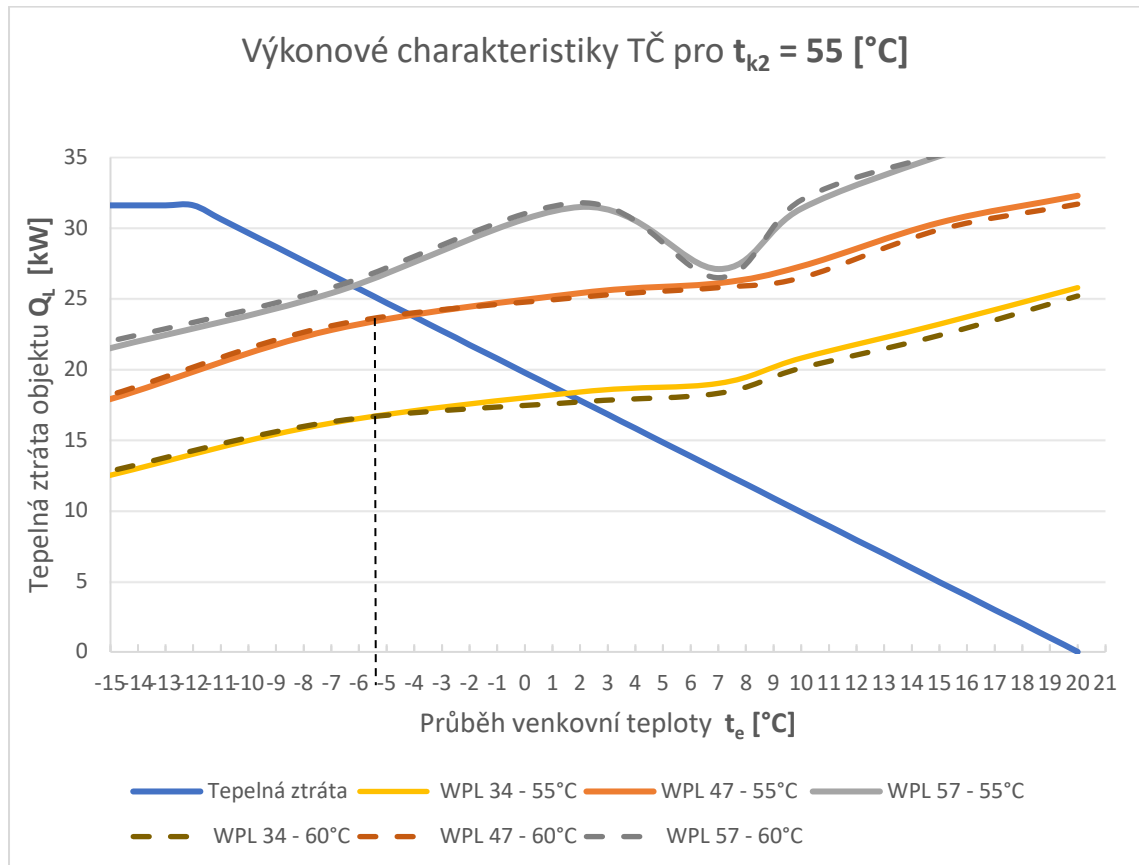
Vstupními údaji jsou klimatické podmínky, kde je uvedena měsíční četnost teplot venkovního vzduchu a počet hodin trvání v teploty jednotlivých intervalech. Potřeba tepla, kterou bude TČ pokrývat a návrhové charakteristiky čerpadel. Návrhové charakteristiky jsem čerpal z podkladů výrobce STIEBEL ELTRON.

Koncepce

Zůstanou zachována stávající otopná tělesa a na stávající otopnou soustavu bude připojeno TČ s doplňkovým elektrokotlem. Tento provoz se nazývá paralelně bivalentní. Jelikož jsou oba zdroje poháněny stejnou energií (elektrika) nazývá se tento provoz monoenergetický. Bivalentní řešení jsem navrhl z důvodu zlepšení úspor energií. Příliš výkonné čerpadlo, které by pokrývalo celou potřebu tepla v zimě, by v létě nebylo ekonomické a dostupný výkon by nebyl využit.

Postup návrhu TČ

Návrh TČ pro obytné budovy se provádí na základě potřeby tepla na vytápění. Pro správný návrh TČ je nutné určit bivalentní bod. Sestrojím graf se závislostí tepelné ztráty objektu na venkovní teplotě. Z produktů výrobce vyberu TČ, které svým výkonem pokryje cca 60 % tepelné ztráty objektu což by mělo odpovídat 85 % pokrytí potřeb. Do grafu vložím výkonové charakteristiky tepelných čerpadel a hledám bod bivalence (bod kde se křivky protínají). Ten by se měl pohybovat mezi -3 až -7 [°C].



Obrázek 5 – Výkonové charakteristiky TČ

Bod bivalence je -5,5 [°C]. Volím tedy TČ WPL 47 s teplotním spádem 55/45 [°C].

Výpočtový postup

Užitím následujících vzorců jsem rozdělil měsíční potřeby tepla pro vytápění a přípravu TV na podíly dle výpočtových intervalů.

$$Q_{p,TV,j} = Q_{p,TV} \cdot f_{TV,j} \quad (42)$$

$$Q_{p,VYT,j} = Q_{p,VYT,m} \cdot f_{VYT,j} \quad (43)$$

kde

$Q_{p,VYT,m}$ celková j-(měsíční) potřeba tepla na vytápění [kWh]

$Q_{p,TV,m}$ celková j-(měsíční) potřeba tepla na přípravu teplé vody [kWh]

$Q_{p,VYT,j}$	podíl potřeby na vytápění v intervalu	[kWh]
$Q_{p,TV,j}$	podíl potřeby na přípravu TV v intervalu	[kWh]
$f_{VYT,j}$	měsíční podíl potřeby tepla na vytápění	[-]
$f_{TV,j}$	měsíční podíl potřeby tepla na přípravu teplé vody	[-]

Teplotu připravované vody uvažují $t_{TV} = 55 \text{ °C}$. Navíc je nutné přičíst zvýšení 5 °C což zohledňuje teplotu přírodní vody v cirkulaci.

$$t_{k2} = t_{TV} + \Delta t_{TV} = 55 + 5 = \mathbf{60 \text{ [°C]}} \quad (44)$$

kde

t_{k2}	teplota na výstupu z kondenzátoru	[°C]
t_{TV}	teplota na výstupu z kondenzátoru	[°C]
$t_{\Delta TV}$	teplota na výstupu z kondenzátoru	[°C]

Pro každý teplotní interval je nutné vypočítat tepelný výkon $\phi_{k,TV,j}$ čerpadla a topný faktor $COP_{TV,j}$. Toto se provede na základě charakteristik tepelného čerpadla užitím kubické interpolace. Demonstrativní výpočet je proveden pro venkovní teplotu -7 [°C] v měsíci lednu.

Teplo dostupné pro přípravu TV se vypočte:

$$Q_{k,TV,j} = \phi_{k,TV,j} \cdot \tau_i = 32,6 \cdot 25 = \mathbf{815 \text{ [kWh]}} \quad (45)$$

kde

$\phi_{k,TV,j}$	výkon tepelného čerpadla v daném intervalu	[kW]
τ_i	délka intervalu, ve kterém trvá daná průměrná teplota	[h]

Následujícím vzorcem zjistím, jak velkou část tepla uhradí TČ.

$$Q_{TC,TV,j} = \min(Q_{k,TV,j}; Q_{p,TV,j}) = \min(166,5; 815) \\ = \mathbf{166,5 \text{ [kWh]}} \quad (46)$$

V tomto případě je pokryta celá potřeba v daném teplotním intervalu.

Doba chodu tepelného čerpadla v daném teplotním intervalu se vypočte

$$\tau_{TC,TV,i} = \frac{Q_{TC,TV,j}}{\phi_{k,TV,j}} = \frac{166,5}{32,6} = \mathbf{5,11 \text{ [h]}} \quad (47)$$

kde

$Q_{TC,TV,j}$	teplo dostupné z TČ pro přípravu TV	[kWh]
$\phi_{k,TV,j}$	výkon tepelného čerpadla v daném intervalu	[kW]

Potřebu elektrické energie pro provoz čerpadla v daném teplotním intervalu a příslušné době trvání pak jednoduše vypočtu:

$$E_{TC,TV,i} = \frac{Q_{TC,TV,j}}{COP_{TV,j}} = \frac{166,5}{1,9} = \mathbf{87,64} [kWh] \quad (48)$$

kde

$Q_{TC,TV,j}$ teplo dostupné z TČ pro přípravu TV [kWh]

$COP_{TV,j}$ topný faktor TČ v daném intervalu [-]

V topném faktoru je již uvažováno s pomocnými energiemi pro provoz TČ. Je ovšem uvažovat také další pomocné energie například pro oběhová čerpadla pro přednostní nabíjení zásobníku TV nebo cirkulaci. Pomocná energie lze vypočítat dle TNI 73 0331; Kapitola A.1.5.1.1.

Pomocnou energii je pak nutno vynásobit délkou provozu TČ v teplotním intervalu pro přípravu TV.

$$E_{pom,TV,j} = E_{pom,TV} \cdot \tau_{TC,TV,j} \quad (49)$$

Výpočet režimu vytápění se provede obdobným způsobem a je závislý zbylém dostupném teple v daném teplotním intervalu.

Toto lze jednoduše vypočíst rozdílem využitého času a času zbývajících.

$$\tau_{k,VYT,j} = \tau_j - \tau_{TC,TV,j} = 25 - 5,11 = \mathbf{19,89} [h] \quad (50)$$

Dostupné teplo z TČ pro vytápění v daném intervalu opět vypočtu:

$$Q_{k,VYT,j} = \phi_{k,VYT,j} \cdot \tau_{k,VYT,j} = 34 \cdot 19,89 = \mathbf{644,5} [kWh] \quad (60)$$

Teplo dodané pro krytí potřeby tepla na vytápění:

$$Q_{TC,VYT,j} = \min(Q_{k,VYT,j}; Q_{p,VYT,j}) = \min(644,5; 357,3) = \mathbf{357,3} [kWh] \quad (61)$$

Je vidět, že TČ kryje veškerou potřebu tepla na vytápění i přípravu teplé vody v daném teplotním intervalu. V případě, kdy by TČ celou potřebu nepokrylo, přebírá zbytek potřeby bivalentní zdroj. V našem případě elektrokotel.

Potřeba elektrické energie se pak vypočte dle vzorce:

$$E_{TC,TV,i} = \frac{Q_{TC,VYT,j}}{COP_{VYT,j}} = \frac{357,3}{2,1} = \mathbf{170,2} [kWh] \quad (62)$$

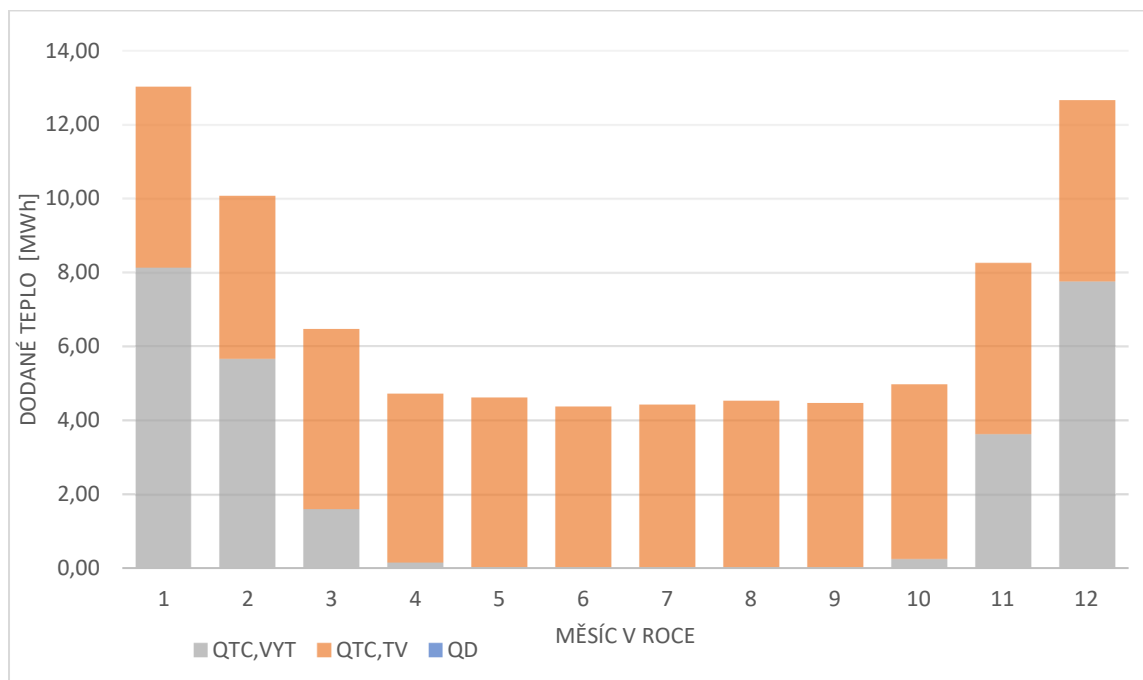
Délka provozu TČ v daném teplotním intervalu pro vytápění:

$$\tau_{TC,VYT,i} = \frac{Q_{TC,VYT,j}}{\phi_{k,VYT,j}} = \frac{357,3}{32,4} = \mathbf{11,03 [h]} \quad (63)$$

Součty vypočtených hodnot jsou uvedeny v tabulce (Tabulka 15) pro jednotlivé měsíce a názorně zobrazeny v grafu (Graf 1).

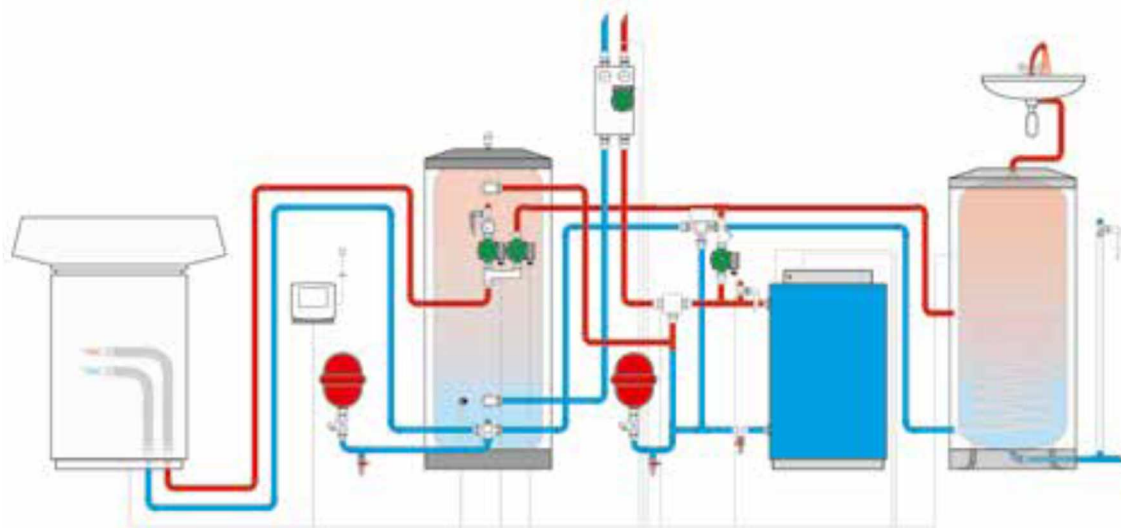
Měsíc		Teplo dodané TČ na VYT a TV	Teplo dodané TČ na přípravu TV	Teplo dodané TČ na VYT	Teplo dodané doplňkovým zdrojem
		Q_{TC}	$Q_{TC,TV}$	$Q_{TC,VYT}$	Q_D
		[MWh]	[MWh]	[MWh]	[MWh]
Leden	I.	13,02	4,89	8,13	0,0
Únor	II.	10,07	4,42	5,65	0,0
Březen	III.	6,45	4,85	1,60	0,0
Duben	IV.	4,71	4,55	0,16	0,0
Květen	V.	4,61	4,60	0,00	0,0
Červen	VI.	4,36	4,36	0,00	0,0
Červenec	VII.	4,42	4,42	0,00	0,0
Srpen	VIII.	4,52	4,52	0,00	0,0
Září	IX.	4,46	4,46	0,00	0,0
Říjen	X.	4,96	4,70	0,26	0,0
Listopad	XI.	8,26	4,64	3,62	0,0
Prosinec	XII.	12,65	4,90	7,76	0,0
		82,491	55,309	27,182	0,0

Tabulka 15 – Využití TČ pro pokrytí potřeb vytápění a přípravu TV



Graf 1 – Využití TČ pro pokrytí potřeb Vytápění a přípravu TV

Z vypočtených hodnot je názorné že při návrhu takového tepelného čerpadla není nutný doplňující zdroj. Veškerou potřebu tepla pokryje TČ. Se zvyšující se mírou zateplení se mění poměr potřeby na přípravu TV a potřeby na vytápění. Na 6 patrovém objektu při zateplení na doporučené hodnoty tvoří potřeba na vytápění 62 %. Bilance energií je vyhodnocena v analytické části.



Obrázek 6 – Ukázka zapojení tepelného čerpadla s bivalentním zdrojem (Zdroj: Projekční podklady firmy SIEBEL ELTRON)

2.2.3. Varianta $U_{pas,20}$ - Pasivní hodnoty

V této variantě byly součinitele prostupu tepla nahrazeny požadovanými hodnotami $U_{pas,20}$. Ty odpovídají tloušťkám tepelné izolace v uvedené tabulce (Tabulka 16).

Popis konstrukce	Hodnoty součinitelů prostupu tepla $U_{pas,20,R}$ [W/m ² .K]	Hodnoty součinitelů tepelné vodivosti λ_D [W/m.K]	Tloušťka izolantu [mm]
Střešní konstrukce	$U_{pas,20,R} = 0,12$	0,037	200
Stěna vnější	$U_{pas,20,W} = 0,16$	0,035	160
Strop nad suterénem	$U_{pas,20,S} = 0,4$	-	-
Okna a dveře	$U_{pas,20,O} = 0,8$	0,028	90

Tabulka 16 – Hodnoty součinitelů prostupu tepla $U_{pas,20}$

Při výpočtu měrných tepelných toků prostupem již byla volena hodnota přírážky na vliv tepelných vazeb podle ČSN EN 12831-1 – Příloha B; Tabulka B.1 jako pro budovy téměř bez tepelných mostů $\Delta U_{TB} = 0,02$ [W/m².K]

Také při zateplení na doporučené pasivní hodnoty se výrazně utěsní obálka budovy. Intenzita výměny vzduchu $n_{50} = 0,6$ (nové a rekonstruované budovy). Z tohoto důvodu již infiltrace je velmi malá.

Větrání na požadovaný průtok čerstvého vzduchu je realizován přirozeným větráním okny a větracími otvory.

Nové prosklené části výplní otvorů v této navrhované variantě mají hodnotu celkové propustnosti slunečního záření odpovídající strojsklu se selektivním nízkoemisivním povrchem $g = 0,5$ [kWh/m²].

Potřeba tepla na přípravu teplé vody zůstává nezměněna, jelikož se nemění počet osob. Příprava teplé vody se ovšem nyní odehrává centrálně v domovní kotelně nově navrženým zdrojem tepla.

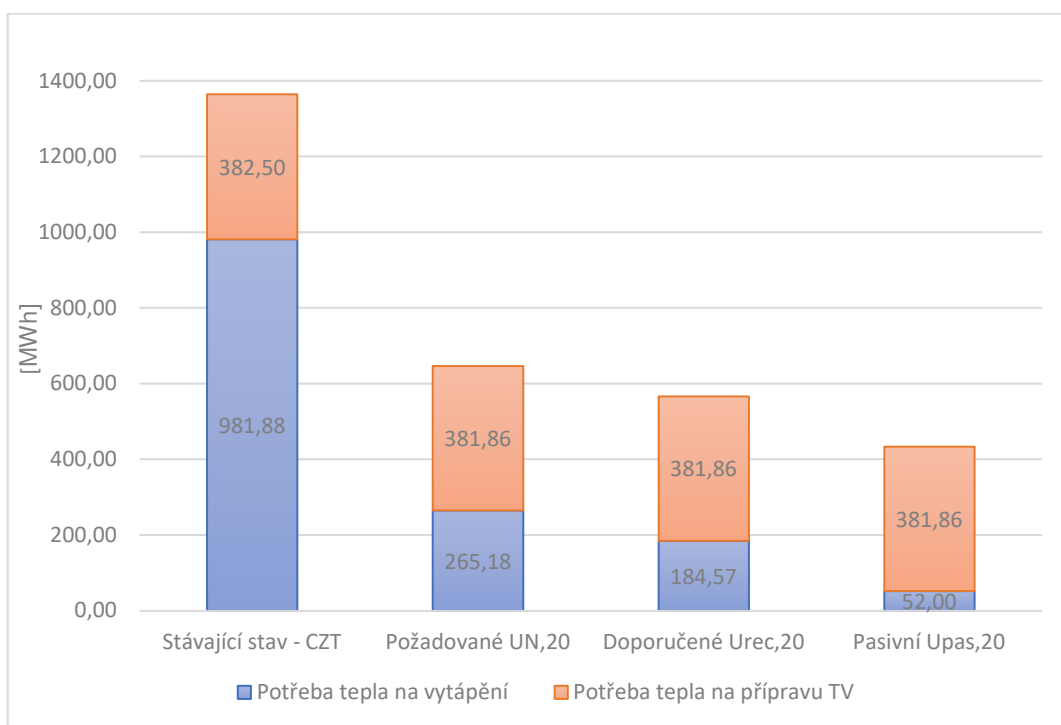
Ve spotřebě elektrické energie se pozitivně projeví náhrada nově navrženým zdrojem pro přípravu teplé vody.

Každý z různě podlažních objektů byl navrhnout a posouzen na každou z variant zateplení.

3. ANALYTICKÁ ČÁST

Energetickým zhodnocením třech různě podlažních věžových domů ve stávajícím stavu a dále v každé variantě míry zateplení s návrhem tepelných čerpadel, vzniklo 12 různých energetických modelů.

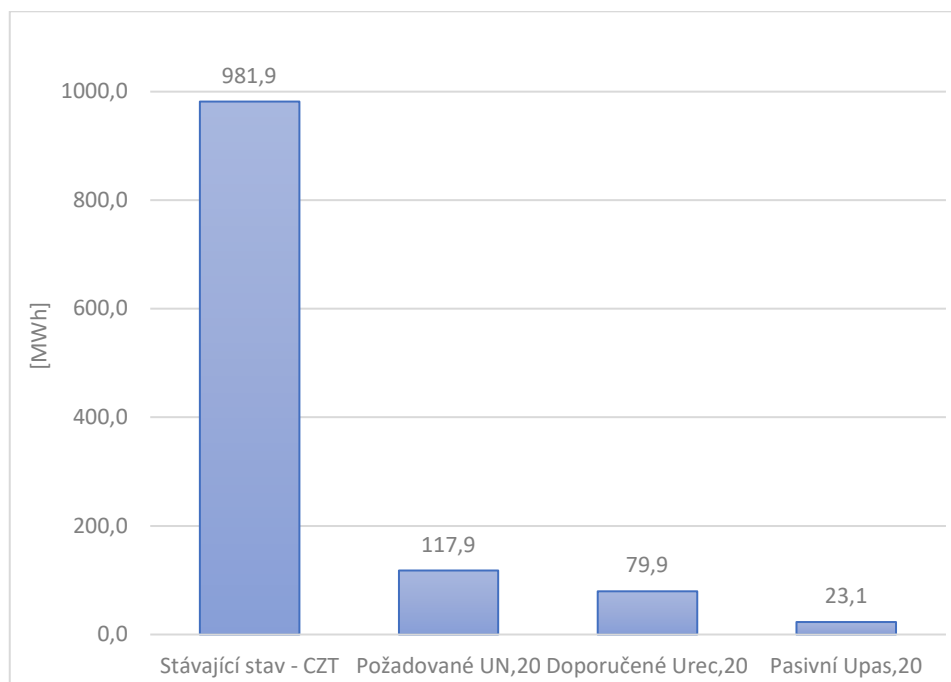
V grafu (Graf 1) jsou vyobrazeny potřeby tepla na vytápění a přípravu teplé vody v závislosti na míře zateplení.



Graf 2 – Roční potřeby tepla na vytápění a přípravu teplé vody

Je patrné, že vzhledem ke stálému počtu osob se potřeba pro přípravu teplé vody nemění. Výrazně se ovšem mění potřeba tepla na vytápění. Pouhým zateplením objektů na požadované hodnoty $U_{N,20}$ klesne potřeba tepla na vytápění o 73 %. Velký podíl na takovémto zlepšení má zlepšení tepelných mostů, a především výměna výplní otvorů. Se zlepšující se obálkou budovy hrají také velkou roli také tepelné zisky, které například v měsíci lednu nahradí téměř polovinu tepelné ztráty za onen měsíc.

Rozdíl potřeby tepla na vytápění mezi požadovanými a doporučenými hodnotami již není tak markantní.



Graf 3 – Roční energie pro pokrytí potřeby tepla na vytápění

Vzhledem k využití TČ jako zdroje pro vytápění se potřebná energie ještě sníží díky SFP. Sezonní topný faktor se v průměru pohyboval kolem hodnoty 2,5 [-].

Odebraná energie $E_{TC,vyt}$	cena za rezervovaný příkon TČ	cena za odběrné místo	Cena odběru ve vysokém tarifu	Cena odběru v tarifu D56d	Celkem	
[MWh]	[Kč/rok]	[Kč/rok]	[Kč/rok]	[Kč/rok]	[Kč/rok]	
981,9	-	-	-	-	1 660 912 Kč	100 %
117,9	17 108	1176	29 184	223 788	271 256 Kč	16 %
79,9	14 625	1176	19 775	151 638	187 215 Kč	11 %
23,1	11 634	1176	5 725	43 898	62 434 Kč	4 %

Tabulka 17 – Vyčíslení ročních nákladů na vytápění

Cena dodávky pro přípravu TV na zdroji je převzata z aktuálního ceníku Energetického regulačního úřadu pro danou lokalitu. Cena za 1GJ je **469,88 Kč**.

Ceny elektrické energie jsou dle aktuálních ceníků PRE s přihlédnutím ke zvýhodněnému tarifnímu rozdělení D56d pro tepelné čerpadlo. Cena v nízkém tarifu je **2,07** [Kč/kWh] po dobu 22 hodin za den a 2 hodiny ve vysokém tarifu za **2,97** [Kč/kWh].

Je zřejmé, že úspora pouze na energii dodané za rok je vysoká. Ovšem je potřeba počítat také s investicí do zateplení a pořízení technologií.

Aby bylo možné porovnat cenu za dodanou energii přímo s tloušťkou izolantu, zvolil jsem jednotnou cenu za „rekonstrukci“ (výstavba lešení, manuální práce a všechny činnosti a materiály, které mají všechny varianty společné) a cenami za izolant v dané tloušťce (pro pasivní hodnoty je navíc cenová přírážka na kotvení).

Ceny za izolantů jsem čerpal z produktového manuálu firmy ISOVER. Ceny za rekonstrukci jsou průměrné pro bytové domy na [m²]. Průměrné ceny byly poskytnuty firmou AG ENERGY zabývající se energetickým posuzováním budov.

	Tloušťka	ISOVER EPS 100 - STŘECHA	Tloušťka	ISOVER NF 333 - STĚNA	Tloušťka	ISOVER Orsik - STROP
	[mm]	[Kč/m ²]	[mm]	[Kč/m ²]	[mm]	[Kč/m ²]
Požadované $U_{N,20}$	40	67,32	60	220,56	20	67,76
Doporučené $U_{rec,20}$	120	201,95	80	294,08	50	108,42
Pasivní $U_{pas,20}$	200	336,57	160	588,16	90	162,62

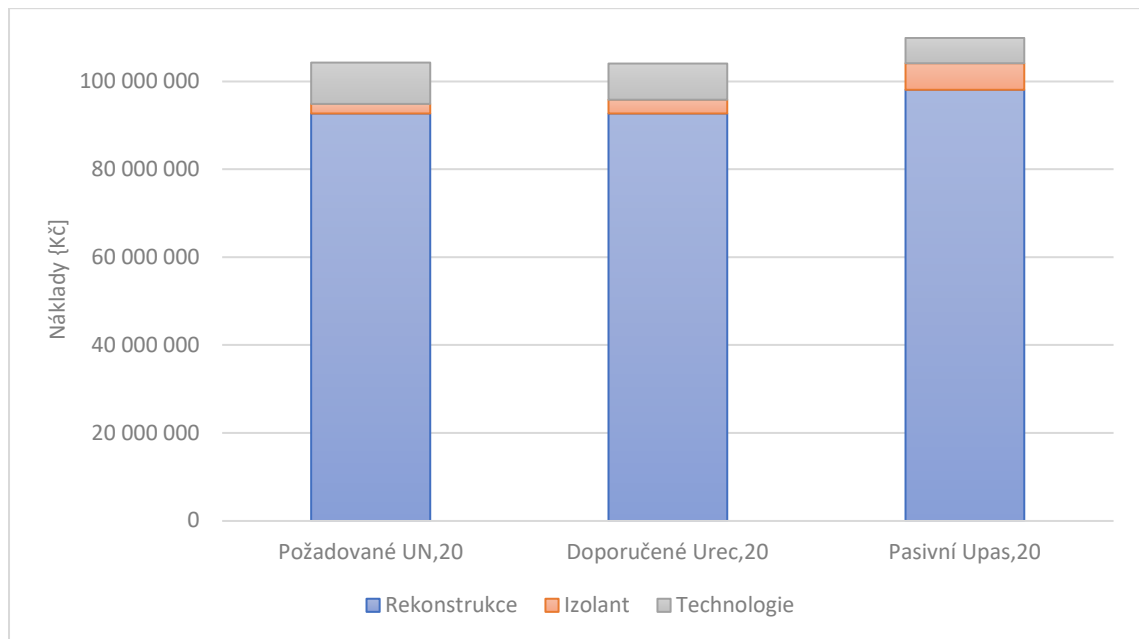
Tabulka 18 – Ceny izolantů v použité tloušťce

Náklady na celkovou rekonstrukci jsou rozděleny na náklady na rekonstrukci bez izolantu, samotný izolant a technologie v tabulce (Tabulka 19) a graficky znázorněny v grafu (Graf 4 – Podíl energetických opatření na celkové ceně).

	Rekonstrukce	Izolant		Technologie	Celková cena
	[Kč]	[Kč]		[Kč]	[Kč]
Požadované $U_{N,20}$	92 729 280	2 162 818	2 %	9 400 000	104 292 098
Doporučené $U_{rec,20}$	92 729 280	3 158 038	3 %	8 200 000	104 087 318
Pasivní $U_{pas,20}$	98 132 160	6 056 376	6 %	5 700 000	109 888 536

Tabulka 19 – Náklady na energetická opatření

Je patrné, jak malou část ceny celkové rekonstrukce tvoří pouze izolace. Významný podíl na ceně rekonstrukce mají především výplně otvorů a samotná práce.



Graf 4 – Podíl energetických opatření na celkové ceně

Návratnost projektu decentralizace je vyčíslena v tabulce (Tabulka 20)

	Celková cena [Kč]	Návratnost rekonstrukce [Let]	Návratnost TČ [Let]
Požadované UN,20	104 292 098	75,05	6,76
Doporučené Urec,20	104 087 318	70,63	5,56
Pasivní Upas,20	109 888 536	68,75	3,57

Tabulka 20 – Návratnost

4. ZÁVĚR

Původním záměrem této práce bylo porovnat pouze roční náklady na vytápění v závislosti na míře zateplení při odpojení od CZT. Vzhledem k tomu, že se posouzení rozšířilo o přípravu teplé vody, která významně ovlivní spotřebu elektrické energie. Neřešit při rekonstrukci také přípravu TV by bylo nelogické.

Tímto se celé zadání značně rozšířilo a je nutné při posuzování odpojení od CZT vzít v zohlednit mnoho faktorů. Jistě je v tomto tématu potenciál pro doktorandskou práci.

Nespornými výhodami CZT je spolehlivost, bezpečnost a komfort, který zajišťuje provozovatel.

Ovšem jak vyplývá ze zjištěných poznatků tyto výše zmíněné výhody jsou silně promítnuty do odběrové ceny.

Jak je patrné z grafu (Graf 2) i malé zlepšení obálky budovy se významně projeví na potřebách tepla. Navíc rozdíl nákladů požadovaných a doporučených není příliš velký a výrazně ovlivní spotřebu tepla na vytápění.

Samotná návratnost zdroje vytápění není příliš dlouhá a odpovídá průměrným hodnotám v bytových domech. Ovšem návratnost zateplení cca 70 let je ohromná a díky dotačním titulům, které mohou pokrýt až 40 % nákladů již lze o rekonstrukci uvažovat.

Vyšší náklady na pořízení Tepelných čerpadel se kompenzují výrazně nižšími provozními náklady. TČ je šetrné k životnímu prostředí a nehrozí, že bude zatíženo ekologickou daní.

Zdroje

- [1] Fotovoltaika pro budovy; Kamil Staněk; GRADA Publishing, a.s., 2012
- [2] ČSN 07 0703 Kotelny se zařízeními na plynná paliva
- [3] ČSN EN 12831-3 Energetická náročnost budov – Výpočet tepelného výkonu – Část 3: Tepelný výkon pro soustavy přípravy teplé vody a charakteristika potřeb, Modul M8-2, M8-3
- [4] TNI 73 0331 Energetická náročnost budov – Typické hodnoty pro výpočet – Část 1: Obecná část a měsíční výpočtová data
- [5] TNI 73 0351 Energetické hodnocení soustav s tepelnými čerpadly - Zjednodušený výpočtový postup
- [6] ČSN EN ISO 52016-1 Energetická náročnost budov - Potřeba energie na vytápění a chlazení, vnitřní teploty a citelné a latentní tepelné výkony - Část 1: Výpočtové postupy

Citace

- I. Energetický regulační úřad [online]. © 2014-2020 Energetický regulační úřad [cit. 31.7.2020]. Dostupné z: <http://www.eru.cz/cs/teplo>

Přílohy

- [1] Klimatické podmínky – Tabulka z ČSN EN ISO 52016-1:2019, PŘÍLOHA E
- [2] Produktový katalog FINTHERM – Výkonové charakteristiky čerpadel

Soupis obrázků

Obrázek 1 - Typický půdorys KS OP 1.11	7
Obrázek 2 – Fotografie objektů z ulice Lohnického.....	7
Obrázek 3 – Distribuční síť CZT.....	28
Obrázek 4 – Sazební cen pro Prahu (ZDROJ: naseteplo.cz).....	31
Obrázek 5 – Výkonové charakteristiky TČ	34
Obrázek 6 – Ukázka zapojení tepelného čerpadla s bivalentním zdrojem (Zdroj: Projekční podklady firmy SIEBEL ELTRON).....	38

Soupis tabulek

Tabulka 1 – Hodnoty součinitelů tepelných odporů.....	10
Tabulka 2 – Smluvní odpory při přestupu tepla dle ČSN EN ISO 6946.....	12
Tabulka 3 – Vypočtené součinitele prostupu tepla.....	12
Tabulka 4 – Měrné tepelné toky prostupem	14
Tabulka 5 – Návrhové tepelné výkony objektů.....	16
Tabulka 6 – Solární zisky leden	18
Tabulka 7 – Tepelné zisky v otopném období.....	19
Tabulka 8 – Ztráta tepla za otopné období.....	20
Tabulka 9 – Potřeba tepla na vytápění za otopné období	21
Tabulka 10 – Potřeby tepla pro přípravu TV	23
Tabulka 11 – Spotřeby EE	25

Tabulka 12 – Tepelná ztráta distribuční sítě	28
Tabulka 13 – Hodnoty součinitelů prostupu tepla $U_{N,20}$	32
Tabulka 14 – Hodnoty součinitelů prostupu tepla $U_{rec,20}$	32
Tabulka 15 – Využití TČ pro pokrytí potřeb vytápění a přípravu TV	37
Tabulka 16 – Hodnoty součinitelů prostupu tepla $U_{pas,20}$	38
Tabulka 17 – Vyčíslení ročních nákladů na vytápění	40
Tabulka 18 – Ceny izolantů v použité tloušťce	41
Tabulka 19 – Náklady na energetická opatření	41
Tabulka 20 – návratnost	42

Soupis grafů

Graf 1 – Využití TČ pro pokrytí potřeb Vytápění a přípravu TV	37
Graf 2 – Roční potřeby tepla na vytápění a přípravu teplé vody	39
Graf 3 – Roční energie pro pokrytí potřeby tepla na vytápění	40
Graf 4 – Podíl energetických opatření na celkové ceně	42

Příloha [1]

Tabulka 26 – Měsíční hodnoty pro teplotu venkovního vzduchu a dávky přímého a difuzního slunečního ozáření

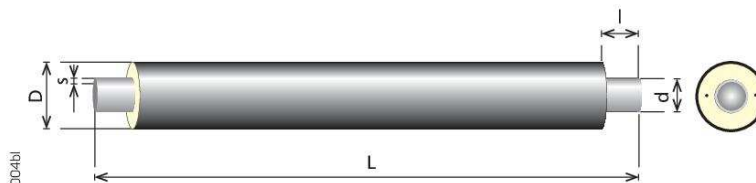
a) Teplota venkovního vzduchu a celková dávka slunečního ozáření

Měsíc	θ_e °C	$H_{sol,tot}$ kWh/m ²				
		Sever (N)	Východ (E)	Jih (S)	Západ (W)	Vodorovná (H)
1	-1,7	16,5	60,1	159,9	56,3	82,5
2	-0,6	21,2	66,1	132,7	58,8	96,8
3	3,6	35,5	107,9	151,4	90,3	159,8
4	9,3	42,5	112,5	114,4	98,7	183,0
5	14,0	56,4	128,5	97,1	112,6	218,0
6	18,2	59,4	126,7	82,8	112,7	223,8
7	22,7	57,7	139,0	91,9	109,9	230,5
8	21,2	44,7	120,3	109,0	103,3	199,1
9	16,8	34,8	101,7	138,6	97,7	168,8
10	9,5	26,3	81,1	165,6	89,6	130,4
11	3,5	18,9	55,1	146,6	61,4	83,0
12	-0,7	15,9	51,1	157,2	55,1	72,8
Roční	9,6	429,7	1 150,0	1 547,1	1 046,6	1 848,5

Příloha [2]

Fintherm Standard

Fintherm Standard



Izolační třída 2

DN	d . s (mm)	D (mm)	L (m)	Hmotnost (kg/m)	Tloušťka izolace (mm)	Objem vody (l/m)
25	33,7 . 2,6	110	6, 12	3,6	35	0,64
32	42,4 . 2,6	125	6, 12	4,5	38	1,09
40	48,3 . 2,6	125	6, 12	4,8	35	1,46
50	60,3 . 2,9	140	6, 12	6,3	37	2,33
65	76,1 . 2,9	160	6, 12	7,8	39	3,88
80	88,9 . 3,2	180	6, 12	9,7	43	5,35
100	114,3 . 3,6	225	6, 12, 16	14,1	52	9,01
125	139,7 . 3,6	250	6, 12, 16	17,1	52	13,79
150	168,3 . 4,0	280	6, 12, 16	22,2	52	20,18
200	219,1 . 4,5	355	6, 12, 16	32,8	63	34,67
250	273,0 . 5,0	450	6, 12, 16	47,0	83	54,30
300	323,9 . 5,6	500	6, 12, 16	61,0	82	76,80
350	355,6 . 5,6	560	6, 12, 16	70,1	95	93,20
400	406,4 . 6,3	630	6, 12, 16	89,3	104	121,80
450	457,0 . 6,3	630	6, 12, 16	94,6	79	155,10
500	508,0 . 6,3	710	6, 12, 16	107,9	93	192,80
600	610,0 . 7,1	800	6, 12, 16	145,4	84	276,70
700	711,0 . 8,0	900	6, 12, 16	188,7	82	377,62
800 až 1200 na vyžádání						

Na zvláštní žádost jsou trubky vyráběny v jiných délkách, rozměrech a tloušťkách izolace.

Délky volných konců:
 \leq DN 350 $l = 170 \pm 10$ mm
 \geq DN 400 $l = 190 \pm 10$ mm

Název: **Fintherm Standard** (izolační třída) P (DN/průměr pláště) (délka)
 Např.: FTS 2 P DN100/225 12m